

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Пастернак Андрій Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі

(назва роботи)

«Плита нижня ПА-3.07.01.01» для умов серійного виробництва

Комп'ютеризовані та роботизовані технології машинобудування

(назва освітньої програми)

131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

А.В. Пастернак

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Шуляр Б.Р., доц., к.т.н.

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

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

Проф.

(посада)

(підпис)

(дата)

В.Г. Панчук

(ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

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

Івано-Франківськ - 2025 р.

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної магістерської роботи на тему: Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Плита нижня ПА-3.07.01.01» для умов серійного виробництва.

Розрахунково-пояснювальна записка складається з 79 сторінок і містить: 18 таблиць, 23 рисунки, 10 посилання на літературні джерела та додатків на 10 сторінках.

Графічна частина: 8 аркушів (7 - ф. А1., 1 – ф. А2).

Об'єкт дослідження – процес механічної обробки.

Предмет дослідження – деталь “Плита нижня ПА-3.07.01.01”.

Мета роботи – розробити покращений маршрут технологічного процесу виготовлення плити нижньої ПА-3.07.01.01 опираючись на заводський маршрут технології її виготовлення. Проектний варіант повинен зменшити затрати на виготовлення деталі з дотриманням вимог креслення деталі, щодо точності розмірів, форм та якості поверхонь. Також необхідно розробити для проектного маршруту конструкції верстатних та одного контрольного пристроїв і підтвердити їх працездатність розрахунковим методом.

Згідно завданню проведено критичний аналіз креслення деталі (конструкції, призначення і функцій у вузлі), аналіз заводського технологічного процесу її виготовлення, і опираючись на результати аналізу та рекомендації технічної літератури розроблено проектний маршрут технологічного процесу механічної обробки плити нижньої, вибрано оптимальний спосіб отримання заготовки, пораховано припуски, режими різання та норми часу на механообробні операції. Для закріплення деталі на фрезерних операціях розроблено конструкції двох спеціальних верстатних пристроїв, їх складальні креслення та перевірено працездатність (розрахунки приведені в 2-му та 3-му розділах пояснювальної записки), а також сконструйовано контрольний пристрій і теж перевірено його працездатність.

Результати роботи можуть бути використані в машинобудівній галузі.

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

Студент: Пастернак А.В.

SUMMARY

of the qualifying master's thesis on the topic: Improvement of the technological process of manufacturing the "PIA-3.07.01.01 bottom plate" part for serial production conditions.

The explanatory note consists of 79 pages and contains: 18 tables, 23 figures, 10 references to literary sources and appendices on 10 pages.

Graphical part: 8 sheets (7 - f. A1., 1 – f. A2).

The object of research is the mechanical processing process.

The subject of research is the part "PIA-3.07.01.01 bottom plate".

The aim of the work is to develop an improved route for the technological process of manufacturing the lower plate PIA-3.07.01.01 based on the factory route of its manufacturing technology. The design option should reduce the cost of manufacturing the part while complying with the requirements of the part drawing in terms of accuracy of dimensions, shapes and surface quality. It is also necessary to develop a design route for the construction of machine tools and one control device and confirm their operability by calculation.

In accordance with the task, a critical analysis of the part drawing (design, purpose and functions in the assembly) was carried out, an analysis of the factory manufacturing process, and based on the results of the analysis and recommendations from technical literature, a design route for the mechanical processing of the bottom plate was developed, the optimal method for obtaining the blank was selected, allowances, cutting modes and time norms for machining operations were calculated. To secure the part during milling operations, the designs of two special machine tools were developed, their assembly drawings were prepared, and their performance was verified (calculations are given in sections 2 and 3 of the explanatory note). A control device was also designed and its performance was verified.

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

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

Student: Pasternak A.V.

Зміст

1 Технологічна частина	
1.1 Конструкторсько-технологічний аналіз.....	
1.1.1 Аналіз призначення та конструкції деталі	
1.1.2 Аналіз технологічності деталі	
1.1.3 Аналіз базового технологічного процесу.....	
1.3 Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі	
1.3.1 Техніко-економічне обґрунтування і вибір заготовки	
1.3.2 Аналіз базового технологічного процесу	
1.3.3 Обґрунтування вибору технологічних баз	
1.4 Розробка операційної технології	
1.4.1 Розрахунок припусків на механічну обробку	
1.4.2 Розрахунок режимів різання і вибір верстатів	
1.4.3 Розробка структури операцій, технологічних налагоджень та керуючої програми	
1.4.4 Аналіз точності обробки	
1.4.5 Нормування технологічного часу	
2 Конструкторська частина	
2.1 Пристрій фрезерний (операція 005)	
2.1.1 Опис призначення та роботи пристрою	
2.1.2 Силовий розрахунок пристрою	
2.1.3 Розрахунок точності пристрою	
2.1.4 Розрахунок коефіцієнта уніфікації	
2.2 Пристрій фрезерний (операція 010)	
2.2.1 Обґрунтування призначення, будови та роботи пристрою.....	
2.2.2 Силовий розрахунок пристрою	

					МР.ПМК-020.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Пастернак			Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Шуляр						
Реценз.								
Н. Контр.		Шуляр				ІФНТУНГ, ПМКм-24-1		
Затверд.		Панчук						

2.2.3 Розрахунок точності пристрою	
2.2.4 Розрахунок коефіцієнта уніфікації	
2.3 Контрольний пристрій	
2.3.1 Обґрунтування призначення, будови та роботи пристрою	
2.3.2 Розрахунок точності пристрою	
2.3.3 Розрахунок коефіцієнта уніфікації	
3 Імітаційне моделювання роботи притискної ланки фрезерного пристрою ...	
Висновки	
Перелік посилань на джерела	

					МР.ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Галузі машинобудування належить одне із провідних місць в розвитку економіки нашої країни, що забезпечує матеріальну та технічну основу науково-технічного прогресу всіх галузей народного господарства.

Найважливішою умовою прискорення науково-технічного прогресу є ріст продуктивності праці та підвищення ефективності суспільного виробництва, покращення якості продукції. Вдосконалення технологічних процесів виготовлення як деталей машин так і машин в цілому має при цьому першочергове значення. Естетичність машин, їх якість та надійність, довговічність та економічність в процесі експлуатації залежать від технології виробництва. Використання прогресивних методів обробки, які здатні забезпечити високу точність і якість поверхонь деталей, застосування сучасних методів зміцнення робочих поверхонь подовжують ресурс роботи як деталей так і машин в цілому. Ефективне використання металооброблюваних верстатів, іншої нової техніки, застосування прогресивних форм організації праці та сучасних виробничих процесів підвищує конкурентоспроможність виробів на ринку товарів та дозволяє підприємствам отримувати очікувані прибутки та розвиватись.

Ринкові відносини покращують тенденцію випуску високоефективного устаткування та машин, оснащених роботизованими приладами та мікропроцесорами. В сучасних технологічних процесах передбачається концентрація операції з використанням багатомісних пристроїв, комбінованого інструменту і т.д.

					МП.ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Технологічна частина

1.1 Конструкторсько-технологічний аналіз

1.1.1 Аналіз призначення та конструкції деталі

"Плита нижня ПА-3.07.01.01" є складовою одиницею "Плосков'язальної машини". Вона кріпиться нерухомо до станини виробу за допомогою двох пазів 16, які виконані в основі.

Аналіз функціонально важливих поверхонь, а також класифікація поверхонь деталі, з виділенням поверхонь з найвищою точністю і якістю дано в таблиці 1.1. Деталь призначена для утримання напрямної, яка проходить крізь отвір 5 діаметром $47^{+0,062}$ мм. Також в деталі передбачено два отвори 8 діаметром $14^{+0,043}$ мм для закріплення двох валів пристрою. Вісім отворів (7, 13, 15) М6 з двох сторін призначені для закріплення в них кришок. Зверху на деталі встановлюється плита, яка орієнтується відносно паза 9 розміром 96×8 мм і закріплюється трьома гвинтами М8 до даної деталі.

Таблиця 1.1- Опис призначення деталі

№ пов.	Конфігурація та службове призначення поверхні	Розмір, мм	Квалітет точності	Точність форми і розміщення	Шорсткість, мкм
1	Площина. ДКБ	170×150	14		Ra=5
2	Площина. ОКБ	155×17	14		Ra=10
3	Площина. ДКБ	80×70	14		Ra=5
4	Площина. ДКБ	134×50	14		Ra=5
5	Внутрішня. Циліндрична. ОКБ	Ø47×19	9	T _∥ =0,04 мм T _⊥ =0,04 мм	Ra=1,25
6	Фаска. Технологічна.	1×45 ⁰	14		Ra=10
7	Різьбова. ДКБ	М6; l=19	8Н		Ra=10
8	Внутрішня. Циліндрична. Вільна	Ø14×17	9		Ra=2,5
9	Площина. ДКБ	96×19	14		Ra=5
10	Площина. ДКБ	17×8	14		Ra=10
11	Площина. ДКБ	17×8	14		Ra=10
12	Площина. Робоча	8×17	14		Ra=10
13	Різьбова. ДКБ	М6; l=15	8Н		Ra=10
14	Різьбова. ДКБ	М8; l=15	8Н		Ra=10
15	Різьбова. ДКБ	М6; l=10	8Н		Ra=10
16	Канавка. Робоча.	12×16	14		Ra=10

З конструкцією дана деталь відноситься до класу корпусних.

Матеріал деталі — сталь 45Л ДСТУ 8781:2018.

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1.2 Аналіз технологічності деталі

Заготовку для деталі "Плита нижня ПА-3.07.01.01" виготовляють литвом зі сталі 45Л ДСТУ 8781:2018 у піщані форми 10 класу точності за ДСТУ 8981:2020. Так як деталь виготовляється литвом, конфігурація зовнішнього контуру і внутрішніх поверхонь не викликає значних труднощів при отриманні заготовки.

Слід зауважити, що товщина стінок відливки не завищена, так як мінімальна товщина стійки складає 6...8 мм [2], т. 4.2, с. 4.1, а на кресленні 6 мм. Відповідно, умову мінімальної металоємкості ця деталь задовольняє.

З точки зору механічної обробки деталь має вільний доступ інструменту до оброблюваних поверхонь. Їх обробка не потребує застосування спеціальних інструментів.

До особливостей конструкції можна віднести наявність отворів з різних сторін, що потребує проводити переустановку деталі. Також в деталі є глухі отвори з різьбою, що викликають труднощі при їх обробці.

В основному деталь достатньо технологічна, допускає застосування високопродуктивних режимів обробки, має хороші базові поверхні, середньої складності конструкції. Забезпечення точності і шорсткості на універсальних верстатах не викликають технологічних труднощів, деталь достатньо технологічна.

Хімічний склад і механічні властивості матеріалу корпусу дано відповідно в таблиці 1.1.2 і таблиці 1.1.3.

Таблиця 1.1.2 - Хімічний склад сталі 45Л ДСТУ 8781:2018

C, %	Mn, %	Si, %	S, %	P, %	Cr, Ni, Cu, %
0,45	0,4	0,23	до 0,045	до 0,045	до 0,3

Таблиця 1.1.3 - Механічні властивості сталі 45Л ДСТУ 8781:2018

σ_T , Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	δ_s , %	Ψ , %	Ударна в'язкість, Н м/см ²
320	550	12	20	30

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Розрахунок програми випуску та партії деталей

Тип виробництва - дрібносерійний. Для дрібносерійного виробництва прийнятий коефіцієнт серійності в межах $K_c=20\div 40$.

З іншого боку: $K_c = t_{\epsilon} / T_{ум.ср}$,

де: t_{ϵ} - такт випуску виробів, хв./шт.;

$T_{ум.ср}$ - середній штучний час по операціях, хв.

$$T_{ум.ср} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ум.ср}}{n}, \text{ хв} \quad (1.2.1)$$

$T_{ум.і}$ - штучний час, хв.; на кожній операції базового техпроцесу (табл. 1.5);

n - число операцій. $n=8$.

$$T_{ум.ср} = \frac{2,31 + 2,69 + 4,81 + 2,23 + 1,53 + 12,96 + 3,03 + 5,09}{8} = 4,33, \text{ хв}$$

$$t_{\epsilon} = K_c \cdot T_{ум.ср} = (20\div 40) \cdot 4,33 = 86,625\div 173,25 \text{ хв./шт.}$$

З іншого боку: $t_{\epsilon} = \frac{F_d \cdot 60}{N}$; хв / шт (1.2.2)

де: N - річна програма випуск, шт.

F_d - дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год.

$F_d = 4029$ год [3] табл.2.1, с.22.

Тоді:

$$N = \frac{F_d \cdot 60}{t_{\epsilon}} = \frac{4029 \cdot 60}{(86,625\div 173,25)} = 2791\div 1395 \text{ шт.}$$

Приймаємо $N=1700$ шт.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску:

$$n = \frac{N \cdot a}{F} \quad (1.2.3)$$

де: N - річна програма випуску деталей, $N=1700$ шт;

a - число днів, на які необхідно мати запас деталей. Приймаємо $a=6$ днів. P - число робочих днів в році. $F=254$ [3], с.23.

$$n = \frac{1700 \cdot 6}{254} = 40 \text{ шт}$$

Розрахункове число змін на обробку партії деталей на ділниці:

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C = \frac{T_{ум.с} \cdot n}{480 \cdot 0.8}, \quad (1.2.4)$$

де: $T_{ум.с}$ - середній штучний час кожної операції.

$$T_{ум.с} = 4,33 \text{ хв.}$$

$$C = \frac{4,33 \cdot 40}{480 \cdot 0,8} = 0,45.$$

Приймаємо число змін: $C_{пр} = 1$ зміна.

Визначаємо число деталей в партії, необхідних для завантаження обладнання на основних операціях на протязі цілого числа змін:

$$n_{пр} = \frac{480 \cdot 0.8 \cdot C_{пр}}{T} \quad (1.2.5)$$

де: 480 - дійсний фонд часу роботи обладнання в зміні, хв.;

0.8 - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання.

$$n_{пр} = \frac{480 \cdot 0.8 \cdot 1}{4.33} = 89 \text{ шт.}$$

Отже, по даним розрахунку, річна програма випуску деталей 1700 шт. і величина партії деталей 89 шт.

Визначивши число деталей в партії визначимо штучно-калькуляційний час на кожну операцію і розрахунки зведемо в таблицю 1.2.1:

$$T_{ум.к.} = T_{ум} + \frac{T_{п.з.}}{n}. \quad (1.2.6)$$

Таблиця 1.2.1 - Штучно-калькуляційний час на кожну операцію

Номер і назва операції	Штучний час, $T_{ум.с}$, хв.	Підготовчо- заключний час, $T_{пз}$, хв.	Штучно- калькуляційний час, $T_{шт.к.}$, хв.
005. Вертикально-фрезерна.	2,31	29	2,42
010. Вертикально-фрезерна.	2,69	29	3,02
015. Вертикально-фрезерна.	4,81	32,9	5,18
020. Вертикально-фрезерна.	2,23	29	2,63
025. Вертикально-фрезерна.	1,53	29	1,86
030. Вертикально-свердлильна.	12,96	55,9	13,59
035. Токарно-гвинторізна	3,03	30,2	3,37
040. Різьбонарізна	5,09	35,6	5,49

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі

1.3.1 Техніко-економічне обґрунтування і вибір заготовки

Вид і метод отримання заготовки вибираємо, виходячи із форми, розмірів, маси, матеріалу деталі, а також типу виробництва. Матеріал деталі - ливарна сталь 45Л - погано піддається зварюванню і штампуванню, а одержання заготовки з прокату є недоцільним (внаслідок великої металоємності та значного об'єму механічної обробки), то найбільш раціональні варіанти отримання заготовки - литво в піщано-глинясті суміші та в кокіль. Недоцільність використання інших методів литва (під тиском, за виплавленими моделями, в оболонковій формі) в дрібносерійному виробництві є очевидною.

Для заготовки, одержаної методом литва в піщано-глинисті суміші, згідно креслення деталі назначаємо клас точності розмірів і мас 10, ряд припусків -4, що відповідає ДСТУ 8981:2020 - [1], табл.1, с. 581. Для заготовки, одержаної литвом в кокіль, відповідно клас точності розмірів і мас 9 і ряд припусків - 3.

Проведемо техніко-економічне обґрунтування двох вибраних варіантів отримання заготовки. Вартість виготовлення виливки визначається за формулою:

$$C_{zag} = \frac{C_i}{1000} \cdot m_3 \cdot (1 \pm (\partial/c)), \text{ грн} \quad (1.3.1)$$

де C_i - базова вартість 1т заготовок, грн;

m_3 - маса заготовки, кг:

$$m_3 = m_d / K_{в.м.} \quad (1.3.2)$$

де $m_d = 1,635$ кг - маса деталі (згідно креслення деталі);

$K_{в.м.}$ - коефіцієнт використання матеріалу:

- для лиття в піщано-глинисті форми $K_{в.м.} = 0,70$;
- для лиття в кокіль $K_{в.м.} = 0,74$ [2];
- (∂/c) - доплати і скидки за серійність для виливок, %;

Для 8 групи серійності для виливок в піщано-глинисті форми доплати і скидки складають +15%. Знайшовши групу складності литих в піщано-глинясті форми заготовок 2, маємо:

$$C_i = 1062 \times 20 = 21240 \text{ грн.}$$

Маса заготовки, вилитої в піщано-глинисту форму:

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m_3 = 1,635 / 0,70 = 2,33 \text{ кг.}$$

Отже, вартість виготовлення даної виливки:

$$C_{заг} = \frac{21240}{1000} \cdot 2,33 \cdot (1 + 0,15) = 56,91 \text{ грн}$$

Визначаємо групу серійності для виливок в кокіль, яка дорівнює 3. Для 3-ї групи серійності доплати і скидки складають +15%.

Знайшовши групу складності литих в кокіль заготовок 3, маємо:

$$C_i = 1122 \cdot 20 = 22440 \text{ грн.}$$

Маса заготовки, вилитої в кокіль:

$$m_3 = 1,635 / 0,74 = 2,21 \text{ кг.}$$

Отже, вартість виготовлення даної виливки:

$$C_{заг} = \frac{22440}{1000} \cdot 2,21 \cdot (1 + 0,15) = 57,03 \text{ грн.}$$

Отже вартість отримання заготовки в піщано-глинисті форми дещо менша за вартість отримання заготовки для даної деталі методом лиття в кокіль. Окрім того, метод лиття в кокіль не бажано використовувати для даного матеріалу, оскільки спостерігається низька стійкість кокіля при виливанні сталі. Отже, ми вибираємо метод литва в піщано-глинисті форми.

1.3.2 Аналіз базового технологічного процесу

Для аналізу базового технологічного процесу ми спочатку подамо його опис в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Опис базового технологічного процесу

№ п/п	Назва і зміст операції	Тип і модель верстата	Характеристика пристрою	Схема базування
1	2	3	4	5
005	Вертикально-фрезерна Встановити та закріпити деталь 1. Фрезерувати поверхню 1 витримуючи розмір 20 мм.	Вертикально-фрезерний мод. 6М13П	Лещата 1-120 ГОСТ 14904-80 7200-0209	Рис. 1.1
010	Вертикально-фрезерна Встановити та закріпити деталь 1. Фрезерувати поверхню 2 витримуючи розмір 151,5 мм	Вертикально-фрезерний мод. 6М13П	Лещата 1-120 ГОСТ 14904-80 7200-0209	Рис. 1.2

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.4.

1	2	3	4	5
015	<p>Вертикально-фрезерна</p> <p>А. Встановити та закріпити деталь</p> <p>1. Фрезерувати поверхню 3 витримуючи розмір 2мм.</p> <p>Б. Переустановити деталь.</p> <p>2. Фрезерувати поверхню 1 витримуючи розмір 19 мм.</p> <p>В. Переустановити деталь.</p> <p>3. Фрезерувати поверхню 4 витримавши розмір 150 мм і два паза 16 шириною 12 мм.</p>	<p>Вертикально-фрезерний</p> <p>мод. 6М13П</p>	<p>Лещата 1-120</p> <p>ГОСТ 14904-80</p> <p>7200-0209</p>	Рис. 1.3
020	<p>Вертикально-фрезерна</p> <p>Встановити та закріпити деталь</p> <p>1. Фрезерувати уступ витримавши розмір 8мм, 48мм, 96мм.</p>	<p>Вертикально-фрезерний</p> <p>мод. 6М13П</p>	<p>Лещата 1-120</p> <p>ГОСТ 14904-80</p> <p>7200-0209</p>	Рис. 1.4
025	<p>Вертикально-фрезерна</p> <p>Встановити та закріпити деталь</p> <p>1. Фрезерувати вибірку, витримавши розміри 1мм, 8мм.</p>	<p>Вертикально-фрезерний</p> <p>мод. 6М13П</p>	<p>Лещата 1-120</p> <p>ГОСТ 14904-80</p> <p>7200-0209</p>	Рис. 1.4
030	<p>Вертикально-свердлильна.</p> <p>Встановити та закріпити деталь</p> <p>1. Свердлити 4 отв. Ø5 під різьбу М6 на прохід.</p> <p>2. Зенкувати фаску $1 \times 45^{\circ}$ в 4-х отв. Ø5.</p> <p>3. Свердлити 2 отв. Ø13мм на прохід.</p> <p>4. Зенкерувати 2 отв. до Ø 13,9 мм на прохід.</p> <p>5. Розвернути 2 отв. до Ø $14^{+0,043}$ мм на прохід.</p> <p>Б. Переустановити кондуктор з деталлю.</p> <p>6. Свердлити 3 отвори Ø 6,7 мм під різьбу М8 на глибину 16 мм.</p> <p>7. Свердлити 2 отвори Ø 5 мм на вихід в отвір Ø14 під різьбу М6.</p> <p>8. Зенкувати фаску $1 \times 45^{\circ}$ в 2-х отворах Ø 14.</p>	<p>Вертикально-свердлильний</p> <p>мод. 2Н118</p>	<p>Кондуктор</p> <p>КН-0448</p>	Рис. 1.5
030	<p>9. Зенкувати фаску $1,5 \times 45^{\circ}$ в 3-х отворах Ø 6,7.</p> <p>В. Переустановити кондуктор з деталлю.</p> <p>10. Свердлити 1 отвір Ø 5 під різьбу М6 на вихід в отвір Ø 6,7.</p> <p>11. Зенкувати фаску $0,5 \times 45^{\circ}$ в отворі Ø5.</p> <p>Г. Переустановити кондуктор з деталлю.</p> <p>12. Зенкувати фаску в двох отворах Ø 14.</p>	<p>Вертикально-свердлильний</p> <p>мод. 2Н118</p>	<p>Кондуктор</p> <p>КН-0448</p>	Рис. 1.5

Арк.

МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження таблиці 1.4.

1	2	3	4	5
035	Токарно-гвинторізна А. 1. Розточити отвір до $\varnothing 46$ начорно. 2. Розточити отвір начисто, витримавши розмір $\varnothing 47^{+0.062}$ мм. 3. Розточити послідовно дві фаски в розмір $1 \times 45^\circ$.	Токарно-гвинторізний мод 1К62	Приспособлення УСП, одномісне, з ручним затиском	Рис. 1.6
040	Різьбонарізна А.1. Нарізати різьбу М6 в 4-х отворах на прохід. 2. Нарізати різьбу М6 в 2-х отворах на прохід. 3. Нарізати різьбу М8 в 3-х отворах на глибину 15 мм. 4. Нарізати різьбу М6 в отворі $\varnothing 5$ на прохід в отворі М8.	Різьбонарізний мод. 2054М	Лещата П-120 ГОСТ 14904-80 7200-0209	Рис. 1.5

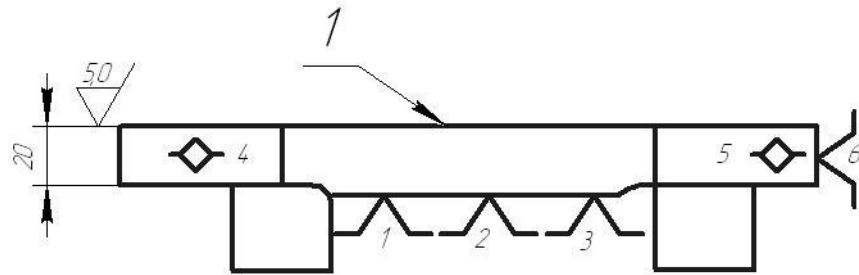


Рисунок 1.1 – Схема базування на операції 005

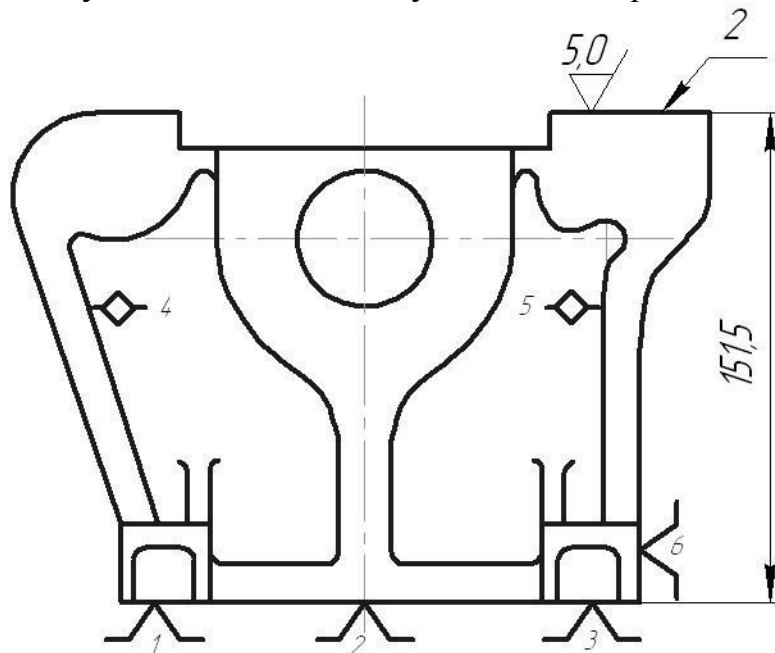


Рисунок 1.2 – Схема базування для операції 010

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

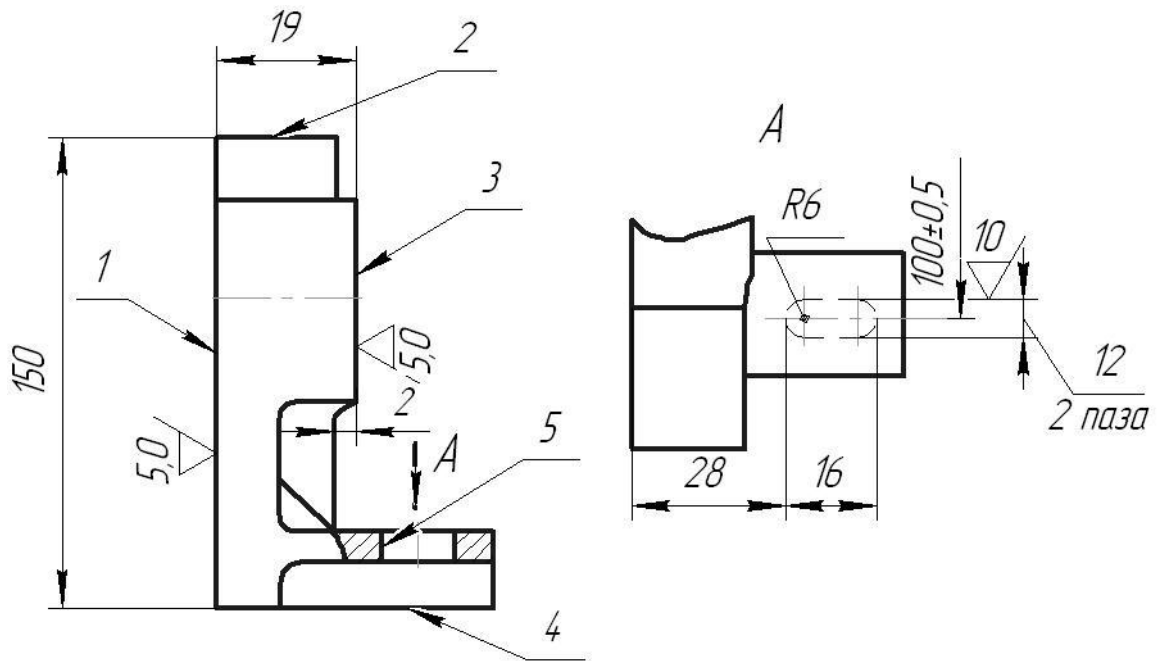


Рисунок 1.3 – Схема базування на операції 015

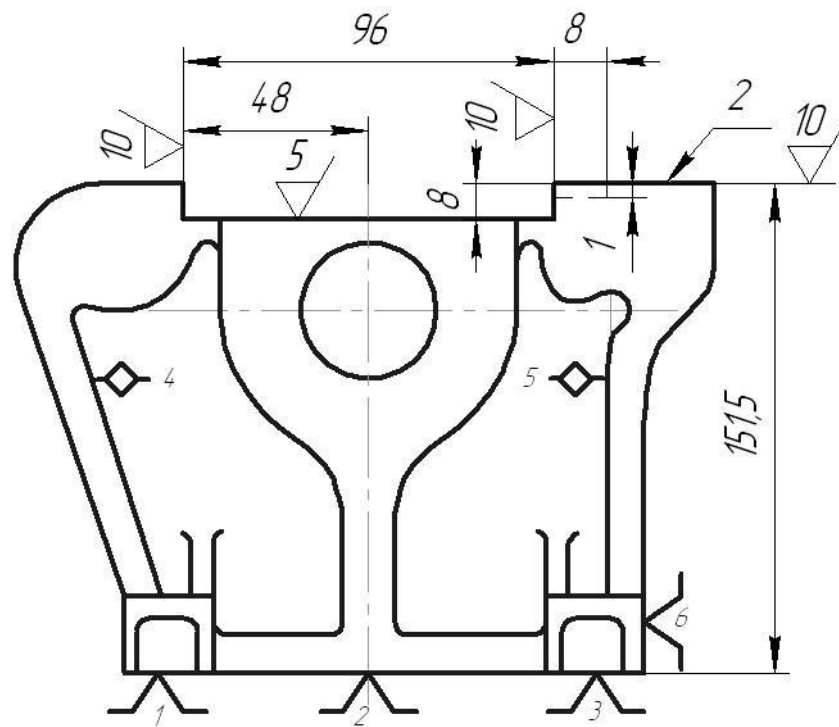


Рисунок 1.4 – Схема базування на операції 020 та 025

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

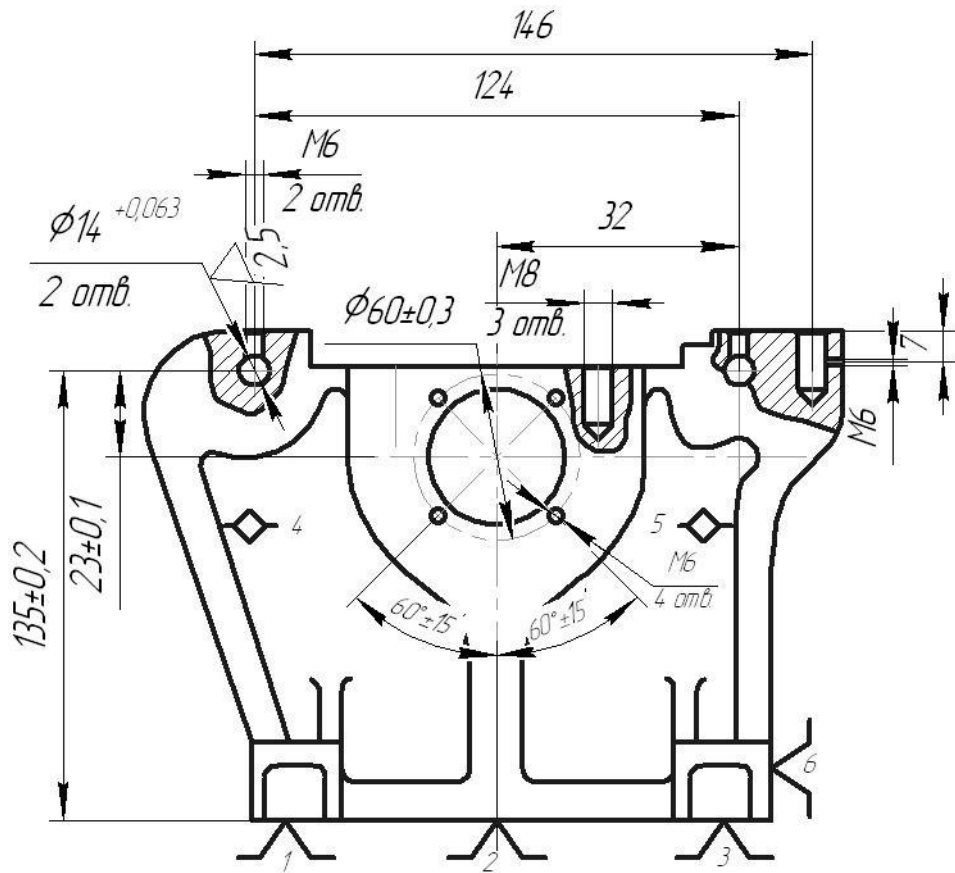


Рисунок 1.5 – Схема базування на операції 030 та 040

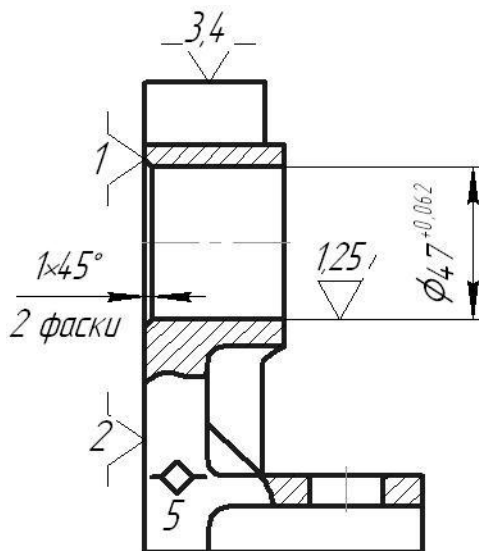


Рисунок 1.6 – Схема базування на операції 035

В базовому технологічному процесі на першому етапі (операції 005, 010, 015, 020) виконується підготовка чорнової установчої бази, що в подальшому дозволяє зберігати принцип суміщення технологічних і конструкторських баз. Це, в свою чергу, дає можливість забезпечити всі вимоги, які ставляться до поверхонь деталі.

Разом з цим, враховуючи, що виробництво дрібносерійне, можна зробити

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ				

висновок, що обладнання вибрано не вдало. Потужність токарно-гвинторізного верстата моделі 1К62 на операції 035 набагато більша від потужності, яка потрібна для виконання токарних операцій. На інших операціях застосовується універсальне обладнання. Так, для вертикально-свердлильної операції 030 використовують накладний кондуктор з ручним утриманням і переустановкою, що в свою чергу приводить до збільшення основного і допоміжного часу.

Тому доцільно використовувати верстат з ЧПК, верстати типу оброблювані центри. При їх використанні зберігається принцип концентрації операцій, тобто зменшується кількість установів, підвищується точність обробки, зменшуються часи на обробку деталі, як допоміжний час, так і основний.

При обробці на токарному верстаті деталь обертається, а так як деталь не симетрична, то виникають відцентрові сили, що обмежують швидкість різання. Це теж показує, що використовувати свердлильно-фрезерно-розточні верстати доцільніше.

Використання багатоцільових верстатів також зменшить витрати часу на транспортування заготовок від одного верстата на інший: зменшується кількість верстатів, а звідси виробнича площа дільниці, кількість працюючих.

1.3.3 Обґрунтування вибору технологічних баз

При виборі технологічних баз керуємося принципами суміщення і постійності баз, а також рекомендаціями, викладеними в [5].

