

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут інженерної механіки та робототехніки
Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Яворський Орест Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Технологічний процес виготовлення деталі «Опора нижня КС 8334.31.050.301»

(назва роботи)

для умов середньосерійного типу виробництва

Комп'ютеризовані та роботизовані технології машинобудування

(назва освітньої програми)

131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

О.О. Яворський

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Панчук Анатолій Георгійович, к.т.н., доц.

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

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

Проф.

(посада)

(підпис)

(дата)

В.Г. Панчук

(ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

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

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної магістерської роботи на тему: Технологічний процес виготовлення деталі “Опора нижня КС 8334.31.050.301” для умов середньо-серійного типу виробництва”.

Розрахунково-пояснювальна записка складається з 80 сторінок і містить: 16 рисунків, 22 таблиці, 18 посилання на літературу та додатків на 8 сторінках.

Графічна частина: 7 аркушів формату А1.

Об’єкт дослідження – процес механічної обробки.

Предмет дослідження – деталь “ Опора нижня КС 8334.31.050.301”.

Мета роботи – розробити, на базі існуючого заводського технологічного процесу механічної обробки опори нижньої КС 8334.31.050.301 проектний, котрий дозволить здешевити собівартість її виготовлення, з дотриманням заданих в кресленні точністю розмірів та якістю поверхонь, а також розробити конструкції верстатного та контрольного пристроїв, та підтвердити працездатність верстатного та оптимізувати конструкцію його притискних ланок за допомогою систем автоматичного проектування і розрахунків (САПР).

Згідно завдання в роботі проведений 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 кронштейна, вибрано оптимальний спосіб отримання заготовки, пораховано припуски, режими різання та норми часу. Для закріплення деталі на вертикально-свердлильній операції з ЧПК (045) розроблено конструкцію спеціального верстатного пристрою з пневмоприводом, працездатність котрого підтвердили розрахунки проведенні в 2-му та 3-му розділах пояснювальної записки.

Результати роботи можуть бути використані в машинобудівній галузі.

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

Студент: Яворський О.О.

SUMMARY

of the qualification master's thesis on the topic: Technological process of manufacturing the part 'Lower support KC 8334.31.050.301' for medium-sized batch production.

The explanatory note consists of 80 pages and includes: 16 figures, 22 tables, 18 references to literature and 8 pages of appendices.

Graphic part: 7 sheets of A1 format.

The object of research is the process of machining.

The subject of research is the part 'Lower support KC 8334.31.050.301'.

The purpose of the work is to develop, on the basis of the existing factory technological process of machining the lower support KC 8334.31.050.301, a design process that will reduce the cost of its manufacture, in compliance with the accuracy of dimensions and surface quality specified in the drawing, as well as to develop the design of machine tools and control devices, and to confirm the operability of the machine tool and optimise the design of its clamping links using CADs.

In accordance with the task, the paper analyses the design, purpose and functions of the part in the assembly, analyses the factory method of obtaining the workpiece and the machining route. Based on the results of the analysis and recommendations of technical literature sources, a design technological route for machining the bracket was developed, the optimal method of obtaining the workpiece was selected, and allowances, cutting modes and time standards were calculated. To fix the workpiece on a vertical drilling operation with NCC (045), a special pneumatic-driven machine tool device was designed, the performance of which was confirmed by the calculations performed in the 2nd and 3rd sections of the explanatory note.

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

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

Student: Yavorsky O.O.

ЗМІСТ

Вступ

1 Технологічна частина

1.1 Конструкторсько-технологічний аналіз

1.1.1 Опис призначення та конструкції деталі

1.1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

1.2 Визначення програми випуску деталі і кількості деталей в партії

1.3 Аналіз базового технологічного процесу

1.3.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

1.3.2 Опис та аналіз базового технологічного процесу

1.3.3 Технічне порівняння варіанту маршруту обробки

1.4 Розробка операційної технології

1.4.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

1.4.2 Розрахунок режимів різання та уточнення моделей верстатів

1.4.3 Розрахунки, що пов'язані з підготовкою карти наладки і керуючої програми

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 Розрахунок пристрою на міцність і зносостійкість

2.1.4 Розрахунок пристрою на точність та довговічність

2.2 Пристрій контрольний

2.3 Розрахунок рівня уніфікації пристроїв

					<i>МР.ПМК-647.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ Докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Яворський О.О.			Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Панчук А.Г.						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		Панчук А.Г.						
<i>Затверд.</i>		Панчук В.Г.						
						ІФНТУНГ	ПМКм-23-1	

3. Імітаційне моделювання роботи притискної ланки свердлильного пристрою

Висновок

Список використаної літератури

Додатки

					<i>MP.ПМК-647.00.000 ПЗ</i>	Арк.
.Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Підприємство ВАТ “Пресмаш” відноситься до машинобудівного комплексу держави і виготовляє механічні преси зусиллям від 250 кН до 10000 кН, котрі застосовуються в енерго- та ресурсозберігаючих технологіях при виготовленні деталей та заготовок методом холодного листового чи об’ємного штампування.

Тема розроблюваної магістерської роботи відноситься до кривошипно-шатунного механізму приводу преса зусиллям 2500 кН, а власне, до виготовлення деталі преса – опори нижньої КС 8334.31.050.301 з меншими, порівняно з базовими, витратами в умовах середньо-серійного виробництва.

Поставленої мети досягається застосуванням, більш економічної заготовки, застосуванням верстатів з ЧПК для концентрації операцій і забезпечення стабільності якості деталей, пристроїв з механізованим приводом та різального інструменту, що забезпечує застосування прогресивних режимів різання у відповідності з високими можливостями застосованого обладнання.

					МР.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

1 Технологічна частина

1.1 Конструкторсько-технологічний аналіз виробництва деталі

1.1.1 Опис призначення та конструкції деталі

Деталь – опора нижня КС 8334.31.050.301 входить до кривошипно-шатунного механізму привода преса зусиллям 2500 кН, кривошипно-конічного, на якому виконуються, в основному, карбувальні та холодно-видавлювальні операції.

Кривошипно-шатунний механізм розміщується між станиною та повзуном і з'єднується з ними через закріплення на них через шпонки опори, нижню (на повзуні) та верхню (на станині).

В середині опори на осі розміщується вухо важеля нижнього. Вісь через поверхні опори 18, 19, 20 передає технологічне зусилля, її положення облягають закріплені на торцях 3 і 4 кришки, що одночасно запобігають витіканню мастила через торці.

Поверхні з найвищою точністю та шорсткістю:

- внутрішня циліндрична 18-19-20 – Ø80H7 (^{+0,02}) та шорсткістю Ra 1,6 мкм.
- площина А, що є основною конструкторською та технологічною базою, шорсткість Ra 3,2 мкм. та допуском площинності 0,016 мм.

Згідно креслення опора нижня КС 8334.31.050.301 виготовляється із сталі 40ХЛ ГОСТ 977-88, 1 січня 2019 р. даний ГОСТ втратив чинність і замінений на ДСТУ 8781:2018.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 40ХЛ ДСТУ 8781:2018.

Вміст елементів, %					
С вуглець	Мп марганець	Si кремній	Cr хром	Р фосфор	S сірки
0,35-0,45	0,40-0,90	0,20-0,40	0,80-1,1	Не більше	
				0,04	0,04

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 40ХЛ ДСТУ 8781:2018.

Межа міцності, МПа	Межа тягучості, МПа	Відносне здовження, %	Відносне звуження, %	Ударна в'язкість, КДж/м ²	Твердість
σ_B	σ_T	σ_5	ψ	КСУ	НВ
638	491	12	25	392	189

									Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	MP.ПМК-647.00.000 ПЗ				

1.1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Конструкція деталі проста і складається з комбінації прямокутного паралелепіпеда з центральним призматичним прямокутним виступом на двох вух, що мають спільну вісь отворів, котра проходить через центральний виступ з фрагментом отвору.

За кресленням, заготовка деталі – виливок. Матеріал заготовки сталі 40ХЛ відноситься до третьої групи ливарних матеріалів ([4], табл.1, с.581) із задовільними ливарними властивостями.

Заготовку можна отримати:

- литтям у піщано-глинисті форми за дерев'яними чи металевими моделями з ручним чи машинним формуванням;
- литтям у металеві форми;
- литтям в оболонкові форми;
- литтям за виплавленими моделями – тобто всіма можливими способами лиття для заданого матеріалу і типу виробництва.

Тобто, за можливістю отримання заготовки – деталь технологічна. Можливість обробки на металорізальних верстатах:

- спільна вісь обертання є тільки у внутрішньої циліндричної поверхні 18-19-20, яку можливо обробляти на верстатах токарної групи, розточної та багатоцільових.

Решта оброблених поверхонь:

- площини та торці - відкриті: А, 1...10. їх легко обробляти на верстатах фрезерної групи чи багатоцільових. Всі вони обробляються на прохід.
- площини закриті для обробки на прохід, котрі утворюють пази з частково циліндричним дном: пов. 11-12-13 та 14-15-16, а також паз 17-36 – всі вони можуть бути оброблені на верстатах фрезерної групи або багатоцільових.
- отвори 23 та різьбові отвори 26, 29, 32, 35 з фланцями 25, 28, 31, 34 можуть оброблятися на верстатах свердлильної групи та багатоцільових.

Паз 17-36 відкритий і його можна обробляти на прохід, доцільно дисковою фрезою.

					<i>МР.ПМК-647.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Отвори під різьбу доцільно обробляти комбінованим стандартним свердлом разом з фасками.

Отвори 33, через відсутність стандартного свердла потрібного діаметра, доцільно обробляти спеціальним свердлом, виготовленого із стандартного для обробки ступінчастих отворів під гвинти переточкою циліндричної поверхні під конічну (45°) для фланця 34.

В цьому випадку наскрізь обробляються тільки отвори 23.

До всіх оброблюваних поверхонь є вільний доступ різального та вимірного інструменту. За базові поверхні при обробці пов. А приймаються поверхні 9, 10 та 1 або 2, і 3 або 4 при цьому отримуємо першу чистову базу. Після обробки паза 17-36 отримуємо допоміжні бази, які будуть постійними базами, разом з пов. 3 або 4, для більшості оброблюваних поверхонь.

Базова поверхня, на якій можливо обробити заготовку з однієї установки відсутня.

Крім отворів 29 і 32, решту отворів можна обробляти з застосуванням багатопиндельного обладнання.

Висновок: за можливістю обробки на металорізальних верстатах – деталь технологічна.

Обробка відповідальних поверхонь:

- пов. А доцільно обробляти за чорновий і чистовий проходи; на двошпindelному фрезерному верстаті: – одна фреза (1) чорнова, друга – чистова, або за один прохід ступінчастою фрезею з налагодженням першого ступеня на чистову обробку;
- пов. 18-19-20, щоб не застосовувати точного обладнання можна було б обробити чорновим і чистовим розточуванням з наступним чорновим і чистовим розверчуванням, але очевидно конструкція деталі, сприяє зміщенню осі розвертання. Доцільно виконати остаточну обробку точним розточуванням, – для чого потрібен верстат високої точності.

Деталь достатньо жорстка для застосування прогресивних режимів різання.

					<i>MP.ПМК-647.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$t_6 = k_3 \cdot T_{ум.сер.} = 14 \cdot 23,45 = 328,3 \text{ хв.}$$

де, k_3 – коефіцієнт закріплення операцій.

Для заданого типу виробництва: $10 < k_3 < 20$. Прийнято $k_3 = 16$.

Річна програма випуску деталей:

$$N = \frac{F_0 \cdot 60}{t_6} = \frac{3900 \cdot 60}{378,3} = 713 \text{ шт.}$$

де, F_0 – дійсний річний фонд робочого часу устаткування. $F_0 = 3900$ год.

Розрахункова кількість деталей у партії:

$$n_0 = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{713 \cdot 21}{251} = 68 \text{ шт.}$$

де, a – періодичність виробів; $a = 24$ днів. (с.13, с.23)

Числам робочих днів у році 2016. $F = 251$ днів.

Розрахункове число замін на обробку партії деталей:

$$C = \frac{T_{ум.сер.} \cdot n_0}{480 \cdot 0,8} = \frac{23,45 \cdot 68}{480 \cdot 0,8} = 4,15 \text{ змін}$$

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

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

Прийнята кількість змін $C_{np} = 4$ зміни.

Прийнята кількість деталей в партії

$$n_0 = \frac{C_{np} \cdot 480 \cdot 0,8}{T_{ум.се.}} = \frac{4 \cdot 480 \cdot 0,8}{23,45} = 65,5 \text{ шт.}$$

Прийнята $n_0 = 66$ шт.

Уточнюємо програму випуску для приведення її кратності до партії запуску:

$$\text{Число запусків } i = \frac{N}{n_0} = \frac{713}{66} = 10,8.$$

Прийняте $i = 1$; $N = i \cdot n_0 = 11 \cdot 66 = 726$ шт.

					МР.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

1.3 Аналіз базового технологічного процесу

1.3.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

За базовим варіантом заготовку отримують литвом в піщано-глинисті форми із сталі 40ХЛ ГОСТ 977-88 (ДСТУ 8781:2018) точністю 12-5-4-12 ДСТУ 8981:2020, тобто:

- план розмірної точності 12;
- ступінь короблення 5;
- ряд припусків 4;
- клас точності маси 12.

Маса базової заготовки $M_{баз}=14,2$ кг.

Як альтернативну заготовку розглядаємо виліток у металеві форми.

За таблицями 1, 2 і 3 ([4], с. 581...583) та табл. 9 (ДСТУ 8981:2020, с.32) визначаємо параметри альтернативного виливка:

Діапазон класів точності 5-11, що відповідає порядковій нумерації $K_n=7$; $K_6=15$, при цьому враховуємо рівень точності обробки за таблицею 15 (ГОСТ 26645-85, с.44).

Аналогічно визначаємо ряд припусків:

$$P_M=1; P_6=3.$$

Ступінь складності виливка $C_1=2$ (нескладний); за типом виробництва $C_2=2$ – середньо-серійне.

Ваговий коефіцієнт: $C=C_1+C_2=2+2=4.$

Клас точності виливка:

$$K_B = K_M + C \cdot \frac{K_6 - K_M}{8} = 7 + 4 \cdot \frac{15 - 7}{8} = 11,$$

що відповідає 8кл. точності.

$$P_B = P_M + C \cdot \frac{P_6 - P_M}{8} = 1 + 4 \cdot \frac{3 - 1}{8} = 2.$$

Допуск зміщення 0,6 мм. ([7], табл. 4.11, с.63)

Ступінь короблення визначається після визначення відношення габаритних розмірів деталі $\frac{L_{\min}}{L_{\max}} = \frac{140}{200} = 0,7 > 0,2$ – і має границі від 4 до 7. Приймаємо 5 ступінь короблення,

					MP.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$P_{кор}=0,16$ ([71, табл. 4.12, с.63])

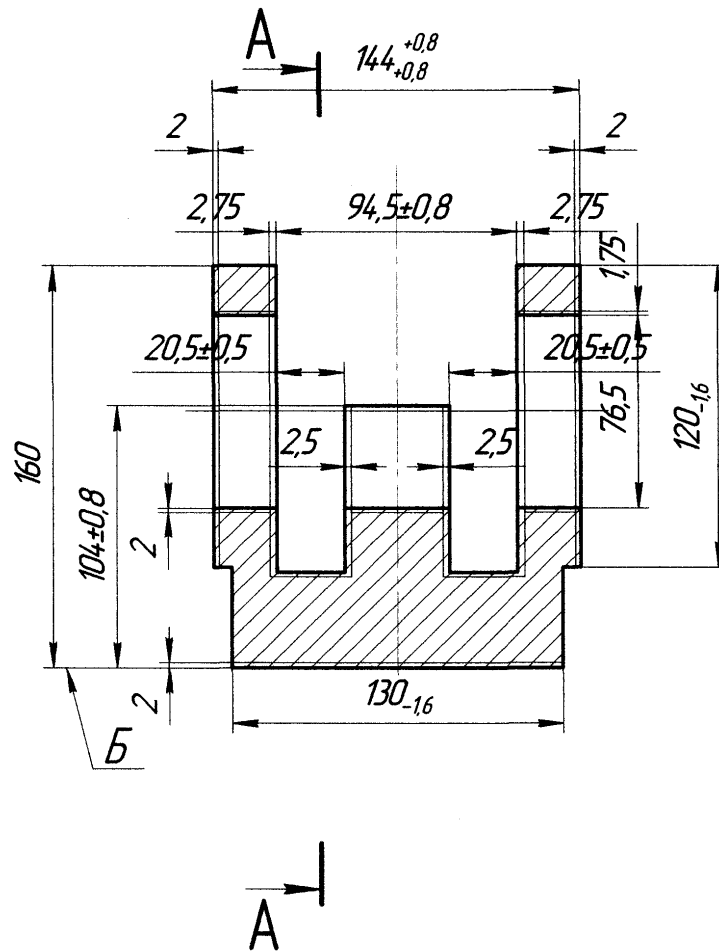
Остаточні параметри заготовки:

Точність виливки 8-5-2-8 зміщення 0,6 мм ДСТУ 8981:2020.

Розрахунок розмірів заготовки приведений в таблиці 1.5.

Ескіз альтернативної заготовки на рис. 1.1.

Масу альтернативної заготовки визначаємо за умовою: $M_{з.пр}=M_3+M_{пр.}$, кг, де маса припуску альтернативної заготовки визначається за даними таблиці та ескізів заготовки рис. 1.1.



1. Точність виливка: 8-5-2-8 Зм.0,6 ДСТУ 8981:2020.
2. Короблення 0,16 мм.
3. НВ 189 тах.
4. Невказані ливарні радіуси R3 мм.
5. Формувальні нахили $0^{\circ}29'$.
6. На необроблюваних поверхнях раковини до $\varnothing 1,5$ мм глибиною до 0,3 мм.
7. На пов. Б ливарні дефекти не допускаються.
8. Решта технічних вимог за ДСТУ 8981:2020.
9. Матеріал – сталь 40 ХЛ ДСТУ 8781:2018..
10. Маса: 12,6 кг.

Рисунок 1.1 – Ескіз проектної заготовки. Головний вигляд

										Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-647.00.000 ПЗ					

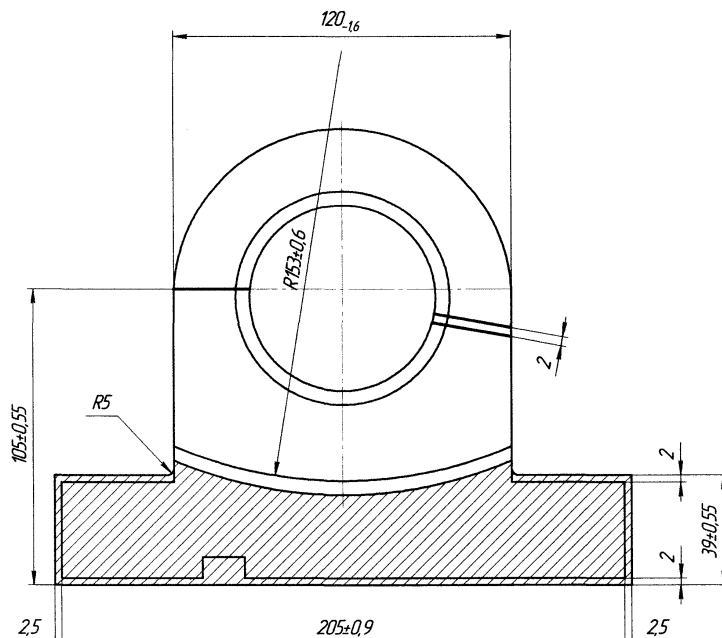


Рисунок 1.2 – Ескіз проектної заготовки - переріз А-А

$$M_{np.} = \beta \cdot V_{np.}, \text{ кг}$$

де густина матеріалу заготовки $\beta = 7,85 \cdot 10^{-6}$ кг/мм³, $V_{np.}$ – об'єм припуску.

$$M_{np.} = 7,85 \cdot 10^{-6} \left[\begin{aligned} & 2 \cdot 130 \cdot 205 + 2 \cdot 2 \cdot 130 \cdot 36 + 2 \cdot 2,5 = 130 \cdot 37 + 2 \cdot 30 \cdot 50 + \\ & + 2 \cdot 50 \cdot 27 + 3 + 1,6 \cdot \left(120 \cdot 65 - \frac{\pi \cdot 80^2}{4 \cdot 12} \cdot 5 \right) + 2 \cdot 2,8 \times \\ & \times \left(120 \cdot 65 - \frac{\pi \cdot 80^2}{4} + \frac{\pi \cdot 120^2}{8} \right) + 2 \cdot 3 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (120^2 - 80^2) + \\ & + 40 + \frac{\pi}{4} \cdot (80^2 - 74,5^2) + \frac{\pi}{4} \cdot (80^2 - 74,5^2) \cdot \frac{50 \cdot 5}{12} + \frac{\pi}{4} \times \\ & \times \frac{2}{9} \cdot (155^2 - 153^2) \cdot 25 + \frac{\pi}{4} \cdot 4 \cdot 17^2 \cdot 35 + 14 \cdot 7,2^2 \cdot 18 + \\ & + 2 \cdot 9,35^2 \cdot 16 + 22 \cdot 130 \cdot 6 \end{aligned} \right] = 1,759 \text{ кг} \approx 1,8 \text{ кг.}$$

$$M_{з. np.} = 10,8 - 1,8 = 12,6 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{BM} = \frac{M_{\partial}}{M_{з.}}$$

Базовий:

$$K_{BM\partial} = \frac{10,8}{14,2} = 0,76;$$

Альтернативний:

					МР.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$K_{BMnp} = \frac{10,8}{12,6} = 0,857 ;$$

Вартість одної заготовки: $C_3 = M_3 \cdot C_{1кг} - (M_3 - M_0) \cdot C_{відх}$, 1кг, грн,

Ціна 1 кг заготовки за базовим даними $C_{1кг.б} = 36,96$ грн./кг.

Вартість альтернативної заготовки:

$$C_{з.нр} = C_{з.б} \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ при}$$

де K_1 - коефіцієнт здешевлення, $K_1 = 0,7$ ([7], с.39).

K_2 - коефіцієнт, що враховує доплату за швидкість:

$$K_2 = 1,25$$

$$C_{з.нр} = 36,96 \cdot 0,7 \cdot 1,25 = 36,34 \text{ грн.}$$

Ціна 1 кг відходів $C_{відх.1 кг} = 2,4$ грн. (базові дані).

Собівартість заготовок:

$$C_{з.б} = (14,2 \times 36,96) - (14,2 - 10,8) \cdot 2,4 = 524,832 - 8,16 = 516,67 \text{ грн.}$$

$$C_{з.нр} = (12,6 \times 36,34) - (12,6 - 10,8) \cdot 2,4 = 457,884 - 4,32 = 453,56 \text{ грн.}$$

За нижчою собівартістю та вищим K_{BM} до подальшої розробки приймається альтернативний варіант, литво в металеві форми.

					MP.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

1.3.2 Опис та аналіз базового технологічного процесу

Технології обробки за базовим технологічним процесом наведені в таблиці 1.6.

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

Маршрут механічної обробки деталей і зміст операції (базовий, технологічний процес) - в таблиці 1.8.

Таблиця 1.6 – Технології обробки поверхонь за базовим технологічним процесом

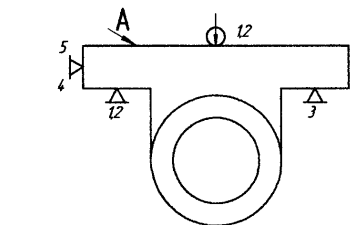
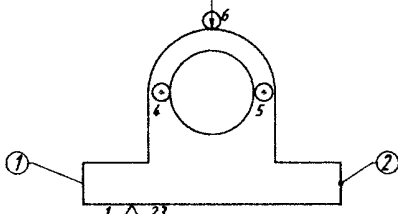
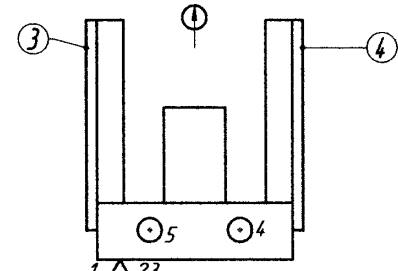
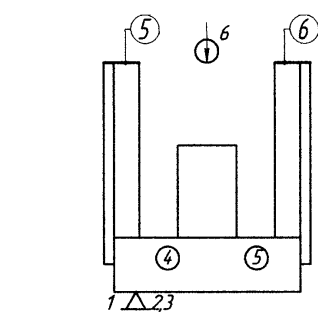

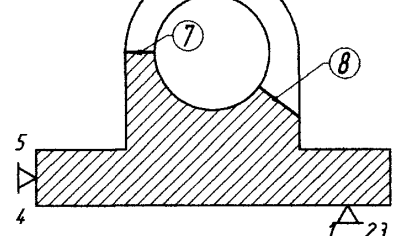
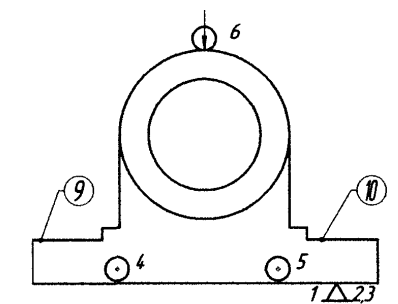
№ пов.	Перехід мех. обробки даної поверхні	Тип обладнання, оснастка	Поверхні технологічних баз	Параметри точності розточування поверхонь, які при цьому забезпечуються
A	чорнове і чистове фрезерування торцевою фрезою	вертикально-фрезерний 6P13. Набір кріпильних деталей	9,10	допуск площинності 0,016 мм
1,2	фрезерування торцевою фрезою	горизонтально-фрезерний 6P83Г лещата. Плитка	A, 2 (1)	
3,4	чорнове та чистове фрезерування торцевою фрезою	горизонтально-фрезерний 6P83 Г лещата, плитка	A, 3 (4)	
5,6 7	фрезерування	6P13 лещата, плитка	A	
8	фрезерування	6P83Г лещата, плитка	A	
9, 10	фрезерування набором 2-х фрез	6P83Г лещата, плитка	A, 1	
11, 12, 13 14, 15, 16	фрезерування набором 2-х фрез	6P83Г лещата, плитка	A,3	
17	фрезерування кінчною фрезою	6P13 набір кріпильних деталей	9,10, 1	
18,19, 20, 21,22	Чорнове і чистове розточування,	горизонтально-розточний 2Л614	A; 17; 3	допуск паралельності пов. А 0,03 мм
23 24 25	свердління, свердління,	вертикально-свердлильний 3	9,10,17,3	
27, 30 28,31	свердління, зенкування фасок	2P135Ф2 набір кріпильних деталей	18 (19) 3(4)	
29,32	нарізання різьби	палець (з УСП)	2(1)	
33 34 35	свердління зенкування фасок нарізання різьби	2P135Ф2 набір кріпильних деталей шпонки	A, 17, 3	

					MP.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

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

№ пов.	Перехід мех. обробки даної поверхні	Тип обладнання, оснастка	Поверхні технологічних баз	Параметри точності розточування поверхонь, які при цьому забезпечуються
А	чорнове і чистове фрезерування одночасне	вертикально-фрезерний 6Р13. пристрій спец. з пневмоприводом	9,10 1	допуск площинності 0,016 мм
9,10	фрезерування одноразове одночасне	горизонтально-фрезерний 6Р83Г пристрій спец. з пневмоприводом	А, 1	
1,2 17	фрезерування одноразове одночасне	6Р82Г пристрій спец. з пневмоприводом	9,10 пов.Ø120	
11, 14 12(11) 15 (14) 13, 16	фрезерування одночасне	6Р82Г пристрій спец. з пневмоприводом	А, 17 3	
7, 8	фрезерування	фрезерно-свердлильно-розточний 6906ВМФ2, пристрій спец. з мех. затиском	А, 17 3,4	
18, 19, 20	чорнове, чистове і тонке розточування			
21, 22	розточування			
5, 6 33, 34 35	фрезерування свердління нарізання різьби мітчиком	вертикально-свердлильний 2Р135Ф2 Пристрій спец. з пневмозатиском	А, 17 3	158-1,0; 10±0,18
27 (30) 28 (31) 29 (32)	свердління отв. і свердління фаски одночасно нарізання різьби мітчиком	2Р135Ф2 пристрій спец. з пневмоприводом	А, 18(20) 3(4)	
23 24, 25 26	свердління свердління нарізання різьби	2Р135Ф2 пристрій спец. з пневмоприводом	9,10; 17,3	

Таблиця 1.8 – Базовий маршрут механічної обробки

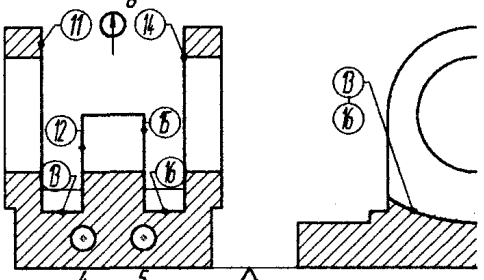
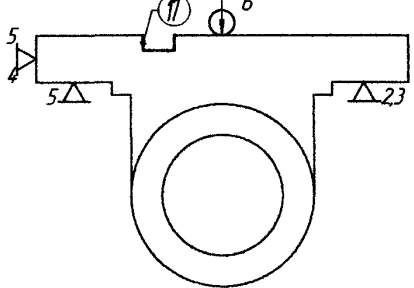
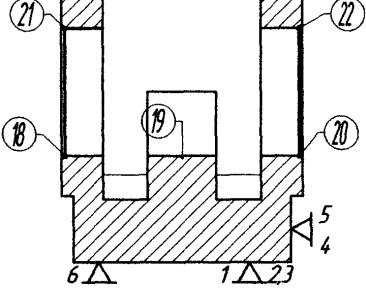
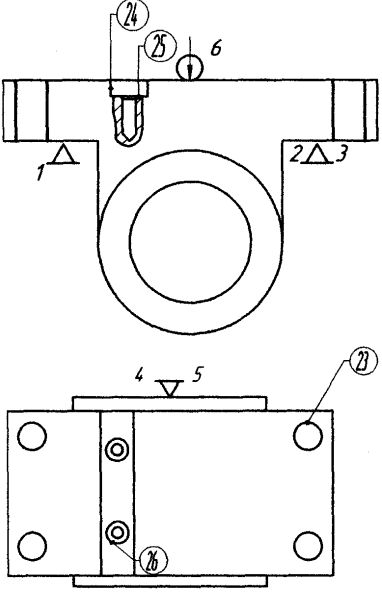
№ опер.	Назва та зміст операції	Верстат, пристій	Схема базування
1	2	3	4
005	Вертикально фрезерна Фрезерувати пов. А начорно і начисто	Вертикально- фрезерний 6Р13 Набір кріпильних деталей	
015	Горизонтально-фрезерна Фрезерувати пов. 1 і 2 почергово, з переустановкою	Горизонтально- фрезерний 6Р83Г Лещата, плита.	
025	Горизонтально-фрезерна Фрезерувати пов. 3 і 4 начорно і начисто почергово з переустановкою	6Р83Г Лещата, плита.	
035	Вертикально-фрезерна Фрезерувати пов. 7	6Р83Г Лещата, плита.	
045	Вертикально-фрезерна Фрезерувати пов. 5 і 6	6Р83Г Лещата, плита.	
055	Горизонтально-фрезерна Фрезерувати пов. 8.	6Р83Г Лещата, плита, копір	
065	Горизонтально-фрезерна Фрезерувати пов. 9 і 10 одночасно	6Р83Г Лещата, плитка.	

Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-647.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4
075	Горизонтально-фрезерна Фрезерувати пов. 11, 12, 13, 14, 15, 16 одночасно	6P83Г Лещата, плитка.	
085	Вертикально-фрезерна Фрезерувати пов. 17	6P13 Набір кріпильних деталей	
095	Горизонтально-розточна 1. Розточити пов. 18, 19, 20 начорно і начисто. 2. Розточити фаски 21, 22	Горизонтально- розточний 2Л614 Пристрій спец. зручним затиском	
100	Вертикально-свердлильна з ЧПК 1.Свердлити 4 отв.23 2.Свердлити 2 отв.24 3.Зенкувати фаски 25 в отв.24 4.Нарізати різьбу 26 в отв.24	Радіально- свердлильний 2Л53У Підставка. Набір кріпильних деталей	

Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата

MP.ПМК-647.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4
105	Вертикально-свердлильна з ЧПК 1.Свердлити отв.27 2.Зенкувати фаски 28 3.Нарізати різьбу 29 Переустановити деталь 4.Свердлити отв.30 5.Зенкувати фаски 31 6.Нарізати різьбу 32	2P135Ф2 Набір кріпильних деталей. Палець (з УСП)	
110	Вертикально-свердлильна з ЧПК 1.Свердлити 2 отв.33 2.Зенкувати фаску 34 в отв.33 3.Нарізати різьбу 35 в отв.33	2P135Ф2 Набір кріпильних деталей. Шпонка.	
115	Контрольна		

Не зважаючи на доцільність, великої потреби в кривошипно-колінних пресах на ринку не виявлено, тому базовий техпроцес розроблений для одиничного чи дрібносерійного виробництва, оснащеного універсальними верстатами та універсальними пристроями.

Тому, що на всіх операціях заготовка встановлюється на стіл верстату, то для цього використовується:

- вертикальні лещата з підкладними плитками чи без них;
- де неможливе застосування лещат, заготовка встановлюється безпосередньо на столі верстата при допомозі комплектів технологічних кріпильних деталей, що складаються з опор, упорів, пальців, притискачів та болтів з гайками та шайбами.

