Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут інженерної механіки та робототехніки
Кафедра комп'ютеризованого машинобудування
Лучків Іван Романович
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

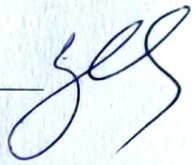
Технологічний процес виготовлення деталі «Корпус РЛС 4.01.05.401»
(назва роботи)
для умов середньосерійного типу виробництва

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

131 Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

І.Р. Лучків
(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Шуляр Ірина Орестівна, к.т.н., доц.
(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 - 2024 р.

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної магістерської роботи на тему: Технологічний процес виготовлення деталі “Корпус РЛС 4.01.05.401 ” для умов середньосерійного типу виробництва”.

Розрахунково-пояснювальна записка складається із 100 сторінок та містить: 31 рисунок, 23 таблиць, 19 посилання на літературу та додатків на 13 сторінках.

Графічна частина: 7 аркушів формату А1.

Об’єкт дослідження – процес механічної обробки.

Предмет дослідження – деталь “корпус РЛС 4.01.05.401 ”.

Мета роботи – розробити покращений проектний технологічний процес механічної обробки корпуса РЛС 4.01.05.401, на основі заводського, щоб здешевити затрати на виготовлення. Також необхідно розробити конструкції верстатного та контрольного пристроїв, та підтвердити працездатність верстатного та оптимізувати конструкцію його притискних ланок.

Згідно завдання проведено аналіз конструкції, призначення і функцій деталі у вузлі, аналіз заводського способу отримання заготовки та маршруту механічної обробки. По результатах аналізу та рекомендацій технічних літературних джерел, розроблено проектний технологічний маршрут механічної обробки корпуса, замінено матеріал деталі, вибрано оптимальний спосіб отримання заготовки, пораховано припуски, режими різання та норми часу. Для закріплення деталі на свердлильній операції розроблено конструкцію спеціального пристрою із пневмоприводом, працездатність котрого підтвердили розрахунки в розділах 2 та 3 пояснювальної записки.

Результати роботи можуть бути використані в машинобудівній галузі.

Ключові слова: *деталь, заготовка, операція, технологічний маршрут, режими різання, сила різання,оснастка, обладнання.*

Студент: Лучків І.Р.

SUMMARY

of the qualification master's thesis on the topic: Technological process of manufacturing the part ‘Radar housing 4.01.05.401’ for medium-series production.

The explanatory note consists of 100 pages and contains: 31 figures, 23 tables, 19 references to literature and appendices on 13 pages.

Graphic part: 7 sheets of A1 format.

The object of research is the machining process.

The subject of research is the part ‘radar housing 4.01.05.401’.

The purpose of the work is to develop an improved design technological process for machining the radar housing 4.01.05.401, based on the factory one, in order to reduce manufacturing costs. It is also necessary to develop the design of the machine tool and control devices, and to confirm the operability of the machine tool and optimise the design of its clamping links.

According to the assignment, the design, purpose and functions of the part in the assembly were analysed, the factory method of obtaining the workpiece and the machining route were analysed. Based on the results of the analysis and recommendations of technical literature, a design technological route for machining the housing was developed, the part material was replaced, the optimal method of obtaining the workpiece was selected, and allowances, cutting modes and time standards were calculated. To secure the part during the drilling operation, a special pneumatically driven device was designed, the performance of which was confirmed by calculations in sections 2 and 3 of the explanatory note.

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

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

Student: Luchkiv I.R.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень магістр

Спеціальність 131 Прикладна механіка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
_____
«____» _____ 20__ року

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

Луків Івану Романовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологічний процес виготовлення деталі „Корпус РІС 4.01.05.401"

керівник роботи Шулер Ірина Орестівна к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від "22" листопада 2024 року № 730/7

2. Строк подання студентом роботи 05 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: 1. Креслення деталі 2. Матеріали переддипломної практики 3. Тип виробництва – середньосерійне

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Технологічна частина
2. Конструкторська частина
3. Імітаційне моделювання пресової лінії свердлильного пристрою

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Карта налагодження – 1 арк. ф-ту А1 2. Графічний аналіз точності обробки – 1 арк. ф-ту А1, 3. Пристрій свердлильний – 2 арк. ф-ту А1. 4. Пристрій контрольний 1 арк. ф-ту А1 5. Імітаційне дослідження – 1 арк. ф-ту А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Шулер І.О. доц. каф. КМВ		
2.	Шулер І.О. доц. каф. КМВ		
3.	Шулер І.О. доц. каф. КМВ		

7. Дата видачі завдання 25 листопада 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Технологічна частина	28.11.2024	
2.	Конструкторська частина	29.11.2024	
3.	Імітаційне моделювання притискної ланки свердлильного пристрою	02.12.2024	
4.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини магістерської роботи	04.12.2024	

Студент ______ Лукіїв І.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи ______ Шулер І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зміст

Вступ

1 Технологічна частина .....

1.1 Конструкторсько-технологічний аналіз виробництва деталі .....

1.1.1 Опис призначення та конструкції деталі .....

1.1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі .....

1.2 Визначення річної програми випуску та кількості деталей у партії .....

1.3 Аналіз базового технологічного процесу .....

1.3.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки .....

1.3.2 Опис та аналіз базового техпроцесу .....

1.3.3 Техніко-економічне обґрунтування вибору проектного варіанту маршруту механічної обробки …….....

1.4 Розробка операційної технології .....

1.4.1 Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення технологічних розмірів …….....

1.4.2 Розрахунок режимів різання та уточнення моделей верстатів .....

1.4.3 Розрахунки, пов’язані з підготовкою карти наладки і керуючої програм

1.4.4 Аналіз точності обробки …….....

1.4.5 Нормування технологічного процесу .....

2 Конструкторська частина .....

2.1 Пристрій свердлильний …….

2.1.1 Опис призначення, будови і роботи пристрою .....

2.1.2 Розрахунок сил закріплення і визначення основних параметрів механізму затиску …….....

2.1.3 Розрахунки пристроїв на міцність і зносостійкість .....

2.1.4 Розрахунок пристроїв на точність і довговічність .....

2.2 Пристрій контрольний ……

					МР.ПМК-635.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Лучків І.Р.			Пояснювальна записка	Літ.	Арк. / Акрушів
Перевір.		Шуляр І.О.					
Реценз.						ІФНТУНГ ПМКм-23-1	
Н. Контр.		Шуляр І.О..					
Затверд.		Панчук В.Г.					

2.3 Розрахунок коефіцієнта уніфікації пристроїв .....

3 Імітаційне моделювання притискної ланки свердлильного пристрою ……..

Висновок ……

Список використаних джерел …….....

Додатки.....

Вступ

Розроблювана в магістерській роботі тема відноситься до машинобудування, а саме до виготовлення штампованих та пресованих деталей.

З розвитком виготовлення деталей штампуванням та пресуванням для промислових та побутових потреб, виникла потреба регулювання процесів з застосуванням повітря. Для цього призначена система РЛС 4 (0,4 МПа), в котру входить автоматичний клапан РЛС 4.01.05.000.

Метою проєкту є розробка більш економного маршруту техпроцесу виготовлення головної деталі клапана – «Корпуса РЛС 4.01.05.401» в умовах середньо-серійного виробництва у порівнянні з одиничним.

Досягнення мети здійснюється за рахунок застосування:

- поздовжньо-фрезерних малогабаритних верстатів;
- верстатів з ЧПК;
- пристроїв з механізованим приводом;
- прогресивних режимів різання;
- різального інструменту, що забезпечує прогресивні режими різання.

Доцільність розробки та впровадження у виробництво проектної технології підтверджується техніко-економічним обґрунтуванням.

1 Технологічна частина

1.1 Конструкторсько-технологічний аналіз виробництва деталі

1.1.1 Опис призначення та конструкції деталі

Деталь – корпус РЛС 4.01.05.401 – входить до складу клапанів-регуляторів, що використовуються для захисту системи обдуву пресформ від перенавантаження.

Клапани монтуються безпосередньо в трубопроводах, з'єднуючись з ними різьбовими патрубками та фланцями. Патрубки, в свою чергу, розміщуються з гумовими ущільненнями в отворах 5 і 6, їх фланці розміщуються у виточках 18 і 21 та закріплюються до поверхонь 19 і 22 гайками та шпильками, що розміщені в різьбових отворах 37 на торцях 1 і 2.

В отворі 33 корпуса розміщений і закріплений гайками і шпильками на поверхні 27 чутливий елемент у вигляді частини пружинного клапана граничного тиску, котрий керує заслінкою, розташованою у внутрішній порожнині корпуса, обмеженій поверхнями 15,16,17 та торцями 13 і 14, на осі, що розміщена в отворах 29 і 31 і обмежена кришками, що герметично перекривають отвори 29 і 31, котрі кріпляться до поверхонь 24 і 25 кріпильними деталями та різьбу 40.

Вимоги до розташування поверхонь:

- торці 19 і 25 – допуск перпендикулярності до осі поверхні И і К – 0,1 мм;
- поверхні 18 і 21 – допуск радіального биття до осі поверхні И і К – 0,06 мм;
- вісь пов. 33 – допуск перпендикулярності до осі Н – 0,1 мм;
- пов. 27 – допуск паралельності до осі Н – 0,1 мм;
- осі пов. 29 і 31 – допуск перпендикулярності до осі пов. К – 0,1 мм;

  – допуск паралельності до осі М – 0,1 мм.

Поверхні з найвищою точністю та відповідно, найнижчою шорсткістю:

- 5,6 - ∅110 Н9; R_a=1,6;
- 29,31 - ∅28 Н9; R_a=1,6;
- 33 - ∅60 Н9; R_a=1,6.

Габаритні розміри деталі: 222х226х230 мм.

Маса деталі $M_д$=38,9 кг.

Матеріал деталі згідно креслення - сталь 35 ГОСТ 1050-88, так як даний стандарт втратив чинність, його замінив ДСТУ 7809:2015.

Форма деталі – порожнистий циліндр з прямокутним зовнішнім виступом.

Опис конструкції деталі приведено в таблиці 1.1.

Хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі приведені в таблицях 1.2 та 1.3.

Таблиця 1.1 – Опис конструкції деталі

№ Повер-хні	Конфігурація та службове призначення поверхні	Розміри, мм	Квалітет точності, допуск, мм	Точність форми і розміщення	Шорст-кість R_a, мкм
1-2	Торець. Допоміжний. Для кріплення фланця.	230	h 14($_{-1,15}$)		6,3
3,4	Зовнішня циліндрична поверхня. Вільна	∅220	h 14($_{-1,15}$)		6,3
5,6	Внутрішня циліндрична поверхня. Конструкторська база И і К. Для розміщення патрубків з ущільненнями	∅110	H 9($^{+0,087}$)		1,6
7,8	Торець. Вільний	85	h 14($_{-0,87}$)		6,3
9,10,39	Фаска. Вільна	1,5x45^0	±t2/2 ±0,2×±1^0		6,3
11,12	Фаска. Вільна	1,5x45^0	±t2/2 ±0,1×±1^0		6,3
13,14	Торець. Вільний. Обмежує робочу порожнину корпуса.	30	h11($_{-0,013}$)	Допуск перпендик. до осі пов. К 0,1 мм	6,3
15	Внутрішня циліндрична поверхня. Вільна	∅170	H14($^{+1,0}$)		6,3
16,17	Внутрішня фасонна поверхня. Вільна	R5	±t2/2 ±0,3		6,3
20, 23	Фаска. Вільна. Для покращення умов складання.	∅112,6x 30^0	±t2/2 ±0,3x±1^0		6,3
24-25	Площина. Вільна	222	h11($_{-0,29}$)		6,3

Продовження таблиці 1.1

№ поверхні	Конфігурація та службове призначення поверхні	Розміри, мм	Квалітет точності, допуск, мм	Точність форми і розміщення	Шорсткість R_a, мкм
26 27	Площина. Вільна	226	$h14(_{-1,15})$	Допуск паралельності до осі Н 0,1мм.	6,3 3,2
28	Фаска. Вільна	6×45^0	$\pm t2/2$ $\pm0,3\times\pm1^0$		6,3
29,31	Внутрішня циліндрична поверхня. Конструкт. база Н. Для розміщення осі.	∅28	$H9(^{+0,052})$	⊥ 0,1 К // 0,1 М	1,6
30,32	Фаска. Вільна. Для покращення умов складання	$\varnothing112,6\times30^0$	$\pm1,0\times\pm1^0$		6,3
33	Внутрішня циліндрична поверхня. Допоміжна для розміщ. втулки	∅60	$H9(^{+0,074})$	Допуск перпендик. відносно осі Н 0,1 мм	1,6
34	Фаска. Вільна. Для покращення умов складання	$\varnothing62,6\times30^0$	$\pm t2/2$ $\pm0,3\times\pm1^0$		6,3
35	Внутрішня циліндрична поверхня.	∅17,35	+0,53		6,3
36	Фаска. Вільна	2,5х450	$\pm t2/2$ $\pm0,2\times\pm10$		6,3
38	Допоміжна. Для нарізання різьби.	∅10,2	+0,36		6,3
37 40	Внутрішня різьбова поверхня. Допоміжна. Для розташ. різьбової частини кріпильних деталей	М20 М12	6Н 6Н		6,3 6,3
44	Внутрішня циліндрична поверхня. Вільна	∅29	$H14(^{+0,52})$		6,3

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 35 ДСТУ 7809:2015

Вміст елементів, %					
C	Si	Mn	Cr	S	P
			не більше		
0,32-0,4	0,17-0,37	0,5-0,8	0,25	0,04	0,035

Таблиця 1.3 – Механічні властивості сталі 35 ДСТУ 7809:2015

Межа текучості, МПа	Межа міцності, МПа	Відносне звуження, %	Відносне здовження, %	Ударна в'язкість, Дж/см^2	Твердість кГс/мм^2
$\sigma_т$	$\sigma_в$	ψ	δ_5	KCU	НВ
314	529	20	45	69	182

Твердість матеріалу заготовки (за ДСТУ 7809:2015):

- негартованої - 217 НВ;
- відпаленої або високо відпущеної – 187 НВ;
- гарячекатаної або кованої 207 НВ.

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Заготовку на базовому підприємстві отримують різанням сортового прокату квадратного перерізу на штучні заготовки. Її можна отримати різними способами гарячого об'ємного штампування: на молотах, кривошипних пресах, горизонтально-кувальних машинах, а також різними способами лиття: в піщані форми, в оболонкові форми, в металеві форми.

Висновок: за можливістю отримання заготовки деталь технологічна.

Коефіцієнт оброблюваності матеріалу деталі за таблицею 1 ([18], с. 21):

- без термообробки $К_{Vм}$=1,1;
- литої нормалізованої $К_{Vм}$=1.

Оброблюваність деталі на металорізальних верстатах:

- відносно осі поверхонь И і К можливо обробляти на верстатах токарної та розточної груп;
- відносно осей Н та пов. Л – на верстатах свердлильної та розточної груп;
- площини – 25…27 – на верстатах фрезерної групи та розточної;

Крім цього, всі поверхні можливо обробляти на багатоцільових верстатах. За точністю обробки деталі достатньо верстатів нормальної точності.

За розташуванням поверхонь:

- площини 24…27, торці 1 і 2 – відкриті і їх можна обробляти напрохід, в тому числі торцьовими фрезами;

- внутрішні циліндричні поверхні: 5, 6, 29, 31, 33 – наскрізні;
- всі різьбові отвори – глухі (для дотримання вимог герметичності);
- внутрішня поверхня обмежена пов. 13…17 закрита, служить резервуаром для газу, що переміщається трубопроводом і мусить бути закритою;
- поверхонь чи отворів, що розташовані не під прямими кутами в деталі нема;
- розташування різьбових отворів частково дозволяє свердлити під них отвори з застосуванням багатошпиндельних свердлильних головок;
- до всіх поверхонь, є добрий доступ різального та вимірювального інструменту;
- обробку всіх поверхонь деталі з однієї установки виконати неможливо;
- поверхні деталі 24…27; 3, 4; 1, 2; 5, 6 – можуть бути чорновими, а після обробки чистовими базами.

За конструкцією деталі:

- деталь достатньо жорстка, щоб забезпечити застосування прогресивних режимів різання;
- доцільно замінити спосіб отримання заготовки з частковою зміною конструкції деталі і зменшення кількості оброблюваних поверхонь.

Тобто, поверхні 3 і 4, 7 і 8 та 28 виконати з остаточними розмірами.

Таку заготовку можна отримати литвом.

Висновок:

1. За всіма параметрами деталь технологічна.
2. Доцільно застосувати заготовку - виливок із зменшеною кількістю оброблюваних поверхонь.

Хімічні властивості сталі 35Л наведені в табл.1.2.1 та 1.3.1.

Таблиця 1.2.1 – Хімічний склад сталі 35Л ДСТУ 7809:2015.

Вміст елементів, %				
C	Si	Mn	S	P
			не більше	
0,32-0,4	0,20-0,52	0,45-0,90	0,05	0,05

Таблиця 1.2.2 – Механічні властивості сталі 35Л ДСТУ 7809:2015

Межа текучості, МПа	Межа міцності, МПа	Відносне звуження, %	Відносне здовження, %	Ударна в'язкість, Дж/см^2	Твердість
$\sigma_т$	$\sigma_в$	ψ	δ	KCU	HB
275	491	25	15	343	137-217

1.2 Визначення річної програми випуску деталей та кількості деталей в партії

Заданий тип виробництва – середньо-серійний.

Режим роботи підприємства 2 зміни на добу.

Дані базового техпроцесу наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Трудомісткість операцій.

№ операції	Назва операції	Модель верстату	$T_{шт}$, хв
005	Фрезерно-відрізна	8Б67	28,8
010	Токарна	165	43,1
025	Токарна	165	52,4
030	Поздовжньо-фрезерна	6М610Ф2	36,6
040	Горизонтально-розточна	2622ВФ1	47,4
050	Свердлильна	2М55	42,7
055	Слюсарна	Слюс. верстат	19,1
		Разом	270,1

Число операцій $n = 7$; сумарний штучний час $\sum T_{шт} = 270{,}1$ хв. Середній штучний час:

$$T_{шт.сер} = \frac{\sum T_{шт}}{n} = \frac{270{,}1}{7} = 38{,}59 \text{ хв.}$$

Такт випуску деталей:

$$t_в = k_з \cdot T_{шт.сер},$$

де $k_з$ – коефіцієнт закріплення операцій для заданого типу виробництва:

$10 < k_з < 20$. Приймаємо $k_з = 12$, тоді:

$$t_в = 38{,}59 \cdot 12 = 463{,}08 \text{ хв.}$$

Річна програма випуску деталей:

$$N = \frac{F_д \cdot 60}{t_в} = \frac{3900 \cdot 60}{463{,}08} = 505 \text{ шт,}$$

де $F_д$ – дійсний річний фонд робочого часу устаткування; $F_д = 3900$ год.

Розрахункова кількість деталей у партії:

$$n_д = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{505 \cdot 24}{251} = 48{,}3 = 48 \text{ шт},$$

де a – періодичність запуску виробів, $a = 24$ дні ([1], с.23);

F – кількість робочих днів у році (2023), $F = 251$ дн. Розрахункове число змін на обробку партії деталей:

$$C = \frac{T_{шт.сер} \cdot n_д}{480 \cdot 0{,}8} = \frac{38{,}59 \cdot 48}{480 \cdot 0{,}8} = 4{,}82 \text{ змін},$$

де 480 – дійсний фонд часу роботи устаткування за зміну, хв.;

0,8 – нормативний коефіцієнт завантаження верстатів у дрібносерійному виробництві.

Прийнята кількість змін $C_{пр} = 5$ зміни.

Прийнята кількість деталей в партії:

$$n_д = \frac{C_{пр} \cdot 480 \cdot 0{,}8}{T_{шт.сер}} = \frac{5 \cdot 480 \cdot 0{,}8}{38{,}59} = 49{,}75 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n_д = 50$ шт.

Уточнюємо програму випуску для кратності її до партії запуску:

Число запусків $i = \frac{N}{n_д} = \frac{505}{50} = 10{,}1$.

Приймаємо $i = 10$; $N = i \cdot n_д = 10 \cdot 50 = 500$ шт.

1.3 Аналіз базового технологічного процесу

1.3.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

Базова заготовка отримується різанням квадрата 250 на штучні заготовки $L=250_{-2}$ мм, сегментною пилою шириною b=6,5 мм.

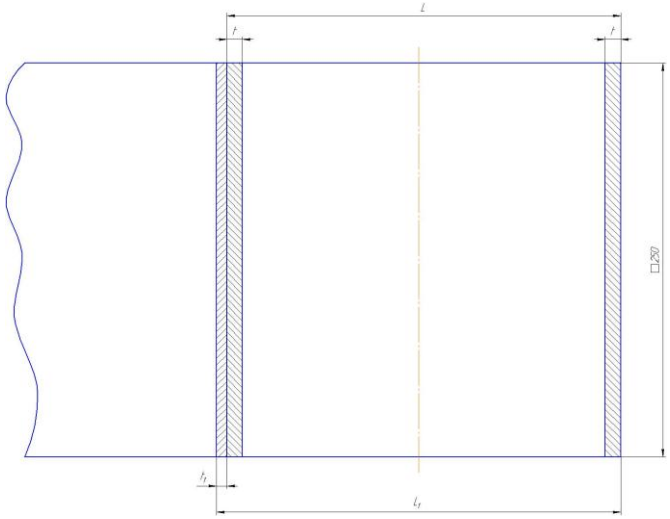


Рисунок 1.1 – Ескіз базової заготовки

$L = 250_{-0,2}\ мм;\ t = (250-230)/2 = 10\ мм;\ t_1 = 6,5\ мм;\ L_1 = 250+6,5 = 256,5\ мм.$

Маса заготовки $M_з = V_з \cdot \rho,\ кг,$

де ρ - густина матеріалу, кг/мм^3; $\rho = 7,85\cdot 10^{-6}\ кг/мм^3.$

$V_з$ - об'єм заготовки.

Для базової заготовки: $V_{з.б.} = 250\cdot 250\cdot 250 = 15,625\ мм^3;$

$M_{з.б.} = 7,85\cdot 15,625 = 122,656\ кг.$

Норма розходу металу враховує відходи на розрізання:

$M_б = 250\cdot 250\cdot 256,5\cdot 7,85\cdot 10^{-6} = 125,845\ кг.$

Коефіцієнт використання металу: $K_{вм.б.} = \dfrac{M_д}{M};$

де M - норма розходу металу.

$K_{вм.б.} = \dfrac{M_д}{M_б} = \dfrac{38,9}{125,845} = 0,309.$

Це означає, що близько 70% металу йде у відходи, тобто в базовому техпроцесі, в основному, виготовляють стружку.

Розглянемо, як альтернативу заготовку виливок в металеві форми з піщаними стержнями. Вибір параметрів виконаємо за ДСТУ 8981:2020.

За таблицею 15 (с. 44) визначаємо рівень точності обробки – підвищений (для верстатів з ЧПК).

Найбільші габаритні розміри виливка до 250мм за таблицею 9 (с.33) визначаємо клас розмірної точності для термооброблюваної заготовки:

- границі 8-13т, прийняте значення – 9 – за рахунок точності виробництва;
- ступінь короблення (табл. 10, с. 35) відношення найменшого розміру елементу виливка l_{min}=30мм (по деталі) до найбільшого l_{max}=226 мм (по деталі); $i_{кор}$=30/226=0,13. $С_к$=3-6, приймаємо $С_к$=5.

Клас точності поверхонь виливка (табл. 11, с. 37):

- границі 11-18, середнє – 14;

Для визначеної точності поверхонь, шорсткість поверхонь становить Ra=40мкм (табл.12, с. 39).

Клас точності маси (таблиця 13, с. 41):

- границі 7-16; середній 11.

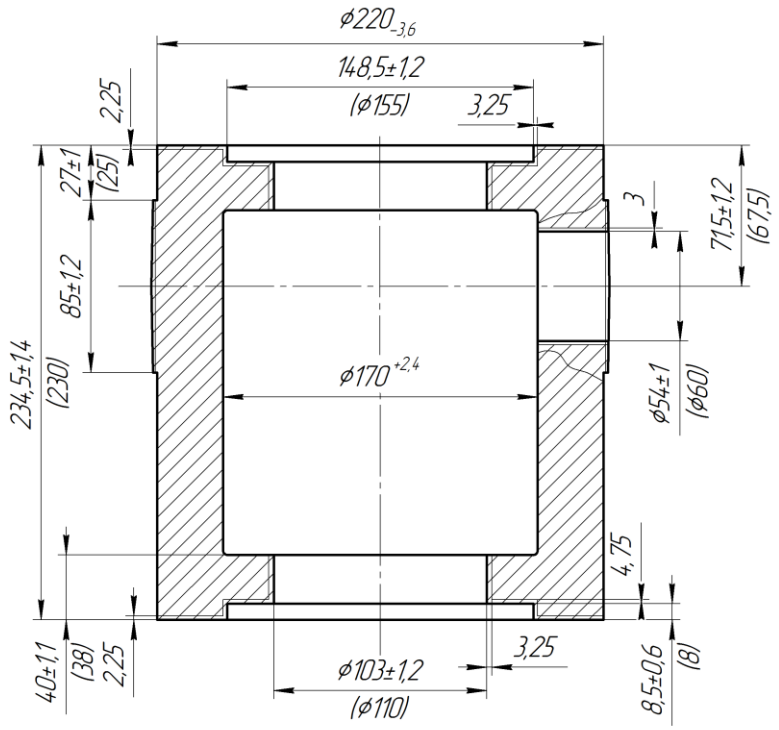
Ряд припусків на обробку (табл..14, с.43):

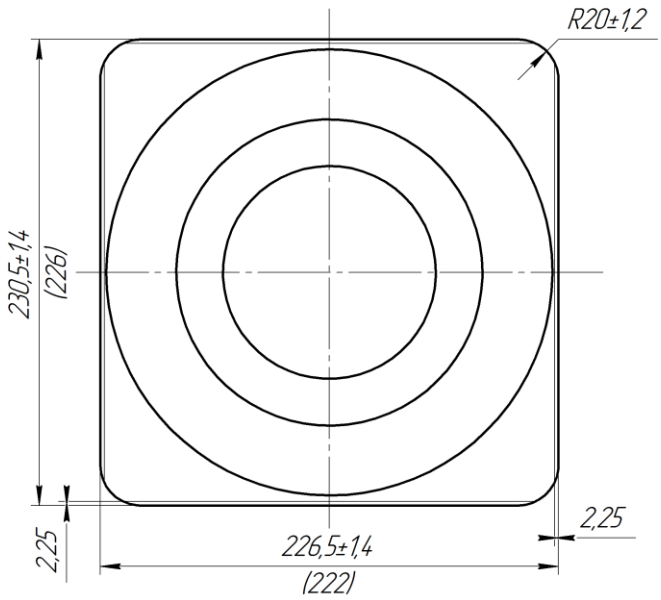
- границі 3-6; середнє =5 (за рахунок точності виробництва).

Таблиця 1.6 – Розрахунок розмірів заготовки

№ п/п	Назва параметрів	№№ поверхонь, розміри						
		1–2	5,6	18,21	19(1) 22(2)	24-25	26-27	33
Деталь								
1	Розмір, мм	230	Ø110	Ø155	8	222	226	Ø60
2	Квалітет	14	9	11	12	11	14	9
3	Шорсткість, R_a, мкм	6,3	1,6	3,2	3,2	6,3	6,3; 3,2	1,6
Заготовка								
4	Клас точності	9	9	9	9	9	9	9
5	Допуск T, мм	2,8	2,4	2,4	1,2	2,8	2,8	2,0
6	Відхилення, мм	±1,4	±1,2	±1,2	±0,6	±1,4	±1,4	±1,0
7	Позначення припуску	$2z_1$	$2z_2$	$2z_3$	z_4	$2z_5$	$2z_6$	$2z_8$
8	Основний припуск, мм	2·2,2	2·3,4	2·3,2	1,9	2·2,2	2·2,2	2·3,0
9	Додатковий припуск, мм*	-	-	-	-	-	-	-
10	Загальний припуск, мм	-	-	-	-	-	-	-
11	Розрахунковий розмір, мм	234,4	103,2	148,6	8,35	226,4	230,4	54
12	Виконавчий розмір заготовки з відхиленням, мм	234,4	103	148,6	8,35	226,4	230,5	54
13	Фактичний припуск	2·2,25	2·3,5	2·3,25	1,75	2·2,25	2·2,25	2·3,0

Примітка: ДСТУ 8981:2020 не передбачає нових припусків.





1. Виливок 1 групи за ДСТУ 8781:2018;
2. 137...217 НВ;
3. Точність виливка 9-5-14-11 за ДСТУ 8981:2020 ;
4. Короблення виливок 0,80 мм;
5. Зміщення по лінії рознімання не більше 0.8мм;
6. Невказані формувальні нахили $0^{0}28'$, ливарні радіуси R5мм;
7. Матеріал: Сталь 35Л ДСТУ 8781:2018.

Рисунок 1.2 – Ескіз проектної заготовки.

Визначення маси проектної заготовки:

$$M_{з.пр} = 7{,}80 \cdot 10^{-6} \{0{,}785 \cdot 220^2 (234{,}5 - 85) + 85 \times$$
$$\times \left[(230{,}5 - 20) + (226{,}5 - 20) + 2(234{,}5 - 20)10 + 2(226{,}5 - 20)10 + 0785 \cdot 20^2\right] -$$
$$- 0{,}785\left[2 \cdot 148{,}5^2 \cdot 8{,}5 + 2 \cdot 103^2 (40 - 8{,}5) + \left[170^2 (234{,}5 - 2 \cdot 40)\right] + \left[54^2 (230{,}5 - 170)0{,}5\right]\right] \} =$$
$$= 7{,}8 \cdot 10^{-6} 5776453 = 45{,}06 \text{ кг}.$$

Маса деталі відповідно змінюється:

$M_з$=38.9×7.8/7.85=38,65 кг.

$$K_{в.м.} = \frac{38{,}65}{45{,}06} = 0{,}86;$$

За даними базового підприємства:

- вартість 1 т прокату $Ц_{з.б.} = 7000$ грн.;

- можлива вартість 1 т виливка 13750 грн.

Ціна заготовки:

$$Ц_{з.б.} = M \cdot \frac{Ц_т}{1000} - (M - M_д)\frac{Ц_{твідх}}{1000}, \text{ грн.}$$

Ціна однієї тони небрикетованої стружки:

$Ц_{твідх} = 2000$ грн.

$$Ц_б = 125{,}8 \cdot \frac{7000}{1000} - (125{,}8 - 38{,}9)\frac{2000}{1000} = 880{,}6 - 173{,}8 = 706{,}8 \text{ грн.}$$

$$Ц_{пр} = 45{,}06 \cdot \frac{13750}{1000} - (45{,}06 - 38{,}65)\frac{2000}{1000} = 619{,}58 - 12.82 = 606{,}76 \text{ грн.}$$

За вищим $K_{в.м}$ та нижчою собівартістю, до подальшої розробки приймаємо проектну заготовку виливок.

1.3.2 Опис та аналіз базового технологічного процесу

Технології обробки за базовим техпроцесом приведені в табл. 1.6.

Інші можливі варіанти обробки поверхонь, що дозволяють забезпечити задану точність і шорсткість поверхонь та точність їх розміщення – в табл. 1.7.

Маршрут технологічної обробки деталі і зміст операцій (базовий технологічний процес) – в табл. 1.8.

Таблиця 1.6 – Технології обробки за базовим техпроцесом.

№ пов.	Перехід механічної обробки даної поверхні	Тип обладнання, оснастка	Поверхні технологіч-них баз, №	Параметр точності взаємного розта-шування повер-хонь, який при цьому забезпечується
1	2	3	4	5
1, 2 3, 4 7, 8 9, 10	Точіння чорнове і чистове	Токарно гвинторізний 165. Патрон 4-х кулачковий люнет.	3,4,2(1)	
13...17, 11, 12	Розточування			
5 (К) 6 (И)	Свердління, розсвердлювання. Розточування чорнове і чистове.			
18, 21	Розточування чорнове і чистове	Токарно-гвинторізний 165. Патрон 4-х кулачковий люнет.	3, 4, 2(1)	Допуск радіального биття відносно осі поверхні К 0,06 мм
20, 23	Розточування, полірування.			
19, 22	Розточування чорнове і чистове			Допуск перпен-дикулярності до осі поверхні К 0,1 мм
27	Фрезерування одноразове	Поздовжньо фрезерний 6М610Ф2. Кріпильні деталі, упори УС	26, 7	Допуск паралельності до осі Н 0,1 мм
24 25 26			25, 7 24, 7 27, 7	
29, 31	Розточування чорнове і чистове	Горизонтально-розточний 2622ВФ1. кріпильні деталі, упори УСП	1, 5, 27	
30, 32	Розточування, полірування.			
44	Розточування.			
33	Свердління, розсвердлювання. Розточування чорнове і чистове			
34	Розточування, полірування.			

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5
35	Свердління по кондуктору	Вертикально-свердлильний 2Н135. Кондуктор	1(2); 5(6), 26	
36	Зенкування фаски		33,26,25	
37	Нарізання різьби			
38	Свердління по кондуктору		29(30), 24(25) 1	
39	Зенкування фаски			
40	Нарізання різьби			
42	Зенкування фаски			

Таблиця 1.7 – Інші можливі варіанти технології обробки поверхонь, що дозволяють забезпечити задану точність і шорсткість поверхонь та точність їх розміщення.