В даній заготовці оброблюють не всі поверхні, частина з них утворена за допомогою литва. За технологічні бази для першої операції доцільно вибрати поверхню з найменшими припусками. База для першої операції повинна вибиратися з врахуванням забезпечення кращих умов обробки поверхонь, які приймаються в подальшому за чистові технологічні бази - [5]. Виходячи із конструкції деталі, назначаємо чорнову базу - необроблену поверхню 4, яка буде служити базою на першій операції (подвійна установча база). Напрямна база торцева поверхня 5 і 6 з двома опорними точками. Схема базування на першій операції показана на рис.1.7.

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На першій операції обробляють поверхню 3, яка має найбільші габаритні розміри і буде служити установчою технологічною базою на всіх наступних операціях.

В проектному варіанті технологічного процесу пропонується використання двох класичних схем базування для корпусних деталей:

- 1) по площині та двох бокових поверхнях;
- 2) по площині, круглому отвору і боковій поверхні (операція 020).

Застосування останньої схеми базування пов'язане з тим, що на операції Ø20 необхідно забезпечити точність розмірів, які задаються відносно осі отв. Ø47H9, для чого цю вісь потрібно матеріалізувати з допомогою циліндричного пальця.

При прийнятих схемах базування заготовка повністю орієнтується в просторі і правило "шести точок" виконується відповідно з ГОСТ 21495-76. Базові поверхні не деформуються під дією сил різання, затиску і власної ваги.

З врахуванням всіх вищезгаданих зауважень пропонується проектний варіант технологічного процесу обробки деталі "Плита нижня ПА-3.07.01.01".

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.5 - Проектний варіант технологічного процесу обробки деталі

"Плита нижня ПА-3.07.01.01"

№ п/п	Назва і зміст операції	Тип і модель верстата	Характеристика пристрою	Схема базування
1	2	3	4	5
005	Вертикально-фрезерна А. Встановити, закріпити і зняти деталь 1. Фрезерувати поверхню 1 витримавши розмір 50 i22,4	Вертикально-фрезерний мод. 6P13	Лещата 1-120 7200-0209	Рис. 1.7
010	Вертикально-фрезерна А. Встановити, закріпити і зняти деталь 1. Фрезерувати поверхню 4, витримавши розмір 18h14(-0,43)	Вертикально-фрезерний мод. 6P13	Пристрій фрезерний спеціальний	Рис. 1.8
015	Свердлильно-фрезерно-розточна А. Встановити, закріпити і зняти деталь 1. Фрезерувати поверхню 3, витримуючи розмір 19 _{-0,52} і 2±0,125. 2. Розточити отвір до Ø46,7 ^{+0,016} начорно на прохід витримавши розмір 23±0,1. 3. Розточити отвір Ø46,7 до Ø46,7 ^{+0,062} напрохід. 4. Розточити фаску Ø1×45° в отвір Ø47 мм. 5. Зацентрувати 4 отвори Ø6 на глибину 3 мм. витримавши розміри Ø60±0,3 і 50±15'. 6. Свердлити послідовно 4 отв. Ø5 на прохід. 7. Нарізати різьбу М6 в 4 отв. на прохід. Б. Повернути поворотний стіл на 180°. 8. Зацентрувати послідовно 2 отв. Ø 6 на глибину 3мм, витримавши розміри 23±0,1; 135±0,2; 62 і 124. 9. Свердлити 2 отв. Ø 13 на прохід. 10. Зенкерувати 2 отв. Ø 13,9 і одночасно фаску 1×45°. 11. Розвернути 2 отв. Ø 14Н9(+0,043). 12. Розточити фаску 1×45° в отв. Ø47. В. Повернути поворотний стіл на 180°.	Свердлильно-фрезерно-розточний мод. 6904ВМФ2	Пристрій фрезерний спеціальний	Рис. 1.9

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.1

020	<p>Свердлильно-фрезерно-розточна.</p> <p>А</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Фрезерувати поверхню 2 витримавши розмір 150 мм. 2. Фрезерувати уступ начорно, витримавши розміри 96; 7,3; 48 мм. 3. Фрезерувати уступ начисто, витримавши розміри 96; 8; 48 мм. 4. Фрезерувати вибірку, витримавши розмір 1,8 мм. 5. Зацентрувати послідовно 2 отв. Ø6 мм на глибину 3мм (під різьбу М6) і 3 отв. Ø 8 на глибину 4 мм (під різьбу М8), витримавши розміри 10; 32; 64; 146; 62; 124. 6. Свердлити 2 отв. Ø5 під різьбу М6 до виходу в отв. Ø14Н9. 7. Свердлити 3 отв. Ø 6,7 під різьбу М8 на глибину 18 мм. 8. Нарізати різьбу М6 в 2 отв. до виходу в отв. Ø 14Н9. 9. Нарізати різьбу М8 в 3 отв. на глибину 15 мм. <p>Б. Повернути поворотний стіл на 90°.</p> <ol style="list-style-type: none"> 10. Зацентрувати отв. Ø 6 на глибину 3 мм, витримавши розміри 8 і 10. 11. Свердлити отв. Ø5 під різьбу М6 до виходу в отв. М8. 12. Нарізати різьбу М6 до виходу в отв. М8. <p>В. Повернути поворотний стіл на 90°.</p> <ol style="list-style-type: none"> 13. Розфрезерувати послідовно два паза шириною 12мм, витримавши розміри 28; 16; 50; 100±0,5. <p>Г. Повернути стіл на 180°.</p>	Свердлильно-фрезерно-розточний мод. 6904ВМФ2	Пристрій фрезерний спеціальний	Рис. 1.10
-----	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------	--------------------------------	-----------

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

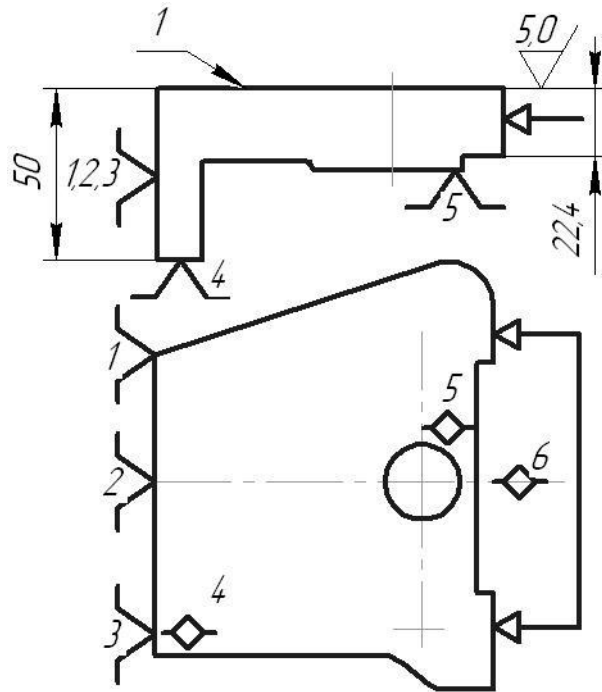


Рисунок 1.7 – Схема базування на операції 005

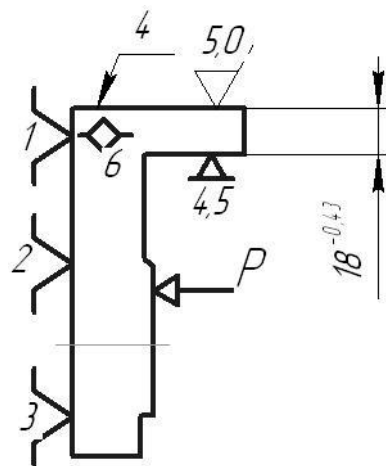


Рисунок 1.8 – Схема базування на операції 010

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

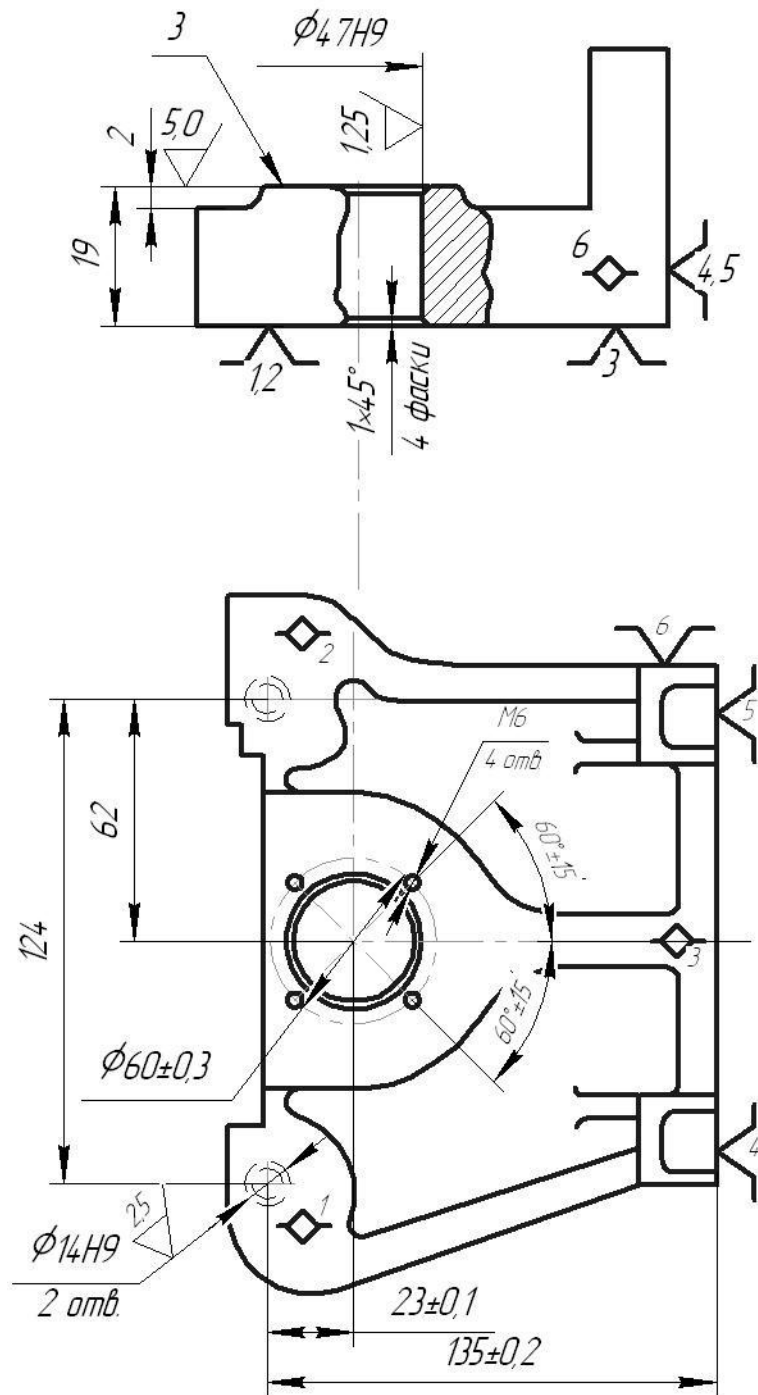


Рисунок 1.9 – Схема базування на операції 015

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ

Арк.

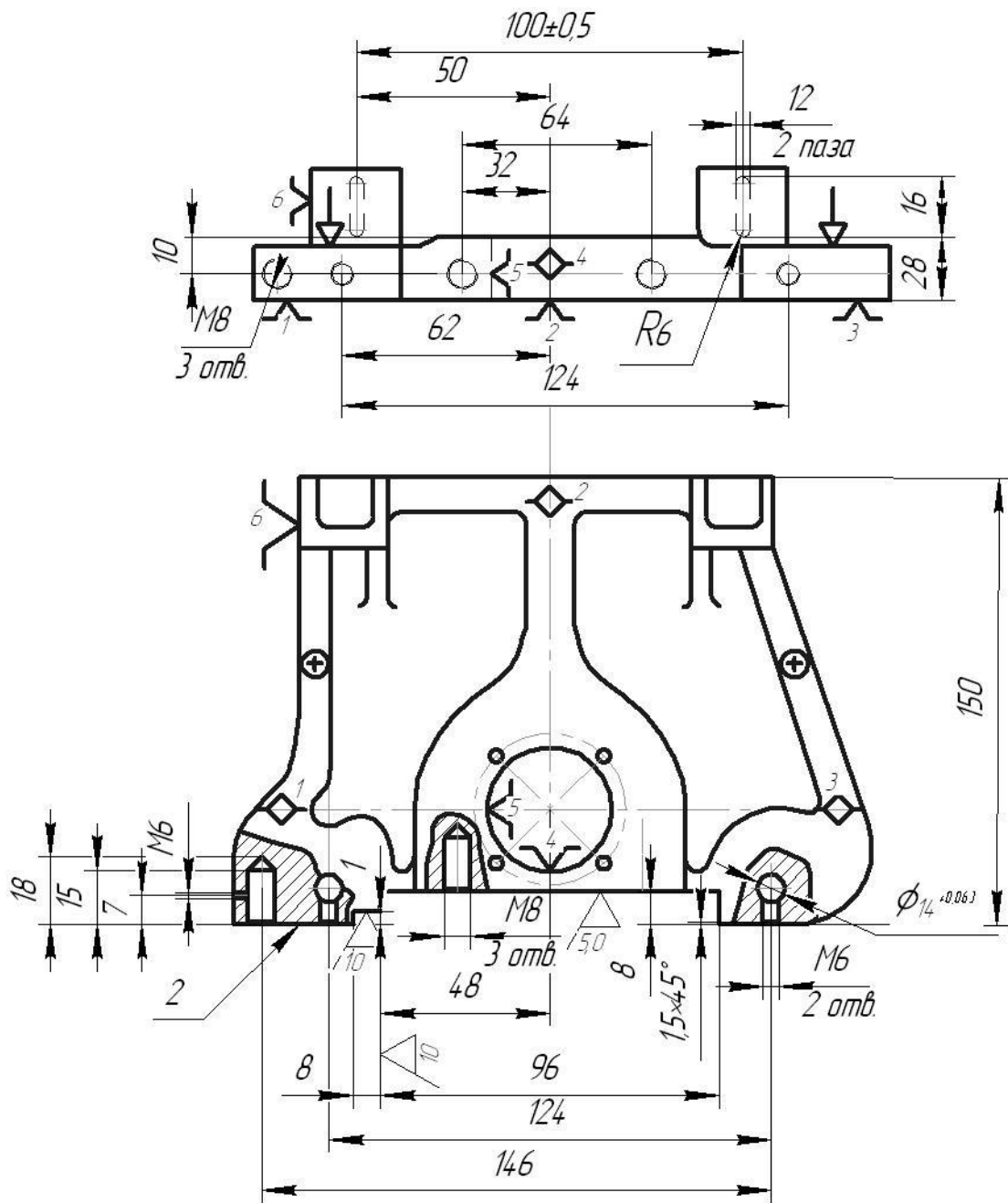


Рисунок 1.10 – Схема базування на операції 020

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ

Арк.

1.4 Розробка операційної технології

1.4.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Припуски на механічну обробку визначимо розрахунково-аналітичним методом на обробку отвору 5 діаметром $\varnothing 47^{+0,062}$

1. Для визначення величини припуску на обробку отвору використовуємо формулу [6] с.175:

$$2Z_{i\min} = 2\left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{3i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}\right) \quad (1.4.1)$$

де $Z_{i\min}$ - мінімальний припуск на сторону на виконуваний технологічний перехід, мм;

Rz_{i-1} - висота мікронерівностей, поверхні які залишилися при виконанні попереднього технологічного переходу, мкм;

h_{i-1} - глибина дефектного поверхневого шар, який залишився при виконанні попереднього технологічного переходу;

ρ_{3i-1} - сумарні відхилення розташування поверхні, які виникли на попередньому технологічному переході, мкм;

ε_{yi} - похибка установки заготовки на виконуваному переході, мкм.

Маршрут обробки отвору 5 діаметром $\varnothing 42^{+0,018}_{-0,008}$:

1) Заготовка (випуск в піщано-глинисті форми) – IT14; - [2], с.41, табл.4.2

2) Розточування чорнове - IT12;

3) Розточування чистове - IT9; Визначимо величини Rz і h :

для заготовки: $Rz + h = 400$ мкм - [6], с. 182, табл.6;

для чорнового розточування: $Rz = 100$ мкм, $h = 100$ мкм - [6], с.185, табл.10;

для чистового розточування: $Rz = 50$ мкм, $h = 50$ мкм - [6], с. 185, табл.10;

Сумарне значення просторових відхилень для корпусних заготовок визначаємо за формулою [6], с.75:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{зм}^3}, \quad (1.4.2)$$

де $\rho_{кор}$ - величина короблення отвору, мкм;

$\rho_{зм}$ - сумарне зміщення отвору у виливні, мкм.

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величину короблення отвору слід враховувати як в діаметральному так і в осьовому його перерізі [6], с.75:

$$\rho_{кор} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2}, \quad (1.4.3)$$

де Δ_k - питоме короблення відливки, $\Delta_k = 0,8$ мкм/мм - [6], с.183, табл.8;

d, l – діаметр і довжина оброблюємого отвору відповідно,

$d=47$ мм і $l=19$ мм – див. креслення деталі.

$$\rho_{кор} = \sqrt{(0,8 \cdot 47)^2 + (0,8 \cdot 19)^2} = 40,6 \text{ мкм}, \quad (1.4.4)$$

Сумарне зміщення отвору у виливці приймаємо рівним допуску на розмір від вісі отвору до технологічної бази $\rho_{зм} = 1200$ мкм.

Таким чином, сумарне значення просторового відхилення заготовки:

$$\rho_3 = \sqrt{1200^2 + 40,6^2} = 1205 \text{ мкм}, \quad (1.4.5)$$

Залишкові просторові відхилення визначаються за формулою [6], с. 189

$$\rho_i = \rho_{i-1} K_y, \quad (1.4.6)$$

де K_y - коефіцієнт уточнення:

- для чорнового розточування $K_y=0,06$;
- для чистового розточування $K_y=0,05$. - [6], с.190, табл.29.

Тоді:

для чорнового розточування:

$$\rho_i = 1205 \cdot 0,06 = 72 \text{ мкм} \quad (1.4.7)$$

для чистового розточування:

$$\rho_i = 72 \cdot 0,05 = 4 \text{ мкм} \quad (1.4.8)$$

Похибка установки при чорновому розточуванні [6], с. 40:

$$\varepsilon_{y1} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (1.4.9)$$

де ε_6 - похибка базування заготовки, мкм;

ε_3 - похибка закріплення заготовки, мкм.

Похибка базування дорівнює допуску на розмір, що з'єднує вісь симетрії отвору з опорною базою (розмір $67 \pm 0,9$). $\varepsilon_6 = 900$ мкм.

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Похибку закріплення заготовки приймаємо рівною $\varepsilon_s = 80 \text{ мкм}$ - [3], с. 82, табл.

4.13.

Тоді похибка установки при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon_{y1} = \sqrt{900^2 + 80^2} = 904 \text{ мкм} \quad (1.4.10)$$

Так як при остаточному розточуванні заготовка не перевстановлюється в пристрої (чорнова і чистова обробки ведуться при одному установі), то в подальшому приймаємо $\varepsilon_y = 0$.

2. Розрахунок мінімального припуску на обробку:

$$2Z_{i \text{ min чорн}} = 2 \left(400 + \sqrt{1205^2 + 904^2} \right) = 4313 \text{ мкм}$$

$$2Z_{i \text{ min чист}} = 2 \left(100 + 100 + \sqrt{72^2 + 0^2} \right) = 544 \text{ мкм}$$

3. Розрахунок решти параметрів:

$$\text{- максимальний розмір отвору: } d_{\text{max}, i-1} = d_{\text{max}, i} - 2Z_{\text{min}, i} \quad (1.4.11)$$

$$\text{- мінімальний розмір отвору: } d_{\text{min}, i-1} = d_{\text{min}, i} - Td_i \quad (1.4.12)$$

$$\text{- максимальний припуск обробки: } 2Z_{\text{max}, i} = D_{\text{min}, i} - D_{\text{min}, i-1} \quad (1.4.13)$$

$$\text{Перевіряємо розрахунок: } \sum 2Z_{\text{max}} - \sum 2Z_{\text{min}} = Td_s - Td_\delta \quad (1.4.14)$$

$$6395 - 4857 = 1600 - 62.$$

$$1538 = 1538.$$

Отже, розрахунки проведені вірно.

Всі отримані значення елементів припусків і розрахунки заносимо в таблицю

1.4.1.

Таблиця 1.4.1 - Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічних переходах на обробку поверхні отвору $\varnothing 47^{-0,062}$.

Технологічні операції і переходи обробки	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\text{min}}$, мкм	Розрахунковий розмір, мкм	Допуск T_i , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	R zi	Hi	ρ_{zi}	ε_{yi}				max	min	$2Z_{\text{min}}$	$2Z_{\text{max}}$
1. Заготовка	400		1205	-	-	40,6	1600	42,205	40,605	-	-
2. Розточування чорнове	100	100	72	904	4313	46,4	160	46,518	46,358	4313	5753
3. Розточування чистове	50	50	4	-	544	47	62	47,062	47,0	544	642
Всього										4857	6395

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

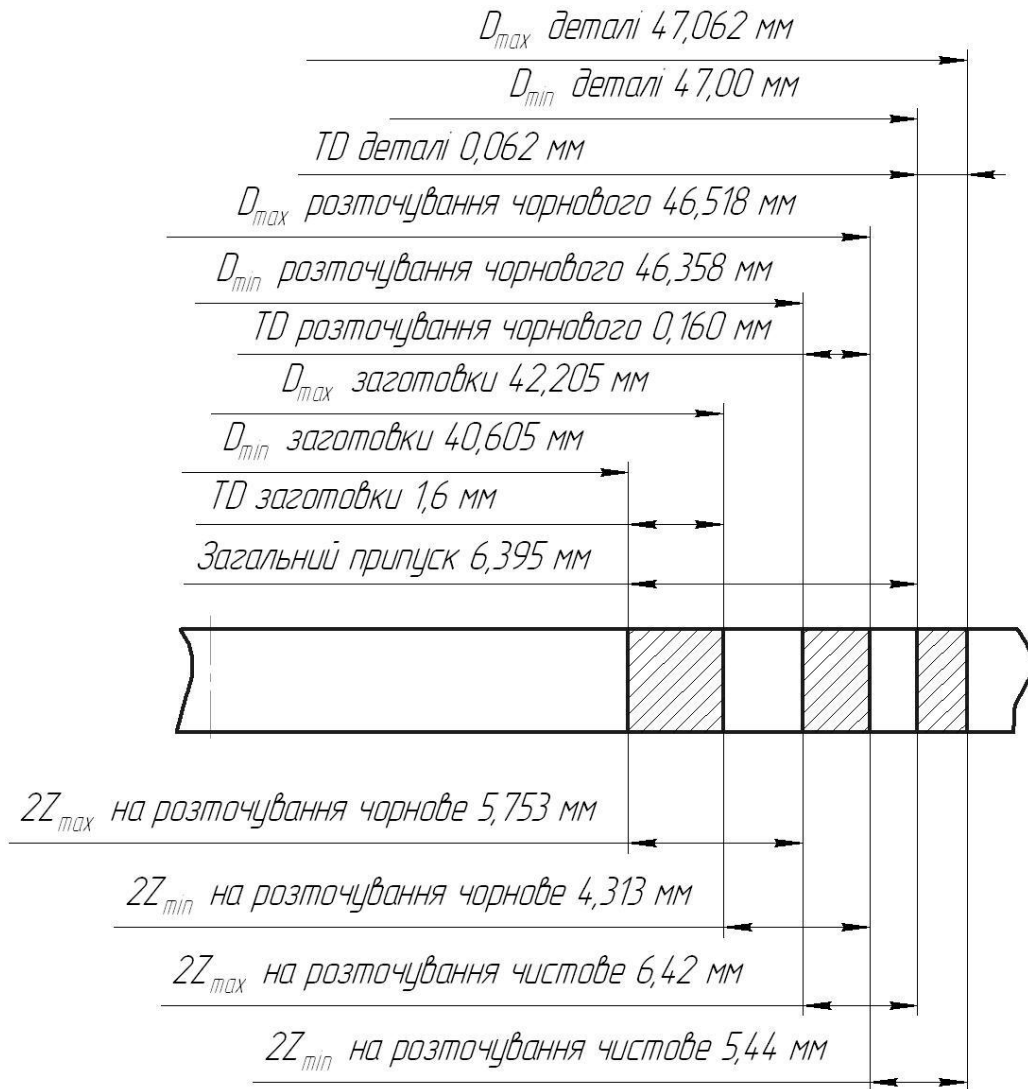


Рисунок 1.11- Схема графічного розміщення припусків і допусків на обробку отвору Ø47H9

Розрахунок припусків на обробку поверхні 3 розміром 18h14_(-0,43)

Поверхня з розміром 18h14_(-0,43) відмежовується двома площинами, одна з яких не підлягає механічній обробці, інша - обробляється із шорсткістю $Ra \leq 5,0$ мкм (що еквівалентно $Rz \leq 20$ мкм) за один технологічний перехід - однократне фрезерування. При розрахунках припусків використовуємо формулу [6], с. 175:

$$Z_{i\min} = (Rz_{i-1} + h_{i-1}) + \Delta_{\sum_{i-1}} + \varepsilon. \quad (1.4.15)$$

Методика розрахунку аналогічна попередньому випадку. Схема установки деталі при обробці поверхні з розміром 18h14_(-0,43) показана на рисунку 1.8.

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаходимо елементи припуску: для відливки $Rz+h=400\text{мкм}$ [6], табл. 6, с.182; для однократного фрезерування: $Rz=20\text{мкм}$ (згідно креслення деталі); $h=50\text{мкм}$ - [6], табл.10, с. 185.

Сумарне значення просторових відхилень Δ_{Σ} для відливки в даному випадку визначається за формулою [6], с. 177-178:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} \cdot L, \quad (1.4.16)$$

де $\Delta_{\text{к}}=0,8\text{ мкм/мм}$ - величина короблення [6], табл. 8, с. 183;

$L=170\text{мм}$ - довжина установчої поверхні відливки.

Тоді: $\Delta_{\Sigma}=0,8 \cdot 170=136\text{мкм}$.

Залишкове просторове відхилення після однократного фрезерування ($K_y=0,05$ -[6], табл.10, с.190):

$$\Delta_{\Sigma\text{фрез}} = \Delta_{\Sigma} \cdot K_y = 136 \cdot 0.05 = 7\text{мкм}. \quad (1.4.17)$$

Похибка базування заготовки рівна нулю: $\Delta\varepsilon_0=0$ (технологічна і вимірвальна бази співпадають), а похибка закріплення $\Delta\varepsilon_3=70\text{мкм}$ [3], табл.4.13, с.82 (установка на чисто оброблену поверхню). Отже, $\varepsilon=70\text{мкм}$.

Допуск на розмір заготовки: $T_3=1200\text{мкм}$ - [1], табл.2, с.582.

Тоді мінімальний розрахунковий припуск:

$$Z_{\min}=400+136+70=606\text{мкм}.$$

Максимальний припуск визначаємо за формулою:

$$Z_{\max} = Z_{\min} = TL_{i-1} + TL \quad (1.4.18)$$

Мінімальний розмір заготовки:

$$L_{\min 3} = L_{\min Д} + Z_{\min} = 17,57 + 0,606 = 18,176\text{мм}. \quad (1.4.19)$$

Максимальний розмір заготовки:

$$L_{\max 3} = L_{\min Д} + TL_3 = 18,176 + 1,2 = 19,376\text{мм}. \quad (1.4.20)$$

Максимальний припуск визначаємо за формулою:

$$Z_{\max} = L_{\max 3} - L_{\max Д} = 19,376 - 18,000 = 1,376\text{мм}. \quad (1.4.21)$$

Перевірочний розрахунок: $Z_{\max} - Z_{\min} = TL_3 - TL_{Д} \quad (1.4.22)$

$$1,376 - 0,606 = 1,2 - 0,43;$$

$$0,77 = 0,77.$$

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, розрахунки проведені правильно. Всі отримані результати розрахунків заносимо в розрахункову таблицю 1.4.2. На її основі будемо схему розташування граничних розмірів, допусків і припусків.

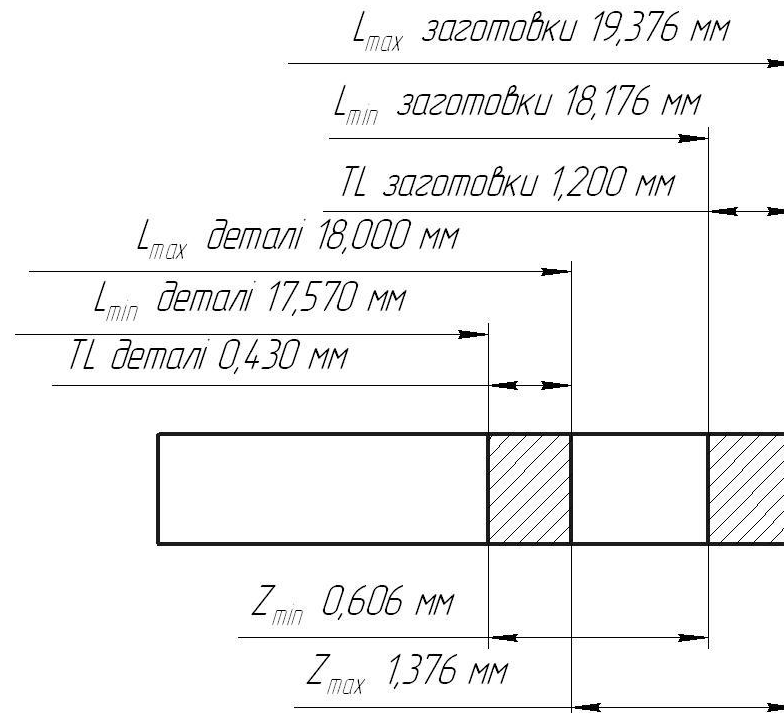


Рисунок 1.12 – Схема графічного розміщення припусків і допусків на обробку поверхні з розміром 18h14(-0,43)

Таблиця 1.4.2 - Розрахункова таблиця для визначення припусків, граничних розмірів і допусків для обробки поверхні розміром 18h14(-0,43)

Технологічні операції і переходи обробки	Елементи припуску, Мкм				Розрахунковий розмір, мкм	Допуск T_i , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	R z_i	h_i	Δ_Σ	ε_i			max	min	$Z_i.min$	$Z_i.max$
1. Заготовка	400		136	-	19,4 _{-1,2}	1200	19,376	18,176	-	-
2. Фрезерування однократне	20	50	7	70	18 _{-0,43}	430	18,00	17,57	606	1376

Розрахунок всіх припусків на обробку для даної деталі проводимо табличним методом і заносимо в таблицю 1.4.3.

Таблиця 1.4.3 - Результати розрахунку припусків

Розмір деталі по кресленню, мм	Квалітет, IT	Клас точності	Припуск, мм	Допуск, мм	Розмір заготовки, мм
2	14	9Т	2,4	0,8	4,4±0,4
8	14	10	3,0	1,6	8,4±0,8
8	14	9Т	2,6	1,0	10,6±0,5
18	14	9Т	2,8	1,2	20,8±0,6
19	14	10	3,4	2,0	24,8±1,0
Ø47H9	9	9Т	2×3,8	1,6	39,4 ^{+1,6}
48	14	10	3,8	2,4	44,2±1,2
50	14	9	3,4	2,0	53,4±1,0
96	14	10	4,2	2,8	88±1,4
150	14	10	5,0	3,2	155,8±1,6

1.4.2 Розрахунок режимів різання і вибір верстатів

Для початку проведемо вибір основного і допоміжного обладнання, а дані занесемо в таблицю 1.4.4.

Таблиця 1.4.4 - Вибір основного і допоміжного інструменту

№ опер.	№ пер	Назва основного і допоміжного інструменту	ДСТУ	Номер	Геометричні параметри	Література
1	2	3	4	5	6	7
005	1	Фреза торцьова насадна з вставними ножами, оснащена пластинками з твердого сплаву Т15К6.	ДСТУ ГОСТ 9473-80	2214-0153	D= 100мм; L=39мм; Z= 10мм; d=32мм.	[I]
		Оправка з конусом 7:24 для насадних торцьових фрез	ДСТУ ГОСТ 26538-85	6222-0134	Конусність 7:24+50 d=32мм; L=36мм.	
010	1	Фреза торцьова з механічним кріпленням п'ятигранних твердосплавних пластин Т15К6; Втулка перехідна з хвостовиком конусністю 7:24 і внутрішнім конусом Морзе 4.	ДСТУ ГОСТ 22087-76 ОСТ ПІ2-7-84	- -	D=63мм; L= 172мм; Z=5мм; конус Морзе 4 Втулка 50-4 D=50мм; L= 168мм; l=60мм.	[б.с.18 8, табл.9 7] [I]

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ					

Продовження таблиці 1.4.4

1	2	3	4	5	6	7
015	1	Фреза торцюва з механічним кріпленням п'ятигранних твердосплавних пластин Т15К6, насадна. Оправка з хвостовиком конусністю 7:24 для насадних торцювих фрез до верстатів з ЧПК	ДСТУ ГОСТ 9473-80 ДСТУ ГОСТ 26541-85	2214-0153 6222-0093	D=100мм; L=39мм; Z=10мм; d=32мм. Конусність 7:24-45 D=90мм; l=36мм	[1] [I]
	2	Розточний різець з твердого сплава ТІ 5К6. Оправка розточна консольна з кріпленням різця під кутом 90°.	ДСТУ ГОСТ 9795:2009 ДСТУ ГОСТ 21224-75	2142-0007 6300-0813	8x8; L=32мм; φ=45°; φ1=50°; D=25мм; L=200мм; l1=93,2мм	[I]
	3	Розточний різець з твердого сплава Т30К4. Оправка розточна консольна з кріпленням різця під кутом 45°	ДСТУ ГОСТ 9795:2009 ДСТУ ГОСТ 21224-75	2142-0013 6300-0902	8x8; L=40мм; φ=90°; φ1=10°; D=32мм; L=200мм; l1=106,6мм	[1]
	4,12	Розточний різець з твердого сплава Т15К6. Оправка розточна консольна з кріпленням різця під кутом 90°	ДСТУ ГОСТ 9795:2009 ДСТУ ГОСТ 21224-75	2142-0013 6300-0814	10x10; L=40мм; φ=45°; φ1=45°; D=32мм; L=210мм; l1=103,2мм	[1]
020	1,2,3,4	Кінцева фреза з конічним хвостовиком, оснащена прямими пластинами з твердого сплаву ТІ5К6. Втулка перехідна з хвостовиком конусністю 7:24 і внутрішнім конусом Морзе №3	ТУ 2-035 591-77 ОСТ2 П12-7-84	- -	Конус Морзе №3; D=25мм; L= 125мм; Z=5мм; l=20мм. Втулка 45-3 D=50мм; L= 186,8мм	[1]
	5,10	Свердло спіральне з циліндричним з хвостовиком для зацентровки під свердління Р6М5. Патрон цанговий з конусом конусністю 7:24	ОСТ 2И20-5-80 ДСТУ ГОСТ 26539-85	035-2317-0102 -	d=10мм; L=75мм; l ₀ =30мм. Патрон 2-45-10-90	[1]
	6,11	Свердло спіральне з циліндричним хвостовиком Патрон цанговий з конусом конусністю 7:24	ДСТУ ГОСТ 22735-77 ДСТУ ГОСТ 26539-85	2300-1201 -	d=5мм; L=70мм; l ₀ =36мм. Патрон 2-45-5-90	[1]
	7	Свердло спіральне з циліндричним хвостовиком Патрон цанговий з конусом конусністю 7:24	ДСТУ ГОСТ 22735-77 ДСТУ ГОСТ 26539-85	2300-1213 -	d=6,7мм; L=80мм; l ₀ =42мм. Патрон 2-45-8-90	[1]
	8, 12	Короткий мітчик з прохідним хвостовиком. Патрон цанговий з конусом конусністю 7:24	ДСТУ ГОСТ 3266-81 ДСТУ ГОСТ 26539-85	- -	d=6мм; p=1мм; l1=2,2мм; l=19мм. Патрон 2-45-6-90	[1]
	9	Короткий мітчик з прохідним хвостовиком. Патрон цанговий з конусом конусністю 7:24	ДСТУ ГОСТ 3266-81 ДСТУ ГОСТ 26539-85	- -	d=8мм; p= 1,25мм; l1=3,8мм; l=22мм. Патрон 2-45-8-90	[1]
	13	Кінцева фреза з конічним хвостовиком. Патрон цанговий з конусом конусністю 7:24	ГОСТ 17025-71 ГОСТ 26539-85	- -	D=12мм; L=83мм; Z=5мм; l=26мм. Патрон 2-45-12-90	[1]

МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ

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

Виберемо з нормативної літератури дані про обладнання і занесемо в таблицю 1.4.5.