Такий порядок установки заготовок привів до великої кількості одно-дво-перехідних фрезерних операцій. Для їх зменшення достатньо застосувати спеціальні пристрої та, де це можливо, набір фрез, як на операції 025, наприклад на операціях 015, 035, 065.

Всі фрезерні операції виконуються на верстатах III групи з розмірами стола 400×1600 мм, потужністю головного приводу $N_6=11$ кВт, що дозволяє

					MP.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

застосовувати прогресивні режими різання, особливо, враховуючи великі припуски на обробку.

Для більшого використання технологічних можливостей верстату, потужності та поздовжнього ходу $L_{max}=1000$ мм, при обробці пов. А; 9, 10; 1, 2; 17 доцільно використати багатомісні пристрої з механізованим приводом, наприклад 3-місні (кратні партії запуску $n_3=66$ шт.). Такі пристрої забезпечують автоматичне отримання розміру, що дозволяє застосовувати універсальні верстати для середньо-серійного виробництва.

Так як кожна деталь виставляється по інструменту, або інструмент по деталі, в базовому техпроцесі передбачено розбіжність операції, на котрих розмічаються припуски та бази обробки (осі симетрії, тощо).

За основну чистову базу при фрезеруванні прийнято пов. А, яку отримують на першій та операції (005). За допоміжні бази використовуються зовнішні торцеві поверхні 1 і 2, 3 і 4.

Після обробки паза 17, він стає достатньою допоміжною базою. Доцільно його обробку виконувати на перших операціях.

Недоліками фрезерної обробки є операції 045 і 055, де обробляють пов.7 і 8 (похилу під кутом 30°). Ці операції доцільно виконувати на одній операції, перемістити на горизонтально-розточну. Порядок обробки, базування, розмічування та оснащення фрезерних операцій дозволяють обробити деталь у відповідності до вимог креслення.

Найбільш невідповідною операцією є горизонтально-розточна - 095. Застосований верстат 2А614 є нормальної точності, котрий за паспортом, не забезпечує отримання внутрішньої циліндричної поверхні 7 квалітету. Обробку цієї поверхні доцільно виконувати на верстаті високої точності, наприклад на горизонтальному фрезерно-свердлильно-розточному 6906ВМФ2.

На цій же операції можна виконувати обробку пов. 3, 4; 7, 8. Обробку різьбових отворів на пов. 3 і 4 виконувати можливо, але не доцільно, тому, що основний час на їх обробку більший основного часу при обробці решти поверхонь, тобто, 18...22; 3 і 4; 7 і 8, що впливає на собівартість обробки, - верстат 2Р135Ф2 більш ніж вдвічі дешевший від 6906ВМФ2. Тобто, базову операцію 105

					МР.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

доцільно оснастити спеціальним пристроєм і залишити без зміни в покращеному варіанті техпроцесу. Для зменшення часу обробки, на чорновому та чистовому переходах доцільно застосовувати комбіновані оправки з фасковими різцями. Спеціальний пристрій для розточування можливо оснастити гідроприводом через його наявність у верстаті.

Із трьох свердлильних операцій, 2 – виконується на верстаті з ЧПК – 2P14ГФ2, крім згаданої 105, ще 110. Оснастивши і операцію 110 спеціальним пристроєм, використовуємо її в покращеному техпроцесі.

Свердлильна операція 100 виконується на радіально-свердлильному верстаті 2Л53У після попередньої розміточної операції.

Заготовка встановлюється на столі верстату при допомозі комплекту кріпильних технологічних деталей. Керування верстатом ручне, ручна зміна інструментів. З такими недоліками застосування операції 100 в покращеному техпроцесі не доцільне.

Доцільно, застосувавши спеціальний пристрій з механізованим приводом, виконувати операцію 100 на наявному верстаті 2P135Ф2.

Незважаючи на недоліки свердлильних операцій, вони дозволяють виготовити деталь у відповідності до вимог креслення.

Висновок:

Для застосування в покращеному техпроцесі можна, оснастивши спеціальними пристроями, використати базові верстати 6P13, 6P83Г, 2P135Ф2. Через не придатність для заданого типу виробництва верстат мод. 2Л53У замінюємо на верстат мод. 6906ВМФ2.

З такими змінами приведений в таблиці 1.9 покращений (проектний) варіант технологічного процесу. В ньому присутні всі зауваження і пропозиції, що виникли в процесі аналізу базового техпроцесу.

Замість 13 операцій (базовий техпроцес) механічні обробки (не враховуючи слюсарних та розмітчастих) в проектному техпроцесі – 8.

Застосування наборів фрез, комбінованого інструменту для обробки отворів під різьбу та допоміжний час при обробці деталі, що разом з невеликими припусками заготовки, зменшили собівартість виготовлення деталі.

					<i>MP.ПМК-647.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.9 – Проектний маршрут обробки

№ опер.	Назва та зміст операції	Верстат, пристій	Схема установки
005	Вертикально-фрезерна Фрезерувати пов. А начорно і начисто одночасно Фреза торцева, 2 ступінчаста	Вертикально- фрезерний мод. 6Р13. Пристрій 3-місний з пневмоприводом	
010	Горизонтально- фрезерна Фрезерувати пов.9 і 10 одночасно Набір дискових фрез	Горизонтально- фрезерний мод. 6Р83Г Пристрій спеціальний 3-місний з пневмоприводом	
015	Горизонтально- фрезерна Фрезерувати пов. 1,2,17 одночасно Набір дискових фрез	Горизонтально- фрезерний мод. 6Р83Г Пристрій спеціальний 3-місний з пневмоприводом	
020	Горизонтально- фрезерна Фрезерувати пов. 11,14,12,13,15,16 одночасно Набір дискових фрез	6Р83Г Пристрій спеціальний 3-місний з пневмоприводом	
025	Контрольна	-	-

Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-647.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.9

1	2	3	4
030	Горизонтальна фрезерно-свердлильно-розточна 1.Фрезерувати пов.3, 4 фреза торцева 2.Фрезерувати пов. 7 фреза кінцева 3.Фрезерувати пов. 6 фреза кутова 4.Розточити начорно пов. 18, 20, 21 різці розточні державкові 5.Розточити пов. 20, 19, 18 начисто, пов. 22 остаточно 6.Розточити пов. 20, 19, 18 остаточно. Різець розточний державковий	Горизонтальний фрезерно-свердлильно-розточний мод. 6906ВМФ2 Пристрій спеціальний з гідроприводом	
035	Контрольна	Стіл ВТК	-
040	Вертикально-свердлильна з ЧПК 1.Свердлити отв. 27, фаски 28. Свердло комбіноване 2.Нарізати різьбу 29 в отв.27. Переустановити деталь. Повторити переходи 1 і 2 для пов.30, 31, 32.	Вертикально-свердлильний з ЧПК мод. 2Р135Ф2 Пристрій спец, з пневмозатиском	
045	Вертикально-свердлильна з ЧПК 1.Свердлити 4 отвори 23, свердло спіральне 2.Свердпити 2 отвори 24, фаски 25 свердло комбіноване 3.Нарізати різьбу 35 в отв.33	Вертикально-свердлильний з ЧПК мод. 2Р135Ф2 Пристрій спеціальний з пневмоприводом	

Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-647.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.9

1	2	3	4
050	Вертикально-свердлильна з ЧПК 1. Фрезерувати пов. 5 і 6 2. Свердлити 2 отв.33 3.Зенкувати фаску 34 в отв.33 4.Нарізати різьбу 35 в отв.33	Вертикально-свердлильний з ЧПК мод. 2P135Ф2 Пристрій спеціальний з пневмоприводом.	
055	Контрольна	Стіл ВТК	-

1.3.3 Технічне порівняння варіанту маршруту обробки

Основні зміни технологічного процесу та обґрунтування їх змін пов'язані з:

- застосуванням вертикально-свердлильного верстату з ЧПК моделі 2P135Ф2, в заміну радіально-свердлильного 2Л53У;
- застосуванням спеціальних пристроїв з пневмозатиском.

Визначимо межі області ефективного використання цього верстата з умови відносної продуктивності обробки.

Зіставимо три варіанти техпроцесу обробки деталі:

- базовий, менш продуктивний – операція 100 базового техпроцесу;
- з використанням верстату з ЧПК;
- високопродуктивний, з використанням агрегатного верстату.

Вихідні дані і результати розрахунку приведемо у таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 – Вихідні дані і результати технічного обґрунтування маршруту обробки

Показники	Варіанти			
	1	2	3	
	2Л53У	2P135Ф2	Агрегат.	2E056
Штучний час $T_{шт}$, год.	0,21	0,0732	0,037	0,018
Число запусків деталей в рік, A	12	12	12	12
Число операцій в кожному запуску, V_o	4	3	2	4
Коефіцієнт корисного використання верстату, η	0,7	0,85	0,85	0,85
Підготовчо-заклучний час, $T_{пз}$, год.	0,2	0,3	–	1,5
Коефіцієнт що враховує клас точності обладнання, μ	1	1	1	1,2
Складність ремонту механічної частини, R_M	6	60	6,5	12,5
Складність ремонту електричної частини, R_E	4,4	41	5,0	8,5
Площа, що займає обладнання S , m^2	0	3,8	10,0	3,05
Площа, що займає ЧПК S_y , m^2	5	1,5	0	0
Коефіцієнт додаткових площ, γ		4,5	2,5	4

Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

MP.ПМК-647.00.000 ПЗ

...р.К.

1.4 Розробка операційної технології

1.4.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Визначення операційних припусків аналітичним методом на обробку внутрішньої циліндричної поверхні 18-19-20 – Ø80H7 (^{+0,030}).

Ескіз обробки наведений на рис. 1.4.

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

- чорнове розточування H12;
- чистове розточування H10;
- тонке розточування;

Двосторонній мінімальний припуск при обробці:

$$2Z_{i\min} = 2[(R_z + h) \cdot i] - 1 + \sqrt{\rho_{oi-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \text{ мкм}$$

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

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

ρ_{oi-1} – сумарне відхилення розміщення поверхні (від паралельності, перпендикулярності);

ε_i – похибка установки деталей на операції, мкм.

Маршрут обробки, дані розрахунків та результати заносимо в таблицю 1.11.

					MP.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{39^2 + 110^2} = 117, \text{ мкм.}$$

На послідуєчих переходах механічної обробки, після:

- чорнової обробки $R_z=40$ мкм; $h=50$ мкм; ([5], с. 190, табл. 27)
- чистової обробки $R_z=20$ мкм; $h=20$ мкм; ([5], с. 180, табл. 27)
- тонкого розточування $R_z=5$ мкм; ([5], с. 185, табл. 10)

Для визначення ε_1 використовується коефіцієнт уточнення K_{y_i} ([5], с. 190, табл. 29):

- для чорнової обробки $K_{y1}=0,06$;
- для чистової обробки $K_{y2}=0,04$;
- для тонкого розточування $K_{y3}=0,03$;

$$\rho_i = \rho_{заг} \cdot K_{y1};$$

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 621 = 37 \text{ мкм.}$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 621 = 25 \text{ мкм.}$$

$$\rho_3 = 0,03 \cdot 621 = 19 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_{y1} \cdot K_y;$$

$$\varepsilon_2 = 0,04 \cdot 117 = 5 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_3 = 0,03 \cdot 117 = 4 \text{ мкм.}$$

Розрахунок мінімальних припусків:

$$2Z_{1min} = 2 \cdot (200 + 200 + \sqrt{621^2 + 117^2}) = 2 \cdot 1032 \text{ мкм} = 2,064 \text{ мм.}$$

$$2Z_{2min} = 2 \cdot (40 + 50 + \sqrt{37^2 + 5^2}) = 2 \cdot 127 \text{ мкм} = 0,254 \text{ мкм.}$$

Розрахункові розміри:

$$D_{P3} = D_{max} = 80,030 \text{ мм.}$$

$$D_{P2} = D_{P3} - 2Z_{3min} = 80,030 - 0,13 = 79,90 \text{ мм.}$$

$$D_{P1} = D_{P2} - 2Z_{2min} = 79,90 - 0,254 = 79,646 \text{ мм.}$$

$$D_{max} = D_{P1} - 2Z_{1min} = 79,646 - 2,064 = 77,528 \text{ мм.}$$

Максимальні розміри – заокруглені D_{P_i} .

Мінімальні розміри:

$$D_{imin} = D_{imax} - T_i, \text{ мм}$$

Граничні припуски:

					MP.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$2Z_{max}^{zp} = D_{imin} - D_{(i-1)min}, \text{ мм}$$

$$2Z_{min}^{zp} = D_{imax} - D_{(i-1)max}, \text{ мм}$$

Значення граничних розмірів та припусків наводимо в таблиці 1.11.

Схема графічного розташування припусків на обробку поверхні приведена на рисунку 1.5.

Загальні припуски (див. табл. 1.11).

$$2Z_{min}^{zp} = 2830 \text{ мкм};$$

$$2Z_{max}^{zp} = 4200 \text{ мкм}.$$

Перевірка правильності розрахунків:

$$2Z_{max}^{zp} - 2Z_{min}^{zp} = 4200 - 2830 = 1370 \text{ мкм}.$$

$$T_{заг} - T = 1400 - 30 = 1370 \text{ мкм}, \text{ - розрахунки правильні.}$$

Номинальний припуск:

$$2Z_i = 2Z_{imin} + ES_{Di-1} - ES_{Di}, \text{ мкм}$$

де, ES_{Di-1} і ES_{Di} – верхні відхилення розмірів відповідно на попередньому та виконуваному переходах.

При розточуванні, номінальні припуски рівні максимальним.

Таблиця 1.11 – Розрахунок припусків і граничних розмірів

Технологічні операції та переходи	Елементи припуску, мкм				Мінімальний припуск $2Z_{min}$, мкм	Розрахунковий розмір $d_p(D_p)$, мм	Допуск T , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мкм		Виконавчі розміри, мм
	R_z	h	ρ	ε				$d_{max}(D_{max})$	$d_{min}(D_{min})$	$2Z_{min}^{zp}$	$2Z_{max}^{zp}$	
Обробка пов. 20 – Ø80H7 ^(+0,030)												
Заготовка	200	200	621	-	-	77,258	1400	77,2	75,8	-	-	76,5±0,7
Чорнове розточування	40	50	37	117	2064	79,646	300	79,3	79,3	2400	3500	79,3 ^{+0,3}
Чистове розточування	20	20	25	5	254	79,90	120	79,78	79,78	300	480	79,78
Тонке розточування	5	5	19	4	130	80,03	30	80,03	80,0	130	220	80 ^{+0,03}
Загальний припуск	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2830	4200	-

					MP.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

1.4.2 Розрахунок режимів різання та уточнення моделей верстатів

Розрахунок режимів різання виконується аналітичним (довідник [6]) та нормативним (довідник [4]) методами. Результати розрахунку зведені в таблицю 1.12.

Розрахунок основного часу виконується за формулою:

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

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

де відповідно l – довжина обробки, мм;

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

i – число проходів інструменту;

S_o – подача на оберт шпинделя.

Для верстатів, де визначається хвилинна подача, – $S_x=n \cdot S_o$, – застосовується в знаменнику.

При нарізанні різьб мітчиками:

$$T_o = \frac{L + L_{дон}}{n \cdot P}, \text{ хв. ([4], с.612)}$$

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

P – крок нарізувальної різьби;

Розрахунок режимів різання аналітичним методом

Операція 030 – Горизонтальна фрезерно-свердлильно-розточна

Верстат – Горизонтальний фрезерно-свердлильно-розточний мод. 6906ВМФ2.

Потужність головного двигуна верстату $N_{ов}=8$ кВт.

Коефіцієнт корисної дії $\eta=0,8$ ([1], с.95).

Ефективна потужність на шпинделі верстату $N_B=N_{ов} \cdot \eta=6,4$ кВт.

Розточити поверхню 18, 19, 20 начисто.

Різальний інструмент:

різець державковий розточний.

Різець 2142-0175Т30К4 ГОСТ 9795-84; $\varphi=90^\circ$; $\varphi_1=5^\circ$; $\gamma=10^\circ$; $x=0^\circ$.

Оброблюваний матеріал:

					МР.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Сталь 40ХЛ; $\sigma_s=638$ МПа; 189 НВ;

Оброблювана поверхня $\varnothing 80H7$ Шорсткість $R_a=1,6$ мкм;

Режими різання:

Глибина різання $t=0,11$ мм;

Подача нормативна $S_{OH}=0,1$ мм/об; ([6], табл.19, с.271);

Подача на оберт шпинделя $S_o=S_{OH} \cdot K_s$;

Поправковий коефіцієнтна подачу $K_s=1$ ([6], табл.19, с.271);

$S_o=S_{OH}=0,1$ мм/об, приймаємо $S_o=0,10$ мм/об;

Швидкість різання – розрахункова:

$$V_p = \frac{K_o \cdot C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_o^y}, \text{ м/хв.}$$

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

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_\phi \cdot K_{\phi 1};$$

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{nv} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{638} \right)^{1,75} = 1,26,$$

де $K_r=0,95$; $nv=1,75$; ([6], табл.2, с.262)

$K_{nv}=1$, ([6], табл.2, с.263);

$K_{iv}=1,4$ ([6], табл.2, с.263);

Коефіцієнти на кути в плані:

$K_\phi=0,7$;

$K_{\phi 1}=1$;([6], табл.18, с.271)

$$K_v=1,26 \cdot 0,7 \cdot 1,15=1,014$$

Коефіцієнт виду обробки $K_o=0,9$, для розточування ([6], табл.17, с.270)

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

$C_p=420$; $x=0,15$;

$y=0,2$; $m=0,2$;

$$V_p = \frac{0,9 \cdot 420 \cdot 1,23}{60^{0,2} \cdot 0,11^{0,15} \cdot 0,1^{0,2}} = \frac{0,9 \cdot 420 \cdot 1,23}{2,27 \cdot 0,72 \cdot 0,63} = 370,9, \text{ м/хв.}$$

Уточнюємо за таблицею 19 ([6], с.271) $V=200$ м/хв.

Частота обертання шпинделя розрахункова:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 200}{\pi \cdot 80} = 795 \text{ хв}^{-1}; \text{ приймаємо } n=800 \text{ хв}^{-1}.$$

					МР.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$S_x=0,1 \cdot 800=80$ мм/хв., відповідає паспорту.

Фактична:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 80 \cdot 800}{1000} = 201,06 \text{ м/хв.}$$

Основний технологічний час:

$l=140$ мм; $l_1+l_2=3$ мм; $L=143$ мм; $i=1$.

$$T_o = \frac{143}{80} = 1,788 \text{ хв.}$$

Сила різання:

$$P = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н}$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p},$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^n = \left(\frac{638}{750} \right)^{0,75} = 0,886;$$

де $n=0,75$; ([6] табл.9, с.264)

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

$K_{\varphi p}=0,89$; $K_{\gamma p}=1$; $K_{\lambda p}=1$;

$K_p=1 \cdot 0,89 \cdot 0,886=0,788$;

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

$C_p=300$; $x=1,0$; $y=0,75$; $n=-0,15$.

$P=10 \cdot 300 \cdot 0,11 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 201^{-0,15} \cdot 0,788=21$ Н.

Потужність різання:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{21 \cdot 201}{1020 \cdot 60} = 0,07 \text{ кВт.}$$

$N_p=0,07$ кВт < $N_e=3,6$ кВт.

Верстат за потужністю працездатний.

Прийняті режими різання:

$t=0,11$ мм; $S_o=0,1$ мм/об; $S_x=80$ мм/хв.; $T=60$ хв.;

$n=800$ хв⁻¹; $V=201,06$ м/хв.; $N_p=0,07$ кВт; $P=21$ Н; $T_o=1,788$ хв.

Операція 030 – Горизонтальна фрезерно-свердлильно-розточна

Фрезерувати пов. 3 і 4 почергово.

Верстат – Горизонтальний фрезерно-свердлильно-розточний мод. 6906МФ2.

Різальний інструмент:

					МР.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Фреза торцева, $D_{\phi}=160$ мм.

Фреза 2214-0005 Т5К10-60° ГОСТ 24359-80; $Z=10$

Оброблюваний матеріал:

сталь 40ХЛ ДСТУ 8781:2018 - 189 НВ; $\sigma_{\epsilon}=638$ МПа.

Розміри оброблюваної поверхні:

$B_{max}=90$ мм; $l=120$ мм;

Шорсткість обробки:

$R_a=3,2$ мкм;

Глибина фрезерування:

$t=2,0$ мм;

Подача на зуб фрези:

$S_z=S_{ZH} \cdot K_s$, мм/зуб.

Нормативна подача:

$S_{ZH}=0,14$ мм/зуб ([6] табл.33, с.285);

$K_s=0,7$ ([6] табл.33, с.283);

$S_z=0,14 \cdot 0,7=0,1$ мм/зуб.

Подача на оберт шпинделя:

$S_o=S_z \cdot Z$, мм/об;

$S_o=0,1 \cdot 10=1,0$ мм/об.

Швидкість різання розраховується:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot K_{mv} \cdot S_z^y \cdot B^H \cdot Z^p} \text{ м/хв.}$$

Поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv},$$

де коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу:

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_{\epsilon}} \right)^{n_v} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{638} \right) = 1,12$$

За таблицею 2 ([6],с.262):

$K_r=0,95$;

$n_v=1$.

Коефіцієнт на стан поверхні заготовки:

					МР.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$K_{nv}=0,85$ ([6] табл.5, с.263).

Коефіцієнт на матеріал різальної частини інструмента:

$K_{iv}=0,65$ ([6] табл.6, с.263).

Стійкість фрези:

$T=180$ хв. ([6] табл.40, с.290).

Значення коефіцієнта та показників степенів ([6] табл.39, с.286):

$C_v=332$; $q=0,2$; $x=0,1$; $m=0,2$;

$y=0,4$; $u=0,2$; $p=0$;

$$K_v=1,12 \cdot 0,85 \cdot 0,65=0,62;$$

$$V_p = \frac{332 \cdot 160^{0,2} \cdot 0,582}{180^{0,2} \cdot 2^{0,1} \cdot 0,1^{0,4} \cdot 90^{0,2} \cdot 10^0} = \frac{332 \cdot 2,76 \cdot 0,582}{2,83 \cdot 1,07 \cdot 0,4 \cdot 2,46} = \frac{533,3}{2,98} = 190,69 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя розрахункова:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_p} = \frac{1000 \cdot 190,69}{\pi \cdot 160} = 379,4 \text{ хв}^{-1}.$$

Хвилинна подача:

$S_x=S_o \cdot n=1 \cdot 400=400$ мм/хв. – відповідає паспорту.

Сила різання окружна:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}, \text{ Н}$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^n = \left(\frac{638}{750} \right)^{0,3} = 0,95;$$

$n=0,3$ ([6] табл.9, с.264)

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

$C_p=825$; $x=1$; $y=0,75$;

$u=1,1$; $q=1,3$; $w=0,2$;

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 2 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 90^{1,1} \cdot 10 \cdot 0,95}{160^{1,3} \cdot 400^{0,2}} = \frac{8250 \cdot 2 \cdot 0,178 \cdot 141 \cdot 9,5}{733,43 \cdot 3,31} = 1621 \text{ Н.}$$

Крутний момент на шпинделі:

$$M_{np} = \frac{P_z \cdot D_\phi}{2 \cdot 100} = \frac{1621 \cdot 160}{2 \cdot 100} = 130 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Потужність різання:

					МР.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1621 \cdot 201,66}{1020 \cdot 60} = 5,32 \text{ кВт.}$$

Ефективна потужність на шпинделі верстату:

$$N_e = N_{\text{дв}} \cdot \eta, \text{ кВт}$$

де потужність головного приводу (двигуна) $N_{\text{дв}}=8$ кВт;

К.К.Д. приводу $\eta=0,8$;

$N_e=8 \cdot 0,8=6,4$ кВт $> N_p=5,32$ кВт – за потужністю верстат працездатний.

Основний технологічний час:

$$T_o = \frac{L_{\text{рх}}}{S_x} = \frac{151 \cdot 2}{400} = 0,755 \text{ хв.};$$

де $L=l+l_1+l_2$, мм

$$L=120+31=151 \text{ мм.}$$

Величина на врізання і перебіг фрези $l_1+l_2=31$ мм ([4] табл.6, с.623).

Операція 045 – Вертикально-свердлильна з ЧПК

Свердлити отв. 23 наскрізь.

Верстат – Вертикально-свердлильний з ЧПК 2P118Ф2.

Потужність двигуна головного приводу $N_{\text{дв}}=4$ кВт.

К.К.Д. головного приводу $\eta=0,8$ ([1], с.95).

Ефективна потужність на шпинделі верстату:

$$N_e = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 4 \cdot 0,8 = 3,2 \text{ кВт.}$$

Різальний інструмент:

свердло спіральне Р6М5, Ø17.

Оброблюваний матеріал:

сталь 40ХЛ ДСТУ 8781:2018 - 189НВ, $[\sigma_s]=638$ МПа.

Діаметр обробки:

$$d=17 \text{ мм};$$

Шорсткість обробки:

$$R_a=12,5 \text{ мкм.}$$

Довжина робочого ходу:

$$l=35 \text{ мм}; l_1+l_2=43 \text{ мм}; i=4;$$

Режими різання:

					MP.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$t=0,85$ мм - глибина різання:

Подача нормативна:

$S_{OH}=0,3$ мм/об; ([6], табл.25, с.277).

Подача на оберт шпинделя:

$S_o=S_{OH} \cdot K_s$, мм/об;

Поправочний коефіцієнт на подачу:

$K_s=K_{LS} \cdot K_{OS} \cdot K_{ЖС} \cdot K_{IS} = 1$ ([6], табл. 15, с. 277);

- глибину отвору $K_{LS}=1$;
- якість отвору $K_{OS}=1$;
- жорсткість системи ВПП $K_{ЖС}=1$;
- інструментальний матеріал $K_{IS}=1$;

$S_o=0,33$ мм/об – уточнюється після визначення K .

Швидкість різання розрахункова:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^2}{T^m \cdot S^y} \text{ м/хв.}$$

Період стійкості інструменту $T=45$ хв. ([6] табл.30, с.279)

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{LV},$$

Поправочні коефіцієнти на:

- оброблюваний матеріал $K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_e} \right)^{n_r} = 1,0 \left(\frac{750}{638} \right)^{0,9} = 0,983$

де $K_r=0,85$; $n_r=0,9$; ([6],табл.2, с.262)

- на інструментальний матеріал $K_{iv}=1$ ([6] табл.6, с.263)
- на глибину свердління $K_{LV}=1$; ([6] табл.31, с.280)

$$K_v=K_{mv}=0,983.$$

Коефіцієнт та показники степенів:

$$C_v=9,8; q=0,4;$$

$$y=0,5; m=0,2;$$

$$V_p = \frac{9,8 \cdot 17^{0,4} \cdot 0,983}{45^{0,2} \cdot 0,33^{0,5}} = \frac{9,8 \cdot 3,106 \cdot 0,983}{2,14 \cdot 0,57} = \frac{29,92}{1,22} = 24,52 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя розрахункова:

					МР.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_p} = \frac{1000 \cdot 24,52}{\pi \cdot 17} = 459,2 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо за верстатом: $n=500 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 17 \cdot 500}{1000} = 26,7 \text{ м/хв.}$$

Хвилинна подача: $S_x = S_o \cdot n = 0,33 \cdot 500 = 165 \text{ мм/хв.};$

За паспортом верстату: $S_x = 160 \text{ мм/хв.};$

Фактична: $S_o = 0,32 \text{ мм/хв.};$

$$T_o = \frac{L}{S_x} \cdot i = \frac{43 \cdot 4}{160} = 1,075 \text{ хв.}$$

Крутний момент і осьова сила:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^{q_m} \cdot S^{y_m} \cdot K_p, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^{q_p} \cdot S^{y_p} \cdot K_p, \text{ Н.}$$

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^{n_v} = \left(\frac{638}{750} \right)^{0,75} = 0,89;$$

де $n=0,75$; ([6] табл.9, с.264)

Коефіцієнти і показники степенів ([6],табл.32,с.281)

$C_m=0,0345$; $q_m=2$;

$y_m=0,8$; $C_p=68$;

$q_p=1$; $y_p=0,7$;

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 17^2 \cdot 0,32^{0,8} = 35,664 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 17 \cdot 0,32^{0,7} \cdot 0,89 = 4634 \text{ Н};$$

Потужність різання:

$$N_{риз} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{35,664 \cdot 500}{9750} = 1,83 \text{ кВт.}$$

$N_{риз} = 1,83 < N_e = 3,2 \text{ кВт};$

Верстат за потужністю працездатний.

Прийняті режими різання:

$t=8,5 \text{ мм}; S_o=0,32 \text{ мм/хв.}; S_x=160 \text{ мм/хв.}; T=45 \text{ хв.};$

$n=500 \text{ хв}^{-1}; V=26,7 \text{ м/хв.}; N_{риз}=1,83 \text{ кВт}; M_{кр}=35,664 \text{ Н} \cdot \text{м};$

$P_o=4634 \text{ Н}; T_o=1,075 \text{ хв.};$

					МР.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Приклад розрахунку режимів різання за нормативами (довідник [4]).

Операція 010 – горизонтально-фрезерна.

Фрезерувати пов. 9 і 10 одночасно.

Верстат – 6Р83Г, $N_e=11$ кВт;

Оброблюваний матеріал:

сталь 40ХЛ ДСТУ 8781:2018 - 189 НВ;

Оброблювана поверхня:

площина $L \times B=130 \times 2 \cdot 36$ мм;

Різальний інструмент:

Фреза дискова Т15К6 Ø315 мм;

$Z=20$; $l=130$ мм; $l_1+l_2=35$ мм; (с. 622); $L=165$ мм; $i=1$;

Режими різання:

$t=2$ мм - глибина різання:

Подача: $S_o=S_z \cdot Z$, мм/об;

$S_z=0,12$ мм/зуб;

$S_o=0,12 \cdot 20=2,4$, мм/об;

Розрахункова швидкість різання:

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

$$V_H=260 \text{ м/хв.}; \text{ (с.654), - для } t \leq 3 \text{ мм; } S_z=0,12 \text{ мм/зуб};$$

Коефіцієнти:

- оброблюваний матеріал $K_{10}=1$, (с.657);
- на період стійкості інструменту $K_{11}=0,83$, при $T=300$ хв., (с.658);
- на вид обробки $K_9=1,1$ при відношенні $\frac{D_\phi}{B} = 4$, (с.657);

$$V_p=260 \cdot 1 \cdot 0,83 \cdot 1,1=237,38 \text{ м/хв.};$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 237,38}{\pi \cdot 315} = 240 \text{ хв}^{-1}, \text{ приймаємо } n_p=250 \text{ хв}^{-1};$$

$$S_x=2,4 \cdot 250=600 \text{ мм/хв.}; \text{ паспорт } S_x=500 \text{ мм/хв.}; S_o=500/250=2 \text{ мм/об.}$$

Фактична:

$$V = \frac{\pi \cdot 315 \cdot 250}{1000} = 247,4 \text{ м/хв.}$$

					МР.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$T_o = \frac{165}{500} = 0,33 \text{ хв.}$$

Потужність різання:

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

$$N_p = 0,43 \cdot \frac{247,4 \cdot 2 \cdot 20}{1000} \cdot 0,85 = 3,62 \text{ кВт.}$$

Ефективна потужність верстату:

$$N_e = 11 \cdot 0,8 = 8,8 \text{ кВт};$$

$N_p = 3,62 \text{ кВт} < N_e = 8,8 \text{ кВт}$ – верстат за потужністю працездатний;

Сила різання:

$$P_z = \frac{1020 \cdot 60 \cdot N_p}{V} = \frac{1020 \cdot 60 \cdot 3,62}{247,4} = 895,5 \text{ Н.}$$

Прийняті режими різання:

$t=2$; $S_o=2,0 \text{ мм/об}$; $S_x=0,1 \text{ мм/хв}$;

$T=300 \text{ хв.}$; $N_p=3,62 \text{ кВт}$; $V=247,4 \text{ м/хв.}$;

$n=250 \text{ хв}^{-1}$; $P_z=89 \text{ Н}$; $T_o=0,33 \text{ хв.}$;

Таблиця 1.12 – Розрахунок режимів різання та основного часу

№ опер, переходу	Назва та зміст операції, переходу	D або B обробки	Довжина			Глибина	Подача		Швидкість різання			Частота обертання шпинделя		Потужність		i	T _о , хв.
			l	L	t		S _o	S _x	V*	V _H	V	n _p	n	N _p із	N _e		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
005	Вертикально-фрезерна												8,54	12			
	фрезерувати пов.А начисто	Ø250	$\frac{550}{3}$	$\frac{800}{3}$	$\frac{1,8}{0,2}$	1,0	400	360	360,15	314,16	382	400	7,69 0,85		1	0,667	
010	Горизонтально-фрезерна																
	фрезерувати пов. 9 і 10	Ø315	$\frac{550}{3}$	$\frac{585}{3}$	2	2,0	500	260	237,38	247,4	240	250	3,62	8,8	1	0,390	
015	Горизонтально-фрезерна												5,48	8,8		1,327	
	фрезерувати паз 17	Ø125		137	6	1,28	160	38	43,7	49,09	111	125	2,6				
	пов. 1 і 2	Ø200	$\frac{500}{3}$	$\frac{637}{3}$	5	1,28	160	207	165,6	78,54	264	125	2,88		1	1,327	

					MP.ПМК-647.00.000 ПЗ										Арк.	
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата												

Продовження таблиці 1.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
020	Горизонтально-фрезерна																
	фрезерувати пов. 11-12-13, 14,15,16 одночасно	Ø315	125	128	25+ 25	2,54	160	55	63,36	62,34	64	63	3,7	8,8		0,8	
030	Горизонтальна фрезерно-сверлильно-розточна																
	1. фрезерувати пов. 3 і 4	Ø160	120	280	2	1	400	-	190,69	201,06	379	400	5,32		2	4,417	
	2. фрезерувати пов. 7	Ø40	50	60	2	1,26	315	39	35,88	31,42	285	250			1	0,755	
	3. пов.8	Ø40	50	60	2	1,6	400	39	35,88	31,42	285	250			2	0,250	
	4. розточити пов. 18...20	Ø79,3	140	147	1,75	0,63	200	100	26,50		307	315			1	0,735	
	начорно, фаску 21	Ø83,2	2	-	2	-									-	-	
	5. розточити пов. 20... 18	Ø79,8	140	146	0,24	0,4	200	125	127,5		508	500			1	0,730	
	начорно фаску 22	Ø83,2	1,7	-	1,7										-	-	
	6. розточити пов.20... 18 остаточно	Ø80	140	143	0,11	од	80	-	200	201,06	795	800			1	1,788	
040	Свердлильна з ЧПК																
	1. свердлити отв. 27	Ø6,8	18	22	3,4	0,71	100	21	28,77	29,9	1346	1400	0,32		12	2,640	
	фаску 28	Ø9,2	1,2	-	1,2			22	30,14	40,46	1042	1400			-	-	
	2. Нарізати різьбу 29 в отв.27	M8	15	19	0,6	1,25	312,5	9	7,2	6,28	286	250			12	1,698	
	переустановити деталь																
	повторити переходи 1 і 2																
	для пов.30, 31, 32																
045	Вертикально-свердлильна з ЧПК																
	1. свердлити отв.23	Ø17	35	43	8,5	0,32	160	-	25,52	26,7	459,2	500	1,83		4	1,075	
	2. свердлити отв.24	Ø6,8	18	22	3,4	0,071	100	21	28,77	29,9	1346	1400			2	0,440	
	фаска 25	Ø9,2	1,2	-	1,2	0,071	100	22	30,14	40,46	1042	1400			-	-	
	3. нарізати різьбу 26 в отв. 24	M8	15	19	0,6	1,25	312,5	9	7,2	6,28	286	250			2	0,283	
050	Вертикально-свердлильна з ЧПК																
	1. фрезерувати пов.5 і 6	Ø40	4	5	4	0,64	160	35	32,2	31,42	256	250	0,22		2	0,063	
	2. свердлити отв.33	Ø9	16	22	4,5	0,1	80	26	35,36	20,07	1250	710			2	0,550	
	фаски 34	Ø12,2	1,6	-	1,6	0,1	80	22	29,92	27,21	780	710			-	-	
	3. нарізати різьбу 35 в отв.33	M10	10	14	0,5	1,0	250	9	8,91	7,86	284	250			2	0,264	

1.4.3 Розрахунки, що пов'язані з підготовкою карти наладки і керуючої програми

Операція 050. Вертикально-свердлильна з ЧПК.

