

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Юськів Роман Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Технологічний процес виготовлення деталі «Напрямна КС2134.11.401 А»

(назва роботи)

для умов середньосерійного типу виробництва

Комп'ютеризовані та роботизовані технології машинобудування

(назва освітньої програми)

131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

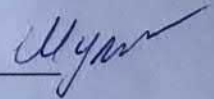


Р.Ю. Юськів

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Шуляр Богдан Романович, к.т.н., доц.

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



Допущено до захисту

Завідувач кафедри

Проф.

(посада)

(підпис)

(дата)

В.Г. Панчук

(ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

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

Івано-Франківськ - 2024 р.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки та робототехніки
Кафедра комп'ютеризованого машинобудування
Освітній рівень магістр
Спеціальність 131- Прикладна механіка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« ____ » _____ 20__ року

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Юськіву Роману Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологічний процес виготовлення деталі
"Напремка КС 2134.11.401 А" для умов
середньосерійного типу виробництва
керівник роботи Шумер Богдан Романович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від "22" листопада 2024 року № 780/7

2. Строк подання студентом роботи 15.01.2025р

3. Вихідні дані до роботи 1. Креслення деталі

2. Матеріали переддипломної практики.

3. Тип виробництва - середньосерійний

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

1. Технологія частини.

2. Конструкторська частини.

3. Імітаційне моделювання роботи пневмоциліндра.

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

1. Карта налагодження - 1 арк ф-ту А1. 2. Графічний

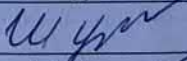
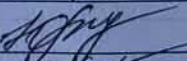
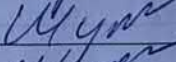
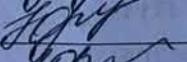
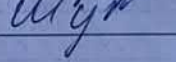
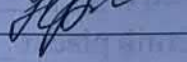
аналіз тогності - 1 арк ф-ту А1. 3. Пристрій фрезерний -

1 арк ф-ту А1 4. Пристрій контрольний для перевірки

переміщує якості - 1 арк ф-ту А1 5. Імітаційне дослідження

роботи пневмоциліндра - 2 арк ф-ту А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Шуллер Б.Р. доц. каф. КМВ		
2	Шуллер Б.Р. доц. каф. КМВ		
3	Шуллер Б.Р. доц. каф. КМВ		

7. Дата видачі завдання 25 листопада 2024р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Технологічна частина	13.12.2024р	
2	Конструкторська частина	21.12.2024р	
3	Імітаційне дослідження роботи пневмоциліндра	03.01.2025р	
4	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини магістерської роботи	14.01.2025р	

Студент  Юськів Р.Ю
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  Шуллер Б.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної магістерської роботи на тему: Технологічний процес виготовлення деталі “Напрямна КС2134.11.401А” для умов середньосерійного типу виробництва”.

Розрахунково-пояснювальна записка складається із 73 сторінок та містить: 31 рисунок, 18 таблиць, 18 посилання на літературу та додатків на 10 сторінках.

Графічна частина: 7 аркушів формату А1.

Об’єкт дослідження – процес механічної обробки.

Предмет дослідження – деталь “Напрямна КС2134.11.401А”

Мета роботи – розробити покращений проектний технологічний процес механічної обробки напрямної КС2134.11.401А, на основі заводського, щоб здешевити затрати на виготовлення. Також необхідно розробити конструкції верстатного та контрольного пристроїв, та підтвердити працездатність верстатного та оптимізувати конструкцію його притискних ланок за допомогою одного з програмних продуктів САПР.

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

Результати роботи можуть бути використані в машинобудівній галузі.

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

Студент: Юськів Р.Ю.

SUMMARY

of the qualification master's thesis on the topic: Technological process of manufacturing the part 'Guide KS2134.11.401A' for medium-sized batch production'.

The explanatory note consists of 73 pages and includes: 31 figures, 18 tables, 18 references to literature and 10 pages of appendices.

Graphic part: 7 sheets of A1 format.

The object of research is the process of machining.

Subject of research - part 'Guide KS2134.11.401A'

The purpose of the study is to develop an improved design technological process for machining the guide KS2134.11.401A, based on the factory one, in order to reduce manufacturing costs. It is also necessary to develop the design of the machine tool and control devices, and to confirm the operability of the machine tool and optimise the design of its clamping links using one of the CAD software products.

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

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

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

Student: Yuskov R.Yu.

Зміст

Вступ

1	Технологічна частина
1.1	Опис призначення і конструкції деталі
1.2	Аналіз технологічності конструкції деталі
1.3	Визначення річної програми та кількості деталей в партії
1.4	Аналіз базового технологічного процесу і розробка маршрутної технології
1.4.1	Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки
1.4.2	Опис і аналіз базового технологічного процесу
1.4.3	Аналіз базового технологічного процесу з точки зору обладнання, інструменту, приспособлень
1.5	Розробка операційної технології.....
1.5.1	Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення технологічних розмірів
1.5.2	Розрахунок режимів різання
1.5.3	Аналіз точності обробки програми.....
1.5.4	Розрахунки пов'язані з підготовкою керуючої програми
1.5.5	Нормування технологічного процесу
2	Конструкторська частина.....
2.1	Розрахунок верстатного пристрою для обробки деталі на операції 025
2.1.1	Призначення, будова та принцип роботи пристрою
2.1.2	Розрахунок сили різання
2.1.3	Розрахунок сили затиску і основних параметрів механізму
2.1.4	Розрахунок точності пристрою
2.1.5	Розрахунок коефіцієнта уніфікації

					<i>МР.ПМК - 648.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Юськів Р.Ю.			<i>Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		Шуляр Б.Р.					Н	
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		Шуляр Б.Р.						
<i>Затверд.</i>		Панчук В.Г.						
						<i>ІФНТУНГ ПМКм-23-1</i>		

2.2 Розробка пристрою для контролю перпендикулярності	
2.2.1 Призначення, будова та принцип роботи пристрою	
2.2.2 Розрахунок точності контрольного пристрою	
2.2.3 Розрахунок коефіцієнта уніфікації	
3 Імітаційне моделювання роботи пневмоциліндра	
Висновки	
Перелік посилань на джерела	
Додатки.....	