Таблиця 1.4.5 - Дані про обладнання

№ опер.	Верстат	Межі частот обертання шпинделя, хв ⁻¹	Число ступеней обертання шпинделя	Межі подач, мм/хв.	Число робочих подач	Конус шпинделя	Потужність двигуна, кВт
005, 010	Вертикально-фрезерний моделі 6P13	31,5-1600	18	31,5-1600	18	50 (за ДСТУ ГОСТ 15945-82)	11
015, 020	Багатоцільовий верстат моделі 6904ВМФ2	32-2000	19	2,5-2500	31	45 (за ДСТУ ГОСТ 15945-82)	4,5

Операція 005:

Проведемо аналітичний розрахунок режимів різання для операції 005 на перехід: фрезерування поверхні 1 в розмір 50мм є одноразовим, яке проводиться на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6P13 торцевою насадною фрезою з вставними ножами, оснащеними пластинками з твердого сплаву Т15К6 за ГОСТ 9473-80, діаметр фрези D= 100мм, число зубів z=10-[1].

Встановлюємо глибину різання t,мм. Припуск знімають за один робочий хід, отже, t=3,4мм (див. таблицю 3 цього розділу).

Ширина фрезерування B=75мм.

Назначаємо подачу на зуб фрези: Sz=0,1мм/зуб - [1]

Період стійкості фрези: T=180хв - [1].

Визначаємо швидкість головного руху різання, яка допускається різальними властивостями фрез:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \quad (1.4.23)$$

де C_v=332- коефіцієнт; q=0,2; x=0,1; y=0,4; u=0,2; m=0,2 - показники степені [1].

K_v - загальний поправковий коефіцієнт, який визначається, як добуток коефіцієнтів [1]:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_t, \quad (1.4.24)$$

K_{mv} - коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу [1]:

$$K_{mv} = K_r (750 / \sigma_B)^{nv}, \quad (1.4.25)$$

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де σ_B - твердість оброблюваного матеріалу, $\sigma_B = 550$ (див. 1.1, табл. 3);

n_v - показник степені, $n_v = 1$; $K_1 = 1$ - [1]

K_{nv} - коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки, $K_{nv} = 0,8$ [1];

K_{iv} - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, $K_{iv} = 1,0$ - [1].

$$\text{Тоді: } V = \frac{332 \cdot 100^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 3,4^{0,15} \cdot 0,1^{0,35} \cdot 75^{0,2} \cdot 10} \cdot \left(\frac{750}{550}\right)^1 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 318,3 \text{ м/хв.}$$

Визначимо частоту обертання шпинделя n , хв^{-1} верстата:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 318,3}{3,14 \cdot 100} = 1013,7 \text{ хв}^{-1} \quad (1.4.26)$$

Коректуємо за паспортом верстата: $n_k = 1000 \text{ хв}^{-1}$.

$$V_K = \frac{n_k \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{1000 \cdot 3,14 \cdot 100}{1000} = 314 \text{ м/хв.} \quad (1.4.27)$$

Визначимо хвилину подачу $S_{\text{хв}}$, мм/хв:

$$S_{\text{хв}} = S_z \cdot z \cdot n = 0,1 \cdot 10 \cdot 1000 = 1000 \text{ мм/хв.} \quad (1.4.28)$$

Коректуємо за паспортом верстата: $S_{\text{хв.к}} = 1000$ мм/об; $S_z = 0,1$ мм/зуб.

Розраховуємо силу різання при фрезеруванні P_z , Н за формулою:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}, \quad (1.4.29)$$

де $C_p = 825$ - коефіцієнт; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $u = 1,1$; $q = 1,3$; $w = 0,2$ - показники степеня [1];

K_{MP} - поправковий коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу [1]

$$K_{MP} = (\sigma_B / 750)^n, \quad (1.4.30)$$

де n - показник степені, $n = 0,3$ - [1].

$$\text{Тоді: } P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 3,4^{1,0} \cdot 0,1^{0,75} \cdot 75^{1,1} \cdot 10}{100^{1,3} \cdot 1000^{0,2}} \cdot \left(\frac{550}{750}\right)^{0,3} = 1948 \text{ Н}$$

Розраховуємо ефективну потужність різання N_e , кВт за формулою:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1948 \cdot 314}{1020 \cdot 60} = 8,7 \text{ кВт.} \quad (1.4.31)$$

$$N_d = N_e / \eta = 8,7 / 0,85 = 10,24 \text{ кВт.} \quad (1.4.32)$$

Потужність верстата 11 кВт отже умова $10,24 < 11$ кВт виконується, потужність фрезерування не перевищує допустимої потужності верстата.

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Машинний час [1]: $T_0 = L \cdot i / S$, (1.4.33)

де: $L = l + l_1 + l_2$;

l - довжина оброблюваної поверхні, мм;

l_1 - величина врізання інструменту, мм;

l_2 - величина перебігу інструменту, мм.

$l=170\text{мм}$; $i=2$; $l_1+l_2=23\text{мм}$.

Підставивши значення в формулу (4.33) одержимо:

$T_0=(170+23) \cdot 2 / 1000=0,39\text{хв}$.

Операція 015. Перехід 3.

На даній операції розточується начисто отвір до $\varnothing 47^{+0.062}$ мм на свердлильно-фрезерно-розточному верстаті мод. 6904ВМФ2.

Інструмент - розточний державковий різець 2142-0013 за ДСТУ ГОСТ 9795:2009 з пластинками з твердого сплаву Т60К6 [1]: $\varphi=90^\circ$; $\varphi_1=10^\circ$; $r=1,0\text{мм}$.

Глибина різання:

$t=(47-47,4)/2=0,3\text{мм}$ (див. операцію 015, переходи 2-3)

Назначаємо подачу: $S_0=0,15\text{мм/об}$ - [1].

Стійкість інструменту: $T=60\text{хв}$ - [1].

Визначаємо швидкість різання V , м/хв. (для внутрішньої обробки приймають швидкість різання, рівну швидкості різання для зовнішньої обробки з введенням поплавкового коефіцієнту 0,9 - [1])

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (1.4.34)$$

де $C_v=420$ - коефіцієнт; $x=0,15$; $y=0,2$; $m=0,2$ - показники степеня [1].

K_v - загальний поправковий коефіцієнт, який визначається, як добуток коефіцієнтів:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_i \cdot K_{\varphi i} \cdot K_{rv}, \quad (1.4.35)$$

де K_{mv} - коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу: [1]

$$K_{mv} = K_r (750 / \sigma_B)^{nv}, \quad (1.4.36)$$

де σ_B - твердість оброблюваного матеріалу, $\sigma_B=550$ (див. 1.1, табл.3);

n_v - показник степені, $n_v=1$; $K_r=1$ - [8], с. 262, табл. 2;

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_{nv} - коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки, $K_{nv}=0,8$ [1];

K_{iv} - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, $K_{iv}=1,0$ [1].

$K_{\phi v}=0,7$; $K_{rv}=0,94$ - коефіцієнти, що враховують вплив кута в плані і радіуса при вершині різця r - [1].

$$\text{Тоді: } V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,3^{0,15} \cdot 0,15^{0,2}} \cdot \left(\frac{750}{550}\right)^1 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 0,7 \cdot 0,94 \cdot 0,9 = 165,9 \text{ м/хв},$$

Визначимо частоту обертання шпинделя n , хв.⁻¹ верстата:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 165,9}{3,14 \cdot 47} = 1123,6 \text{ хв}^{-1}, \quad (1.4.37)$$

Корегуємо за паспортом верстата: $n_k=1250$ хв.⁻¹

$$V_k = \frac{n_k \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{47 \cdot 3,14 \cdot 1250}{1000} = 184,5 \text{ м/хв}, \quad (1.4.38)$$

Визначимо хвилинну подачу $S_{хв}$, мм/хв.:

$$S_{хв} = S_{об} \cdot n = 0,15 \cdot 1250 = 187,5 \text{ мм/хв}. \quad (1.4.39)$$

Корегуємо за паспортом верстата: $S_{хв.к}=200$ мм/об

тоді $S_{об}=S_{хв}/n=200/1250=0,16$ мм/об.

Розраховуємо силу різання при розточуванні P_z , Н за формулою [1]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (1.4.40)$$

де $C_p=300$ - коефіцієнт;

$x=1,0$; $y=0,75$; $n=-0,15$ - показники степені - [1];

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p}.$$

K_{mp} - поправковий коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу [1]

$$K_{mp} = (\sigma_B / 750)^n, \quad (1.4.41)$$

де n - показник степені, $n=0,75$ - [1].

Коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів різальної частини інструменту [1]:

$K_{\phi p}=0,89$ - головний кут в плані ($\phi=90^\circ$);

$K_{\gamma p}=1,1$ - передній кут ($\gamma=0^\circ$);

$K_{\lambda p}=1,0$ - кут нахилу леза ($\lambda=0^\circ$).

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{Тоді: } P_z \cdot 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,16^{0,75} \cdot 184,5^{-0,15} \cdot \left(\frac{550}{750}\right)^{0,75} \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 34,8H,$$

Розраховуємо ефективну потужність різання N_e , кВт за формулою [1]:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{34,8 \cdot 184,5}{1020 \cdot 60} = 0,1кВт.$$

$$N_d = N_e / \eta = 0,1 / 0,8 = 0,125 \text{ кВт.}$$

$$\text{Машинний час [1]: } T_0 = L \cdot i / S^{x_0}, \quad (1.4.42)$$

де: $L = l + l_1 + l_2$;

l - довжина оброблюваної поверхні, мм;

l_1 - величина врізання інструменту, мм;

l_2 - величина перебігу інструменту, мм.

$l = 19\text{мм}$; $i = 1$; $l_1 = 4\text{мм}$; $l_2 = 2\text{мм}$ [1].

Підставивши значення в формулу (1.4.42) отримаємо:

$$T_0 = (19 + 4 + 2) \cdot 1 / 200 = 0,13\text{хв.}$$

Операція 020. Перехід 7

На багатоцільовому верстаті 6904ВМФ2 просвердлити послідовно 3 отвори під різьбу М8.

Під різьбу М8 рекомендовано свердлити отвір діаметром 6,7мм - [1].

Свердління даного отвору проводиться спіральним свердлом із швидкорізальної сталі Р6М5 з нормальним конічним хвостовиком для верстатів з ЧПК за ДСТУ ГОСТ 10902:2008, діаметр свердла $D = 6,7\text{мм}$;

Встановлюємо глибину різання t , мм за формулою:

$$t = D / 2 = 6,7 / 2 = 3,35\text{мм.} \quad (1.4.43)$$

Назначаємо осьову подачу свердла: $S_0 = 0,15\text{мм/об}$ - [1].

Стійкість свердла: $T = 25\text{хв}$ - [1].

Визначаємо швидкість головного руху різання V , м/хв., яку допускають різальні властивості свердла [1]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \quad (1.4.44)$$

де $C_v = 7,0$ - коефіцієнт; $q = 0,4$; $y = 0,7$; $m = 0,2$ - показник степені - [1];

K_v - загальний поправочний коефіцієнт [1]:

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv} \quad (1.4.45)$$

де $K_{mv} = K_r \cdot (750 / \sigma_B)^n = 1 - (750 / 550)^{-0,9} = 0,76$, де $K_r = 1$, $n = -0,9$ [1];

$K_{iv} = 1$ - коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу - [1];

$K_{lv} = 1$ - коефіцієнт на глибину свердління - [1].

Тоді:

$$V = \frac{7,0 \cdot 6,7^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,15^{0,7}} \cdot 0,76 \cdot 1 \cdot 1 = 22,57 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя n , хв^{-1} верстата за формулою:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 22,57}{3,14 \cdot 6,7} = 1072,3 \text{ хв}^{-1}, \quad (1.4.46)$$

Коректуємо частоту n за паспортом верстата 6904 ВМФ2: $n_d = 1000 \text{ хв}^{-1}$.

Визначаємо дійсну швидкість V_d різання за формулою:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6,7 \cdot 1000}{1000} = 21 \text{ м/хв.} \quad (1.4.47)$$

Визначимо хвилинну подачу $S_{\text{хв}}$, мм/хв. :

$$S_{\text{хв}} = S_0 \cdot n_d = 0,15 \cdot 1000 = 150 \text{ мм/хв.} \quad (1.4.48)$$

Коректуємо $S_{\text{хв}}$ за паспортом верстата моделі 6904 ВМФ2: $S_{\text{хв}} = 125 \text{ мм/хв.}$

Крутний момент на шпинделі верстата $M_{\text{кр}}$, $\text{Н}\cdot\text{м}$ і осьова сила різання при свердлінні P_0 , Н визначаємо за формулами [1]:

$$M^{\text{кр}} = 10 C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K^p \quad (1.4.49)$$

$$P_0 = 10 C^p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K^p \quad (1.4.50)$$

де $C_m = 0,0345$; $C_p = 68$ - коефіцієнти;

$q_1 = 2,0$; $q_2 = 1,0$; $y_1 = 0,8$; $y_2 = 0,7$ - показники степені - [1];

$K_p = K_{\text{мп}} = (\sigma_B / 750)^n = (550 / 750)^{0,75} = 0,79$.

Тоді: $M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 6,7^2 \cdot 0,125^{0,8} \cdot 0,79 = 2,7 \text{ Н}\cdot\text{м}$,

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 6,7^1 \cdot 0,125^{0,7} \cdot 0,79 = 954 \text{ Н.}$$

Визначаємо ефективну потужність різання N_e , кВт :

$$N_e = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n_d}{9750} = \frac{2,7 \cdot 1000}{9750} = 0,3 \text{ кВт.} \quad (1.4.51)$$

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідна потужність на приводі верстата: $N_d = N_e / \eta = 0,3 / 0,8 = 0,4$ кВт.

Машинний час [1]: $T_0 = L \cdot i / S_{xv}$,

де: $L = l + l_1$;

l - довжина оброблюваної поверхні, мм;

l_1 - величина врізання інструменту, мм;

l_2 - величина перебігу інструменту, мм.

$l=18$ мм; $i=3$; $l_1=3$ мм; [1] с. 620, табл. 3.

Підставивши значення в формулу одержимо:

$$T_0 = (18+3) \cdot 3 / 125 = 0,63 \text{ хв.}$$

Режими різання для інших операцій та переходів зведені в таблицю 1.4.6

Таблиця 1.4.6 - Режими різання

№ операції	№ переходу	Режими різання								N _e , кВт	N, кВт	T ₀ , хв
		Розраховані					Прийняті					
		t, мм	S, мм/об	S _z , мм/зуб	V, м/хв	N, об/хв	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв			
005	1	3,4	-	0,1	318,3	1013,7	1000	1000	314	8,9	11	0,39
010	1	4,2	-	0,1	293,6	1483,6	630	1250	247,3	4,92	11	0,25
015	1	3,4	-	0,1	268	953	630	1000	280	1,2	4,5	0,29
	2	3,6	0,3	-	105	718	200	800	117	2,8		0,18
	3	5	0,15	-	184,3	1248	200	1250	184,5	0,125		0,13
	4	0,15	0,2	-	130	845	160	800	123	0,9		0,02
	5	1	0,12	-	25	796	100	800	25,1	0,11		0,28
	6	3	0,1	-	17	1082	100	1000	15,7	0,1		0,96
	7	2,5	1,0	-	6,4	340	310	310	5,8	0,12		0,75
	8	1	0,12	-	25	796	100	800	25,1	0,11		0,14
	9	3	0,25	-	26,8	657	160	630	25,7	0,76		0,31
	10	6,5	0,27	-	26	591	160	630	27,7	0,2		0,25
	11	0,45	0,32	-	21	477	160	500	22	0,3		0,38
	12	0,051	0,2	-	130	845	160	800	123	0,9		0,02
020	1	4,2	-	0,08	171,5	2184	800	2000	157	4,1	4,5	0,11
	2	2,5	-	0,08	88	1120	500	1250	98,2	1,8		0,36
	3	0,7	-	0,08	100	1600	850	1600	100	1,1		0,09
	4	1	-	0,08	100	1600	850	1600	100	1,1		0,09
	5	3	0,12	-	25	796	100	800	25,1	0,11		0,14
	6	2,5	0,1	-	17	1082	100	1000	15,7	0,1		0,40
	7	3,35	0,15	-	22,57	1072	125	1000	21	0,4		0,63
	8	1	1,0	-	6,4	340	310	310	5,8	0,12		0,12
	9	1,253	1,25	-	7,5	300	250	310	7,8	0,2		0,18
	10	3	0,12	-	25	796	100	800	25,1	0,11		0,07
	11	2,5 1,0	0,1	-	17	1082	100	1000	15,7	0,1		0,18
	12	2,0	1,0	-	6,4	340	310	310	5,8	0,12		0,13
	13	-	-	0,06	30,5	610	125	630	23,8	3,6		0,8

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

МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ

Арк.

1.4.3 Розробка структури операцій, технологічних налагоджень та керуючої програми

1.4.3.1 Вибір системи координат верстата з ЧПК, деталі та інструмента

Для виконання операції 015 у проектному технологічному процесі використано свердлильно-фрезерно-розточний верстат моделі 6904ВМФ2 з ЧПК.

Для керування рухом формоутворення інструмента необхідно визначити взаємне розміщення заготовки та інструмента в робочому просторі верстата. Це пов'язане з тим, що точність розмірів деталі витримують відносно початку координатної системи верстата, а не відносно базуючих поверхонь пристрою. Розташування окремих поверхонь і конструктивних елементів в об'ємі деталі задають у системі координат деталі, яку зв'язують із системою координат верстата. Тому під час обробки заготовок на верстатах з ЧПК використовують три системи координат: систему координат верстата (СКВ) $XU2$; систему координат деталі (СКД) $X_dY_dZ_d$; систему координат вихідної точки $O_{вм}$ СКВ вибираємо відповідно до рекомендацій ІСО як прямокутну декартову систему координат (див. рисунок 1.12)

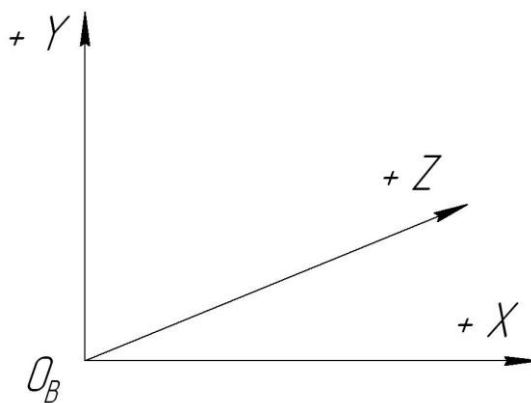


Рисунок 1.12 - Напрямы осей переміщень у правій системі координат верстата з ЧПК моделі 6904ВМФ2

Вісь Z збігається з віссю обертання шпинделя, а її додатній напрям відповідає наближенню інструмента до заготовки. Початок СКВ називають його нульовою точкою $O_{в}$ (див. граф. частину аркуш 1). Відносно $O_{в}$ в керуючій програмі задаються абсолютні переміщення робочих органів.

На верстаті 6904ВМФ2, який має "плаваючий нуль" відліку, початок відліку

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

переміщень робочого органу може бути перенесений у будь-яку точку в СКВ. Систему координат вихідної точки вибираємо в робочій зоні верстата на осі головного отвору деталі, на певній відстані від деталі для зручності затискання заготовки, зменшення довжини холостих та допоміжних ходів, безпечності заміни інструменту. У вихідній точці $O_{вт}$ починається програмоване переміщення інструмента по керуючій програмі. Положення точки $O_{вт}$ задають в СКД і зв'язують із базуючими елементами пристрою для затискання деталі відстанями $X^д=0, Y^д=0, Z^д=-300, X^в=0, Y^в=148, Z^в=-300$.

СКД використовуємо для задання розмірів деталі за допомогою координат опорних точок. Початок СКД (нульову точку деталі) $O_д$ вибираємо характерному елементі деталі (див. аркуш 1). Напрями координатних осей вибираємо такими самими, як і в СКВ. Таблиця координат опорних точок приведена на аркуші 1 графічної частини.

1.4.3.2 Налагодження верстата з ЧПК

Досягнення заданої точності розташування оброблених на верстаті з ЧПК поверхонь відносно баз заготовки пов'язане з необхідністю точного вимірювання положення СКД, тобто положення установчих елементів пристрою або баз заготовки, відносно СКВ.

Налагодження нульового положення (вихідна точка $O_{вт}$) здійснюється по циліндричному отворі 5 (див. креслення деталі), при цьому використовують центрошукач. В комплекс прийомів по налагодженню входять: встановлення органів управління верстатом і пристрою ЧПК в положення для здійснення налагодження; встановлення центрошукача в шпindelь верстата; суміщення осі шпинделя з базою заготовки; набір з допомогою перемикачів установлення нуля фактичного положення виконавчих органів верстата.

Витрати часу на налагодження нульового положення враховуються в комплекс підготовчо - заключного часу $T_{пз}$.

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4.3.3 Опорні точки, пов'язані з підготовкою карти налагодження і керуючої програми

Опорні точки траєкторії руху інструменту, який зображений на карті налагодження для операції 015:

Перехід 1. Фрезерувати поверхню 3 витримавши розмір 19

Ділянка траєкторії	Координати опорних точок		
	X	Y	Z
0	0	0	-300 -
0-1	70	0	300 -
1-2	70	0	19 -19
2-3	-110	0	-300 -
3-4	-110	0	300
4-0	0	0	

Перехід 2. Розточити отвір до $\text{Ø}46,4^{+0,16}$ начорно.

Ділянка траєкторії	Координати опорних точок		
	X	Y	Z
0	0	0	-300
0-1	0	0	-21
1-2	0	0	2
2-0	0	0	-300

Перехід 3. Розточити отвір до $\text{Ø}47\text{H}9$

Ділянка Траєкторії	Координати опорних точок		
	X	Y	Z
0	0	0	-300 -
0-1	0	0	21
1-2	0	0	+1 -
2-0	0	0	300

Перехід 4. розточити фаску $1 \times 45^\circ$ в отворі $\text{Ø}47$

Ділянка траєкторії	Координати опорних точок		
	X	Y	Z
0	0	0	-300
0-1	0	0	-21
1-2	0	0	-17
2-0	0	0	-300

1.4.3.4 Розробка керуючої програми

Після розробки карти налагодження верстату 6904ВМФ2 заповнюємо розрахунково-технологічну карту (див. аркуш 1 графічної частини), в якій вказуємо координати опорних точок в СКД, а також режими обробки.

Використовуючи розрахунково-технологічну карту, складаємо керуючу програму на у операцію 015.

Програма будується з кадрів трьох типів:

- 1) головний кадр, в якому задаються інструмент і режими;
- 2) кадр позиціювання, в якому задаються координати оброблюваної поверхні;
- 3) цикловий кадр, в якому задається будь-який постійний цикл із зазначенням його параметрів.

Складену керуючу програму заносимо в таблицю 1.4.7.

Таблиця 1.4.7- Керуюча програма на операцію 015, верстат-6904ВМФ2, система ЧПК - Розмір 2М.

№ кадру	Кодування інформації	Зміст переходу
%		Початок програми
N001	P18 S11 T01 M06LF	Задається подача, оберти. Зміна інструмента
N002	G90 M03LF	Задається обертання шпинделя проти год. стр.
N003	G62 Z-0300000 LF	Переміщення в точку з заданими корд.
N004	G90 X+007000 LF	
N005	G62 Z-001900 LF	
N006	G60 X-011000F19 LF	Робочий хід із заданою подачею
N007	G62 Z-030000 LF	Відвід інструмента
N008	G60 X+000000 LF	
N009	F18 S10 T02 M06 LF	Переключення режимів. Заміна інструмента
N010	G62 Z+002100 M03 LF	Підвід інструмента
N011	Z-000100 F14 LF	Робочий хід із заданою подачею
N012	G60 X+000000 LF	Відвід інструмента
N013	F18 S 12 T03 M06 LF	
N014	G62 Z-002100 M03 LF	
N015	Z+000100 F14 LF	
N016	G60 X+000000LF	
N017	F18 S10 T04 M06 LF	
N018	G62 Z-002100 M03 LF	
N019	Z-001900 F13 LF	
N020	G60 X+000000 LF	
N021	M05	Виключення обертання шпинделя
N022	M02	Кінець програми

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ				

1.4.4 Аналіз точності обробки

Обробка внутрішньої циліндричної поверхні у партії деталей "плита нижня" на багатоцільовому верстаті з ЧПК моделі 6904ВМФ2. Матеріал деталі сталь 45Л ДСТУ 8781:2018 з $\sigma_y=550$ МПа. Деталь базується по площині. Інструмент - оправка з хвостовиком конусністю 7:24 для чистового розточування, різець для верстатів з ЧПК за ДСТУ ГОСТ 9795:2009 2142-0013, $\varphi=90^\circ$, $\varphi_1=10^\circ$. Обробку ведуть на заздалегідь налагодженому верстаті, налагодження різця на розмір проходить і поза верстатом.

Основні похибки, що виникають при обробці циліндричної поверхні і впливають на точність радіуса:

Δ_B - похибка форми від геометричної неточності верстата в радіальному напрямку. Похибка постійна;

Δ_H - похибка налагодження системи ВПД на отримання заданого розміру. Похибка випадкова;

Δ_y - похибка від зміни величини деформації системи ВПД внаслідок зміни сил різання;

Δ_i - похибка від розмірного спрацювання різця, систематична закономірно-змінна;

Δ_r - похибка від теплової деформації різця, систематична закономірно-змінна.

Формули для розрахунку похибок, значення параметрів, від яких залежать похибки та джерела інформації, а також результати розрахунку випадкових похибок зведені в таблицю 1.4.8. Результати розрахунку систематичної похибки зведені в таблицю 1.4.9. Схема технологічного розмірного ланцюга, теоретична діаграма точності, та гістограма похибок показані на листі 1.

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.4.8 - Розрахунок похибок обробки $\varnothing 47^{+0,062}$ мм.

Формули для розрахунку похибок обробки	Параметри, що впливають на похибку обробки	Значення параметрів та джерело інформації
$\Delta_{BR}^1 = a^1 / 2 = 0,003 / 2 = 0,0015$ мм; $\Delta_{BR}^{11} = a^{11} / 2 = 0,003 / 2 = 0,0015$ мм; $\Delta_{BR} = \Delta_{BR}^1 + \Delta_{BR}^{11} = 0,0015 + 0,0015 = 0,003$ мм; $\Delta_{BR} = 2 \cdot \Delta_{BR}^1 = 2 \cdot 0,003 = 0,006$ мм.	a^1 - прямолінійність поверхні; a^{11} - паралельність верхньої обробленої поверхні основи в повздовжньому і поперечному напрямках, мм.	$a^1 = 0,003$ мм [6], с.58, табл. 23 $a^{11} = 0,003$ мм [6], с.58, табл.23
$\Delta_{HR} = \sqrt{\left(\frac{\Delta_{ВИМ}}{2}\right)^2 + \Delta_P^2} =$ $= \sqrt{\left(\frac{0,0018}{2}\right)^2 + 0,01^2} = 0,01004$ мм. $\Delta_{HD} = 2 \cdot \Delta_{HR} = 2 \cdot 0,0104 = 0,0208$ мм	$\Delta_{ВИМ}$ - похибка вимірювання; Δ_P - похибка регулювання;	$\Delta_P = 0,01$ мм [6], с.71, табл.26 $\Delta_{ВИМ} = 0,0018$ мм [1], с.562, табл. 14
$\Delta_{VR} = 11 C_P S^{y_{pv}} V^{n_{pv}} K_p \cdot (t^{x_{pv}_{max}} - t^{x_{pv}_{min}}) \cdot$ $\cdot \omega = 11 \cdot 300 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 184,3^{-0,15} \cdot 0,703 \cdot$ $\cdot (0,321^1 - 0,272^1) \cdot 0,000016 = 0,0002$ мм; $\omega = y / P_y = 250 / 16000 = 0,000016$ мкм/Н	t_{max}, t_{min}, S, v - режими різання; $C_{Py}, y_{py}, n_{py}, x_{py}$ - коефіцієнти і показники степеня для визначення P_y ; P_y - нормальна складова сили різання, Н; ω - податливість системи ВПД.	$t_{max} = 0,321$ мм; $t_{min} = 0,272$ мм; $S = 0,15$ мм/об; $v = 184,3$ м/хв; $C_p = 300$; $y_{py} = 0,75$; $n_{py} = -0,15$; $x_p = 1,0$; $K_p = 0,703$ [8], с. 277 $Y = 259$ мкм; $P_y = 16000$ Н [6], с.32, табл.11
$\Delta_{MHR} = 1,2 \cdot \sqrt{\Delta_H + \Delta_y + \Delta_B} =$ $= 1,2 \cdot \sqrt{0,01004^2 + 0,0002^2} + 0,003 = 0,013$ мм. $\Delta_{MH} = 2 \cdot \Delta_{MHR} = 2 \cdot 0,013 = 0,026$ мм.		
$\Delta_i = -U_0(1 + v \cdot \tau / 1000) = -1,8 \cdot$ $\cdot (1 + 184,3 \cdot \tau / 1000) = -(2 + 0,369\tau)$	τ - час обробки, хв; u_0 - відносне спрацювання різця, мкм/км.	τ - змінна величина; $u_0 = 2$ мкм/км [6], с.74, табл.28
$\Delta_T = 120 \frac{L_p}{F} V^{0,23} \cdot S^{0,45} \cdot t^{0,7} \cdot$ $\frac{T_0}{T_0 + T_n} \cdot \left(1 - e^{-\frac{4\tau}{\tau_m}}\right) = 120 \cdot \frac{24}{64} \cdot$ $\cdot 184,3^{0,23} \cdot 0,15^{0,45} \cdot 0,3^{0,7} \cdot$ $\cdot \frac{0,13}{0,13 + 1,23} \cdot \left[1 - e^{-\frac{4\tau}{12}}\right] = 2,62 \left(1 - e^{-\frac{4\tau}{12}}\right)$	L_p і F - виліт різця в мм і площа поперечного перерізу його державки, мм ² ; τ_m - константа при нагріванні, змінюється в межах 12 ÷ 20 хв	$L_p = 24$ мм; $F = 8 \times 8 = 64$ мм ² ; $T_0 = 0$ ДЗхв; $T_{пер} = 1,23$ хв (див.п.4.5)

Таблиця 1.4.9 - Результати розрахунку систематичної похибки в мм

τ , хв.	0	1	2	4	8	10	20	40	60
Δ_i , мкм	-2	-2,37	-2,74	-3,48	-4,95	-5,95	-9,38	-16,76	-24,14
Δ_T , мкм	0	0,74	1,27	1,93	2,44	2,53	2,62	2,62	2,62
$\Delta_{сум} = 2(\Delta_i + \Delta_T)$	-4	-3,26	-2,94	-3,1	-5,02	-6,32	-13,52	28,28	-43,04

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Економічна стійкість різця: $T_e=60$ хв. (див.п.1.4.2)

З діаграми точності обробки визначаємо технологічну стійкість інструменту: $T_t=51$ хв. Оскільки $T_e > T_t$, то загальна похибка обробки $\Delta_{\text{сум}} - T_d=0,062$ мм [1].

Налагоджуваний розмір $D_{\text{ная}}$ становлять:

$$D_{\text{нал}} = D_{\text{max}} - \Delta_{\text{MH}} = 47,062 - 0,5 - 0,026 = 47,049 \text{мм.}$$

Питомий вклад:

$$C_j = \Delta_j / \Delta_{\text{сум}} \cdot 100\%, \quad (1.4.52)$$

де Δ_j - величина j -тої похибки.

Таблиця 1.4.10 - Результати розрахунку питомого вкладу первинних похибок обробки

Позначення похибки	Δ_B	Δ_H	Δ_y	Δ_{MH}	Δ_i	Δ_T	$\Delta_{\text{сум}}$
Значення похибки, мм	0,006	0,02008	0,0002	0,026	0,021	0,003	0,036
$C_j, \%$	9,7	32,39	0,32	41,94	33,9	4,84	58,06

З гістограмами похибок встановлюємо, що домінуючими похибками І обробки є похибки від розмірного спрацювання і налагодження.

Можливі основні заходи по підвищенню надійності забезпечення точності обробки - використання інструменту з вищою стійкістю, підвищення точності налагодження, використання МОР.

Технічна стійкість виражена в кількості оброблених деталей:

$$n = T_t / T_o, \quad (1.4.53)$$

де: T_t - технологічна стійкість інструменту, $T_t=51$ хв (за діаграмою точності);

T_o - основний час роботи інструменту однієї деталі, $T_o=0,13$ хв (див.п.1.4.2).

Тоді: $n = 51 / 0,13 = 392$ деталей.

Так як в партій 89 деталей, то приймаємо, що після обробки чотирьох партій деталей інструмент треба переналагодити.

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4.5 Нормування технологічного часу

Аналітичним методом проведемо розрахунок норм часу на операцію 010, яка виконується на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6Р13.

Основний час $T_0=0,25$ хв. (див. п.4.2).

Визначаємо допоміжний час:

- а) на установку й зняття деталі. $t_{узм} = 0,11$ хв. [1];
- б) зв'язаний з переходом при встановленні фрези: $t_{пер} = 0,3$ хв [1];
- в) час на зміну числа обертів шпинделя: $t_{зм.об} = 0,06$ хв. [1];
- г) час на зміну подачі: $t_{зм.под} = 0,06$ хв [1];
- д) час на контрольні вимірювання: $t_{вим} = 0,2$ хв [1];

Допоміжний час на експлуатацію:

$$T_d = t_{узм} + t_{пер} + t_{зм.об} + t_{зм.под} + t_{вим} = 0,11 + 0,3 + 0,06 + 0,6 + 0,2 = 0,73 \text{хв.}$$

Поправковий коефіцієнт на допоміжний час при трудоемності обробки партії деталей:

$$K_{тд} = 1,0 \text{ [1].}$$

$$\text{Оперативний час: } T_{оп} = T_0 + T_d = 0,25 + 0,73 = 0,98 \text{хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця для верстата 2-ї групи - 4% від оперативного часу ($a_{обсл} = 4\%$).

Час перерв на відпочинок і особисті потреби при роботі на верстаті з механічною подачею - 4% від оперативного часу ($a_{від} = 4\%$) [1].