Верстати: Вертикально-свердильний з ЧПК 2P135Ф2:

- Отвір у шпинделі - корпус Морзе 4;
- Найбільша віддаль від торця шпинделя до поверхні стола $H_g=600$ мм.
- Різьбонарізна головка - 2P135Ф2.51.001 - умовна віддаль від торця головки до торця шпинделя - $d=150$ мм.

Пристрій: спеціальний, з механізованим приводом, – віддаль від опорних поверхонь пристрою до поверхні стола $H_{np}=100$ мм.

Заготовка: висота поверхонь входу інструменту над опорами пристрою:

- для фрезерування $h_{d1}=160$ мм.
- для решти переходів – $h_{z2}=156$ мм.

Порядок переходів, різальний та допоміжний інструмент:

1. Фрезерувати поверхню 5 і 6.

- Фреза 035-2223-0107 ГОСТ 2 И62-2-75; Довжина фрези L_1 - 190 мм,

Хвостовий - конус Морзе 4; віддаль від вершин фрези до торця шпинделя $l_1=109$ мм.

2. Свердлити отвори 33, фаски 34:

- Свердло спеціальне, дороблене із свердла 2310-0389 ГОСТ 21020-6-84, $L_2=170$ мм; Хвостовик конус Морзе 2; віддаль від вершини свердла до торця передньої втулки $l_2=95$ мм:

- Втулка (перехідна з конуса Морзе 2 на 4) 6100-0204 ГОСТ 13598-85; віддаль від торця втулки до торця шпинделя $d_2=6,5$ мм.

3. Нарізати різьбу 35 в отвір 33.

- Мітчик 035-2620-0517 ГОСТ2 И52-1-74; $L_3=75$ мм, віддаль від вершини мітчика до торця втулки різьбонарізної головки $l_3=49$ мм.

- Головка різьбонарізна, $d_3=150$ мм.

					MP.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Віддаль від вершини інструменту до торця шпинделя верстату, - координата вершини інструменту W_i по осі "Z" в системі координат інструменту - СКІ - визначається як сума l_i та a_i , приведені в таблиці 1.13.

Таблиця 1.13

Інструмент		l_i	a_i	W_i	Δz	$h_{зг}$	R_i
№	Назва						
1	Фреза	109		109	1	160	86
2	Свердло	95	6,5	101,5	1	156	97,6
3	Мітчик	49	150	199	1	156	0

Віддаль від поверхні стола до центру координат інструменту " O_z " по осі Z:

$$H_{Zo} = H_{np} + h_{dmax} + W_{max} + \Delta Z, \text{ мм}$$

де ΔZ - гарантований зазор між заготовкою та інструментом, приймаємо $\Delta Z = 1 \text{ мм}$ (паспорт).

$$A_{\Delta Z} = 200 + 156 + 199 + 1 = 556 \text{ мм.}$$

Величина швидкісних переміщень по осі Z:

$$R_i = W_{max} - W_i - (h_{d1} + h_{d1max}), \text{ мм}$$

Визначення R_i приведено в таблиці 1.13.

Схема розташування опорних точок деталі в координатних x-y приведена на рис. 1.5.

Координати опорних точок - в таблиці 1.14.

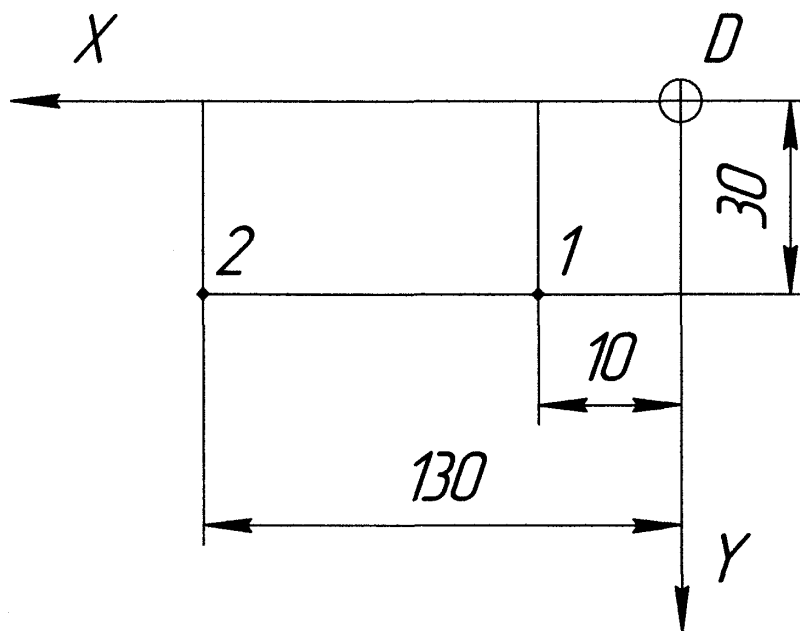


Рисунок 1.5 - Схема розташування опорних точок

Таблиця 1.14 - Координати опорних точок

Координати	№ опорної точки		
		2	0 ₁
x	10	130	-200
y	30	30	30

Розрахункова технологічна карта - таблиця 1.15.

Карта програмування - таблиця 1.16.

Програма обробки - таблиця 1.17.

Таблиця 1.15 Розрахунково-технологічна карта

Деталь			Операція				Верстат			Система ЧПК				
КС8334.31.050.301			050				2P135Ф2			Координатна 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.	№ коректора	
1	10	30	5	86	40	0,64	160	31,42	250	Пр	+	1	01	
2	130	30												
2	130	30	22	97,5	4,5	0,1	80	20,07	710	Пр	+	2	02	
1	10	30												
1	10	30	14	0	0,5	1,0	250	7,86	250	Пр\лів	+	3	03	
2	130	30												

Таблиця 1.16 - Карта програмування

Деталь			Операція				Верстат				Система ЧПК									
КС8334.31.050.301			050				2P135Ф2				Координатна С70-3									
№ отвору Z3	№ кадру	Підготовча функція	Геометрична інформація				Технологічні команди				№ коректора	Кінець кадру	Пояснення							
			X	Y	Z	R	F	S	T	M				L	LF					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14							
1	001	62	+001000	+003000			13	07	01	13	01									
	002	92			+000500	+008600														
2	003		+013000	+003000																
	004				+000500	+008600														
2	005	62	+013000	+003000			10	10	02	13	02									
	006	82			+002200	+009750														
1	007		+001000	+003000																
	008				+002200	+009750														
1	009	62	+001000	+003000										15	07	03	13	03		
	010	84			+001400	+000000														

Арк.

MP.ПМК-647.00.000 ПЗ

Змн. Арк. № Докум. Підпис Дата

Продовження таблиці 1.16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	011		+013000	+003000									
	012				+001400	+000000							
0 ₁	013	G60	-020000	+003000									
	014									02			
1	009	62	+001000	+003000			15	07	03	13	03		
	010	84			+001400	+000000							
2	011		+013000	+003000									
	012				+001400	+000000							
0 ₁	013	G60	-020000	+003000						02			
	014												

Таблиця 1.17 - Програма обробки

№ точки	№ кадру	Умови
1	№001	G62 T01 L01 F13S07 M13 X+001000 Y+003000 ПС
	№002	G92 R+008600 Z+000500 ПС
2	№003	X+013000 Y+003000 ПС
	№004	R+008600 Z+005000 ПС
2	№005	G62 T02 L02 F10 S10 M13 X+013000 Y+003000 ПС
	№006	G82 R+009750 Z+002200 ПС
1	№007	X+001000 Y+003000 ПС
	№008	G92 R+009750 Z+002200 ПС
1	№009	X+001000Y+003000 ПС
	№010	R+000000 Z+001400 ПС
2	№011	X+013000Y+003000ПС
	№012	R+000000 Z+001400 ПС
0 ₁	№013	G60 X-020000 Y+003000 ПС
	№014	M02

1.4.4 Аналіз точності обробки

Вихідні дані:

Верстат Горизонтальний фрезерно-свердлильно-розточний мод.6906ВМФ2.

Матеріал деталі: Сталь 40ХЛ ДСТУ 8781:2018; $\sigma_s=65$ кгс/мм², 189 КВ

Різальний інструмент: різець 2142-0175 Т30К4 ГОСТ 9795-84, різальна пластинка із багат шаровим зносостійким покриттям.

Матеріал ріжучої частини: твердий сплав Т30К4 із зносостійким покриттям.

Пристрій: спеціальний, з механізованим приводом.

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

Оброблювана поверхня: внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 80H7(+0,030)$.

Обробка виконується на попередньо налагодженому верстаті з використанням кутоміри типу 154 з вимірною голівкою 1МИГП ГОСТ 9696-82 з ціною поділки 0,0001 мм.([4], табл.18, с. 565; с. 562).

Ескіз обробки поверхонь проведено на рис. 1 графічної частини.

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

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

Δ_H - похибка налагодження системи ВПД на отримання заданого розміру. Випадкова при багаторазовому налагодженні.

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

Δ_γ - похибка від розмірного спрацювання різця.

Δ_m - похибка від теплового спрацювання різця.

Похибками форми в осьовому напрямку від розмірного спрацювання і теплової деформації нехтуємо. Схема технологічного розмірного ланцюга показана на рисунку 3 графічної частини. Формули для розрахунку похибки,

					МР.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

значення параметрів, від яких залежить похибка та джерела інформації, а також результати зведені в таблицях 1.18 та 1.19.

Таблиця 1.18 – Розрахунок похибки обробки

Формули та розрахунки похибки обробки	Параметри, що впливають на похибку обробки	Значення параметрів та джерело інформації
1	2	3
$\Delta_R = a'/2 = 0,008/2 = 0,004 \text{ мм};$ $\Delta_{R''} = a''/2 = 0,008/2 = 0,004 \text{ мм};$ $\Delta_{R''} = \Delta_R + \Delta_{R''} = 0,008 \text{ мм}.$	a' - постійність діаметра зразка в поперечному перетині, мм; a'' - постійність діаметра зразка в поздовжньому перетині, мм.	$a' = 0,008 \text{ мм};$ $a'' = 0,008 \text{ мм}$ (паспорт).
$\Delta_{HR} = \sqrt{\left(\frac{\Delta_{вим}}{2}\right)^2 + \Delta_p^2} =$ $= \sqrt{0,0007^2 + 0,001^2} = 0,0012 \text{ мм}$	$\Delta_{вим}$ - похибка вимірювання, мм; Δ_p - похибка регулювання положення різця, мм	$\Delta_{вим} = \pm 0,0007$ ([4], табл.17, с.565) $\Delta_p = 0,001 \text{ мм}$ ([5], табл.26, с.71)
$\Delta_{YR} = 1,1 \cdot C_p \cdot S^{Y_{py}} \cdot V^{n_{py}} \cdot K_p \times$ $\times \left(t_{max}^{X_{py}} - t_{min}^{X_{py}}\right) \cdot w = 11 \cdot 243 \cdot 0,1^{0,6} \cdot 0,443 \times$ $\times \left(0,11^{0,3} - 0,065^{0,9}\right) \cdot 201,06^{-0,3} \cdot 0,025 =$ $= 11 \cdot 243 \cdot 0,25 \cdot 0,443 \cdot (0,137 - 0,09) \cdot 0,204 \times$ $\times 0,025 = 0,08 \text{ мкм} = 0,00008 \text{ мм}$	S, V, t_{max}, t_{min} – режими різання; K_p - поправочний коефіцієнт; $C_p, Y_{py}, n_{py}, X_{py}$ - коефіцієнти і показники степенів для визначення P_y, H ; w - податливість системи ВПД мкм/Н;	$S = 0,1 \text{ мм/об};$ $V = 201,06 \text{ м/хв.};$ $t_{max} = 0,11 \text{ мм};$ $t_{min} = 0,065 \text{ мм}$ - дані отримані на попередніх етапах розробки процесу обробки. $C_{py} = 243; X_{py} = 0,9;$ $Y_{py} = 0,6; n_{py} = -0,3$ ([6], табл. 22, с. 273); $w_{in} = 0,025 \text{ мкм/Н}$ (ГОСТ 17734-88); $K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p};$ $K_{mp} = 0,886$ (ПЗ); $K_{\phi p} = 0,5; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1$ ([6], табл. 23, с. 275); $K_p = 0,886 \cdot 0,5 = 0,443$
$\Delta_{мнR} = 1,2 \cdot \sqrt{\Delta_{HR}^2 + \Delta_y^2} + \Delta_{\epsilon} = 1,2 \times$ $\times \sqrt{0,0012^2 + 0,0008^2} + 0,008 = 0,0094 \text{ мм}$ $\Delta_{ми} = 2 \cdot \Delta_{мнR} = 2 \cdot 0,0094 = 0,0188 \text{ мм}$	$\Delta_{ми}$ - похибка миттєвого розсіювання розміру з врахуванням похибки налагоджування з розрахунку на діаметр оброблюваної поверхні.	
$\Delta i = U_o \cdot \left(1 + \frac{V \cdot \tau}{1000}\right) = 0,5 \cdot \left(1 + \frac{20 \cdot \tau}{1000}\right) =$ $= 0,5 \cdot (1 + 0,201 \cdot \tau)$	τ - час обробки, хв.; U_o - відносне спрацювання різця, мкм/км.	τ - змінна величина; $U_o = 0,5 \text{ мкм/км}.$ ([5], табл. 28, с. 74) та ([4], табл. 10, с. 680)
$\Delta T = -4,5 \frac{L_p}{F} \sigma_B \cdot (t \cdot S)^{0,75} \cdot V^{0,5} \cdot \frac{T_o}{T_o + T_{nep}} \times$ $\times \left(1 - e^{-\frac{4\tau}{\tau_m}}\right) = -4,5 \cdot \frac{20}{144} \cdot 65 \cdot (0,11 \cdot 0,1)^{0,75} \times$ $\times 201,06^{0,5} \cdot \frac{1,788}{1,788 + 5,61} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\tau}{4}}\right) = 14,5 \times$ $\times \left(1 - e^{-\frac{\tau}{4}}\right),$	C - константа; L_p, F - виліз різця в мм і площа поперечного перерізу його державки, мм ² ; σ_B - границя міцності оброблюваного матеріалу, кГс/мм; t, S, V - режими різання. T_o, T_{nep} - основний час обробки і тривалість, перерв між обробкою кожної деталі, хв.:	$L_p = 15 \text{ мм};$ $F = 144 \text{ мм}^2;$ $\sigma_B = 65 \text{ кГс/мм}^2;$ $t = 0,11 \text{ мм}; S = 0,1 \text{ мм/об.};$ $V = 201,06 \text{ м/хв.};$ $T_o = 1,788 \text{ хв.};$ $T_{nep} = 5,616 \text{ хв.};$ $\tau_m = 16 \text{ хв}.$

Таблиця 1.19 - Результати розрахунку систематичної похибки в мкм

τ , хв.	0	2	4	8	12	16	20	30	40	60	80
Δ_l	0	0,7	0,9	1,3	1,7	2,1	2,5	-3,5	4,5	6,5	8,5
Δ_m	0	-1,4	-2,2	-3,1	-3,3	-3,4	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5
$\Delta_{сист}=2 \cdot (\Delta_l - \Delta_m)$	0	-1,4	-2,6	-3,6	-3,2	-2,6	-2,0	0	2,0	6,0	10

Теоретична діаграма точності обробки показана на рисунку 2 графічної частини. З діаграми визначаємо технологічну стійкість інструмента $T_T=67,4$ хв.

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

$$\Delta_{сум}=0,0284 \text{ мм.}$$

Налагоджуваний розмір при систематичному розсіюванні поля:

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

Найбільше граничне значення розміру:

$$D_{max}=80,03 \text{ мм.}$$

Найбільше значення систематичної похибки:

$$\Delta_{сист/min}=0,0036 \text{ мм.}$$

Допуск на розмір $T=0,030$ мм.

$$D_{налаг}=80,03-0,5 \cdot 0,0188-0,0036-(0,03-0,0284)/2=80,0162 \text{ мм.}$$

Тривалість обробки до вимушеної зміни різця:

$$T_{зм} = \frac{T_m \cdot (T_o + T_{пер})}{T_o} = 67,4 \cdot \frac{1,788 + 5,616}{1,788} = 279 \text{ хв.}$$

Питома вага C_j первинних похибок обробки в загальній похибці:

$$C_j=(\Delta_j+\Delta_{сум}) \cdot 100\%,$$

де Δ_j величина j -ої похибки.

Результати розрахунку C_j приведені в таблиці 1.20 на підставі котрих побудована гістограма похибок обробки, рисунок 4 графічної частини.

Таблиця 1.20 – Результати розрахунку C_j .

Позначення похибки Δ_j	Δ_b	Δ_n	Δ_y	Δ_{mn}	Δ_l	Δ_m	$\Delta_{сист.}$
Значення похибки Δ_j	0,016	0,0024	0,00016	0,0188	0,013	0,007	0,0096
$C_j, \%$	56,33	8,45	0,56	66,20	45,77	24,65	33,80

1.4.5 Нормування технологічного процесу

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш.к.} = T_{шт.} + \frac{T_{п.з.}}{n_{\partial}} \text{ хв.}$$

Штучний час:

$$T_{шт.} = T_{он} + T_{обс.} + T_{пер.} \text{ хв.}$$

Оперативний час:

$$T_{он} = T_o + T_{\partial} \text{ хв.}$$

Допоміжний час:

$$T_{\partial} = T_{вст} + T_{упр} + T_{вим},$$

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 $T_{обс} + T_{пер}$ задаються в процесах від оперативного часу, $P_{обс} + P_{пер}$

$T_{пз}$ – підготовчо-заклучний час, хв.

$$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2} + T_{пз3}, \text{ хв.}$$

де, $T_{пз1}$ – час на прийом деталі, хв.;

$T_{пз2}$ – час на прийоми, що не ввійшли в $T_{пз1}$, хв.;

$T_{пз3}$ – час на пробну обробку деталі, відноситься до верстатів з ЧПК.

Приклад визначення норм часу:

Операція 005 – Вертикально-фрезерна.

Початкові дані:

$T_o = 0,0667$ хв.

Маса заготовки на операції 12,6 кг.

Одночасно обробляються 3 деталі.

Пристрій: спеціальний з пневмоприводом 3-місний, типу лещат. Заготовки встановлюються на площину. За довідником [11].

$$T_{вст} = t_{вст1} + 2 \cdot t_{вст2} + t_{оч} + t_{закр}, \text{ хв.}$$

Час на встановлення однієї деталі $t_{вст1} = 0,23$ хв. (с.54)

					МР.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Час на встановлення наступних деталей $2 \cdot t_{вст2} = 0,2$ хв. (с.55)

Час на очищення пристрою від стружки щіткою $t_{оч} = 0,12$ хв. (с.57)

Час на закріплення заготовки важелем пневмоприводу $t_{закр} = 0,04$ хв.

Час на 1 деталь:

$$T_{вст} = 1/3(0,23 + 2 \cdot 0,2 + 0,12 + 0,04) = 0,263 \text{ хв.}$$

$$T_{унр} = t_{нер} + t_{перем} + t_{cmp}, \text{ хв.}$$

Час пов'язаний з приходом $t_{нер} = 0,22$ хв. (с.108)

Час на переміщення стола на 750 мм вгору 200 мм.; $t_{перем} = 0,21$ хв. (с. 109)

Час на встановлення та зняття щитка огороження від стружки $t_{cmp} = 0,2$ хв.

(с. 109)

На 1 деталь:

$$T_{унр} = 1/3(0,22 + 0,21 + 0,2) = 0,21 \text{ хв.}$$

Час на вимірювання штангенциркулем:

$$T_{вим} = 0,16 \text{ хв. (с.191)}$$

Час на вимірювання менше часу автоматичної роботи верстату

$T_a = T_o \cdot 3 = 0,667 \cdot 3 = 2$ хв. і не враховується при визначенні T_o .

$$T_o = 0,263 + 0,21 = 0,473 \text{ хв.}$$

$П_{обс} = 4\%$ (с.110); $П_{нер} = 4\%$ (с.203);

$$T_{ум} = (0,667 + 0,473) \cdot \left(1 + \frac{4 + 4}{100}\right) = 1,231 \text{ хв.}$$

$$T_{нз1} = 27 \text{ хв.};$$

$$T_{нз2} = 10 \text{ хв.};$$

$$T_{нз3} = 27 + 10 = 37 \text{ хв.}$$

$$T_{ш.к.} = 1,231 + \frac{37}{66} = 1,792 \text{ хв.}$$

Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата

Таблиця 1.21 – Норми технологічного часу

№ оп.	Назва операції	Модель верстату	T _о , хв	T _з , хв	$\frac{P_{обс}+P_{пер}}{\%}$	T _{шт} , хв	T _{п.з.} , хв	T _{ш.к.} , хв
005	Вертикально-фрезерний	6P13	0,667	0,473	8	1,231	37	1,792
010	Горизонтально-фрезерний	6P83Г	0,390	0,473	8	0,932	37	1,493
015	Горизонтально-фрезерний	6P83Г	1,327	0,423	8	1,890	37	2,451
020	Горизонтально-фрезерний	6P83Г	0,800	0,760	8	1,685	37	2,246
030	Вертикально-свердлильний-розточний з ЧПК	6906ВМФ2	4,417	2,987	14	8,442	50,33	9,205
040	Вертикально-свердлильний з ЧПК	2P135Ф2	4,338	2,418	8	7,296	37,9	7,870
045	Вертикально-свердлильний з ЧПК	2P135Ф2	1,798	2,269	8	4,392	39,2	4,986
050	Вертикально-свердлильний з ЧПК	2P135Ф2	0,877	2,269	8	3,146	39,2	3,740
								33,78

					MP.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

2 Конструкторська частина

Розрахунок та проектування пристроїв

У верстатних пристроях, що застосовуються для закріплення опори нижньої КС 8334.31.050.301 на механообробних операціях використовують пневмопривід.

Розрахунковий діаметр пневмоциліндра:

$$D_p = 1,13 \sqrt{\frac{N_p}{p \cdot \eta}}, \text{ мм} \quad ([3], \text{ с.113})$$

Зусилля на штоці пневмоциліндра, штовхаюче:

$$N = 0,785 \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta, \text{ Н} \quad ([3], \text{ с. 113})$$

Тягнуче:

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

Звідки, розрахунковий діаметр пневмоциліндра:

$$D_p = 1,13 \sqrt{\frac{N_p}{p \cdot \eta} + d^2}, \text{ мм}$$

де p – розрахунковий тиск стисненого повітря в пневмоциліндрі, надлишковий.

Границі значень:

$$p = 0,3 \dots 0,6 \text{ МПа} \quad ([3], \text{ с.113});$$

$$p = 0,63 \text{ МПа} \quad ([6], \text{ с.91}).$$

Максимальне зусилля $p = 1 \text{ МПа}$ ([6], с.425)

η – коефіцієнт корисної дії пневмоциліндрів, для пневмоциліндрів з $D = 150 \dots 250$ мм, $\eta = 0,8 \dots 0,95$ ([3], с.113) - враховує втрати на тертя в пневмоциліндрі;

d – діаметр штока пневмоциліндра, мм

Фактичний діаметр пневмоциліндра 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)

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

Коефіцієнт гарантованого запасу $K_0 = 1,5$.

					МР.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях – K_1 ;

- при чорновій обробці $K_1=1,2$;
- при чистовій обробці $K_1=1,0$.

K_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання внаслідок затуплення різального інструменту:

- при торцевому фрезеруванні $K_2=1,6$.
- при свердлінні $K_2=1,15$;

K_3 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання за рахунок переривчастого різання. При переривчастому різанні та торцевому фрезеруванні $K_3=1,2$.

K_4 – коефіцієнт, що враховує постійність сили закріплення в затискаючому механізмі. Для пневмо- та гідроциліндрів подвійної дії $K_4=1,0$; для пневмо- та гідроциліндрів односторонньої дії $K_4=1,3$;

K_5 - коефіцієнт, що враховує ергономіку ручних затискних механізмів. При зручному розміщенні рукояток та кутів повороту до 90° - $K_5=1,0$;

K_6 – коефіцієнт, що враховується тільки при наявності моментів, що стараються повернути встановлену на опорі заготовку. При опорах-пластинах $K_6=1,5$; при опорах циліндричних – $K_6=1,0$.

Якщо $K < 2,5$, приймають $K=2,5$.

f - коефіцієнт тертя в місцях контакту заготовки з опорами та затискними елементами.

Вибирається за таблицею 10 ([6], с. 85).

					MP.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

2.1 Пристрій свердлильний

Пристрій призначений для базування та закріплення заготовки на свердлильні операції при обробці деталі КС 8334.31.050.301 – опора нижня.

2.1.1 Опис призначення, будови і роботи пристрою

Початкові дані.

Операція 045.

Вертикально-свердлильна. Свердління 4-х отворів Ø17 (пов.23), свердління та нарізання різьби в 2-х отворах (пов. 24, 25, 26).

Верстат:

Вертикально-свердлильний з ЧПК 2P135Ф2.

Розміри стола: 630×400 мм.

Число пазів - 3;

Ширина пазів: центрального 14Н8; бокових 14Н12.

Віддаль від поверхні стола до торців шпинделів - 0...600 мм.

свердло Ø17 мм.

Різальний інструмент:

$M_{кр}=35,664 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $P_0=4634 \text{ Н}$ (р.1.4.2. ПЗ)

Будова та робота пристрою

Пристрій складається із зварного корпусу 1, на поверхні котрого розміщено: горизонтальній - пластини 22; на вертикальній - 8, опор 21 та закріплена гвинтом 18 шпонка 2. До вертикального стояка корпусу 1, справа, гвинтами 17 прикріплений пневмоциліндр, що складається із корпусу 5, штока 8, кришки 7, поршня 6, закріпленого на штоці 8 гайною 14 та ущільнень 28...31. До вихідного кінця штока 8 через шайби 23 і 24 гвинтом 19 прикріплений важіль 9 з закріпленими на ньому гайками 12 притискачами 10 і 3 що розміщуються у запресованих у корпусі 1 втулках 4. В пазах притискачів 10 і 3 розміщені циліндричні кінці гвинтів 20. Напроти опорних поверхонь притискачів 10 і 3 на стояку корпусу 1 запресовано дві опори 21.

На стіл верстату пристрій встановлюється шпонками 26 в центральний паз стола і кріпиться за два пази 14х30 мм болтами М12 39 ГОСТ 12459-67 і шайбами.

					MP.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Стиснення повітря до пневмоциліндра надходить через 2 отвори К $\frac{1}{8}$ " ГОСТ 6111-52.

Пристрій працює наступним чином:

Заготовку встановлюють на пластини 22 поверхнями 9 і 10 і переміщують до опор 21 на стояку корпусу 1 таким чином, що в її паз розміром 22Р9 ввійшла виступаюча частина шпонки 2. Стиснене повітря подається в поршневу порожнину пневмоциліндра і воно переміщає поршень 6 разом із штоком 8, шайбами 24 і 25 та важелем 9 вправо. Важіль 9 через гайки 12 переміщає вправо притискачі 10 і 3, котрі під дією розміщених в байонентних пазах циліндричних кінців гвинтів 20 повертаються на 90° і разом з тим переміщуються вправо та своїми опорними поверхнями притискають заготовку до двох опор 21.

Відкріплення заготовки здійснюється при поданні стисненого повітря в штокову порожнину пневмоциліндра, котра переміщає поршень 6 зі штоком 8 вліво, котрі через гвинт 19, важіль 9, гайки 12 переміщують притискачі 3 і 10 вліво, котрі переміщуючись, повертаються на 90° і звільняють деталь.

2.1.2 Розрахунок сил закріплення і визначення основних параметрів механізму затиску

Під час свердління отворів $\varnothing 17$ мм на заготовку діють:

- осьова сила різання P_0 – притискає заготовку до пластин 22;
- крутний момент $M_{кр}$ – старається повернути заготовку навколо осі обробки;
- сили тертя F , на пластинах від сили P_0 – протидіють $M_{кр}$;
- сили тертя F в місцях контактів заготовки з вертикальними опорами 21.

Схема дії сил на заготовку наведена на рисунку 2.1. При розрахунках дію сили P_0 не враховуємо.

					МР.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

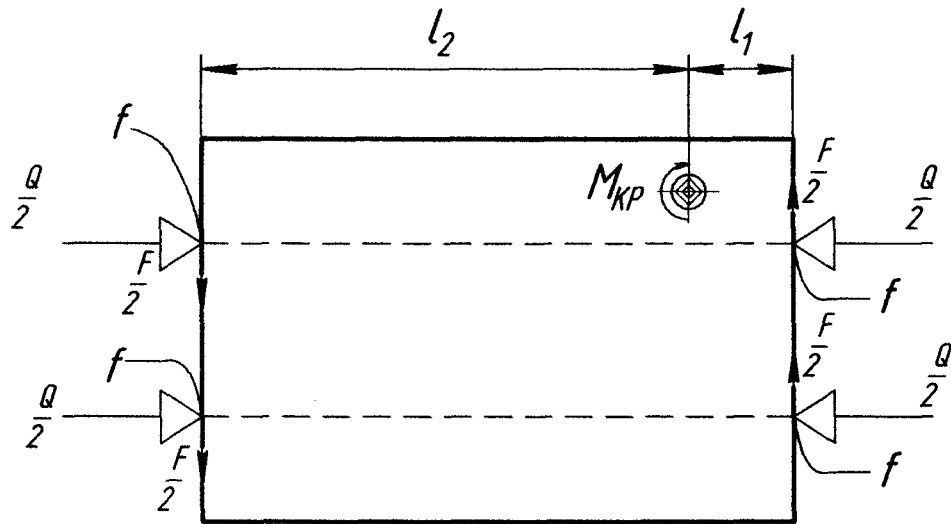


Рисунок 2.1 – Схема дії сил на заготовку

Умова рівноваги відносно осі обробки:

$$KM_{кр} \leq 2F(l_1 + l_2);$$

$$F = Qf, \quad l_1 + l_2 = 130 \text{ мм.}; \quad f = 0,16;$$

Розрахункова формула:

$$Q_p = \frac{K \cdot M_{кр}}{2 \cdot f \cdot (l_1 + l_2)}, \text{ Н.};$$

$$K = 1,5 \cdot 1,15 = 1,725; \quad K = 2,5;$$

$$Q_p = \frac{2,5 \cdot 35,664 \cdot 1000}{2 \cdot 0,16 \cdot 130} = 2443 \text{ Н.}$$

Розрахункова сила на штоці пневмоциліндра при затиску двома Г-подібними притискачами ([14], с. 391):

$$N_p = \frac{Q_p}{1 - \frac{3 \cdot f \cdot l}{h} \cdot 2} \text{ Н.};$$

$$f = 0,10 \text{ ([14], с. 391).}$$

Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-647.00.000 ПЗ

Арк.