					<i>МР.ПМК - 648.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

В розвитку технології обробки металів різанням за останні роки проходять принципові зміни. Інтенсифікація технологічних процесів на основі використання ріжучих інструментів із нових інструментальних матеріалів, розширення області використання обладнання з ЧПК, створення роботизованих верстатних комплексів та гнучких виробничих систем з керуванням від ЕОМ, підвищення розмірної та геометричної точності, що досягається при обробці - такий неповний перелік найважливіших напрямків розвитку технології механічної обробки в машинобудуванні.

Вирішальна роль в прискоренні технічного переозброєння машинобудування належить верстатноінструментальній промисловості. За останні роки значно покращена структура обладнання що випускається, зокрема верстатів для шліфування та фінішної обробки, а також верстатів високої точності. Значно зростає виробництво автоматичних та напівавтоматичних ліній, збільшується випуск верстатів з ЧПК.

В сучасних умовах розвитку виробництва та удосконалення економіки одною із найважливіших задач являється суттєве скорочення строків створення та освоєння нової техніки, а також зниження трудоемкості. Успішне вирішення цієї задачі в значній мірі залежить від рівня нормативно-технічного та інформаційного забезпечення розробки та постачання продукції на виробництво, чіткого дотримання вимог державних стандартів загально-технічних систем, таких як єдина система конструкторської документації (ЄСКД), єдина система технологічної документації (ЄСТД) і т.п. накопичений досвід роботи в галузях промисловості при проектуванні, виробництві, експлуатації та ремонті виробів показав, що ЄСКД є єдиною нормативно-технічною, інформаційною, методичною та організаційно-основою для забезпечення:

- єдиної технічної мови та термінології;
- взаємообміну конструкторською документацією між підприємствами країни без її переоформлення;

					MP.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- удосконавлення організації проектно конструкторських робіт; можливості отримання та використання конструкторської документації в системах автоматизованого проектування та управління;
- удосконавлення способів обліку, забезпечення та зміни конструкторської документації;

Встановлення єдиних правил розробки та оформлення експлуатаційної та ремонтної документації на вироби в цілях покращення їх експлуатації, організації централізованого ремонту та збільшення строку служби.

Успішне впровадження ЄСКД в країні показало життєздатність та ефективність системи. Вона стала також основою для розробки стандартів ЄСКД ССВ.

					MP.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Технологічна частина

1.1 Опис призначення і конструкції деталі

Деталь «Напрямна КС2134.11.401А» є деталлю преса КС 2134 і працює в парі з аналогічною деталлю прямою КС 2134.11.402 і призначені для напрямлення руху повзуна.

Деталь виготовляється з якісної конструкційної сталі - Сталь 45 ГОСТ 1050-88. ГОСТ 1050-88 в Україні втратив чинність, його замінив ДСТУ 7809:2015.

Відповідно до призначення має свої певні конструктивні особливості, але не є надто складною в плані зовнішньої конфігурації і точності механічної обробки. Деталь має просту геометричну форму, її можна віднести до класу пластин (брусів).

Деталь має такі габарити 1100x118x75 мм, як бачимо вона досить не габаритна і має масу 69 кг, що вимагає при її встановленні і транспортуванні використовувати підйомно-транспортне обладнання. Та при всій довжині деталь має уступ розміром 48x19 мм, він знаходиться біля робочої поверхні. Для кріплення деталі в корпусі преса в ній передбачено 4 отвори з різьбою М20-6g. На робочій площині є зигзагоподібна радіусна канавка, в яку для змащення робочої площини подається мастило. Подача мастила в паз здійснюється через отвір просвердлений в торці деталі.

В основному всі поверхні виконуються по 14 квалітету точності і мають шорсткість $R_a=12,5$ мкм. Найвищу точність має робоча поверхня, оскільки вона має високі вимоги до площинності 0,04 мм і шорсткість $R_a=0,8$ мкм. Дана поверхні гартується струмами високої частоти до твердості 38-45 одиниць HRCe. Також високі вимоги площинності 0,06 мм і шорсткості $R_a=1,6$ мкм ставляться до поверхні спряженої із корпусом преса.

Механічні властивості та хімічний склад сталі 45 наведені в таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Механічні властивості сталі 45 за ДСТУ 7809:2015.

σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_C , %	Ψ , %	α_u , Дж/см ²	НВ	НВ
не менше					Гарячекатаної	Відпаленої
360	610	16	40	50	241	197

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 45 за ДСТУ 7809:2015.

C, %	Si, %	Mn, %	P, %	S, %	Cr, %	Ni, %
			не більше			
0,42-0,50	0,17-0,37	0,5-0,8	0,045	0,045	0,30	0,30

Проведемо класифікацію поверхонь деталі. Для спрощення опису кожній поверхні деталі присвоюємо номер і вказуємо його на кресленні. Результат даного аналізу зводимо в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 – Конструктивні характеристики поверхонь