Норма штучного часу:

$$T_{шт} = (T_0 + T_d - K_{тд}) \cdot (1 + (a_{обсл} + a_{від}) / 100), \text{ хв.}; \quad (1.4.54)$$

$$T_{шт} = (0,25 + 0,73 - 1,0) \cdot (1 + (4 + 4) / 100) = 1,06 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час:

$$T_{п.з.1} = 22 \text{хв [1]} - \text{на наладку верстата, інструмента і пристосування.}$$

$$T_{п.з.2} = 7 \text{хв [1]} - \text{одержання інструмента і пристосування.}$$

$$T_{п.з.3} = T_{п.з.1} + T_{п.з.2} = 22 + 7 = 29 \text{хв.}$$

Результати розрахунків основного, допоміжного і штучного часу на операції, виконані на універсальному обладнанні, заносимо в таблицю 1.4.11.

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.4.11 - Норми часу на операціях 005 і 010

Номер операції, її назва, переходи	Осн. час То, хв.	Допоміжний час, хв.					Сум. доп. час, Тд	Кт.д, Коеф.	$a_{обс.}$ %	$a_{від.}$ %	Тшт, хв.	Тп.з, хв
		$t_{уст}$	$t_{пер}$	$t_{зм.об}$	$t_{зм.под}$	$t_{вим}$						
005. Вертикаль- но-фрезерна А. 1.	- 0,39	0,11 -	- 0,3	- 0,06	- 0,06	- 0,2	0,73	1,0	4	4	1,21	29
010. Вертикаль- но-фрезерна А. 1.	- 0,25	0,11 -	- 0,3	- 0,06	- 0,06	- 0,2	0,73	1,0	4	4	1,06	29

Особливості нормування операцій, виконуваних на верстатах з ЧПК.

Штучний час обробки деталі:

$$T_{шт} = t_0 + t_d + t_{обс} + t_n \quad (1.4.55)$$

$$t_0 = \sum t_{0i} - \text{основний час на операцію, хв.}$$

$t_{доп} = t_{д.уст} + t_{м.д}$ - допоміжний час, який включає час на установку і зняття заготовки і допоміжний час, зв'язаний з виконанням допоміжних ходів і переміщення при обробці поверхонь, хв.

$t_{обс}$ - час обслуговування робочого місця, хв.

t_n - час на особисті потреби, хв.

Назначається в процентах від оперативного часу:

$$t_{оп} = (t_0 + t_{д.уст} + t_{м.д}), \text{ хв.} \quad (1.4.56)$$

Час роботи по програмі управління (час циклу обробки) $t_{п.у.}$ рівний неповному оперативному часу роботи верстату:

$$t_{п.у.} = t_{д.уст} + t_{м.в} \quad (1.4.57)$$

Звідси: $t_{обс} = 16\%$ від оперативного часу [6].

Час повороту стола на 180° становить 0,16 хв. [1].

Час на зміну інструмента – 8с [1].

На операції 015 і 020: $t_{д.уст} = 0,29$ [1].

Підготовчо-заключний час Тп.з. при обробці на верстатах з ЧПК складається: з затрат часу на прийоми - Тп.з.1, з затрат Тп.з.2, які враховують додаткові роботи і часу Тп.з.3 на пробну обробку деталі:

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

(1.4.58)

$T_{п.з.1} = 12 \text{ хв.}$ [6], с. 604.

$T_{п.з.2}$ - включає: установка приспособлення - 7хв. [6], с. 607, табл. 12.

Установка одного інструмента в магазин - 0,7хв. [6], с. 608, табл. 12.

Отримання наряду, технічної документації - 4хв. [6], с. 610, табл. 13.

Інструктаж майстра - 2хв. [6], с. 610, табл. 13.

Отримання інструменту - 7хв. [6], с. 610, табл. 13.

$T_{п.з.3}$ - час на обробку пробної деталі [6], с. 615, табл. 14.

Результати розрахунку зводимо в таблицю 1.4.12.

Таблиця 1.4.12 - Норми часу операцій, виконуваних на верстатах з ЧПК

№ опер. Переходу	Осн. час, То, хв.	Допоміжний час, хв.		$t_{оп}$, хв	$t_{обс}$, хв	$t_{п}$, хв	Тшт, хв	Підготовчо-заключний час, хв.			
		Устан, і зняття	Машин. Час					Тп.з.1	Тп.з.2	Тп.з.3	Тп.з.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Опер.015	3,71	0,29	3,68	7,68	1,23	1,23	10,14	12	27	16,9	55,9
А.	-		-								
1	0,29		0,28								
2	0,18		0,25								
3	0,13		0,25								
4	0,02		0,25								
5	0,28		0,26								
6	0,96		0,30								
7	0,75		0,17								
Б.	-		0,16								
8	0,14		0,45								
9	0,31		0,30								
10	0,25		0,30								
11	0,38		0,30								
12	0,02		0,25								
В.	-		0,16								

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.4.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Опер.020	3,37	0,29	2,50	6,16	0,99	0,99	8,14	12	18	12,1	42,1
А.	-		-								
1	0,11		0,31								
2	0,36		0,24								
3	0,09		0,23								
4	0,09		0,23								
5	0,14		0,18								
6	0,40		0,20								
7	0,63		0,20								
8	0,12		0,26								
9	0,18		0,26								
Б.	-		0,08								
10	0,07		0,15								
11	0,18		0,15								
12	0,13		0,15								
В.	-		0,08								
13	1,87		0,24								
Г.	-		0,16								

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Конструкторська частина

2.1 Пристрій фрезерний (операція 005)

2.1.1 Опис призначення та роботи пристрою

Пристрій призначений для встановлення і затиску деталі 2 плита нижня "ПА-307.01.011" на вертикально-фрезерувальній операції 005 (фрезерується поверхня 1).

Верстат: вертикально-фрезерний моделі 6P13; розміри столу 400×1600 мм, має Т-подібні пази шириною 18 мм (у тому числі центральний 18Н8); найбільше переміщення столу: поздовжнє -1000 мм, поперечне - 300 мм, вертикальне 420 мм.

Інструмент: Торцьова фреза з вставними твердосплавними пластинами T15K6 - D=100 мм, Z=10. ДСТУ ГОСТ 9473:2008.

Схема установки деталі і її затиску показана на рис.2.1. Найбільші габаритні розміри заготовки: 170мм, 155,8мм.

Максимальна сила різання на даній операції $P_z=1948$ Н (див.п.1.4.2).

Пристрій одномісний із ручним затиском деталі.

Пристрій складається з лещат із гвинтовим затиском з одною рухомою губкою. Затиск здійснюється за рахунок обертання рукоятки пристрою і надання губці поступального руху.

Базування здійснюється по двох площинах: установча - три ступені вільності і напрямна - дві ступені. Шоста ступінь - за рахунок сили затиску.

					МР.ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.2 Силовий розрахунок пристрою

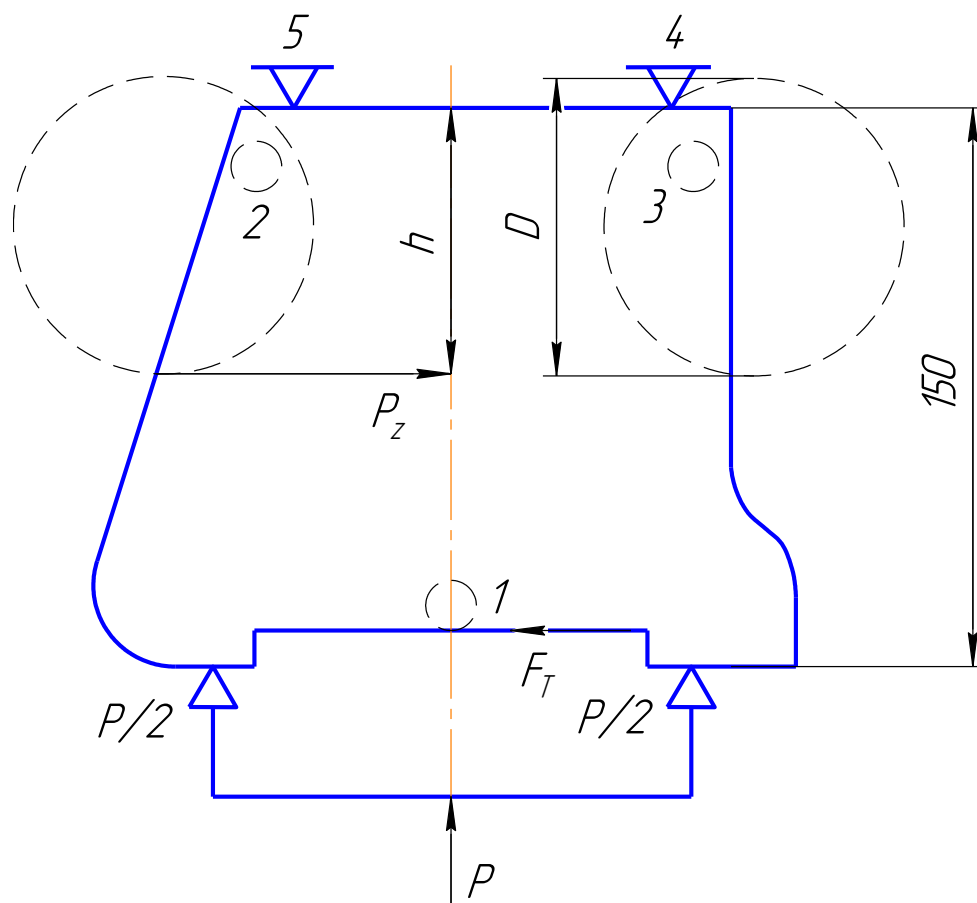


Рисунок 2.1 – Схема установки і затиску деталі.

Розрахунок пристрою проводимо на фрезерну операцію. Під час обробки за рахунок сили різання виникає крутний момент $M_{кр}$, який дорівнює:

$$M_{кр} = P_z \cdot D / 2, \text{ Н/м} \quad (2.1)$$

де: $P_z=1948 \text{ Н}$ - сила різання;

$D=100\text{мм}$ - діаметр фрези.

Тоді:

$$M_{кр}=1948 \cdot 100/2=97,4 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Складаємо рівняння моментів відносно точки 5:

$$\Sigma M_5=0: \quad K \cdot M_{кр} - P \cdot h = 0; \quad (2.2)$$

$$P=K \cdot M_{кр} / h, \quad (2.3)$$

Де: $h=65\text{мм}$ - з креслення пристрою;

K - коефіцієнт запасу.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ

Арк.

$$K=K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (2.4)$$

$K_0=1,5$ - коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1 =1,0$ - коефіцієнт, враховуючий збільшення сил різання за рахунок випадкових нерівностей на оброблюваній поверхні;

$K_2 =1,6$ - коефіцієнт, який характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення інструмента.

$K_3=1,2$ - коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання при перервному різанні;

$K_4=1,3$ - коефіцієнт, який характеризує постійність сили закріплення;

$K_5=1,0$ - коефіцієнт, який характеризує ергономіку затискних механізмів;

$K_6=1,0$ - коефіцієнт, який враховує наявність моментів, прагнучих повернути заготовку.

Тоді: $K=1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0=3,744$;

$$P=K \cdot M_k / h=3,74 \cdot 97,4 \cdot 10^3 / 67=5437 \text{ Н.}$$

Також в даному пристрої при затиску деталі може виникнути зсув деталі внаслідок безпосередньої дії сили різання. Спроекуємо всі сили на вісь X:

$$\sum X_i=0: \quad k \cdot P_z - Ft_1 - Ft_2 - Ft_3=0$$

$Ft_1=Ft_2=R \cdot f_1$ - так як сила затиску рівновіддалена від опор, то реакції опор будуть рівні, а отже і сили тертя теж.

$$Ft_3=P \cdot f_2.$$

R – реакція опори, $R=P / 2$;

$f_1=0,25$ - коефіцієнт тертя між опорою і заготовкою.

$f_2=0,25$ - коефіцієнт тертя між заготовкою і затискними механізмами.

Підставивши значення, отримаємо:

$$k \cdot P_z - P \cdot f_1 - P \cdot f_2=0, \text{ звідки маємо:}$$

$$K= k \cdot P_z / (f_1 + f_2)=3,74 \cdot 1948 / (0,25+0,25)=1456 \text{ Н.}$$

Отже, в другому випадку сила затиску більша, значить підбираємо лещата по ній.

Вибираємо верстатні лещата 7200-0206, які розвивають силу затиску 14600 Н.

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо силу, яку треба прикласти до ручки ключа, щоб через різьбу (M20×2) на губці лещат отримати силу P:

$$Q = P \cdot r_{CP} \cdot \operatorname{tg}(a + \varphi_{PP}) / l, \quad (2.5)$$

де r_{CP} - середній радіус різьби, $r_{CP} = 8.75 \text{ мм}$.

По відомому діаметру і кроку різьби визначимо половину кута при вершині різьби - β ; кут підйому різьби $\alpha = \operatorname{arctg} P / \pi d^2$ і приведений кут тертя в різьбі $\varphi_{PP} = \operatorname{arctg}(0,1 / \cos \beta)$.

$$\beta = 30^\circ; \varphi_{PP} = 6^\circ 40'.$$

$$\alpha = \operatorname{arctg}(2,5 / (3,14 \cdot 9,026^2)) = 3^\circ 1' 54'';$$

l - довжина рукоятки. $l = 250 \text{ мм}$.

Отже, підставивши значення в формулу (2.5) отримаємо:

$$Q = 14600 \cdot 8,75 \cdot \operatorname{tg}(3^\circ 1' 54'' + 6^\circ 40') / 250 = 87 \text{ Н}.$$

Силовий розрахунок слабких ланок

Слабкою ланкою конструкції являється різьбове з'єднання на губці лещат. Різьба приймає силу, направлену вздовж своєї осі. Для розрахунків різьби на міцність умовно приймають, що осьова сила Q розподіляється між витками рівномірно. Розрахунок різьби на міцність проводиться як перевірочний. На різьбове з'єднання деталі діє осьова сила (розрахункова) Q, значить витки кріпильної різьби розраховуються тільки на зріз і на зминання.

При однакових матеріалах з'єднаних різьбових деталей, розрахунок різьби на міцність проводиться по охоплюваній деталі за формулами:

На зріз:
$$\tau_{ЗР} = \frac{Q}{\pi \cdot d_1 \cdot z \cdot k \cdot s} \leq [\tau_{ЗР}]; \quad (2.6)$$

На зминання:
$$\sigma_{ЗМ} = \frac{4Q}{\pi(d_1^2 - d_2^2)z} \leq [\sigma_{ЗМ}], \quad (2.7)$$

де: $\tau_{ЗР}$ - розрахункове напруження на зріз різьби;

$\sigma_{ЗМ}$ - розрахункове напруження на зминання між витками різьби;

z - число витків різьби, сприймаючих навантаження;

K - коефіцієнт повноти різьби, показує відношення висоти витка в небезпечному сеченні до кроку різьби;

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$[\tau^{3P}]$ - допустиме напруження різьби;

$[\sigma^{3M}]$ - допустиме напруження на зминання для різьби. Коефіцієнт повноти різьби для метричної різьби болтів $K=0,75$.

d^1 - зовнішній діаметр різьби, $d^1=20\text{мм}$;

d^2 - внутрішній діаметр різьби, $d^2=18,701\text{мм}$;

S - крок різьби, $S=2\text{мм}$;

L - довжина з'єднання, $L=30\text{мм}$.

$Z=L/S=30/2=15$.

В машинобудуванні при розрахунках приймають:

$[\tau^{3P}]=(0,25\div 0,35) \cdot \sigma^T$, де σ^T - границя текучості.

Для сталі 45: $[\tau^{3P}] = 85\text{Мпа}$; $[\sigma^{3M}] = 210\text{Мпа}$.

Таким чином, підставляючи дані в формули (2.6) і (2.7) отримаємо:

$$\tau_{3P} = \frac{87}{3,14 \cdot 20 \cdot 16 \cdot 0,75 \cdot 2} = 0,058 \text{Н / мм}^2 \leq [\tau_{3P}] ;$$

Умова міцності при розрахунку на зріз виконується.

$$\sigma_{3M} = \frac{4 \cdot 87}{3,14(20^2 - 18,701^2) \cdot 16} = 0,138 \text{Н / мм}^2 \leq [\sigma_{3M}] ,$$

Умова міцності при розрахунку на зминання виконується.

2.1.3 Розрахунок точності пристрою

Розрахунок проводимо на розмір $19 \pm 0,105$ мм.

Розрахунок пристрою на точність зводиться до встановлення похибки установки заготовки в пристрій $\Delta \varepsilon^y$ і її вираховують із врахуванням похибок:

$\Delta \varepsilon_6$ - базування; $\Delta \varepsilon^3$ - закріплення заготовки; $\Delta \varepsilon^{PP}$ - виготовлення і знос опорних елементів пристрою.

Розрахунок допустимої похибки пристрою ведемо за формулою:

$$[\varepsilon_{PP}] \leq T - 1,2 \cdot \sqrt{(0,85 \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + (0,85 \cdot \omega)^2} , \quad [10], \text{ с.28} \quad (2.8)$$

де: ε_6 - похибка базування, мкм;

ε_3 - похибка закріплення, мкм;

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ω - економічна точність методу обробки, мм; $\omega=0,13\text{мм}=130\text{мкм}$;

T - допуск на виконані мий розмір, мм; $T=210\text{мкм}$;

$\varepsilon_6 = 0$ - так як виконується принцип суміщення баз, тобто конструкторська і технологічна бази співпадають;

ε_3 - похибка закріплення заготовки в пристрої, $\varepsilon^3 = 100\text{мкм}$. [3], с.82, табл.40

$$[\varepsilon_{IP}] \leq 210 - 1,2 \cdot \sqrt{100^2 + (0,85 \cdot 130)^2} = 31, \text{ мкм}$$

Отже, допустима похибка пристрою не повинна перевищувати 31 мкм.

2.1.4 Розрахунок коефіцієнта уніфікації

Коефіцієнт використання стандартних або уніфікованих деталей або вузлів визначаються за формулою:

$$K = \frac{\sum_{заг} - \sum_{ор}}{\sum_{заг}} \cdot 100 \quad \%; \quad (2.9)$$

де: $\sum_{заг}$ - загальна кількість назв типорозмірів складових частин пристрою.

$$\sum_{заг} = 3 \text{ шт.}$$

$\sum_{ор}$ - кількість назв типорозмірів оригінальних деталей і вузлів:

$$\sum_{ор} = 2 \text{ шт.}$$

В результаті: $K = (3-2)/3 \cdot 100\% = 33\%$.

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Пристрій фрезерний (операція 010)

2.2.1 Обґрунтування призначення, будови та роботи пристрою

Пристрій призначений для встановлення і затиску деталі "Плита нижня ПА-3.07.01.011" при фрезеруванні основи деталі. Верстат: вертикально-фрезерний моделі 6P13; розміри столу 400×1600мм; має T-подібні пази шириною 18 мм (в тому числі центральний 18 Н8); найбільше переміщення столу: поздовжнє - 1000мм, поперечне - 300мм, вертикальне – 420 мм.

Інструмент: торцюва фреза з механічним кріпленням твердосплавних пластинок з твердого сплаву Т15К6, ДСТУ ГОСТ 22087:2008 Ø63мм і Z=5.

Схема установки деталі і її затиску показана на рис 6.2. Найбільші габаритні розміри заготовки, мм: 155.8x170.

Максимальна сила різання на даній операції рівна: $P_z=1035\text{H}$ (див.п.4.2). Пристрій одномісний, обладнаний пневматичними приводами запуску. Даний пристрій призначений для фрезерування основи (поверхня в) деталі, тобто надання деталі певного положення в пристрої для обробки і витримуванні розміру 18мм. Базування деталі відбувається за допомогою трьох площин: установча база (опорні точки 1,2,3), направляюча база (опорні точки 4 і 5), опорна база (опорна точка 6). Закріплення деталі проходить за допомогою сили Q , направленої по нормалі до установчої бази.

Пристрій складається з: основи 5, яка служить для закріплення пристосування до столу верстата; корпусу 1 - до якого кріпляться установчі елементи пристрою і пневмоциліндра за допомогою якого проходить затиск деталі до установчих елементів пристрою. Заготовка базується: по двох опорних пластинах які створюють установчу базу, по двом опорам, які знаходяться в планці 2 і утворюють направляючу базу.

В пневмоприводі пристрою використовується розподільна і контрольно-регулююча апаратура, яка служить:

а) для включення (пуску), реверсування і виключення пневмодвигуна розподільний крок з ручним керуванням;

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- б) для регулювання тиску в камері циліндра - регулятор тиску з манометром;
- в) для попередження аварій в випадку рангового падіння тиску в лінії - зворотній клапан;
- г) для очистки стиснутого повітря від вологості і механічних домішок – фільтр вологовідділювач;
- д) для насичення стиснутого повітря розпиленням маслом, змазуючи поверхні тертя пневмоциліндра - масло розподілювач;
- є) для підключення пневмоприводу до цехової пневмолінії або його відключення на час довгих перерв у роботі - вентиль.

Зворотній клапан перекриває шлях потоку стиснутого повітря із двигуна при раптовому падінні тиску в лінії й попередження від аварії. Він вгвинчений у корпус розпилювача.

В даному випадку в приводі вологовідділювач. регулятор тиску і масло розпилювач із'єднані в так звані блок підготовки повітря.

Привід служить для закріплення деталі в пристрої. Виходячи з вимог до приводів верстатних пристроїв вибираємо поршневий пневматичний привід двохсторонньої дії. Він широко використовується в верстатних пристроях за рахунок простоти конструкції й керування, та надійності в роботі.

Поршневий пневматичний привід має ряд переваг перед діафрагмовими і сільфонними: довжина ходу може бути любою, вихідне зусилля на штоці залишається незмінним на протязі роботи і розподіляється на переборення сил опору рухомих частин.

2.2.2 Силовий розрахунок пристрою.

Схема затиску деталі при допомозі пневмозатиску приведена на рис. 2.2.

На деталь діє сила різання P_z , яка направлена дотично до поверхні обертання фрези. Силу різання для розрахунку сили затиску розкладемо на дві складові сили: горизонтальну (сила подачі) P_h і вертикальну P_v

Значення їх знайдемо із співвідношення з головною складовою P_z :

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

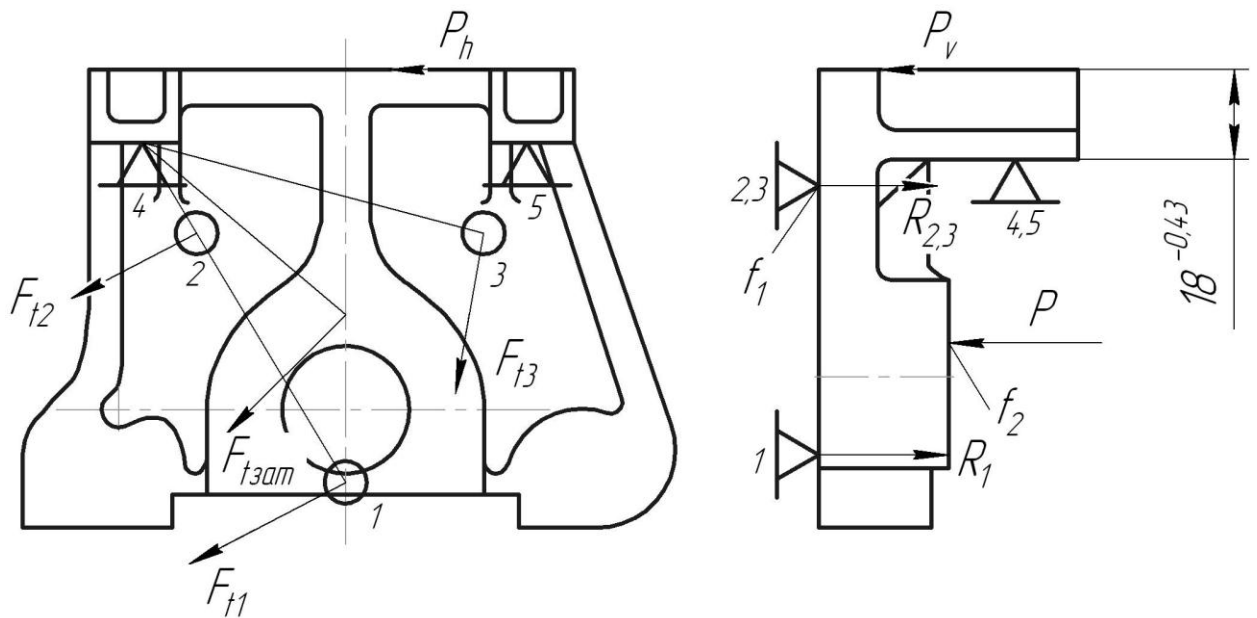


Рисунок 2.2 - Схема затиску деталі

$$P_h = 0,4 \cdot P_z; \quad P_v = 0,9 \cdot P_z ;$$

$$\text{Тоді:} \quad P_h = 0,4 \cdot 1035 = 414 \text{ Н;}$$

$$P_v = 0,9 \cdot 1035 = 931,5 \text{ Н.}$$

Порахуємо силу затиску, яку потрібно прикласти, щоб запобігти повороту деталі навколо опори 4 від горизонтальної складової P_h .

$$\sum M_4 = 0: K \cdot P_h \cdot \alpha - F_{t1} \cdot l_1 - F_{t2} \cdot l_2 - F_{t3} \cdot l_3 - F_{t_{3AT}} \cdot l = 0, \quad (2.10)$$

де : F_{t1}, F_{t2}, F_{t3} - сили тертя в опорах пристосування;

$F_{t_{3AT}}$ - сила тертя в місці затиску деталі;

K - коефіцієнт запасу.

$F_{t1} = F_{t2} = F_{t3} = R \cdot f_1$ - так як сила затиску рівновіддалена від опор, то реакції опор будуть рівні, а отже і сили тертя теж.

R - реакція опори, $R = Q/3$;

$f_1 = 0,16$ - коефіцієнт тертя між опорою і заготовкою.

$f_2 = 0,16$ - коефіцієнт тертя між заготовкою і затискними механізмами.

$$F_{t_{3AT}} = Q \cdot f_2, \quad (2.11)$$

$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$ - коефіцієнт запасу.

$K_0 = 1,5$ - коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1 = 1,2$ - коефіцієнт, враховуючий збільшення сил різання за рахунок випадкових нерівностей на оброблюваній поверхні;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ

Арк.

$K_2 = 1,6$ - коефіцієнт, який характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення інструмента.

$K_3 = 1,2$ - коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання при перервному різанні;

$K_4 = 1,0$ - коефіцієнт, який характеризує постійність сили закріплення;

$K_5 = 1,0$ - коефіцієнт, який характеризує ергономіку затискних механізмів;

$K_6 = 1,5$ - коефіцієнт, який враховує наявність моментів, прагнучих повернути заготовку.

Тоді: $K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 5,184$;

$a = 18\text{мм}$; $l_1 = 12,5\text{мм}$; $l_2 = 93\text{мм}$; $l_3 = 128\text{мм}$; $l = 83\text{мм}$ - з креслення.

Тоді сила затиску буде рівна:

$$Q = \frac{K \cdot Ph \cdot a}{\frac{f_1}{3}(l_1 + l_2 + l_3) + f_2 \cdot l} = \frac{5,184 \cdot 414 \cdot 18}{\frac{0,16}{3}(12,5 + 93 + 128) + 0,16 \cdot 83} = 1501 \text{ Н.}$$

Треба ще перевірити цю силу затиску на запобігання повороту деталі навколо опори 1 від дії складової сили P_v :

$$\sum M_4 = 0: \quad K \cdot P_v \cdot h - Q \cdot H = 0; \quad (2.12)$$

$$Q = R \cdot P_v \cdot h / H; \quad (2.13)$$

$h = 28\text{мм}$; $H = 55\text{мм}$ - з креслення.

Тоді: $Q = 5,184 \cdot 931,5 \cdot 28 / 55 = 2458,4 \text{ Н.}$

Отже, подальший розрахунок будемо проводити для сили затиску $Q = 2458,4 \text{ Н.}$

Визначаємо діаметр поршня пневмоциліндра:

Приводимо схему поршневого пневмозатиску (рис. 2.3)

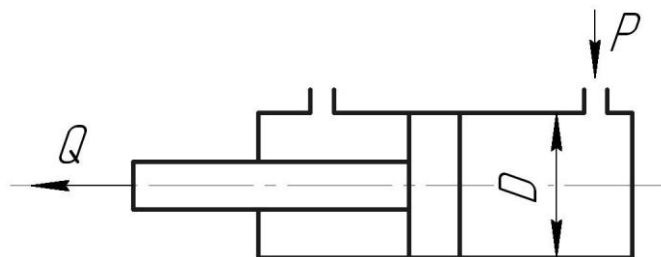


Рисунок 2.3 – Схема поршневого пневмозатиску.

Сила яка виникає на штоці пневмоциліндра, виражається залежністю:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot P \cdot \eta, \quad [8], \text{ с.92, табл. 22} \quad (2.14)$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

де : Q - вихідне зусилля на штоці;

D - діаметр поршня;

P - тиск стиснутого повітря в пневмоциліндрі, $P=0,4$ МПа;

$\eta=0,85$ - ККД приводу.

Звідси :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2458,4}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85}} = 95,9 \text{ , мм.}$$

Приймаємо найближчий більший стандартний циліндр $D=100$ мм, $d=25$ мм
ДСТУ ISO 4393.

Дійсна сила затиску буде рівна:

$$Q = 3,14 \cdot 100^2 \cdot 0,4 \cdot 0,85 / 4 = 2670 \text{ Н.}$$

Силовий розрахунок слабких ланок

Слабкою ланкою конструкції пневмозатиску являється різьба на штоці пневмоциліндра. Різьба на штоці пневмоциліндра являється кріпильною і сприймає силу, направлену вздовж своєї осі. Для розрахунків різьби на міцність умовно приймають, що осьова сила Q розподіляється між витками рівномірно. Розрахунок різьби на міцність проводиться як перевірочний. На різьбове з'єднання деталі діє осьова сила (розрахункова) Q , значить витки кріпильної різьби розраховуються тільки на зріз і на зминання.

При однакових матеріалах з'єднаних різьбових деталей , розрахунок різьби на міцність проводиться по охоплюючій деталі за формулами:

На зріз:
$$\tau_{зр} = \frac{Q}{\pi \cdot d_1 \cdot z \cdot k \cdot s} \leq [\tau_{зр}] ; \quad (2.15)$$

На зминання:
$$\sigma_{зм} = \frac{4Q}{\pi(d_1^2 - d_2^2)z} \leq [\sigma_{зм}] , \quad (2.16)$$

де : $\tau_{зр}$ - розрахункове напруження на зріз різьби;

$\sigma_{зм}$ - розрахункове напруження на зминання між витками різьби;

z - число витків різьби, сприймаючих навантаження;

K - коефіцієнт повноти різьби, показуючий відношення висоти витка в небезпечному сеченні до крока різьби;

$[\tau_{зр}]$ - допустиме напруження різьби;

$[\sigma_{зм}]$ - допустиме напруження на зминання для різьби. Коефіцієнт повноти

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

різьби для метричної різьби болтів $K=0,75$.

d_1 - зовнішній діаметр різьби, $d_1=16\text{мм}$;

d_2 - внутрішній діаметр різьби, $d_2=13,835\text{мм}$;

S - крок різьби, $S=5\text{мм}$;

L - довжина з'єднання, $L=30\text{мм}$.

$Z=L/S=30/5=15$.

В машинобудуванні при розрахунках приймають:

$[\tau_{зр}]=(0,25\div 0,35) \cdot \sigma_T$, де σ_T - границя текучості.

Для сталі 45: $[\tau_{зр}]=85\text{МПа}$; $[\sigma_{зм}]=210\text{МПа}$.

Таким чином, підставляючи дані в формули (2.15) і (2.16) отримаємо:

$$\tau_{зр} = \frac{2670}{3,14 \cdot 16 \cdot 15 \cdot 0,75 \cdot 2} = 2,4 \text{Н} / \text{мм}^2 \leq [\tau_{зр}] ;$$

Умова міцності при розрахунку на зріз виконується.

$$\sigma_{зм} = \frac{4 \cdot 2670}{3,14(16^2 - 13,835^2) \cdot 16} = 3,5 \text{Н} / \text{мм}^2 \leq [\sigma_{зм}] ,$$

Умова міцності при розрахунку на зминання виконується.

2.2.3 Розрахунок точності пристрою

Розрахунок пристрою на точність зводиться до встановлення похибки установки заготовки в пристрій $\Delta \varepsilon_y$ і її вираховують із врахуванням похибок:

$\Delta \varepsilon_6$ - базування; $\Delta \varepsilon_3$ - закріплення заготовки; $\Delta \varepsilon_{пр.}$ - виготовлення і зношування опорних елементів пристрою.

Розрахунок допустимої похибки пристрою ведемо за формулою:

$$[\varepsilon_{пр}] \leq T - 1,2 \cdot \sqrt{(0,85 \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + (0,85 \cdot \omega)^2} , \quad (2.17)$$

де: ε_6 - похибка базування, мкм;

ε_3 - похибка закріплення, мкм;

ω - економічна точність методу обробки, мм; $\omega=0,14\text{мм}=140\text{мкм}$; [6], с.16, табл.7

T допуск на виконані мий розмір, мм; $T=0,43\text{мм}$;

$\varepsilon_6=0$ - так як виконується принцип суміщення баз, тобто конструкторська і

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ

технологічна бази співпадають;

$\varepsilon_3 = 0$ - основна складова сили закріплення направлена паралельно до горизонтальних виконавчих поверхом опор і змінюється незначно - пневмопривід.

$$[\varepsilon_{IP}] \leq 0,43 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,85 \cdot 0,14)^2} = 0,29 \text{ ,мкм}$$

Отже, допустима похибка пристрою не повинна перевищувати 0,29мкм.

2.2.4 Розрахунок коефіцієнта уніфікації

Коефіцієнт використання стандартних або уніфікованих деталей або вузлів визначаються за формулою:

$$K = \frac{\sum_{заг} - \sum_{ор}}{\sum_{заг}} \cdot 100 \quad \%;$$

де: $\sum_{заг}$ - загальна кількість назв типорозмірів складових частин пристрою.

$$\sum_{заг} = 41 \text{ шт.}$$

$\sum_{ор}$ - кількість назв типорозмірів оригінальних деталей і вузлів:

$$\sum_{ор} = 5 \text{ шт.}$$

В результаті: $K = (41 - 5) / 41 \cdot 100\% = 87,8 \%$.

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Контрольний пристрій

2.3.1 Обґрунтування призначення, будови та роботи пристрою

Контрольний пристрій призначений для перевірки паралельності вісі отвору $\varnothing 47^{+0,062}$ до площини В. Допуск паралельності при цьому складає $T_{11}=0,04\text{мм}$ (див. креслення деталі).

Пристрій складається із стандартизованого штативу (контрольна плита-основа - на чотирьох ніжках, колона з повзуном і штангою). На штанзі штативу кріпляться два індикатора годинникового типу И402 ДСТУ ГОСТ 577:2008.

Деталь, що підлягає контролю, встановлюється площиною В на контрольну поверхню. В отвір $\varnothing 47^{+0,062}$ деталі вставляють валик $\varnothing 47^{-0,008}$. Ніжки індикаторів повинні торкнутися валика у двох точках. Алгебраїчна різниця показів індикаторних стрілок буде дорівнювати максимальному відхиленню від паралельності вісі отвору $\varnothing 47^{+0,062}$ до площини В.

2.3.2 Розрахунок точності пристрою

Виявимо чинники, які впливають на точність контрольного пристрою. Деталь встановлюється поверхнею В, яка має шорсткість $R_a=5\text{мкм}$ і менше, на робочу поверхню пристрою. Зносом останньої, враховуючи специфіку контрольних вимірювань, можна знехтувати. Деталь в пристрої не закріплюється, тому похибка закріплення ε^3 деталі відсутня, тобто $\varepsilon^3 = 0$.