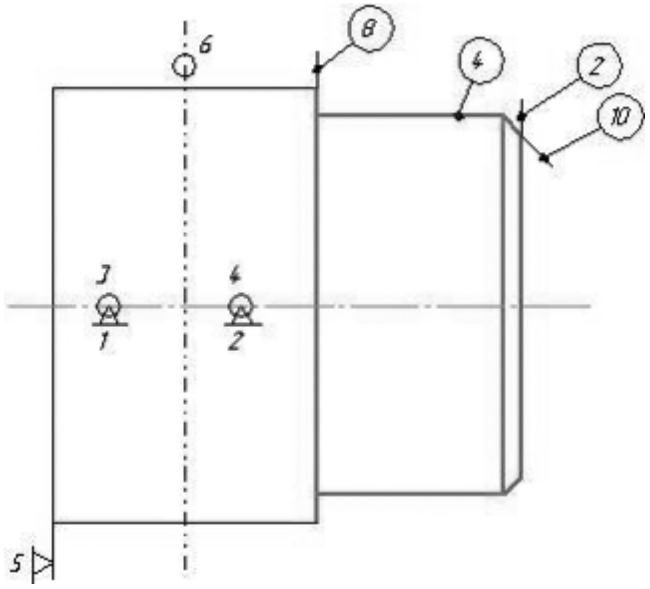
№ пов.	Переходи механічної обробки даної поверхні	Тип обладнання, оснастка	Пов. тех-нолого-гічних баз, №	Параметр точності розміщення поверхонь, що забезпечуються
1,2	Фрезерування одночасне	Поздовжньо-фрезерний ДФ-831-8. Пристрій спеціальний	27,(1) 25	
24, 25			27,7, (2-5)	
26, 27			25, (27), 7	
2	Фрезерування чистове	Свердлильно-фрезерно-розточний з ЧПК 6904ВМФ2. Пристрій спеціальний	27,25,1	
9,10	Точіння одноразове			
5,6	Розточування чорнове, чистове, остаточне			
19,22	Розточування одноразове			Допуск перпенд. до осі пов. К(И) 0,1 мм
18,21				Допуск радіального биття відносно осі пов. К(И) 0,06 мм
11,12				
13..17	Фрезерування			
20,23	Розточування, притирання			
29,31	Свердління, зенкерування, розверстування			
44	Розточування			
30,32	Зенкування, притирання			
38,39	Свердління			
40	Нарізання різьби			
33	Свердління, розсвердлювання. Розточування чорнове і чистове.		1, 5, 27	
34	Розточування і притирання			
35	Свердління	Свердлильний з ЧПК 2Р135Ф2	1(2), 5(6), 27	
36	Зенкування фаски			
37	Нарізання різьби			

Таблиця 1.8 – Маршрут механічної обробки деталі і зміст операцій (базовий технологічний процес).

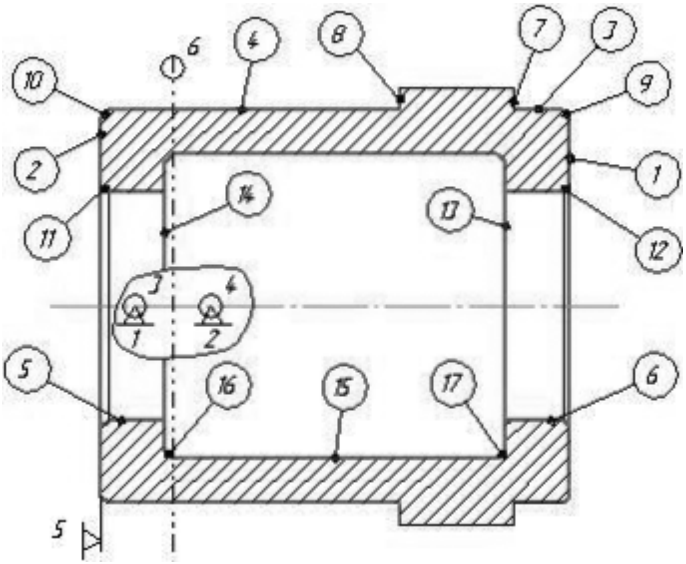
№ опер	Назва та зміст операції, інструмент	Тип і модель верстата	Характеристика пристрою	Теоретична схема базування
1	2	3	4	5
005	Заготівельна. Різання штучних заготовок, пила сегментна	Відрізний 8Б67	Верстатні затискачі	
010	Токарна Чорнова обробка з переустановкою: 1. Точіння торців 1 і 2, різець прохідний; 2. Точіння пов. 3 і 4, 7 і 8, фасок 9 і 10, різець прохідний; 3. Свердління пов. 5 і 6, свердло; 4. Розточування пов. 5, 6, фасок 11 і 12 розточування пов. 13...17, різець розточний спеціальний (двосторонній)	Токарно-гвинторізний 165	Патрон 4-кул, незалежний, ручний затиск	ескіз 1.8.1 ескіз 1.8.2
020	Термічна			
025	Токарно-гвинторізна 1. Точити пов. 4 попередньо (під люнет), різець прохідний упорний. 2. Заполірувати поясок на пов. 4 під люнет, абразивна шкурка. Переустановити деталь у люнет. 3. Точити торець 2, різець прохідний. 4. Розточити пов. 5, 6, 21, 22; 13..17; різець розточний спеціальний. 5. Полірувати пов. 5 шкірка полірувальна. 6. Розточити фаски 11 і 23 різець розточний. 7. Точити поверхню 4 і 8 остаточно, різець прохідний упорний. 8. Точити фаску 10, різець прохідний. Переустановити заготовку. 9. Точити торець 1, різець прохідний. 10. Точити пов. 3 і 7остаточно, різець прохідний упорний. 11. Розточити пов. 18,19, різець розточний. 12. Розточити фаски 12 і 20 різець розточний.	Токарно-гвинторізний 165	Патрон 4-кулачковий, ручний затиск	ескіз 1.8.3 ескіз 1.8.4

Продовження таблиці 1.8.

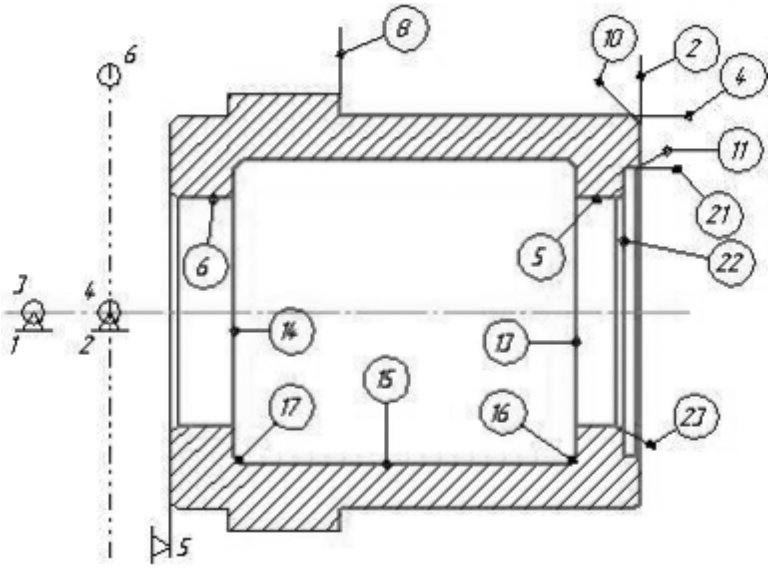
1	2	3	4	5
040	Горизонтально-розточна 1. Свердлити отв. 29. Свердло. 2. Розточити пов. 44. Різець розточний державковий. 3. Розточити пов. 29 остаточно. Різець розточний державковий. 4. Розточити фаску 30. Різець розточний державковий. Перевстановити деталь на 180°. 5. Повторити переходи 1, 2, 3, 4. Перевстановити деталь. 6. Свердлити і розсвердлити пов. 33, свердло. 7. Розточити пов. 33 начорно і начисто, різець розточний державковий. 8. Розточити фаску 34.	Горизонтально-розточний 2620ВФ1	Кріпильні деталі. Упори УСП.	ескіз 1.8.6 поз. 1 ескіз 1.8.6 поз. 2 поз. 3
050	Свердлильна 1. Свердлити по кондуктору 20 отв. 35. Свердло. 2. Свердлити по кондуктору 4 отв. 35. Свердло. 3. Свердлити по кондуктору 8 отв. 38. Свердло. 4. Зенкувати фаски 36; 39; 42. Зенківка.	Вертикально-свердлильний 2Н135	Кондуктори УСП, 3 шт.	ескіз 1.8.7 ескіз 1.8.8 ескіз 1.8.9 ескіз 1.8.7
055	Слюсарна 1. Нарізати різьби 37; 40; 43. Мітчики 2. Продути отвори стисненим повітрям.	Верстат слюсарний	Лещата верстатні	
065	Контрольна.			



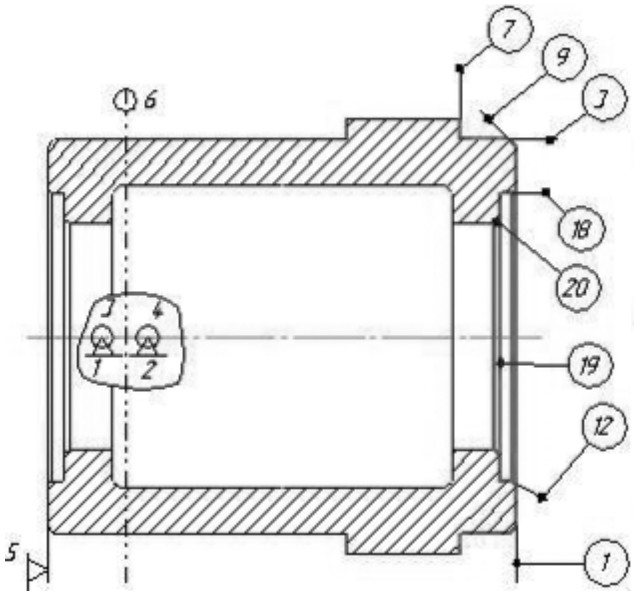
Ескіз 1.8.1



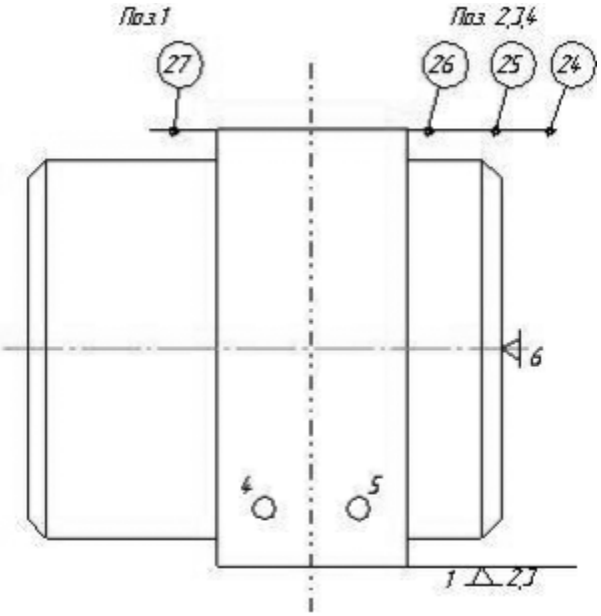
Ескіз 1.8.2



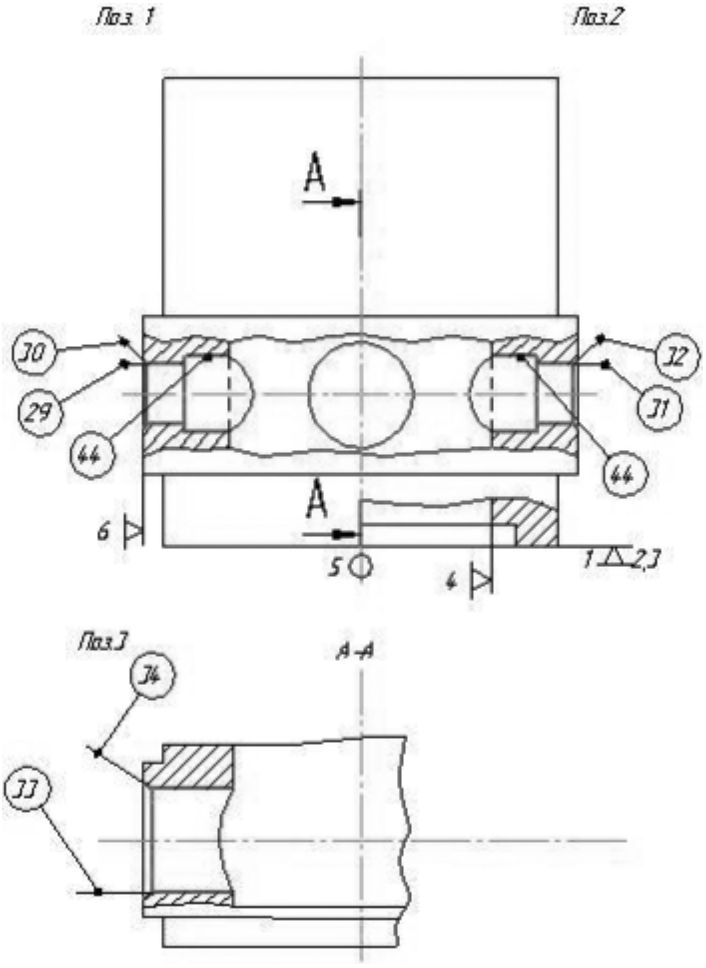
Ескіз 1.8.3



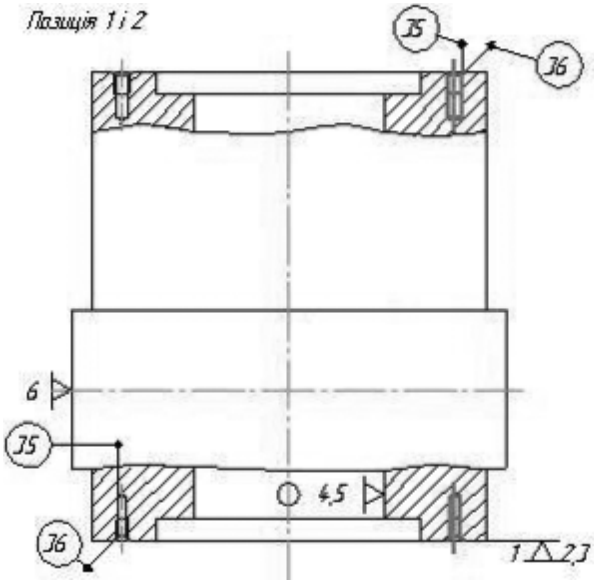
Ескіз 1.8.4



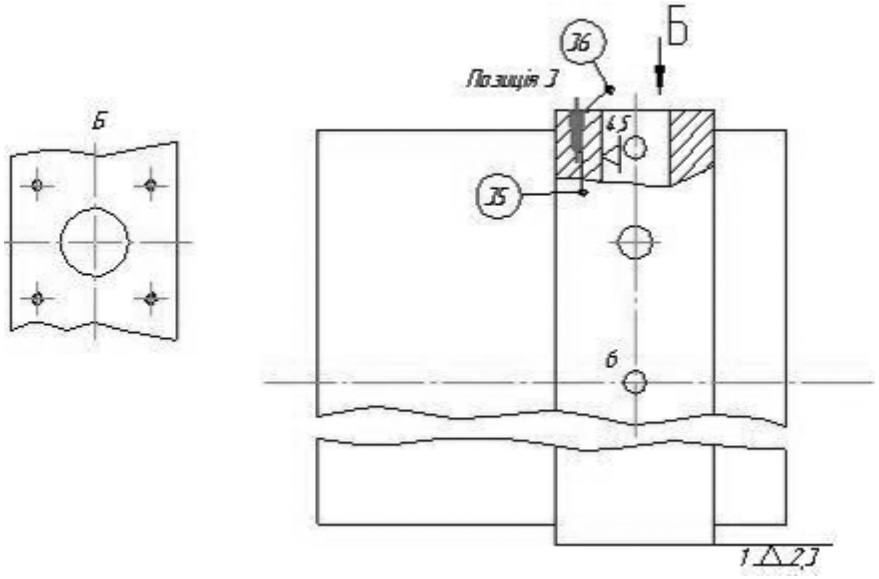
Ескіз 1.8.5



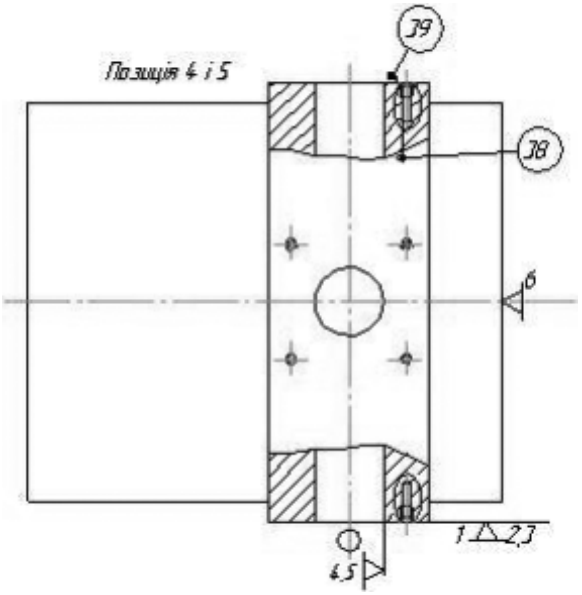
Ескіз 1.8.6



Ескіз 1.8.7



Ескіз 1.8.8



Ескіз 1.8.9

Базовий техпроцес побудований для умов дрібносерійного виробництва і прив'язаний до вибраної заготовки з квадратного прокату,яка має великий недолік – для наближення її до форми деталі потрібно зняти дуже багато металу. На мій погляд невдало вибрано першу операцію 010 для його усунення – токарно-гвинторізну, що при обточуванні квадрата працює з ударами і не вирішує проблеми зняття надлишкового металу з поверхонь 24…27.

Маючи в техпроцесі наступний поздовжньо-фрезерний верстат 6М610Ф2, доцільно було б спочатку на ньому на квадратній заготовці зняти лишній метал, а за рахунок поворотної головки поверхні 3 і 4 обробити у вигляді 8-кутника. На цьому верстаті можна було обробляти по кілька заготовок.

Отже, на 010 операції виконують обдирання надлишкового металу на зовнішніх і внутрішніх поверхнях. Використовують 4-кулачковий патрон.Люнет. При використанні заготовки з наближеною формою до форми деталі (наприклад, проектної) потреба в такій операції відпаде.

Наступна токарна операція 025 виконується за 3 переустановками. Також використовується 4-кулачковий патрон. Люнет. Операція багато перехідна. На ній обробляються всі поверхні по осі деталі (пов. 5-6).

Недоліками операції є:

- застосування 4-кулачкового патрона, доцільніше 3-кулачковий;
- ручне керування верстатом
- переустанвки заготовки при допомозі крану значно значно збільшують допоміжний час; вимагають кожен раз вивірювання;
- обробку внутрішньої камери (пов. 13..17) більш продуктивно було б виконати фрезеруванням, наприклад на розточному верстаті з ЧПК.

Гарантії отримання деталі на операції 025 у відповідності до вимог креслення відсутні.

Доцільно для усунення недоліків, застосувати замість токарного верстату, верстат розточної групи, з ЧПК та автоматичною зміною інструменту, наприклад 6904ВМФ2, котрий може виконати всю обробку з однієї установки та обробити додаткові поверхні.

Обробку поверхні прямокутного контуру деталі 24..27 виконують на поздовжньо-фрезерному верстаті з ЧПК 6М610Ф2. Для заданої обробки верстат є завеликої потужності та типорозміру. Оснащення операції недостатнє. Використовуються кріпильні деталі та кутник УСП.

Обробка виконується з 4-ма установками, без врахування фасок, котрі потребують ще 2 установки.

Доцільніше застосувати верстат меншого типорозміру та потужності, але такий, що може обробляти одночасно 2-ма фрезами, оснастивши його пристроєм з надійним механізованим затиском.

Незважаючи на недоліки, на операції 030 можливо отримати розміри деталі у відповідності до вимог креслення. Базування деталі виконується на чистових базах після 1-ї чорнової.

Операція 040 – горизонтально-розточна, верстат 2622ВФ1. виконується обробка поверхонь по осі Н та осі поверхні Л. заготовка встановлюється безпосередньо на поворотний стіл верстату при допомозі кріпильних деталей та упорів УСП. Операція виконується за три позиції, при цьому не використовуються можливості верстату – повертання стола, а на кожну позицію деталь перевстановлюється з наступним вивірюванням, на що затрачається значний допоміжний час. Керування верстатом – ручне, хоч система цифрової індикації допомагає – показує фактичні переміщення.

При багато перехідній обробці на верстаті застосовується зміна інструменту,

зміна контролю здійснюється вручну.

Базування заготовки дозволяє отримати розміри на деталі за вимогами креслення, але їх забезпечення в значній мірі залежить від кваліфікації робітника, особливо, якщо врахувати, що підготовку до операції з елементами налагоджування здійснює сам верстатник.

Недоліки операції – ручне кріплення заготовки, ручне керування верстатом, та ручна зміна інструмента – можна усунути застосувавши верстат з ЧПК, із автоматичною зміною інструментів і рекомендований на попередню операцію – 6904ВМФ2 та спец пристрій з механізованим приводом.

Свердлильна операція 050 використовується на радіально-свердлильному верстаті 2М55, за 5 установів в 3-х кондукторах, а 5-й установ включає в себе розмічування. На операції свердлять і зенкують всі отвори під наступне нарізання різьби. Оснащення операції та базування дозволяють отримати розміри на деталі відповідно до вимог креслення.

Недоліки операції: ручне керування верстатом, ручне закріплення заготовки, розмічування, а також застосування кондукторів, ручна зміна інструменту. Фактично ця операція складається з 4-х операцій, тому що застосовуються 3 різні кондуктори та один перехід виконується по розмітці з попереднім на ньому розмічуванні. На всіх "операціях" базування деталі різне.

Вищезгадані недоліки усуваються застосуванням свердлильного верстату з ЧПК, з автоматичною зміною інструменту, наприклад 2Р135Ф2.

Нарізання всіх різьб здійснюється на слюсарній операції 055, що є недоцільним.

Нарізання різьби доцільно сумістити на свердлильних операціях.

Проектний технологічний процес обробки деталі корпус РЛС 4.01.05.401 приведений в таблиці 1.9. в ньому враховані всі недоліки базового і пропозиції по його покращенню. За рахунок верстатів з ЧПК та заготовки, наближеної форми до форми деталі, проектний техпроцес складається з 7 операцій мехобробки при базовому фактичному стані – 9, при цьому три поздовжньо-фрезерні операції можна виконувати на одній з застосуванням переналагоджуваного пристрою, з переустановкою заготовок і регулювання розміру між фрезами, що на даному етапі проектування недоцільно.

Застосування підйомників при верстатах, пристроїв з механізованим затиском, переустановок (крім 1-ї при свердлінні) і перезакріплень заготовки дозволяє дуже значно зменшити допоміжний час на операціях.

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Таблиця 1.9 – Проектний варіант технологічного процесу

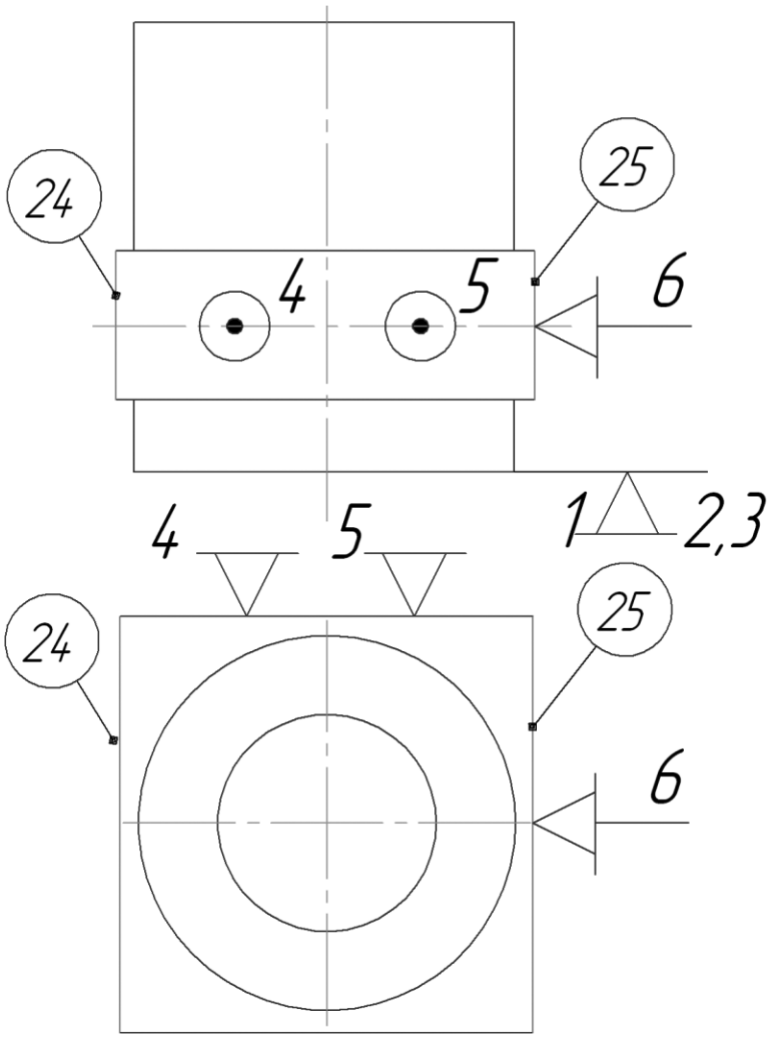
№ п/п	Назва та зміст операції, інструмент	Тип і модель верстата	Характеристика пристрою	Схема установки
1	2	3	4	5
005	Поздовжньо-фрезерна 1. Фрезерувати пов. 24 і 25. Одночасно. Фрези торцьові.	Поздовжньо-фрезерний ДФ-831-8	Спеціальний 2-місний з гідрозатиском	ескіз 1.9.1
010	Поздовжньо-фрезерна 1. Фрезерувати пов. 26 і 27. Одночасно. Фрези торцьові.	Поздовжньо-фрезерний ДФ-831-8	Спеціальний 2-місний з гідрозатиском	ескіз 1.9.2
015	Поздовжньо-фрезерна 1. Фрезерувати пов. 1 і 2. Одночасно. Фрези торцьові.	Поздовжньо-фрезерний ДФ-831-8	Спеціальний 2-місний з гідрозатиском	ескіз 1.9.3
020	Свердлильно-фрезено-розточна з ЧПК 1. Фрезерувати начисто пов. 2. Фреза торцьова. 2. Точити фаску 10. Різець розточний державковий. 3. Розточити пов. 5 і 6 начорно. Різець розточний державковий. 4. Розточити пов. 21, 22. Головка розточна 2-різцева. 6. Розточити пов. 5 начисто фаску 11. Різці розточні державкові. 7. Розточити пов. 5 остаточно, фаску 23. Різці розточні державкові. 8. Повернути стіл на 180°. Повторити переходи 2, 5, 6, 7. 9. Повернути стіл на 90°. 10. Свердлити пов. 29. Свердло. 11. Розточити пов. 44. Оправка розточна спеціальна. 12. Зенкерувати пов. 29. Зенкер. 13. Розвернути пов 29. Розвертка. 14. Розточити фаску 30. Різець розточний державковий.	Свердлильно-фрезерно-розточний з ЧПК 6904ВМФ2	Спеціальний з механізованим приводом	ескіз 1.9.4 А-А поз. 3

МР.ПМК-635.00.000 ПЗ

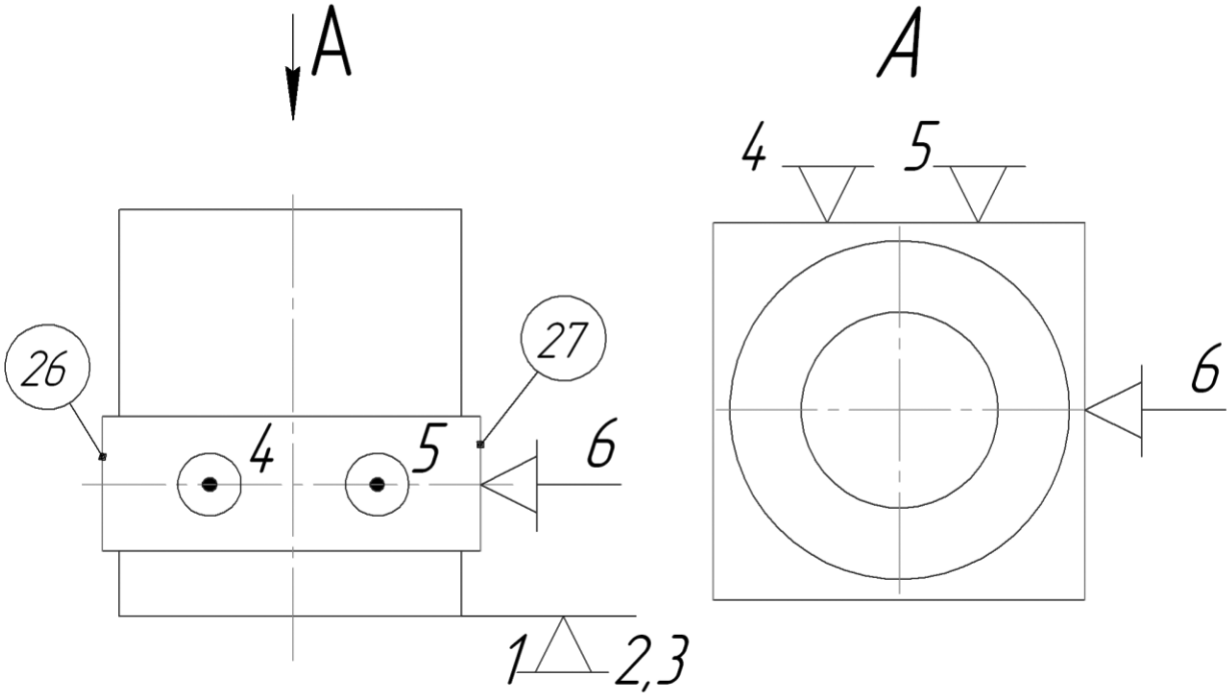
Арк.

Продовження таблиці 1.9.