№ пов.	Геометрична форма, конфігурація	Призначення (функції)	Точність IT	Габаритні розміри	Шорсткість поверхні, Ra
1	2	3	4	5	6
1	Площина	Вільна	14	1100×75	12,5
2	Площина	ОКБ	14	1100×56	1,6
3	Площина	Робоча	14	1100×70	0,8
4	Площина	ОКБ	14	1100×118	6,3
5	Площина	Вільна	14	118×75	12,5
6	Площина	Вільна	14	118×75	12,5
7	Площина	Робоча	14	1100×48	12,5
8	Площина	Робоча	14	1100×19	12,5
9	Площина	Вільна	14	1,6×45	12,5
10	Площина	Вільна	14	1,6×45	12,5
11	Криволінійна	Робоча	14	R4	12,5
12	Внутрішня циліндрична	Робоча	14	Ø4×12	12,5
13	Внутрішня циліндрична	Робоча	14	Ø8,7×105	12,5
14	Різьбова внутрішня	ДКБ	14	K 1/8'	3,2
15	Різьбова внутрішня	ДКБ	6H	M16×40	3,2
16	Різьбова внутрішня	ДКБ	6H	M20×45	3,2
17	Конусна	Вільна	14	2×45	12,5
18	Конусна внутрішня	Вільна	14	2,5×45	12,5
19	Циліндрична	Вільна	14	Ø22×12	12,5
20	Внутрішня різьбова	ДКБ	6H	M10-6H×16·25	12,5

ОКБ – основна конструкторська база

ДКБ – допоміжна конструкторська база

В результаті проведеного аналізу поверхонь деталі можна зробити висновок, що найбільш точними з точки зору шорсткості і вимог поставлених щодо геометричної точності поверхонь є робоча поверхня – 3, та ОКБ поверхня – 2.

					MP.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Деталь «Напрямна КС2134.11.401А» виготовляється із спеціального прокату прямокутного січення, тому форма і розміри заготовки максимально наближені до форми і розмірів готової деталі, що значно зменшує кількість механічної обробки.

Більшість поверхонь деталі мають плоску форму і обробляються на прохід. При обробці можна застосовувати високошвидкісні режими різання, так як вимоги до точності і шорсткості до більшості поверхонь не є високими. Хоча виконання деяких поверхонь можуть виникати ускладнення, а саме, виготовлення змащувальної канавки вимагає застосування спеціального інструменту при свердлінні глибокого отвору в торці деталі потрібно періодично виводити з отвору для видалення стружки.

Незручності також виникають при закріпленні деталі, оскільки вона є негабаритною, має велику довжину 1100 мм в порівнянні з шириною і висотою 118 і 75 мм.

Високі вимоги по геометричній точності і шорсткості ставляться до робочої поверхні і поверхні, яка є спряжена з корпусом преса, при його монтуванні і є ОКБ. Виконання даних поверхонь вимагає автоматичного збільшення точності розмірів і застосування таких переходів як тонке фрезерування і шліфування.

Нескладна конфігурація деталі дозволяє її зручно транспортувати і використовувати уніфіковану тару.

При виготовленні даної деталі доцільно використовувати стандартний різальний інструмент (торцеві, дискові і кінцеві фрези, свердла, мітчики).

При виготовленні деталі в основному використовується стандартний вимірвальний інструмент (штангенциркулі, калібри скоби і пробки, різьбові калібри, індикатори), а також спеціальні пристрої.

В результаті проведеного аналізу можна зробити висновок, що деталь в цілому технологічна.

Проведемо аналіз методів обробки деталі, який оформимо у вигляді таблиці 1.4.

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.4 – Аналіз методів обробки деталі

№ пов.	Варіант методів обробки	Тип обладнання, пристрій, інструмент	Переваги і недоліки
1	2	3	4
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	Фрезерування	На вертикально-горизонтально-поздовжньо-фрезерних верстатах. Інструмент: торцеві і дискові фрези	Переваги: використання універсального обладнання і інструмента, налагодження на виконуваний розмір Недоліки: висока вартість пристрою
13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20	Свердління	На вертикально та горизонтально-свердлильних верстатах з ЧПК, спеціальний пристрій, інструмент - свердло	Переваги: використання універсального обладнання і інструмента, автоматична обробка поверхонь Недоліки: висока вартість пристрою
16, 15, 14, 20	Різьбонарізання	На вертикально та горизонтально-свердлильних верстатах з ЧПК, мітчики	Переваги: використання універсального обладнання і інструмента і пристрою Недоліки: порівняно низька продуктивність праці, відсутність механізації і автоматизації
2, 3	Шліфування	Плоска-шліфувальний, шліфувальний круг	Переваги: використання універсального обладнання і інструмента і пристрою Недоліки: порівняно низька продуктивність праці, відсутність механізації і автоматизації

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Визначення річної програми та кількості деталей в партії

Вибір форми організації виробництва

Тип виробництва – середньо-серійний.

Режим роботи підприємства – двозмінний.

Таблиця 1.5 – Дані існуючого техпроцесу на базовому підприємстві

Назва операції	$T_{ум}$, год.	Назва операції	$T_{ум}$, год.
010 Вертикально-фрезерна	0,55	045 Вертикальна консольно-фрезерна з ЧПК	1,25
015 Вертикально-фрезерна	0,4		
020 Вертикально-фрезерна	0,6	050 Радіально-свердлильна	0,65
025 Вертикально-фрезерна	0,5	055 Радіально-свердлильна	0,34
030 Вертикально-фрезерна	0,75	065 Плоско-шліфувальна	0,67
035 Вертикально-фрезерна	0,2	070 Плоско-шліфувальна	0,45
040 Вертикально-фрезерна	0,75		

$$\sum T_{умl} = 7,11 \text{ год.}$$

Число металорізальних операцій $n = 12$.

Сумарний штучний час:

$$\sum T_{ум} = \sum T_{умl} \cdot 60 = 7,11 \cdot 60 = 426,6 \text{ хв.} \quad (1.1)$$

Середній штучний час:

$$T_{ум.сер} = \frac{\sum T_{ум}}{n} = \frac{426,6}{12} = 35,55 \text{ хв.} \quad (1.2)$$

$$\text{Такт випуску деталей: } t_{\epsilon} = k_{з} \cdot T_{ум.сер}, [1], \text{ ст.22} \quad (1.3)$$

де $k_{з}$ – коефіцієнт закріплення операцій.