Похибка базування в даному випадку буде дорівнювати допуску паралельності вісі штанги робочій поверхні пристрою, тобто $\varepsilon_6 = 0,008\text{мм}$ (див. креслення робочого пристрою). Силіві й теплові деформації відсутні, отже, не впливають на точність пристрою.

Сумарну похибку вимірювання $\Delta_{ВИМ}$, мм визначають за формулою:

$$\Delta_{ВИМ} = 1,2 \cdot \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \Delta_E^2 + \Delta_{3,B}^2 + \Delta_M^2}, \quad (2.18)$$

де Δ_E - похибка виготовлення кінцевих мір довжини III роду по ДСТУ ГОСТ 8.367:2009 ДСВ.

Для налагодження пристрою на розмір $135,5\text{мм}$ ($135-23+47/2=135,5$)

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовуються міри номінальних розмірів 100мм (1шт.), 10мм (3шт.), 5мм (1 шт) і 0,5мм (1 шт) отже:

$$\Delta e = 0,15 + 3 \cdot 0,11 + 0,11 + 0,08 = 0,67 \text{ мкм} = 0,0007 \text{ мм}$$

$\Delta_{з.в.}$ - похибка засобу вимірювання (індикатора И402 ДСТУ ГОСТ 577:2008),

$\Delta_{з.в.} = 0,012 \text{ мкм}$ [1], с. 563, табл. 14. так як індикатора два, то

$$\Delta_{з.в.} = \sqrt{0,012^2 + 0,012^2} = 0,017 \text{ , мкм};$$

Δ_m - похибки, властиві даному методу вимірювання, мм; оскільки ці похибки враховані у величині $\Delta_{з.в.}$, то $\Delta_m = 0$.

$$\text{Тоді: } \Delta_{вим} = 1,2 \cdot \sqrt{0,008^2 + 0^2 + 0,0007^2 + (0,017 \cdot 10^{-3})^2} = 0,0096 \text{ , мм.}$$

Порівнюємо отримане значення з допуском T_{11} на параметр точності, що перевіряється, користуючись умовою:

$$\Delta_{вим} \leq (0,1 \div 0,25) T_{11}$$

$$0,0096 < 0,25 \cdot 0,04 \cdot 0,001$$

Отже, метод контролю вибраний вірно, спроектований контрольний пристрій забезпечує точність вимірювання.

2.3.3 Розрахунок коефіцієнта уніфікації

Як критерій досконалості конструкції розробленого пристрою, використовуємо коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів. Загальна кількість деталей у пристрої 4шт. кількість оригінальних деталей - 1шт (див. специфікацію до креслення контрольного пристрою).

Тоді коефіцієнт уніфікації, згідно формули 2.9 буде дорівнювати:

$$K = (4-1)/4 \cdot 100\% = 75\%.$$

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Імітаційне моделювання роботи притискної ланки фрезерного пристрою

Імітаційне моделювання є ефективним інструментом наукового дослідження та інженерного проектування, що забезпечує можливість відтворення роботи складних технічних систем в умовах, наближених до реальних, без виготовлення фізичних прототипів. У контексті розроблення пристроїв для закріплення заготовок імітаційні моделі дозволяють комплексно оцінити напружено-деформований стан елементів конструкції, їхню жорсткість, надійність та вплив окремих параметрів на показники працездатності. Застосування такого підходу створює передумови для підвищення точності базування, зменшення матеріаломісткості й скорочення термінів конструкторської підготовки виробництва.

Метою застосування імітаційного моделювання є одержання кількісних характеристик напружено-деформованого стану, полів переміщень і контактних взаємодій у вузлах пристрою при різних схемах навантаження та варіаціях геометричних параметрів. Для цього створюється тривимірна параметрична модель пристрою, що включає основу, набори опор, важільні механізми та осі, після чого виконується числовий аналіз з використанням методу скінченних елементів. У моделі задаються фізико-механічні характеристики матеріалів, граничні умови закріплення та змінні навантаження, що дає змогу відтворити роботу системи у типових та граничних режимах.

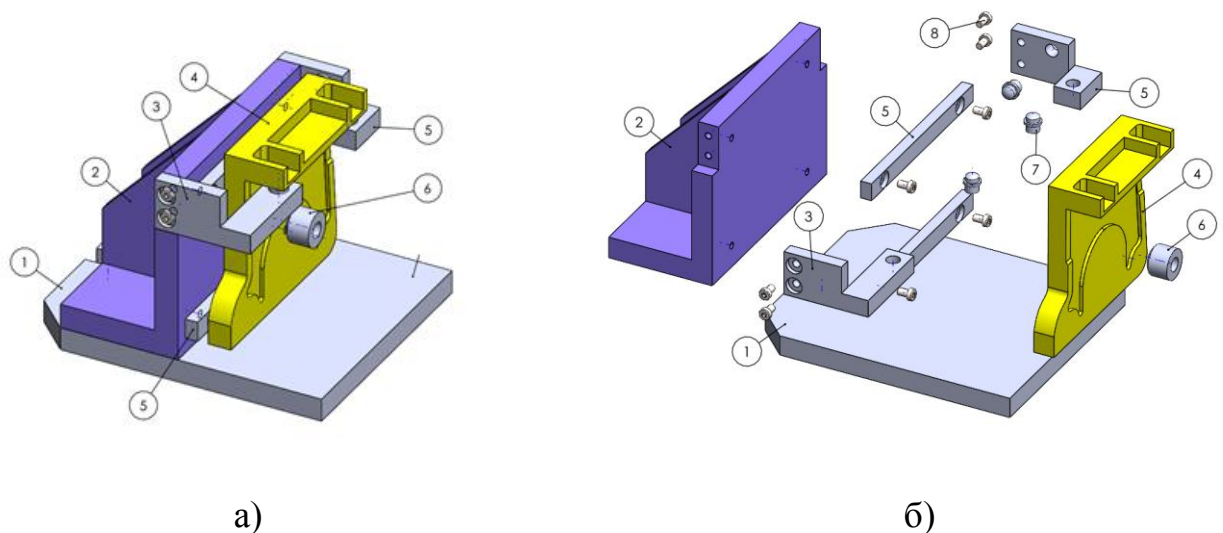
Результати імітаційного моделювання представлені у вигляді карт еквівалентних напружень, полів сумарних переміщень, діаграм розподілу реактивних сил та коефіцієнтів запасу міцності. Їх аналіз дає можливість ідентифікувати зони концентрації напружень, критичні перерізи та ділянки з підвищеними деформаціями, які потенційно можуть спричинити втрату працездатності або зниження точності закріплення заготовки. На основі отриманих даних формулюються рекомендації щодо зміни геометрії елементів, раціонального розташування опор, оптимізації довжин важелів, вибору перерізів осей і типів контактних поверхонь.

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Практична значущість застосування імітаційного моделювання полягає у можливості багаторазового відпрацювання конструктивних рішень без додаткових витрат на виготовлення дослідних зразків. Це дозволяє проводити параметричні дослідження, визначати чутливість системи до змін окремих розмірів і навантажень, а також виконувати багатокритеріальну оптимізацію конструкції за показниками міцності, жорсткості й технологічності. Впровадження результатів таких досліджень у практику проектування сприяє підвищенню надійності та довговічності технологічного оснащення, зниженню собівартості виготовлення деталей та покращенню якості продукції.

Таким чином, використання імітаційного моделювання в дослідженні та розробленні пристроїв для закріплення заготовок відповідає сучасним тенденціям цифрового інжинірингу й забезпечує науково обґрунтований підхід до вибору конструктивних параметрів. Отримані розрахункові залежності та структурні закономірності можуть бути покладені в основу методик проектування технологічного оснащення, що орієнтовані на інтеграцію в CAD/CAE-середовище та подальше використання в системах автоматизованої підготовки виробництва.

Для дослідження розроблено 3D-модель пристрою (рис. 3.1).



а) – модель у складеному виді; б) – модель у розкладеному виді
 1 – основа; 2 – опора; 3 – пластина ліва; 4 – заготовка; 5 – пластина права;
 6 – прижим; 7 – вставка; 8 – болт

Рисунок 3.1 – 3D-модель пристрою

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункова схема наведена на рисунку 3.2.

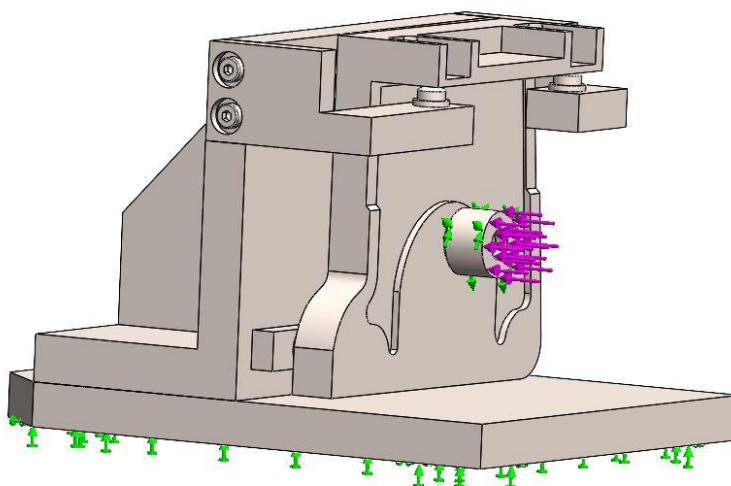


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема

До штока прикладено навантаження величиною 1900 Н.

На рисунку 3.3 подано сітку скінченних елементів.

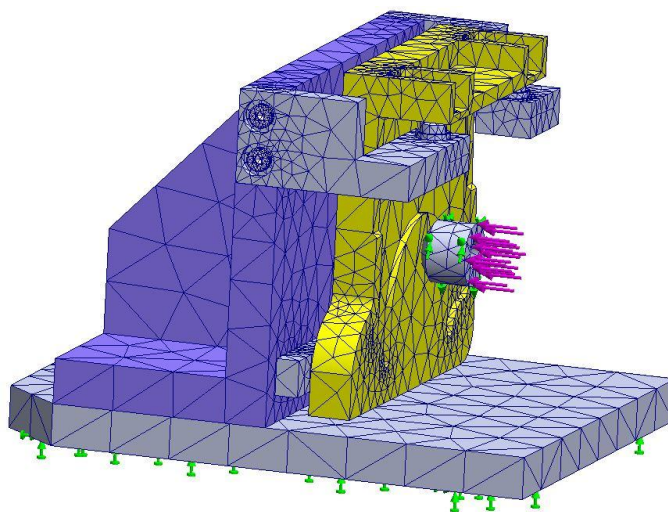


Рисунок 3.3 – Сітка скінченних елементів

Матеріали деталей, з яких складається пристрій мають такі характеристики:

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

На рисунках 3.4-3.7 наведено результати моделювання.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ

Арк.

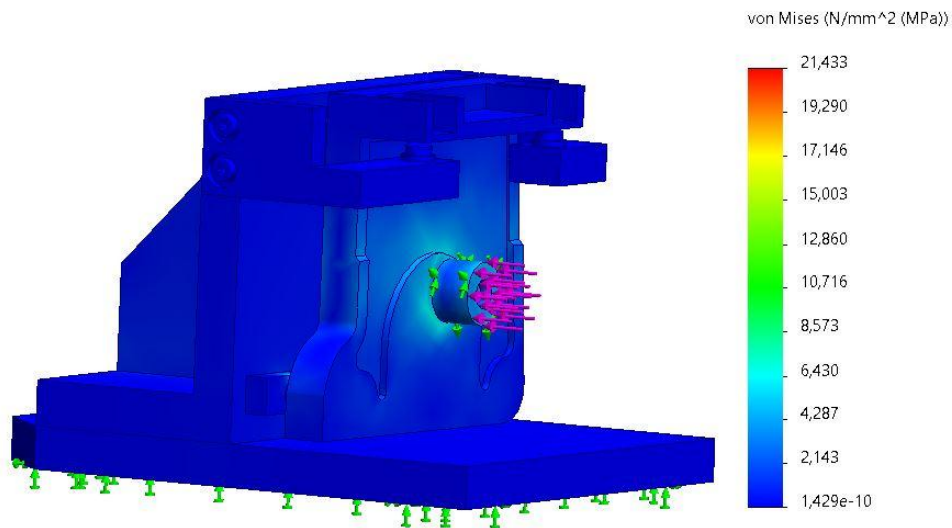


Рисунок 3.4 – Еквівалентні напруження

Проведений статичний аналіз підтверджує, що конструкція має значний запас міцності та повністю відповідає критеріям надійності за заданого навантаження. Коефіцієнт запасу міцності 10,73 є дуже високим, що гарантує надійну роботу деталі навіть у разі перевищення номінальних навантажень або наявності неврахованих факторів. Водночас, такий високий запас міцності може свідчити про перематеріалізованість конструкції. У рамках подальшої роботи доцільно провести оптимізацію форми або габаритів елементів з метою зниження його маси та вартості, зберігаючи при цьому прийнятний інженерний запас міцності (наприклад, $k=2,0$).

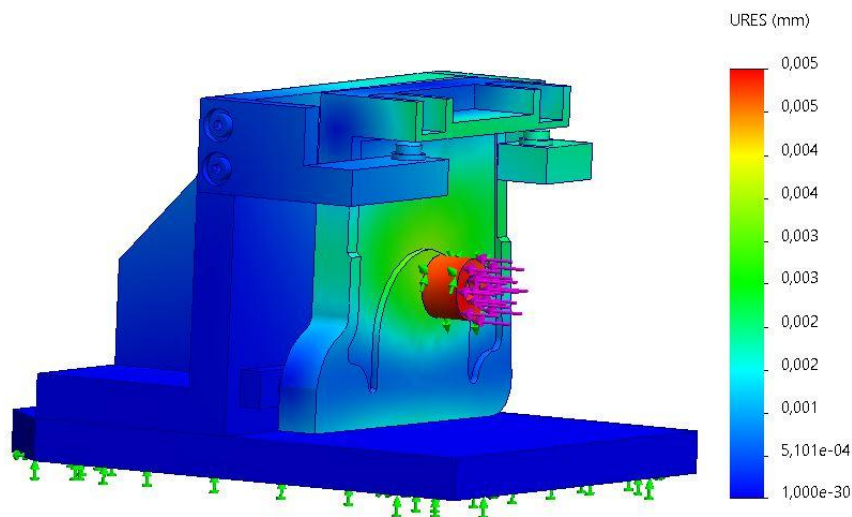


Рисунок 3.5 – Переміщення

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальне переміщення становить 0,005 мм та локалізоване на циліндричному притискачі, до якого безпосередньо прикладене робоче навантаження. Переважна частина корпусу демонструє мінімальні переміщення, що свідчить про високу жорсткість конструкції в цілому. Це особливо помітно поблизу основи та масивних ребер жорсткості.

На відміну від аналізу напружень, де проводиться порівняння з допустимим напруженням, при аналізі переміщень оцінюється жорсткість конструкції та дотримання гранично допустимих деформацій.

Конструкція є дуже жорсткою в умовах заданого статичного навантаження. Такий малий зсув, ймовірно, не вплине на точність або функціональність обладнання (металорізального верстата), оскільки 5 мікрометрів зазвичай знаходиться в межах допусків для багатьох високоточних операцій.

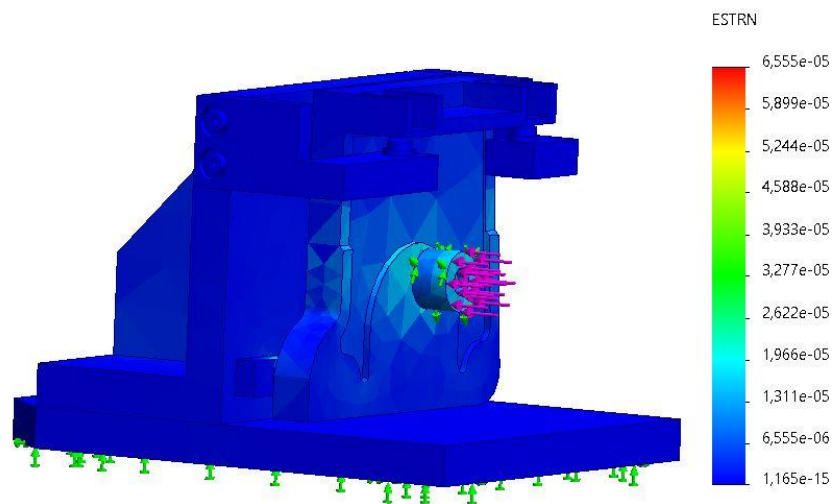


Рисунок 3.6 – Деформація

Найбільша деформація (червоний колір) виникає в області безпосереднього прикладення навантаження, що узгоджується із зонами найбільшої концентрації напружень. Значення $6,55510^{-5}$ є вкрай малим. Це підтверджує, що матеріал працює глибоко в пружній зоні, і ризик пластичних деформацій або руйнування через надмірну деформацію відсутній. Проте конструкція є надлишково міцною та жорсткою. Існує значний потенціал для оптимізації маси та зниження вартості елемента за рахунок зменшення товщини стінок у зонах низьких напружень/деформацій (сині зони).

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

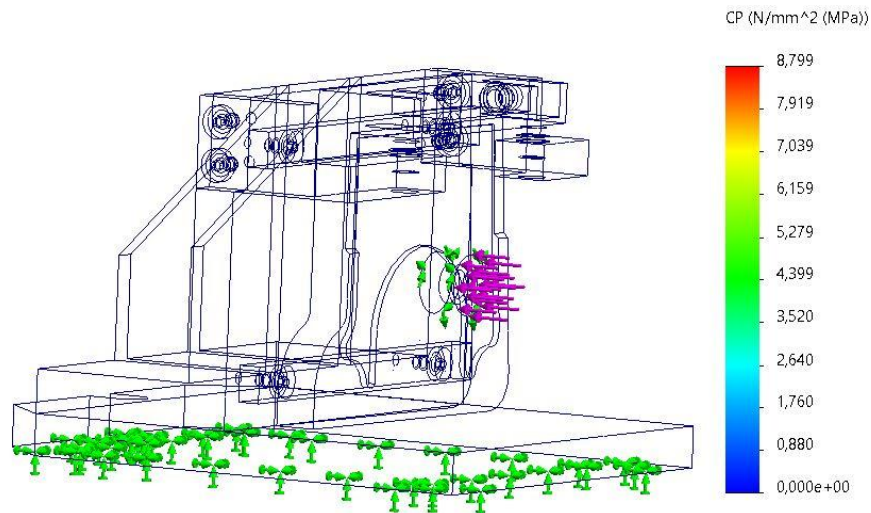


Рисунок 3.7 – Контактний тиск

Контактний тиск, що передається на опорну поверхню, є мінімальним і не повинен викликати деформації або руйнування. З'єднання та контактні поверхні також працюють з великим запасом міцності.

Висновок.

Конструктивний пристрою повністю відповідає критеріям міцності. Максимальні напруження становлять лише 21,4 МПа при допустимому напруженні 230 МПа, що підтверджується надзвичайно високим коефіцієнтом запасу міцності $K=10,73$. Також варта зауважити, що пристрій володіє надлишковою жорсткістю. Максимальне переміщення складає 0,005 мм і є незначним та не вплине на геометричну точність або працездатність.

Надлишковий запас міцності та жорсткості вказує на те, що конструкція є перематеріалізованою та, ймовірно, економічно неефективною. Рекомендується проведення параметричної або топологічної оптимізації конструкції з метою зменшення її маси (та, відповідно, вартості матеріалу та виробництва).

					МР. ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В процесі виконання даної магістерської роботи вирішено великий комплекс інженерних задач, що виявилось заключною перевіркою знань загально-технічних дисциплін при виконанні конкретних виробничих задач.

Вдосконалено технологічний процес виготовлення деталі "Плита нижня ПА-3.07.01.01". Внаслідок запровадження нових конструктивних рішень щодо базування деталі по операціях, було змінено маршрут технології виготовлення даної деталі. Зроблена зміна маршруту технології дала змогу проводити обробку деталі на чотирьох операціях замість восьми по базовому технологічному процесу. Також на операціях підвищено режими різання внаслідок використання інструментів з твердосплавними пластинами. В результаті проведених змін значно скоротився штучно-калькуляційний час при обробці деталі, а значить і зросла продуктивність обробки.

Внаслідок вдосконалення технологічного процесу знизилась собівартість виготовлення даної деталі завдяки зменшенню вартості основного технологічного обладнання та устаткування, вартості контрольно-вимірювальної та іншої дорогої апаратури та загального фонду заробітної плати робітників, що підвищить конкурентоспроможність виробу та прибутковість.

					MP.ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань на джерела

1. Горбатюк Є.О., Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник – Львів: «Новий Світ-2000», 2009. –358 с.
2. Руденко П.А., Харламов Ю.А., Плескач В.М. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. – К.: Вища школа, 1991г.
3. ГорбацевичА.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск: Вьюшая школаД983.
4. Проектування технологічних процесів. Частина1. Оброблення деталей - тіл обертання. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізацій «Технології машинобудування» та «Технології виготовлення літальних апаратів» / Біланенко В.Г., Приходько В.П., Мельник О.О.; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: pdf - 12,8 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 232 с
5. Панчук В.Г., Карпик Р.Т., Пітулей Л.Д., Лукань Т.В., Панчук А.Г. Магістерська робота: методичні вказівки.- Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018.- 35 с
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Том 1. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова - М.: Машиностроение,1985.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Том 2. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова - М.:Машиностроение,1985.
8. Карпик Р. Т. Технологічна оснастка. Методичні вказівки / Р. Т. Карпик, Б. Д. Сторож. – Івано-Франківськ: Факел, 2010. – 80 с.
9. Основи технології виробництва машин: навчальний посібник / Г. П. Кремнев, В. М. Колеснік, Ф. В. Новіков, В. О. Жовтобрюх. Дніпро : ЛІРА, 2022. - 136 с.
10. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

					MP.ПМК-020.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

Дубл.														
Взамін.														
Підпис														

				І Ф Н Т У Н Г			ПМКм-24-1				
Плита нижня ПА-3.07.01.011										н	

Кафедра КМВ
 “Затверджую”
 Зав. кафедрою Панчук В.Г.

**КОМПЛЕКТ
 технологічної
 документації**

Технологічний процес
 механічної обробки

Плити нижньої ПА-3.07.01.011

Розробив: Пастернак А.В.

Перевірів: Шуляр І.О.

Акт № ____ від “ ____ ” _____ 2025 р.

ТЛ	
----	--

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
						<u>Документація</u>				
					MP.ПМК-020.04.00.000 СК	Складальне креслення				
						<u>Деталі</u>				
				1	MP.ПМК-020.04.00.001	Корпус	1			
				2	MP.ПМК-020.04.00.002	Планка	1			
				3	MP.ПМК-020.04.00.003	Плита ліва	1			
				4	MP.ПМК-020.04.00.004	Плита права	1			
				5	MP.ПМК-020.04.00.006	Основа	1			
						<u>Стандартні вироби</u>				
				6		Втулка 7030-0124 ГОСТ 12214-66	3			
				7		Гайка 10 ГОСТ 5745-72	1			
				8		Гвинт М 5x12,58 ГОСТ 1491-72	6			
				9		Гвинт М 6x16,58 ГОСТ 1491-72	2			
				10		Гвинт М 6x25,58 ГОСТ 17475-72	4			
				11		Гвинт М 12x30,58 ГОСТ 1491-72	4			
				12		Гвинт 7006-0190 ГОСТ 13429-68	1			
		MP.ПМК-020.04.00.000 ПЗ								
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
		Разраб.	Пастернак				Лит.	Лист	Листов	
		Пров.	Щуляр				Н	1	2	
		Реценз.					ІФНТУНГ			
		Н.контр.	Щуляр				гр.ПМКм-24-1			
		Утв.	Панчук							
		Присприй фрезерний (операція 010)								
		Копирвал							Формат А4	

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		13		Нікель Д _y 10 ГОСТ 5746-72	1	
		14		Опора 7034-0321 ГОСТ 13441-68	3	
		15		Пластина 7034-0460 ГОСТ 4743-68	2	
		16		Пневмоциліндр 25-20 ГОСТ 15608-81	1	
		17		Прокладка 10 ГОСТ 5747-72	1	
		18		П'ята 7007-0007 ГОСТ 13436-69	1	
		19		Шпонка 7031-0607 ГОСТ 14737-69	2	
		20		Штифт 4м6х16 ГОСТ 3128-70	1	
		21		Штифт 8м6х36 ГОСТ 3128-70	2	
		22		Штуцер Д _y 10 ГОСТ 5748-72	1	

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата
Инд. № дѣл.	Подп. и дата

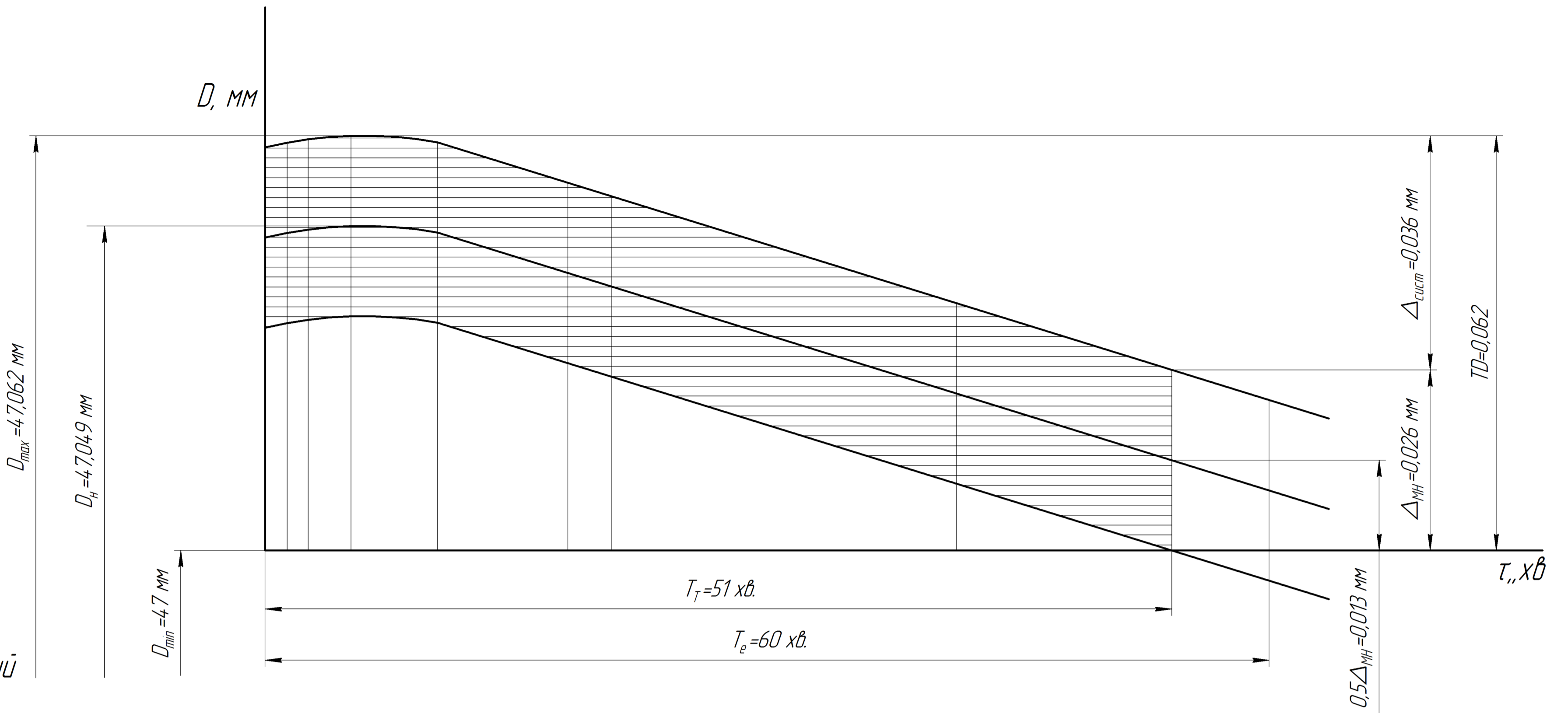
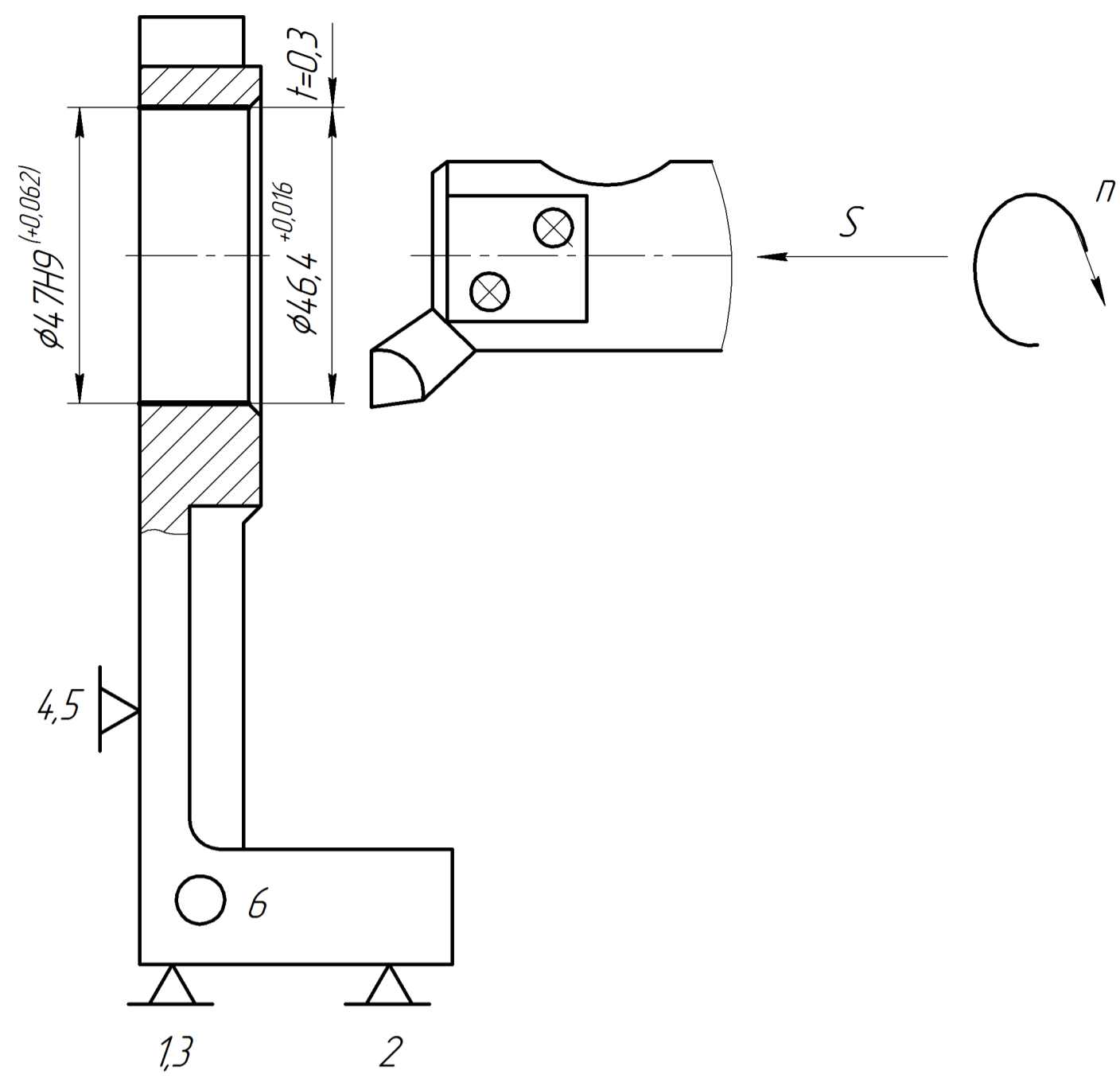


Рисунок 1 – Ескіз обробки: Верстат свердильно-фрезерно-розточний мод. 6904ВМФ2; різець розточний 2142-0013 ГОСТ 9795-84 оснащений пластиною із твердого сплаву Т60К6, розміри державки 8×8 мм; геометрія різальної частини: $\varphi=90^\circ$; $\varphi_1=90^\circ$; $r=1,0 \text{ мм}$; $\gamma=0^\circ$; $\alpha=8^\circ$; $\lambda=0^\circ$; режими різання: $V=184,5 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$; $S=0,16 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$; $n=1250 \text{ хв.}^{-1}$; $t=0,3 \text{ мм}$.