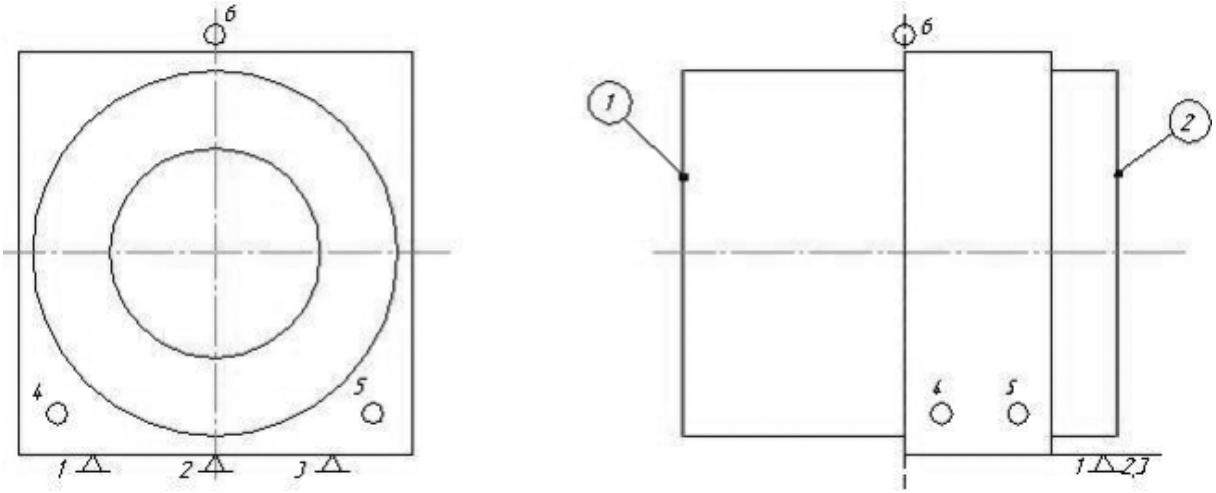
1	2	3	4	5
020	15. Свердлити 4 отвори 38, фаски 39. Свердло комбіноване. 16. Нарізати різьбу 40. Мітчик. 17. Повернути стіл на 180°. Повторити переходи 10…16.	Свердлильно-фрезерно-розточний з ЧПК 6904ВМФ2		
025	Свердлильно-фрезено-розточна з ЧПК 1. Розточити пов. 33 начорно. Різець розточний державковий. 3. Розточити фаску 34. 4. Розточити пов. 33 начисто. 5. Свердлити 4 отвори 35. Свердло. 6.Зенкувати фаски 36. Зенковка. 7. Нарізати різьбу 37. Мітчик. 8. Повернути стіл на 90°. 9. Зенкувати фаски 31, 32. Зенковка. 10. Розвернути отв. 31, 32. Розвертка.	Свердлильно-фрезерно-розточний з ЧПК 6904ВМФ2	Спеціальний з механізованим приводом	ескіз 1.9.5
030	Свердлильна з ЧПК 1. Свердлити отв. 10, отвори 35. Свердло. 2. Зенкувати фаски 36. Зенковка. 3. Нарізати різьбу 37. Мітчик. 4. Переустановити заготовку. 5. Повторити переходи 1, 2, 3.	Свердлильний з ЧПК 2Р135Ф2	Спеціальний з механізованим приводом	ескіз 1.9.6



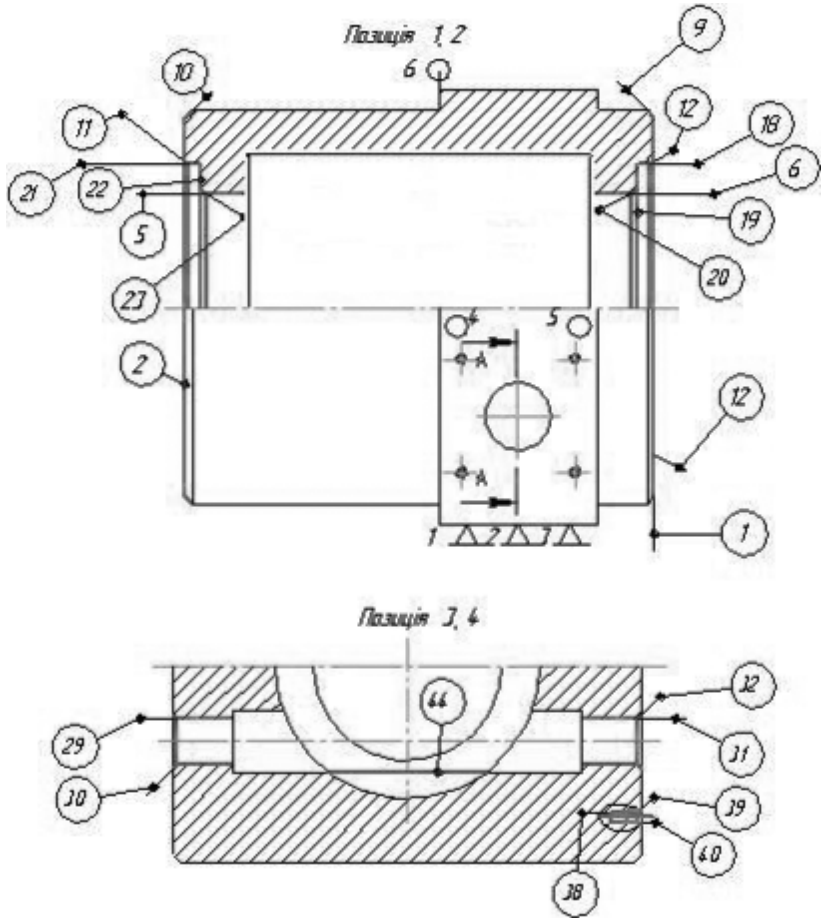
Ескіз 1.9.1



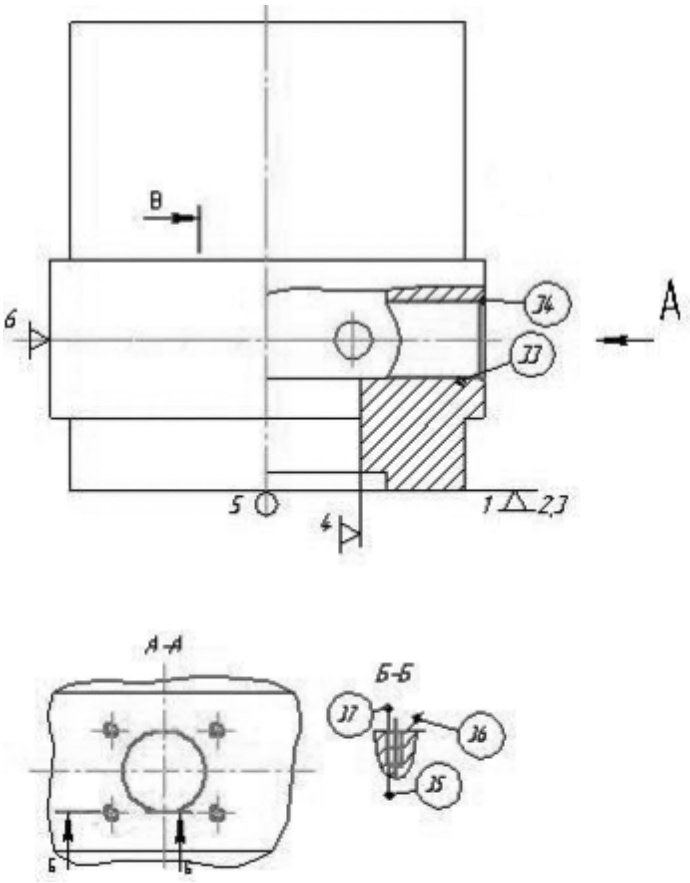
Ескіз 1.9.2



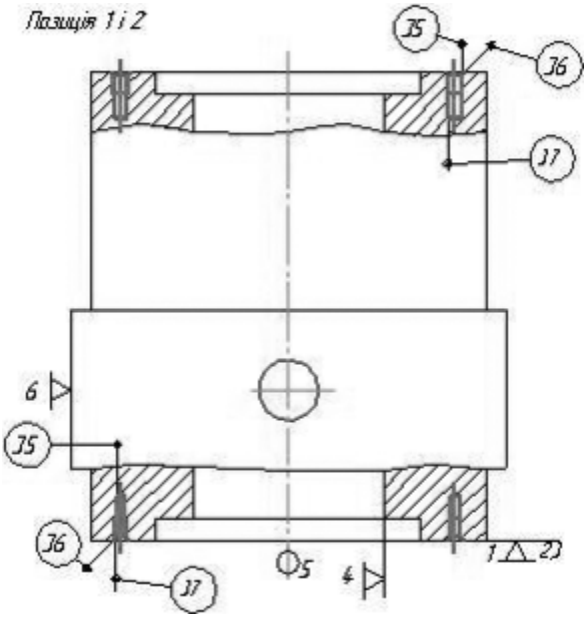
Ескіз 1.9.3



Ескіз 1.9.4



Ескіз 1.9.5



Ескіз 1.9.6

1.3.3 Технічне обґрунтування вибору проектного варіанту маршруту механічної обробки.

Основні зміни технологічного процесу та їх обґрунтування пов'язані з застосуванням верстатів з ЧПК, в тому числі з застосуванням вертикально-свердлильних верстатів з ЧПК моделі 2Р135Ф2 замість радіально-свердлильного 2М55, та застосуванням спеціальних пристроїв з механізованим затиском.

Зіставимо три варіанти техпроцесу обробки деталі:

- базовий, менш продуктивний – операція 050;
- з використанням верстату з ЧПК – операція 030;
- високопродуктивний, з використанням агрегатного верстату;

Вихідні дані і результати розрахунків приведено в таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 - Вихідні дані і результати техніко-економічного обґрунтування маршруту обробки

Показники	Варіанти		
	1	2	3
	2М55	2Р135Ф2	Агрегат.
Штучний час $T_{шт}$, год.	0.712	0.233	0.166
Число запусків деталей в рік, А	12	12	12
Число операцій в кожному запуску, Vo	4	3	2
Коефіцієнт корисного використання верстату,η	0,7	0,85	0,85
Підготовчо- заключний час, $T_{пз}$, год	0,2	0,3	-
Коефіцієнт, що враховує клас точності обладнання, μ	1	1	1
Складність ремонту механічної частини, Rм	8	60	6.5
Складність ремонту електротехнічної частини, Re	6	41	5,0
Площа, що займає обладнання S, м2	4.4	3.8	10.0
Площа, що займає ЧПК Sy, м2	0	1.5	0
Коефіцієнт додаткових площ, γ	5	4.5	2.5
Число верстатів, що обслуговується одним:			
Верстатником, α	1	2	1
Наладчика α_1	0	2	2
Фонд часу, Фо, год	4015	3890	3890

Розрахована в проекті річна програма N=500 шт. знаходиться в межах області ефективного використання верстатів з ЧПК.

1.4 Розробка операційної технології

1.4.1 Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення технологічних розмірів

Визначення операційних припусків аналітичним методом на обробку внутрішньої циліндричної поверхні 5(6) – Ø110H9 ($^{+0,087}$) мм.

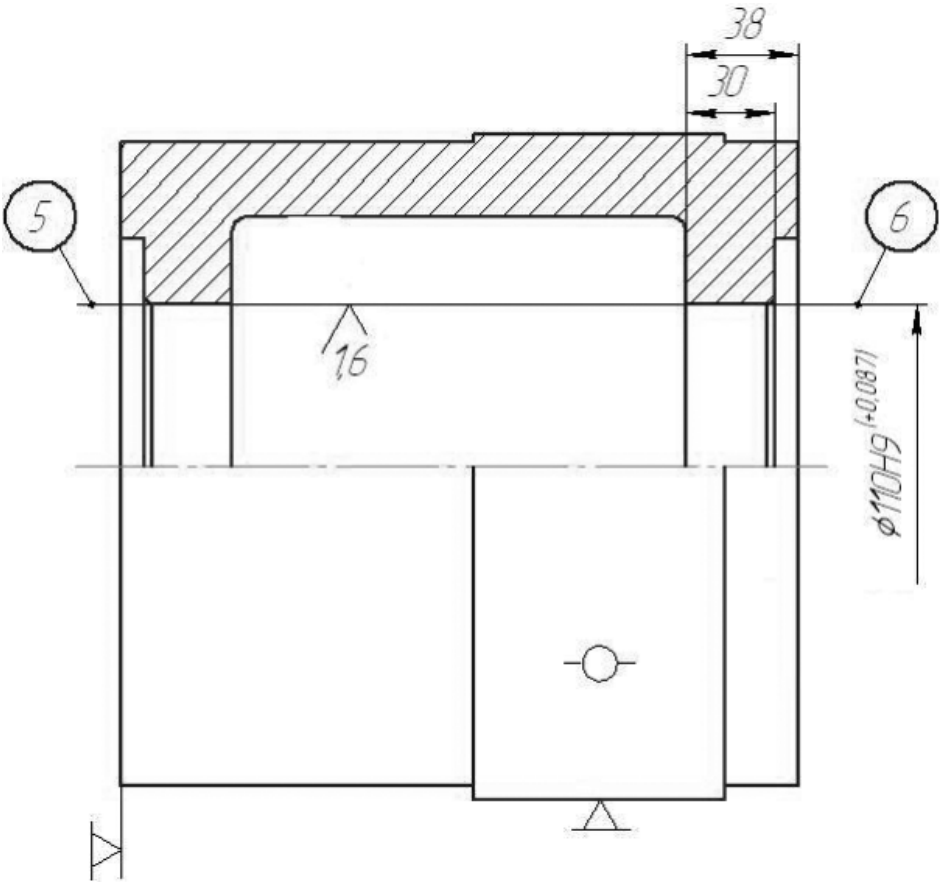


Рисунок 1.4 – Ескіз обробки.

Технологічний маршрут обробки ([4], табл. 6, с. 586):

- чорнове розточування (H12);
- чистове розточування (H10);
- тонке розточування (H9).

Двосторонній мінімальний припуск при обробці:

$$2Z_{\min} = 2\left[\left(R_Z + h\right)_{i-1} + \sqrt{\rho_{0i=1}^2 - \varepsilon_i^2}\right], \text{ мкм},$$

де R_{Zi-1} – висота мікронерівностей профілю на попередньому переході, мкм;

h_{i-1} – глибина дефектного шару на попередньому переході, мкм;

ρ_{0i-1} - сумарне відхилення розміщення поверхні (від паралельності, перпендикулярності, і т.д.);

ε_i – похибка установки деталі на операції, мкм.

Маршрут обробки, дані для розрахунків та результати розрахунків заносимо в табл. 1.11.

Заготовка: $R_Z = 200$ мкм; $h = 200$ мкм ([5], табл. 7, с. 182).

За технічними вимогами до заготовки, зміщення по площині рознімання форми $\rho_{зм} = 0{,}8\,мм = 800 мкм$; просторові відхилення від площинності, паралельності, тобто короблення $\rho_{кор} = 0{,}8\,мм = 800 мкм$.

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2}\ , \text{ мкм.}$$

$$\rho_{заг} = \sqrt{800^2 + 800^2} = 1131 \text{ мкм.}$$

Похибка установки на першому переході:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_á^2 + \varepsilon_ç^2}\ , \text{ мкм}$$

Похибка базування $\varepsilon_á = \sqrt{\varepsilon_{áâ} + \varepsilon_{áä}}$, мкм.

Похибка базування по вертикальній осі на пов. 27 $\varepsilon_{б_в} = 0$ - суміщення баз.

По горизонтальній осі застосовано самоцентрування, $\varepsilon_{б_г} = 0$, тобто $\varepsilon_á = 0$.

Похибка закріплення наявна по горизонтальній осі (по напрямку затискних сил): $\varepsilon_3 = 80$ мкм ([1], табл. 4.13, с. 82).

На послідуючих переходах механічної обробки після:

– чорнової обробки $R_Z = 40$ мкм; h=50 ([5], табл. 27, с. 190);

– чистової обробки $R_z = 20$ мкм; h=20 ([5], табл. 27, с. 190);

– тонкого розточування $R_z = 5$ мкм; h=5 ([5], табл. 10, с. 185).

Для визначення ρ_i і ε_i використовуються коефіцієнти уточнення K_{yi} ([5], табл. 25, с. 190):

– для чорнової обробки $K_{y1} = 0{,}06$;

– для чистової обробки $K_{y2} = 0{,}05$;

– для тонкого розточування $K_{y1} = 0{,}04$.

$$\rho_i = \rho_{заг} \cdot K_{yi};$$

$$\rho_1 = 0{,}06 \cdot 1131 = 68 \text{ мкм};$$

$$\rho_2 = 0{,}05 \cdot 1131 = 57 \text{ мкм};$$

$$\rho_3 = 0{,}04 \cdot 1131 = 45 \text{ мкм}.$$

$$\varepsilon_i = \varepsilon_{yi} \cdot K_i;$$

$$\varepsilon_2 = 0{,}05 \cdot 80 = 4 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_3 = 0{,}04 \cdot 80 = 3 \text{ мкм}.$$

Розрахунок мінімальних припусків:

$$2Z_{1\min} = 2 \cdot \left(200 + 200 + \sqrt{1131^2 + 802^2}\right) = 2 \cdot 1534 \text{ мкм} = 3{,}068 \text{ мм},$$

$$2Z_{2\min} = 2 \cdot \left(40 + 50 + \sqrt{68^2 + 4^2}\right) = 2 \cdot 158 \text{ мкм} = 0{,}316 \text{ мм},$$

$$2Z_{3\min} = 2 \cdot \left(20 + +20 + \sqrt{57^2 + 3^2}\right) = 2 \cdot 97 \text{ мкм} = 0{,}194 \text{ мм}.$$

Розрахункові розміри:

$$D_{д3} = D_{\max} = 110{,}087 \text{ мм},$$

$$D_{д2} = D_{д3} - 2Z_{3\min} = 110{,}087 - 0{,}194 = 109{,}893 \text{ мм},$$

$$D_{д1} = D_{д2} - 2Z_{2\min} = 109{,}893 - 0{,}316 = 109{,}577 \text{ мм},$$

$$D_{заг} = D_{р1} - 2Z_{1\min} = 109{,}577 - 3{,}068 = 106{,}509 \text{ мм}.$$

Максимальні розміри заокруглюємо.

Мінімальні розміри: $D_{i\min} = D_{i\max} - T_i$, мм.

Граничні припуски:

$$2Z^{гр}_{\max} = D_{i\min} - D_{(i-1)\min}, \text{ мм},$$

$$2Z^{гр}_{\min} = D_{i\max} - D_{(i-1)\max}, \text{ мм}.$$

Значення граничних розмірів та припусків наводимо в табл. 1.11.

Схема графічного розташування припусків на обробку поверхні приведена на рис. 1.4.

Загальні припуски (див. табл. 1.11): $2Z^{заг}_{\min} = 3887$ мкм; $2Z^{заг}_{\max} = 6200$ мкм.

Перевірка правильності розрахунків: $2Z^{заг}_{\max} - 2Z^{заг}_{\min} = 6200 - 3887 = 2313$ мкм.

$T_{заг} - T_д = 2400 - 87 = 2313$ мкм, отже розрахунки правильні.

Таблиця 1.11 – Розрахунок припусків і граничних розмірів

Технологічні операції та переходи	Елементи припуску, мкм				Мінімальний припуск $2Z_{i\,min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_0, (D_0), мм	Допуск Т, мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм		Виконавчі розміри, мм
	R_Z	h	$R_{Z\rho}$	ε				D_{max}	D_{min}	$2Z^{гр}_{min}$	$2Z^{гр}_{max}$	
Обробка пов. Ø110H9($^{+0,087}$) мм												
Заготовка	200	200	1131	–	–	106,509	2,4	106,2	103,8	–	–	105±1,2
Чорнове розточування	40	50	68	80	3608	109,577	350	109,55	109,20	3350	5400	$109,2^{+0,35}$
Чистове розточування	20	20	57	4	316	109,893	140	109,89	109,75	340	550	$109,75^{+0,140}$
Тонке розточування	5	5	45	3	194	110,087	87	110,087	110,0	197	250	$110^{+0,087}$
Загальний припуск										3087	6200	–

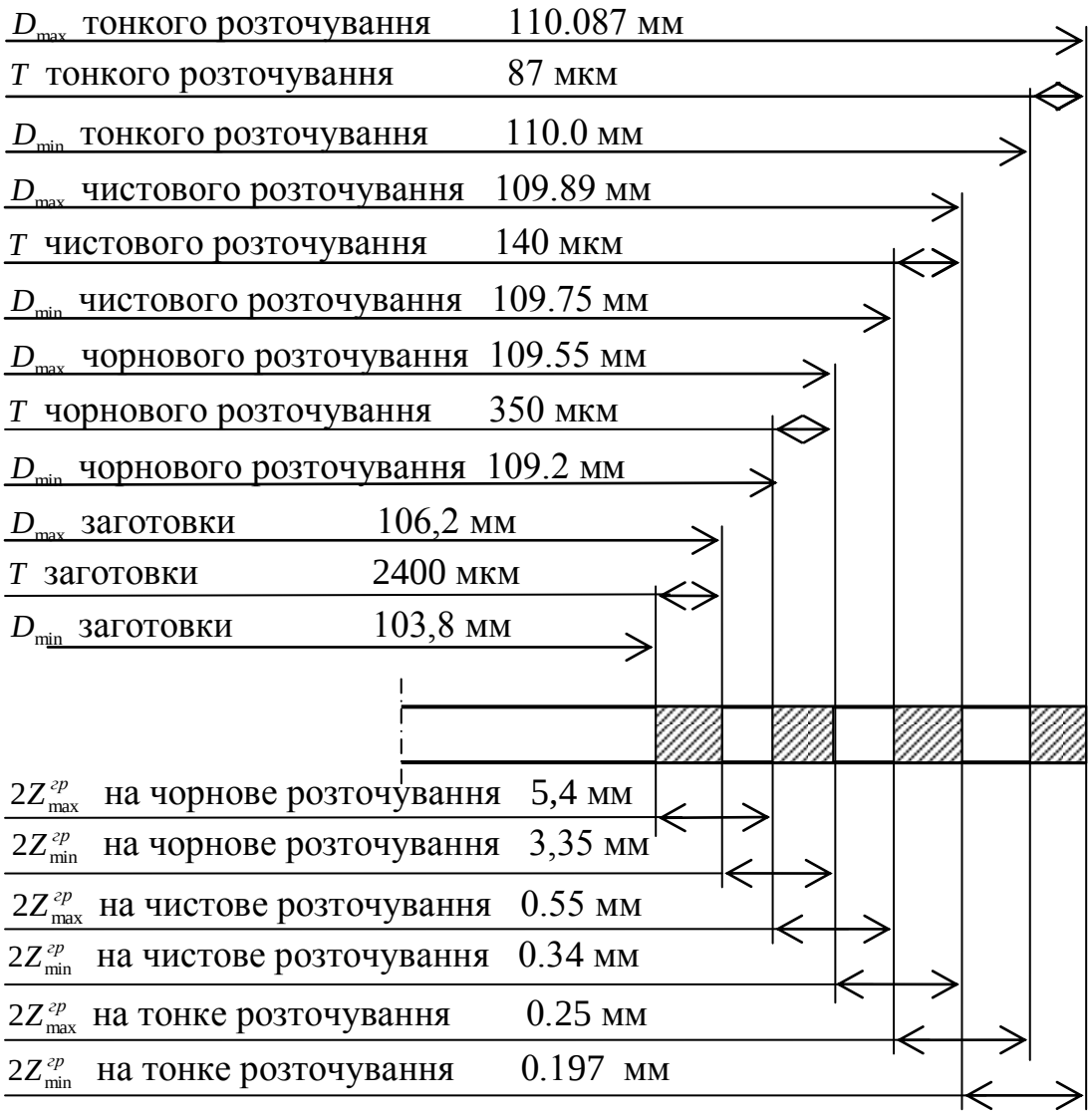


Рисунок 1.4 – Схема графічного розміщення припусків та допусків на обробку поверхні Ø110H9 ($^{+0,087}$) мм.

Таблиця 1.12 – Припуски та міжопераційні розміри на обробку поверхонь ([4], табл. 7, с. 587, 588).

Технологічні переходи	Розмір, мм	Шорсткість Ra, мкм	Квалітет точності	Допуск, мм	Граничні розміри, мм		Припуск
					Найбільший	Найменший	2Z, мм
Обробка поверхонь 29, 31 – Ø28H9($^{+0,052}$) мм							
1. Заготовка – суцільний метал							
2. Свердління	Ø26	12,5	12	0,210	26,21	26,0	13,1
3. Зенкерування	Ø27,7	3,2	11	0,130	27,83	27,7	0,85
4. Розвертування	Ø28	1,6	9	0,052	28,052	28,0	0,15
Обробка поверхні 33 – Ø60H9($^{+0,074}$) мм							
1. Заготовка	Ø54	40,0	15	±1,0	55,0	53,0	-
2. Зенкерування	Ø58	12,5	12	0,300	58,3	58,0	5,0
4. Розточування чистове	Ø59,7	3,2	11	0,190	59,89	59,7	0,85
4. Розточування остаточне	Ø60	1,6	9	0,074	60,074	60,0	0,15

1.4.2 Розрахунок режимів різання та уточнення моделей верстатів

Розрахунок режимів різання проводимо аналітичним та нормативним методами. Результати розрахунку зведемо в таблицю 1.13.

Розрахунок основного часу виконується за формулою:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_0}, \text{ хв ([4], табл. 1, с. 610, 611, 613),}$$

де довжина робочого ходу $L = l + l_1 + l_2$, мм;

де l – довжина обробки, мм;

$(l_1 + l_2)$ – величини на врізання та перебіг інструменту (довідник [4]), мм;

i – число проходів інструменту;

n – частота обертання шпинделя, хв$^{-1}$;

S_0 – подача на оберт шпинделя.

Для верстатів, де визначається хвилинна подача, – $S_x = n \cdot S_0$, – заносимо в знаменник.

При нарізанні різьб мітчиками:

$$T_0 = \frac{L + L_{доп}}{n \cdot p}, \text{ хв ([4], с. 612),}$$

де $L_{доп}$ – довжина додаткового ходу мітчика, мм;

p – крок нарізуваної різьби.

Розрахунок режимів різання аналітичним методом.

Операція 025. Свердлильно-фрезерно-розточна з ЧПК.

Свердлильно-фрезерно-розточний з ЧПК мод. 6904ВМФ2:

- потужність головного двигуна верстата $N_{дв}$=4.5 кВт.
- коефіцієнт корисної дії приводу $\eta = 0{,}8$ ([1], *с.*95)

Ефективна потужність на шпинделі верстату $N_e = N_{дв} \cdot \eta$ =4,5·0.8=3,6 кВт.

Розточити поверхню 6 остаточно.

Різальний інструмент: різець розточний державковий: $\varphi=90^0$, $\varphi_1=10^0$, $\gamma=0^0$, $\lambda=0^0$.

Різець 2142-0025 Т15К6 ГОСТ 9795-84;

Оброблюваний матеріал: сталь 35Л;

Твердість 217 НВ;

$\sigma_в$=491МПа;

Оброблювана поверхня Ø110H9$^{(+0,087)}$, шорсткість Ra=1.6 мкм.

Режими різання:

Глибина різання t=0,13мм .

Подача нормативна $S_{он}$ =0,223 мм/об, ([6],табл.14 с.268).

Приймаємо S_o= $S_{он}$ *$К_s$, мм/об.

Поправковий коефіцієнт на подачу $К_s$=0,45 ([6],табл. 14 с.268).

S_o= 0,223*0,45=0,10 мм/об, приймаємо S_o= 0,10 мм/об (регулювання безступінчасте).

Швидкість різання - розрахункова:

$$Vp = \frac{KoCvKv}{T^m t^x S_o^y} \text{ , м/хв.}$$

Період стійкості різця Т=60хв ([6],с.268).

$$К_v = К_{мv} \cdot К_{пv} \cdot К_{iv} \cdot К_{\varphi} \cdot К_{\varphi 1}$$

$$К_{мv} = Кr\left(\frac{750}{\sigma_u}\right)^{nv} = \left(\frac{750}{491}\right)^1 = 1.53$$

Де $К_г$ =1; n_v=1([6], табл. 2, с. 262).

$К_{пv}$=1([6],табл.5, с.263), $К_{iv}$=1 ([6], табл. 6, с. 263).

Коефіцієнти на кути в плані $К_{\varphi}$= 0,7 $К_{\varphi 1}$=1; ([6], табл.18, с. 271).

$К_v$=1.53·0,7·1·1·1=1.07.

Коеф. виду обробки Ко=0,9, - для розточування ([6], табл. 17, с. 270).

Коефіцієнти і показники степенів ([6], табл.17, с. 269).

Cv=420; x=0,15; y=0,2; m=0,2

$$Vp = \frac{0,9 \cdot 420 \cdot 1,07}{60^{0,2} 0,13^{0,15} 0,1^{0,2}} = 381,57 м/хв$$

Коректуємо розрахункове V_p за табл. 19 ([6], с. 271), приймаємо V_p=250 м\хв.

Частота обертання шпинделя розрахункова:

$$np = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 250}{\pi \cdot 110} = 723,4 хв^{-1};$$ Приймаємо за верстатом n=630хв$^{-1}$, тому що розрахункове V_p більше рекомендованої.

$V'_р$=250-300 м/хв. за табл. 19 ([6], с. 271) – для тонкої обробки.

$S_х$= $S_х$·n=0,10·630=63 мм/хв.

Фактична $V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 110 \cdot 630}{1000} = 217{,}71 м/хв$

Основний технологічний час при l=30 мм; l_1+l_2=3 мм; L=30+3=33мм; i=2

$To = \frac{2 \cdot 33}{63} = 1{,}048 хв$

Сила різання P= $10C_р \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p$,

$K_р$=$K_{мр}$· $K_{φр}$ · K_{ipv} $K_{λpi}$

$K_{мр}$= $(\frac{\sigma_в}{750})^n = (\frac{491}{750})^{0,75} = 0.73$

де n = 0,75 ([6],табл.9 с.264).

Коефіцієнт на геометричні параметри різців ([6], табл. 23, с. 275).

$K_{φр}$ = 0,89; K_{pv} =1; $K_{λpi}$= 1;

$K_р$=0.73·0,89·1·1=0.65;

Коефіцієнти і показники степенів ([6], табл. 22, с. 273).

Ср= 300; x= 1,0; y=0,75; n=-0,15.

P = $10 \cdot 300 \cdot 0{,}13 \cdot 0{,}1^{0,75} \cdot 217{,}71^{-0,15} \cdot 0{,}65$=20,35 Н

Потужність різання:

$Np = \frac{PzV}{1020 \cdot 60} = \frac{20{,}35 \cdot 217{,}71}{1020 \cdot 60} = 0.0724 кВт.$

Np =0.0724 кВт <Ne=3,6 кВт.

Верстат за потужністю працездатний. Прийняті режими різання:

t=0,13мм; So =0,1 мм/об; Sx=63мм/хв; T=60хв; n=630$хв^{-1}$; V=217,71 м/хв;

Np=0.0724 кВт; P=20,35 Н; To=1.048 хв.

<u>Операція 005</u>. Поздовжньо-фрезерна.

Фрезерувати пов. 24 і 25.

Верстат: поздовжньо-фрезерний ДФ-831-8.

Різальний інструмент: фреза торцева, $D_ф = 160$ мм, фреза 2214-0005 Т5К10 90^0 ГОСТ 24359-80; $z = 10$.

Оброблюваний матеріал: сталь 35Л ДСТУ 8781:2018, НВ 217, $\sigma_в = 491$ МПа.

Розміри оброблюваної поверхні: B=85 мм, l=230,5 мм, шорсткість обробки $R_a = 6{,}3$ мкм.

Глибина фрезерування t=2,25 мм.

Подача на зуб фрези $S_z = S_{zн} \cdot K_S$, мм/зуб.

Нормативна подача $S_{zн} = 0{,}16$ мм/зуб ([6], табл. 33, с. 283) $K_S = 0{,}7$ ([6], табл. 33, с. 283); $S_z = 0{,}16 \cdot 0{,}7 = 0{,}112$ мм/зуб.

Подача на оберт шпинделя $S_o = S_z \cdot z$, мм/об.

$S_o = 0{,}112 \cdot 10 = 1{,}12$ мм/об.

Швидкість різання розрахункова:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p}, \text{ м/хв.}$$

Поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_V = K_{M_V} \cdot K_{П_V} \cdot K_{iV},$$

де коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу

$$K_{M_V} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_в}\right)^{n_V} = 1 \cdot \left(\frac{750}{491}\right) = 1{,}527.$$

За таблицею 2 ([6], с. 262): $K_r = 1;\ n_V = 1$.

Коефіцієнт на стан поверхні заготовки:

$K_{П_V} = 0{,}8$ ([6], табл. 5, с. 263).

Коефіцієнт на матеріал різальної частини інструменту

$K_{iV} = 0{,}65$ ([6], табл. 6, с. 263).

Стійкість фрези $T = 180$ хв. ([6], табл. 40, с. 290).

Значення коефіцієнта та показників степенів ([6], табл. 39, с. 288):

$C_V = 332;\ q = 0{,}2;\ x = 0{,}1;\ y = 0{,}4;\ u = 0{,}2;\ p = 0;\ m = 0{,}2.$

$K_V = 1{,}527 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}65 = 0{,}794.$

$$V_p = \frac{332 \cdot 160^{0{,}2} \cdot 0{,}794}{180^{0{,}2} \cdot 2{,}25^{0{,}1} \cdot 0{,}112^{0{,}4} \cdot 85^{0{,}2} \cdot 10^0} = \frac{795{,}33}{3{,}7} = 232{,}45 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя, розрахункова:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_ф} = \frac{1000 \cdot 232{,}45}{\pi \cdot 160} = 462 \text{ хв}^{-1}.$$

Прийнята $n = 400$ хв$^{-1}$ (паспорт).

Фактична швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D_{ср} \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 160 \cdot 400}{1000} = 201{,}6 \text{ м/хв.}$$

Хвилинна подача $S_x = S_o \cdot n = 1{,}12 \cdot 400 = 448$ мм/хв.

Прийнята $S_x = 400$ мм/хв.

Фактичні: $S_o = \frac{S_x}{n} = \frac{400}{400} = 1$ мм/об.

$$S_z = \frac{S_o}{z} = \frac{1}{10} = 0{,}1 \text{ мм/зуб.}$$

Сила різання окружна:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^\omega} \cdot K_{M_P}, \text{ Н.}$$

$$K_{M_P} = \left(\frac{\sigma_в}{750}\right)^n = \left(\frac{491}{750}\right)^{0{,}3} = 0{,}88; \; n = 0{,}3 \text{ ([6], табл. 9, с. 264).}$$

Коефіцієнти і показники степенів ([6], табл. 41, с. 291).

$C_P = 825$; $x = 1{,}0$; $y = 0{,}75$; $u = 1{,}1$; $q = 1{,}3$; $\omega = 0{,}2$;

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 2{,}25 \cdot 0{,}1^{0{,}75} \cdot 85^{1{,}1} \cdot 10}{160^{1{,}3} \cdot 400^{0{,}2}} \cdot 0{,}88 = 1603 \text{ Н.}$$

Крутний момент на шпинделі:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D_ф}{2 \cdot 1000} = \frac{1603 \cdot 160}{2000} = 128{,}24 \text{ Н·м.}$$

Потужність різання:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1603 \cdot 201{,}6}{1020 \cdot 60} = 5{,}3 \text{ кВт.}$$

Ефективна потужність на шпинделі верстату:

$N_e = N_{дв} \cdot \eta$, кВт,

де, потужність головного приводу (двигуна) $N_{дв} = 7{,}5$ кВт;

ККД приводу $\eta = 0{,}85$ ([1], с. 95).

$N_e = 7{,}5 \cdot 0{,}85 = 6{,}4$ кВт. $N_P = 5{,}3$ кВт, – за потужністю верстат працездатний.

Основний технологічний час:

$$T_o = \frac{L}{S_x} = \frac{248}{400} = 0{,}620 \text{ хв},$$

де $L = l + l_1 + l_2$, мм; $L = 230{,}5 + 17{,}5 = 248$, величина на врізання і перебіг фрези $l_1 + l_2 = 17{,}5$ мм ([4], табл. 6, с. 622).

<u>Операція 010</u>. Поздовжньо-фрезерна.

Фрезерувати пов. 26 і 27.

Верстат: поздовжньо-фрезерний ДФ-831-8, $N_{в1} = 7{,}5$.

Різальний інструмент: фреза торцева, $D_ф = 160$ мм, фреза 2214-0005 Т5К10 $z = 10$.

Оброблюваний матеріал: сталь 3Л5 ДСТУ 8781:2018, НВ 217.

Розміри оброблюваної поверхні: площина шириною В=85 мм.

$l = 222$ мм; $l_1 + l_2 = 18$ мм, $L = l + l_1 + l_2$, мм; $L = 222 + 18 = 240$, $i = 1$.