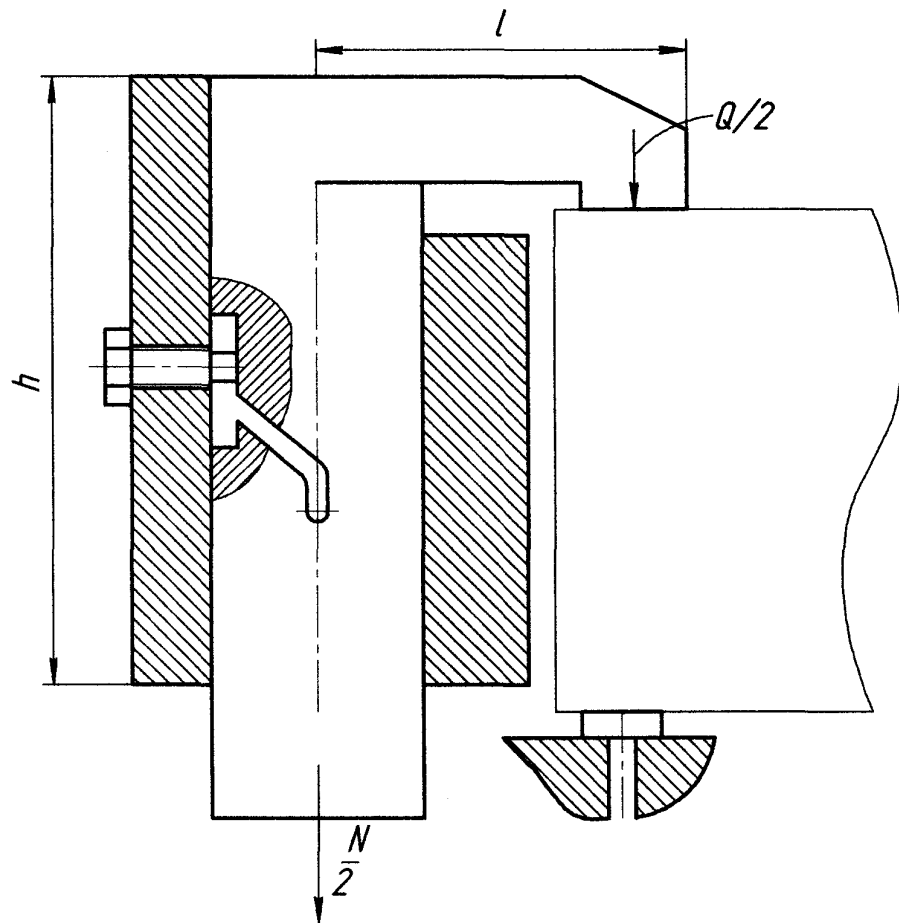


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема Г-подібного притискача

З графічної частини:

$l=45$ мм; $h=105$ мм;

$$N_p = \frac{2443}{1 - \frac{3 \cdot 0,10 \cdot 0,45}{105} \cdot 2} = 3288 \text{ Н};$$

При $p=0,6$ МПа; $\eta=0,85$;

$$D_p = 1,13 \sqrt{\frac{3288}{0,85 \cdot 0,60}} = 90,73 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D=100$ мм.

Сила на штоці пневмоциліндра:

$$N=0,85 \cdot 100^2 \cdot 0,60 \cdot 0,85=4003 \text{ Н};$$

Сила затиску:

$$Q = N \cdot \left(1 - \frac{3 \cdot f \cdot l}{h} \cdot 2\right) = 4003 \cdot \left(1 - \frac{3 \cdot 0,10 \cdot 0,45}{105} \cdot 2\right) = 2974 \text{ Н};$$

Фактичний коефіцієнт запасу:

$$K_\phi = 2,5 \cdot \frac{2974}{2443} = 3,04.$$

					МР.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

2.1.3 Розрахунок пристрою на міцність і зносостійкість

Розрахунок пристрою на міцність

Виконуємо розрахунки відповідності слабких ланок.

Слабкою ланкою є різьбове з'єднання $M10 \frac{6H}{6q}$.

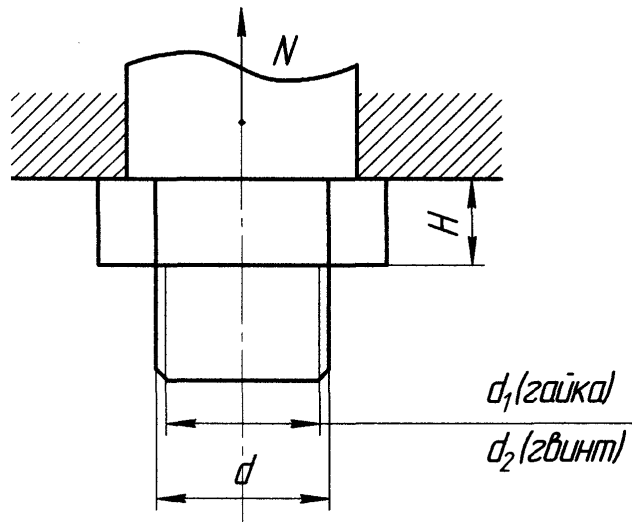


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема

$N=2001,5$ Н; $H=6$ мм; $d=10$ мм; $d_1=8,376$ мм; $d_2=8,16$ мм; $Z=3$.

Матеріал з'єднання: сталь45; ТО – покращення.

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

$[\tau_{зр}] = 102,9$ МПа;

$[\sigma_{зм}] = 254,8$ МПа;

$[\sigma_p] = 166,6$ МПа.

Перевірка різьби гайки на зріз:

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

$$\tau_{зр} = \frac{2001,5}{\pi \cdot 6 \cdot 8,376 \cdot 0,87 \cdot 0,61} = 23,86 \text{ МПа} < [\tau_{зр}] = 102,9 \text{ МПа.}$$

Умова міцності різьби стержня на згин:

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

де $Z=6$ – число одночасно працюючих витків:

$$\sigma_{зр} = \frac{N}{0,785 \cdot (10^2 - 8,16^2) \cdot 3} = 25,44 \text{ МПа} < [\sigma_{зр}] = 254,8 \text{ МПа.}$$

Умова міцності стержня на розтяг:

					MP.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

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

$$\sigma_p = \frac{N}{0,785 \cdot 8,16^2} = 38,72 \text{ МПа} < [\sigma_p] = 166,6 \text{ МПа}.$$

За всіма параметрами з'єднання працездатне.

Розрахунок пристрою на зносостійкість

Визначаємо $\Delta_{z.cnl}$ пластин за попередньою методикою і даними:

1. $HV=615$;
2. $P_1=1,03$;
3. $Q=M_3+P_o=10,8 \cdot 9,8+4634=4740 \text{ Н}$;
4. $F=2 \cdot 1600=3200 \text{ мм}^2$ (с.48, табл.1.13);
5. $P_2 = \frac{4740}{3200 \cdot 615} = 0,002408 = 24,08 \cdot 10^{-4}$;
6. $C=1570 \text{ шт./мкм}$ (рис.1.6б,с.49);
7. $K_f=0,79 \cdot 1,798=1,42$; $T_o=1,798 \text{ хв.}$ (табл. 1.12);
 $K_L=1,25$ (с.47), при $L>25 \text{ мм}$,
 $K_y=0,94$ (табл.1.14,с.50);
 $K=1,42 \cdot 1,25 \cdot 0,94=1,67$;
8. $C_\phi = \frac{1570}{1,67} = 940 \text{ шт./мкм}$;
9. $\Delta_{z.cnl} = \frac{726}{940} = 0,77 \text{ мкм} = 0,001 \text{ мм}$.

Зношування пластин на точність обробки не впливає.

Визначаємо $\Delta_{2.cnl}$ опор:

1. $HV=615$;
2. $P_1=0,82$ (табл. 1.12, с. 47) – опори із сталі У10А;
3. $Q=Q_{np}=2874 \text{ Н}$;
4. $F=8 \cdot 0,785 \cdot (12-2)^2=628 \text{ мм}^2$ (с. 48, табл. 1.13);
5. $P_2 = \frac{2974}{628 \cdot 615} = 0,0077 = 77 \cdot 10^{-4}$;
6. $C=860 \text{ шт./мкм}$ (рис. 1.6а, с. 49);
7. $K_f=1,42$; $K_L=1,0$; $K_y=0,94$; $K=1,42 \cdot 0,94=1,335$;

					МР.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$8. C_{\phi} = \frac{860}{1,335} = 644 \text{ шт./мкм};$$

$$9. \Delta_{z.cn1} = \frac{726}{644} = 1,13 \text{ мкм} = 0,00113 \text{ мм.}$$

Це спрацювання впливає на точність розміщення отворів, але величина його не значна і в розрахунках нею можна знехтувати.

Визначаємо $\Delta_{2.cn1}$ шпонки.

1. $\Delta_{cn1} = 55$ мкм (табл. 1.15, с.51) для сталі 40Х, гартованої;

2. Поправочний коефіцієнт (с.50 та с.51)

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4;$$

K_1 – враховує матеріал заготовки, для незагартованої сталі $K_1 = 0,97$;

K_2 – враховує вид верстата – для універсального $K_2 = 1$;

K_3 – враховує умови обробки – для обробки сталі з охолодженням, $K_3 = 0,94$;

K_4 – враховує число установок, для $N \leq 5$ тис.шт. $K_4 = 2,8$;

$$K = 0,97 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 2,8 = 2,55;$$

$$3. C = \frac{100000}{55} = 1818 \text{ шт./мкм};$$

$$4. C_{\phi} = \frac{1818}{2,55} = 713 \text{ шт./мкм};$$

$$5. \Delta_{z.cn1} = \frac{726}{713} = 1,02 \text{ мкм} = 0,001 \text{ мм.}$$

2.1.4 Розрахунок пристрою на точність та довговічність

Точність дотримання номінального розташування отворів забезпечується:

- перпендикулярністю опор до основи пристрою; прийнято 0,1 мм. (9-й ступінь точності)

- допустимим спрацювання вищеназваних елементів. Похибка по осі Х; умова точності:

$$\varepsilon_{npч} = \sqrt{\left(\frac{T_L}{1,2}\right)^2 \left[1 - \left(\frac{w}{T_{Lx}}\right)\right]^2 - \varepsilon_{\delta}^2 - \varepsilon_3^2}, \text{ мм} \geq 0$$

$T_{Lx} = \pm 0,2$ мм; $w = 0,05$ мм (паспорт верстату);

Похибка базування:

$$\varepsilon_{\delta} = \varepsilon_{\delta 1} + \Delta_{z.cn1};$$

					МР.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$\varepsilon_{\sigma 1} = 0,1 \cdot \frac{l_{o.d.}}{L_{np.}} = 0,1 \cdot \frac{120}{195} = 0,062 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{\sigma} = 0,062 + 0,001 = 0,063 \text{ мм};$$

де $l_{o.d.}$ – довжина опорної поверхні деталі;

$L_{np.}$ – розрахункова довжина пристрою;

$$l_{o.d.} = 120 \text{ мм.}$$

$$L_{np.} = 195 \text{ мм. (графічна частина);}$$

$$\varepsilon_3 = [(K_{Rz} \cdot R_z + K_{HB} \cdot HB) + C_1] \cdot \left(\frac{Q}{9,8}\right)^n \cdot \frac{1}{F^m}, \text{ мкм за табл.22 ([5], с.52):}$$

$$K_{Rz} = 0,004;$$

$$K_{HB} = -0,0016;$$

$$C_1 = 0,04 + 0,012F;$$

$$m = n = 0,7;$$

$$R_z = 12,5 \text{ мкм};$$

$$HB = 189.$$

$$F = 6,28 \text{ см}^2;$$

$$Q = 2974 \text{ Н};$$

$$\varepsilon_3 = [(0,004 \cdot 12,5 - 0,0016 \cdot 189) + 0,4 + 0,012 \cdot 6,28] \cdot \left(\frac{2974}{9,8}\right)^{0,7} \cdot \frac{1}{6,28^{0,7}} = 3,4 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_{np.} = \sqrt{\left(\frac{0,2}{1,2}\right)^2 \left[1 - \left(\frac{0,05}{0,2}\right)\right]^2 - 0,063^2 - 0,34^2} = 0,106 \text{ мм.}$$

Умова точності виконана, прийнята неперпендикулярність та спрацювання опор забезпечують потрібну точність обробки.

Похибка по осі Y, - умова точності аналогічна (верстат налагоджується по боковій поверхні фіксатора):

$\varepsilon_3 = 0$ - не впливає на точність по осі Y.

$$\varepsilon_{\sigma} = S_{max} + \Delta_{z.cn.\phi};$$

де S_{max} – найбільший зазор між деталлю та фіксатором.

$$\text{Розмір деталі } \phi = 22_{-0,0074}^{-0,0022}; \phi_{max} = 21,978 \text{ мм};$$

$$\text{Розмір фіксатора: } \phi_{\phi} = 21,925 \text{ гб} \left(\begin{smallmatrix} -0,007 \\ -0,0020 \end{smallmatrix} \right);$$

$$\phi_{\phi, min} = 21,905 \text{ мм.}$$

$$S_{max} = \phi_{max} - \phi_{\phi, min} = 21,978 - 21,905 = 0,073 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_{\sigma} = 0,073 + 0,001 = 0,074 \text{ мм.}$$

$$T_L = 0,2 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_{np.y} = \sqrt{\left(\frac{0,2}{1,2}\right)^2 \left[1 - \left(\frac{0,05}{0,2}\right)\right]^2 - 0,074^2} = \sqrt{0,0156372 - 0,005476} = 0,1008 \approx 1 \text{ мм} > 0.$$

					МР.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Умова точності дотримання розмірів по осі Y виконана.

Висновок: Задані розміри елементів пристрою гарантують безремонтну роботу пристрою на протязі року.

Довговічність пристрою визначаємо за довговічністю шпонки. Повне її спрацювання буде при умові, коли похибка базування стола рівною додатній частині поршня, тобто:

$$\varepsilon_{\delta} = \sqrt{0,00156372} = 0,125 \text{ мм, звідки}$$

$$\Delta_{z.cn.max} = \varepsilon_{\delta} - S_{max} = 0,125 - 0,074 = 0,051 \text{ мм.}$$

Довговічність пристрою:

в роках:

$$\phi = \frac{\Delta_{z.cn.max}}{\Delta_{z.cn.1}} = \frac{0,051}{0,001} = 51 \text{ рік;}$$

в деталях:

$$N_{max} = N_p \cdot \frac{\Delta_{z.cn.max}}{\Delta_{z.cn.1}} = 726 \cdot \frac{0,051}{0,001} = 37026 \text{ шт.}$$

2.2 Пристрій контрольний

Пристрій призначений для контролю паралельності осі пов. Ø80H7 до пов. А. Пристрій скомпонований із стандартних деталей за виключенням штатива, (основа 1, кронштейн 2, стояк 3), що є універсальним, але не стандартним.

Пристрій складається з повірочної плити 1 кл. точн. 8, штатива в кронштейні 2 якого закріплений індикатор 7 та набору стандартних контрольних втулок 10, що монтуються без зазорів на контрольному валику 9, котрі разом імітують матеріалізацію осі пов. Ø80H7.

Пристрій працює наступним чином:

Попередньо зібрані втулки 10 з валиком 9 вставляються в отвір деталі Ø80H7 без зазорів (в 1 комплект втулок входить 3 шт. з різними розмірами, всі розміри втулок та валика виконані за 4-м квалітетом точності).

Індикатором в одній із крайніх точок втулки визначаються висоту оправки, встановлюють «нуль» і проводять замір з протилежного боку, показання індикатора записують. Зменшення похибки за рахунок збільшення віддалі між точками заміру - 155 мм замість 140 - нехтують.

					MP.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Допуск площинності опорної поверхні основи 1 - 0,003 мм.

Допуск площинності плити - 0,008 мм.

Визначення придатності деталі:

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

де, U_1 – похибка засобів вимірювання; $U_1 = \sqrt{U_{1.1}^2 + U_{1.2}^2}$,

$U_{1.1}=0,0018$ ([4],с.564) – похибка індикатора;

$$U_{1.2}^2 = \sqrt{0,003^2 + \left(0,008 \cdot \frac{50}{250}\right)^2} = 0,0034 \text{ мм, - похибка від неплщинності};$$

$$U_1 = \sqrt{0,0018^2 + 0,0034^2} = 0,0038 \text{ мм.}$$

U_2 – похибка методу вимірювання;

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

$U_{2.1}$ – похибка базування, утворюється за рахунок неточності вимірювання втулок. $T_{вт}=0,008$ мм.; $U_{2.1}=0,008$ мм.;

$U_{2.2}$ – похибка від неповного охоплення вимірюваної поверхні. $U_{2.2}=0$;

$U_{2.3}$ – похибка від невиключеного впливу шорсткості вимірюваної поверхні;

$U_{2.3}=0$;

$U_{2.4}$ – похибка від невиключеного впливу відхилення форми вимірюваної поверхні; $U_{2.4}=0$;

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

$U_{2.6}$ – інші невиявлені похибки; $U_{2.6}=0$;

$U_2=0,008$ мм;

U_3 – температурна похибка; $U_3=0$;

U_4 – похибка від вимірювального зусилля; $U_4=0$,

U_5 – суб'єктивна похибка оператора залежить від досвіду і кваліфікації.

Приймаємо 1 поділку індикатора. $U_5=0,001$ мм.;

U_6 – інші, невиявлені похибки; $U_6=0$;

$$U_{\Sigma} = \sqrt{0,0038^2 + 0,008^2 + 0,001^2} = 0,009 \text{ мм};$$

Заокруглюємо до більшого значення, в зв'язку з можливою наявністю невиявлених похибок.

					МР.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$U_{\Sigma}=0,010 \text{ мм};$$

Визначення придатності деталі:

$$T_{вим}=T_{\delta}-U_{\Sigma}, \text{ мм}$$

де, T_{δ} – допуск деталі, мм;

$$T= \pm 0,03 \text{ мм};$$

$$T_{вим}=0,06-0,01-0,05 \text{ мм};$$

Деталь придатна, якщо різниця показників вимірювального приладу не більше 0,05 мм.

2.3 Розрахунок рівня уніфікації пристроїв

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{\Sigma_{заг} - \Sigma_o}{\Sigma_{заг}} \cdot 100\% , \%$$

де $\Sigma_{заг}$ – загальне число найменувань деталей та складальних одиниць в пристрої, шт.

Σ_o – число найменувань оригінальних деталей та складальних одиниць, шт.

Вихідні дані і розрахунок поверхні в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок K_y

Назва пристрою	$\Sigma_{заг}$, шт.	Σ_o , шт.	K_y , %
Пристрій свердлильний	30	11	63,33
Пристрій контрольний	10	3	70,00

3 Імітаційне моделювання роботи притискної ланки свердлильного пристрою

Програми САПР є важливим інструментом у навчанні студентів технічних спеціальностей, оскільки вони дозволяють інтегрувати теоретичні знання з практичними навичками в інженерному проектуванні та аналізі.

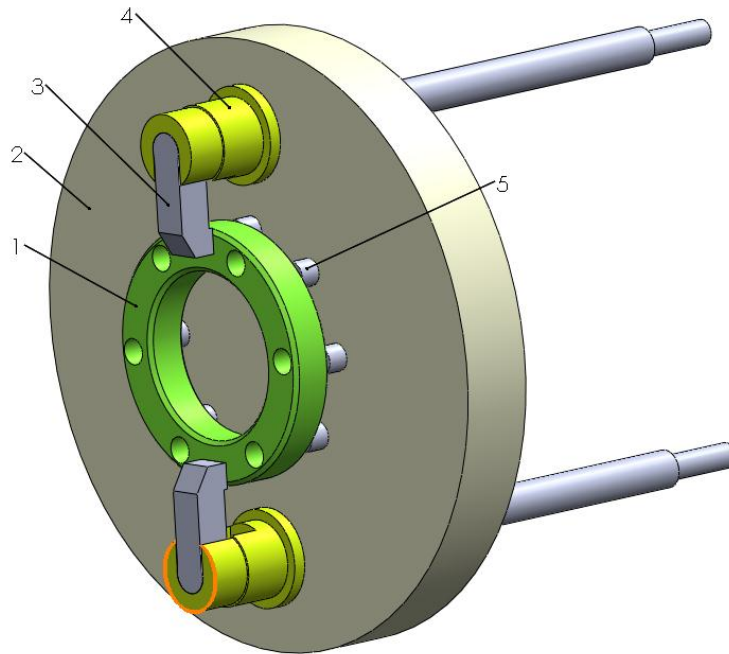
Ключові аспекти застосування САПР у навчальному процесі:

1. Практичне навчання. Моделювання реальних умов: студенти можуть створювати 3D-моделі та проводити симуляції, що відображають реальні умови експлуатації, включаючи статичні та динамічні навантаження, температурні зміни та інші фактори. Виконання інженерних розрахунків з допомогою даних продуктів дозволяє студентам проводити розрахунки на міцність, жорсткість, стійкість конструкцій, що є важливими аспектами інженерного проектування

2. Поглиблене розуміння механіки. Вивчення напружено-деформованого стану: студенти отримують можливість вивчати напружено-деформований стан матеріалів і конструкцій за допомогою методу скінченних елементів (МСЕ), що є стандартом у сучасному інженерному аналізі. Аналіз результатів: використання САПР допомагає студентам розуміти, як різні параметри впливають на поведінку конструкцій і які зміни можуть призвести до покращення їх характеристик.

Отже, перед проведенням імітаційного моделювання спочатку було побудовано тривимірні моделі деталей притискного пристрою, а далі зроблено із них збірку моделі. Ця модель показана на рисунку 3.1.

					<i>MP.ПМК-647.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		



1 - деталь; 2 - основа; 3 – притискач; 4 – напрямна; 5- проставка

Рисунок 3.1 – Тривимірний модель пристрою для проведення імітаційного моделювання

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

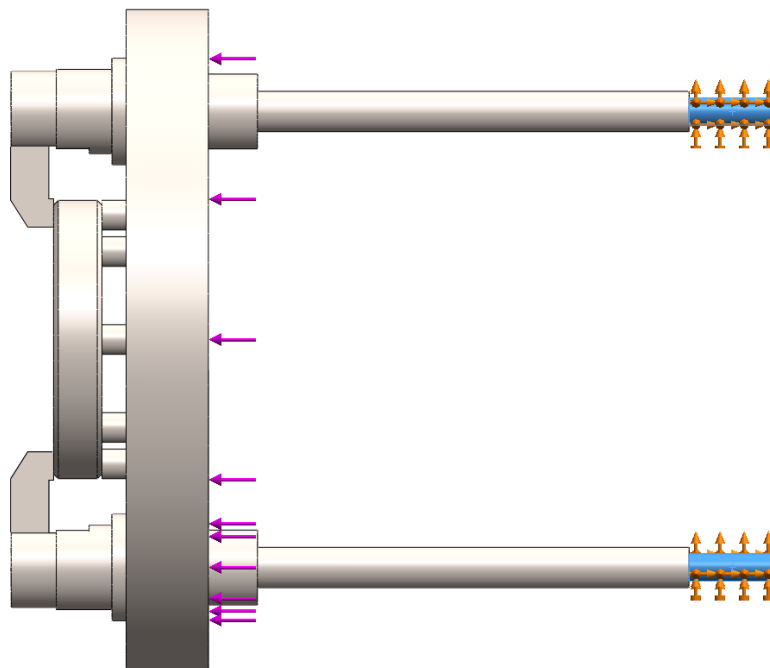


Рисунок 3.2 – Граничні умови

					<i>МР.ПМК-647.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

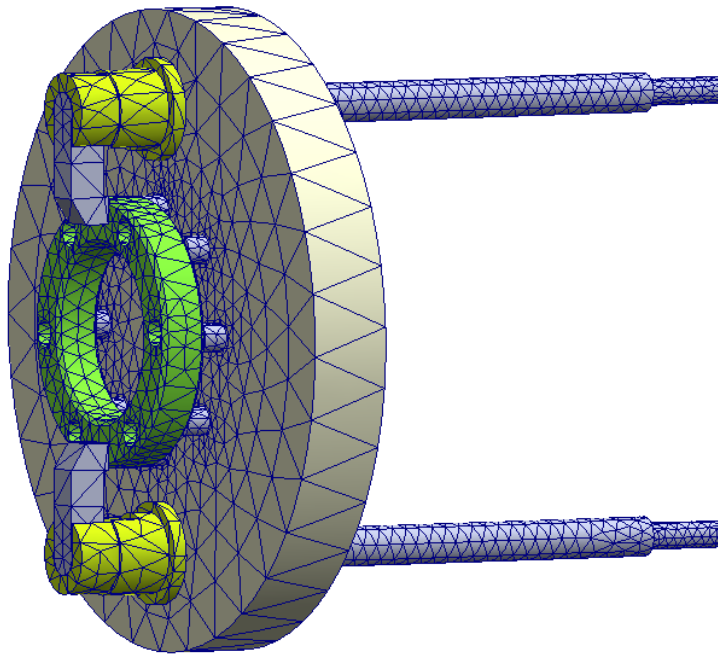


Рисунок 3.3 – Сітка скінченних елементів

Для опису характеристик матеріалу прийнято такі його механічні властивості:

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

Після проведення розрахунку отримані результати, які наведено нижче.

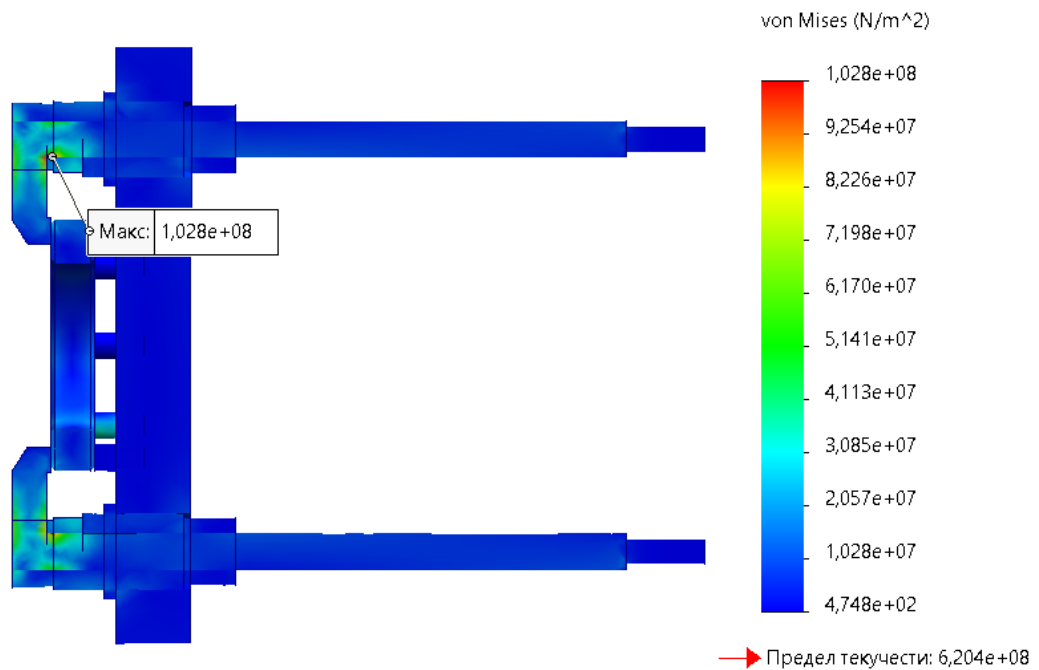


Рисунок 3.4 – Еквівалентні напруження

					МР.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Максимальні величини еквівалентних напружень виникають у притискачі, а саме у зоні переходу його «гака» до циліндричної частини. Величина цих напружень складає 102 МПа.

На рисунку 3.5 показано переміщення деталей пристрою. Тут варто виокремити те, що розрахункову схему було змінено відносно тієї схеми роботи, за якою буде працювати цей пристрій. Згідно схеми циліндрична частина притискачів була закріплена, а переміщувалася основа під дією прикладеного навантаження. За рахунок цього виходить, що найбільші переміщення спостерігаються в основі та рівні 0,097 мм.

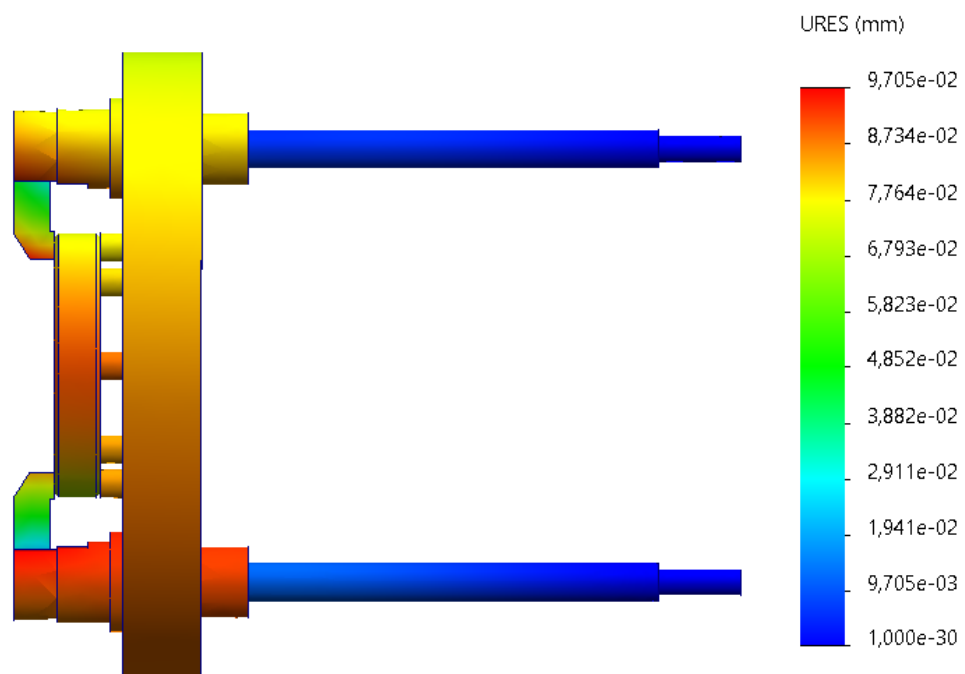


Рисунок 3.5 – Переміщення

На рисунку 3.6 показано деформації деталей пристрою.

					MP.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

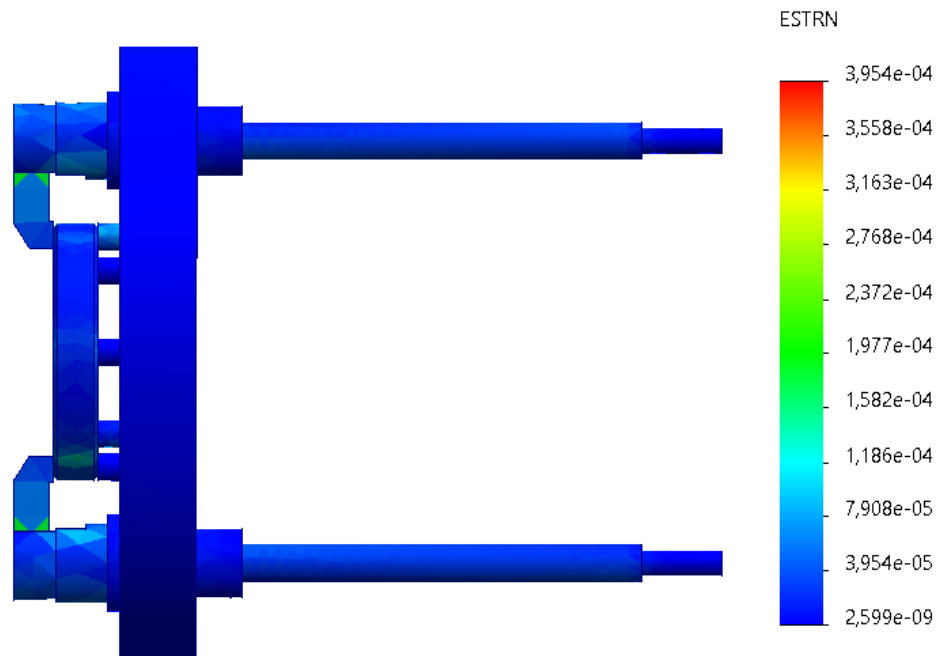


Рисунок 3.6 – Деформація

На рисунку 3.7 показано розподіл контактної тиску на поверхнях контакту деталей пристрою.