Річна програма випуску деталей:

$$N = \frac{F_{\delta} \cdot 60}{k_c \cdot T_{ум.сер}} = \frac{3915 \cdot 60}{(10 \cdot 20) \cdot 35,55} = 84 \dots 168 \text{ шт.}, \quad (1.4)$$

де F_{δ} – дійсний річний фонд робочого часу устаткування; $F_{\delta} = 3915$ год., [1], ст.22.

Приймаємо розмір партії:

$$n_{\delta} = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{150 \cdot 8}{254} \approx 5 \text{ шт.}, \quad (1.5)$$

де a – періодичність запуску виробів, $a = 8$ днів, [1], с. 23;

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

F – число робочих днів у році $F = 253$ днів, [1], с. 22;

Розрахункове число змін на обробку партії деталей:

$$C = \frac{T_{ум.сер} \cdot n_o}{480 \cdot 0,8} = \frac{35,55 \cdot 10}{480 \cdot 0,8} = 0,92 \text{ змін,} \quad (1.6)$$

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

0,8 – нормативний коефіцієнт завантаження верстатів у серійному виробництві, [1], с. 23.

Прийнята кількість змін $C_{np} = 2$ зміни.

Прийнята кількість деталей в партії:

$$P_{np} = \frac{C_{np} \cdot 480 \cdot 0,8}{T_{ум.сер}} = \frac{2 \cdot 480 \cdot 0,8}{35,55} \approx 21,6 \text{ шт.} \quad (1.7)$$

Отже, розмір річної партії випуску $N = 150$ шт., партії запуску $n = 22$ шт.

1.4 Аналіз базового технологічного процесу і розробка маршрутної технології

1.4.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

Матеріал деталі сталь 45 ДСТУ 7809:2015. Деталь «Напрямна КС2134.11.401А» має просту геометричну форму і являє собою брус. Для порівняння беремо два можливі варіанти заготовки: - штамповка; - прокат.

Розглянемо перший спосіб отримання заготовки. Штамповка отримується шляхом штампування на ГKM. Даний метод забезпечує заготовці найбільш наближену форму до форми готової деталі, що значно зменшує кількість переходів на механічну обробку. Однак враховуючи те, що деталь має велику довжину в порівнянні з шириною і висотою, відношення довжини 1100 мм до висоти 75 мм рівне 14,6. при такому співвідношенні можливе викривлення деталі після штампування, тому заготовка буде потребувати багаторазової правки. Також це призведе до збільшення припусків на механічну обробку.

Інший метод отримання заготовки - різка прокату прямокутного січення на штучні заготовки. Дана заготовка має більшу точність і не потребує правки,

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проектна також має форму наближену до форми готової деталі. Завдяки цьому припуски на механічну обробку деталі будуть незначними.

Враховуючи переваги і недоліки обох методів отримання заготовки приймаємо заготовку з прокату.

Оскільки прокату січенням 75×120 згідно ГОСТ 103-76 немає, то заготовку доцільно отримати з товстостілого прокату ДСТУ 8803:2018.

1.4.2 Опис і аналіз базового технологічного процесу

Опис базового технологічного процесу приводимо у вигляді таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Базовий технологічний процес механічної обробки деталі «Напрямна КС2134.11.401А»

№ п/п	Назва і зміст операцій та переходів	Тип і модель верстата	Пристрої	Схема базування
1	2	3	4	5
005	Заготівельна			
010	Вертикально-фрезерна Фрезерувати дві площини в розмір 118	Вертикально-фрезерний верстат моделі 6А56	Лещата механічні універсальні	Рис.1.1
015	Вертикально-фрезерна Фрезерувати дві площини в розмір 76	Вертикально-фрезерний верстат моделі 6А56	Лещата механічні універсальні	Рис.1.2
020	Вертикально-фрезерна Фрезерувати два торці в розмір 1100	Вертикально-фрезерний верстат моделі 6А56	Лещата механічні універсальні	Рис.1.3
025	Вертикально-фрезерна Фрезерувати скас 15°	Вертикально-фрезерний верстат моделі 6А56	Лещата механічні універсальні	Рис.1.4
030	Вертикально-фрезерна Фрезерувати уступ 19х48	Вертикально-фрезерний верстат моделі 6А56	Лещата механічні універсальні	Рис.1.5

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5
035	Вертикально-фрезерна Фрезерувати дві фаски 1,6×45°	Вертикально- фрезерний верстат моделі 6A56	Лещата механічні універсальні	Рис.1.6
040	Вертикально-фрезерна Фрезерувати змащувальну канавку	Вертикально- фрезерний верстат моделі 6A56	Лещата механічні універсальні	Рис.1.7
045	Вертикальна консольно- фрезерна з ЧПК Свердлити 4 отв. М16-6Н Свердлити 4 отв. М20-6Н	Вертикальний консольно-фрезерний з ЧПК моделі ГФ 2171С5	Лещата механічні універсальні	Рис.1.8
050	Радіально-свердлильна Свердлити отвір Ø8,7 і нарізати різьбу К1/8' Свердлити отвір М16-6Н	Радіально- свердлильний верстат моделі 2A55	Лещата механічні універсальні	Рис.1.9
055	Радіально-свердлильна Свердлити отвір Ø4	Радіально- свердлильний верстат моделі 2A55	Лещата механічні універсальні	Рис.1.10
060	Термічна	-	-	-
065	Плоско-шліфувальна Шліфувати площину в розмір 118 мм.	Плоско- шліфувальний верстат моделі 3Б724	-	Рис.1.11
070	Плоско-шліфувальна Шліфувати площину в розмір 75	Плоско- шліфувальний верстат моделі 3Б724	-	Рис.1.12
075	Слюсарна	-	-	-
080	Контрольна	-	-	-