Режими різання:

Глибина фрезерування t=2,25 мм.

Подача на зуб фрези $S_z = 0{,}1$, мм/зуб. (табл. 7, с. 652)

Подача на оберт шпинделя $S_o = S_z \cdot z$, мм/об.

$S_o = 0{,}1 \cdot 10 = 1{,}0$ мм/об.

Швидкість різання розрахункова:

$$V_p = V_н \cdot K_9 \cdot K_{10} \cdot K_{11}, \text{ м/хв.}$$

$V_н = 310$ м/хв. (с.654), - для $t \le 3$мм; $S_z = 0{,}1$мм/зуб.

Коефіцієнти:

- на оброблюваний матеріал, - $K_{10} = 1{,}0$ (с. 658);
- на період стійкості інструменту, - $K_{11} = 0{,}77$ при $T = 240$ хв. (с. 658) (с. 680);
- на вид обробки, - $K_9 = 1{,}5$, - $\frac{D_ф}{B} = \frac{160}{85} = 1{,}88$ (с. 657).

Тоді швидкість різання розрахункова буде:

$V_p = 310 \cdot 1 \cdot 1{,}05 \cdot 0{,}77 = 250{,}6$, м/хв.

Частота обертання шпинделя, розрахункова:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_ф} = \frac{1000 \cdot 250{,}6}{\pi \cdot 160} = 498{,}6 \text{ хв}^{-1}.$$

Прийнята $n = 400$ хв$^{-1}$.

Хвилинна подача $S_x = S_o \cdot n = 1{,}0 \cdot 400 = 400$ мм/хв.

Прийнята $S_x = 400$ мм/хв.

Фактичні: $S_o = \frac{S_x}{n} = \frac{400}{400} = 1{,}0$ мм/об.

$$S_z = \frac{S_o}{z} = \frac{1{,}0}{10} = 0{,}1 \text{ мм/зуб.}$$

Фактична швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D_ф \cdot n}{1000}, \text{ м/хв.}$$

$$V = \frac{3{,}14 \cdot 160 \cdot 400}{1000} = 201{,}06 \text{ м/хв.}$$

Основний технологічний час:

$$T_o = \frac{L}{S_x} = \frac{240}{400} = 0{,}600 \text{ хв.}$$

Потужність різання:

$$N_p = N_{табл} \cdot \frac{t \cdot V \cdot z}{1000} \cdot K_{12}, \text{ кВт.}$$

де $N_{табл} = 1{,}07$ (с.659); $K_{12} = 1{,}25$ (с. 660)

$$N_p = 1{,}07 \cdot \frac{10 \cdot 2{,}25 \cdot 201{,}06}{1000} \cdot 1{,}25 = 5{,}3, \text{ кВт.}$$

Ефективна потужність верстату: $N_e = N_в \cdot \eta$, кВт.

Тоді $N_e = 7{,}5 \cdot 0{,}8 = 6{,}4$ кВт; $N_p = 5{,}3$ кВт $<$ $N_e = 6{,}4$ кВт – верстат за потужність працездатний.

Сила різання: $P_z = \frac{1020 \cdot 60 \cdot N_p}{V}$, Н.

$$P_z = \frac{1020 \cdot 60 \cdot 5{,}3}{201{,}06} = 1613, \text{ Н.}$$

Прийняті режими різання:

$t = 2{,}2$ мм; $S_o = 1{,}0$ мм/об; $S_x = 400$ мм/хв; $T = 240$ хв; $n = 400$ хв$^{-1}$; $V = 201{,}06$ м/хв;

$N_p = 5{,}3$ кВт; $P_z = 1613$ Н; $T_o = 0{,}600$ хв.

Операція 020. Свердлильно-фрезерно-розточна з ЧПК

Розточити поверхні 5 і 6 начорно.

Верстат. Свердлильно-фрезерно-розточний з ЧПК 6904ВМФ2.

Оброблюваний матеріал: Сталь 35Л ДСТУ 8781:2018, $\sigma_в$=491 МПа, 217НВ.

Оброблювана поверхня: внутрішня циліндрична Ø109,2 мм.

Різальний інструмент: різець розточний державковий, Т15К6.

Потужність головного двигуна верстату $N_{дв}$=4,5 кВт.

$l = 2 \cdot 30$ мм; $l_1 + l_2 = 6$ мм (с. 620), $L = l + l_1 + l_2$,; $L = 2 \cdot 30 + 6 = 66$ мм, $i = 1$.

Режими різання:

Глибина різання t=3,0 мм.

Подача $S_o = 0{,}8$, мм.

Швидкість різання розрахункова:

$$V_p = V_н \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \text{ м/хв.}$$

$V_н = 62$ м/хв. (с.648), - для $t \le 5$ мм; $S_o = 0{,}8$ мм, $\varphi = 60^o$

Коефіцієнти:

- на оброблюваний матеріал, - $K_4 = 1$ (с. 649);
- на період стійкості інструменту, - $K_5 = 0{,}9$ при $T = 60$ хв;
- на вид обробки, - $K_6 = 0{,}85$, - розточування (с. 650).

Тоді розрахункова швидкість різання буде:

$V_p = 62 \cdot 1 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}85 = 47{,}43$, м/хв.

Частота обертання шпинделя, розрахункова:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_ф} = \frac{1000 \cdot 47{,}43}{\pi \cdot 109.2} = 138{,}25 \text{ хв}^{-1}.$$

Прийнята $n = 160$ хв$^{-1}$.

Хвилинна подача $S_x = S_o \cdot n = 0{,}8 \cdot 160 = 128$ мм/хв.

Прийнята $S_x = 125$ мм/хв.

Фактичні: $S_o = \frac{S_x}{n} = \frac{125}{160} = 0{,}78$ мм/об.

Фактична швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D_ф \cdot n}{1000}, \text{ м/хв.}$$

$$V = \frac{3{,}14 \cdot 109{,}2 \cdot 160}{1000} = 54{,}89 \text{ м/хв.}$$

Основний технологічний час:

$$T_o = \frac{L}{S_x} = \frac{66}{125} = 0{,}528 \text{ хв.}$$

Потужність різання:

$$N_p = N_{табл} \cdot \frac{V}{100} \cdot K_7, \text{ кВт.}$$

де $N_{табл} = 8{,}3\,(\text{с.}651)$; $K_7 = 0{,}725\,(\text{с. }651)$

$$N_p = 8{,}3 \cdot \frac{54{,}84}{100} \cdot 0{,}725 = 3{,}4, \text{ кВт.}$$

Ефективна потужність верстату: $N_e = N_в \cdot \eta$, кВт.

Тоді $N_e = 4{,}5 \cdot 0{,}8 = 3{,}6$ кВт; $N_p = 3{,}4$ кВт $<$ $N_e = 3{,}6$ кВт – верстат за потужністю придатний.

Сила різання: $P_z = \frac{1020 \cdot 60 \cdot N_p}{V}$, Н.

$$P_z = \frac{1020 \cdot 60 \cdot 3{,}4}{54{,}84} = 37{,}94, \text{ Н.}$$

Прийняті режими різання:

$t = 3{,}0$ мм; $S_o = 0{,}78$ мм/об; $S_x = 125$ мм/хв; $T = 60$ хв; $n = 160$ хв$^{-1}$; $V = 54{,}84$ м/хв;

$N_p = 3{,}4$ кВт; $P_z = 3794$ Н; $T_o = 0{,}528$ хв.

<u>Операція 030</u>. Свердлильна з ЧПК

Свердлити отвір 35.

Верстат 2Р135Ф2.

Оброблюваний матеріал: Сталь 35Л ДСТУ 8781:2018, $\sigma_в$=491 МПа, 217 НВ.

Оброблювана поверхня: отвір Ø17,5 мм.

Різальний інструмент: свердло Ø17,5 мм, Р6М5.

Потужність головного двигуна верстату $N_{дв}$=4 кВт.

$l = 28$ мм; $l_1 + l_2 = 6{,}5$ мм (с.620), $L = l + l_1 + l_2$,; $L = 28 + 6{,}5 = 34{,}5$ мм, $i = 20$.

Режими різання:

Глибина різання t=8,75 мм.

Подача $S_o = S_{o1} \cdot K_s$ мм/об; де $K_s = 0{,}8$ (с.662). $S_{o1} = 0{,}145$ мм/об (табл.7, с.661).

Отже $S_o = 0{,}145 \cdot 0{,}8 = 0{,}116$ мм/об.

Швидкість різання розрахункова:

$$V_p = V_н \cdot K_{11} \cdot K_{12} \cdot K_{13}, \text{ м/хв.}$$

$V_н = 31{,}2$ м/хв. (с. 663), $S_o = 0{,}125$ мм/об.

Коефіцієнти:

- на оброблюваний матеріал, - $K_{13} = 1{,}1$ (с. 663);
- на період стійкості інструменту, - $K_{11} = 1{,}3$ при $T = 30$ хв; (с. 664).
- на вид обробки, - $K_{12} = 1$, - $\frac{l}{d} = \frac{28}{17{,}5} = 1{,}6 < 3$ (с. 664).

Тоді розрахункова швидкість різання буде:

$V_p = 31{,}2 \cdot 1{,}3 \cdot 1{,}1 = 28{,}39$, м/хв.

Частота обертання шпинделя, розрахункова:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_ф} = \frac{1000 \cdot 28{,}39}{\pi \cdot 17{,}5} = 516 \text{ хв}^{-1}.$$

Прийнята $n = 500$ хв$^{-1}$.

Хвилинна подача $S_x = S_o \cdot n = 0{,}116 \cdot 500 = 58$ мм/хв.

Прийнята $S_x = 63$ мм/хв.

Фактичні: $S_o = \frac{S_x}{n} = \frac{63}{500} = 0{,}126$ мм/об.

Фактична швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D_ф \cdot n}{1000}, \text{ м/хв.}$$

$$V = \frac{3{,}14 \cdot 17{,}5 \cdot 500}{1000} = 27{,}49 \text{ м/хв.}$$

Осьова сила різання: $P_o = P_{o1} \cdot K_p$, Н.

де $K_p = 0{,}75$ (с. 669); $P_{o1} = 4375$ Н, (с. 669).

Отже $P_o = 4375 \cdot 0{,}75 = 3281$, Н.

Основний технологічний час:

$$T_o = \frac{L}{S_x} = \frac{34,5 \cdot 20}{63} = 10,952 \text{ хв.}$$

Потужність різання:

$N_p = N_{табл} \cdot K_{23}$, кВт.

де $N_{табл} = 1,43$ (с.671); $K_{23} = 1$ (с. 671)

$N_p = 1,43 \cdot 1 = 1,43$, кВт.

Ефективна потужність верстату: $N_e = N_в \cdot \eta$, кВт.

Тоді $N_e = 4 \cdot 0,8 = 3,2$ кВт; $N_p = 1,43$ кВт $<$ $N_e = 3,2$ кВт – верстат за потужністю придатний.

Прийняті режими різання:

$t = 8,75$ мм; $S_o = 0,126$ мм/об; $S_x = 63$ мм/хв; $T = 30$ хв; $n = 500$ хв$^{-1}$; $V = 27,49$ м/хв;

$N_p = 1,43$ кВт; $P_o = 3281$ Н; $T_o = 10,952$ хв.

Таблиця 1.13 – Розрахунок режимів різання та основного часу

№ Опер. переходу	Назва та зміст операції	D або B обробки	Довжина		Глибина	Подача		Швидкість різання			Частота обертання шпинделя		Потужність		i	T_0, хв
			l	L	t	S_0	S_X	V^*	V_H	V	n_p	n	$N_{різ}$	N_0		
		мм	мм			мм/об	мм/хв	м/хв			$хв^{-1}$		кВт			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
005	Поздовжньо-фрезерна													6,4		
	Фрезерувати пов. 24 і 25	∅160	230	248	2,25	1,0	400	Р	232,45	201,06	462	400	5,3		1	0,620
010	Поздовжньо-фрезерна													6,4		1,314
1	Фрезерувати пов. 1 і 2 начорно	∅250	200	254	1,5	1,6	3,15	310	246,14	157,08	309	200	6,3		1	0,806
2	Фрезерувати пов. 1 і 2 начисто	∅250	200	254	0,75	1,75	500	360	285,84	314,16	363	400	4,8		1	0,508
015	Поздовжньо-фрезерна															0,600
	Фрезерувати пов. 26 і 27	∅160	222	240	2,25	1,0	400	310	250,6	201,06	498,6	400	5,3		1	0,600
020	Свердлильно-фрезерно-розточна													3,6		9,011
1	Точити фаску 10(9)	∅220	1,5	4,5	1,5	0,4	63	115	103,5	110,58	149	160	1,8		2	0,143
2	Розточити пов. 5 і 6 начорно	∅109,2	60	66	3,0	0,8	80	62	47,43	54,84	138	160	3,4		1	0,528
3	Розточити пов. 21,22 (18,19)	∅155	8	11	3,25	0,08	12,5	100	76,5	77,91	157	160			2	1,760
4	Розточити пов. 5 і 6 начисто	∅110	30	34	0,3	0,4	160	125	127,5	138,23	369	400			2	0,425
	фаску 11 (12)	∅157	1	2	1	0,1	160			138,23		400			2	0,025
5	Розточити пов. 5 і 6 остаточно	∅110	30	33	0,125	0,1	63	Р	250	217,71	723	630	0,07		2	1,048
	Фаску 23(20)	∅112,6	2,5	4	1,3	0,1	63			222,85		630			2	0,127

Продовження таблиці 1.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6	Свердлити пов. 29(31)	∅26	35	45	13	0,2	86	27	34,16	32,67	418	400	2,5		2	1,125
7	Розточити пов. 44	∅29	35	41	1,5	0,4	315	90	78,1	72,88	889	800			2	0,257
8	Зенкерувати пов. 29(31)	∅27,2	35	38	0,85	0,5	200	23	31,63	34,18	370	400			2	0,380
9	Розвернути пов. 29(31)	∅28	35	54	0,15	0,8	100	11	11	11	125	125			2	1,080
10	Розточити фаску 30 (32)	∅30,6	2,5	4	1,3	0,2	200	120	96,6	96,13	1005	1000			2	0,040
11	Свердлити отвір 38	∅10,2	20	24	5,1	0,06	63	33	32,8	32,04	1023	1000			4	1,524
	Фаску 39	∅13,2	1,5	-	1,5	0,06	63	22	33,0	41,47		1000			-	-
12	Нарізати різьбу 40	∅12	1,5	20,5	0,9	1,75	350	11	8,8		2,33	200			4	0,549
025	Свердлильно-фрезерно-розточна															4,37
1	Свердлити пов. 33	∅58	33	40	2	0,8	100	21	23,1	22,78	127	125			1	0,400
2	Розточити пов. 33 начисто	∅59,7	33	36	0,85	0,4	315	125	150,0	150,0	796	800			1	0,114
3	Розточити пов. 33 остаточно	∅60	33	36	0,15	0,125	100	140	168	150,8	891	800				0,360
4	Розточити фаску 34	∅62,6	2,5	4	1,3	0,125	100			157,33		800			4	0,040
5	Свердлити отвір 35	∅17,5	28	34,5	8,75	0,1	63	35	33,08	35,09		630			4	2,190
6	Зенкувати фаски 36	∅25	2,5	4	2,5	0,1	25	22	20,02	19,63		250			4	0,640
7	Нарізати різьбу 37	∅20	20	27,5	1,25	2,5	400	12	9,6	10,19	152	160			4	0,630
030	Свердлильна з ЧПК												1,43			13,492
1	Свердлити отв. 35	∅17,5	28	34,5	8,75	0,126	63		28,39	27,49		500	1,43		20	10,952
2	Зенкувати фаски 36	∅25	2,5	4,0	2,5	0,126	31,5		20,02	19,63		250			20	2,540
3	Нарізати різьбу 37	∅20	20	27,5	1,25	2,5	312,5		9,6	7,85		125			20	3,920

1.4.3 Розрахунки, пов'язані з підготовкою карти налагодження та керуючої програми для верстату з ЧПК

Операція 030. Вертикально-свердлильна з ЧПК.

Верстат: Вертикально-свердлильний з ЧПК 2Р135Ф2.

– розмір стола верстату 630х400 мм;

– діаметр шпинделя – 60 мм, розмір отвора у шпинделі – конус Морзе 4;

– віддаль від поверхні стола до торця шпинделя револьверної головки $H_{\hat{A}} = 0..600$ мм;

– віддаль від торця різьбонарізної головки до торця шпинделя револьверної головки, $h_2 = 150$ мм;

– число різьбонарізних головок – 1;

– число шпинделів – 6.

Пристрій: віддаль від поверхні стола до поверхні опор - $H_{пр} = 160$ мм.

Заготовка: віддаль від поверхні входу інструменту до поверхні опор $h_{дет} = 230$ мм.

Порядок переходів, різальний та допоміжний інструмент:

1. Свердлити отв. 35 - $\varnothing 17{,}5^{+0{,}53}$ глибиною 28±1,5 мм.

– свердло 035-2301-1049 ОСТ 2И20-2-80; довжина свердла $L_1 = 230$ мм; довжина від вершини свердла до торця перехідної втулки $l_1 = 155$ мм; хвостовик-конус Морзе 2;

– перехідна втулка (з внутрішнього конуса Морзе 2 на зовнішній конус Морзе 4);

- втулка 6100-0144 ГОСТ 13598-85; довжина від торця втулки до торця шпинделя револьверної головки – $a_{вт.1} = 6{,}5$ мм.

2. Зенкувати фаски 36 – 2,5×45° в отв. 35.

– зенківка 2353-0138 ГОСТ 14953-80: $L_2 = 153$ мм; $l_2 = 59$ мм; хвостовик – конус Морзе 3;

– втулка 6100-0316 ГОСТ 13598-85, $a_{вт.2} = 122{,}5$ мм.

3. Нарізати різьбу 37 - М20-7Н.

– мітчик 035-2620-0568 ОСТ 2И52-1-74, $L_3 = 110$ мм, $l_3 = 74$ мм, $l_{o3} = 36$ мм, $d_{1-3} = 14$ мм, $a_3 = 150$ мм (різьбонарізна головка).

Віддаль від вершини інструменту до торця шпинделя револьверної головки. Координати опорної точки інструменту (вершини) W_i (в СКІ) визначається:

$$W_i = \sum l_i + a_i, \text{ мм.}$$

Визначення W_i приведено в таблиці 1.17.

Таблиця 1.17 – Визначення W_i, мм

№ інстр.	Назва інструменту	l_i	a_i	W_i
1	Свердло	155	6,5	161,5
2	Зенківка	59	122,5	181,5
3	Мітчик	74	150	224

Відстань від поверхні стола до центру координат інструменту по осі Z:

$$H_{zo} = H_{np} + h_{\partial em} + h_{\partial o\partial} + W_{i\max} + \Delta l_{\partial o\partial}, \text{ мм,}$$

де $h_{\partial o\partial}$ - введено для гарантованого повороту шпинделя револьверної головки з мітчиком без торкання до заготовки: $h_{\partial o\partial} = 10$ мм;

$\Delta l_{\partial o\partial}$ – гарантований зазор між інструментом і заготовкою, за паспортом $\Delta l_{\partial o\partial} = 1..2$ мм, приймаємо $\Delta l_{\partial o\partial} = 1$ мм.

$H_{zo} = 135 + 230 + 10 + 224 + 1 = 600$ мм, що відповідає найбільшому значенню $Í_{Â}$.

Величина швидких переміщень інструментів по осі Z:

$R_i = W_{\max} - W_i + h_{äîä}$, мм;

$R_1 = 224 - 161{,}5 + 10 = 72{,}5$ мм,

$R_2 = 224 - 181{,}5 + 10 = 52{,}5$ мм,

$R_3 = 224 - 224 + 10 = 10$ мм.

Схема розташування опорних точок деталі приведена на рисунку 1.5, координати опорних точок – в таблиці 1.18.

За центр координат примінимо центр кола розташування оброблюваних отворів.

Точність отворів розміщення ±0,53мм

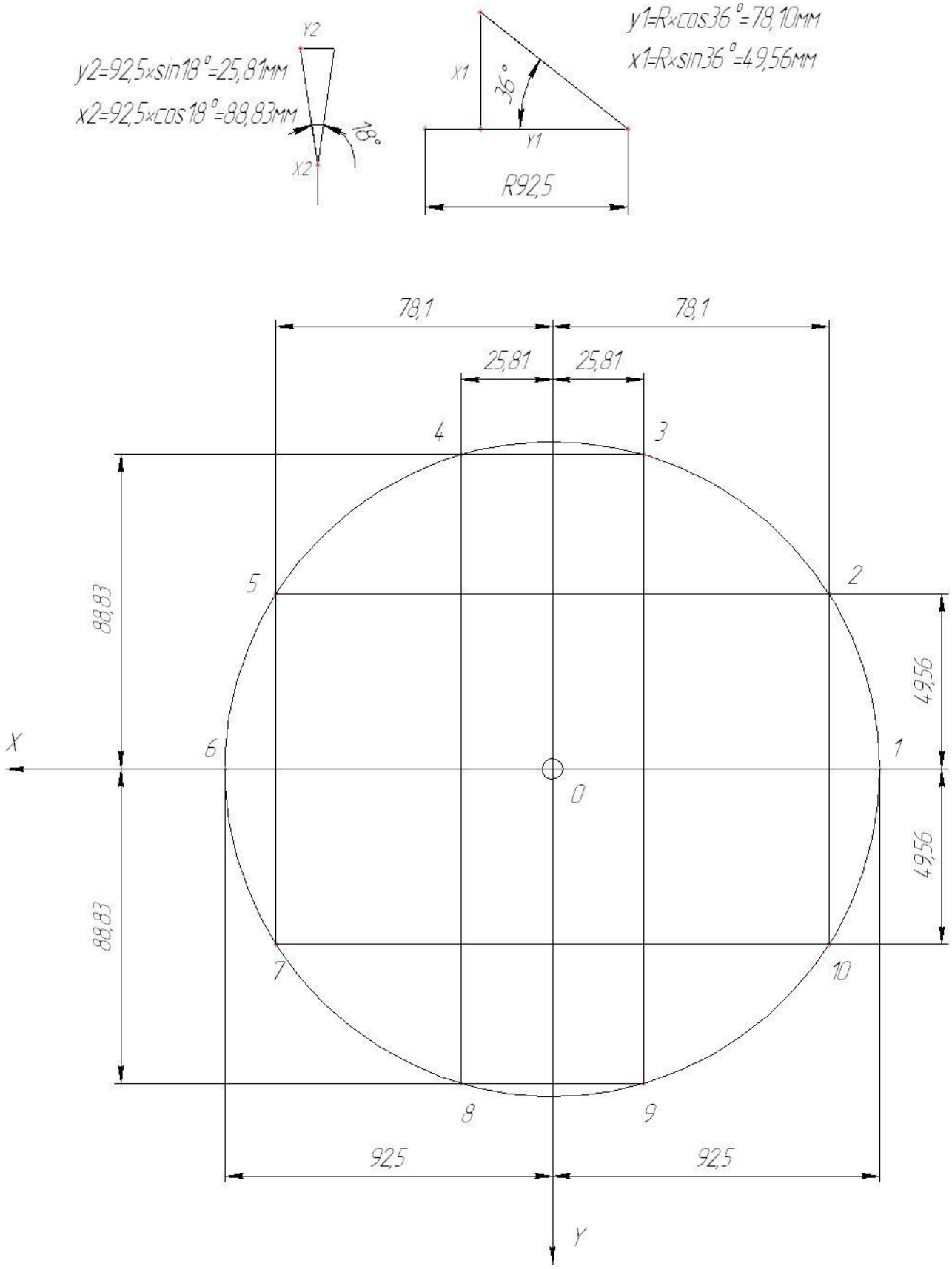


Рисунок 1.5 – Схема розташування опорних точок осях Х-У.

Таблиця 1.18 – Координати опорних точок

	№ опорної точки										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	O_1
X	0	-49,56	-88,83	88,83	-49,56	0	49,56	88,83	88,83	49,56	-100
Y	-92,5	-78,10	-25,81	25,81	78,10	92,5	78,10	25,81	-25,81	-78,10	-200

Розрахунково-технологічна карта – таблиця 1.19.

Карта програмування – таблиця 1.20.

Програма обробки – таблиця 1.21.

Таблиця 1.19 – Розрахунково-технологічна карта

Деталь			Операція		Верстат					Система ЧПК		
РЛС 4.01.05.401			030		2Р135Ф2					Координата С70-3		
№ опорної точки	Геометрична інформація				Технологічна інформація							
	X , мм	*Y* , мм	*Z* , мм	*R* , мм	*t* , мм	*S* , мм/об	*S* , мм/хв	*V* , м/хв	*n* , $хв^{-1}$	Напрям обертання	Охолодження	№ інстр.	*L* , № коректора
1	0	-92,5	34,5	72,5	8,75	0,126	63	33,08	500	пр	+	1	01
2	-49,56	-78,10											
3	-88,83	-25,81											
4	88,83	25,81											
5	-49,56	78,10											
6	0	92,5											
7	49,56	78,10											
8	88,83	25,81											
9	88,83	-25,81											
10	49,56	-78,10											
10	49,56	-78,10	4,0	52,5	2,5	0,126	31,5	19,63	250	пр	+	2	02
9	88,83	-25,81											
8	88,83	25,81											
7	49,56	78,10											
6	0	92,5											
5	-49,56	78,10											
4	88,83	25,81											
3	-88,83	-25,81											
2	-49,56	-78,10											
1	0	-92,5											
1	0	-92,5	27,5	10	1,25	2,5	(312,5)	7,85	125	пр	+	2	03
2	-49,56	-78,10											
3	-88,83	-25,81											
4	88,83	25,81											
5	-49,56	78,10											
6	0	92,5											
7	49,56	78,10											
8	88,83	25,81											
9	88,83	-25,81											
10	49,56	-78,10											

Таблиця 1.20 – Карта програмування

Деталь	Операція	Верстат	Система ЧПК
РЛС 4.01.05.401	030	2Р135Ф2	Координата С70-3

№ отвору	№ кадру	Підготовча функція	Геометрична інформація				Технологічні команди				№ коректора	Кінець кадру	Пояснення
	N	*G*	*X*	*Y*	*Z*	*R*	*F*	*S*	*T*	*M*	*L*	*LF*	
1	001	62	+000000	-009200			09	09	01	13	01		
	002	81			+003450	+007250							
2	003		-004956	-007810									
	004				+003450	+007250							
3	005		-008883	-002581									
	006				+003450	+007250							
4	007		+008883	+002581									
	008				+003450	+007250							
5	009		-004956	+007810									
	010				+003450	+007250							
6	011		+000000	+009250									
	012				+003450	+007250							
7	013		+004956	+007810									
	014				+003450	+007250							
8	015		+008883	+002581									
	016				+003450	+007250							
9	017		+008883	-002581									
	018				+003450	+007250							
10	019		+004956	-007810									
	020				+003450	+007250							
10	021	62	+004956	-007810			06	07	02	13	02		
	022	82			+000400	+005250							
9	023												
	024				+000400	+005250							
8	025												
	026				+000400	+005250							
7	027												
	028				+000400	+005250							
6	029												
	030				+000400	+005250							
5	031												
	032				+000400	+005250							
4	033		+008883	+002581			06	07	02	13	02		
	034				+000400	+005250							
3	035		-008883	-002581									
	036				+000400	+005250							
2	037												
	038				+000400	+005250							
1	039		+000000	-009250									
	040				+000400	+005250							

Продовження таблиці 1.20

Деталь	Операція	Верстат	Система ЧПК
РЛС 4.01.05.401	030	2Р135Ф2	Координата С70-3

№ отвору	№ кадру	Підготовча функція	Геометрична інформація				Технологічні команди				№ коректора	Кінець кадру	Пояснення
	N	*G*	*X*	*Y*	*Z*	*R*	*F*	*S*	*T*	*M*	*L*	*LF*	
1	041	62	+000000	-009250			16	05	03	13	03		
	042	84			+002750	+001000							
2	043												
	044				+002750	+001000							
3	045												
	046				+002750	+001000							
4	047												
	048				+002750	+001000							
5	049												
	050				+002750	+001000							
6	051												
	052				+002750	+001000							
7	053												
	054				+002750	+001000							
8	055												
	056				+002750	+001000							
9	057												
	058				+002750	+001000							
10	059		+004956	-007810									
	060				+002750	+001000							
O_1	061	60	-010000	-020000									
	062									02			

Таблиця 1.21 – Програма обробки

№ точки	№ кадру	Умови
1	№001	G62 T01 L01 F09 S09 M13 X+000000 Y-009250 ПС
	№002	G81 R+007250 Z+003450 ПС
2	№003	X-004956 Y-007810 ПС
	№004	R+007250 Z+003450 ПС
3	№005	X-008883 Y-002581 ПС
	№006	R+007250 Z+003450 ПС
4	№007	X+008883 Y+002581 ПС
	№008	R+007250 Z+003450 ПС
5	№009	X-004956 Y+007810 ПС
	№010	R+007250 Z+003450 ПС
6	№011	X+000000 Y+009250 ПС
	№012	R+007250 Z+003450 ПС
7	№013	X+004956 Y+007810 ПС
	№014	R+007250 Z+003450 ПС
8	№015	X+008883 Y+002581 ПС
	№016	R+007250 Z+003450 ПС
9	№017	X+008883 Y-002581 ПС
	№018	R+007250 Z+003450 ПС
10	№019	X+004956 Y-007810 ПС
	№020	R+007250 Z+003450 ПС
10	№021	G62 T02 L02 F06 S07 M13 X+004956 Y-007810 ПС
	№022	G82 R+005250 Z+000400 ПС
9	№023	
	№024	R+005250 Z+000400 ПС
8	№025	
	№026	R+005250 Z+000400 ПС
7	№027	
	№028	R+005250 Z+000400 ПС
6	№029	X+000000 Y+009250 ПС
	№030	R+005250 Z+000400 ПС
5	№031	G62 T02 L02 F06 S07 M13 X-004956 Y+007810 ПС
	№032	G82 R+005250 Z+000400 ПС
4	№033	G61
	№034	G82 R+005250 Z+000400 ПС
3	№035	
	№036	R+005250 Z+000400 ПС
2	№037	
	№038	R+005250 Z+000400 ПС
1	№039	X+000000 Y-009250 ПС
	№040	R+005250 Z+000400 ПС
1	№041	G62 T03 L03 F16 S05 M13 X+000000 Y-009250 ПС
	№042	G84 R+001000 Z+002750 ПС
2	№043	
	№044	R+001000 Z+002750 ПС
3	№045	
	№046	R+001000 Z+002750 ПС

Продовження таблиці 1.21

№ точки	№ кадру	Умови
4	№047	
	№048	R+001000 Z+002750 ПС
5	№049	
	№050	R+001000 Z+002750 ПС
6	№051	X+000000 Y-009250 ПС
	№052	R+001000 Z+002750 ПС
7	№053	
	№054	R+001000 Z+002750 ПС
8	№055	
	№056	R+001000 Z+002750 ПС
9	№057	
	№058	R+001000 Z+002750 ПС
10	№059	X+004956 Y-007810 ПС
	№060	R+001000 Z+002750 ПС
O_1	№061	G60 X-010000 Y-020000 ПС
	№062	M02 ПС

1.4.4 Аналіз точності обробки

Вихідні дані:

Верстат: Свердлильно-фрезерно-розточний з ЧПК 6904ВМФ2.

Матеріал деталі: Сталь 35Л ДСТУ 8781:2018; (σ =491 МПа), 217 НВ.

Різальний інструмент: різець розточний державковий 2142-0025 Т15К6 ГОСТ 9795–84.

Матеріал ріжучої частини: твердий сплав Т15К6 із зносостійким покриттям.

Пристрій: спеціальний.

Геометричні параметри інструменту: $\varphi = 90^\circ$; $\varphi_1 = 10^\circ$; $\gamma = 0^\circ$; $\lambda = 0^0$.

Оброблювана поверхня: внутрішня циліндрична $\varnothing 110H9$ ($^{+0,087}$) мм.

Обробка виконується на попередньо налагодженому верстаті з використанням нутроміру типу 155 з вимірною головкою за ГОСТ 9244–75 з ціною поділки 0,002 мм.

Ескіз обробки приведено на рис. 1 графічної частини.

Похибки (основні), що впливають на точність радіуса оброблюваної поверхні – замикаючої ланки технологічного ланцюга:

Δ_b – похибка форми від геометричної неточності верстату: в радіальному напрямку Δ_b – зумовлена радіальним биттям шпинделя, і в осьовому напрямку – зумовлена відхиленням паралельності вісі шпинделя до напрямних станини в горизонтальному напрямку. Це похибка постійна.

Δ_H – похибка налагодження системи ВПІД на отримання заданого розміру. Випадкова при багаторазовому налагодженні.

Δ_y – похибка від зміни величини деформації системи ВПІД внаслідок зміни сил різання, викликаних зміною глибини різання від $t_{\max}$ до $t_{\min}$ і зміною механічних властивостей матеріалу.

Δ_i – похибка від розмірного спрацювання різця.

Δ_m – похибка від теплового спрацювання різця.

Похибками в осьовому напрямку від розмірного спрацювання і теплової деформації нехтуємо.

Схема технологічного розмірного ланцюга показана на рисунку 3 графічного частини.

Формули для розрахунку похибки, значення параметрів, від яких залежить похибка та джерела інформації, а також результати розрахунку зведені в таблицях 1.14 та 1.15.