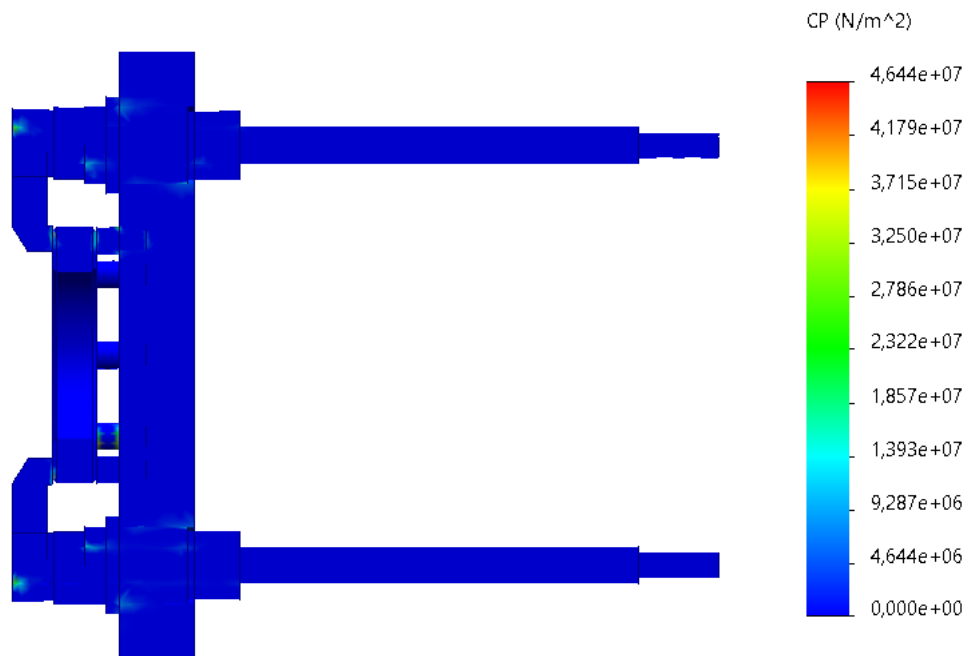


Рисунок 3.7 – Розподіл контактної тиску

Максимальна величина контактної тиску складає 46 МПа та знаходиться на контактні притискача та деталі, що притискають.

На рисунку 3.8 показано розподіл коефіцієнту запасу міцності.

					<i>MP.ПМК-647.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

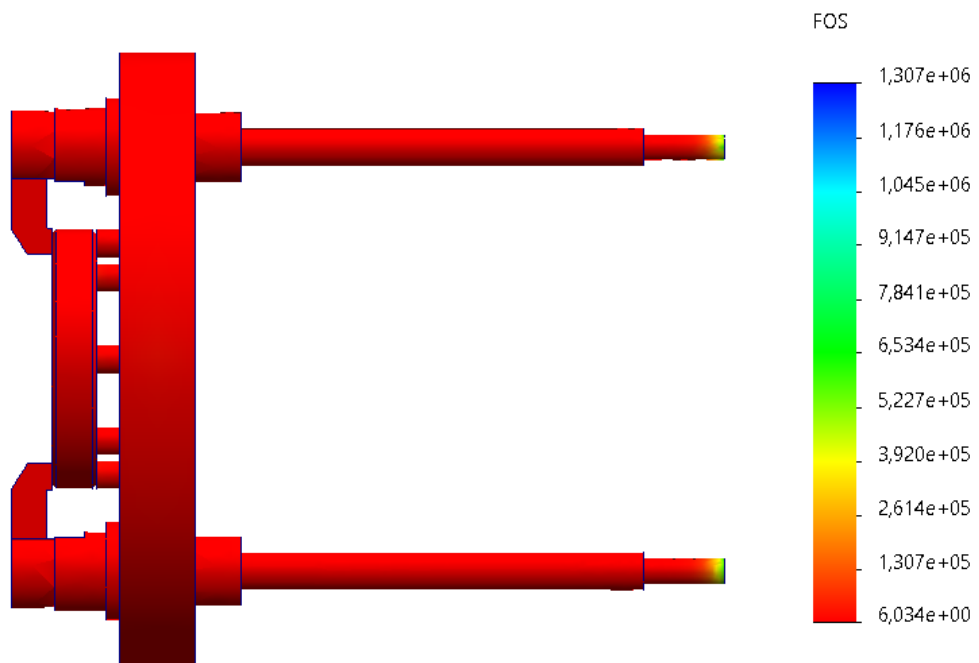


Рисунок 3.8 – Коефіцієнт запасу міцності

Мінімальний коефіцієнт запасу міцності у досліджуваному пристрої складає 6.

Висновок.

За допомогою проведеного імітаційного дослідження було встановлено напружено-деформований стан притискача згідно якого максимальні еквівалентні напруження складають 102МПа, максимальний контактний тиск 46МПа, а мінімальний коефіцієнт міцності – 6. Отже, пристрій можна використовувати для притискання та утримування деталей згідно заданих навантажень. Також навантаження на цей пристрій за необхідності можна збільшувати майже у 6 разів.

					<i>MP.ПМК-647.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Висновок

В даній магістерській роботі розроблений і обґрунтований технологічний процес виготовлення деталі «Опора нижня КС 8334.31.050.301» в умовах середню-серійного виробництва.

В процесі проектування проведено конструкторсько-технологічний аналіз деталі та аналіз базового заводського технологічного процесу її виготовлення, в результаті чого обґрунтовано застосування заготовки - вилівка, верстатів з ЧПК, а також застосовано пристрої з механізованим приводом, складальне креслення свердлильного - приведено в графічній частині. Крім цього, в графічній частині приведено складальне креслення контрольного пристрою, графіки, діаграми та схеми до аналізу точності обробки поверхні $\varnothing 80H7$, карти налагодження до свердлильної операції та імітаційного дослідження роботи притискної ланки свердлильного пристрою.

Проектований технологічний процес, для котрого пораховані припуски, режими різання та норми часу приведені в додатку у вигляді комплекту технологічної документації у відповідності до норм ЄСТД.

					МР.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
.Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Механоскладальні дільниці та цехи у машинобудуванні» Частина 1 для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» ОП «Технології машинобудування» /Укл. В.В. Кононов, В.О. Логомінов, – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – 64 с
2. Руденко П.О., Проектування технологічних процесів у машинобудуванні:
3. Технологія обробки типових деталей і складання машин: курсове проектування. Методичні вказівки / Р. Т. Карпик, П. І Войтенко, – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2014. – 77 с.
4. Технологія машинобудівних підприємств: підручник /В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 386 с.
5. Карпик Р. Т. Технологічна оснастка. Методичні вказівки / Р. Т.Карпик, Б. Д. Сторож. – Івано-Франківськ: Факел, 2010. – 80 с.
6. <https://dominant-cnc.com/ua/p908764593-frezernyj-stanok-chpu.html>
7. <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb>
8. Муляр Ю. І., Дерібо О. В. Програмування токарної обробки на верстатах з ЧПК. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 91 с.
9. Панчук В.Г., Карпик Р.Т. та ін. Магістерська робота: методичні вказівки. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018.- 35 с.
- 10.Юрчишин І.І. та ін. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528с.
- 11.Автоматизоване проектування різальних інструментів:Навчальний посібник / Копей В.Б., Онисько О.Р., Борушак Л.О., Роп'як Л.Я.. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2012. 208с.

					МР.ПМК-647.00.00.000 ПЗ	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

12. Технологія та сап обробки на верстатах з чпк. методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт. Бойко С. В. та ін..- – Чернігів: НУЧП, 2021.– 51 с.
13. Ковальов В.А. Конструктивні особливості та основи програмування верстатів з числовим програмним керуванням. / В.А. Ковальов, А.Ю. Гаврушкевич, Н.В. Гаврушкевич; – КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ, 2020. 158с.
14. Добрянський С.С., Малафеев Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування і виробництво заготовок / підручник. –К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 353 с.
15. Бочков В.М., Сілін Р.І. Обладнання автоматизованого виробництва. Навчальний посібник / За ред. Сіліна Р.І. Львів: Виробництво Державного університету —Львівська політехніка, 2000. – 380 с
16. Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла, Ів. Б. Гевко. Технологія оброблення корпусних деталей.. Навчальний посібник для студентів напрямку підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» Тернопіль, 2016.-151 с.
17. Технологія обробки деталей машин : конспект лекцій для студентів спеціальності 7.05050201 «Технології машинобудування» усіх форм навчання. / В.М. Доля, О.В. Доля – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – 112 с.
18. Петров О. В., Сухоруков С. І. Технологічна оснастка : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2018. 123 с.

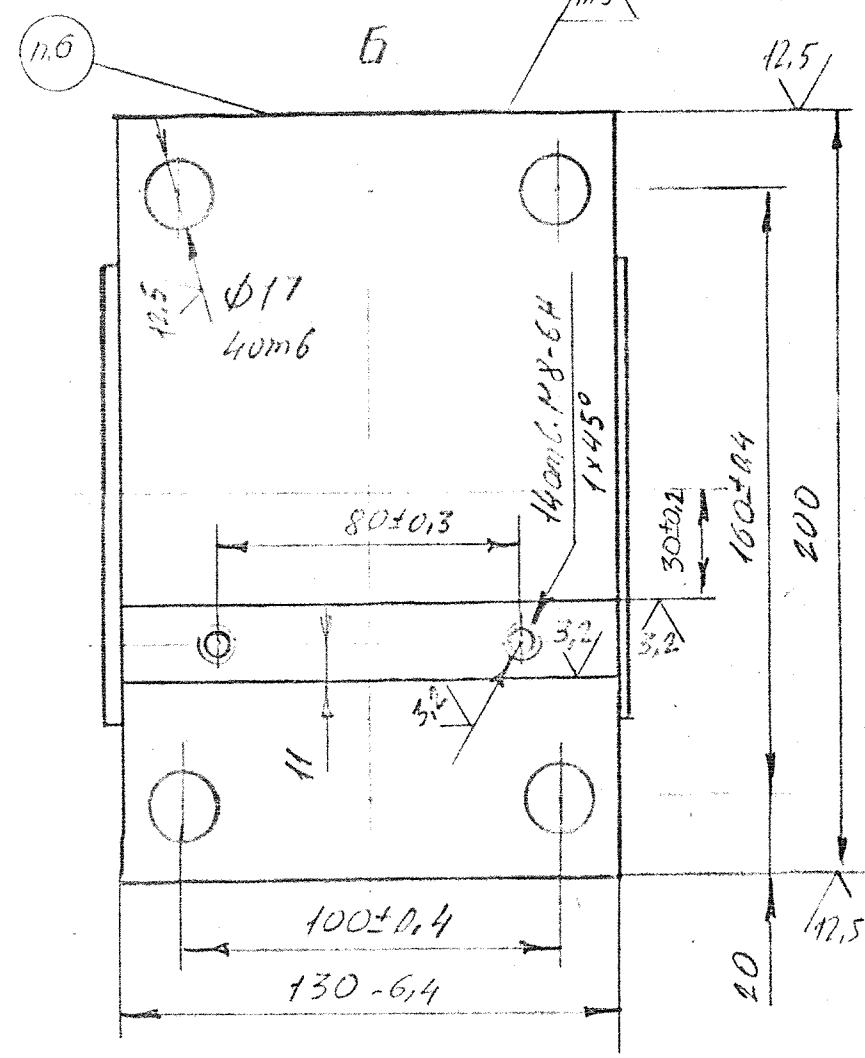
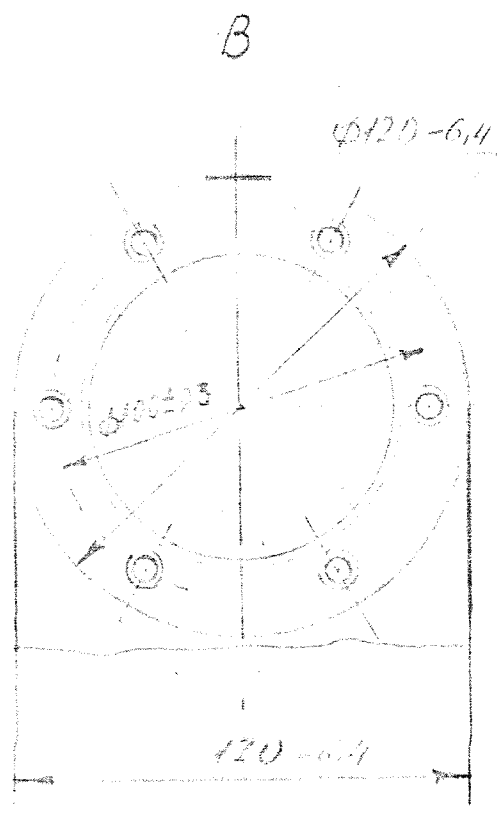
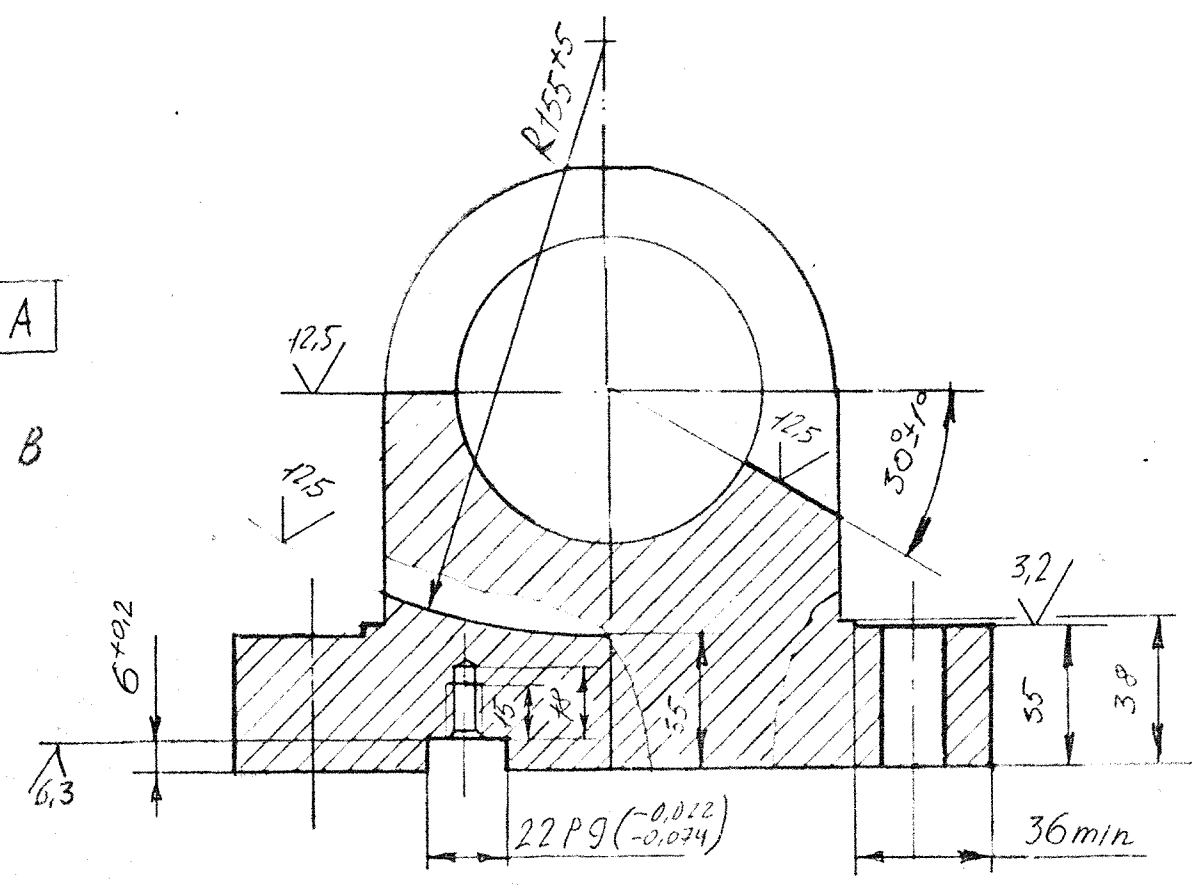
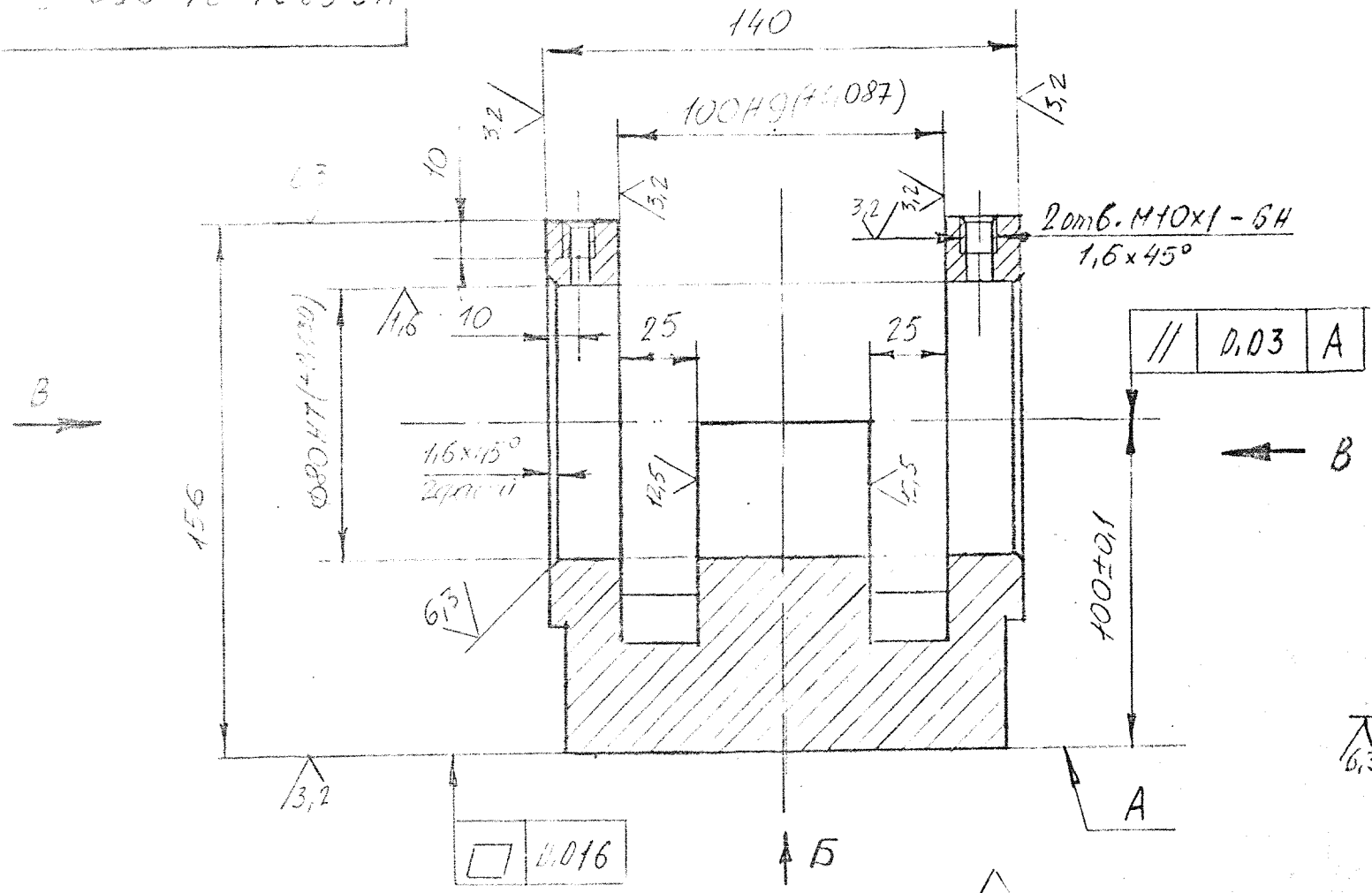
					МР.ПМК-647.00.00.000 ПЗ	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Додатки

					МР.ПМК-647.00.000 ПЗ	Арк.
.Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

KC 8334. 31. 050. 301

✓(✓)



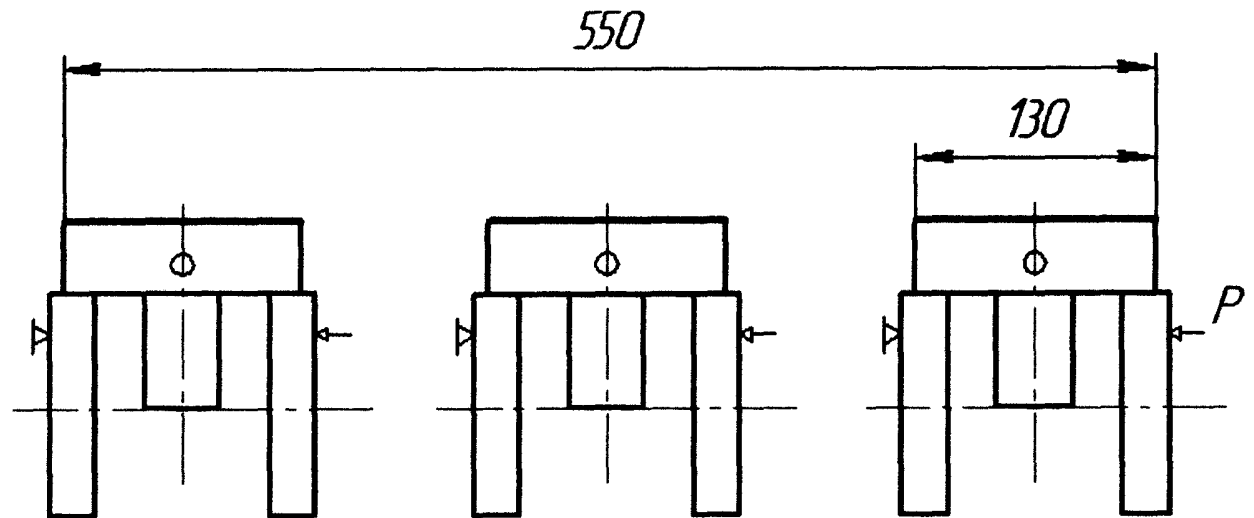
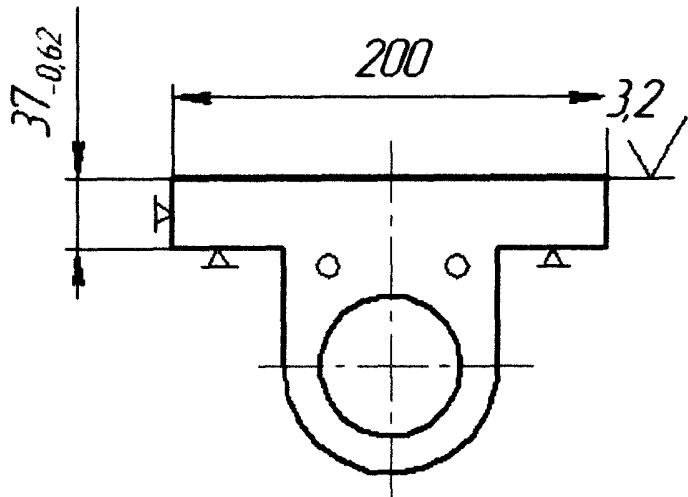
1. Виливок 3-ї групи ГОСТ 977-88.
Точність виливка 12-5-4-12 ГОСТ 26645-85.
2. Покриття необроблених поверхонь - емаль НЦ 11 кремова VII, УХЛ4.
3. Н14; н14; ±t2/2
4. Невказана шорсткість обробки фасок Ra 12,5.
5. Клеймити клеймо ВТК.
6. Маркувати: позначення.

				KC 8334. 31. 050. 301		
				Лит	Маса	Мас
					10,2	1
				Опора нижня		
				Аркуси	Арчуть	
				Сталь 40ХЛ ГОСТ 977-88		
Зм. Арк	№ док. чм.	Підп.	Дата			
Розроб	Колесніков	МШ	10.93			
Перевір.	Марчинков	МШ	10.93			
Т.контр.	Кущнір	МШ	11.94			
Прийняв.	Шеводухін	МШ	11.95			
Н.контр.	Марчинков	МШ	10.95			
Затв.	Шеводухін	МШ	11.95			

1. 10.93
 2. 10.93
 3. 11.94
 4. 11.95

Дубл.															
Взамін.															
Підпис										Зм	Ар	Недок.	Підпис	Дата	
													1	1	
Розробив	Яворський			І Ф Н Т У Н Г	КС8334.31.051.301							60141.00001			
Перевірів	Панчук														
Реценз.															
Н. контр.	Панчук			Опора нижня									Н		
Назва операції		Матеріал		Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри			МЗ	Коод				
Вертикально-фрезерна		Сталь 40ХЛ ДСТУ 8781:2018		189 НВ	кє	10,8	Виливок 205×144×160			12,6	1				
Обладнання, пристрій ЧПК		Позначення програми		То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР							
6Р13				0,667	0,473	37	1,231	Емульсія							
Р				ПН	Дабо В	L	t	i	S_x	n	v				
P01	А. Встановити, закріпити, зняти деталь														
T02	3961ХХ.ХХХХ Пристрій фрезерний														
03															
O04	1. Фрезерувати поверхні А начорно і начисто одночасно витримуючи розмір 37 _{-0,62} , Ra3,2 мкм														
T05	391820.ХХХХ Фреза 250-Т5К10-К-02 3248-000;														
T06	393311.ХХХХШтангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89														
P07															
P08				∅250	800/3	1,8/0,2	1	1	400	314,16					
09															
O10	2. Контролювати розмір 1– h=37 _{-0,82}														
T11															
P12															
13															
O14															
T15															
P16															
17															
OK	Обробка різанням										3				

Дубл.															
Взамін.															
Підпис										Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата	
													1	1	
Розробив	Яворський			ІФНТУНГ	КС8334.31.051.301							20141.00003			
Перевірів	Панчук														
Реценз.															
Н. контр.	Панчук			Опора нижня									Н		



Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
*			MP.ПМК-647.03.00.000	Складальне креслення		2xA1
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	MP.ПМК-647.03.00.001	Корпус	1	
				<u>Деталі</u>		
		2	MP.ПМК-647.03.00.002	Шпонки	1	
		3	MP.ПМК-647.03.00.003	Притискач	1	
		4	MP.ПМК-647.03.00.004	Втулка	1	
		5	MP.ПМК-647.03.00.005	Корпус	1	
		6	MP.ПМК-647.03.00.006	Поршень	1	
		7	MP.ПМК-647.03.00.007	Кришка	1	
		8	MP.ПМК-647.03.00.008	Шток	1	
		9	MP.ПМК-647.03.00.009	Важіль	1	
		10	MP.ПМК-647.03.00.0010	Притискач	1	
		11	MP.ПМК-647.03.00.0011	Втулка	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		12		Гайка М10-6Н.5.05		
				ГОСТ 5929-70	4	
		13		Гайка М33×1,5-6Н.5.05		
				ГОСТ 6393-73	2	

MP.ПМК-647.03.00.000 ПЗ				
Зм.	Арк	№ Докум	Підпис	Дата
Розробив		Яворський		
Перевір.		Панчук		
Реценз.				
Н.контр.		Панчук		
Затв.		Панчук		
Пристрій свердлильний			Літ.	Арк
			н	1
				2
ПМКм-23-1				

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
		14		Гайка 7003-0133		
				ГОСТ 12460-67	1	
		15		Гвинт М8-6g×20.36.05		
				ГОСТ 1491-80	6	
				Гвинт ГОСТ11738-84		
		16		М6-6g×40.68.05	6	
		17		М6-6g×50.68.05	4	
		18		М6-6g×25.68.05	1	
		19		Гвинт 7006-1260		
				ГОСТ 9052-69	1	
		20		Гвинт 7000-008		
				ГОСТ 17773-72	2	
		21		Опора 703402-73		
				ГОСТ 13440-68	6	
		22		Пластина 7034-0464		
				ГОСТ4743-68	2	
		23		Шайба 10.01.05		
				ГОСТ11371-78	2	
		24		Шайба 7019-0395		
				ГОСТ13438-68	1	
		25		Шайба 7019-0415		
				ГОСТ13439-68	1	
		26		Шпонка 7031-0653		
				ГОСТ 14739-68	2	
				Кільце ГОСТ 9833-78		
		28		024-020-23-2-2	1	
		29		037-032-30-1-1	1	
		30		100-095-30-2-2	1	
		31		100-092-46-1-1	1	
						Арк.
						2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-647.03.00.000 ПЗ	

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			<i>MP.ПМК-647.04.00.000</i>	<i>Складальне креслення</i>		
				<u>Деталі</u>		
		1	<i>MP.ПМК-647.04.00.001</i>	<i>Основа</i>	1	
		2	<i>MP.ПМК-647.04.00.002</i>	<i>Кронштейн</i>	2	
		3	<i>MP.ПМК-647.04.00.003</i>	<i>Стояк</i>	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		5		<i>Гвинт М4-6g×16.36.05</i>		
				<i>ГОСТ 1491-80</i>	1	
		6		<i>Гвинт М5-6g×20.36.05</i>		
				<i>ГОСТ 21332-75</i>	1	
		7		<i>Індикатор 1МИГП</i>		
				<i>ГОСТ 9696-82</i>	1	
		8		<i>Плита 2-1-250×250</i>		
				<i>ГОСТ 10905-86</i>	1	
		9		<i>Валик контрольний</i>		
				<i>СН-8360-2020</i>		
		10		<i>Втулка контрольна</i>		
				<i>СН-8360-21-34</i>	3	<i>комплект</i>

					MP.ПМК-647.04.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк	№ Докум	Підпис	Дата				
Розробив		<i>Яворський</i>			Пристрій контрольний	Літ.	Арк	Аркушів
Перевір.		<i>Панчук</i>				Н	1	1
Реценз.						ПМКм-23-1		
Н.контр.		<i>Панчук</i>						
Затв.		<i>Панчук</i>						