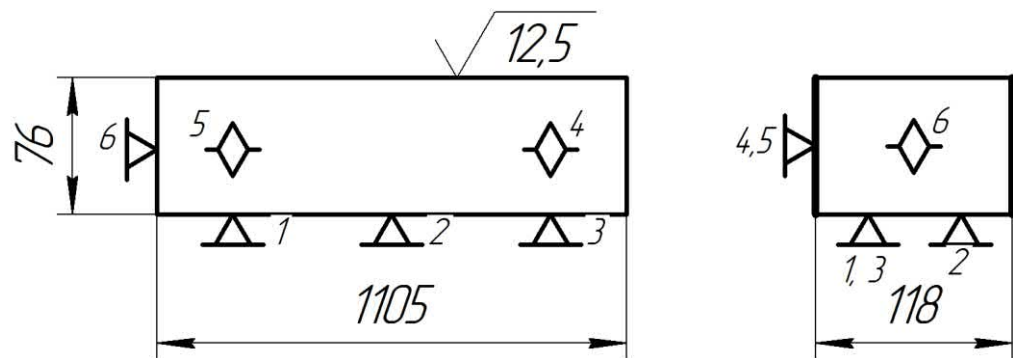


Рисунок 1.1 – Ескіз обробки і схема базування на операцію 010

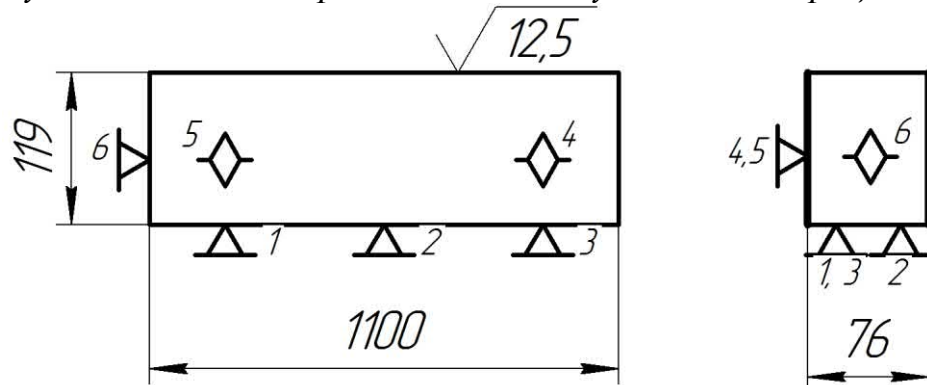


Рисунок 1.2 – Ескіз обробки і схема базування на операцію 015

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

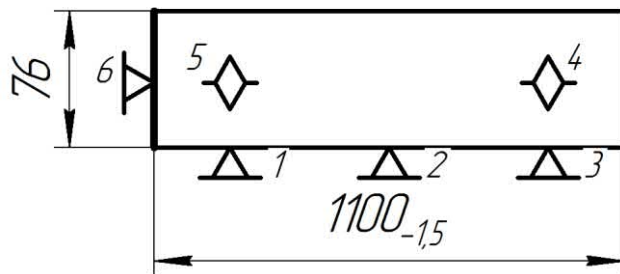


Рисунок 1.3 – Ескіз обробки і схема базування на операцію 020

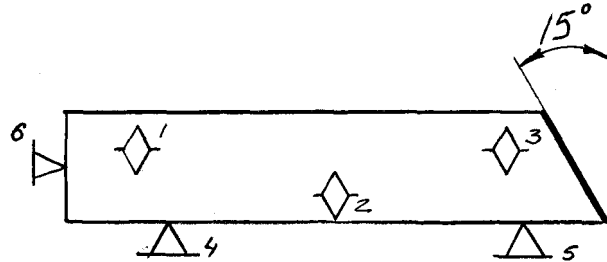


Рисунок 1.4 – Ескіз обробки і схема базування на операцію 025

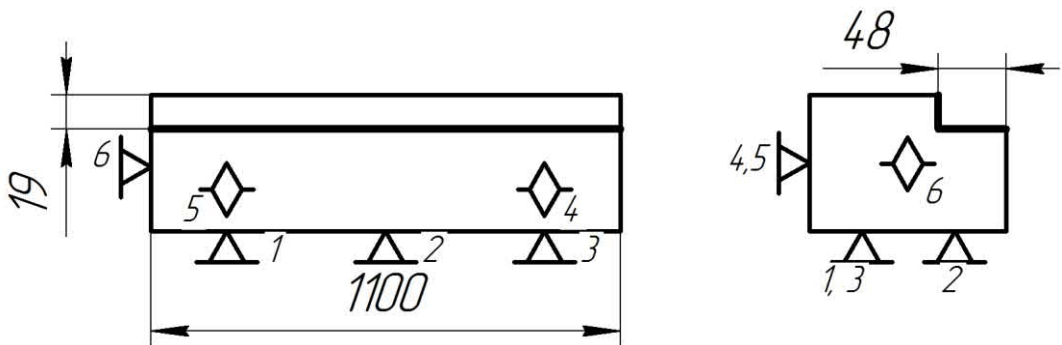


Рисунок 1.5 – Ескіз обробки і схема базування на операцію 030

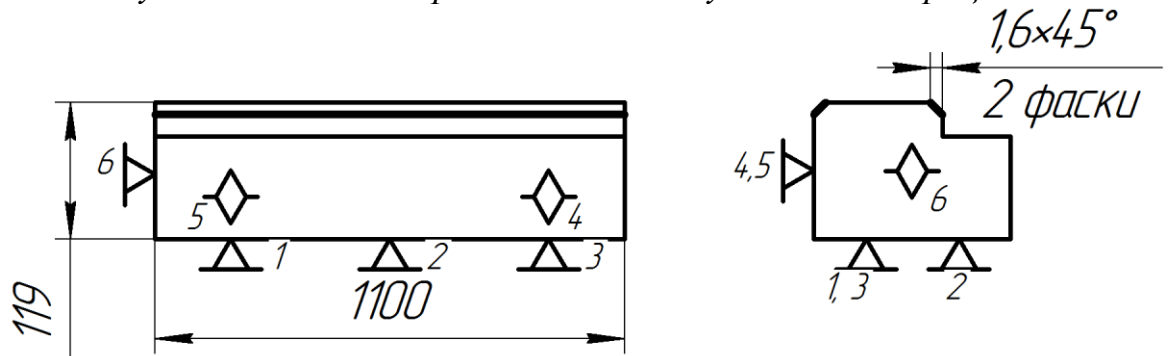


Рисунок 1.6 – Ескіз обробки і схема базування на операцію 035

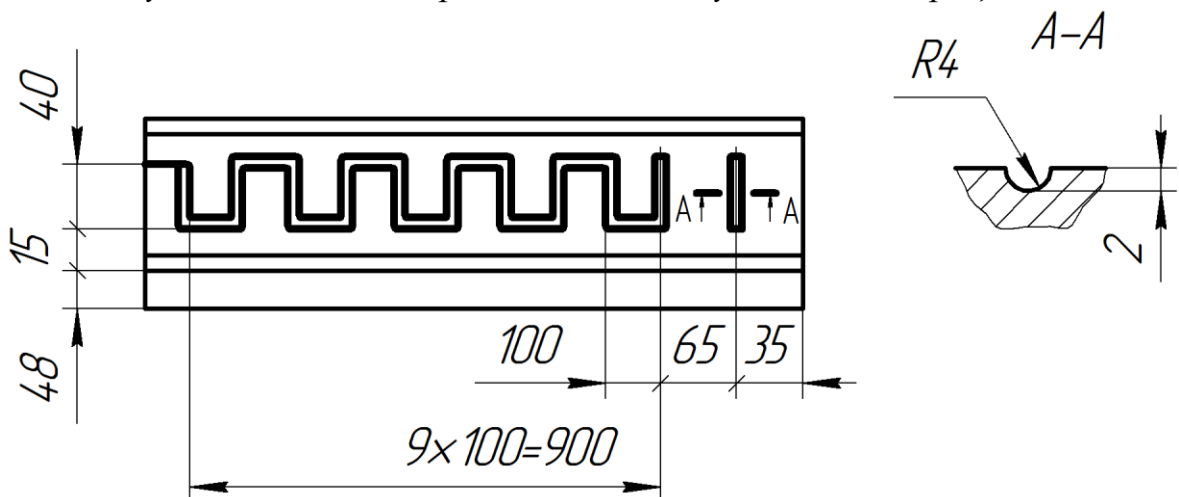


Рисунок 1.7 – Ескіз обробки і схема базування на операцію 040

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