Таблиця 1.14 – Розрахунок похибки обробки

Формули та розрахунку похибки розробки	Параметри, що впливають на похибку обробки	Значення параметрів та джерело інформації
1	2	3
$\Delta'_{вR} = a'/2 = 0{,}008/2 = 0{,}004$ мм $\Delta''_{вR} = a''/2 = 0{,}008/2 = 0{,}004$ мм $\Delta_{вR} = \Delta'_{вR} + \Delta''_{вR} = 0{,}008$ мм	a' – постійність діаметра зразка в поперечному перетині, мм; a'' – постінйість діаметра зразка в поздовжньому перетині, мм;	$a' = 0{,}008$ мм $a'' = 0{,}008$ мм (паспорт)
$\Delta_{HR} = \sqrt{(\Delta_{вим}/2)^2 + \Delta_p^2} =$ $= \sqrt{(0{,}008/2)^2 + 0{,}007^2} = 0{,}0081$	$\Delta_{вим}$ – похибка вимірювання, мм; $\Delta_{ð}$ – похибка регулювання положення різця, мм	$\Delta_{вим} = \pm 0{,}004$ ([4], табл. 17, с. 565) $\Delta_p = 0{,}007$ ([5], табл. 26, с. 71)
$\Delta_{YR} = 11 \cdot C_p \cdot S^{Y_{ру}} \cdot V^{nру} \cdot K_p \cdot$ $\cdot \left(t_{\max}^{X_{ру}} - t_{\min}^{X_{ру}}\right) \cdot \omega = 11 \cdot 243 \cdot 0{,}1^{0{,}6} \cdot 217{,}71^{-0{,}3} \cdot$ $\cdot 0{,}51 \cdot \left(0{,}125^{0{,}9} - 0{,}1^{0{,}9}\right) \cdot 0{,}015 =$ $= 0{,}03$ мкм $= 0{,}00003$ мм	S, V, $t_{\max}$, $t_{\min}$ – режими різання; K_p – поправочний коефіцієнт; C_p, $Y_{ру}$, $n_{ру}$, $X_{ру}$ – коефіцієнти і показники степенів для визначення P_y, Н; ω – податливість системи ВПІД, мкм/Н;	$S = 0{,}2$ мм/об; $V = 138{,}23$ м/хв; $t_{\max} = 0{,}125$ мм; $t_{\min} = 0{,}10$ мм – дані отримані на попередніх етапах розробки процесу обробки. $C_{ру} = 243$; $X_{ру} = 0{,}9$; $Y_{ру} = 0{,}6$; $n_{ру} = -0{,}3$ ([6], табл. 22, с. 273) $\omega_{іí} = 0{,}015$ мкм/Н ([5], с. 33) $K_p = K_{M_{ðy}} \cdot K_{\varphi_{ру}} \cdot K_{\gamma_{ру}} \cdot K_{\lambda_{ру}}$ $K_{M_p} = 0{,}73$ (р. 1.5.2) $K_{\varphi_{ру}} = 0{,}5$; $K_{\gamma_{ру}} = 1{,}4$; $K_{\lambda_{ру}} = 1$ ([6], табл. 23, с. 275) $K_p = 0{,}73 \cdot 0{,}5 \cdot 1{,}4 = 0{,}51$

Продовження таблиці 1.14

1	2	3
$\Delta_{мнR} = 1{,}2 \cdot \sqrt{\Delta_{hR}^2 + \Delta_y^2} + \Delta_в =$ $= 1{,}2 \cdot \sqrt{0{,}0081^2 + 0{,}00003^2} + 0{,}008 =$ $= 0{,}0018$ мм $\Delta_{ií} = 2 \cdot \Delta_{iíR} = 0{,}036$ мм	$\Delta_{мн}$ – похибка миттєвого розсіювання розміру з врахуванням похибки налагоджування з розрахунку на діаметр оброблюваної поверхні	
$\Delta_i = -U_0 \cdot (1 + V \cdot \tau / 1000) =$ $= -2{,}0 \cdot (1 + 217{,}71 \cdot \tau / 1000) =$ $= -2{,}0 \cdot (1 + 0{,}21771\tau)$	τ – час обробки, хв; U_0 – відносне спрацювання різця, мкм/км.	τ – змінна величина; $U_0 = 2{,}0$ мкм/км ([5], табл. 28, с. 74) та ([4], табл. 10, с. 680)
$\Delta T = \tilde{N} \frac{L_p}{F} \cdot \gamma^{0{,}23} \cdot t^{0{,}7} \cdot S^{0{,}45} \frac{T_0}{T_0 + T_{iåð}} \cdot$ $\cdot \left(1 - e^{-\frac{4\tau}{\tau_m}}\right) = 120 \frac{50}{256} \cdot 217{,}71^{0{,}23} \cdot 0{,}13^{0{,}7} \cdot$ $\cdot 0{,}1^{0{,}45} \frac{1{,}048}{4{,}77} \cdot \left(1 - e^{\frac{-4\tau}{16}}\right) =$ $= 3{,}07 \left(1 - e^{-\frac{\tau}{4}}\right)$	C – константа; L_p, F – виліт різця в мм і площа поперечного перерізу його державки, мм^2; $\sigma_в$ – границя міцності оброблюваного матеріалу, кГс/мм^2; t, S, V – режими різання; T_0, $T_{пер}$ – основний час обробки і тривалість перерв між обробкою кожної деталі, хв; τ_m – константа знаходиться в межах 12-24 хв	$C = 120$ $L_p = 50$ мм; $F = 256$ мм^2; $t = 0{,}125$ мм; $S = 0{,}1$ мм/об; $V = 217{,}71$ м/хв; $T_0 = 1{,}048$ хв; хв; $\tau_m = 16$ хв; $T_{пер} = 4{,}77$ хв.

Таблиця 1.15 – Результати розрахунку систематичної похибки в мкм

τ, хв	0	2	4	8	12	16	20	30	40	60	80
Δ_i	0	-2,87	-3,74	-5,50	-7,23	-8,97	-10,71	-15,06	-19,42	-28,1	-36,83
Δ_m	0	1,23	1,93	2,7	2,9	3,01	3,05	3,07	3,07	3,07	3,07
$\Delta_{сист} = 2 \cdot (\Delta_i - \Delta_m)$	0	-3,28	-3,66	-5,6	-8,66	-11,92	-15,32	-24,0	-32,7	-50,0	67,5

Теоретична діаграма точності обробки показана на рисунку 1 графічної частини. З діаграми визначаємо технологічну стійкість інструмента $T_T = 81{,}5$ хв.

Оскільки $T_e < T_T$, то загальна похибка обробки складає (по діаграмі):

$$\Delta_{сум} = 0{,}086 \text{ мм.}$$

Налагоджувальний розмір при симетричному розсіюванні поля:

$$D_{налаг} = D_{\max} - 0{,}5 \cdot \Delta_{мн} - \Delta_{сист.\min} - \left(T - \Delta_{сум}\right)/2, \text{ мм.}$$

Найбільше граничне значення розміру:

$$D_{\max} = 110{,}087 \text{ мм.}$$

Найменше значення систематичної похибки:

$$\Delta_{сист.\min} = 0 \text{ мм.}$$

Допуск на розмір $T = 0{,}087$ мм.

$$D_{налаг} = 110{,}087 - 0{,}5 \cdot 0{,}036 - 0 - \frac{0{,}087 - 0{,}086}{2} = 110{,}0685 \text{ мм.}$$

Тривалість обробки до вимушеної зміни різця:

$$T_{зм} = T_m \cdot \left(T_0 + T_{пер}\right)/T_0 = 61\frac{1{,}048 + 4{,}77}{1{,}048} = 338{,}6 \text{ хв.}$$

Питома вага C_j первинних похибок обробки в загальній похибці:

$$C_j = \left(\Delta_j / \Delta_{сум}\right) \cdot 100\%,$$

де Δ_j – величина j-ої похибки.

Результат розрахунку C_j приведені в таблиці 1.16 на підставі котрих побудована гістограма похибок обробки, рисунок 4 графічної частини.

Таблиця 1.16 – Результати розрахунку C_j

Позначення похибки Δ_j	$\Delta_в$	$\Delta_н$	$\Delta_у$	$\Delta_{мн}$	Δ_i	Δ_m	$\Delta_{сист}$
Значення похибки Δ_j	0,016	0,0162	0,00006	0,036	0,0562	0,0061	0,0500
C_j, %	18,60	18,72	0,69	41,86	65,35	7,09	58,24

З гістограми видно, що домінуючими похибками обробки є: похибки від розмірного спрацювання інструменту. Можливими заходами по забезпеченню точності та підвищення надійності обробки є: застосування різця з більш зносостійкою різальною частиною.

1.4.5 Нормування технологічного процесу

Штучно-калькуляційний час: $T_{ш.к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n}$, хв.

Штучний час: $T_{шт} = T_{оп} + T_{абс} + T_{пер}$, хв.

Оперативний час: $T_{оп} = T_0 + T_д$, хв,

n – число деталей у партії, $n_д = 80$ шт.

Допоміжний час: $T_д = T_{вст} + T_{упр} + T_{вим}$, хв,

де $T_{вст}$ – час на встановлення та зняття деталі, хв;

$T_{упр}$ – час на управління верстатом, хв;

$T_{вим}$ – час на вимірювання, хв;

$T_{обс}$ – час на обслуговування робочого місця, хв;

$T_{пер}$ – час нормованих перерв, хв.

Як правило, $(T_{обс} + T_{пер})$ задають в процентах від оперативного часу, $(П_{обс} + П_{пер})$.

$T_{п.з}$ – підготовчо-заключний час, хв;

$T_{п.з} = T_{п.з.1} + T_{п.з.2} + T_{п.з.3}$, хв,

де $T_{п.з.1}$ – час на комплекс прийомів на наладку верстата, пристрою, інструменту, хв;

$T_{п.з.2}$ – час на прийоми, що не ввійшли в $T_{п.з.1}$, хв, – до нього відноситься час на отримання до початку роботи і здачі в її кінці тех. документації, інструменту, пристроїв і інструмента майстра, тощо.

$T_{п.з.3}$ – час на пробну обробку деталі, – відноситься до верстатів з ЧПК, автоматів, тощо.

Приклад визначення норм часу.

Початкові дані:

$T_0 = 0{,}620$ хв.

Маса заготовки $M_д = 46$ кг.

Одночасно оброблюється 2 заготовки.

$T_{вст} = 2t_{вст} + t_{оч} + t_{закр}$, хв.

Час на встановлення заготовки підйомником при верстаті.

$t_{вст} = 0{,}9$ хв. ([12], карта 13, с. 77).

Час на очищення пристрою від стружки щіткою $t_{оч} = 0{,}09$ хв. ([12], карта 13, с. 77).

Час на закріплення заготовки важелем крану гідроприводу $t_{закр} = 0{,}03$ хв. ([12], карта 13, с. 78).

$T_{вст} = 2 \cdot 0{,}9 + 0{,}09 + 0{,}03 = 1{,}92$ хв.

На 1 деталь: $T_{вст1} = T_{вст} / 2 = 1{,}92 / 2 = 0{,}96$ хв.

$T_{упр}$ визначаємо за довідником [11]:

$T_{упр} = t_{пер} + t_{дод}$, хв .

Час пов'язаний з переходом при обробці фрезами, що встановлені на розмір:

$t_{пер} = 0{,}26$ хв. (карта 33, с. 112).

Час на додаткові переміщення стола верстату зверх 500 мм, до 1000 мм:

$t_{дод} = 0{,}13$ хв; (карта 33, с. 113)

Так як між заготовками віддаль l_3=40мм (див. графіки), що є більше l_1 перебігу, а перемикати недоцільно на швидкі переміщення, перерахуємо основний час обробки при:

L=2·l+l_1+l_2+l_3=2·230+18+40=518 мм;

$T_{o\Sigma} = \mathrm{L}/\mathrm{S}_{\mathrm{x}} = 518/400 = 1{,}295 хв;$

$T_{o1} = T_{o\Sigma}/2 = 1{,}295/2 = 0{,}648 хв;$

Додатковий час на переміщення l_3:

$t_{дод\mathrm{l}_3} = T_{o1} - T_o = 0.648 - 0.620 = 0.024$ хв.;

$T_{упр} = 0{,}26 + 0{,}13 + 0{,}024 = 0{,}414$ хв.

На 1 деталь $T_{упр1} = T_{упр} / 2 = 0{,}414 / 2 = 0{,}207$ хв.

Час на вимірювання скобою розміру 222 h11:

$T_{вим} = 0{,}09$ хв ([12], карта 15, с. 81), - цей час менше, тому при визначенні $T_д$ не враховується.

$T_д = 0{,}96 + 0{,}207 = 1{,}167$ хв.

$T_{п.з.1} = 27$ хв ([11], карта 33, с. 114),

$T_{п.з.2} = 7$ хв ([11], с. 114).

$П_{обс} = 4\%$, ([11], с. 114), $П_{пер} = 4\%$ ([11], карта 88, с. 202).

$$T_{шт} = (0{,}620 + 1{,}167) \cdot \left(1 + \frac{4+4}{100}\right) = 1{,}930 \text{ хв.}$$

$$T_{п.з.} = 27 + 7 = 34 \text{ хв.}$$

$$T_{ш.к.} = 1{,}93 + \frac{34}{50} = 2{,}610 \text{ хв.}$$

Таблиця 1.22 – Нормування технологічного часу

№ оп.	Назва операції	Модель верстату	T_0, хв	$T_д$, хв	$П_{обс} + П_{пер}$, %	$T_{шт}$, хв	$T_{п.з}$, хв	$T_{ш.к}$, хв
005	Поздовжньо-фрезерна	ДФ-831-8	0,620	1,167	8	1,930	34	2,610
010	Поздовжньо-фрезерна	ДФ-831-8	0,609	1,167	8	1,908	34	2,588
015	Поздовжньо-фрезерна	ДФ-831-8	1,314	1,67	8	2,679	34	3,359
020	Свердлильно-фрезерно-розточна з ЧПК	6904ВМФ2	9,011	5,66	9	15,991	40,5	16,801
025	Свердлильно-фрезерно-розточна з ЧПК	6904ВМФ2	4,374	5,251	9	10,491	34,3	11,177
030	Свердлильна з ЧПК	2Р135Ф2	13,492	11,736	8	27,246	40,5	28,056
	Всього		29,411			60,245		64,591

2 Конструкторська частина

У верстатних пристроях, що використовуються в проектній технології, застосовано пневмопривід.

Розрахунковий діаметр циліндра:

$$D_p = 1.13\sqrt{\frac{N_p}{p \cdot \eta}}, мм$$ ([3], с. 113);

Зусилля на штоці циліндра, штовхаюче:

$N=0.785 \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta$, Н ([3], с.113);

Тягнуче: $N=0.785(D^2-d^2) \cdot p \cdot \eta$, Н ([3], с. 113);

Звідки, розрахунковий діаметр пневмоциліндра:

$$D_p = 1.13\sqrt{\frac{N_p}{p \cdot \eta} + d^2}, мм$$

де p – розрахунковий тиск;

Границі значень:

p=0.3..0.6 МПа ([3], с.113): p=0.63 МПа ([6], с. 91);

Максимальне зусилля p=1 МПа ([16], с. 425);

η – коефіцієнт корисної дії пневмоциліндрів, для пневмоциліндрів з D=150...200 мм, η=0.8..0.95 ([3], с. 113)- він враховує втрати на тертя в пневмоциліндрі;

d – діаметр штока пневмоциліндра, мм;

Фактичний діаметр циліндра D приймаємо округленням D_p до найбільшого ближчого з ряду: 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250.

При розрахунку сил затиску застосовується коефіцієнт запасу ([6], с. 84, табл. 9):

$К=К_0 \cdot К_1 \cdot К_2 \cdot К_3 \cdot К_4 \cdot К_5 \cdot К_6$,

Коефіцієнт гарантованого запасу $К_0=1.5$.

Коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях – $К_1$:

- при чорновій обробці $К_1=1.2$;
- при чистовій обробці $К_1=1.0$;

$К_2$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання внаслідок затуплення різального інструменту:

- при торцьовому і циліндричному фрезеруванні $К_2$=1.6 для сталі;
- при свердлінні, при врахуванні $М_{кр}$ - $К_2$=1.15;

$К_3$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання за рахунок переривчастого різання. При переривчастому різанні та торцьовому фрезеруванні $К_3$=1.2.

$К_4$ – коефіцієнт, що враховує постійність сили закріплення в затискаю чому механізмі. Для гідроциліндрів подвійної дії $К_4$=1.0; Для гідроциліндрів односторонньої дії $К_4$=1.3;

$К_5$ – коефіцієнт, що враховує ергономіку ручних затискних механізмів. При зручному розміщенні рукояток та куті повороту до 90^0 – $К_5$=1.0;

$К_6$ – коефіцієнт, що враховується тільки при наявності моментів, що стараються повернути встановлену на опори заготовку. При опорах-пластинах $К_6$=1.5; при опорах циліндричних – $К_6$=1.0.

Якщо К<2.5, приймають К=2.5.

f – коефіцієнт тертя в місцях контакту заготовки з опорами та затискними елементами. Вибирається за таблицею 10 ([6], с.85).

Так як в спроектованих пристроях застосовується і гідропривід, то визначення його параметрів виконується за формулами для гідроприводів, при наступному значенні змінних величин:

- розрахунковий тиск робочої рідини в гідросистемі, найбільший p_{max}=15МПа. При робочому тиску гідросистеми верстату меншому за p_{max}, до розрахунків приймаємо паспортні дані р;
- к.к.д. гідроциліндра η=0.93 ([6], с. 92, табл. 22);
- ряд діаметрів стандартних гідроциліндрів для верстатних пристроїв: 40, 50, 63, 80, 100.

Розрахунковий діаметр гідроциліндра можна визначити:

$$D_p = \sqrt{\frac{1.27 \cdot N_p}{p \cdot \eta} + d^2}, мм$$ ([6], табл. 22, с. 92);

2.1 Пристрій свердлильний.

2.1.1 Опис призначення будови і роботи пристрою

Пристрій призначений для базування та закріплення заготовки корпуса РЛС4.01.05.401 на свердлильній з ЧПК операції 030.

Пристрій спроектовано в зв'язку із зміною структури техпроцесу, застосування координатного методу обробки замість кондукторного, заміною ручного затиску на механізований.

Верстат – вертикально-свердлильний з ЧПК моделі 2Р135Ф2:

- розмір стола верстату 630×400 мм;
- чисто Т-подібних пазів 3; розміри пазів: - центрального – 14Н8, решти – 14h12; відстань між пазами 100 мм;
- віддаль від поверхні стола до торця шпинделя 600 мм.

Режими різання на операції при свердлінні (табл. 1.13, П3): d=17,5 мм; S_o=0,126 мм/об., T_o=13.492 хв.

Пристрій складається з корпуса 1 на поверхні якого закріплені гвинтами 22 кільце 3, палець 4, в котрому розміщена втулка 10 з 3-ма похилими пазами для розміщення кулачків 9 з обмежуючим пружинним кільцем 5, а також закріплена гвинтами 25 кришка 8. Втулка 10 гайкою 20 закріплена на штоці 11 пневмоциліндра, до складу котрого додатково входять: корпус 12, кришка 13, поршень 14, що закріплений на штоці 11 гайкою 20, ущільнення 32...35 та гвинти 23 для закріплення кришки 13.

Пневмоциліндр до корпуса 1 закріплюється гвинтами 24. Крім цього, на поверхні корпуса 1 закріплений гвинтами 24 та штифтами 30 кронштейн 2, на котрому змонтований механізм кутової фіксації, що складається з упора 7, розміщеного на колонках 17, що знаходяться в напрямних 16, тяги 6 із штифтом 28, що розміщуються в пазі кронштейна 15, на вихідному кінці тяги 6 гайкою 19 зафіксована гайка 21, що служить ручкою при обслуговуванні механізму кутової фіксації, та пружин 26.

Стиснене повітря до пневмоциліндра подається через 2 отвори М 1/4// ГОСТ 6111-52.

На стіл верстату пристрій встановлюється шпонками в центральний паз і закріплюється 4-ма болтами М12 за ГОСТ 13152-67 з гайками та шайбами.

Початкове положення пристрою: поршень 14 разом із штоком 11 та втулкою 10 знаходиться в крайньому верхньому положенні, кулачки 9 під дією кільця 5 перемістились до центру пальця 4, нижче його зовнішньої поверхні. Упор 7 відведений від робочого положення на 12 мм тягою 6 за гайку 21 і зафіксований поворотом її на 90^0 штифтом 28, що вийшовши з пазу кронштейна 15 впирається в його торець.

Заготовку встановлюють на палець 4, отвором Ø60Н9 до упора 7, повертають ручку (гайку 21) на 90^0, щоб штифт розмістився в пазі кронштейна 15 при цьому під дією пружин 26 упор притискається до поверхні 27 заготовки і фіксує її кутове положення (при необхідності заготовку поправляють рукою).

Для закріплення заготовки стиснене повітря подають у штокову порожнину через верхній отвір в корпусі 12, котрий разом з поршнем 14 та штоком 11 переміщає донизу втулку 10, похилі поверхні котрої переміщають кулачки 9 від центру до впирання в базову поверхню заготовки.

Для відкріплення і зняття заготовки пристрій приводять в початкове положення, для цього стиснене повітря подають в поршневу порожнину пневмоциліндра через нижній отвір у кришці, що переміщає систему поршень 14-шток 11-втулка 10 у крайнє верхнє положення і відійшовши під дією кільця 5 кулачки 9звільняють заготовку, після чого відводять упор 7 за гайку 21 і фіксують його поворотом на 90^0 гайки 21 та впиранням штифта 28 у торець кронштейна 15.

2.1.2 Розрахунок сил закріплення і визначення основних параметрів механізму затиску

2.1.2.1 Пристрій свердлильний

Схема дії сил на заготовку наведена на рис. 2.1

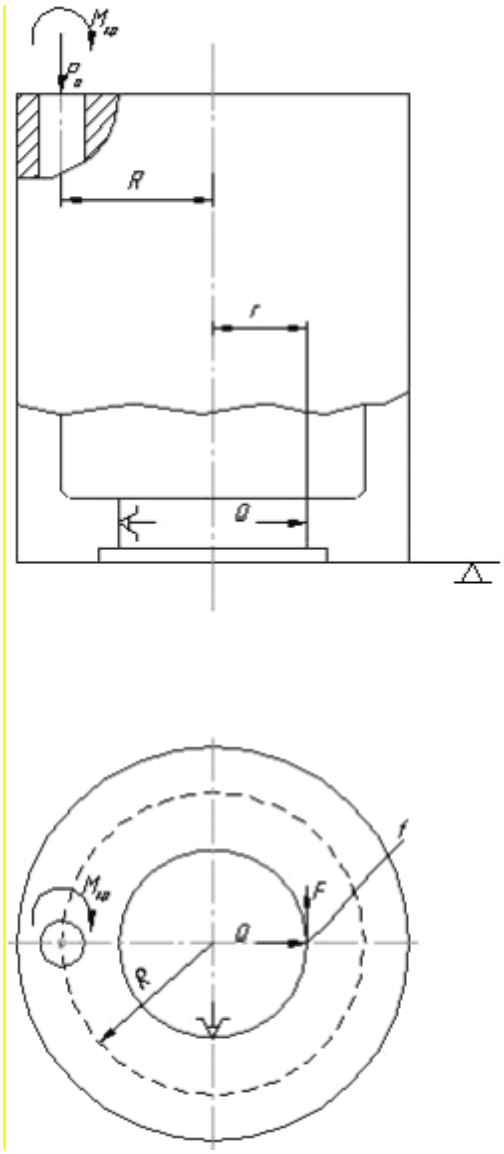


Рисунок 2.1 – Схема дії сил на заготовку.

При свердлінні, на заготовку діють:

- осьова складова сили різання P_o – притискає заготовку до опор, дію не враховуємо;

- крутний момент $M_{кр}$ – намагається крутити заготовку навколо осі обробки;

- сила затиску Q – створює в місці контакту заготовки з кулачками сили тертя F, що протидіють дії $M_{кр}$, створюючи момент з радіусом R (при кількості кулачків більше 1 центром дії сили F буде центр розташування кулачків радіусом r).

Умова рівноваги:

$КМ_{кр} = FR$, - при $F = Q \cdot f$, отримуємо розрахункову формулу:

$$Q = \frac{KM_{кр}}{fR};$$

$R = 92{,}5\,мм$ - креслення деталі.

Коефіцієнт тертя $f = 0{,}16$ ([6], табл..10, с.85).

Коефіцієнт запасу: $K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$ ([6], с.85,84)

де, K_0 - гарантований коефіцієнт запасу, $K_0 = 1{,}5$;

K_1 - враховується при наявності поверхневих нерівностей, при свердлінні $K_1 = 1$;

K_2 - враховує збільшення сил різання внаслідок затуплення різального інструменту, при розрахунках з $М_{кр}$, $K_2 = 1{,}15$;

K_3 - враховується при переривчастому різанні, при свердлінні $K_3 = 1$;

K_4- враховується для приводів односторонньої дії, для приводів двосторонньої дії $K_4 = 1$;

K_5 - враховує економіку ручних приводів, $K_5 = 1$;

K_6 - враховується при дії крутного моменту на встановлену на плоскі опори заготовку, $K_6 = 1{,}5$.

$K = 1{,}5 \cdot 1{,}15 \cdot 1{,}5 = 2{,}5875 = 2{,}6.$

Осьова сила P_0 і крутний момент $М_{кр}$ ([6], с. 277):

$M = 10 C_M D^{q_m} S^{y_m} K_p,$

$P_o = 10 C_p D^{q_p} S^{y_p} K_p$

$K_p = K_{Mp} = 1{,}26$ (р. 1.5.2, ПЗ).

За таблицею 32 ([6], с. 281):

$C_M = 0{,}0375;\ q_m = 2;\ y_m = 0{,}8; C_p = 68;\ q_p = 1;\ y_p = 0{,}7.$

$M_{кр} = 10 \cdot 0{,}0375 \cdot 17{,}5^2 \cdot 0{,}126^{0{,}8} \cdot 1{,}26 = 0{,}375 \cdot 306{,}25 \cdot 0{,}19 \cdot 1{,}26 = 27{,}591$ Н·м.

$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 17{,}5 \cdot 0{,}126^{0{,}7} \cdot 1{,}26 = 68 \cdot 175 \cdot 0{,}295 \cdot 1{,}26 = 4423$ Н.

$$Q = \frac{2,6 \cdot 27591}{0,16 \cdot 92,5} = 4847 \text{ Н}.$$

Зусилля на штоці пневмоциліндра:

$$N = \frac{Q}{i_c} = \frac{4847}{1,3} = 3728,5 \text{ Н}.$$

де i_c - силове передавальне відношення клинового механізму. При куті клина $\alpha = 25^\circ$, - $i_c = 1,3$ ([6], табл. 14, с.88).

Зусилля на штоці пневмоциліндра:

$N = 0,785 \cdot \left(D^2 - d^2\right) \cdot p \cdot \eta$, Н ([3], с. 113)

Звідки, розрахунковий діаметр пневмоциліндра:

$$D_{розр} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{N}{p\eta} + d^2}, \text{ мм},$$

де p – тиск стисненого повітря в пневмоциліндрі, надлишковий, МПа;

$p = 0,3...0,6$ МПа ([3], с. 113) $p = 0,63$ МПа ([6], с.91);

η – ККД пневмоциліндра; для пневмоциліндрів в залежності від діаметру $\eta = 0,9..0,95$([3], с. 113);

d – діаметр штока пневмоциліндра, мм.

При $p = 0,4$ МПа; $\eta = 0,85$; $d = 30$ мм.

$$D_{розр} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{3728,5}{0,4 \cdot 0,85} + 30^2} = 123,1 \text{ мм}.$$

Приймаємо $D = 125$ мм.

Зусилля на штоці пневмоциліндра:

$$N = 0,785 \cdot \left(125^2 - 30^2\right) \cdot 0,4 \cdot 0,85 = 3930 \text{ Н}.$$

$$Q = 3930 \cdot 1,3 = 5109 \text{ Н}.$$

Фактичний коефіцієнт запасу:

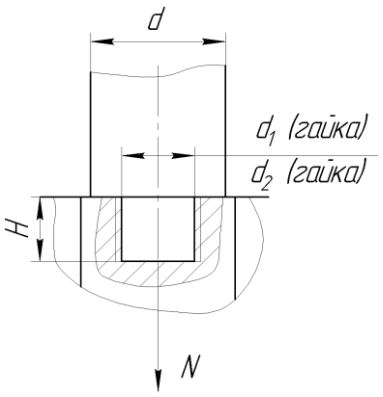
$$K_{ô} = 2,6 \frac{5109}{4847} = 2,74.$$

2.1.3 Розрахунок пристрою на міцність і зносостійкість.

На міцність розраховуємо механічно слабкі ланки, на зносостійкість – базуючи (пальці) та опорні (опори) елементи пристроїв.

2.1.3.1 Розрахунок пристрою на міцність

Слабкою ланкою є різьбове з'єднання $M16\times1{,}5\dfrac{6H}{6g}$.



$N = 3930$ Н;

$H = 10$ мм;

$d = 16$ мм;

$d_1 = 14{,}376$ мм;

$d_2 = 14{,}16$ мм;

$z = 4$.

Рисунок 2.2 - Розрахункова схема.

Матеріал з'єднання – Сталь 45; ТО – покращення.

Допустимі напруження ([8], табл. 15, с. 86):

$[\tau_{зр}] = 102{,}9\,Mпа; [\sigma_{зм}] = 254{,}8\,МПа; [\sigma_р] = 166{,}6\ МПа$.

Перевірка різьби гайки на зріз:

$$\left[\tau_{зр}\right] = \frac{N}{\pi \cdot d_1 \cdot H \cdot 0{,}87 \cdot 0{,}61},\ \text{МПа} < \left[\tau_{зр}\right],$$

$$\tau_{çð} = \frac{3930}{\pi \cdot 14{,}376 \cdot 10 \cdot 0{,}87 \cdot 0{,}61} = 16{,}40\ \text{МПа} < \left[\tau_{зр}\right] = 102{,}9\ \text{МПа}.$$

Умова міцності різьби стержня на зминання:

$$\sigma_{зм} = \frac{N}{0{,}785 \cdot \left(d^2 - d_2^2\right) \cdot z},\ \text{МПа} < [\sigma_{зм}],$$

де z – число одночасно працюючих витків.

$$\sigma_{çì} = \frac{3930}{0{,}785 \cdot 4 \cdot \left(16^2 - 14{,}16^2\right)} = 22{,}55\ \text{МПа} < [\sigma_{зм}] = 254{,}8\ \text{МПа}.$$

Умова міцності стержня на розтяг:

$$\sigma_p = \frac{N}{0{,}785 \cdot d_2^2},\ \text{МПа} < \lfloor \sigma_p \rfloor,$$

$$\sigma_p = \frac{3930}{0{,}785 \cdot 14{,}16^2} = 24{,}97\ \text{МПа} < \lfloor \sigma_p \rfloor = 166{,}6\ \text{МПа}.$$

За всіма параметрами з'єднання працездатне.

2.1.3.2 Розрахунок пристрою на зносостійкість

Визначаємо величину річного гарантованого спрацювання елементів пристрою $\Delta_{г.сп1}$.

Визначення гарантованої величини спрацювання опор.

Гарантована величина спрацювання $\Delta_{г.сп} = \frac{N_г}{C}$, мкм

де $N_д$ - гарантований ресурс роботи, виражений кількістю установок. Річний ресурс роботи опори: $N_г = N = 500$ шт.

С – зносостійкість. Визначення С (посібник [13]):

1. Твердість робочих поверхонь опор $HV = 615$ (табл. 1.11., с.46).

2. Критерій зносостійкості, що враховує матеріал заготовки і опори: $П_1 = 1{,}01$, (табл. 1.12, с. 47) – опори із сталі 40Х (ТО).

3. Зусилля, що діє по нормалі на опору:

$Q = P_0 + G = 4423 + 39 \cdot 9{,}8 = 4805$ Н.

4.Номінальна площа контакту опор:

$F = 0{,}785 \cdot [(217^2 - 157^2) - 4 \cdot 14^2] = 21824$ мм^2.

5. Критерій навантаження опори:

$$П_2 = \frac{Q}{F \cdot HV} = \frac{4805}{21824 \cdot 615} = 0{,}00036 = 3{,}6 \cdot 10^{-4}.$$

6.Зносостійкість $C = 1923$ (рис. 1.6, б; с. 49).

7. Поправочний коефіцієнт $K = K_t \cdot K_L \cdot K_y$,

де K_t – коефіцієнт, що враховує нерухомість контакту заготовки з опорою. $K_t = 0{,}79 \cdot T_0 = 0{,}79 \cdot 6{,}746 = 5{,}33$,

де T_0 – основний час обробки. $T_0 = 6{,}746$ хв.;

K_L – враховує вплив довжини L шляху ковзання заготовки по опорах: $K_L = 1$, при $L = 0$, (с. 47);

K_y – коефіцієнт умов обробки, $K_y = 0{,}94$ (табл. 1.14, с. 50) для сталі з охолодженням $K = 5{,}33 \cdot 0{,}94 = 5{,}01$.

8. Фактична зносостійкість:

$$C_Ф = C \diagup K = \frac{1923}{5{,}01} = 383{,}8 \text{ шт/мкм},$$

$$\Delta_{г.сп} = \frac{N}{C_Ф} = \frac{500}{383{,}8} = 1{,}3 \text{ мкм} = 0{,}0013 \text{ мм}.$$

Величина річного спрацювання опор незначна і практично на довговічність не впливає.

Гарантована величина спрацювання циліндричного пальця:

1. $\Delta_{ñï} = 60$ мкм (табл. 1.15, с. 51) для сталі 40Х.