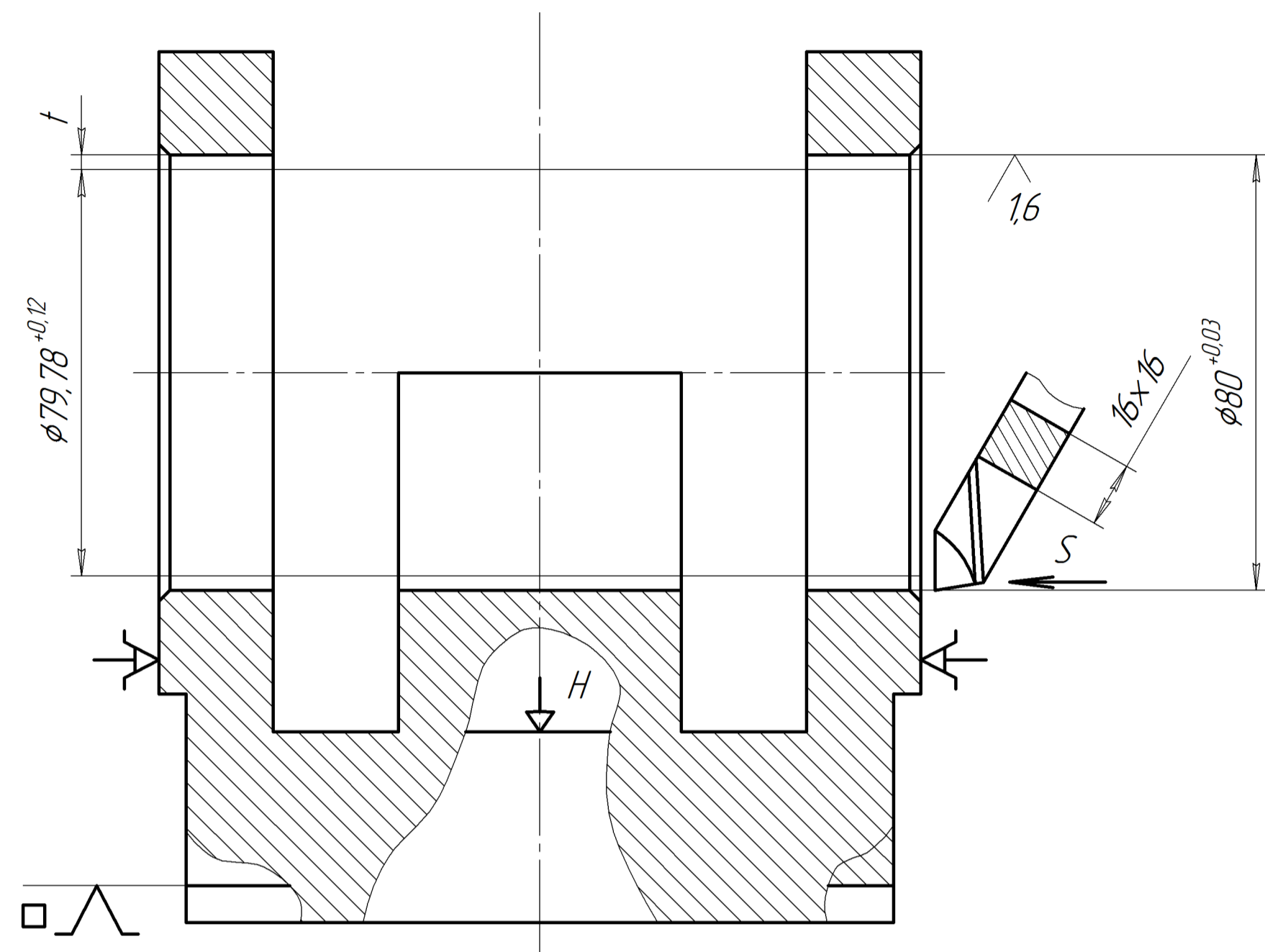


Рисунок 1 - Ескіз обробки

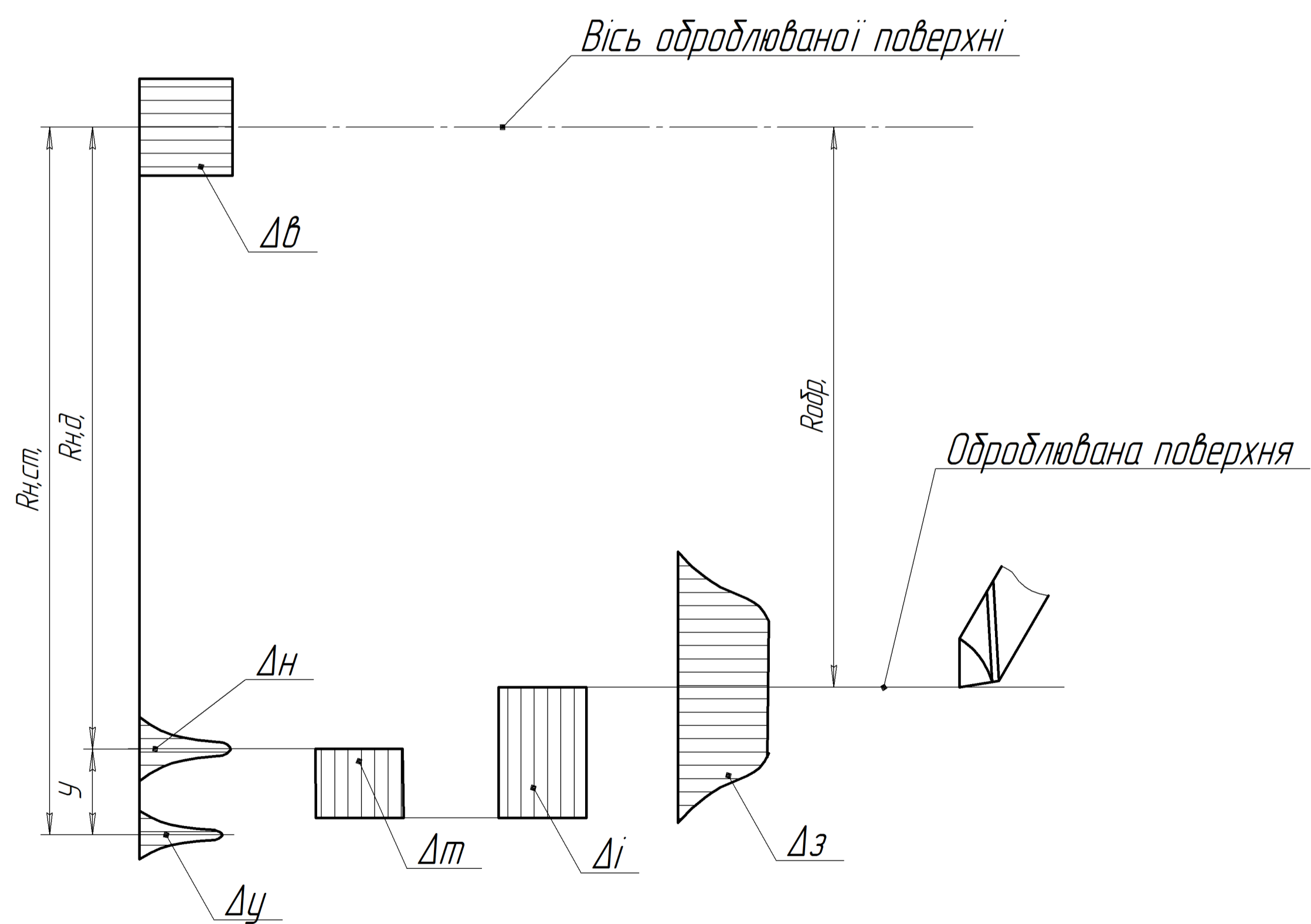


Рисунок 3 - Схема технологічного розмірного ланцюга

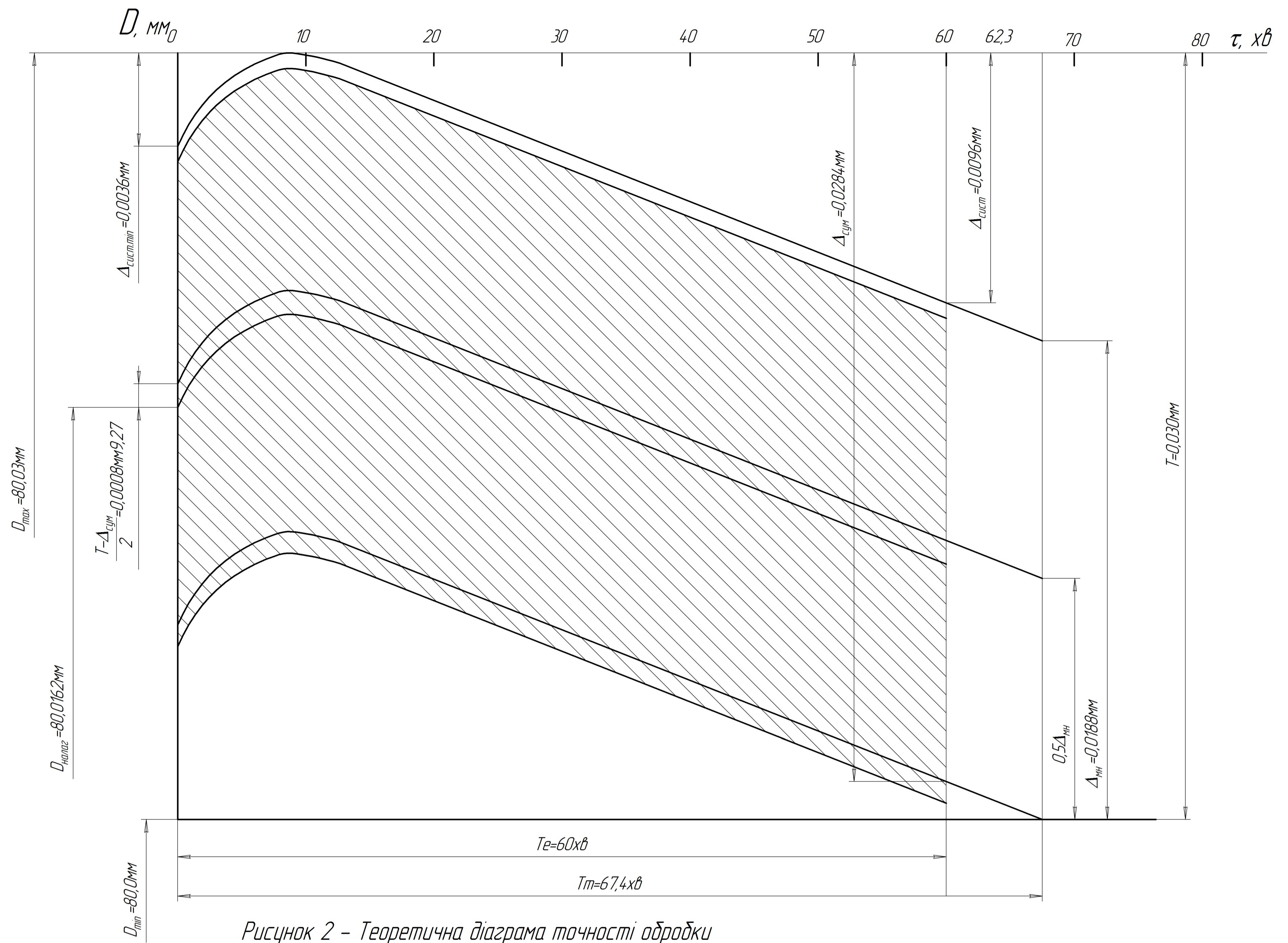


Рисунок 2 - Теоретична діаграма точності обробки

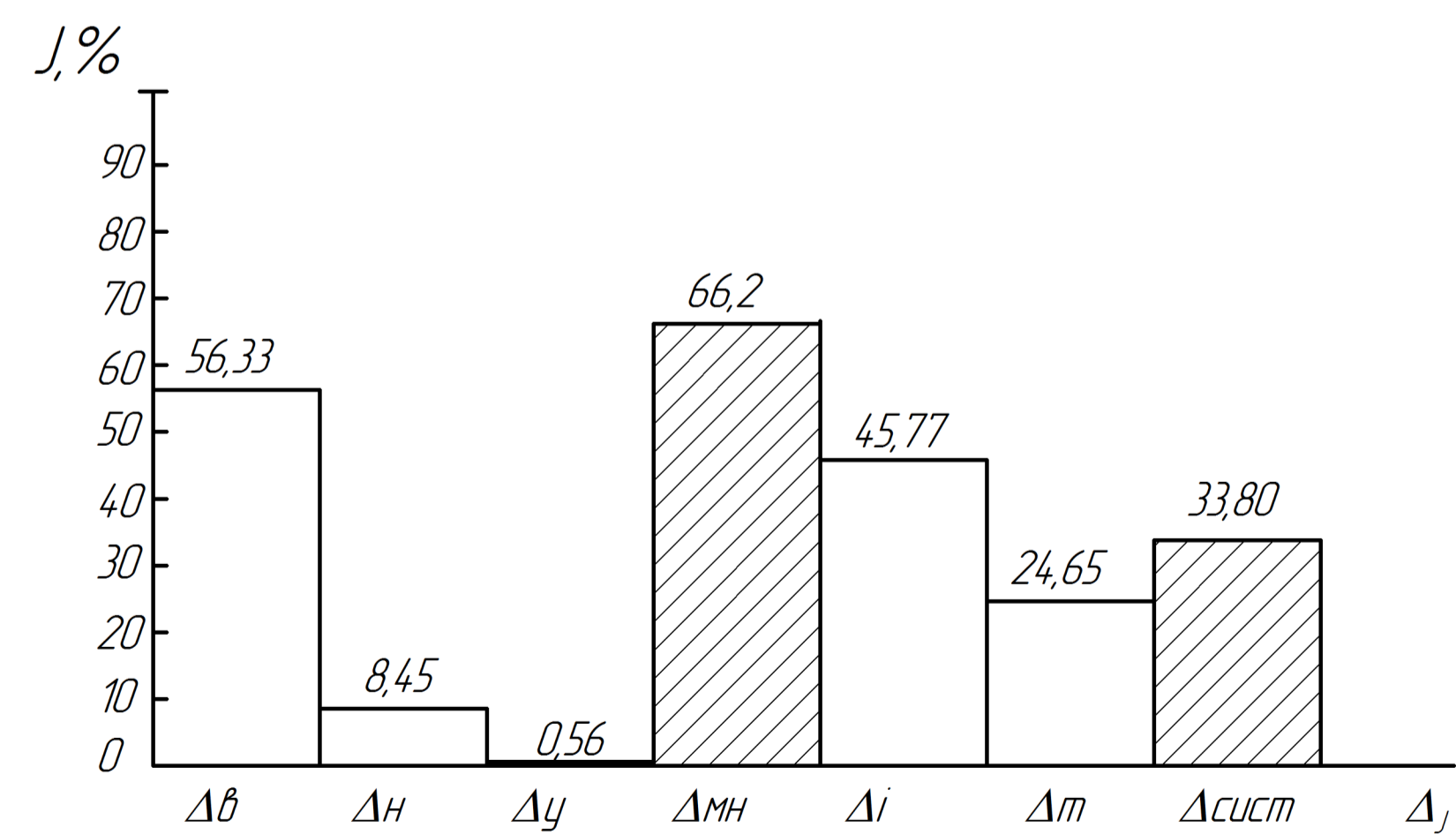


Рисунок 4 - Гістограма похибок обробки

МР.ПМК-647.01.00.000 СХ				Лист	Масштаб
Аналіз точності обробки				Н	-
№ лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист	Листов
Разраб.	Яворський				
Проб.	Панчик				
Т.контр.	Панчик				
Рецензент					
Н.контр.	Панчик				
Утв.	Панчик				

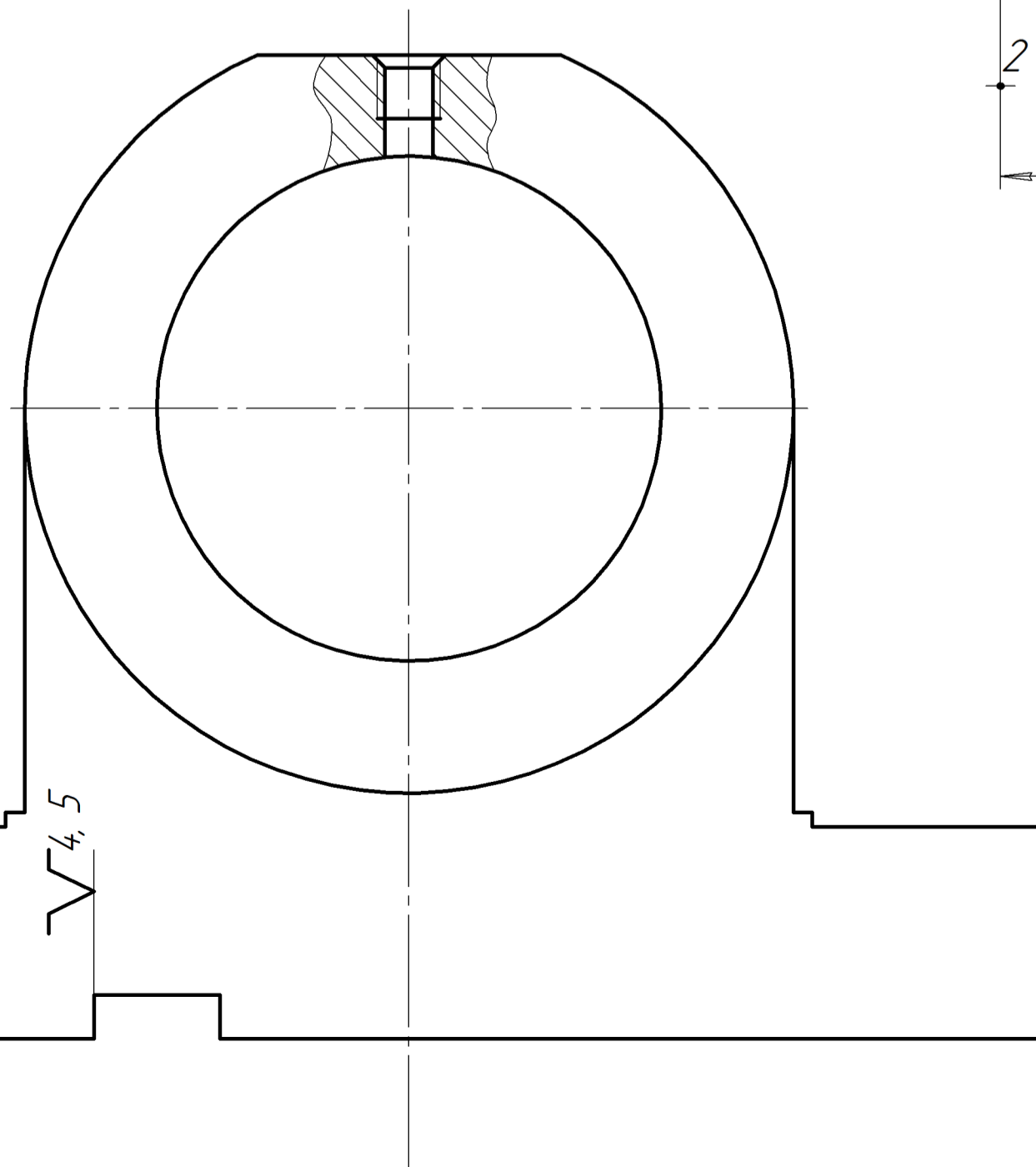
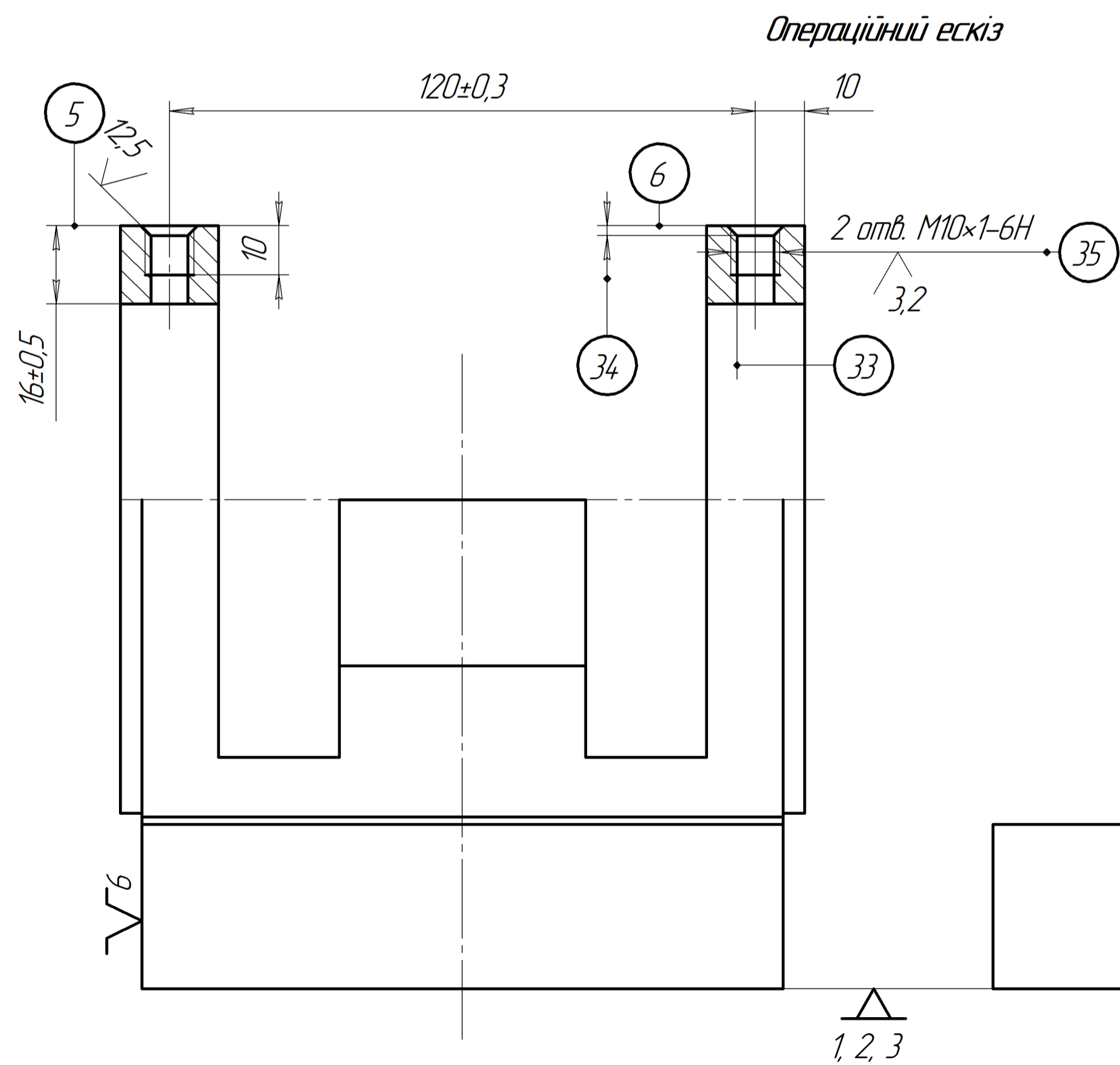
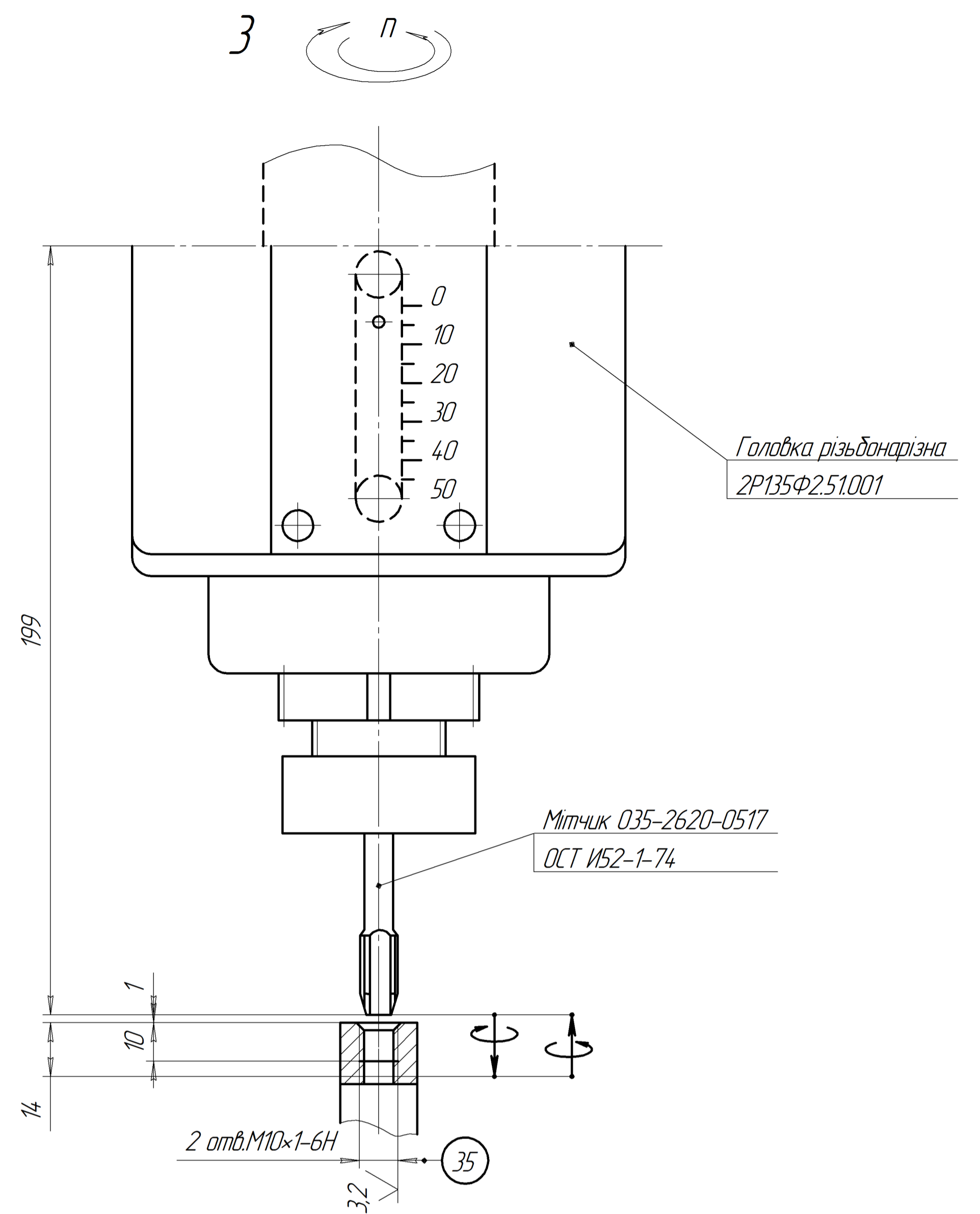
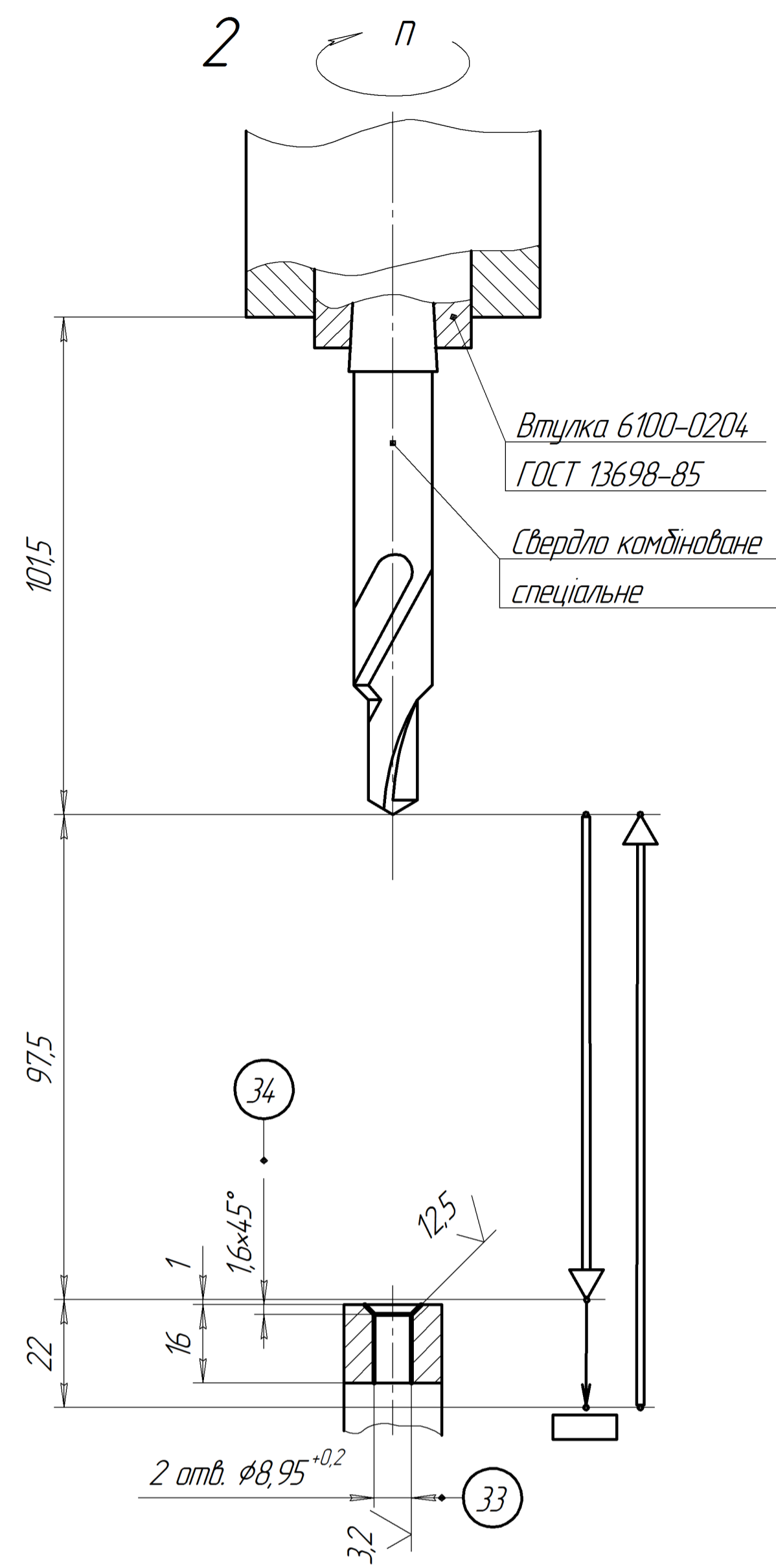
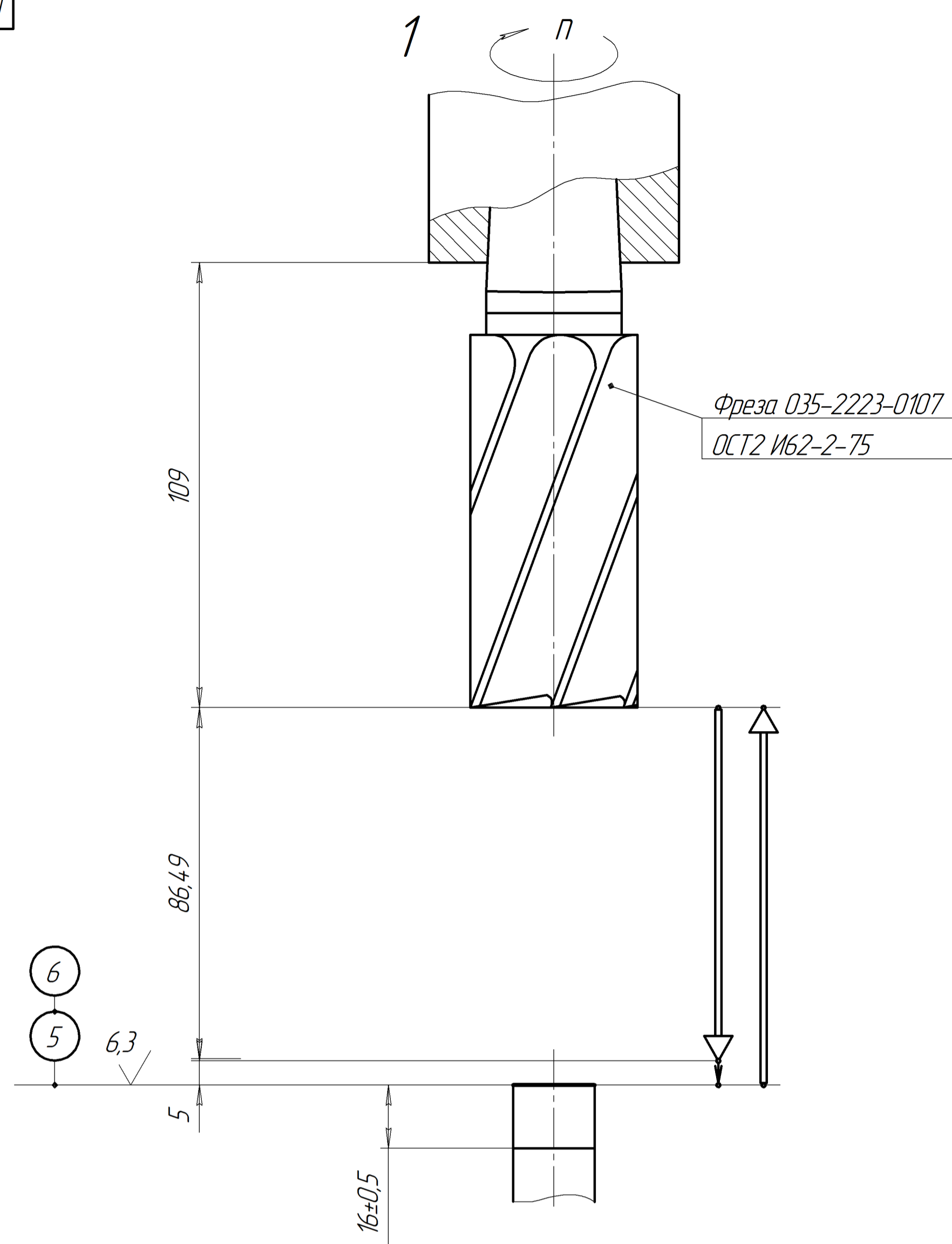
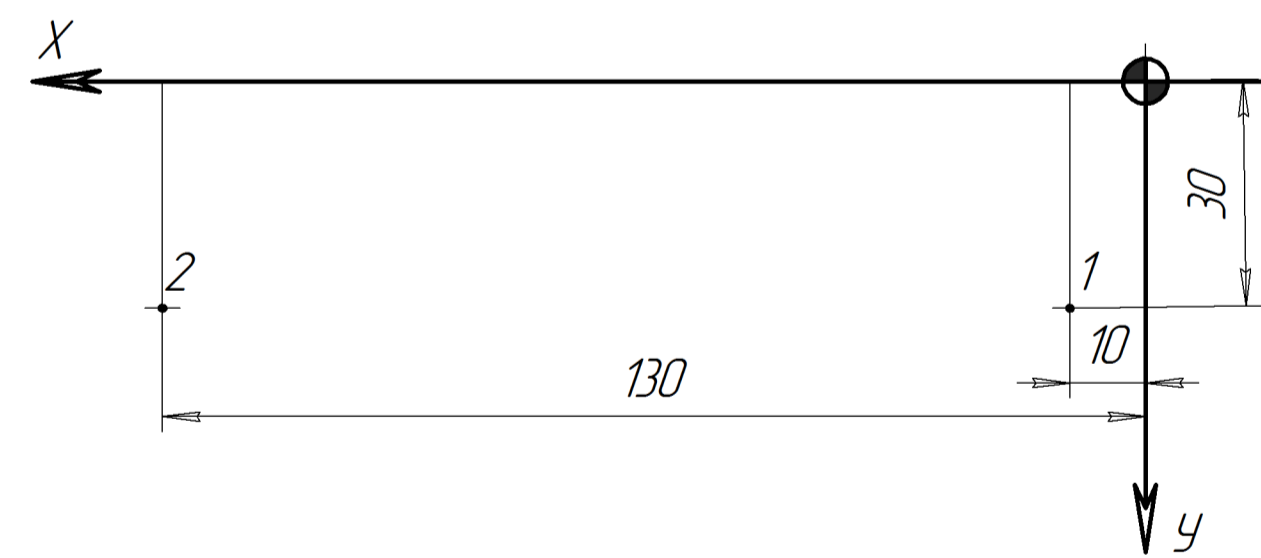


Схема розташування опорних точок



Умовні позначення до циклограми

- ↓ — робочий хід
- ↕ — напрям швидких переміщень по осі "Z"
- ↻ — напрям переміщення та обертання інструменту при нарізанні різьби
- — витримка часу, пауза