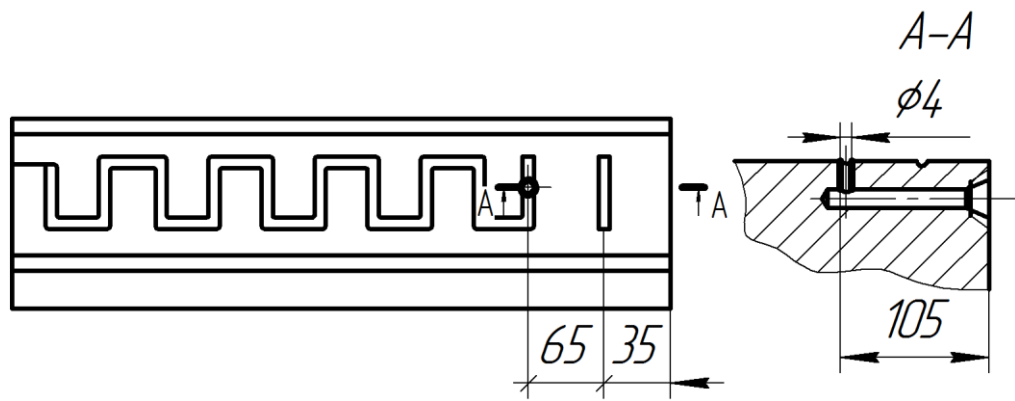


Рисунок 1.10 – Ескіз обробки і схема базування на операцію 055

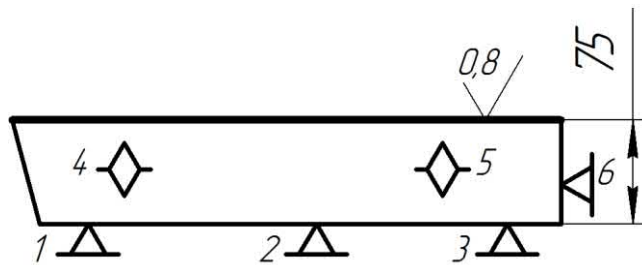


Рисунок 1.11 – Ескіз обробки і схема базування на операцію 065

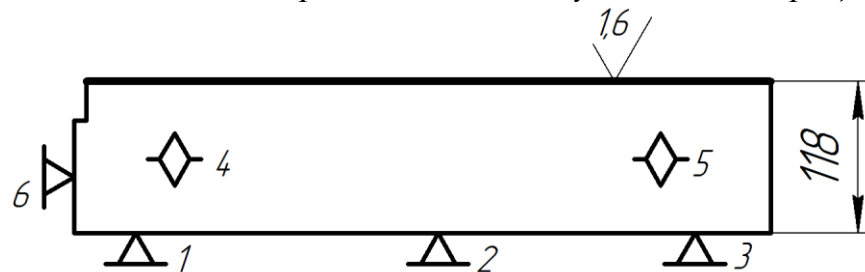


Рисунок 1.12 – Ескіз обробки і схема базування на операцію 070

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4.3 Аналіз базового технологічного процесу з точки зору обладнання, інструменту, приспособлень

Операція 010. Вертикально-фрезерна, верстат мод. 6A56. Даний верстат є універсальним, який можна використовувати в заданому типі виробництва. Він є порівняно простим і недорогим. На цій операції фрезерується 2 площини в розмір 118. При цій обробці використовуються лещата механічні універсальні. Доцільніше було б використати верстат поздовжньо-фрезерний моделі 6608 і пристрій спеціальний.