Рисунок 2 – Теоретична діаграма точності

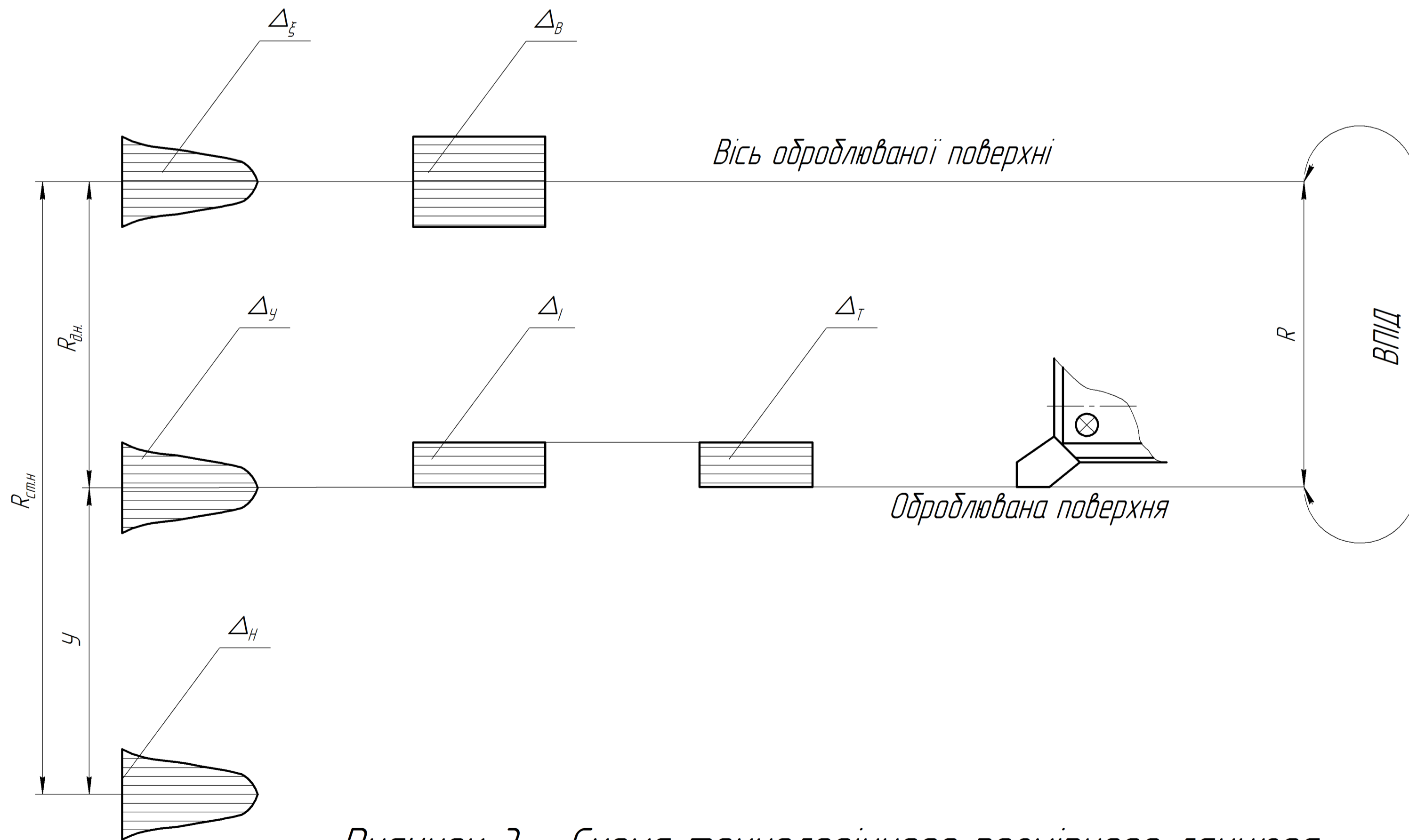


Рисунок 3 – Схема технологічного розмірного ланцюга

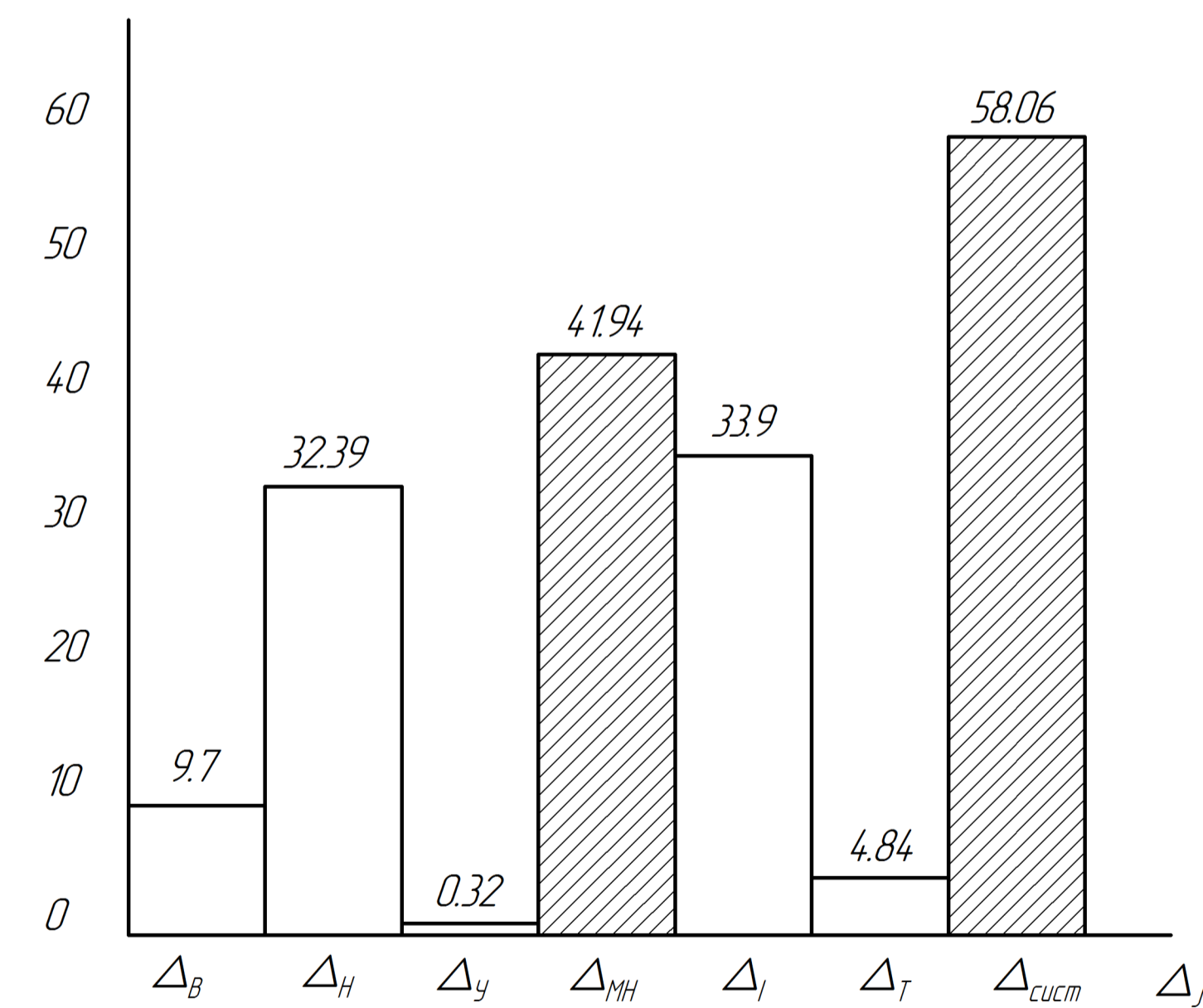
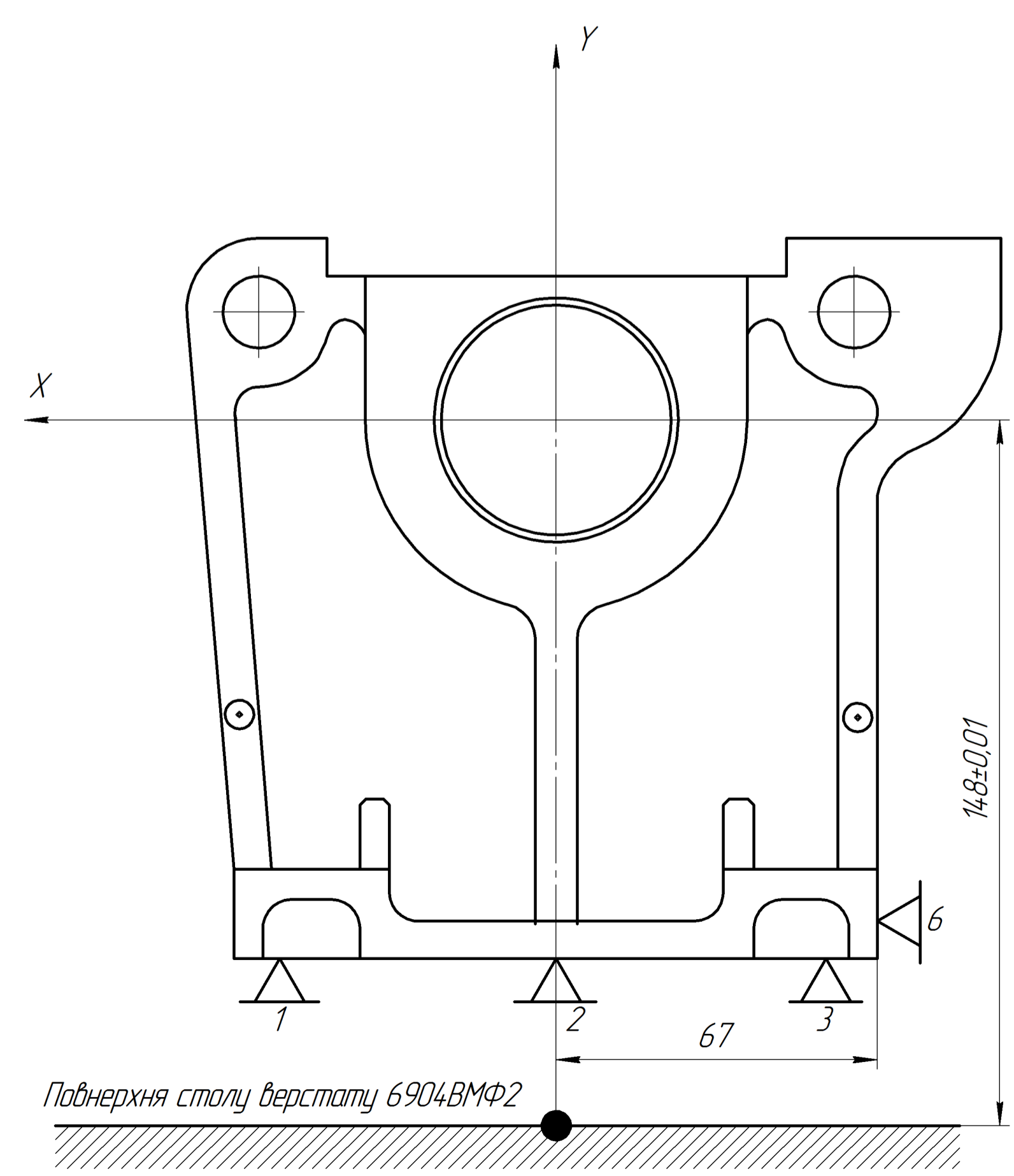
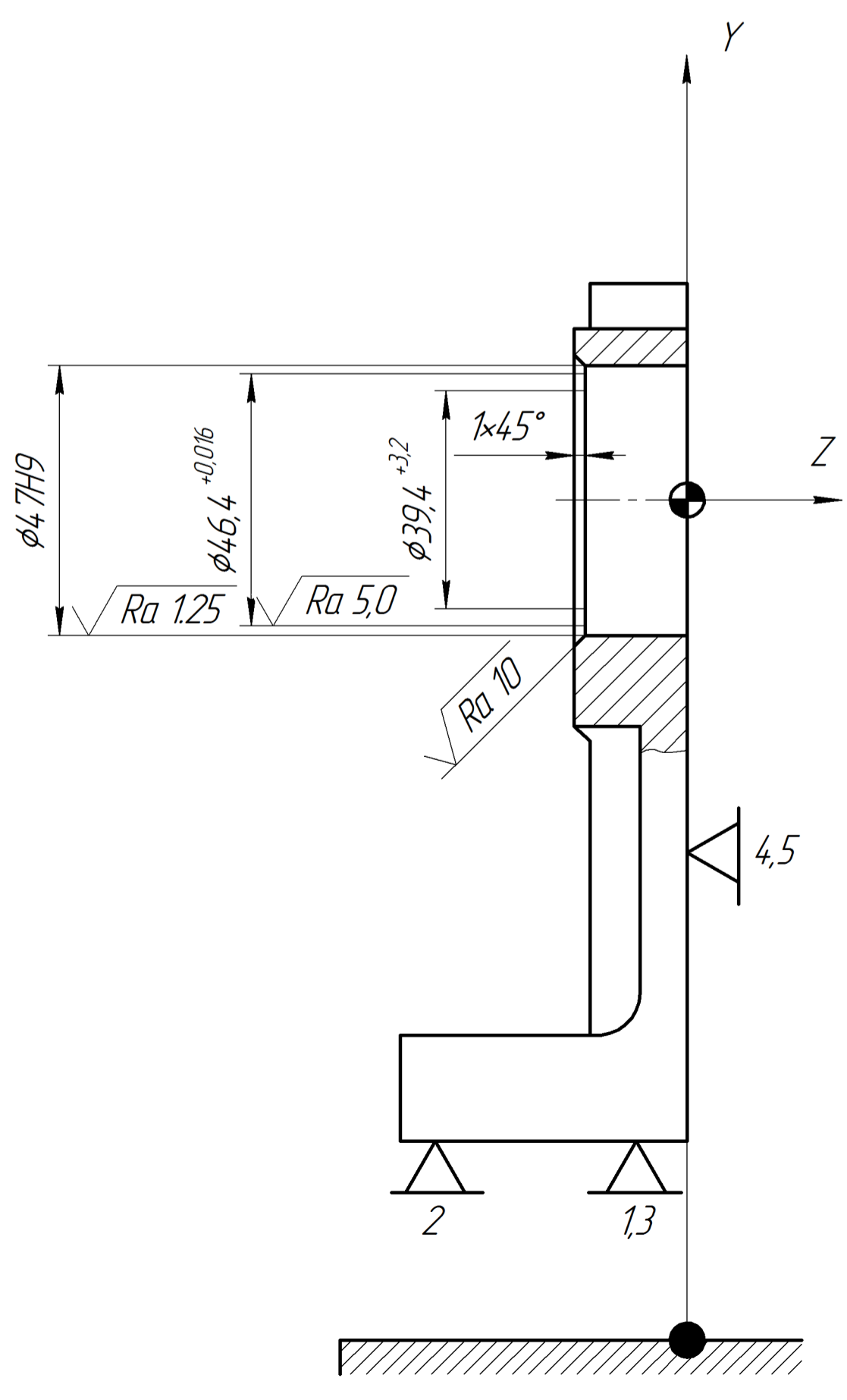
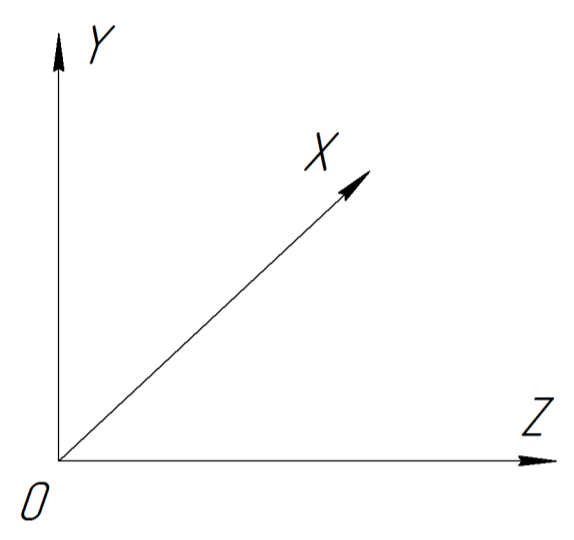
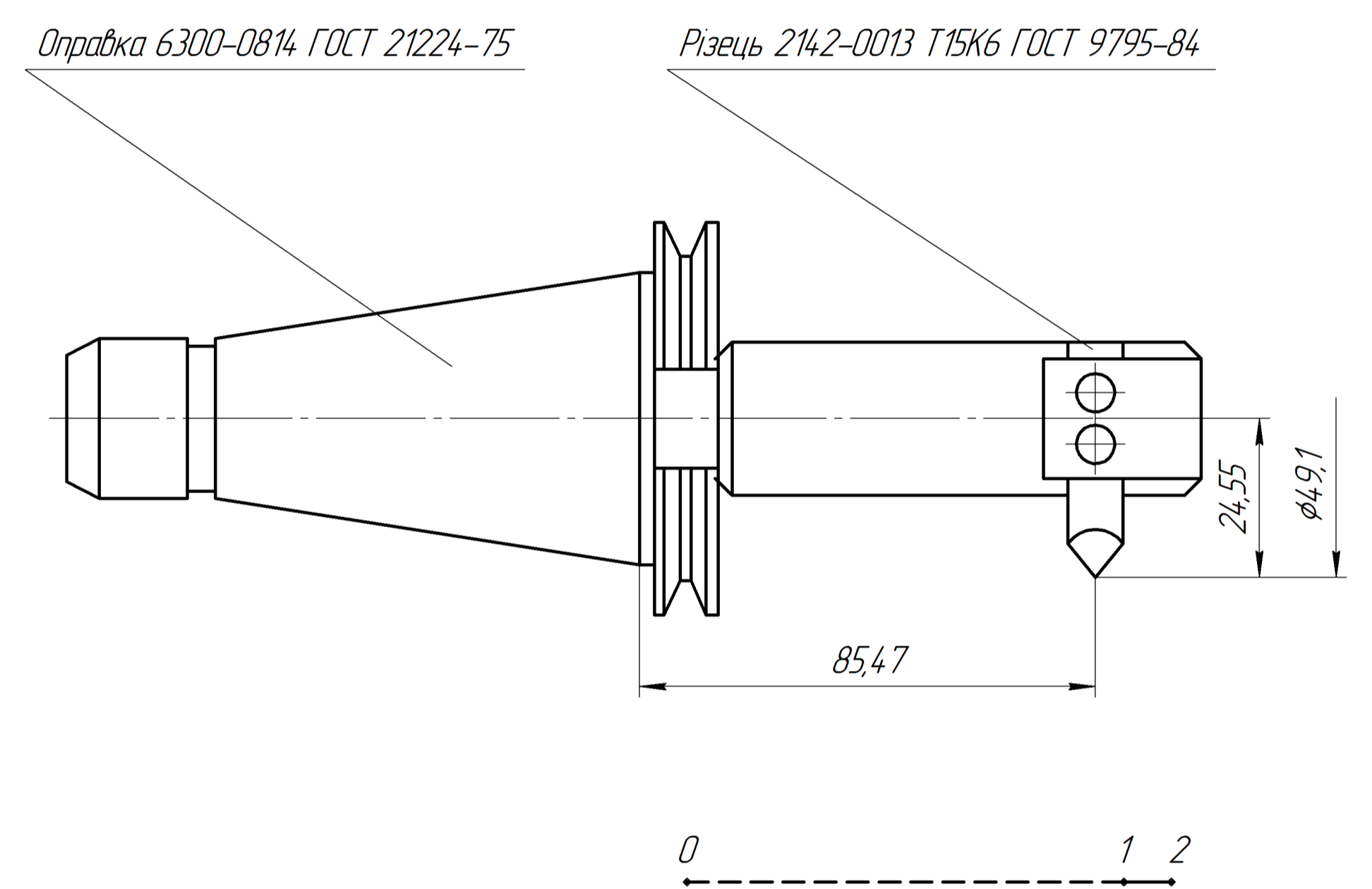
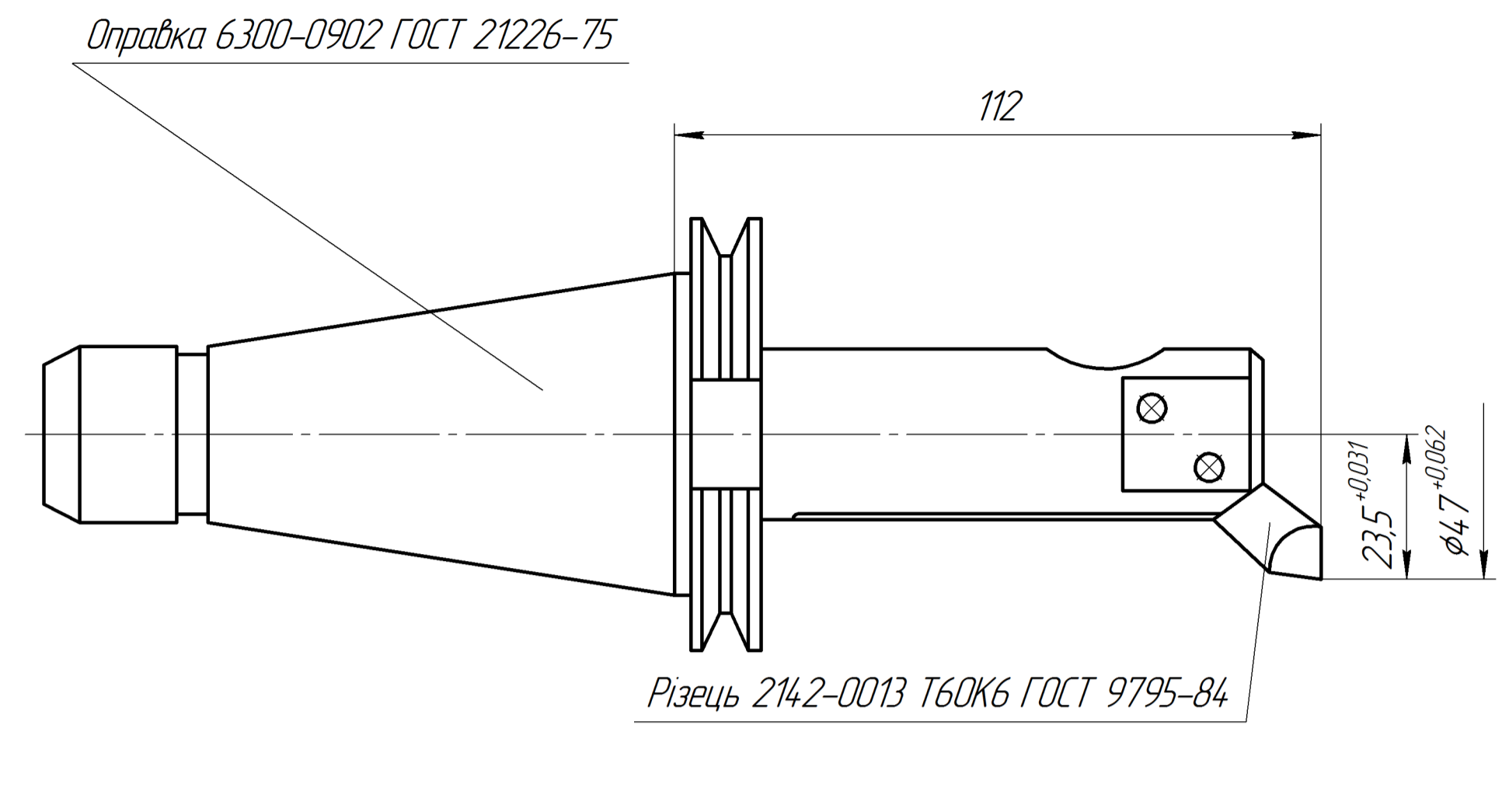
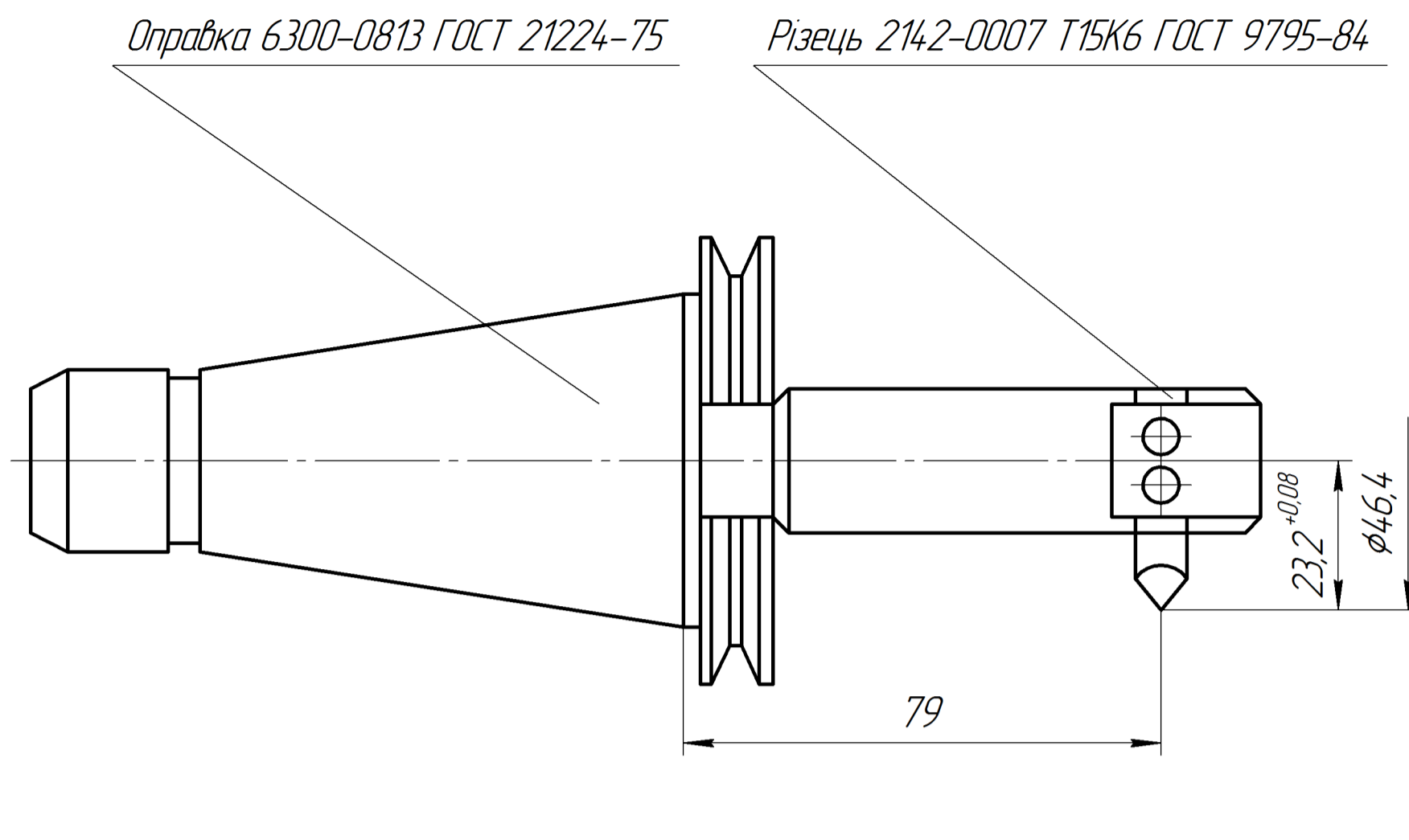
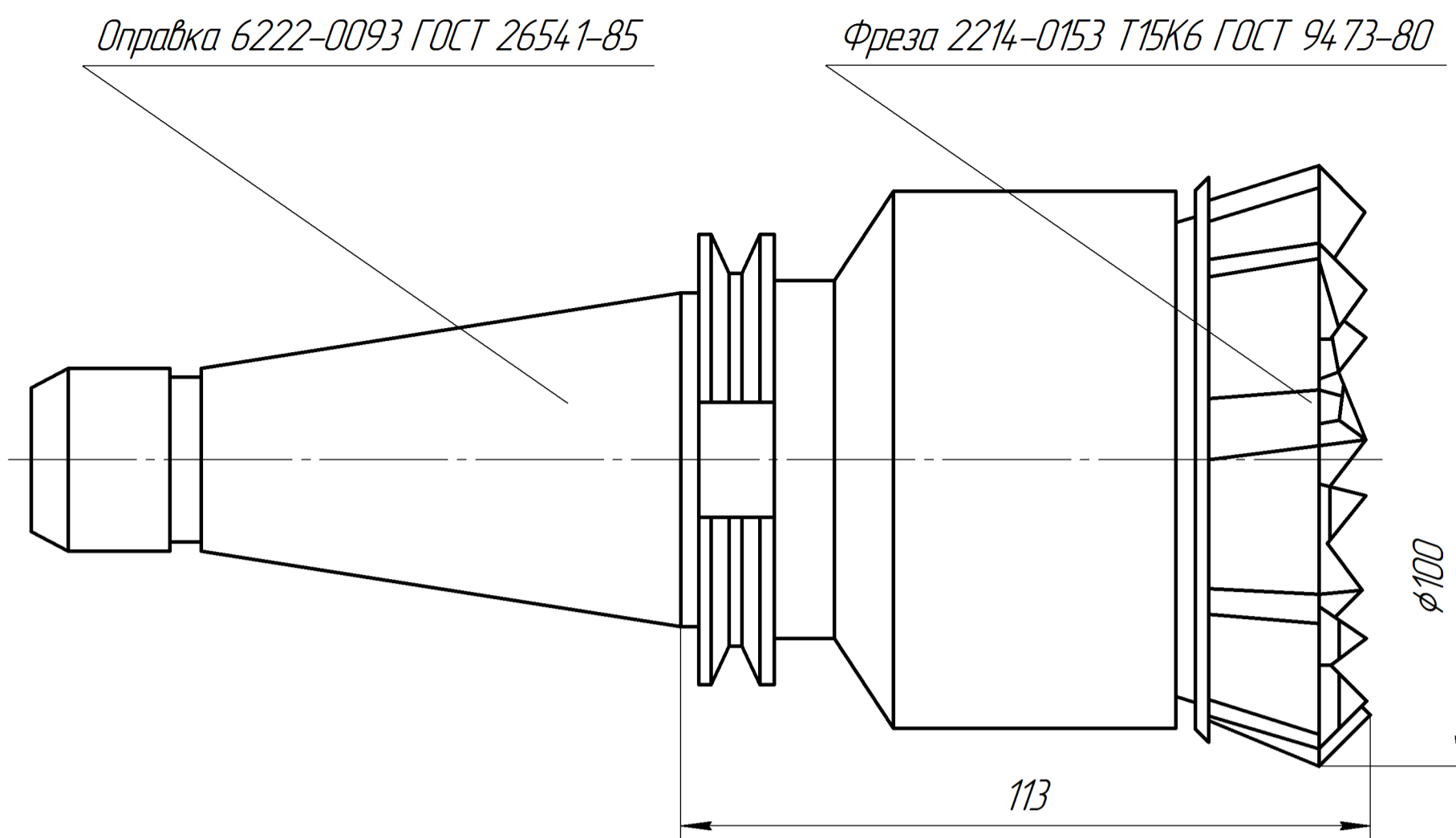


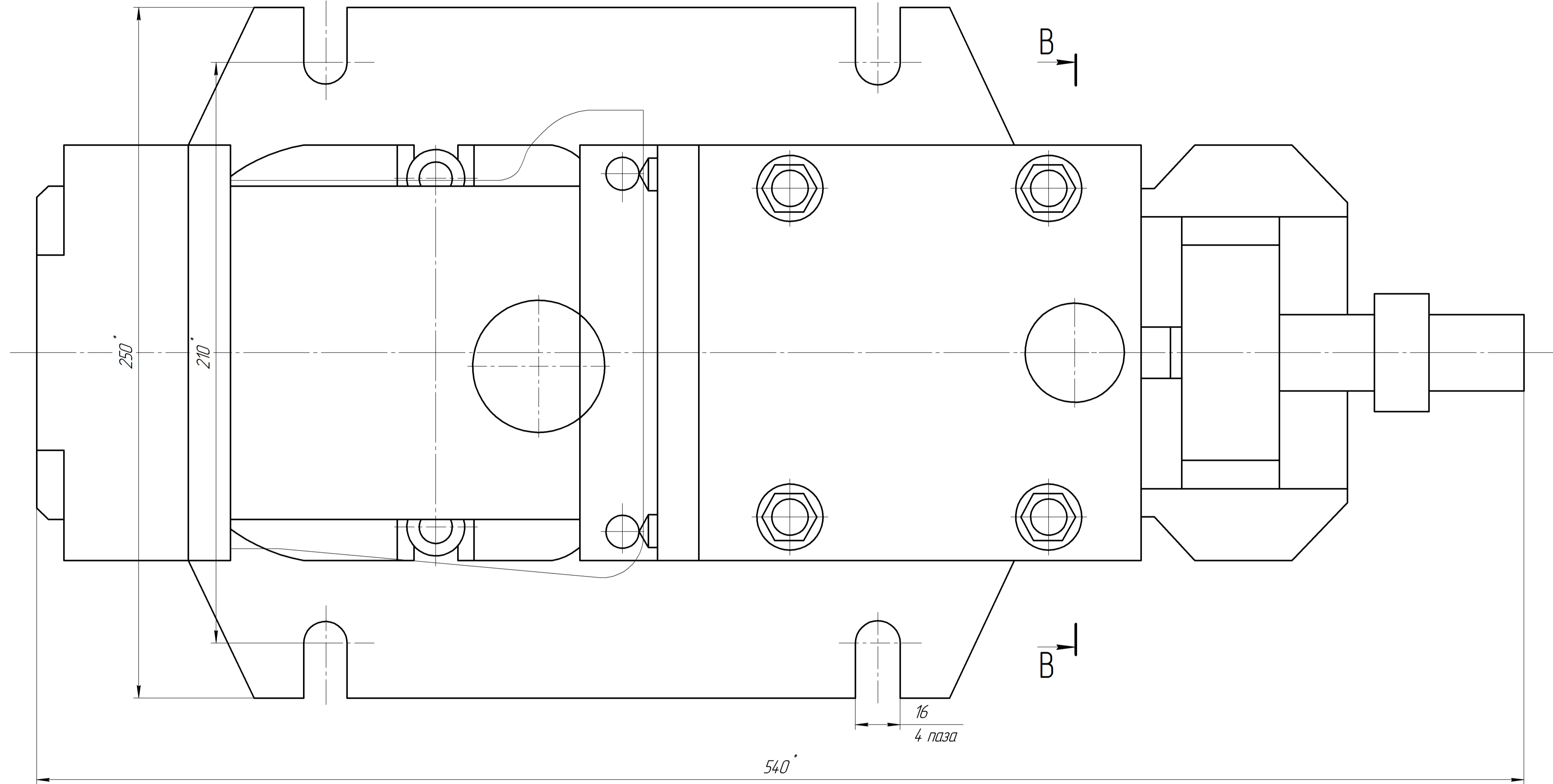
Рисунок 4 – Гістограма похибок обробки

МР.ПМК-020.01.00.000 СХ					
Зм.	Арк.	№ Док.	Підп.	Дата	Лит.
Разраб.	Пастернак				Маса
Левев	Шиллар				Масштаб
Т.контр.	Шиллар				1:1
Н.контр.	Шиллар				Архив
Затв.	Ланчик				Архив
Аналіз точності					1
					ІФНТУНГ
					ПМКМ-24-1

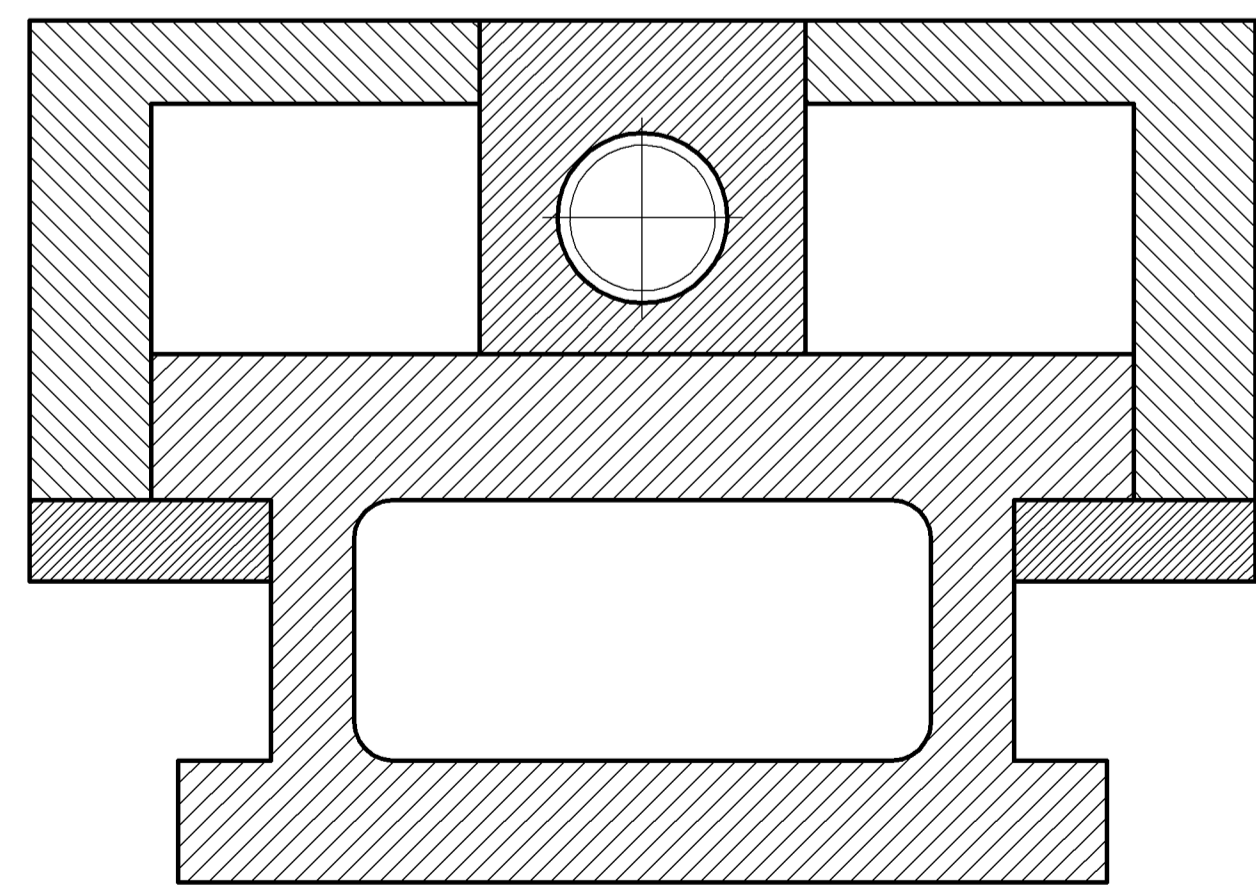


Ділянка траєкторії	Координати опорних точок			Режими різання		Номер інструменту
	X	Y	Z	$n, \text{хв}^{-1}$	$S_{\text{хб}}, \text{мм}$	
0	0	0	-300	1000	500	T01
0-1	70	0	-300			
1-2	70	0	-19			
2-3	-110	0	-19		630	
3-4	-110	0	-300			
4-0	0	0	-300			
0	0	0	-300	800	500	T02
0-1	0	0	-21			
1-2	0	0	2		200	
2-0	0	0	-300		500	
0	0	0	-300	1250		T03
0-1	0	0	-21			
1-2	0	0	1		200	
2-0	0	0	-300		500	
0	0	0	-300	800		T04
0-1	0	0	-21			
1-2	0	0	-17		160	
2-0	0	0	-300		500	