Координати опорних точок

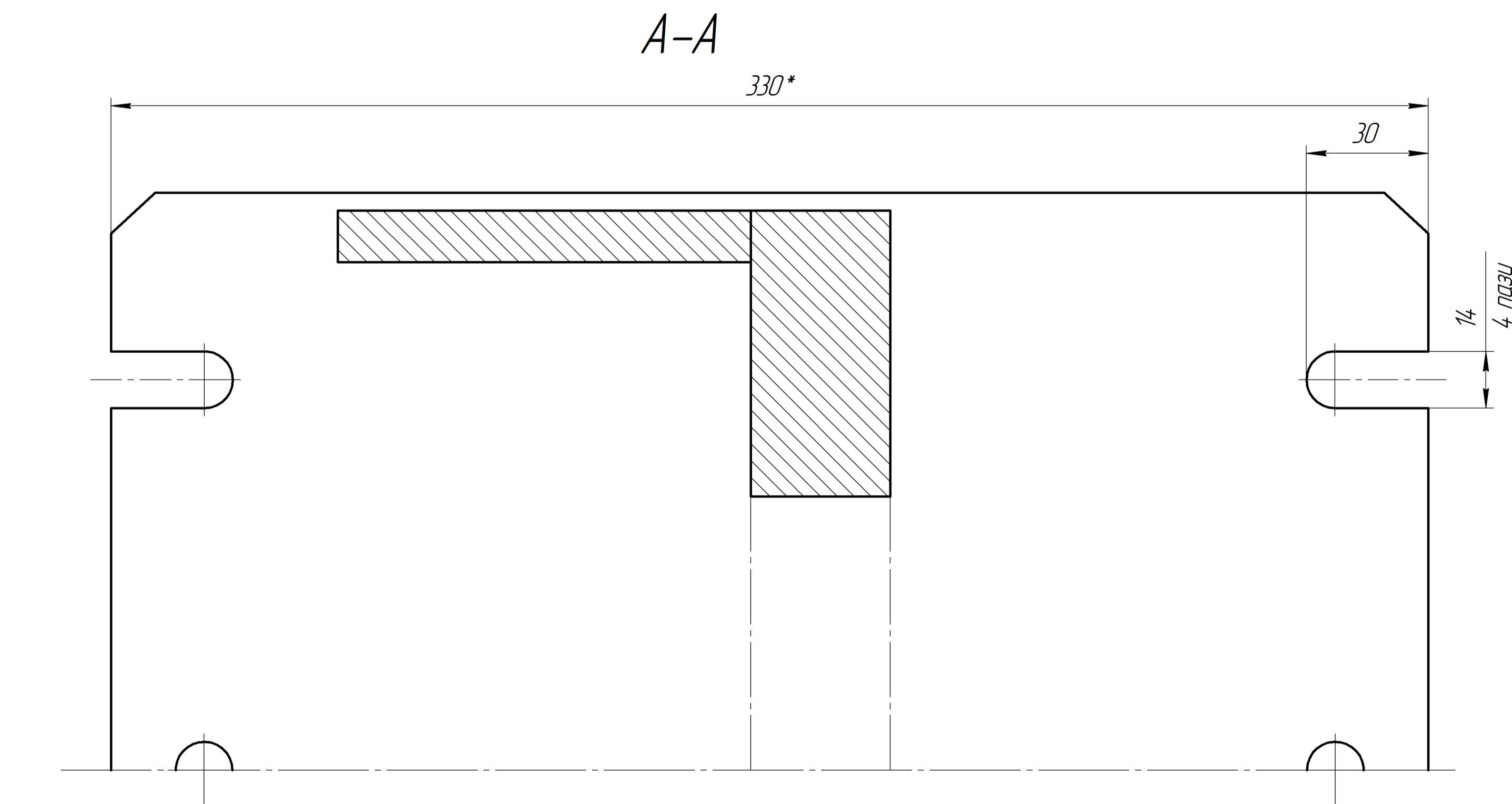
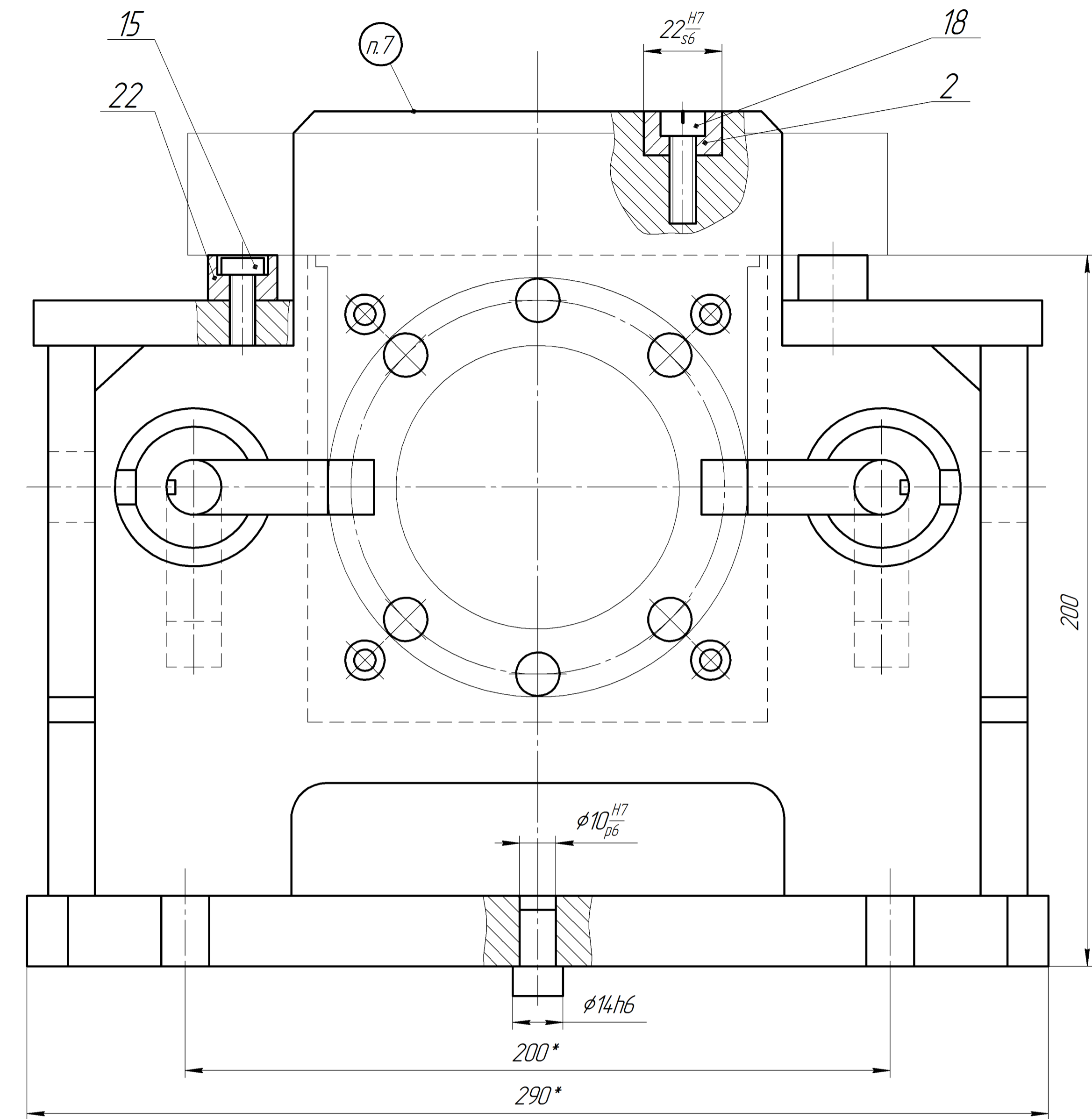
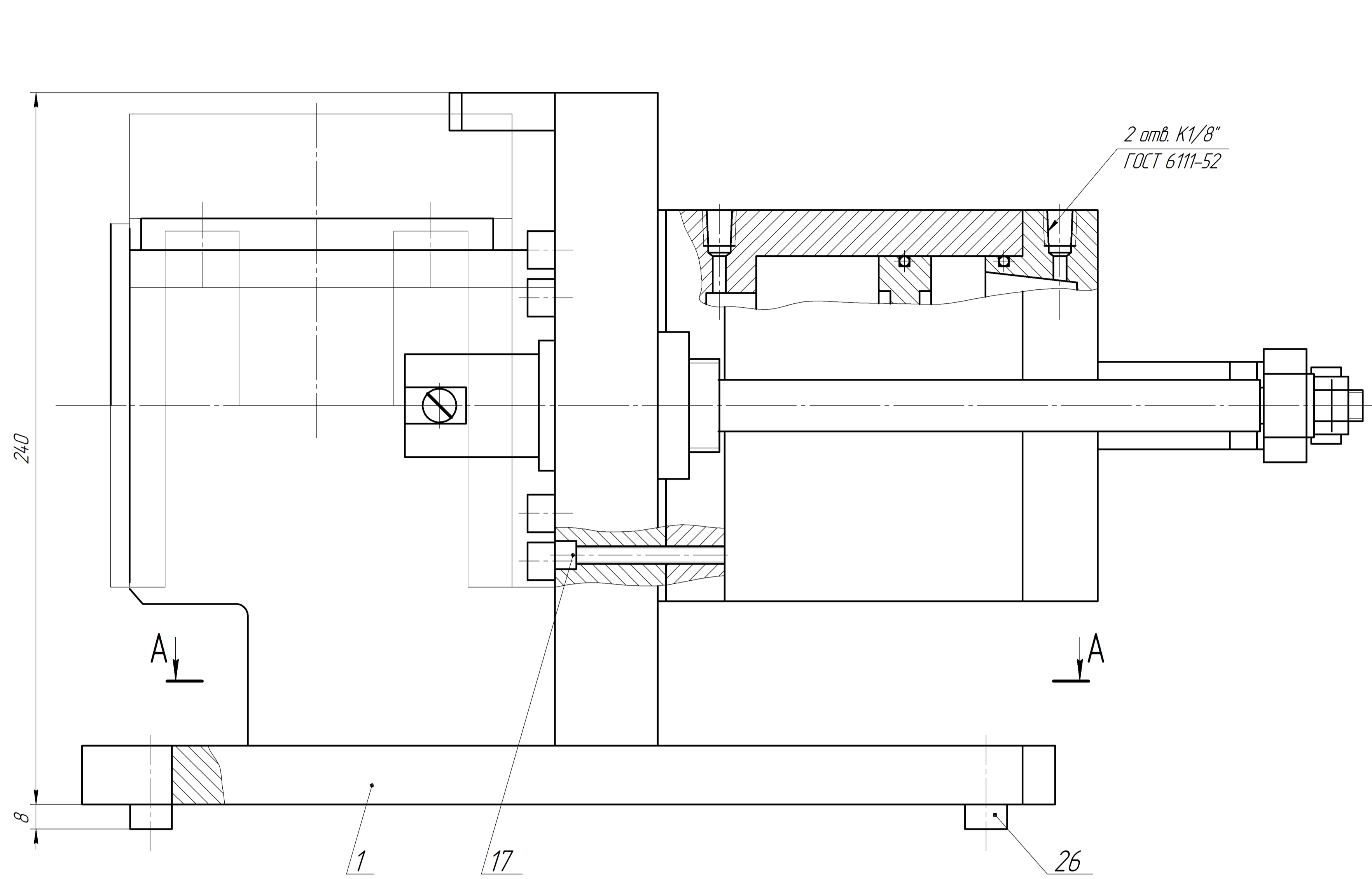
Координата	№ опорної точки	
	1	2
X	10	130
Y	30	30

Деталь	Операція	Верстат	Система ЧПК										
КС8334.31.050.301	050	2Р135Ф2	Координата С70-3										
№ опорної точки	Геометрична інформація		Технологічна інформація				L, № коректора						
	X, мм	Y, мм	Z, мм	R, мм	f, мм	S ₀ , мм/об		S _v , мм/хв	V _c , м/хв	n, хв ⁻¹	Напрямок одерт.	Охолодження	№ інструмента
1	10	30	5	86	4,0	0,64	160	31,42	250	пр	+	1	01
2	130	30	22	97,5	4,5	0,1	80	20,07	710	пр	+	2	02
1	10	30	14	0	0,5	1,0	250	7,86	250	пр/об	+	3	03
2	130	30											

МР.ПМК-64.7.02.00.000 СХ

Карта налагодження				Лит	Маса	Масштаб	
Зм.	Арх.	№ Док.	Підп.	Дата	Н	-	-
Разраб.	Яворський						
Левоб.	Панчик						
Т.контр.	Панчик						
Рецензент							
Н.контр.	Панчик						
Затв.	Панчик						

ІФНТУНГ
ПМКМ-23-1



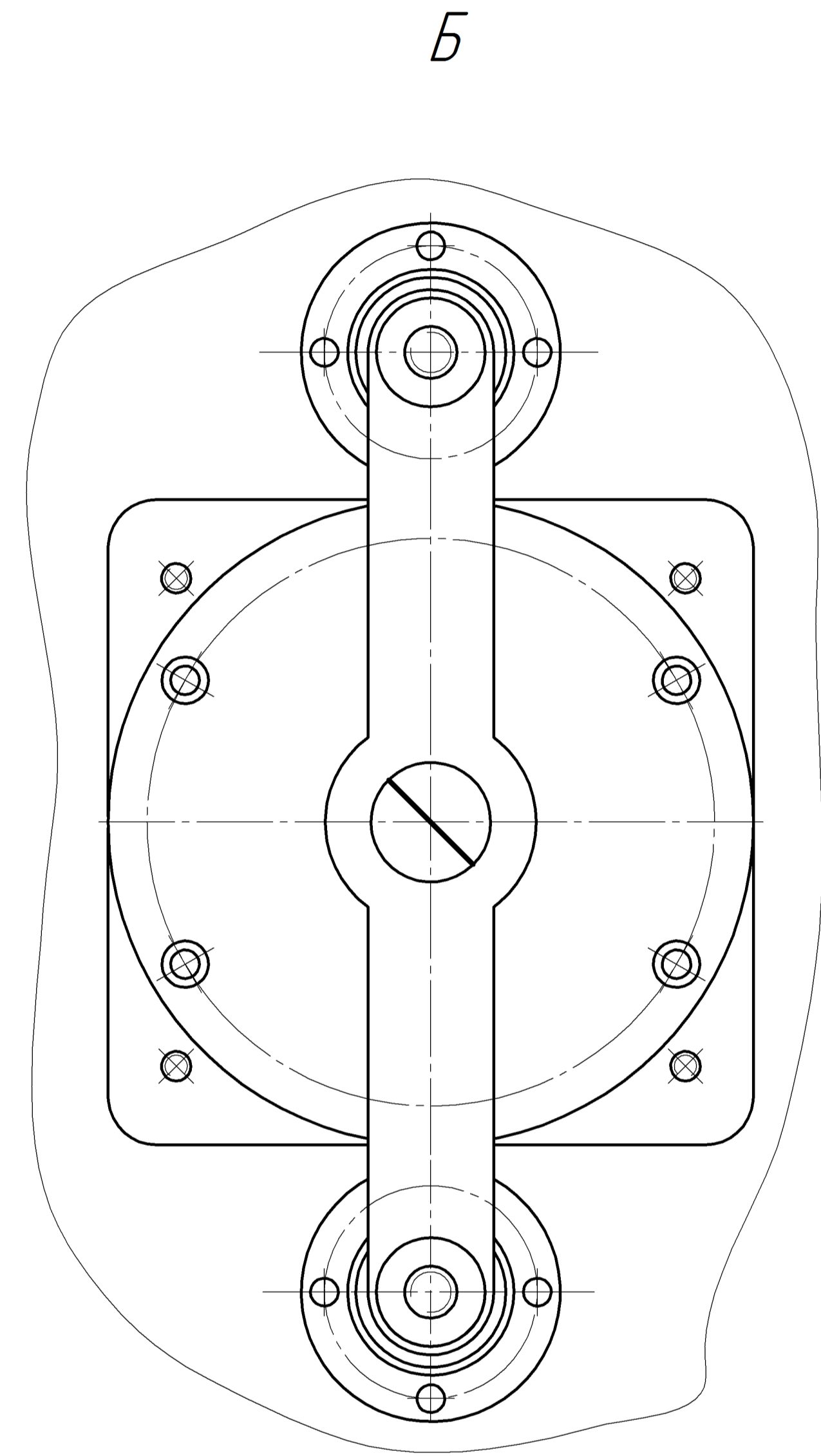
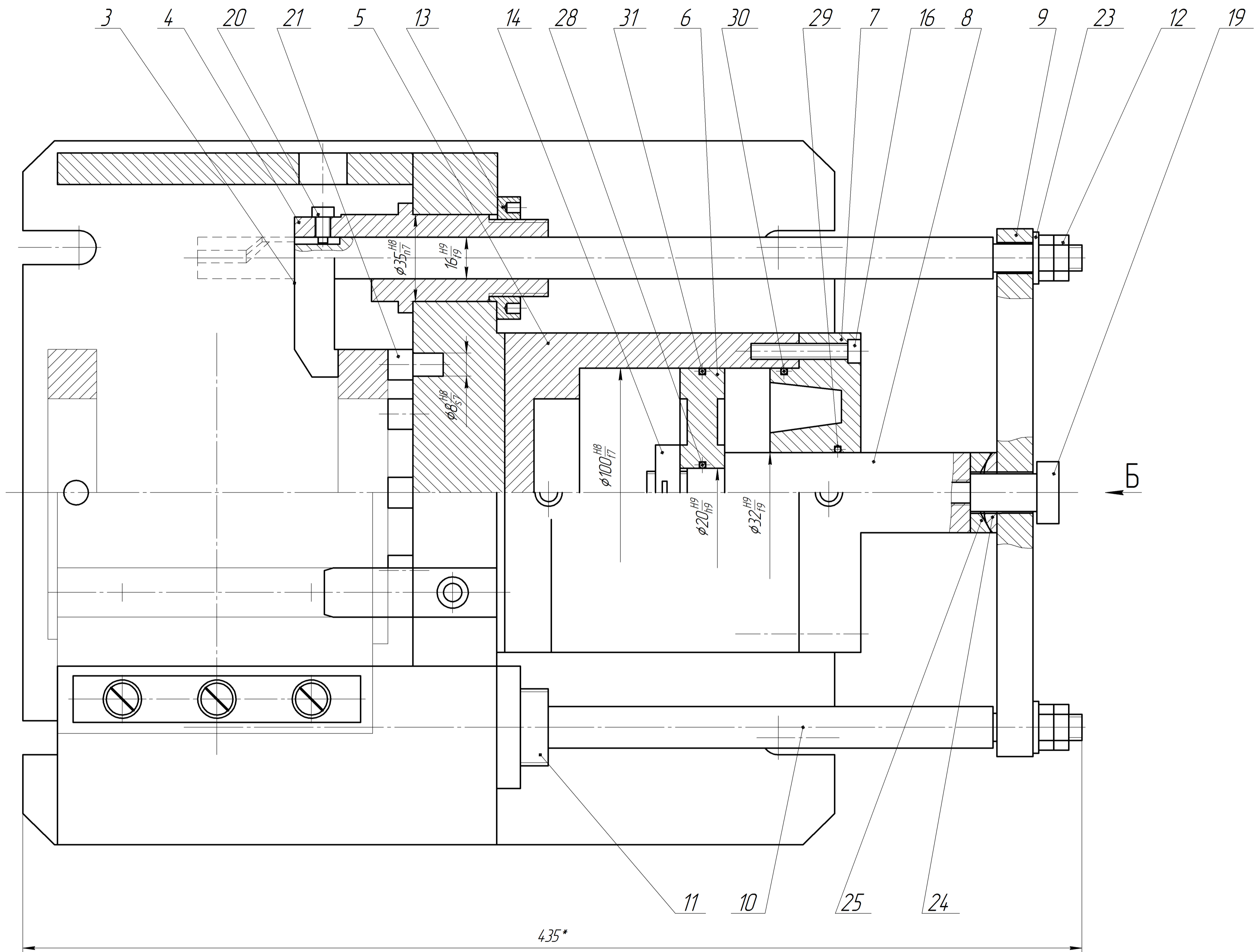
Технічні вимоги

- *Разміри для довідок
- Допуск паралельності пластин (поз. 22) до основи пристрою 0,08 мм
- Допуск перпендикулярності опорної поверхні опор (поз. 21) до основи пристрою 0,1 мм.
- Допуск паралельності осі шпонки (поз. 2) відносно осі шпонок (поз. 26) 0,05 мм.
- Переміщення і повертання притискачів (поз. 3 і 10) повинно бути плавним, без ривків і заїдань.
- Поверхні тертя рухомих деталей, крім пневмоциліндра, змастити мастилом ЦИАТИМ-211, при складанні.
- Маркувати: 045 Вертикально-свердильна з ЧПК, 2Р135Ф2.

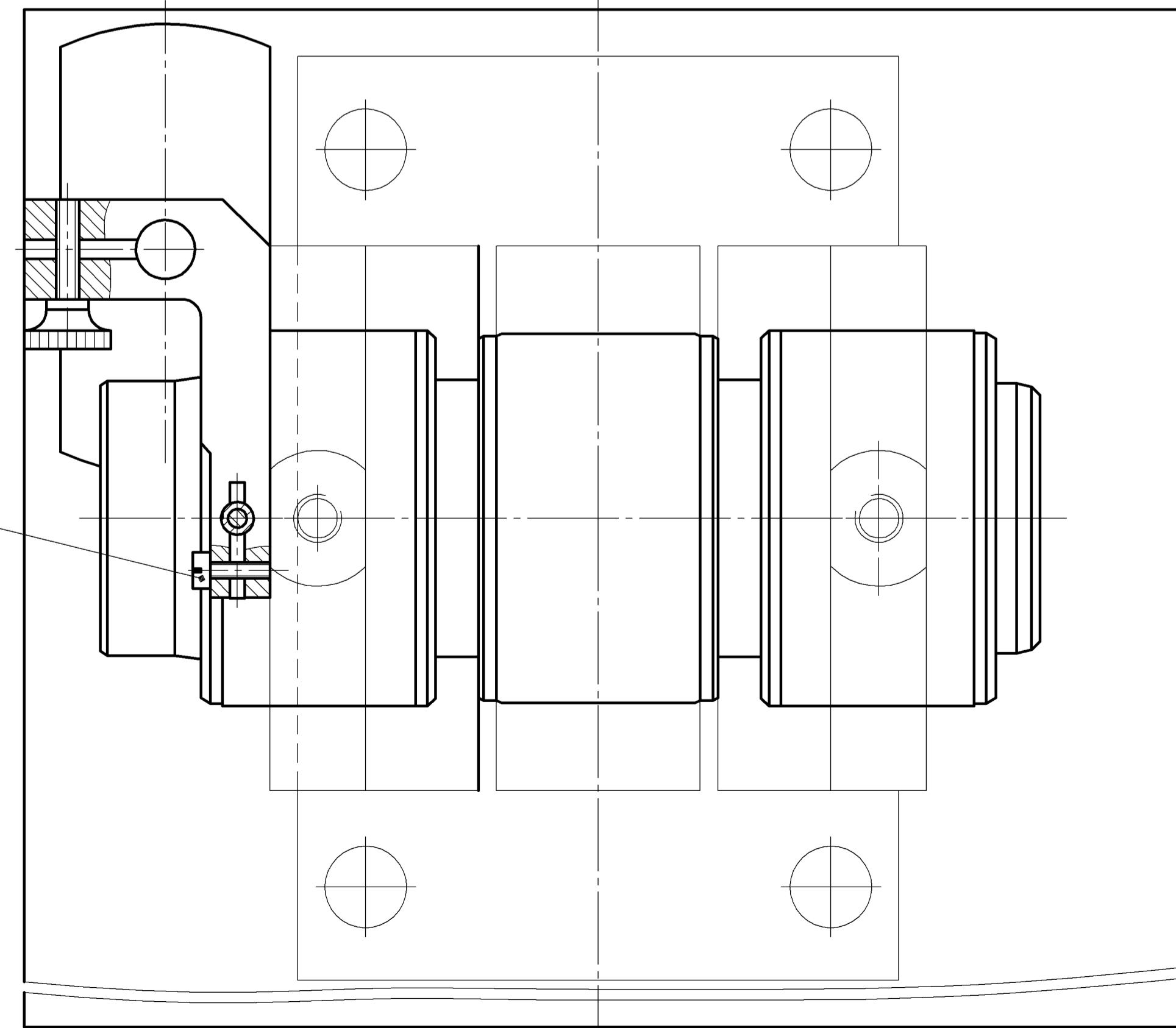
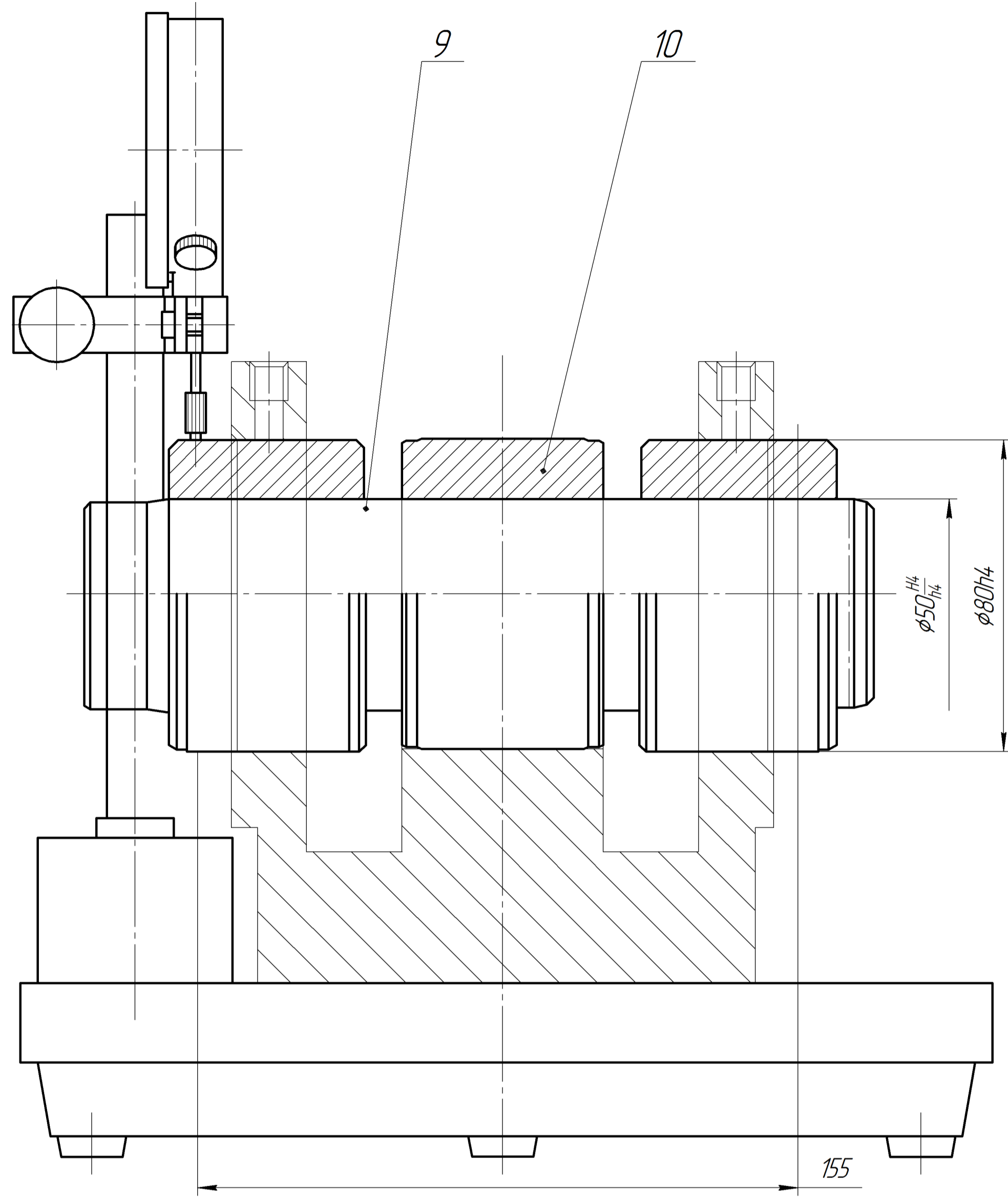
Технічна характеристика

- Привід пневматичний, розрахунковий тиск стисненого повітря в мережі 0,4 МПа
- Зусилля, Н:
на штоці пневмоциліндра - 4003
затискаюче - 2974
- Хід поршня пневмоциліндра, мм:
- робочий - 42
- повний - 60

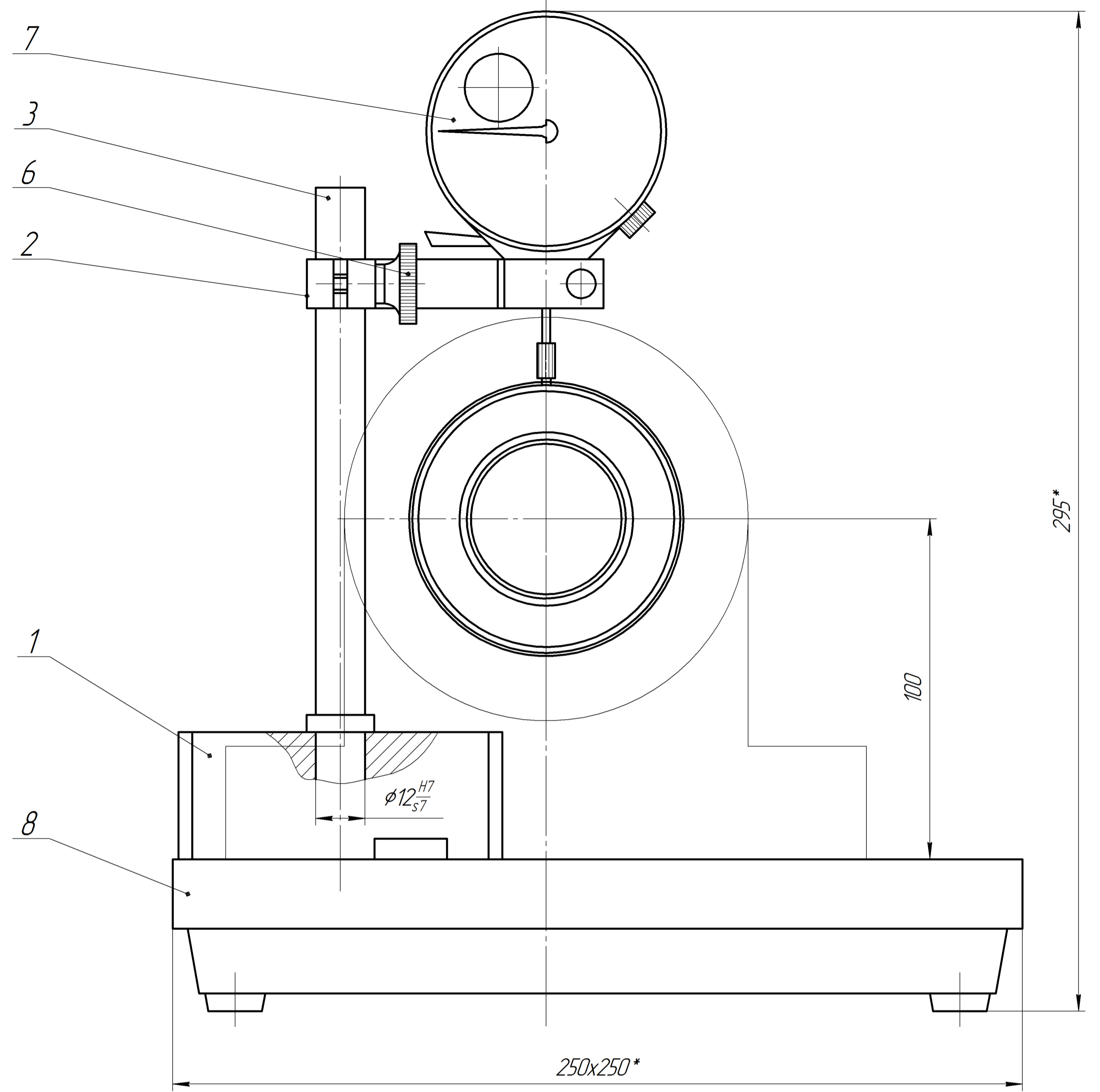
МР.ПМК-647.03.00.000 СК				Лит	Маса	Масштаб
Пристрій свердильний				Н	-	1:1
Зм. Арк.	№ Доким.	Підп.	Дата	Архив	Архив	1
Розроб.	Яворський			ІФНТУНГ		
Лектор.	Панчик			ПМКМ-23-1		
Т.контр.	Панчик					
Реценз.						
Н.контр.	Панчик					
Затв.	Панчик					



МР.ПМК-647.03.00.000 СК						Лит	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ Док.	Підп.	Дата	Присп. свердильний			
Разраб.	Яворський				Н	-	1:1	
Лектор	Панчик				Архив 1			
Т.контр.	Панчик				ІФНТЧНГ			
Реценз.					ПМКМ-23-1			
Н.контр.	Панчик							
Затв.	Панчик							