2. Поправочний коефіцієнт: $K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$, де (табл. 1.16, с. 51),

K_1 – враховує матеріал заготовки, – $K_1 = 0{,}91$, – сталь гартована;

K_2 – враховує вид верстата, $K_2 = 1$, універсальний;

K_3 – враховує умови обробки, $K_3 = 0{,}94$;

K_4 – враховує число установок, – $K_4 = 2{,}8$ при числі установок до 5 тис. шт.

$K = 0{,}91 \cdot 0{,}94 \cdot 2{,}8 = 2{,}395$.

3. $C = \frac{100000}{60} = 1686{,}7$ шт/мкм (табл. 1.15, с. 51).

4. $C_Ф = \frac{C}{K} = \frac{1666{,}7}{2{,}395} = 696$ шт/мкм.

$$\Delta_{г.сп} = \frac{N}{C_Ф} = \frac{500}{696} = 0{,}72 \text{ мкм} = 0{,}00072 \text{ мм}.$$

Враховується при визначенні точності пристрою.

2.1.4 Розрахунок пристрою на точність і довговічність

Норми точності пристрою та точність виготовлення окремих базуючих деталей (пальців) приймаємо за рекомендаціями:

Вибір ступеня точності та допуски паралельності опорних поверхонь пристрою до його основи, перпендикулярність осей базуючих пальців до основи пристрою – за таблицею 5.10 та 5.3 ([9]).

Точність виготовлення пальців та точність віддалей між ними за с. 568, 569 ([15]).

За рекомендаціями довідників встановлено точність виготовлення опор та пальця пристрою:

- виконавчий розмір пальця:

Ø110 f7($^{-0,036}_{-0,071}$) мм, ([15], с.568);

- допуск паралельності опорної поверхні кільця (поз. 3) до основи пристрою за 6 ступенем точності ГОСТ 24643-81 ([3], табл..5.10, с.116):

$T_{H1} = 0{,}020$ мм ([9], табл.. 5.3, с.108);

- допуск паралельності упорної поверхні упору (поз. 7) до осі шпонок (поз.27) пристрою: $T_{H2} = 0{,}02$, забезпечується при складанні за рахунок практичної беззазорності переміщення колонок (поз.17) в напрямних (поз. 16).

Визначимо достатність заданої точності виготовлення пристрою за умови:

$$\varepsilon_{пр} = \sqrt{\left(\frac{T_L}{1{,}2}\right)^2 \cdot \left(1 - \frac{\omega}{T_L}\right)^2 - \varepsilon_б^2 - \varepsilon_з^2} > 0,$$

де $T_L = 0{,}35$ мм;

Точність позиціювання стола в координатах х-у - $\omega = 0{,}05$ мм.

Похибка закріплення не перевищує зазору між пальцем і заготовкою, котрий враховується при похибці базування, тому приймаємо $\varepsilon_ç = 0$.

Похибка базування:

$$\varepsilon_б = \sqrt{\varepsilon_{б1}^2 + \varepsilon_{б2}^2 + \varepsilon_{б3}^2},$$

де $\varepsilon_{б1}$ - похибка від непаралельності опорної поверхні.

$\varepsilon_{б1} = T_{//} + \Delta_{г.сп.1}$;

В зв'язку з незначною величиною та очевидністю рівномірного спрацювання опорної поверхні, $\Delta_{ã.ñï.1}$ не враховуємо.

$\varepsilon_{á1} = T_{//} = 0{,}02$ мм.

$\varepsilon_{á2} = \dfrac{S_{\max} + \Delta_{ã.ñï.1}}{2}$, мм;

де $S_{\max}$ - найбільший зазор між заготовкою та пальцем.

$S_{\max} = D_{o\max} + d_{i.\min}$, мм.

Найбільший розмір отвору деталі $D_{o\max} = 110{,}087$ мм.

Найменший розмір пальця $d_{i.\min} = 109{,}929$ мм.

$S_{\max} = 0{,}087 + 0{,}071 = 0{,}158$, мм.

$\varepsilon_{á2} = \dfrac{0{,}158 + 0{,}0007}{2} = 0{,}07935$ мм.

де $\varepsilon_{á3}$ - похибка від зміщення заготовки відносно осі шпонок.

В – ширина паза верстату, $B = 14H8(^{+0{,}027})$;

$d_ш$ - діаметр шпонки, $d_ш = 14h6(_{-0{,}011})$;

L – віддаль між шпонками, $L = 265$ мм;

R – радіус розміщення отворів, $R = 92{,}5$ мм.

$\varepsilon_{á3} = \sqrt{\varepsilon^2_{á.ç1} + \varepsilon^2_{á.ç2}}$;

$\varepsilon_{á.ç1} = S_{\max}\dfrac{R}{L}$, мм; $\quad S_{\max} = B_{\max} - d_{ø\,\min} = 0{,}027 + 0{,}011 = 0{,}038$ мм,

$\varepsilon_{á.ç1} = 0{,}038\dfrac{2 \cdot 92{,}5}{265} = 0{,}0265$ мм;

$\varepsilon_{á.ç2} = T_{//} = 0{,}02$ мм, тому що довжина упора $l = 2R$;

$\varepsilon_{á3} = \sqrt{0{,}0265^2 + 0{,}02^2} = 0{,}0332$ мм.

$\varepsilon_{á} = \sqrt{0{,}02^2 + 0{,}07935^2 + 0{,}0332^2} = \sqrt{0{,}007798} = 0{,}0883$ мм.

$\varepsilon_{ïð} = \sqrt{\left(\dfrac{0{,}35}{1{,}2}\right)^2 \cdot \left(1 - \dfrac{0{,}05}{0{,}035}\right)^2 - 0{,}0883^2} = \sqrt{0{,}0625 - 0{,}007797} = 0{,}234 > 0$, умова

достатньої точності виконана. Остаточне спрацювання пальця буде при умові, що $\varepsilon_{ïð} = 0$, - тобто $\varepsilon_{á} = \sqrt{0{,}0625} = 0{,}25$ мм.

Граничне спрацювання пальця $\Delta_{г.сп.\max}$:

$$\Delta_{г.сп.\max} = 2 \cdot \sqrt{\varepsilon_б^2 - \varepsilon_{б1}^2 - \varepsilon_{б3}^2} - S_{\max},$$

$$\Delta_{г.сп.\max} = 2 \cdot \sqrt{0{,}25^2 - 0{,}02^2 - 0{,}0332^2} - 0{,}158 = 0{,}338 \text{ мм.}$$

Довговічність пристрою в деталях:

$$N_{\max} = N \frac{\Delta_{г.сп.\max}}{\Delta_{г.сп.1}},$$

$$N_{\max} = 500 \frac{0{,}338}{0{,}0007} = 241428 \text{ шт.}$$

2.2 Пристрій контрольний

Опис призначення будови і роботи пристрою

Пристрій призначений для перевірки величини відхилення від перпендикулярності пов. М відносно осі пов. К в деталі корпус РЛС4.01.05.401.

Пристрій складається з 2-х частин: установчої та вимірної.

Установча складається з плити (повірочної) 14, встановленої на 4 опори 13. Вимірна частина складається з корпуса 1 на оправці котрого встановлено втулки 4 (гофрована), 3, гайку 2. До верхньої частини корпуса 1 гвинтами 11 закріплений кронштейн 5, в котрому розміщені: гвинт 12 зафіксований гайкою 8, а з протилежного боку – індикатор 16, закріплений гвинтом 10 у клемному затискачеві, а також, на закріпленій в корпусі 1 шпильці 15 гайкою 7 зафіксована гайка 12.

Процедура вимірювання складається з двох частин.

Спочатку періодичним регулюванням гайкою 2 за рахунок втикання втулки 4 вибирається зазор між деталлю та втулкою, тобто, матеріалізують вісь базової пов. К. Регулювання здійснюють поза деталлю і забезпечують беззазорне обертання вимірної частини пристрою в деталі.

Друга частина – сам процес вимірювання: пристрій встановлюють в базовий отвір до впирання сферичним кінцем гвинта 12 у вимірювану поверхню, при цьому, після контакту ніжки індикатора 16 з вимірюваною поверхнею, індикатор встановлюють на нуль обертаючи пристрій за гайку 9, записують показники індикатора 16 в карту вимірювання через кожних 15^0-20^0. В процесі переміщення

пристрою спостерігають за можливими перевищеними показниками від записаних, тоді в карту вимірювання заносять і записані показники.

Визначення придатності деталі.

Сумарна похибка вимірювання ([4], с.551):

$U_{\Sigma} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + U_5^2 + U_6^2}$, *мм*

де U_1 - похибка засобів вимірювання:

$U_1 = \sqrt{U_{1.1}^2 + U_{1.2}^2}$, *мм*

$U_{1.1}^2 = 0{,}0035$ *мм* - похибка індикатора ([4], с.262);

$U_{1.2}^2 = 0{,}005$ *мм* - похибка виготовлення пристрою – торцеве биття поверхні корпусу 1 відносно осі:

$U_1 = \sqrt{0{,}0035^2 + 0{,}005^2} = 0{,}0061$ *мм.*

U_2 - похибка методу вимірювання, мм.

$U_2 = \sqrt{U_{2.1}^2 + U_{2.2}^2 + U_{2.3}^2 + U_{2.4}^2 + U_{2.5}^2 + U_{2.6}^2}$, *мм*

$U_{2.1}$ - похибка базування, $U_{2.1} = 0{,}0025$ мм ([10], с.42);

$U_{2.2}$ - похибка від неповного охоплювання вимірюваної поверхні, мм; $U_{2.2} = 0$;

$U_{2.3}$ - похибка від не виключеного впливу шорсткості вимірюваної поверхні, $U_{2.3} = 0{,}0016$ мм;

$U_{2.4}$ - похибка від не виключеного впливу відхилення форми вимірюваної поверхні, $U_{2.4} = 0$;

$U_{2.5}$ - похибка від нестабільного характеру вимірювання відхилення форми та розташування, $U_{2.5} = 0$;

$U_{2.6}$ - інші, не виявлені похибки, $U_{2.6} = 0$.

$U_2 = \sqrt{0{,}0025^2 + 0{,}0016^2} = 0{,}003$ *мм*.

U_3 - температурна похибка, $U_3 = 0$;

U_4 - похибка від вимірного зусилля, $U_4 = 0$;

U_5 - суб’єктивна похибка оператора, залежить від досвіду і кваліфікації.

Приймається 0,5 поділки індикатора: $U_5 = 0{,}001$ мм.

U_6 - інші, не виявлені похибки, $U_6 = 0$.

$U_\Sigma = \sqrt{0{,}0061^2 + 0{,}003^2 + 0{,}001^2} = 0{,}00687$ *мм*. Заокруглюємо до більшого значення через можливу наявність невиявлених похибок, кратно точності індикатора – 0,002 мм: $U_\Sigma = 0{,}008$ *мм*.

Придатність деталі:

$T_{вим} = T_д - U_\Sigma$, мм

де $T_д$ - допуск на деталі, $T_д = \pm 0{,}1$ мм.

$T_{вим} = 0{,}2 - 0{,}008 = 0{,}192$, мм.

Деталь придатна, якщо різниця показників індикатора (поз. 16) не більше 0,192 мм.

2.3 Розрахунок коефіцієнта уніфікації пристроїв

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{\sum заг - \sum о}{\sum заг} \cdot 100\%, \%,$$

де $\sum заг$ – загальне число найменувань деталей та складальних одиниць в пристрої, шт;

$\sum о$ – число найменувань оригінальних деталей та складальних одиниць, шт.

Вихідні дані і розрахунок наведені в таблиці 2.1.

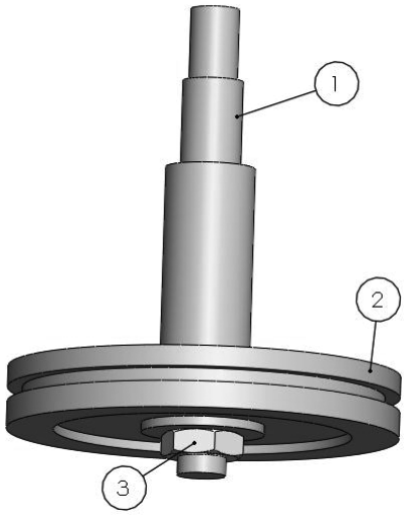
Таблиця 2.1 – Розрахунок K_y

Назва пристрою	$\sum заг$, шт	$\sum о$, шт	K_y, %
Свердлильний	33	17	48,48
Контрольний	15	5	66,67

3 Імітаційне моделювання притискної ланки свердлильного пристрою

Сьогодні для проектування різноманітного обладнання застосовують спеціалізовані компютерні програми, у яких реалізовано метод скінченних елементів.

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



1 – шток; 2 – поршень; 3 – гайка

Рисунок 3.1 – Тривимірна модель для проведення імітаційного моделювання

Оскільки модель притискного пристрою має спільну вісь обертання, то для пришвидшення розрахунку застосовано осесиметричну постановку.

Граничними умовами під час імітаційного моделювання прийнято закріплення пристрою за шток та дію тиску на поршень величиною 0,4 МПа. У цьому дослідженні враховано тип контакту штока з поршнем (без проникнення, коефіцієнт тертя рівний 0). Щодо контакту гайки з штоком, то тут використано спрощення, а саме гайка із штоком з'єднується як «зв'язані», тобто під час імітаційного моделювання програма їх розраховує як одну деталь. Таке спрощення обумовлене певною складністю виконання розрахунків різьбових з'єднань.

На рисунку 3.2 показано граничні умови, які прикладені до притискного пристрою, а на рисунку 3.3 – сітку його скінченних елементів.

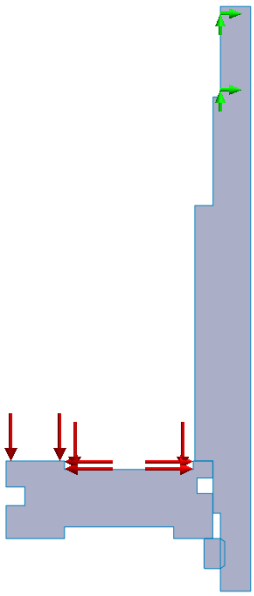


Рисунок 3.2 – Граничні умови

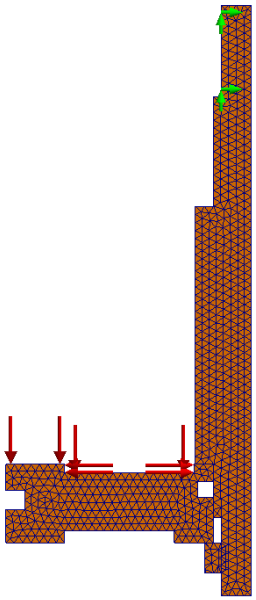


Рисунок 3.3 – Сітка скінченних елементів

Матеріалом для всіх деталей прийнято сталь з такими характеристиками: модуль Юнга 2×10^{11} Па та коефіцієнт Пуассона 0,28.

На рисунках, які показані нижче, наведено отримані результати імітаційного моделювання.

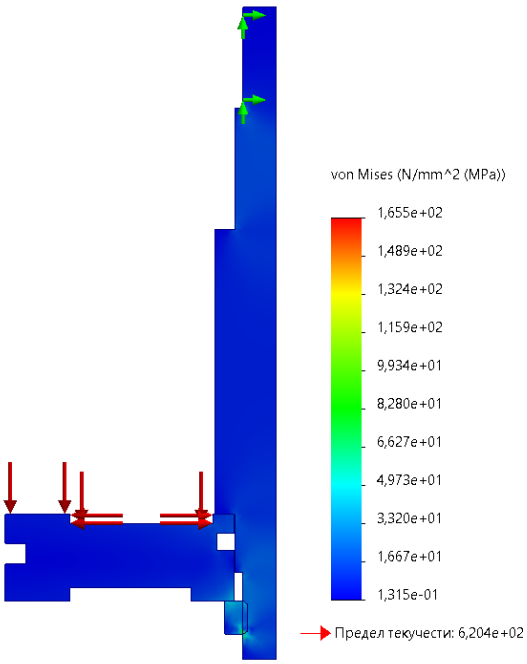


Рисунок 3.4 – Еквівалентні напруження

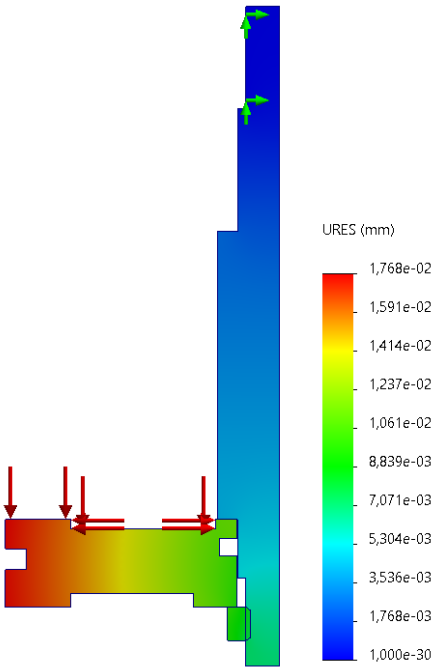


Рисунок 3.5 – Переміщення

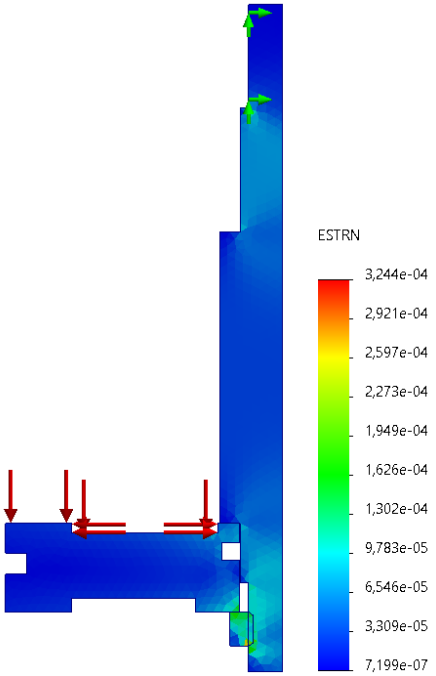


Рисунок 3.6 – Деформація

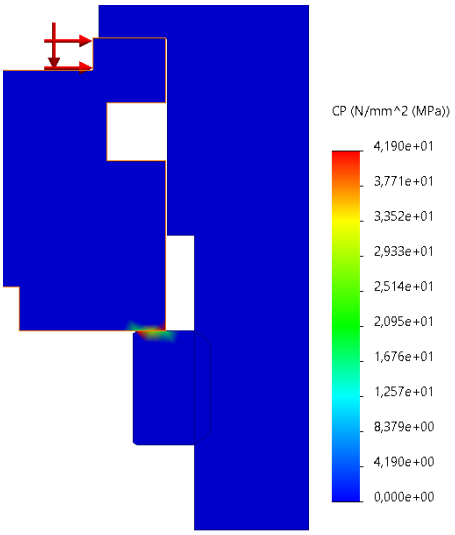


Рисунок 3.7 – Розподіл контактного тиску

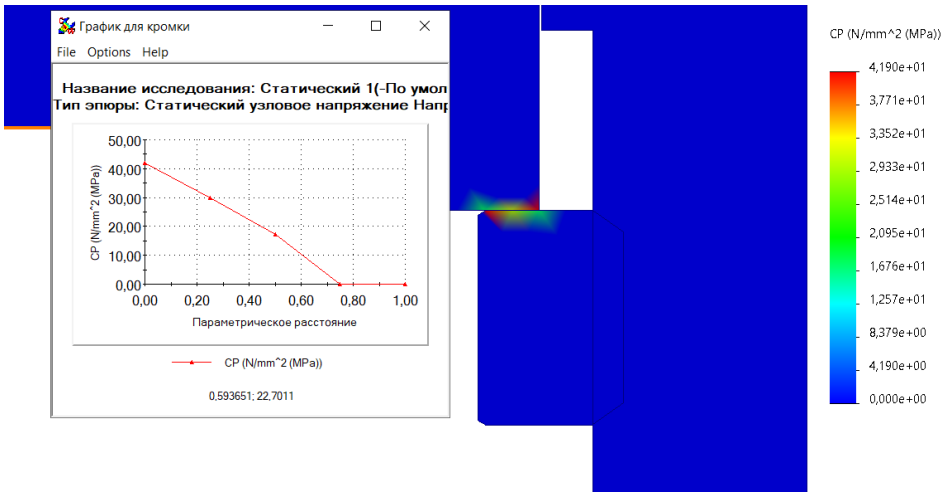


Рисунок 3.8 – Залежність зміни величини контактного тиску по площі контакту торця гайки та торця поршня

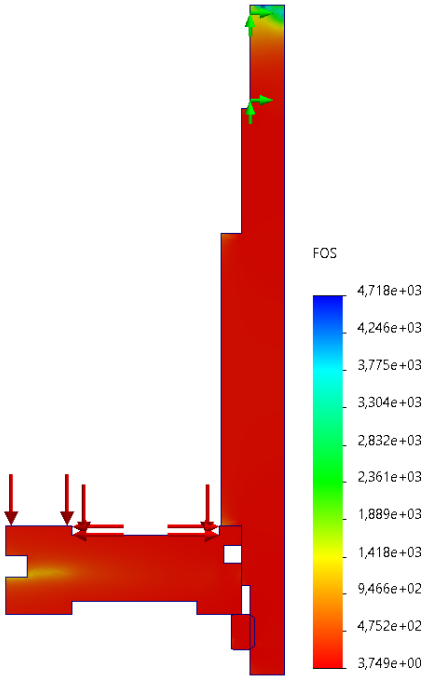


Рисунок 3.9 – Коефіцієнт запасу міцності

Висновок. Згідно результатів імітаційного моделювання за прикладених граничних умов у досліджуваній конструкції виникають максимальні еквівалентні напруження величиною 165 МПа, що концентруються у різьбовому з'єднанні та на торці поршня і гайки. Проте, коефіцієнт запасу міцності є більше 3,5, що у свою чергу дає змогу зробити висновок про придатність до роботи досліджуваної конструкції. З однієї сторони така величина запасу міцності сприяє перевитрат матеріалу чи використанні дороговартісного матеріалу, проте, досліджуваний пристрій може створювати і більші притискні зусилля. При цьому зросте величина тиску та як наслідок і величини напружень.

Максимальні переміщення у досліджуваному пристрої складають 0,017 мм.

Встановлено розподіл та величини контактного тиску по площі контакту торця гайки та торця поршня. Максимальне значення контактного тиску складає 49МПа.

Висновок

В магістерській роботі розроблений і обґрунтований технологічний процес виготовлення корпуса РЛС 4.01.05.401 в умовах середньосерійного виробництва.

В проекті виконано аналіз базового техпроцесу та заготовки, в результаті котрого обгрунтовано використання більш економічного способу отримання заготовки, для проектного техпроцесу пораховані припуски, режими різання та норми часу, вибрані і спроектовані (див. графічну частину) необхідні засоби технологічного оснащення, а саме пристрій свердлильний та контрольний, крім цього в графічній частині представлено аналіз точності обробки поверхні отвору в∅110Н9, карти налагодження на свердлильну операцію та схеми до імітаційного дослідження роботи притискної ланки свердлильного пристрою.

Об’єм робіт в проекті достатній, щоб можна було рекомендувати розроблений проектний техпроцес до впровадження у виробництво, що забезпечить економію матеріальних та трудових ресурсів, підвищить культуру виробництва.

Список використаних джерел

1. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высш. школа, 1985, 256 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.1/ Под ред. Ф. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1973, 694 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.2/ Под ред. А. Н. Маллова – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1973, 568 с.
4. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. Под ред. А. А. Панова – М.: Машиностроение, 1988, 736 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.1/ Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985, 496 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.2/ Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985, 496 с.
7. Руденко П. А. и др. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. – К., Вища школа, 1991. – 247 с.
8. Анурьев В. И. справочник конструктора-машиностроителя. – М., Машиностроение, 1980. – Т.1 – 728 с., Т.2 – 559 с.
9. Гжиров Р. И. Краткий справочник конструктора. – М.: Машиностроение, 1984. – 464 с.
10. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений. – М.: Машиностроение, 1983, 277 с.
11. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. М.: Машиностроение, 1964.
12. Общемашиностроительные нормы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на станках с ЧПУ. Часть 1. Нормативы времени. – М., Экономика, 1990 – 208 с.
13. Сторож Б. Д., Карпик Р. Т. Розрахунок пристроїв на точність: навч. посібник/Під ред. Карпика Р. Т. – Івано-Франківськ, “Факел”, 1999. – 216 с., іл.

14. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. – Л.: Машиностроение, 1975 – 656 с.

15. Станочные приспособления. Справочник в 2 томах. Том 1. Под ред. Н. Вардашкина, М.: Машиностроение, 1984. – 592 с.

16. Станочные приспособления. Справочник в 2 томах. Том 2. Под ред. Н. Вардашкина, М.: машиностроение, 1984. – 592 с.

17. Кузнецов Ю. И. и др. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.

18. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник под. ред. В. И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.

19. Г.Н. Мельников, В.П. Вороненко. Проектирование механоскладальных цехов. М.: Машиностроение, 1990.

Додатки

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

					Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата

І Ф Н Т У Н Г	РЛС 4.01.05.401	10101.00001
Корпус		

Кафедра КМВ

КОМПЛЕКТ
технологічної
документації

Технологічний процес
механічної обробки

Корпуса РЛС 4.01.05.401

Розробив: Лучків І.Р.

Перевірив: Шуляр І.О.

Акт № ___ від "____" _____ 2024 р.

ТЛ	1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата
			2	1

Розробив	Лучків	**І Ф Н Т У Н Г**	РЛС 4.01.05.401	10101.00001
Перевірив	Шуляр			
Н. контр.	Шуляр	Корпус		Н

М01	Сталь 35 ДСТУ 7809:2015										
	Код	ОВ	МД	ОМ	Н.роз	КВМ	код.загот	Профіль і розміри	КД	МЗ	
М02		Кг	38,9	1	57,3	0,679	41211X.XXXX	Виливок 226×230×234	1	5 7 , 3	313 HB

	Цех	Уч	Рм	Опер	Код найменування операції	Позначення документу	Проф.	Р	Уп	Кр	Коод	Он	Оп	Кшт	Тп.з	Т.шт
Б	Код найменування операції					См	Проф.	Р	Уп	Кр	Коод	Он	Оп	Кшт	Тп.з	Т.шт
Р						ПИ	D або B		L		t	i	S		n	v
А01				005	7515 Поздовжньо-фрезерна	60141.00001; 20141.00001; 10П№XX–XX										
Б02	38166X.XXXX Поздовжньо-фрезерний ДФ-831-8						18632	3	10	1	1	1	50	1	34	2,638
03																
А04				010	7515 Поздовжньо-фрезерна	60141.00002; 20141.00002; 10П№XX–XX										
Б05	38166X.XXXX Поздовжньо-фрезерний ДФ-831-8						18632	3	10	1	1	1	50	1	34	2,830
06																
А07				015	7515 Поздовжньо-фрезерна	60141.00003; 20141.00003; 10П№XX–XX										
Б08	38166X.XXXX Поздовжньо-фрезерний ДФ-831-8						18632	3	10	1	1	1	50	1	34	2,236
09																
А10				020	3608 Свердлильно-фрезерна-розточна з ЧПК	60146.00004; 20146.00004; 10П№XX–XX										
Б11	381261.XXXX Свердлильно-фрезерно-розточний з ЧПК 6904ВМФ2						15292	3	10	1	1	1	50	1	40,5	42,269
12																
А13				025	3608 Свердлильно-фрезерна-розточна з ЧПК	60146.00005; 20146.00005; 10П№XX–XX										
Б14	381261.XXXX Свердлильно-фрезерно-розточний з ЧПК 6904ВМФ2						15292	3	10	1	1	1	50	1	34,3	15,757
15																
А16				030	3708 Свердлильна з ЧПК	60146.00006; 20146.00006; 10П№XX–XX										
Б17	381213.XXXX Вертикально-свердлильний з ЧПК 2Р135Ф2						15292	3	10	1	1	1	50	1	40,5	27,246

МК	Обробка різання	2

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дубл.													
Взамін.													
Підпис									Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата
												2	2

Розробив	Лучків			І Ф Н Т У Н Г	РЛС 4.01.05.401	10101.00001
Перевірив	Шуляр					
				Корпус	Н	
Н. контр.	Шуляр					

А	Цех	Уч	Рм	Опер	Код найменування операції	Позначення документу										
Б	Код найменування операції					См	Проф.	Р	Уп	Кр	Коод	Он	Оп	Кшт	Тп.з	Т.шт
Р						ПИ	D або B		L		t	i	S		n	v
А01				040	XXXX Випробувальна											
Б02	XXXXXX.XXXX Стенд випробувальний НО-821															
03																
А04				045	0220 Контрольна						103.00001; 20103.00001					
Б05	XXXXXXX.XXXX Стіл контролера НО-235						12939	3					50			
06																
А07																
Б08																
09																
А10																
Б11																
12																
А13																
Б14																
15																
А16																
Б17																
18																
А19																
Б20																
21																
МК																3

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата

	2	1

Розробив	Лучків			**І Ф Н Т У Н Г**	РЛС 4.01.05.401	60141.00003
Перевірив	Шуляр					
				Корпус	н	
Н. контр.	Шуляр					

Назва операції	Матеріал	Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри	МЗ	Коод
Поздовжньо-фрезерна	Сталь 35 ДСТУ 7809:2015	213НВ	кг	38,9	Виливок 226×230×234	57,3	1

Обладнання	Позначення програми	То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР
ДФ-831-8		0,746	1,38	34	2,236	емульсія

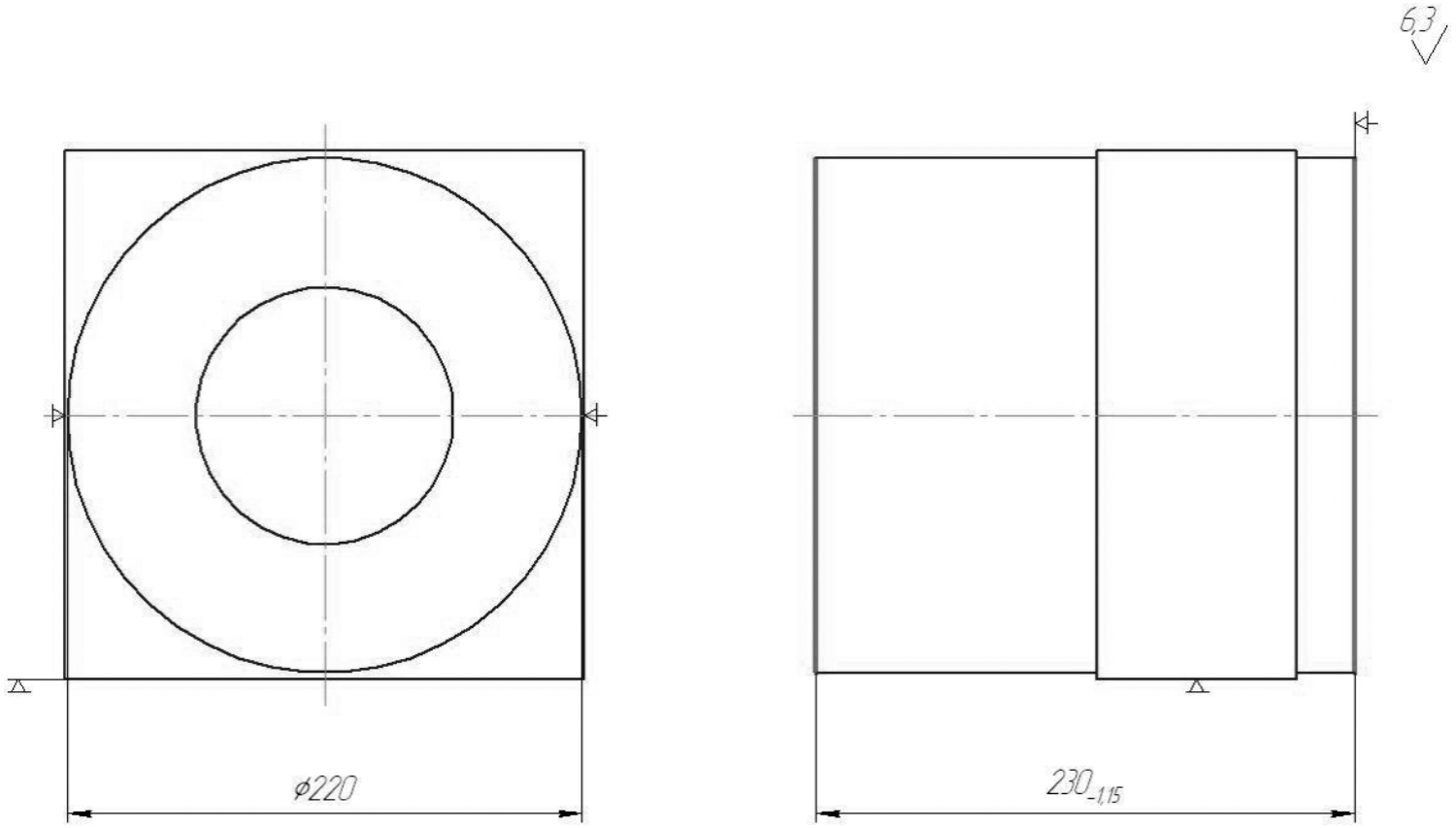
Р		ПН	D або В	L	t	i	s	n	v
Р01	А. Встановити, закріпити, зняти деталь								
Т02	3961ХХ. Пристрій фрезерний ХХХХ.ХХХХ								
03									
О04	1. Фрезерувати поверхні 1 і 2 одночасно витримати розмір $230_{-1,15}$, Ra 6,3мкм								
Т05	391820.ХХХХ Фреза 2214–0301 Т5К10 60^0; 391820.ХХХХ Фреза 2214–0302 Т5К10 60^0								
Т06	393311.ХХХХ Штангенциркуль ШЦ–ІІ–250–0,05 ГОСТ 166–89								
Р07			Ø250	235	2,0	1	315	200	157,08
08									
09	2. Контролювати розмір 1 – $L=230_{-1,15}$								
О10									
Т11									
Р12									
13									
О14									
Т15									
Р16									
Р17									