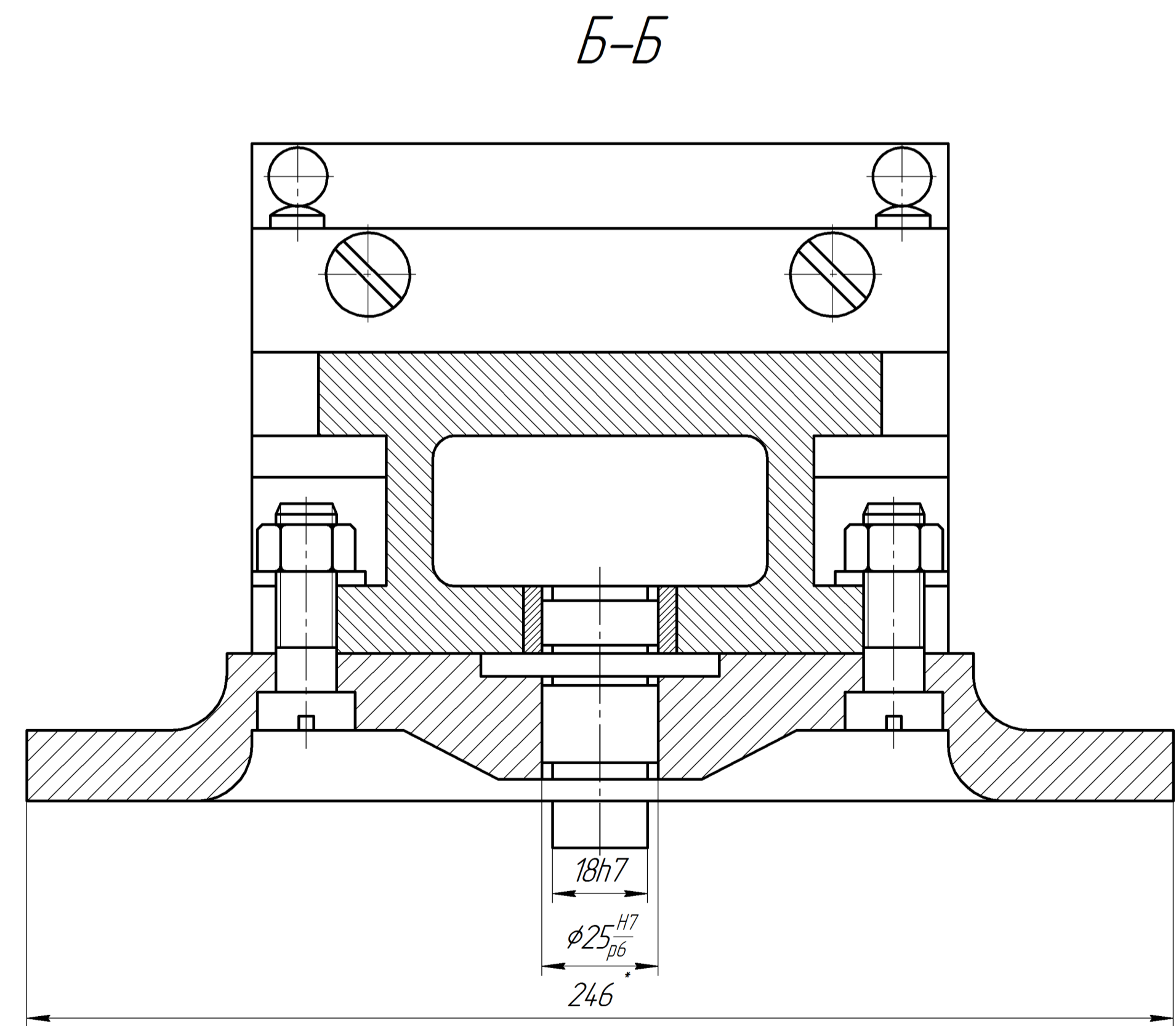
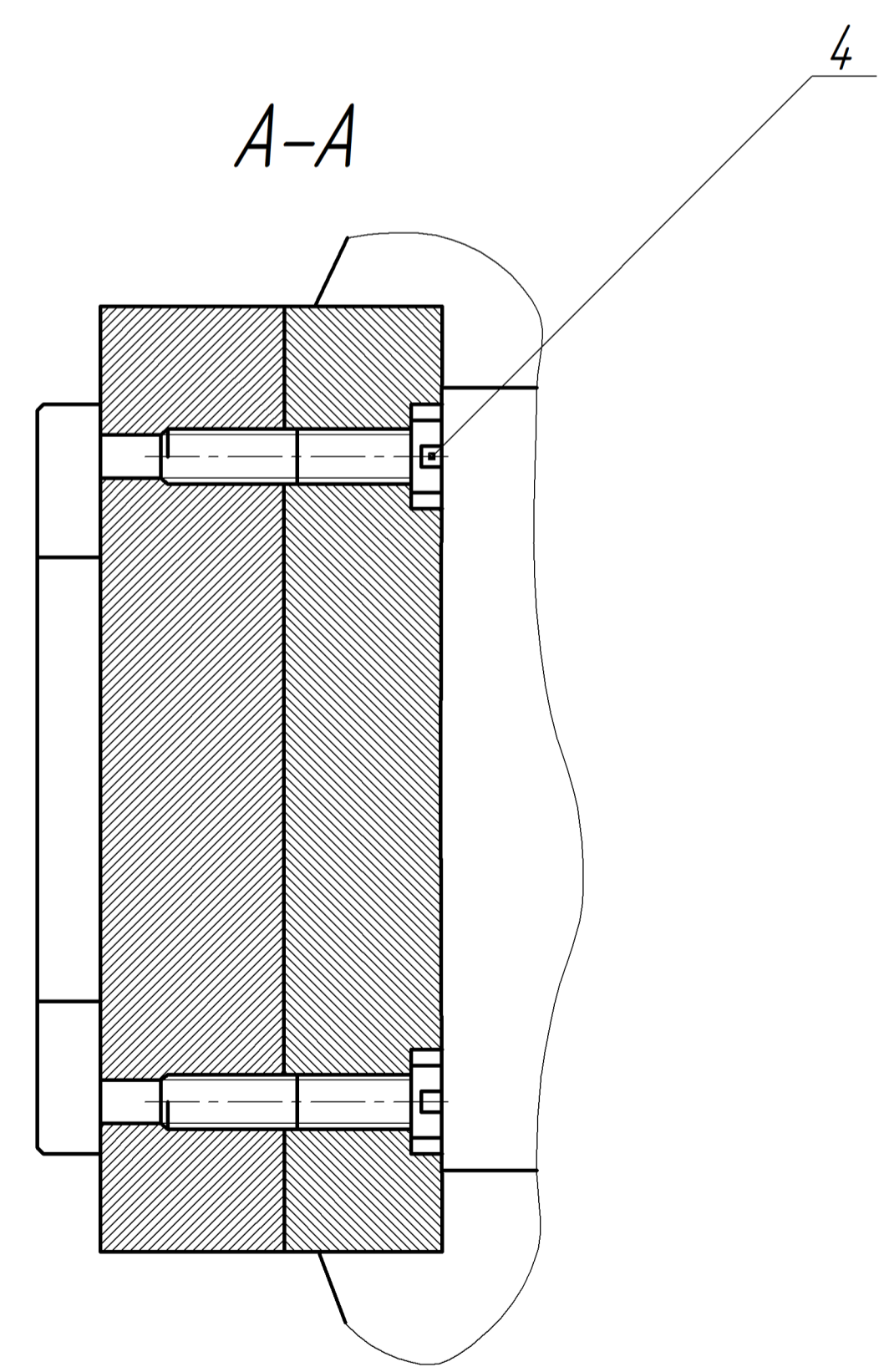
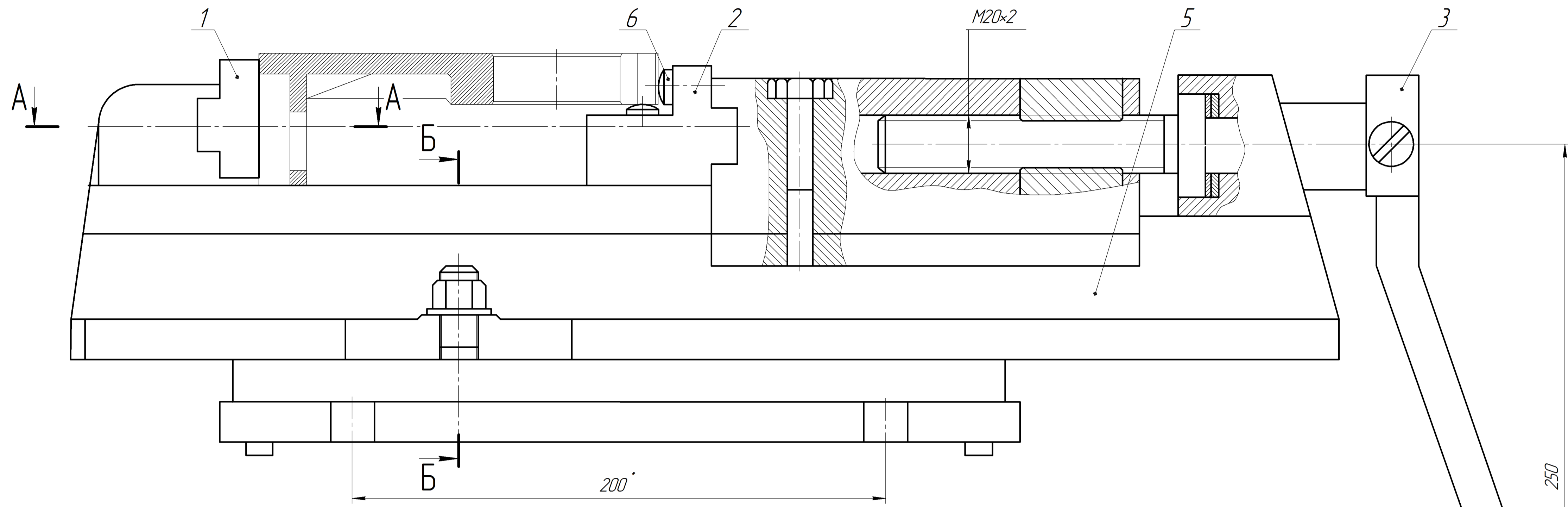
МР.ПМК-020.02.00.000 СХ				Лист	Маса	Масштаб
Карта наладки для операції 015					-	-
Зм.	Арх.	№ Док.	Підп.	Дата	Архив	Архив
Разраб.	Шляр	Пастернак				
Перев.	Шляр					
Т.контр.	Шляр					
Реценз.	Шляр					
Н.контр.	Шляр					
Затв.	Панчук					
				ІФНТУНГ ПМКМ-24-1		



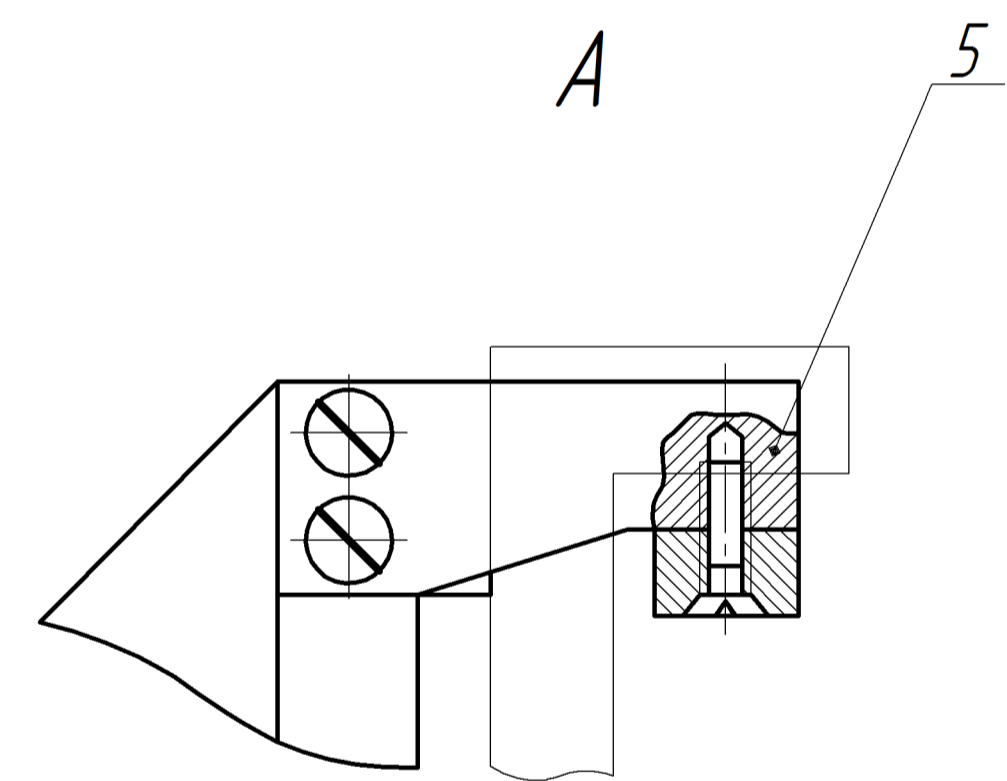
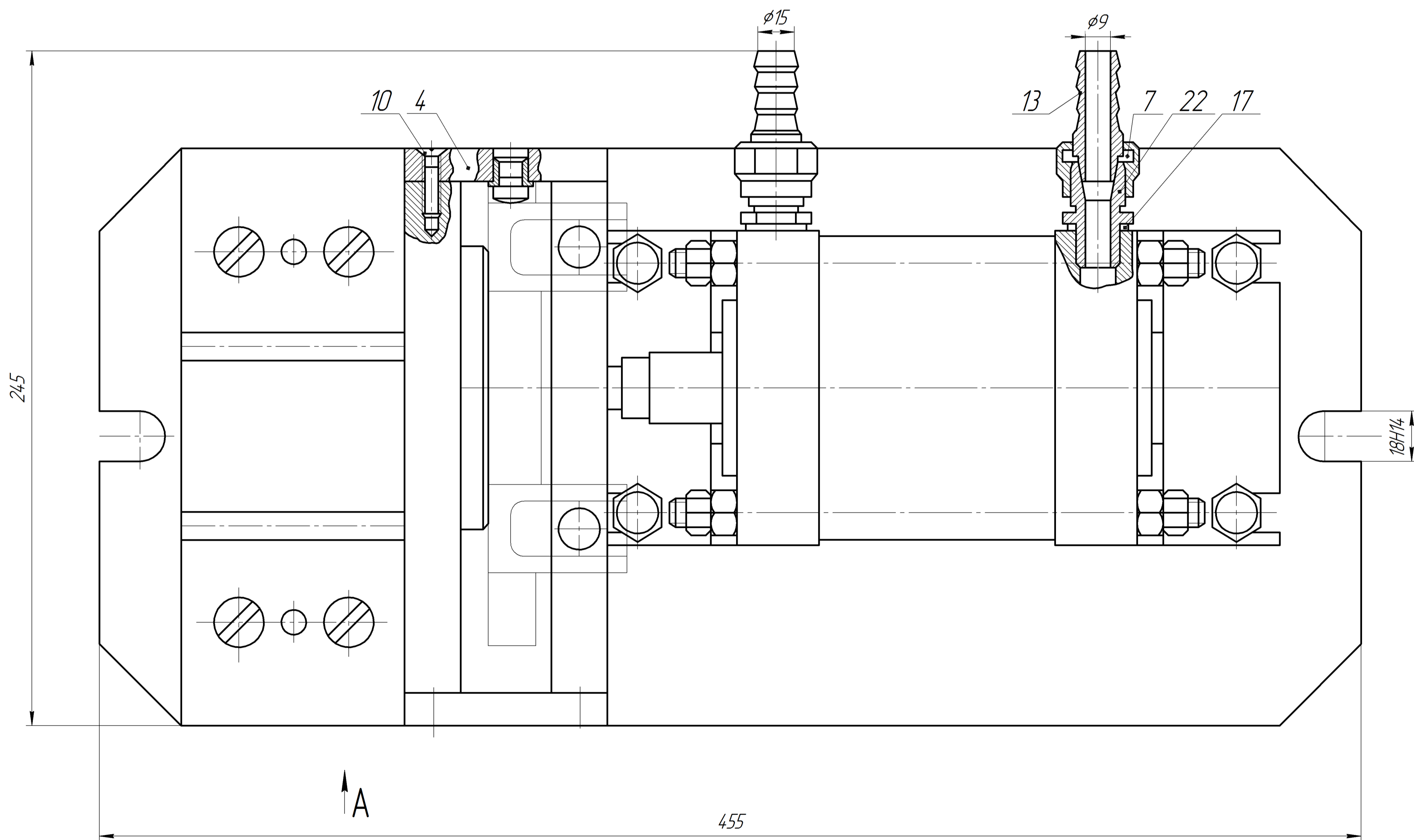
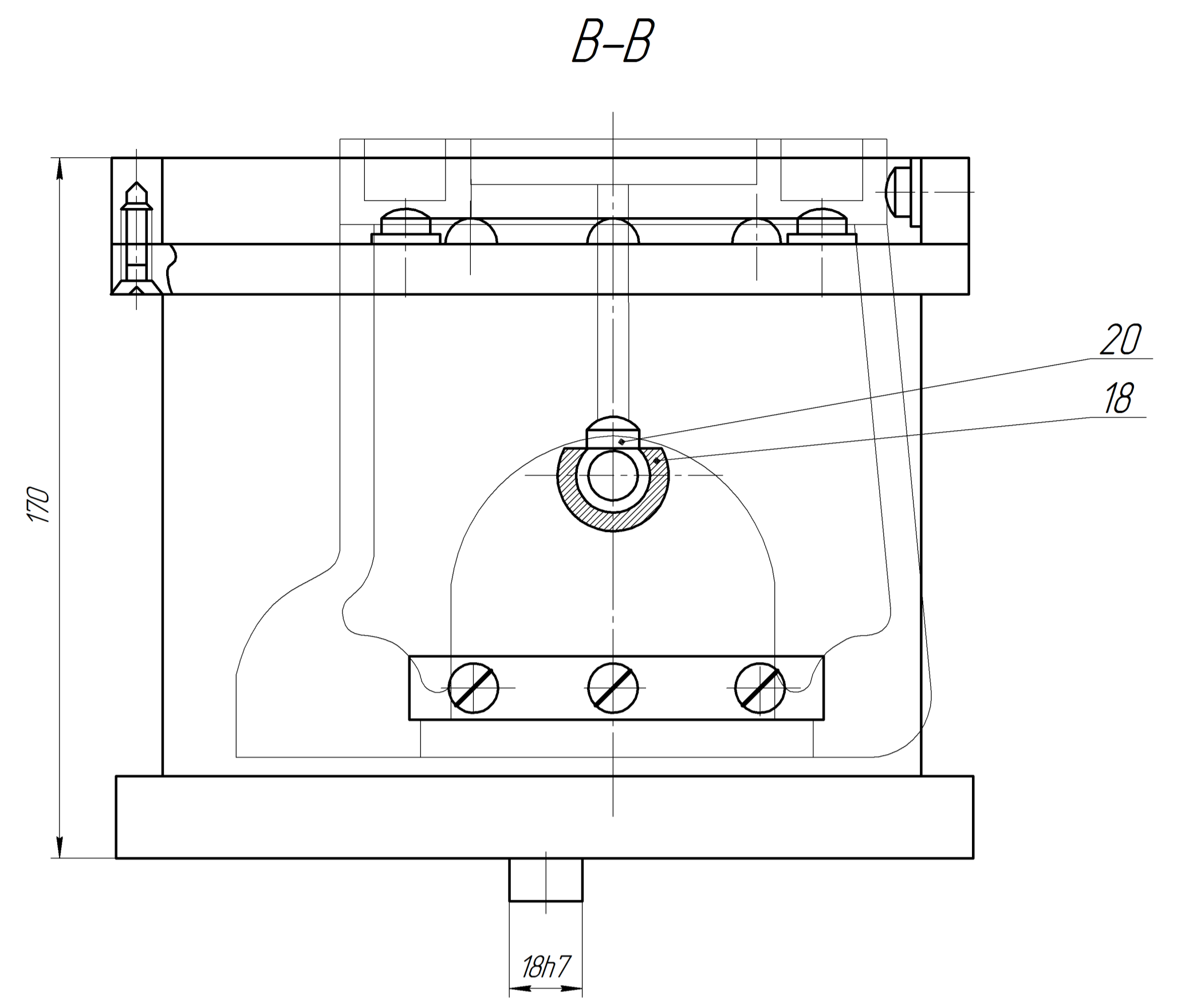
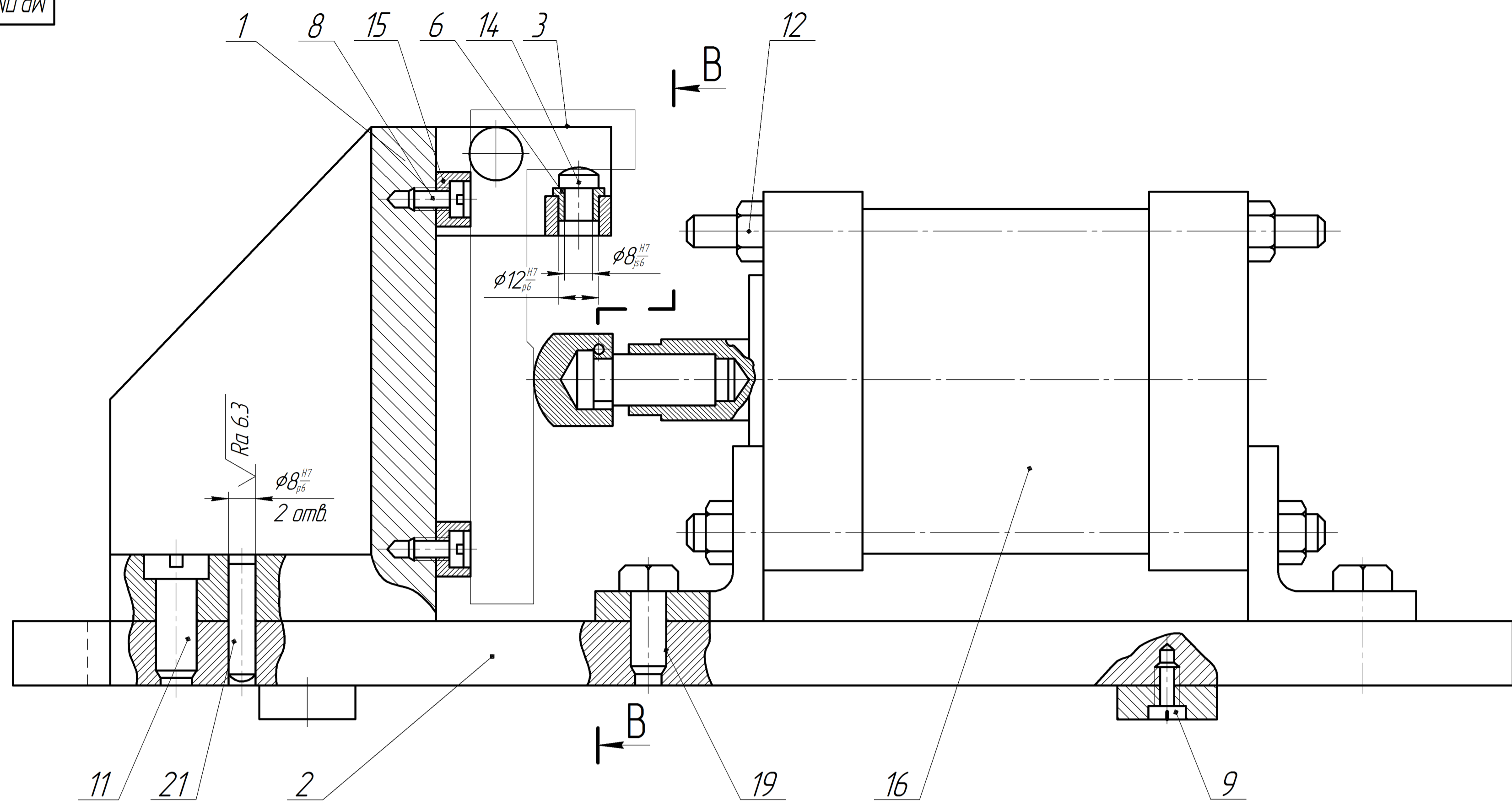
B-B



					МР.ПМК-020.03.00.000 СК				
Эк.	Арх.	№ Док.	Подп.	Дата	Лещата		Лит	Маса	Масштаб
Разраб.	Шляр	Пастернак			Складальне креслення		Н		1:1
Перев.	Шляр						Архив	Архив	1
Т.контр.	Шляр						ІФНТЧНГ		
Реценз.	Шляр						ПМКМ-24-1		
Н.контр.	Шляр								
Затв.	Ланчик								

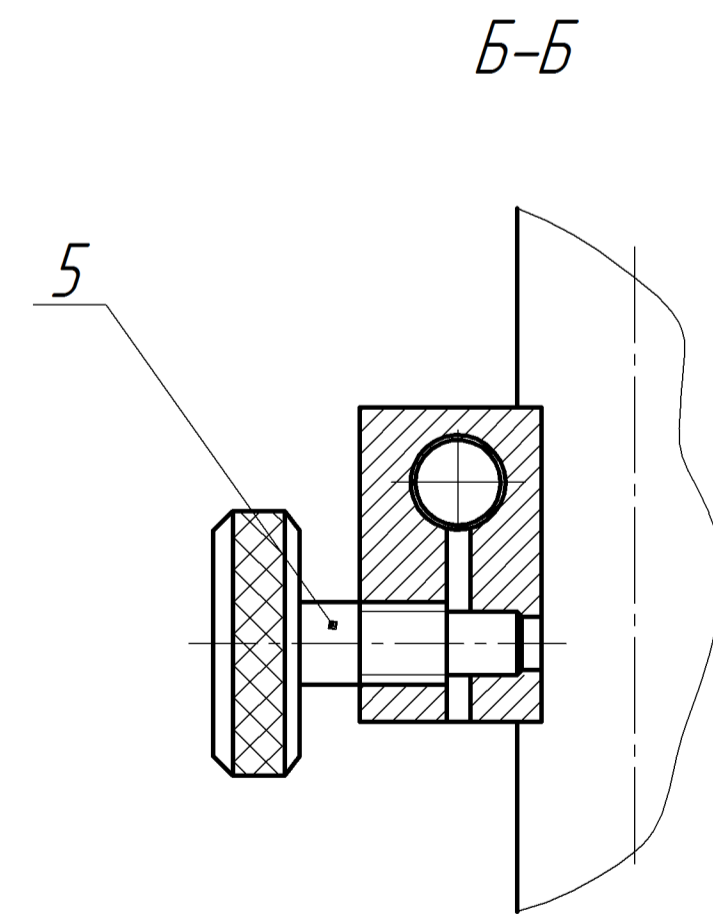
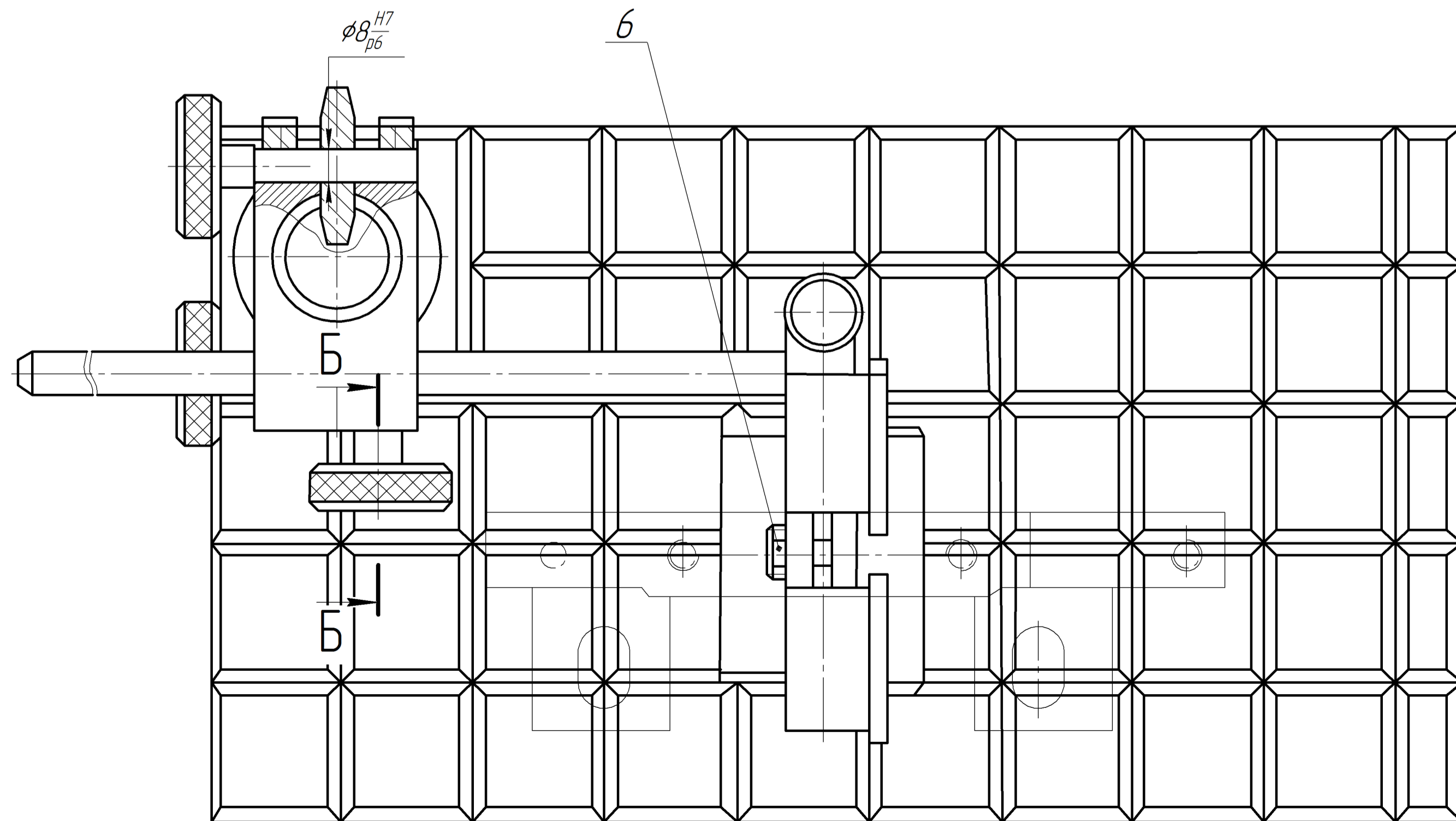
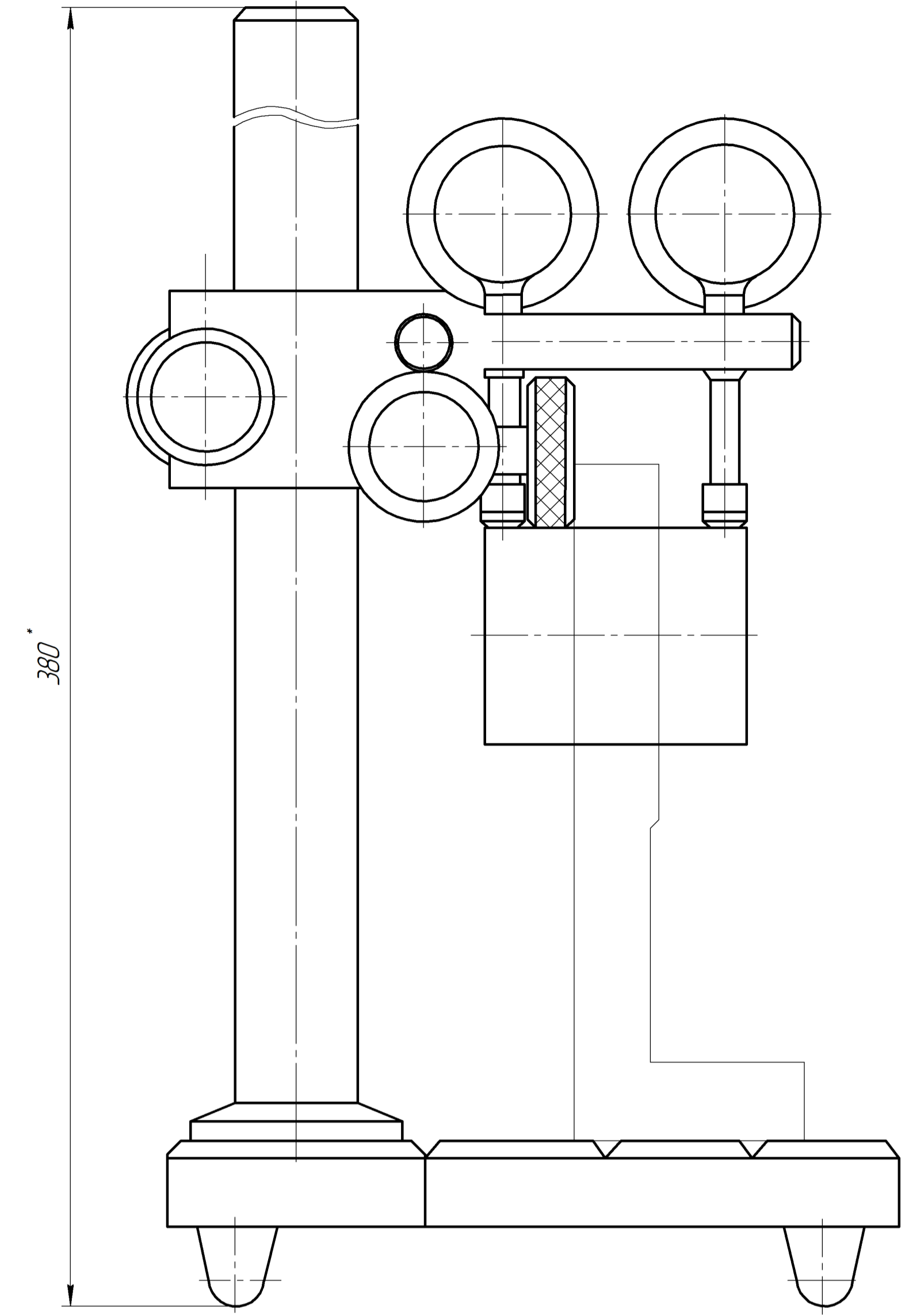
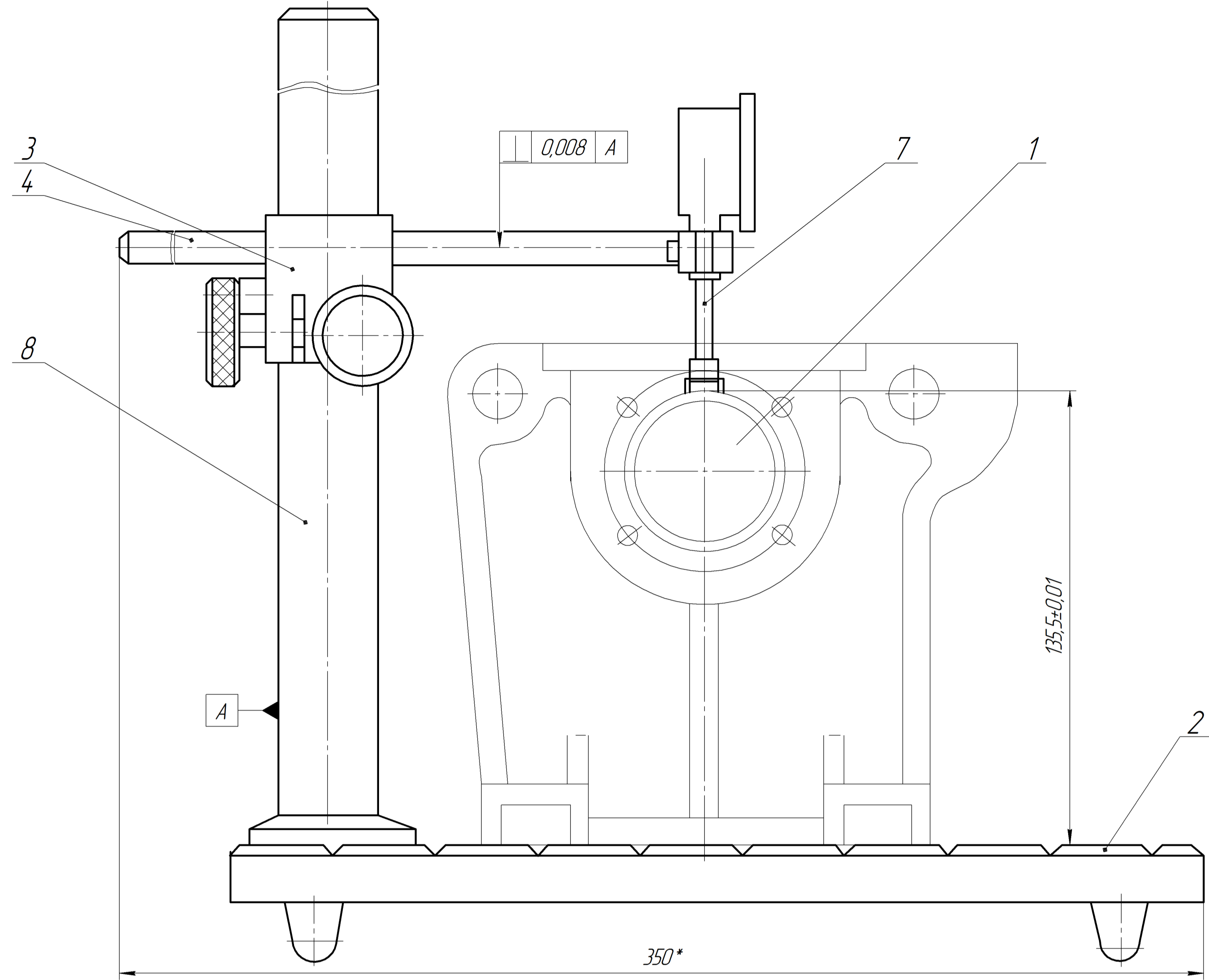