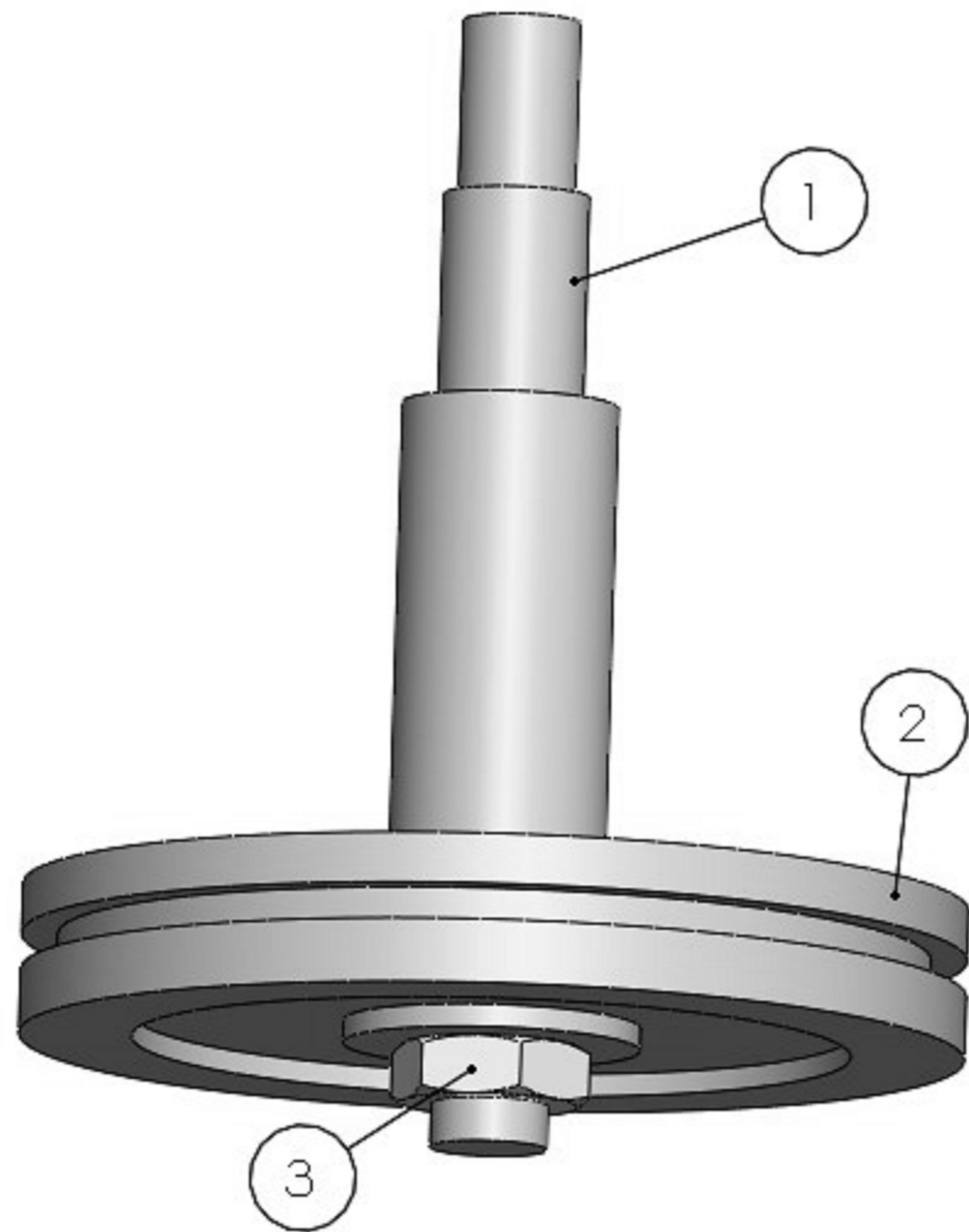


5



- 1. *Разміри для довідок.
- 2. Забезпечити беззазорне з'єднання.
- 3. Допускається зміщення дет. поз. 9 і 10 між замірами (див. вигляд в плані).
- 4. Деталь придатна при різниці показів індикатора (поз.7) не більше 0,05 мм.
- 5. Маркувати: контроль паралельності

MP.ПМК-64.7.04.00.000 СК					Лист	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ Док.	Підп.	Дата	Пристрій контрольний	н	1:1
Розраб.	Яворський					Архив	Архив
Левев	Панчик						1
Т.контр.	Панчик						
Реценз.							
Н.контр.	Панчик					ІФНТЧНГ	
Затв.	Панчик					ПМКМ-23-1	



1 - шток; 2 - поршень; 3 - гайка

Рисунок 1 - Тривимірний модель для проведення імітаційного моделювання

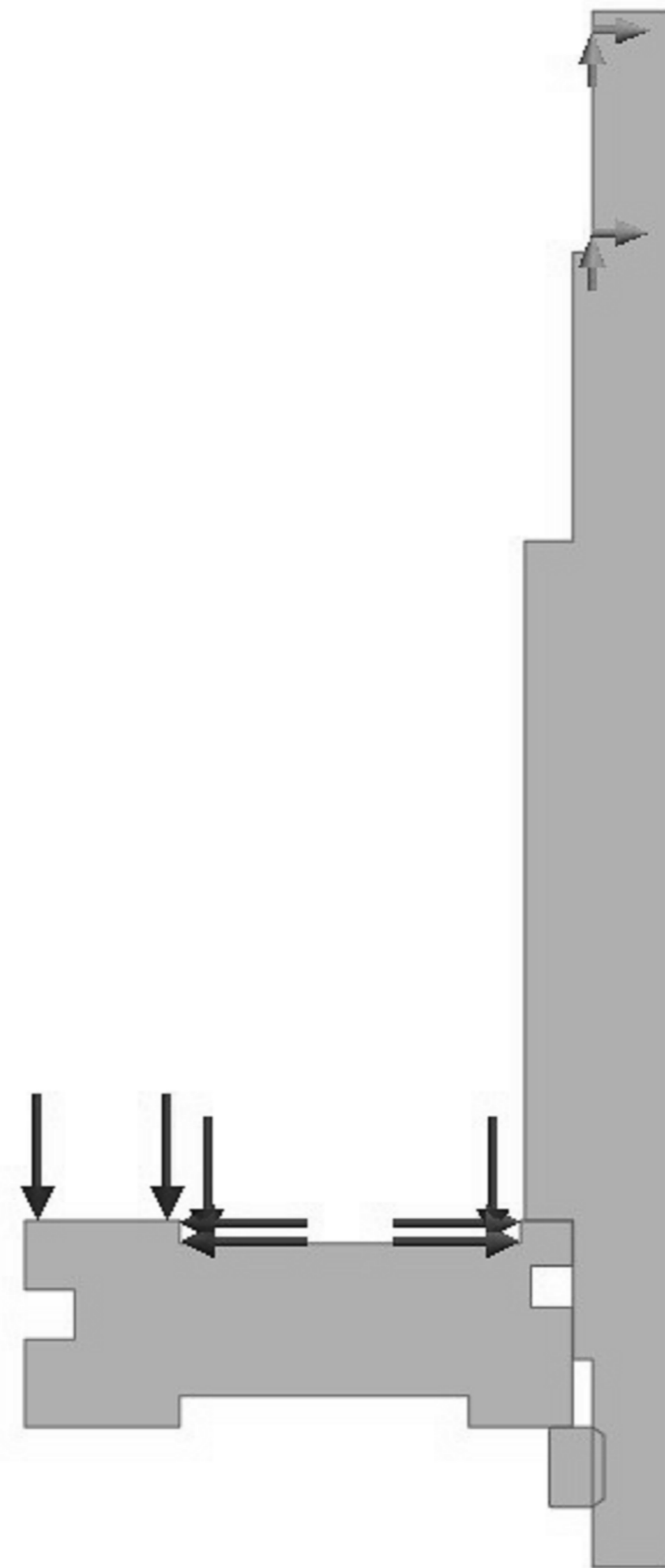


Рисунок 2 - Граничні умови

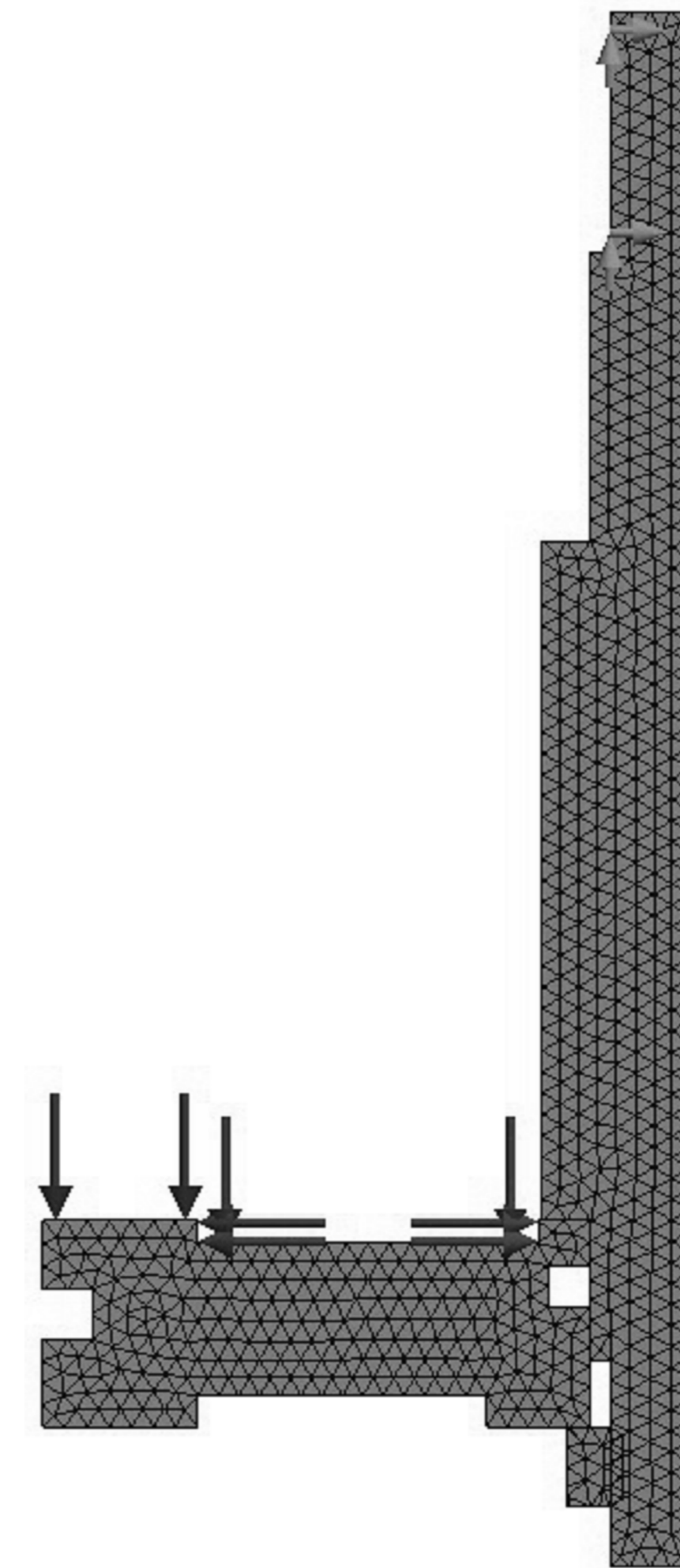


Рисунок 3 - Сітка скінченних елементів

MP.ПМК-64.7.05.00.000 СХ								
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підп.	Дата	Тривимірний модель притискача	Лит.	Маса	Масштаб
Разроб.	Яворський					Н		-
Перев.	Панчук				Архив	Архив	1	
Т.контр.	Панчук							
Н.контр.	Панчук							
Затв.	Панчук							
						ІФНТУНГ ПМК-23-1		

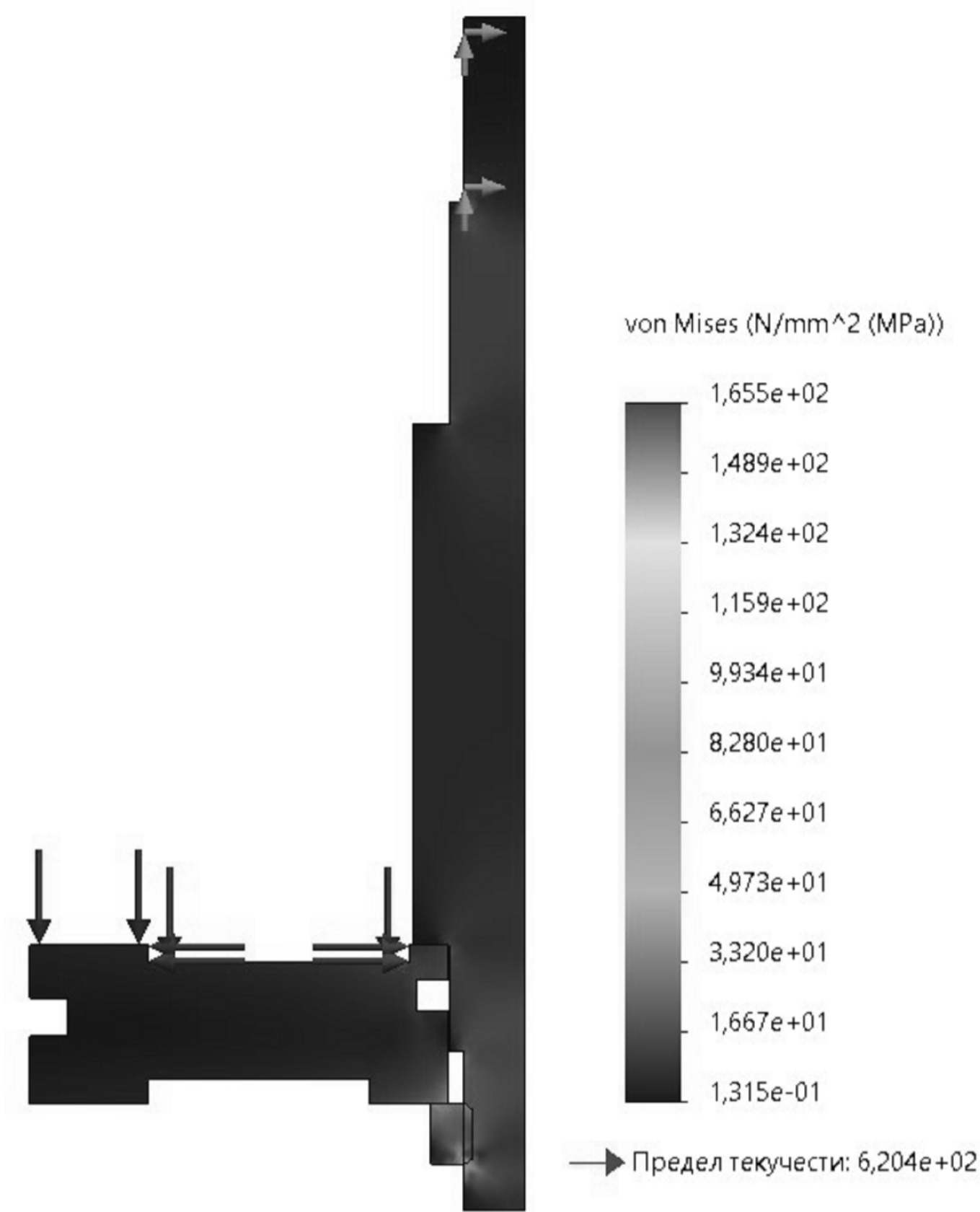


Рисунок 4 – Еквівалентні напруження

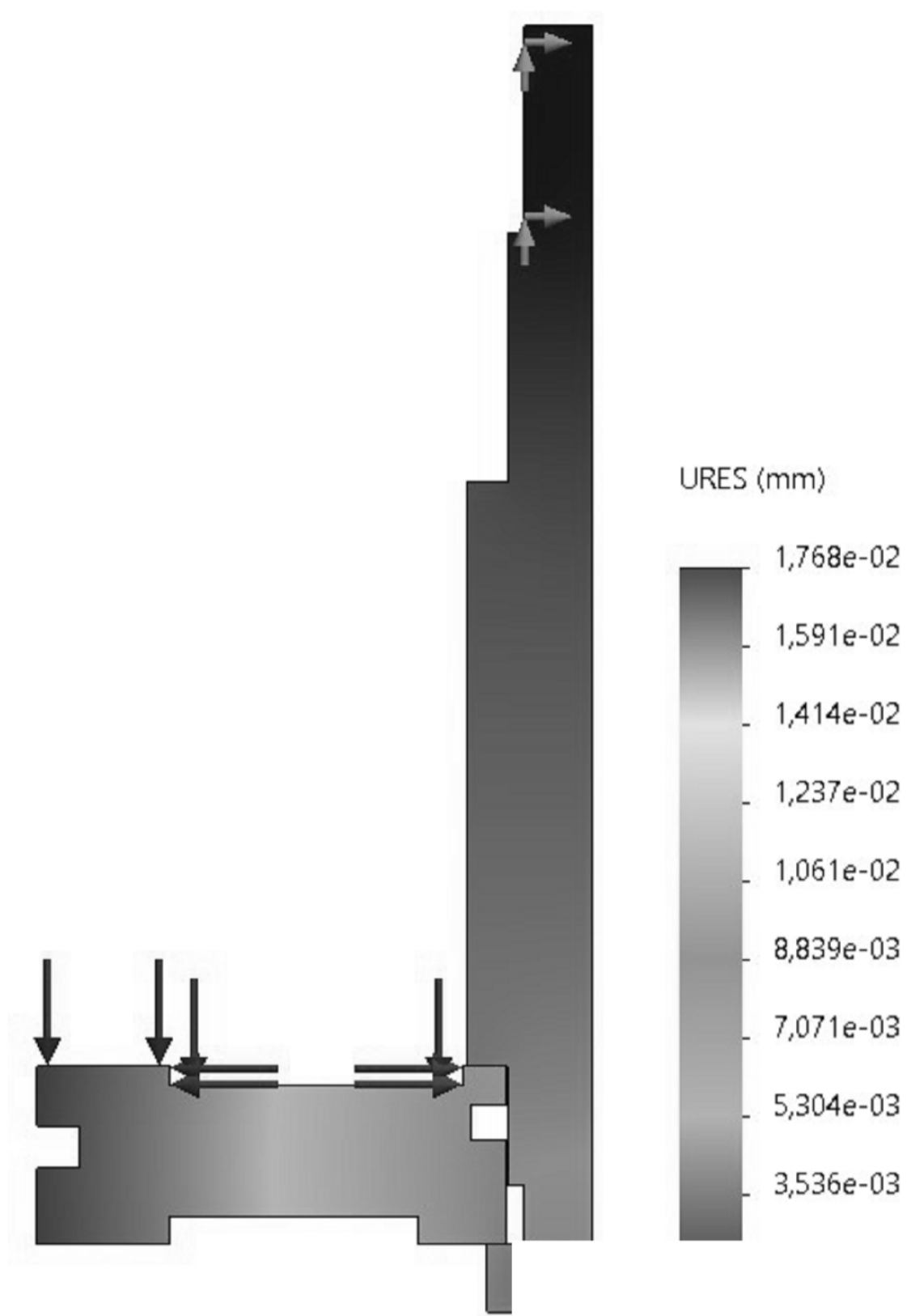


Рисунок 5 – Переміщення

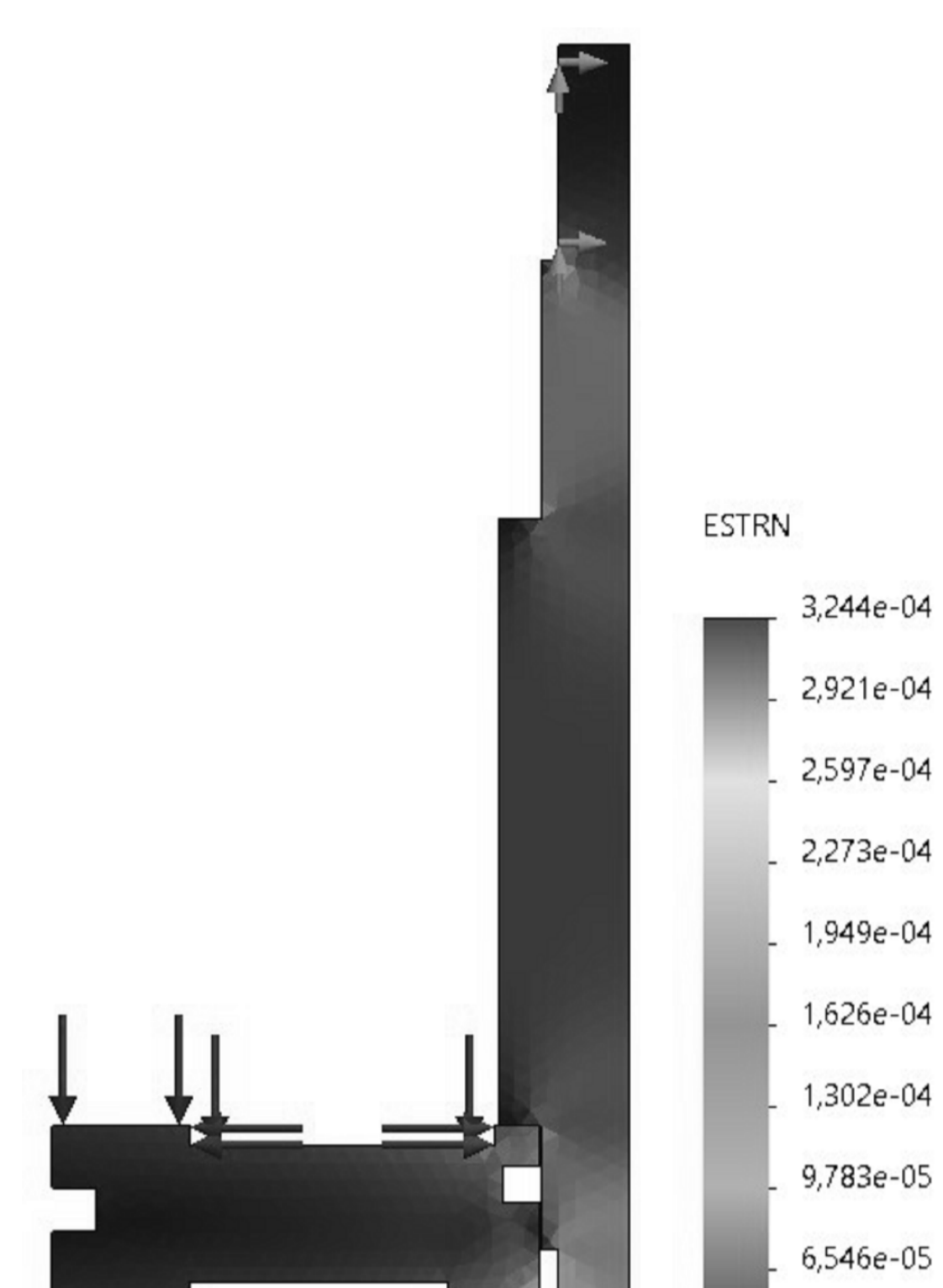


Рисунок 6 – Деформація

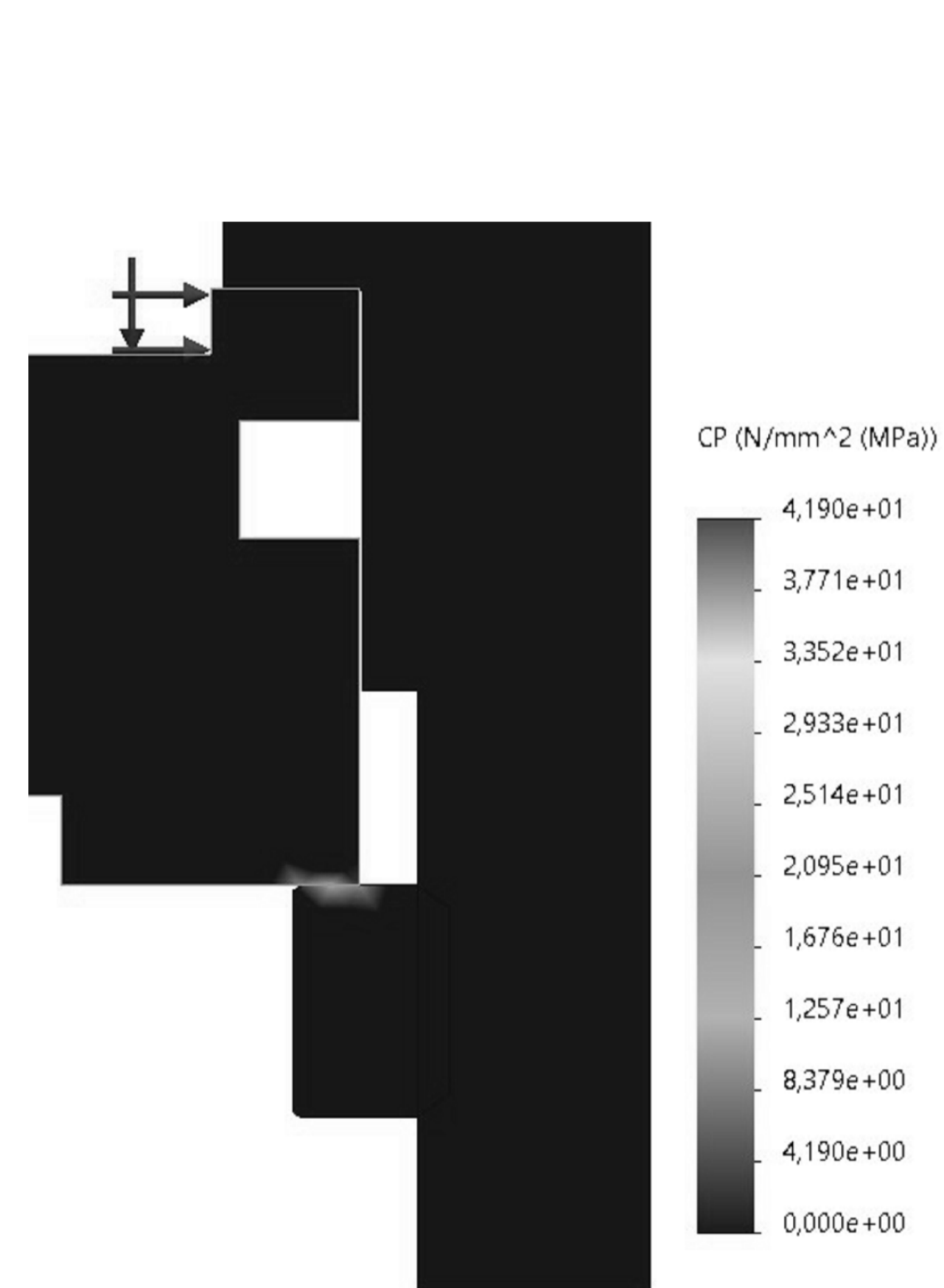


Рисунок 7 – Розподіл контактної тиску

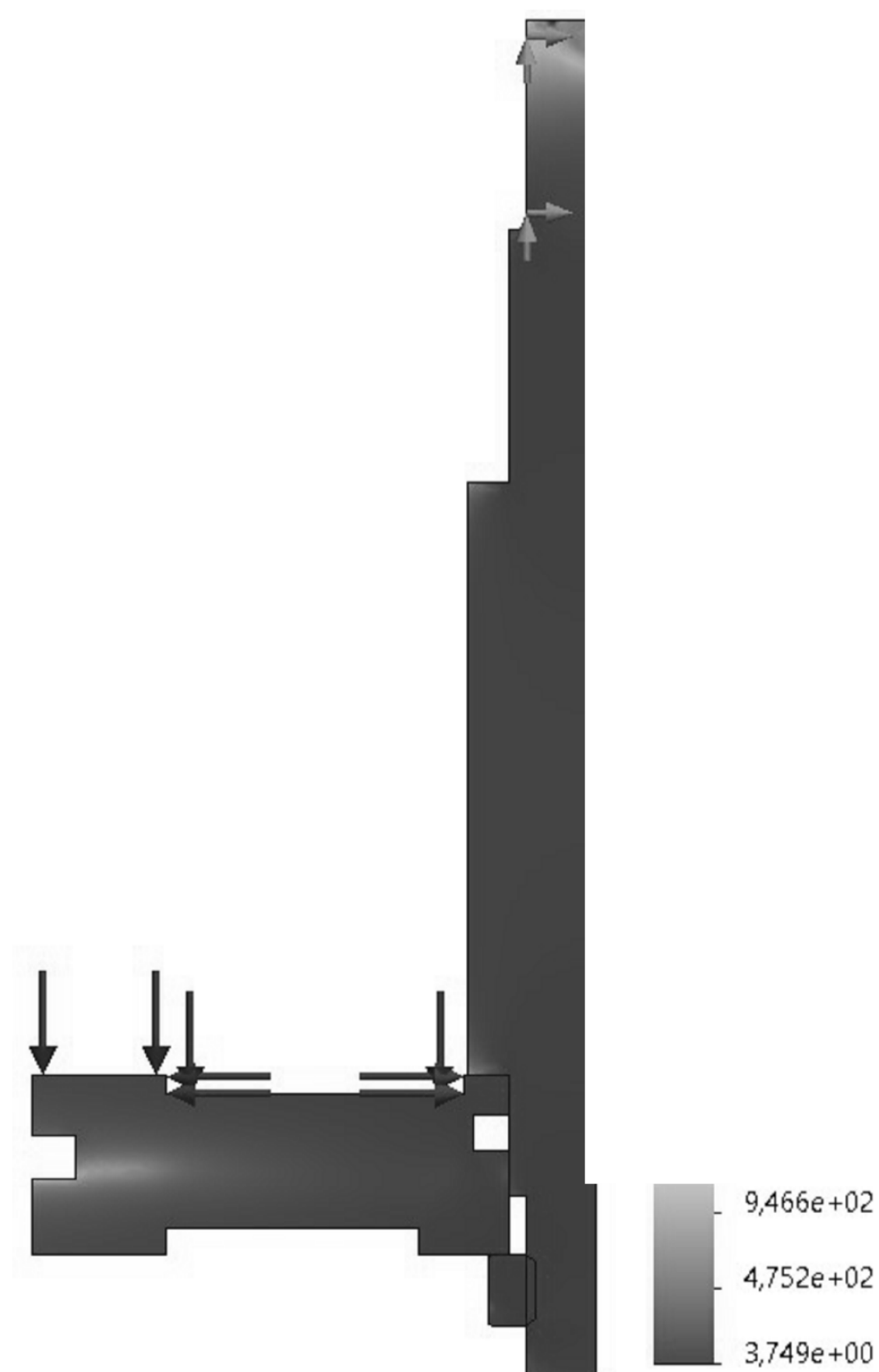


Рисунок 9 – Коефіцієнт запасу міцності

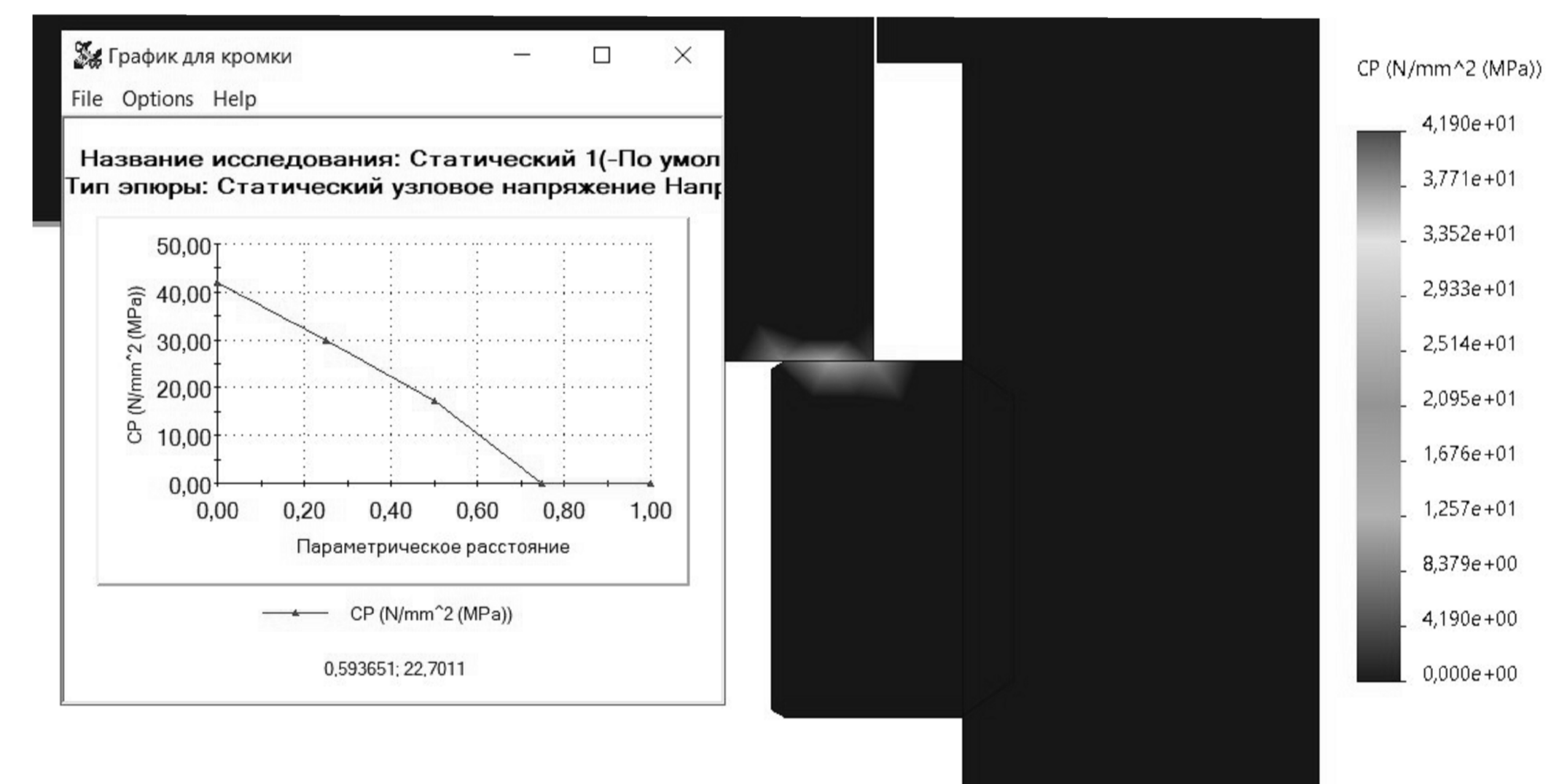


Рисунок 8 – Залежність зміни величини контактної тиску по площі контакту торця гайки та торця поршня

				MP.LMK-64.7.06.00.000 CX			
Эм. Арх.	№ Доким.	Лист	Дата	Імітаційне дослідження	Лит.	Маса	Масштаб
Разрб.	Яворський				Н		-
Перев.	Панчик			Архив	Архив	1	
Т.контр.	Панчик			ІФНТУНГ			
Н.контр.	Панчик			ЛМКМ-23-1			
Затв.	Панчик						