Операція 015. Вертикально-фрезерна, верстат мод.6A56. Даний верстат є універсальним, який можна використовувати в заданому типі виробництва. Пристрій – лещата механічні універсальні. На заданій операції фрезерується 2 площини в розмір 76. Доцільніше було б використати пристрій спеціальний.

Операція 020. Вертикально-фрезерна, верстат мод.6A56. Даний верстат є універсальним, який можна використовувати в заданому типі виробництва. Пристрій – лещата механічні універсальні. На заданій операції фрезерується 2 торці в розмір 1100. Доцільніше було б використати верстат 6608 і пристрій спеціальний.

Операція 025. Вертикально-фрезерна, верстат мод.6A56. Даний верстат є універсальним, який можна використовувати в заданому типі виробництва. На даній операції фрезерується скас 15° і використовуються лещата механічні універсальні. Доцільніше було б використати верстат 6608 і пристрій спеціальний.

Операція 030. Вертикально-фрезерна, верстат мод.6A56. Даний верстат є універсальним, який можна використовувати в заданому типі виробництва. На даній операції фрезерують уступ 19×48 і використовують лещата механічні універсальні. Доцільніше було б використати верстат 6M610Ф103 і пристрій спеціальний.

Операція 035. Вертикально-фрезерна, верстат мод. 6A56. Даний верстат є універсальним, який можна використовувати в заданому типі виробництва. На цій операції фрезерується 2 фаски $1,6 \times 45^\circ$, використовують лещата механічні

					MP.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

універсальні. Доцільніше було б використати верстат з ЧПК 6М610Ф103 і пристрій спеціальний.

Операція 040. Вертикально-фрезерна, верстат мод.6А56. Даний верстат є універсальним, який можна використовувати в заданому типі виробництва. На цій операції фрезерують змащувальну канавку. Пристрій – лещата механічні універсальні. Доцільним було б використати верстат з ЧПК 6М610Ф103 і пристрій спеціальний.

Операція 045. Горизонтально-фрезерна. Верстат ГФ 2171С5. Пристрій – лещата механічні універсальні. На цій операції свердлять 4 отв. М16-6Н і М20-6Н теж 4 отв. Доцільним було б використання верстата СМ213 – вертикально-свердлильного з ЧПК.

Операція 050. Радіально-свердлильний, верстат мод. 2А55. Даний верстат є універсальним, який можна використовувати в середньосерійному типі виробництва. На даній операції свердлять отвір Ø8,7 і нарізають різьбу К1/8', свердлять отвір М16-6Н. Пристрій – лещата механічні універсальні. Доцільним було б використання верстату 2А622МФ2 і стандартні кріпильні елементи.

Операція 055. Радіально-свердлильний, верстат мод.2А55. Пристрій – лещата механічні універсальні. На даній операції свердлять отвір Ø4 мм. Доцільним було б використання верстата мод. 6М610Ф1 і пристрій спеціальний.

Операція 065. Плоскошліфувальна, верстат мод.3Б722. Даний верстат є універсальним, який можна використовувати в заданому типі виробництва. На даній операції шліфують площину в розмір 118. шліфувальний круг ПП24А16ПСМ27К1А.

Операція 070. Плоскошліфувальна, верстат мод.3Б722. Даний верстат є універсальним, який можна використовувати в заданому типі виробництва. На даній операції шліфують площину в розмір 75. для шліфування використовують шліфувальний круг ПП24А16ПСМ27К1А.

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.7

1	2	3	4	5
040	Поздовжньо-фрезерна Фрезерувати скос	Поздовжньо-фрезерний верстат моделі 6608	Спеціальний Фреза торцева $D = 160$ мм $Z = 10$ 2214-0157 ГОСТ 24359-90	Рис. 1.19
045	Термічна			
050	Плоско-шліфувальна	Плоско-шліфувальний верстат моделі 3Б724	Шліфувальний круг ПП24А16ПСМ27К1А	Рис. 1.20
055	Поздовжньо-фрезерна	Поздовжньо-фрезерний верстат моделі 6608	Спеціальний Фреза торцева $D = 160$ мм $Z = 10$ 2214-0157 ГОСТ 24359-90	Рис. 1.21
060	Слюсарна	-	-	-
065	Контрольна	-	-	-