ОК	

ГОСТ 3.1105-84 Форма 7

Дубл.														
Взамін.														
Підпис									Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата	
												1	1	

Розробив	Лучків			**І Ф Н Т У Н Г**	РЛС 4.01.05.401		20141.00003
Перевірив	Шуляр						
				Корпус		Н	
Н. контр.	Панчук						



КЕ	

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

				Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата	

Дубл.						
Взамін.						
Підпис						

Розробив	Лучків			**І Ф Н Т У Н Г**	РЛС 4.01.05.401	
Перевірив	Шуляр					
Т. контр.	Шуляр					
Реценз.				**Корпус**	П	
Н. контр.	Шуляр					

Назва операції	Матеріал	Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри	МЗ	Конд
Контрольна	Сталь 35 ДСТУ 7809:2015	НВ 213	кг	38,9	Кованка 226×230×234	57,3	1

Номер переходу	Зміст переходу	Пристрій (код,назва)	Вимірювальний Інструмент (код,назва)	Відсоток контролю	Особливі відмітки
1	Контроль діаметра Ø110 H9($^{+0,087}$)	393120.xxxx	Калібр-пробка		
			8140-004 H9		
			ГОСТ 14820-69		
2	Контроль діаметра Ø155 H11($^{+0,250}$)	393120.xxxx	Калібр-пробка		
			8140-014 H11		
			ГОСТ 14820-69		
3	Контроль діаметра Ø28 H9($^{+0,052}$)	393120.xxxx	Калібр-пробка		
			8133-0942 H9		
			ГОСТ 14810-69		
4	Контроль діаметра Ø60 H9($^{+0,074}$)	393120.xxxx	Калібр-пробка		
			8133-1104 H9		
			ГОСТ 14812-69		

КТК	

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата

Розробив	Лучків			ІФНТУНГ
Перевірив	Шуляр			РЛС 4.01.05.401
Т. контр.	Шуляр			
Реценз.				Корпус
Н. контр.	Шуляр			П

Номер переходу	Зміст переходу	Пристрій (код,назва)	Вимірювальний Інструмент (код,назва)	Відсоток конт-ролю	Особливі відмітки
5	Контроль лінійного розміру 222 h11($_{-0,290}$)	393120.xxxx	Калібр-скоба		
			8102-0180 222 h11		
			ГОСТ 18356-73		
6	Контроль діаметра Ø220 h14($_{-1,15}$)	393311.xxxx	Штангенциркуль		
			ШЦ-ІІ-250-0,1		
			ГОСТ 166-89		
7	Контроль лінійного розміру 230 h14($_{-1,15}$)	393311.xxxx	Штангенциркуль		
			ШЦ-ІІ-250-0,1		
			ГОСТ 166-89		
8	Контроль лінійного розміру 226 h14($_{-1,15}$)	393311.xxxx	Штангенциркуль		
			ШЦ-ІІ-250-0,1		
			ГОСТ 166-89		

КТК

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

						Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата	

Дубл.						
Взамін.						
Підпис						

Розробив	Лучків			**І Ф Н Т У Н Г**	РЛС 4.01.05.401	
Перевірив	Шуляр					
Т. контр.	Шуляр					
Реценз.				**Корпус**	П	
Н. контр.	Шуляр					

Номер переходу	Зміст переходу	Пристрій (код,назва)	Вимірювальний Інструмент (код,назва)	Відсоток конт-ролю	Особливі відмітки
9	Контроль лінійного розміру 8±0,1	393120.xxx	Шаблон спеціальний		
			xxxx.xxxx		
10	Контроль лінійного розміру 30 h11($_{-0,013}$)	393120.xxx	Калібр-скоба		
			8102-0024 h11		
			ГОСТ 18355-73		
11	Контроль різьби М3-7Н	393140.xxxx	Калібр-пробка		
			8221-3019 7Н		
			ГОСТ 17758-72		
12	Контроль різьби М12-7Н	393140.xxxx	Калібр-пробка		
			8221-3053 7Н		
			ГОСТ 17758-72		

КТК	

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

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

Розробив	Лучків			**І Ф Н Т У Н Г**	РЛС 4.01.05.401	
Перевірив	Шуляр					
Т. контр.	Шуляр					
Реценз.				**Корпус**	П	
Н. контр.	Шуляр					

Номер переходу	Зміст переходу	Пристрій (код,назва)	Вимірювальний Інструмент (код,назва)	Відсоток конт-ролю	Особливі відмітки
13	Контроль різьби М20-7Н	393120.ххх	Калібр-пробка		
			8221-3080 7Н		
			ГОСТ 17758-72		
14	Контроль міжосьових розмірів 30±0,2; 70±0,2	393120.хххх	Калібр спеціальний		
			хххх.хххх		
15	Контроль R 31,5±0,18; R 62,5±0,35; R 92,5±0,35	393120.хххх	Калібр спеціальний		
			хххх.хххх		
16	Контроль радіального биття пов.18	393120.хххх	Калібр спеціальний		
			хххх.хххх		
17	Контроль торцьового биття пов.19	393120.хххх	Пристрій контрольний		
			МР.ПМК-635.04.00.000		

КТК	

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	К-ть	Примітка
				Документація		
			МР.ПМК-635.03.00.000 СК	Складальне креслення		*А1×2
				Складальні одиниці		
	А4	1	МР.ПМК-635.03.01.000	Корпус	1	
	А4	2	МР.ПМК-635.03.02.000	Кронштейн	1	
				Деталі		
		3	МР.ПМК-635.03.01.001	Кільце	1	
		4	МР.ПМК-635.03.01.002	Палець	1	
		5	МР.ПМК-635.03.01.003	Кільце	1	
		6	КП.ТНМ-15.04.01.004	Тяга	1	
		7	МР.ПМК-635.03.01.005	Упор	1	
		8	МР.ПМК-635.03.01.006	Кришка	1	
		9	МР.ПМК-635.03.01.007	Кулачок	3	
		10	МР.ПМК-635.03.01.008	Втулка	1	
		11	МР.ПМК-635.03.01.009	Шток	1	
		12	МР.ПМК-635.03.01.010	Корпус	1	
		13	МР.ПМК-635.03.01.011	Кришка	1	
		14	МР.ПМК-635.03.01.012	Поршень	1	
		15	МР.ПМК-635.03.01.013	Кронштейн	1	
		16	МР.ПМК-635.03.01.014	Напрямна	2	
		17	МР.ПМК-635.03.01.015	Колонка	2	

					МР.ПМК-635.03.00.000 ПЗ
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	
Розроб.		Лучків			Пристрій свердлильний
Перевір.		Шуляр			
Н.контр.		Шуляр			
Затв.		Панчук			

Літ	Аркуш	Аркушів
н	1	2

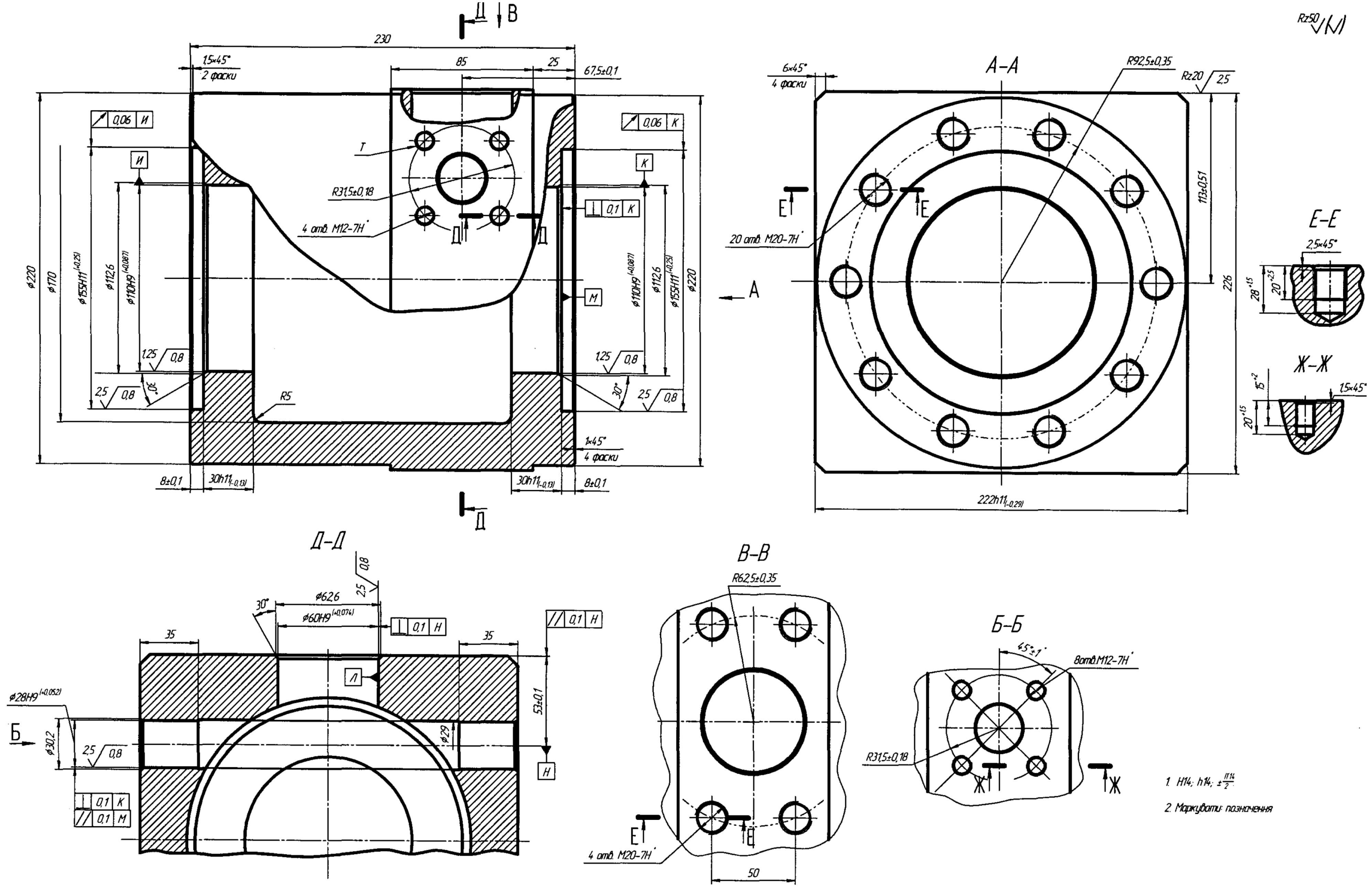
ІФНТУНГ
ПМКм-23-1

Форм	Зона	Поз.	Позначення	Назва	К-ть	Примітка
				Стандартні вироби		
		19		Гайка М12-6Н.5.05	1	
				ГОСТ 2524-70		
		20		Гайка 7003-0133	2	
				ГОСТ 12460-67		
		21		Гайка 7003-0259	1	
				ГОСТ 14726-69		
				Гвинт ГОСТ 11738-84		
		22		М6-6g×25.36.05	11	
		23		М6-6g×35.36.05	10	
		24		М8-6g×30.36.05	8	
		25		Гвинт М4-6g×10.36.05	3	
				ГОСТ 17475-72		
		26		Пружина 7039-2021	2	
				ГОСТ 13165-67		
		27		Шпонка 7031-0653	2	
				ГОСТ 14739-69		
				Штифт ГОСТ 3128-70		
		28		5m6×30	1	
		29		5m6×40	4	
		30		6m6×40	2	
				Кільце ГОСТ 9833-78		
		32		024-020-25-2-2	1	
		33		035-030-30-1-1	1	
		34		125-120-30-2-2	1	
		35		125-115-58-1-1	1	

Форма	Зона	Поз.	Позначення	Назва	К-ть	Примітка
				Документація		
А1			МР.ПМК-635.04.00.000 СК	Складальне креслення		
				Деталі		
		1	МР.ПМК-635.04.00.001	Корпус	1	
		2	МР.ПМК-635.04.00.002	Гайка	1	
		3	МР.ПМК-635.04.00.003	Втулка	1	
		4	МР.ПМК-635.04.00.004	Втулка	1	
		5	МР.ПМК-635.04.00.005	Кронштейн	1	
				Стандартні вироби		
		7		Гайка М12-6Н.5.05	1	
				ГОСТ 2524-70		
		8		Гайка М8-6Н.5.05	1	
				ГОСТ 5929-70		
		9		Гайка 7003-0260	1	
				ГОСТ 14726-69		
		10		Гвинт М4-6g×14.36.05	1	
				ГОСТ 1491–80		
		11		Гвинт М8-6g×16.36.05	2	
				ГОСТ 11738–84		
		12		Гвинт 7006-0168	1	
				ГОСТ 13428-68		

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-635.04.00.000 ПЗ		
Розроб.		Лучків			Пристрій контрольний	Літ	Аркуш 1 / Аркушів 2
Перевір.		Шуляр					
Н.контр.		Шуляр				ІФНТУНГ ПМКм-23-1	
Затв.		Панчук					

Форма	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк	Примітка
		13		Опора 7034-0211	4	
				ГОСТ 12479-67		
		14		Плита 2-3-250×250	1	
				ГОСТ 10905-86		
		15		Шпилька М12-6g×55.58.05	1	
				ГОСТ 22038–75		
		16		Індикатор 2МИГП	1	
				ГОСТ 9696-82		

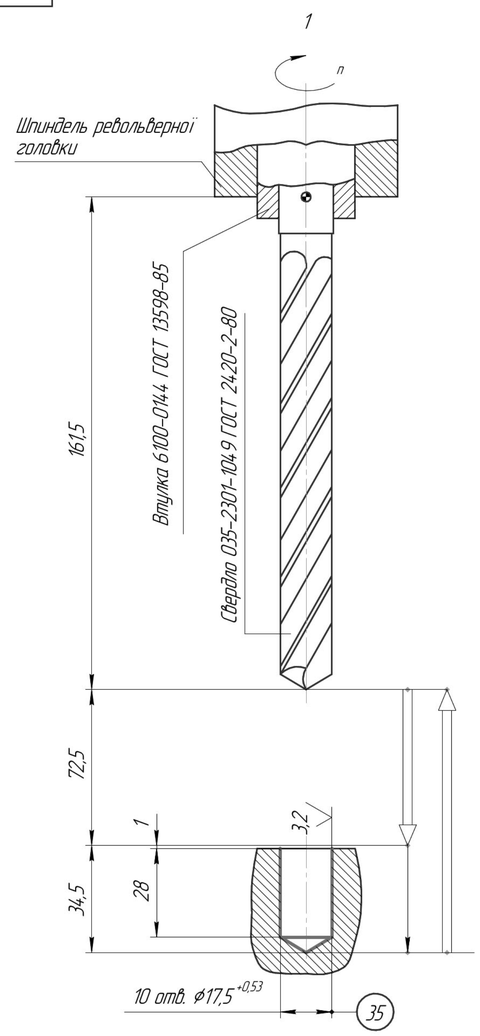


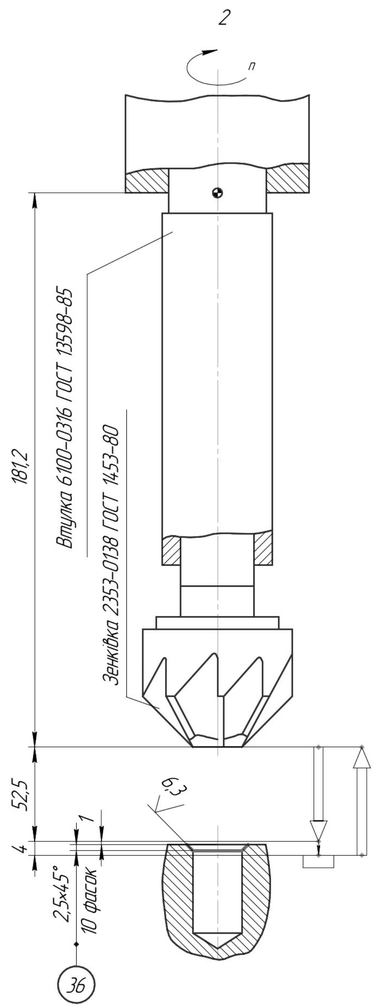
1. H14; h14; $\pm\frac{IT14}{2}$

2. Маркувати позначення

РЛС 4.01.05.401					
Зм. Арк. № докум. Підпис Дата			Літера	Маса	Масштаб
Розроб. Лучків	Корпус			38,9	1:1
Перев. Шуляр			Аркуш	Аркушів 1	
Т.контр. Шуляр					
Н.контр. Шуляр	Сталь 35 ДСТУ 7809:2015		ІФНТУНГ ПМКм-23-1		
Затв. Панчук					

Копіював Формат А1





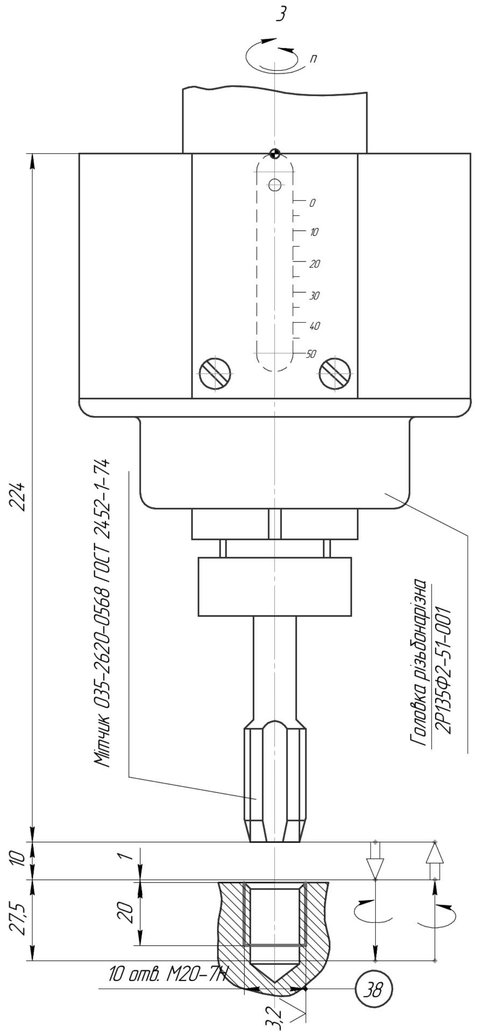
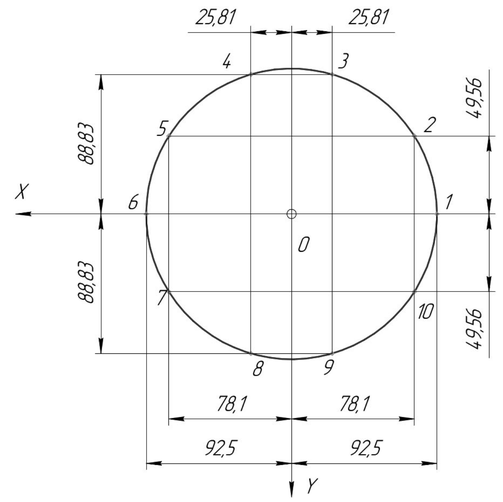


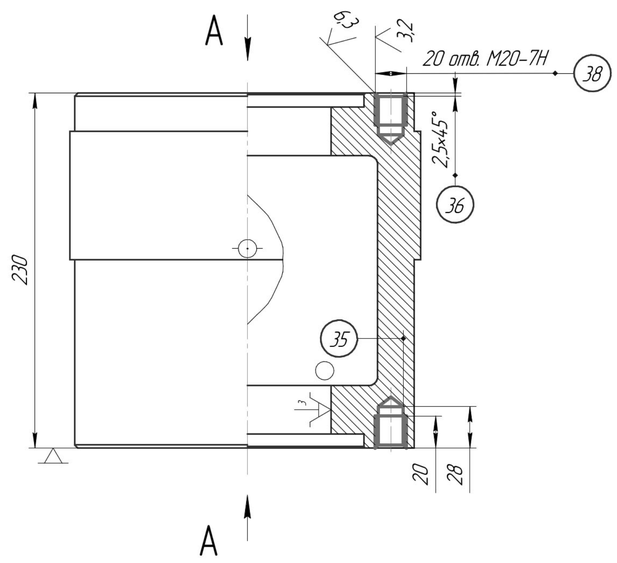
Схема розташування опорних точок

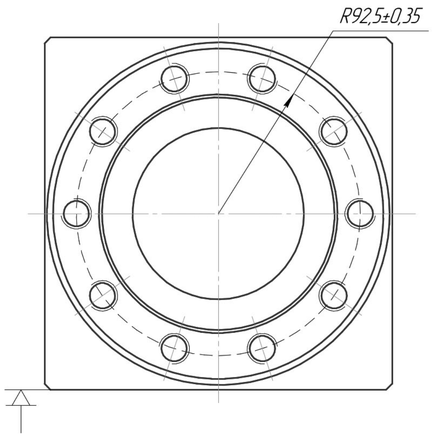


Координати опорних точок

№ опорної точки	Координата	
	X	Y
1	0	-92,5
2	-49,56	-78,10
3	-88,83	-25,81
4	88,83	25,81
5	-49,56	78,10
6	0	92,5
7	49,56	78,10
8	88,83	25,81
9	88,83	-25,81
10	49,56	-78,10

Операційний ескіз





Деталь	Операція	Верстат	Система ЧПК
Ца 8.034.178	030	2Р135Ф2	Координата С70-3

№ опорної точки	Геометрична інформація				Технологічна інформація								
	X, мм	Y, мм	Z, мм	R, мм	t, мм	S, мм/об	S, мм/хв	V, м/хв	n, хв⁻¹	Напрям обертання	Охолодження	№ інстр.	L, № коректора
1	0	-92,5											
2	-49,56	-78,10											
3	-88,83	-25,81											
4	88,83	25,81											
5	-49,56	78,10	34,5	72,5	8,75	0,126	63	33,08	500	пр	+	1	01
6	0	92,5											
7	49,56	78,10											
8	88,83	25,81											
9	88,83	-25,81											
10	49,56	-78,10											
10	49,56	-78,10											
9	88,83	-25,81											
8	88,83	25,81											
7	49,56	78,10											
6	0	92,5											
5	-49,56	78,10	4,0	52,5	2,5	0,126	31,5	19,63	250	пр	+	2	02
4	88,83	25,81											
3	-88,83	-25,81											
2	-49,56	-78,10											
1	0	-92,5											
1	0	-92,5											
2	-49,56	-78,10											
3	-88,83	-25,81											
4	88,83	25,81											
5	-49,56	78,10	27,5	10	1,25	2,5	(312,5)	7,85	125	пр	+	2	03
6	0	92,5											
7	49,56	78,10											
8	88,83	25,81											
9	88,83	-25,81											
10	49,56	-78,10											

Умовні позначення до циклограм:
- робочий хід;
- напрям робочого ходу і обертання інструменту при нарізанні різьби;
- напрям швидких переміщені по осі Z;
- витримка часу, пауза.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-635.01.00.000 СХ		
Розроб.		Личків			Карта налагодження	Літера	Маса	Масштаб
Перев.		Шиляр						1:1
Т.контр.		Шиляр				Аркуш	Аркушів 1	
Н.контр.		Шиляр				ІФНТУНГ ПМКм-23-1		
Затв.		Панчук						

Копіював Формат А1

Перш. застос. | Довід. № | Підп. і дата | Інв. № дубл. | Взам. інв. № | Підп. і дата | Інв. № орига.

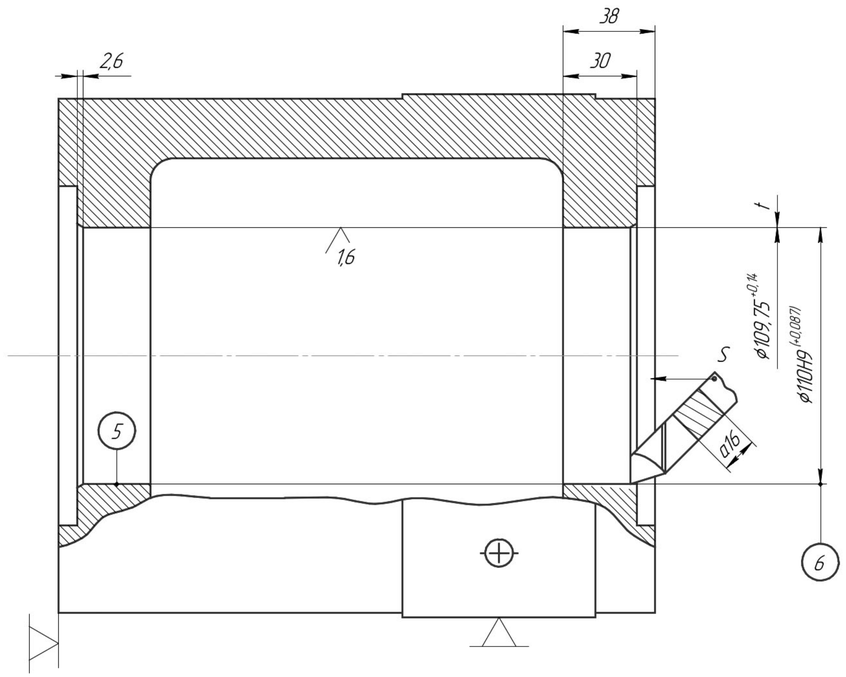


Рисунок 1 – Ескіз обробки

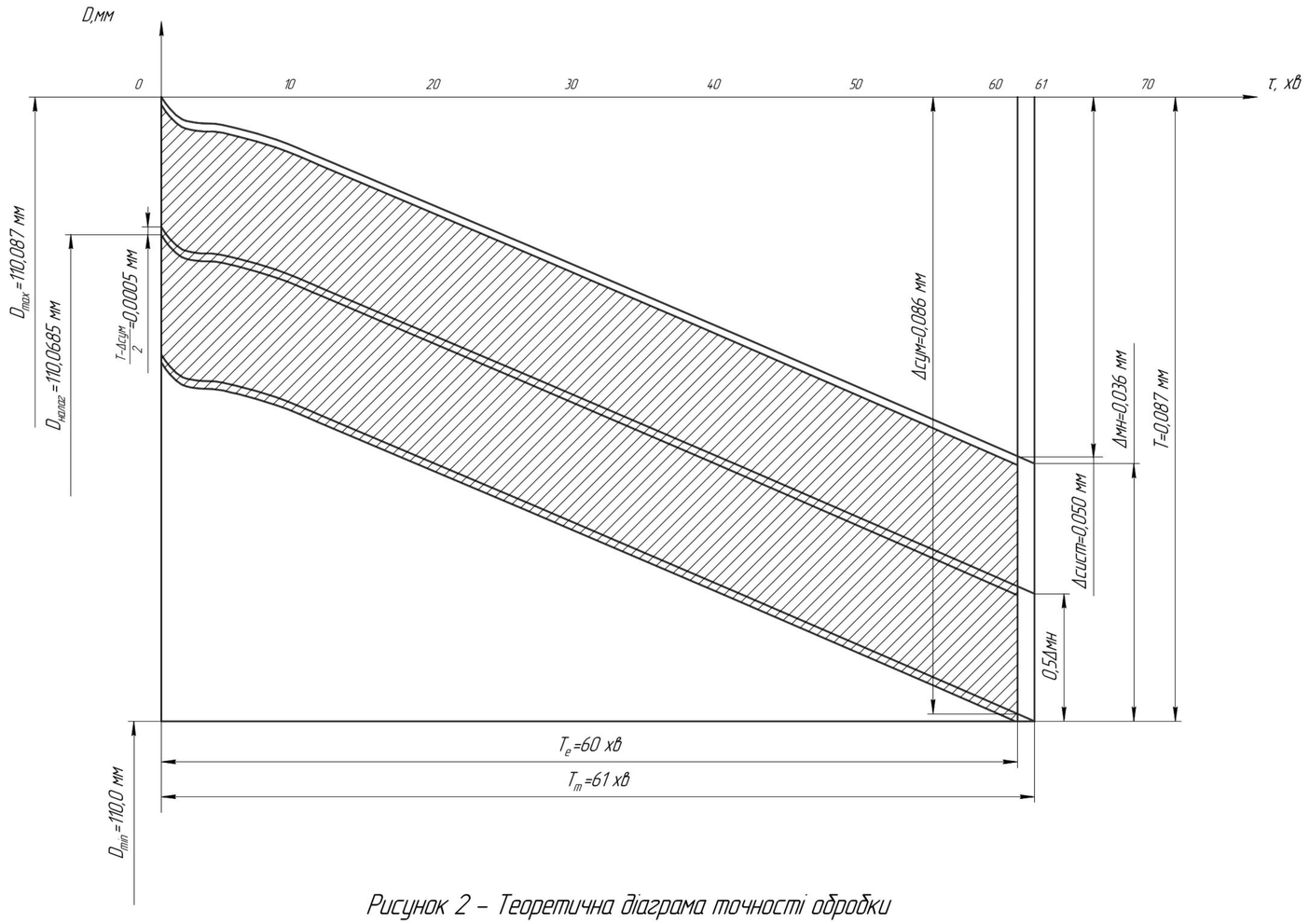


Рисунок 2 – Теоретична діаграма точності обробки

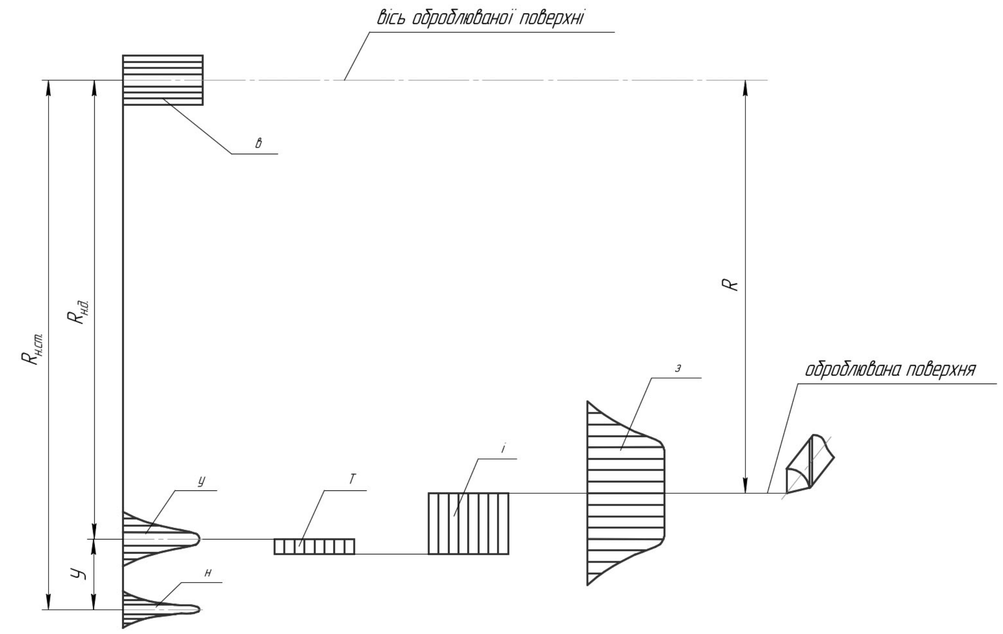


Рисунок 3 – Схема технологічного розмірного ланцюга

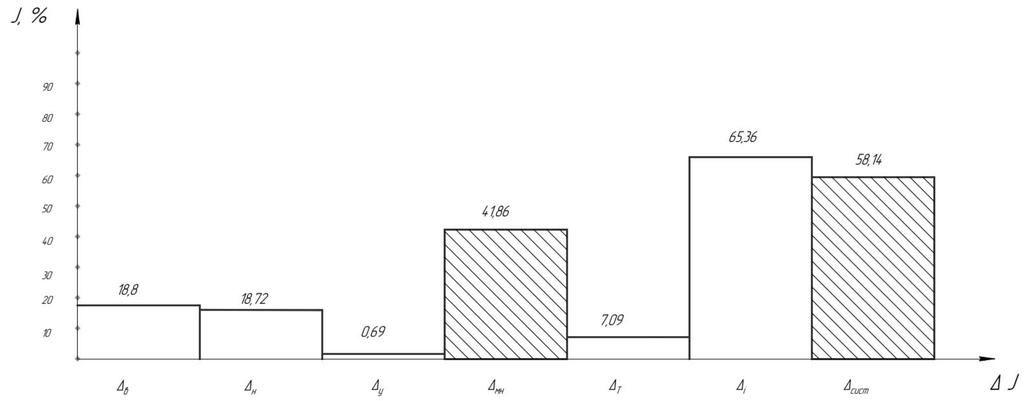


Рисунок 4 – Гістограма похибок обробки

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-635.01.00.000 СХ		
Розроб.		Личків			Аналіз точності обробки	Літера	Маса	Масштаб
Перев.		Шуляр					-	-
Т.контр.		Шуляр				Аркуш	Аркушів 1	
Н.контр.		Шуляр				ІФНТУНГ ПМКм-23-1		
Затв.		Панчук						

Копіював

Формат А1

Перш. застос.