					МР.ПМК-020.03.00.000 СК		
Эк.	Арх.	№ Док.	Подп.	Дата	Лещата (складальне креслення)		
Розроб.	Шляр	Пастернак					
Лектор.	Шляр						
Т.контр.	Шляр						
Реценз.	Шляр						
Н.контр.	Шляр				Лит	Маса	Масштаб
Затв.	Ланчик				Н		1:1
					Архив	Архив	1
					ІФНТЧНГ ПМКМ-24-1		

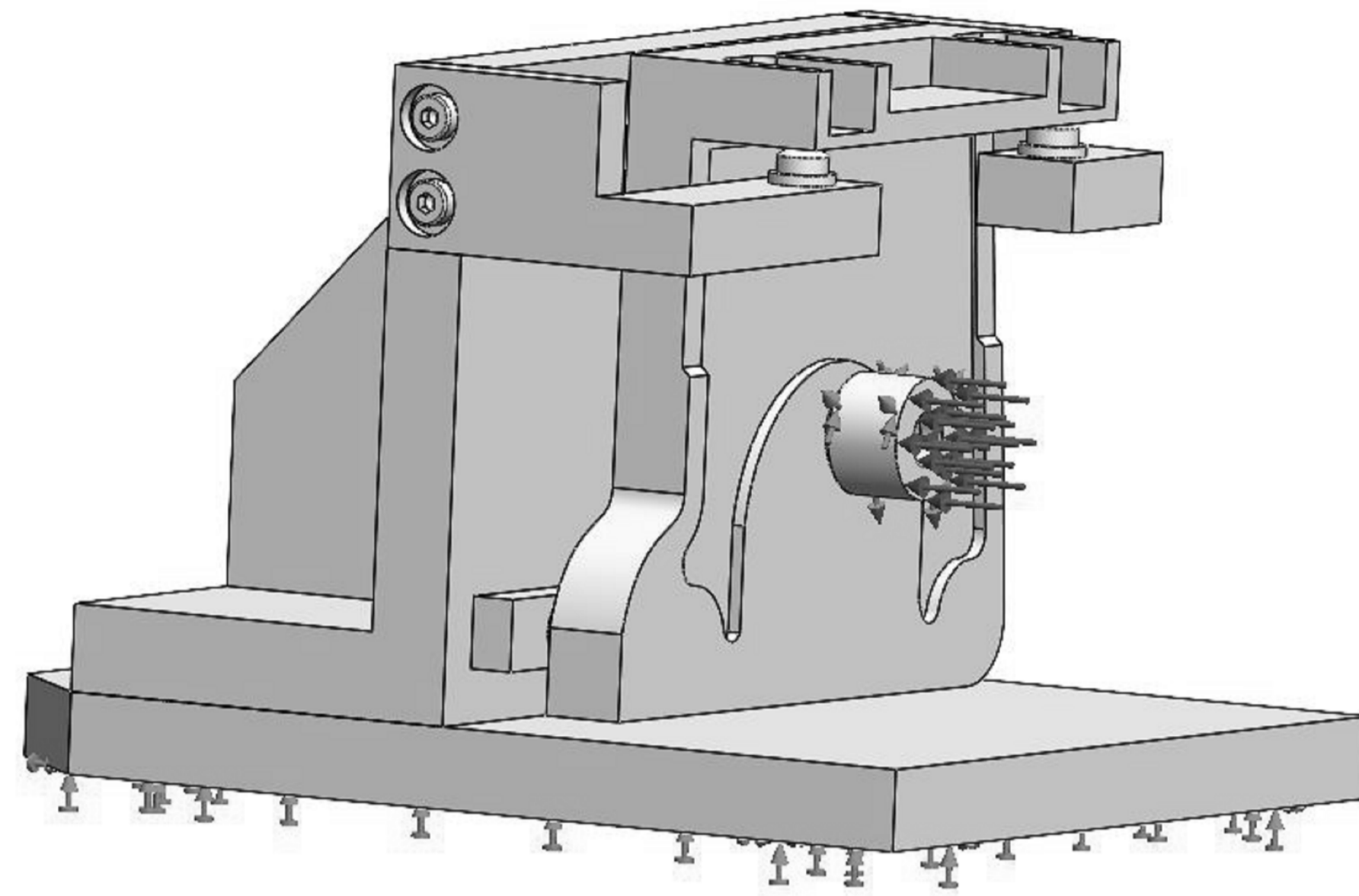


1. Діаметр пневмоциліндра $D=100$ мм.
2. Тиск повітря в пневмережі $P=0,4$ МПа
3. Сила затиску $Q=2458,4$ Н
4. *Розміри для довідок
5. Рух штока плавний без заїдань

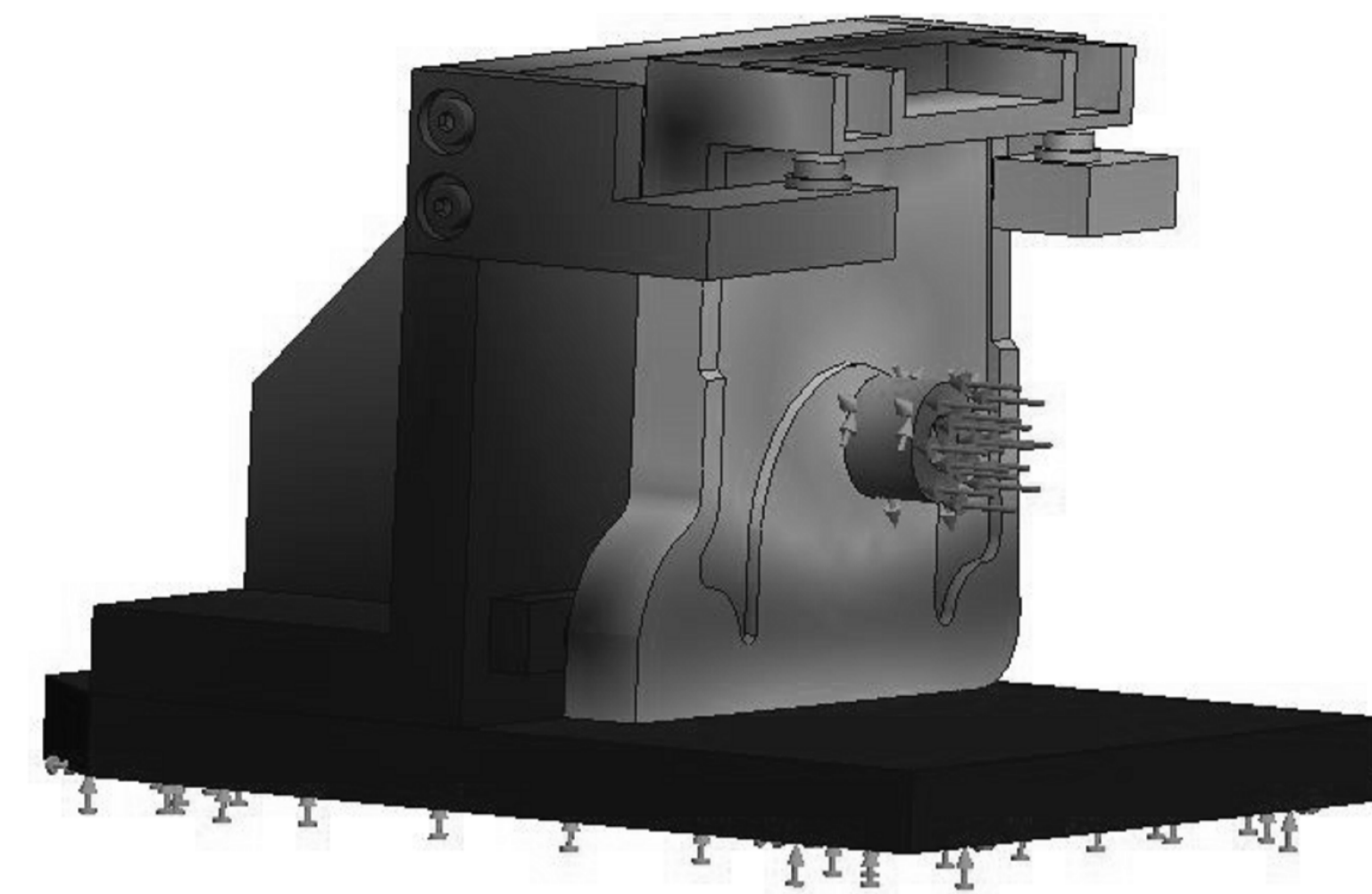
МР.ПМК-020.04.00.000 СК					Лист	Маса	Масштаб
Зм.	Арх.	№ Док.	Підп.	Дата	Пристрій фрезерний	Н	1:1
Розраб.	Пастернак					Архив	Архив
Перев.	Шляр						
Т.контр.	Шляр						
Реценз.	Шляр						
Н.контр.	Шляр						
Затв.	Ланчик						



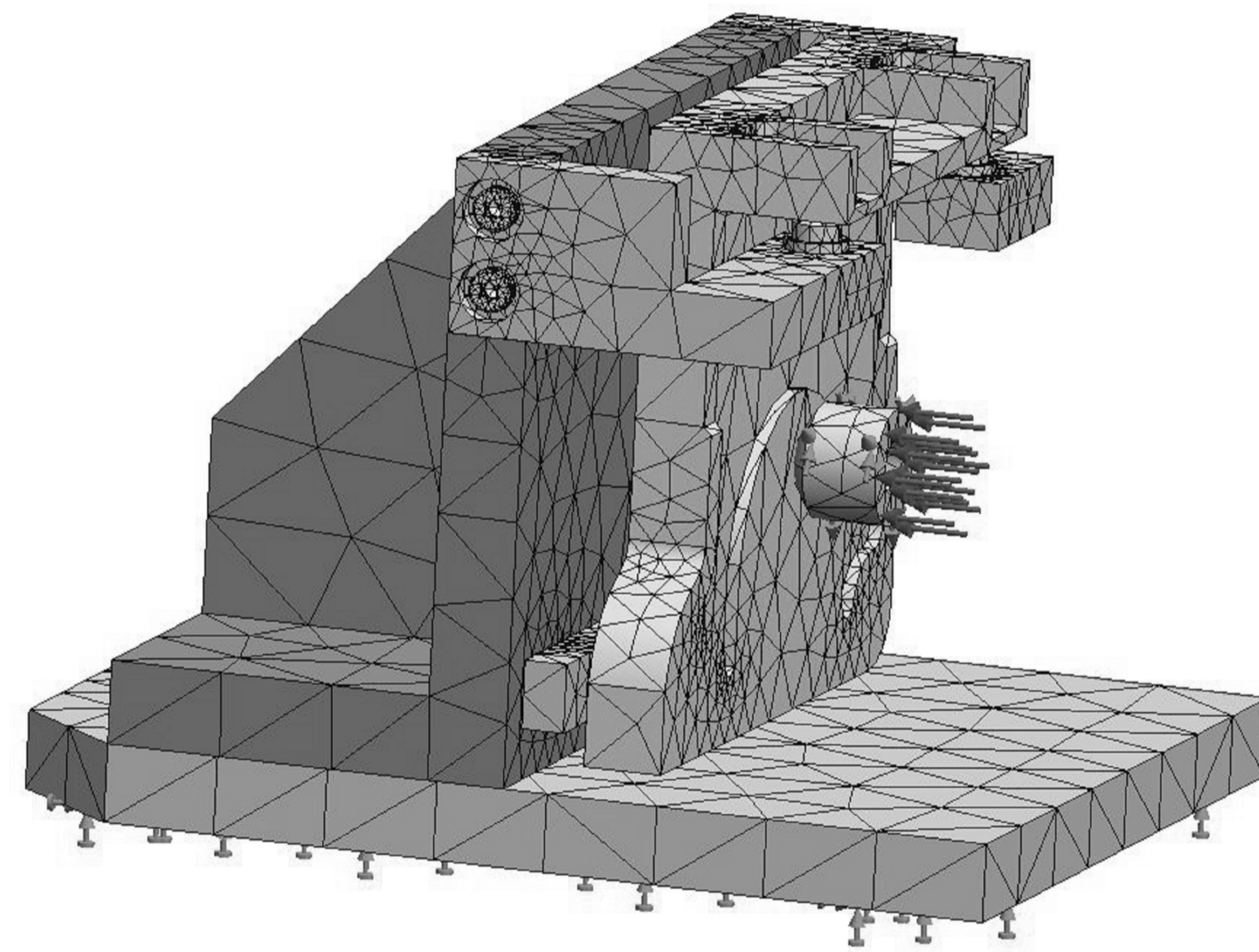
MP.ГМК-020.05.00.000 СК					Лит	Маса	Масштаб
Зм.	Арх.	№ Док.	Підп.	Дата	Контрольний пристрій	Н	1:1
Разраб.	Пастернак					Архив	Архив
Левоб.	Шляр				ІФНТЧНГ		
Т.контр.	Шляр				ГМКМ-24-1		
Реценз.							
Н.контр.	Шляр						
Затв.	Ланчик						



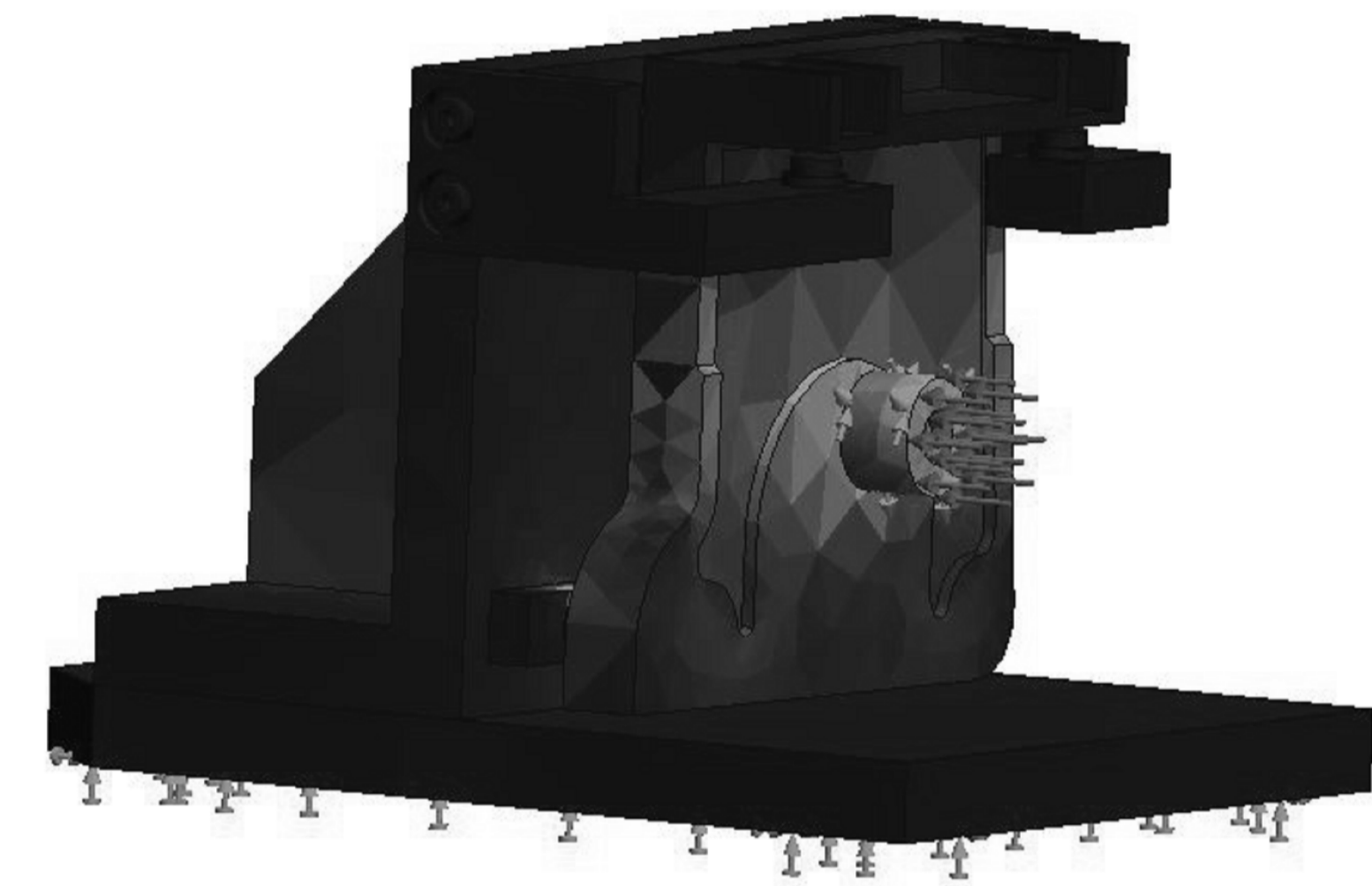
Розрахункова схема



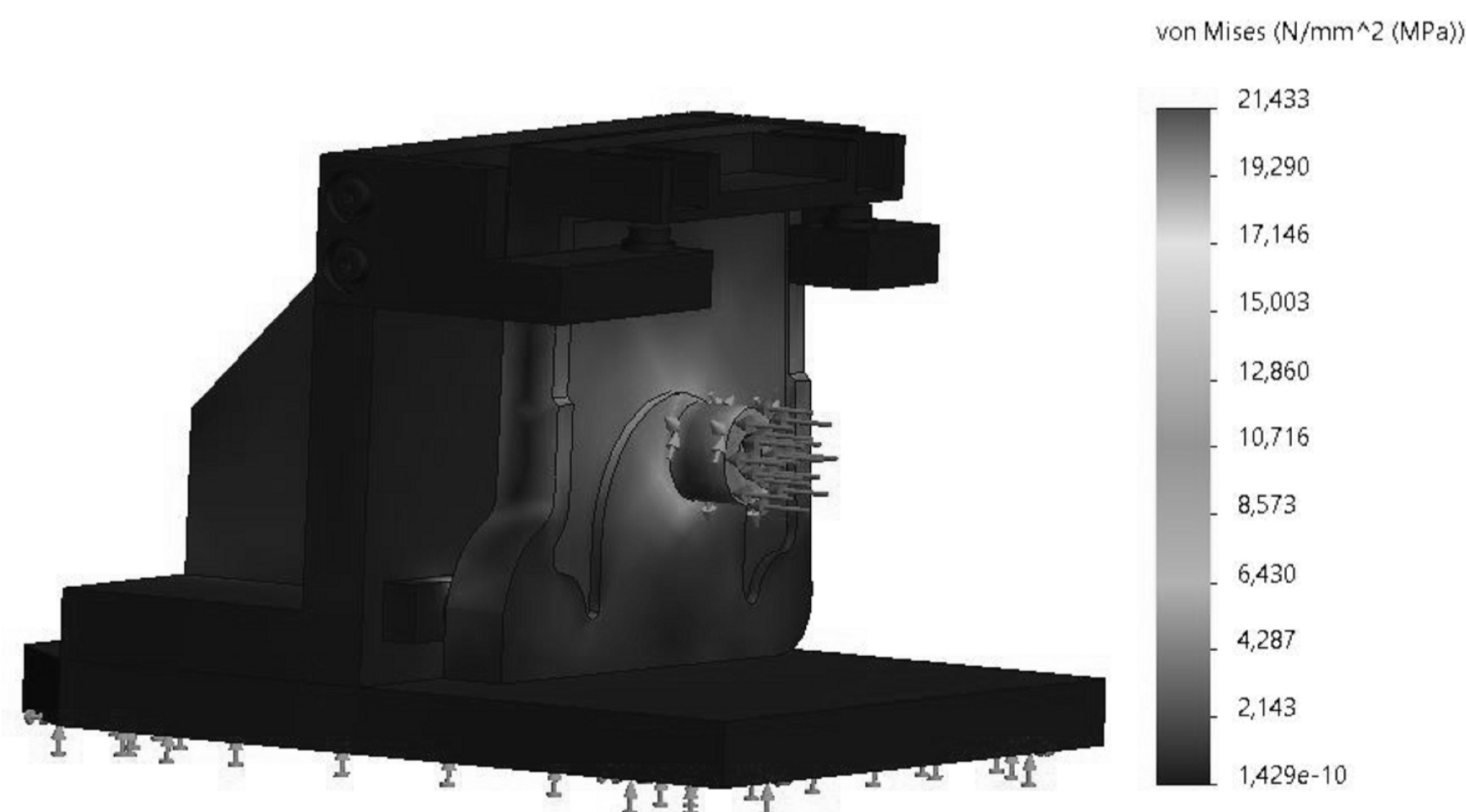
Переміщення



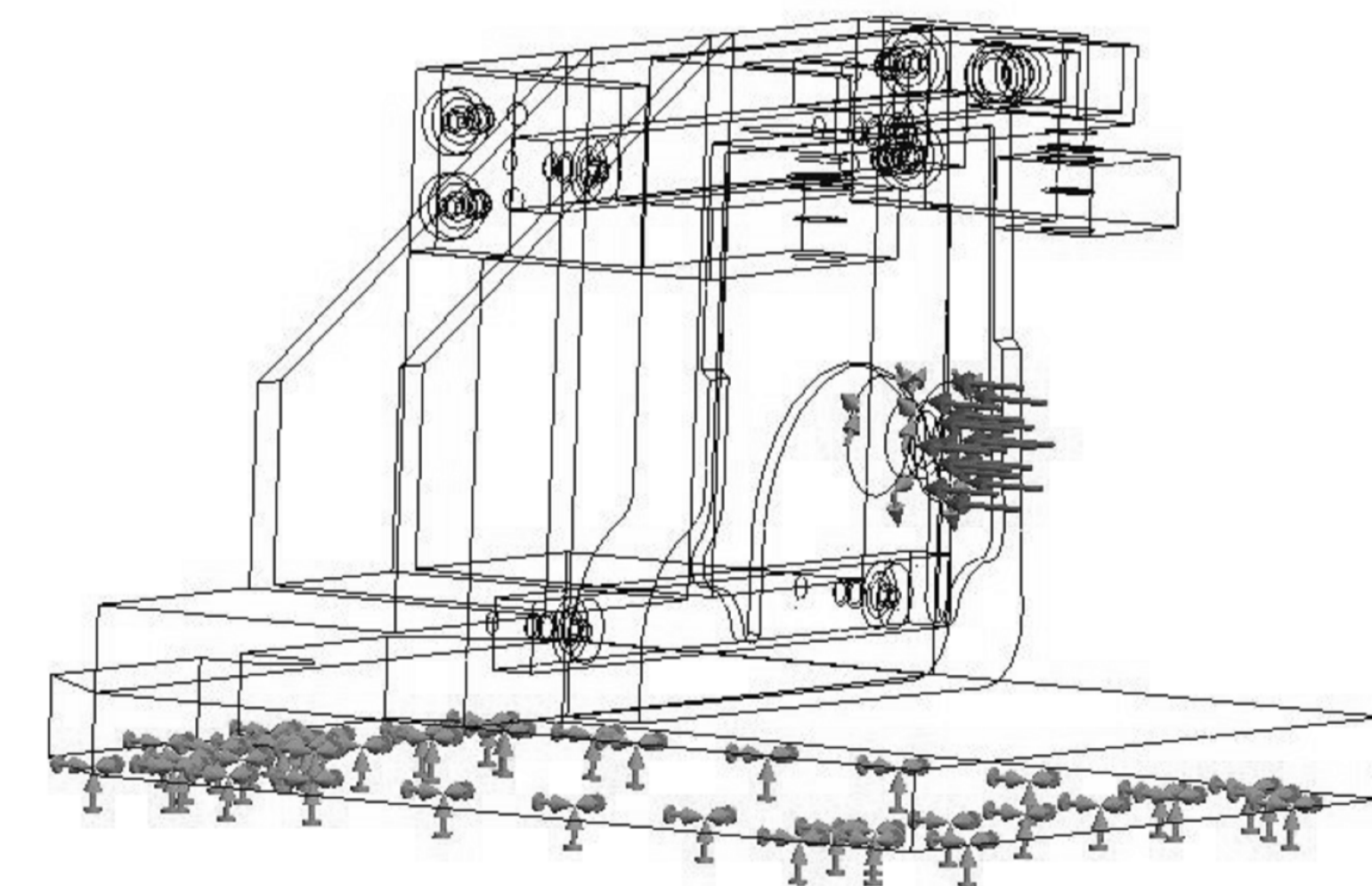
Сітка скінченних елементів



Деформація

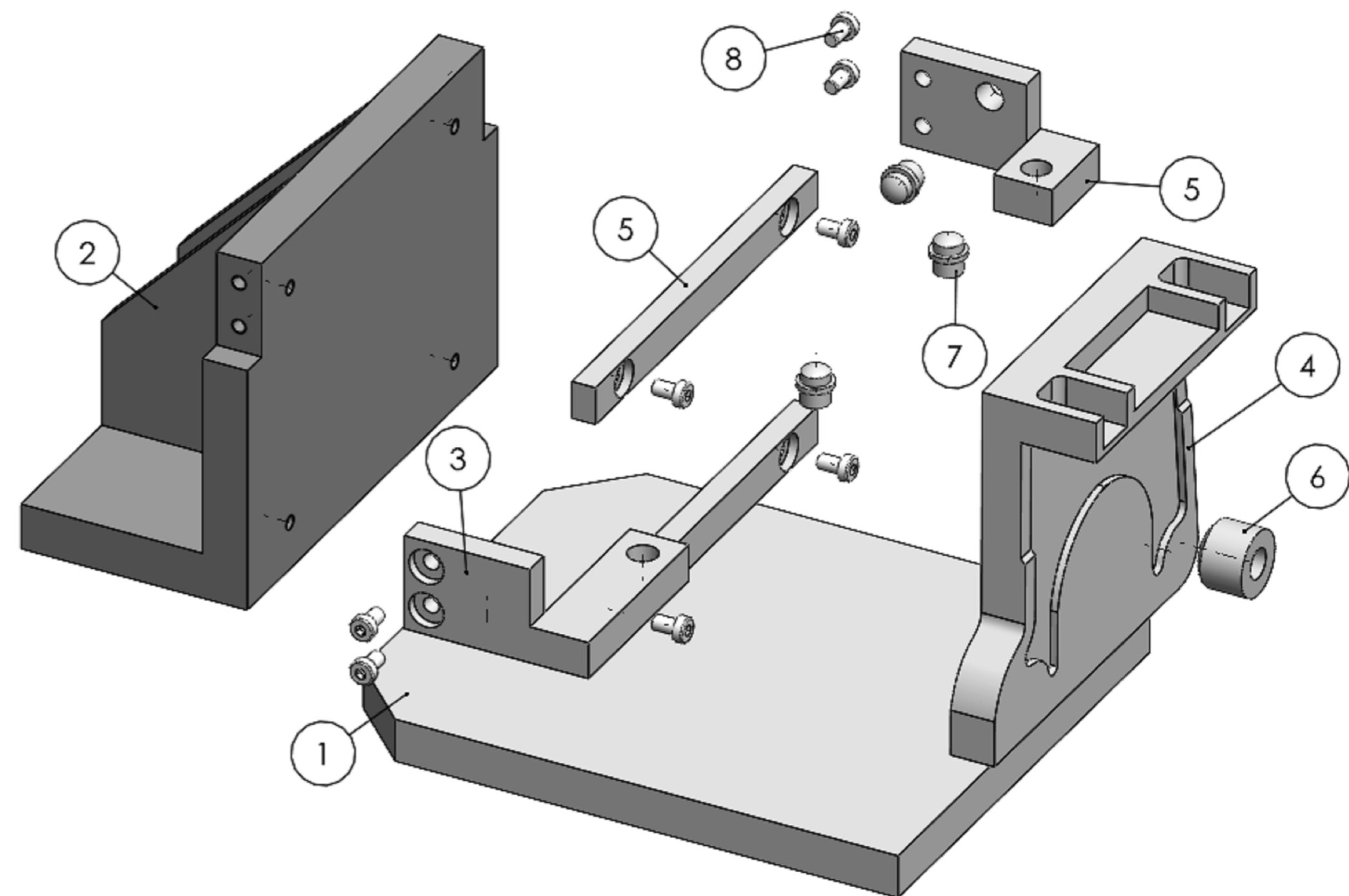
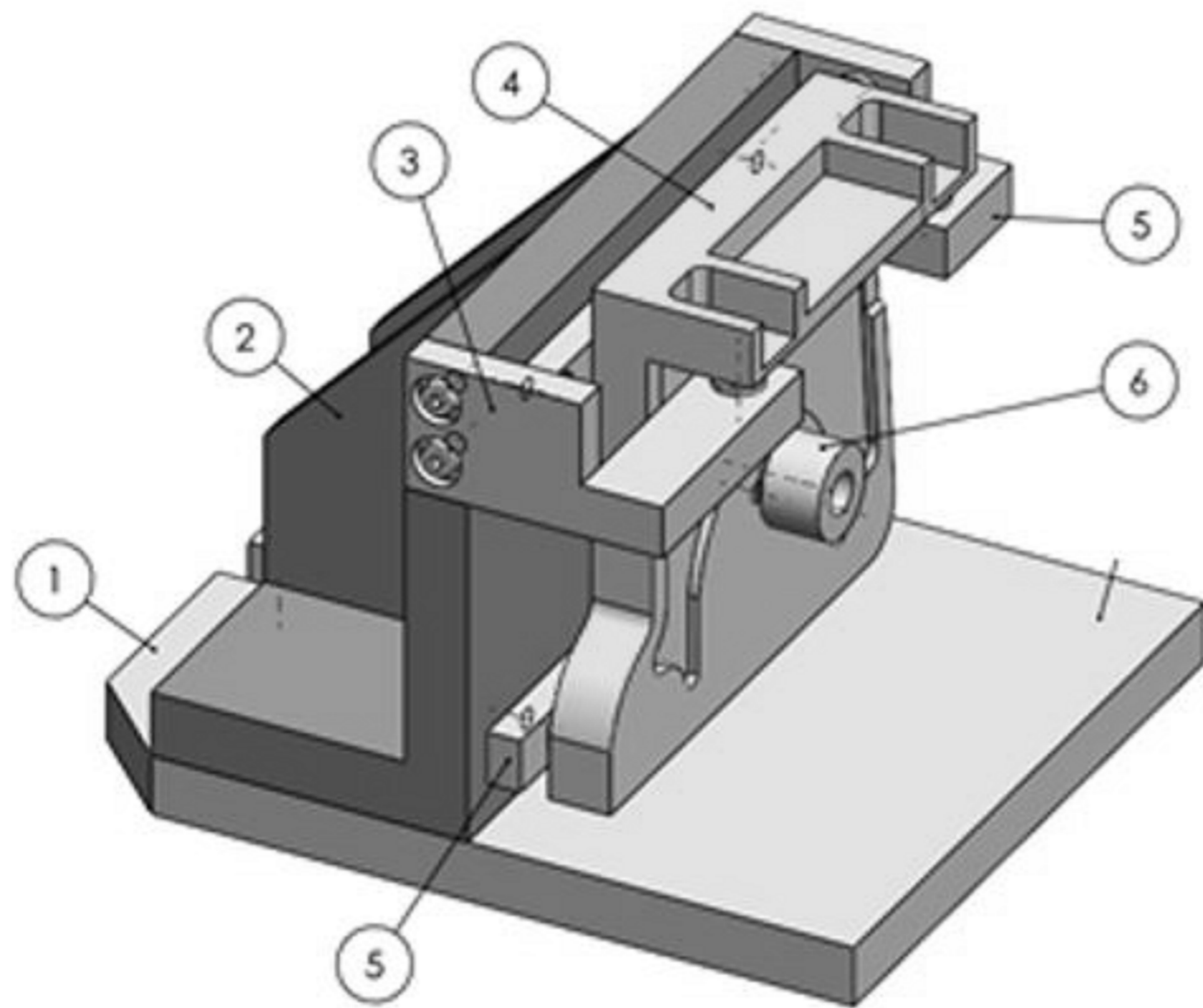


Еквівалентні напруження



Розподіл контактної тиску

МР.ПМК-020.05.01.000 СХ					Лист	Маса	Масштаб
Зм.	Арх.	№ Док.	Підп.	Дата	Н		
Розроб.	Пастернак				Архив	Архив	1
Перев.	Щуляр				ІФНТЧНГ		
Т.контр.	Щуляр				ПМКМ-24-1		
Н.контр.	Щуляр						
Затв.	Ланчук						



а – модель у складеному виді

б – модель у розкладеному виді

*1 – основа; 2 – опора; 3 – пластина ліва; 4 – заготовка;
5 – пластина права; 6 – прижим; 7 – вставка; 8 – болт*

				MP.ПМК-020.05.02.000 СХ				
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підп.	Дата	Тривимірні моделі	Лит.	Маса	Масштаб
Разраб.		Пастернак				Н		-
Перев.		Шуляр				Архив	Архив	1
Т.контр.		Шуляр				ІФНТУНГ ПМКМ-24-1		
Н.контр.		Шуляр						
Затв.		Панчик						