Довід. №

Підп. і дата

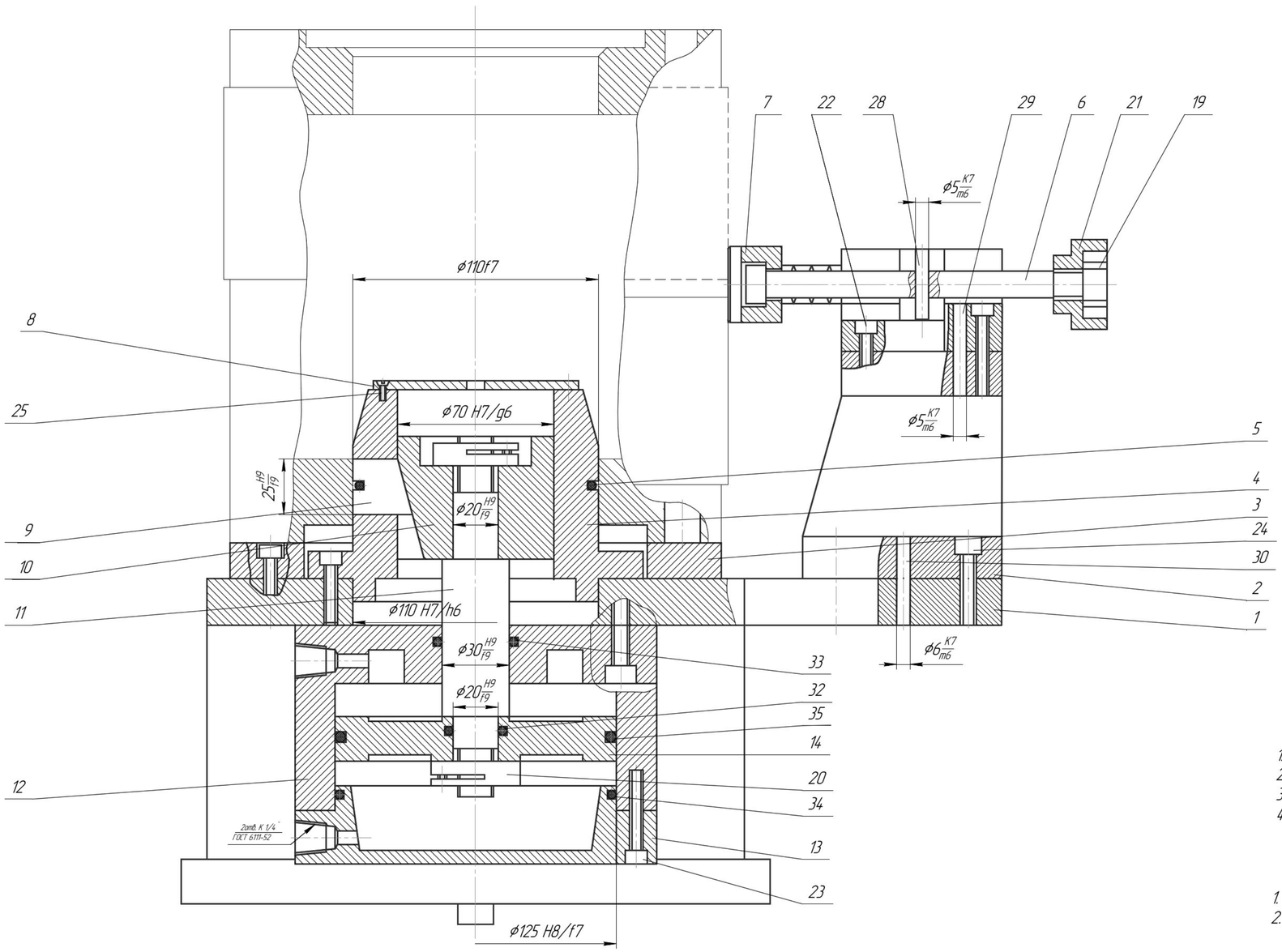
Інв. № дубл.

Взам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № орігін.

Б–Б (2)



Технічна характеристика:

1. Тиск стисненого повітря в пневмомережі 0,4 мПа.
2. Зусилля на штоці пневмоциліндра 3930 Н.
3. Зусилля затиску 5109 Н.
4. Хід поршня 20 мм.

Технічні вимоги:

1. *Розміри для довідок.
2. Допуск паралельності упорних поверхонь упора поз.1 до осі шпонок (поз.27) 0,02 мм.
3. Маркувати МР.ПМК-635.03.00.000 РЛС 4.01.05.401, 2Р135Ф2.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-635.01.00.000 СХ			
Розроб.		Личків			Пристрій свердлильний	Літера	Маса	Масштаб
Перев.		Шуляр					–	1:1
Т.контр.		Шуляр				Аркуш	Аркушів 1	
Н.контр.		Шуляр				ІФНТУНГ ПМКм-23-1		
Затв.		Панчук						

Копіював

Формат А1

Перш. застос.

Довід. №

Підп. і дата

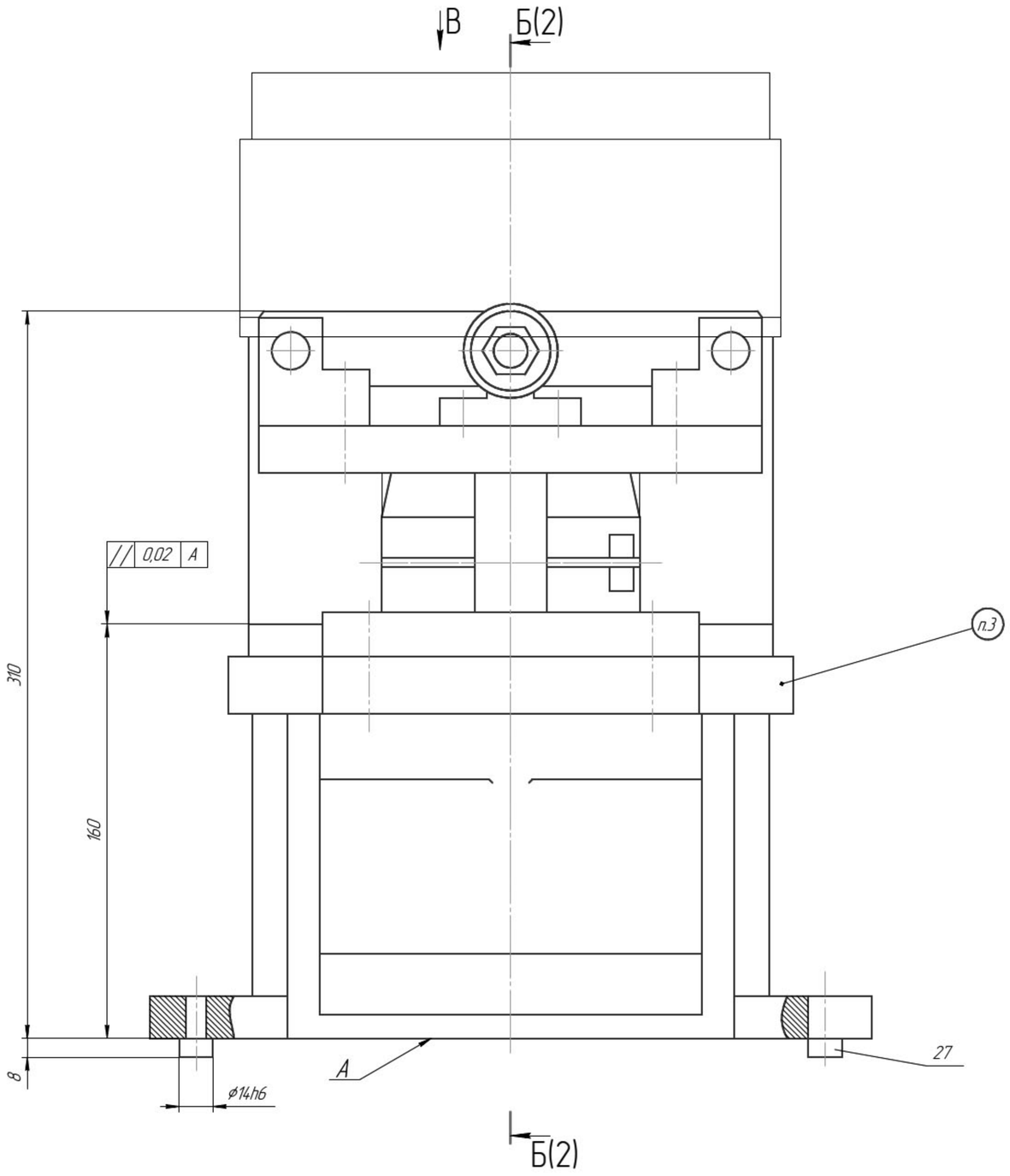
Інв. № дубл.

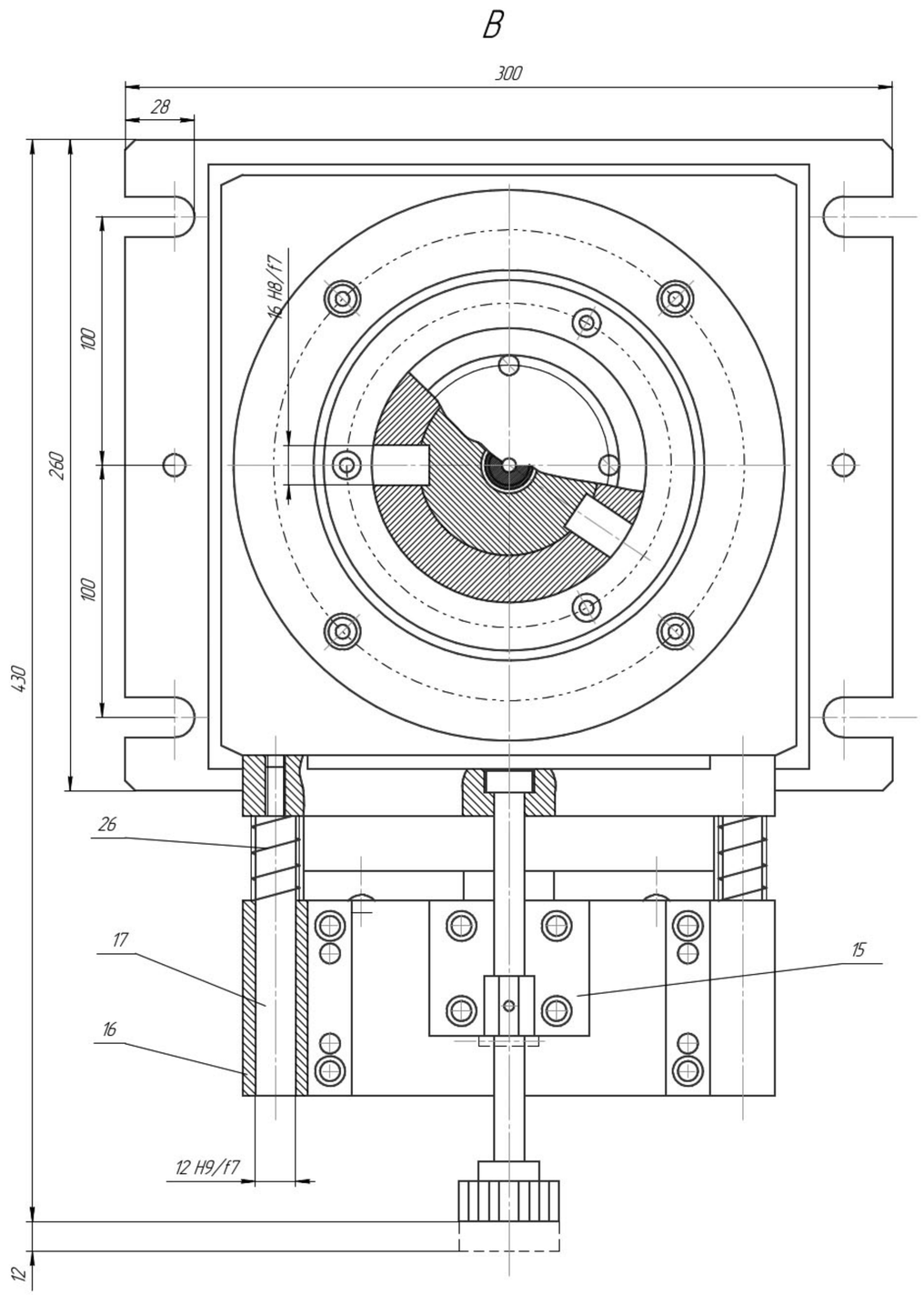
Взам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № орг.

МР.ПМК-635.03.00.000 СК



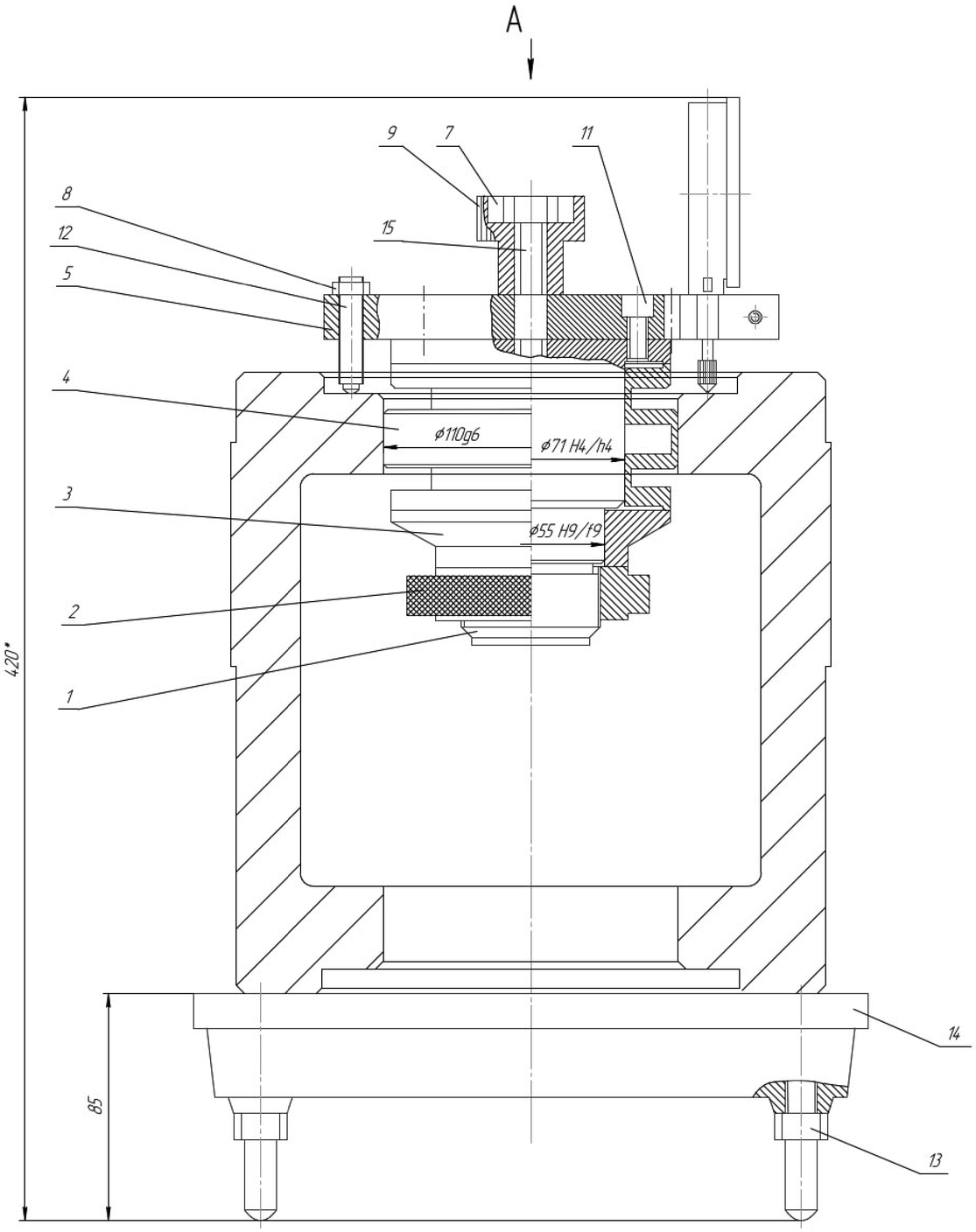


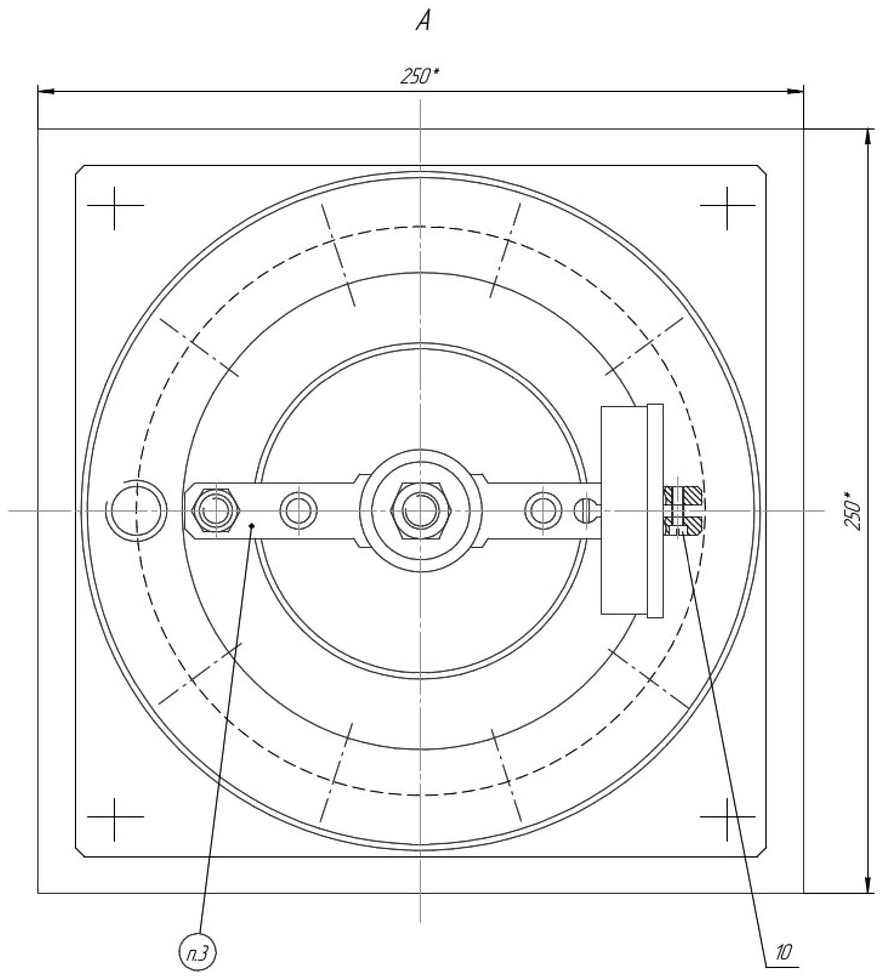
					МР.ПМК-635.01.00.000 СХ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пристрій свердлильний	Літера	Маса	Масштаб
Розроб.		Личків					-	1:1
Перев.		Шуляр				Аркуш	Аркушів 1
Т.контр.		Шуляр					
Нконтр.		Шуляр				ІФНТУНГ ПМКм-23-1	
Затв.		Панчук					

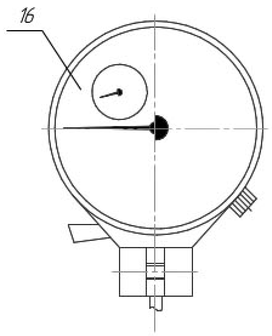
Копіював Формат А1

Інв. № дубл. | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата | Перш. застос.

МР.ПМК-635.04.00.000 СХ







1. *Розміри для довідок.
2. Деталь придатна при різниці показників індикатора (поз. 16) не більше 0,192 мм.
3. Маркувати: МР.ПМК-635.04.00.000 / Р/ІС 4.01.05.4.01; 0,1 мм

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-635.01.00.000 СХ			
Розроб.		Личків			Пристрій контрольний	Літера	Маса	Масштаб
Перев.		Шуляр					-	1:1
Т.контр.		Шуляр				Аркуш	Аркушів 1	
Н.контр.		Шуляр				ІФНТУНГ ПМКм-23-1		
Затв.		Панчук						

Копіював

Формат А1

Перш. застос.

Довід. №

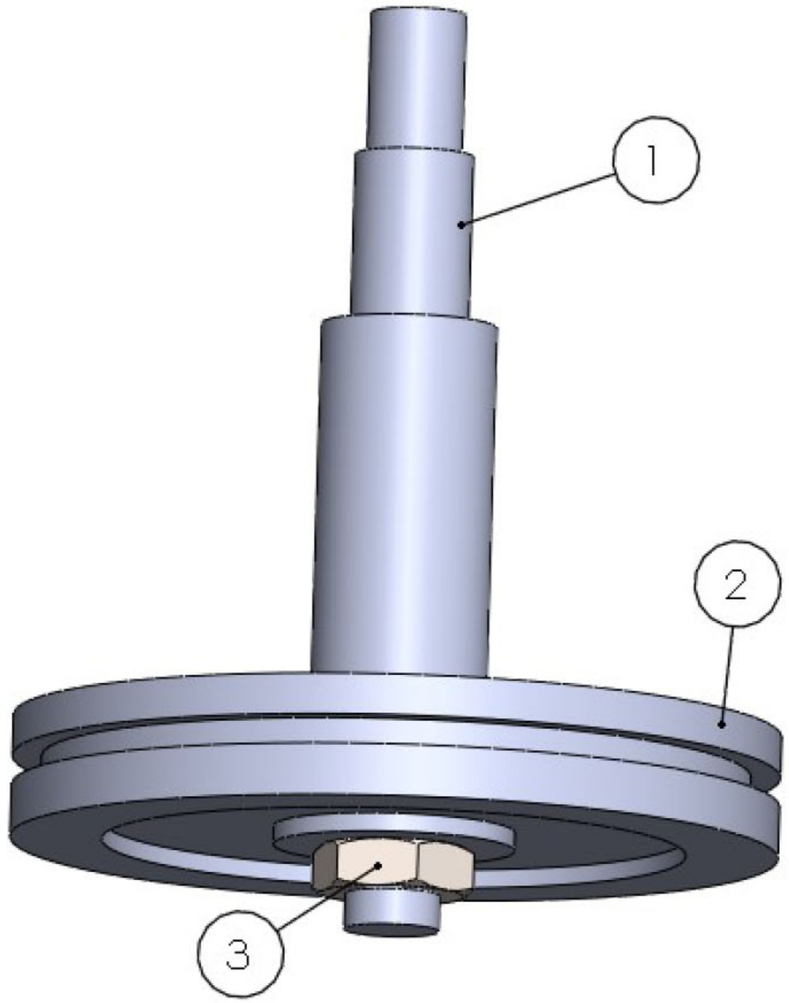
Підп. і дата

Інв. № дубл.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № орига.



1 – шток; 2 – поршень; 3 – гайка
Рисунок 1 – Тривимірна модель
для проведення імітаційного моделювання

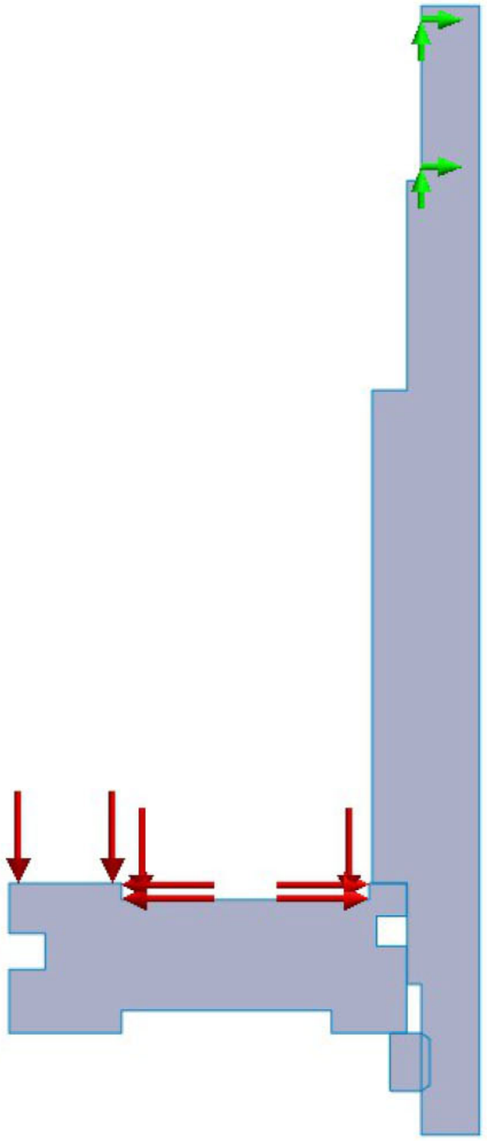


Рисунок 2 – Граничні умови

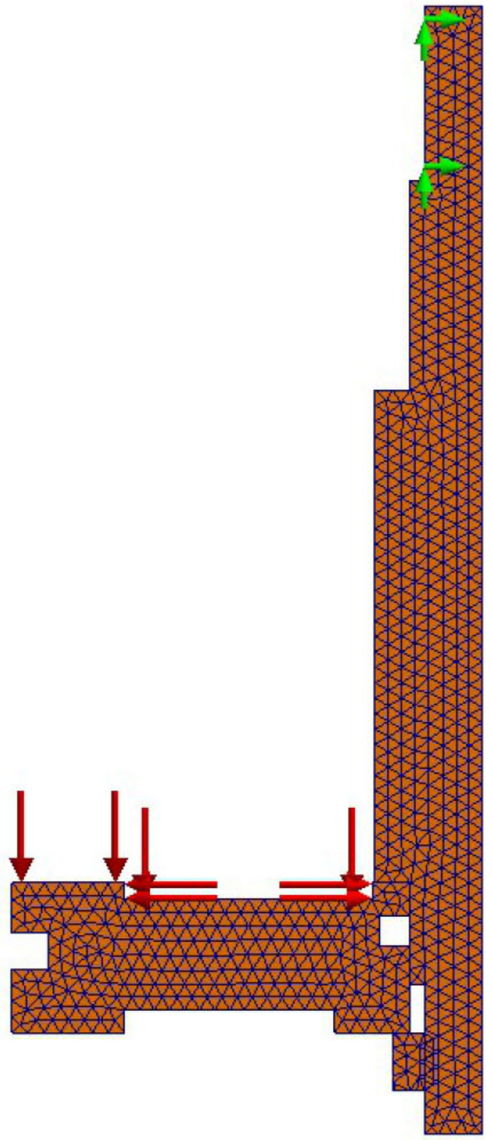


Рисунок 3 – Сітка скінченних елементів

					МР.ПМК-635.01.00.000 СХ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Тривимірні моделі притискача	Літера	Маса	Масштаб
Розроб.		Личків					-	-
Перев.		Шуляр				Аркуш	Аркушів	1
Т.контр.		Шуляр				ІФНТУНГ ПМКм-23-1		
Н.контр.		Шуляр						
Затв.		Панчук						

Копіював

Формат А2

Перш. застос.

Довід. №

Підп. и дата

Інв. № дубл.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.

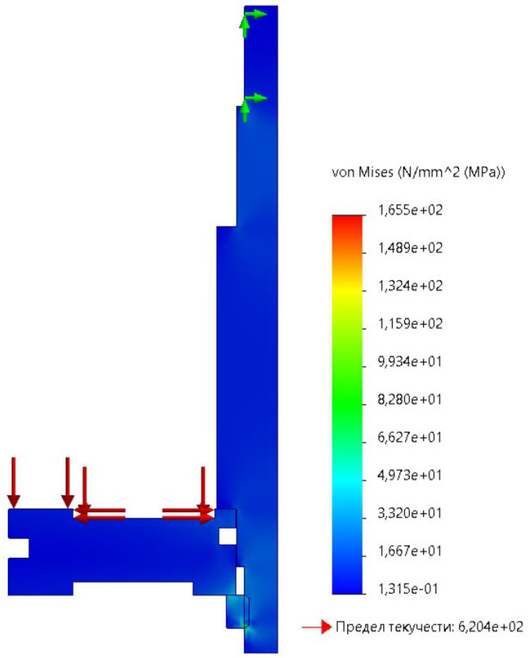


Рисунок 4 – Еквівалентні напруження

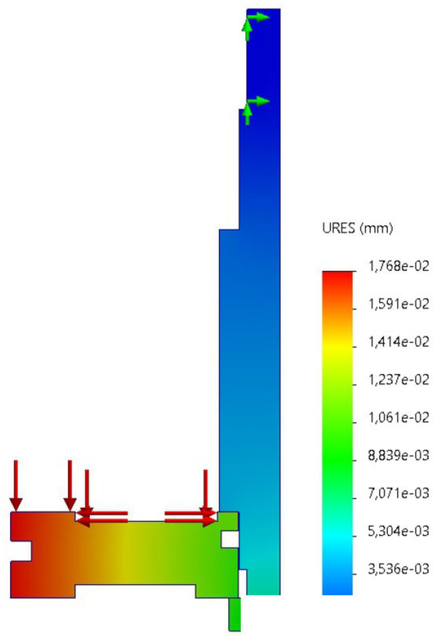


Рисунок 5 – Переміщення

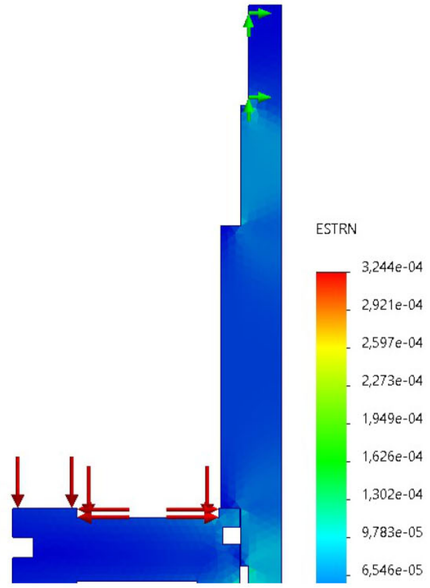


Рисунок 6 – Деформація

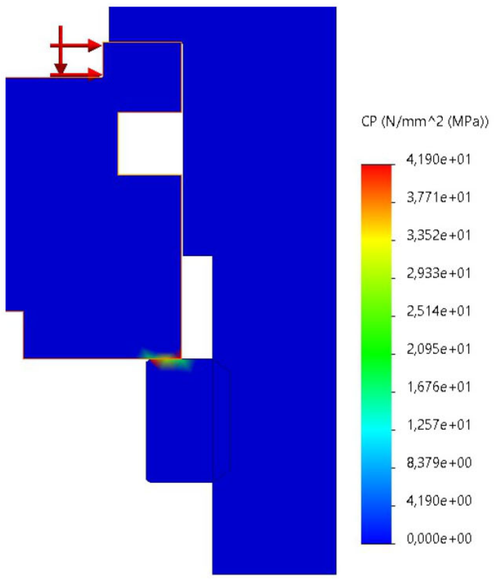


Рисунок 7 – Розподіл контактного тиску

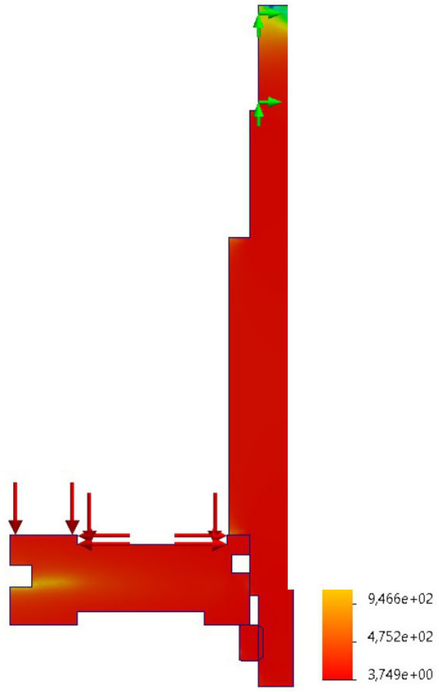


Рисунок 9 – Коефіцієнт запасу міцності

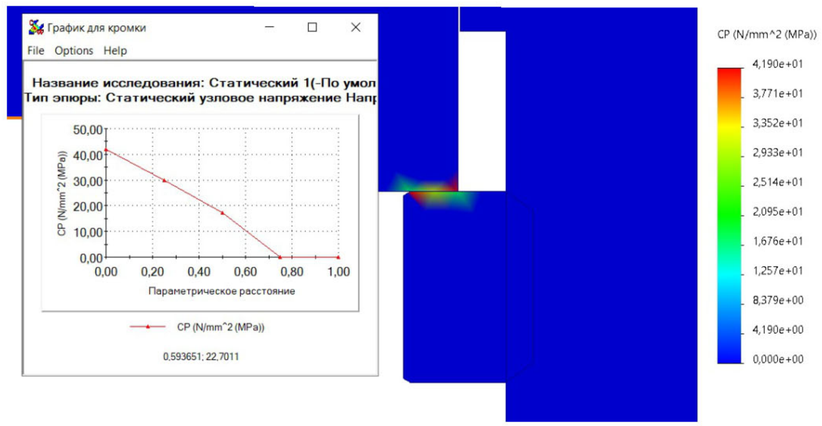


Рисунок 8 – Залежність зміни величини контактного тиску по площі контакту торця гайки та торця поршня

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-635.01.00.000 СХ		
Розроб.		Личків			Імітаційне дослідження	Літера	Маса	Масштаб
Перев.		Шуляр					-	1:1
Т.контр.		Шуляр				Аркуш	Аркушів 1	
Н.контр.		Шуляр				ІФНТУНГ ПМКм-23-1		
Затв.		Панчук						

Копіював Формат А1

Інв. № дубл. | Взам. інв. № | Підп. і дата | Інв. № подл. | Підп. і дата