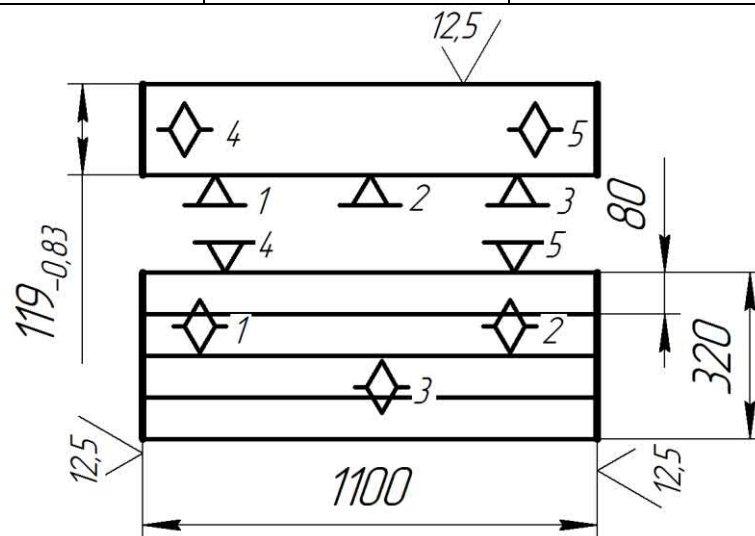


Рисунок 1.13 – Ескіз обробки і схема базування на операцію 010

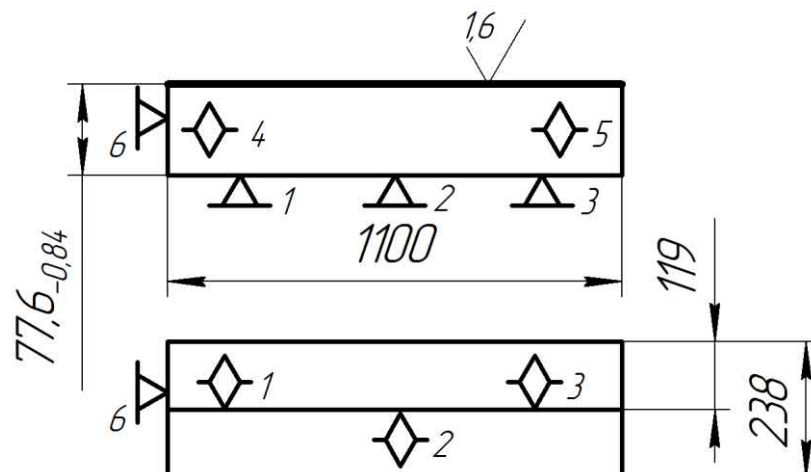


Рисунок 1.14 – Ескіз обробки і схема базування на операцію 015

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

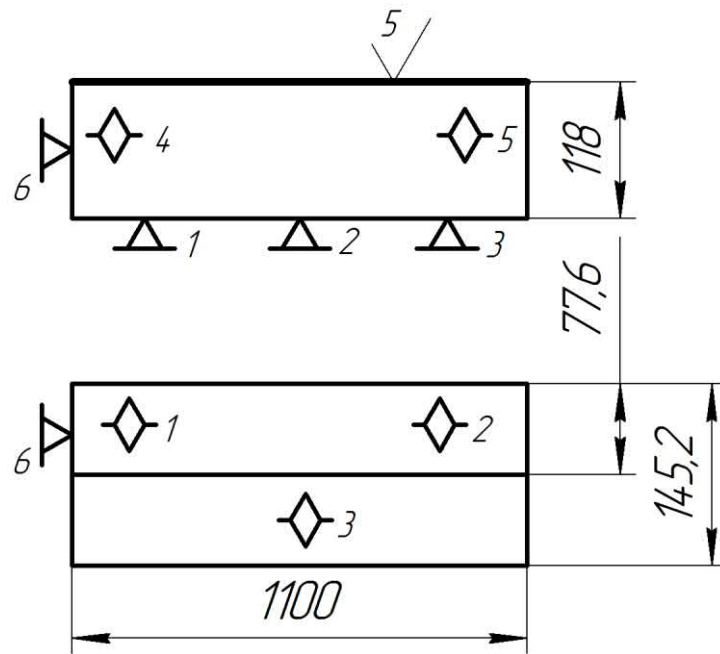


Рисунок 1.15 – Ескіз обробки і схема базування на операцію 020

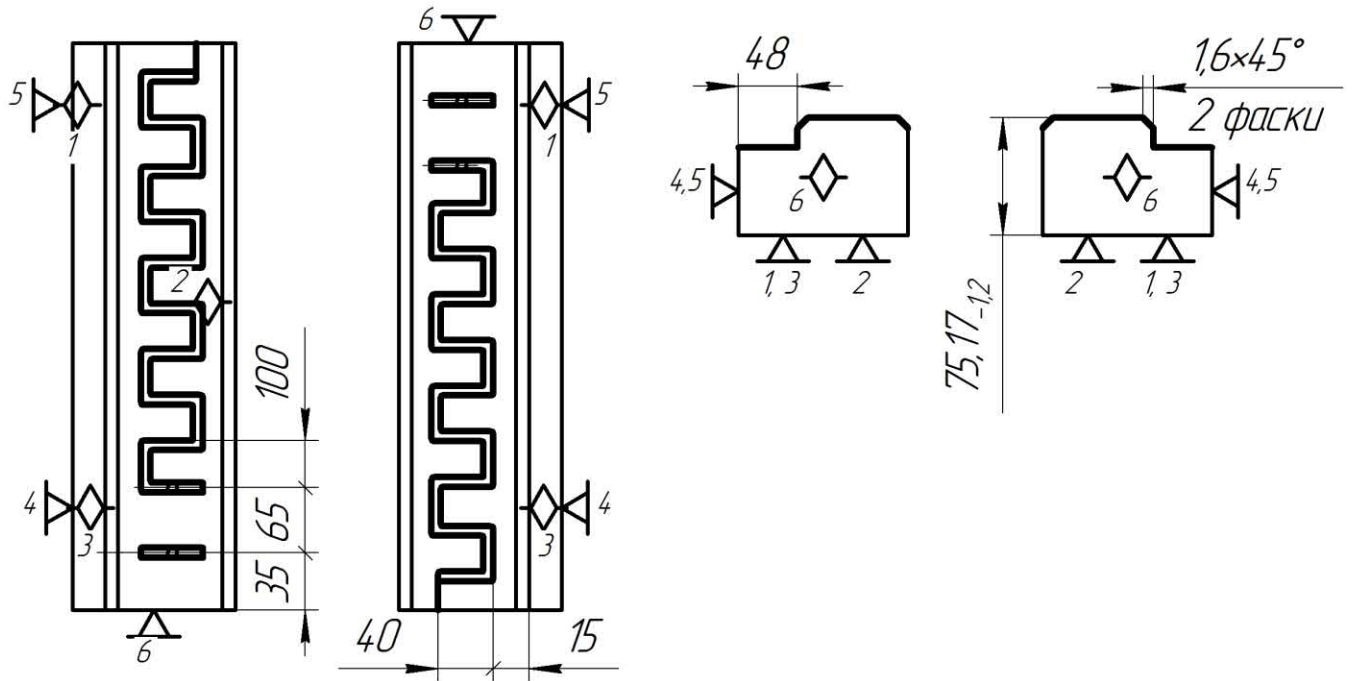


Рисунок 1.16 – Ескіз обробки і схема базування на операцію 025

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

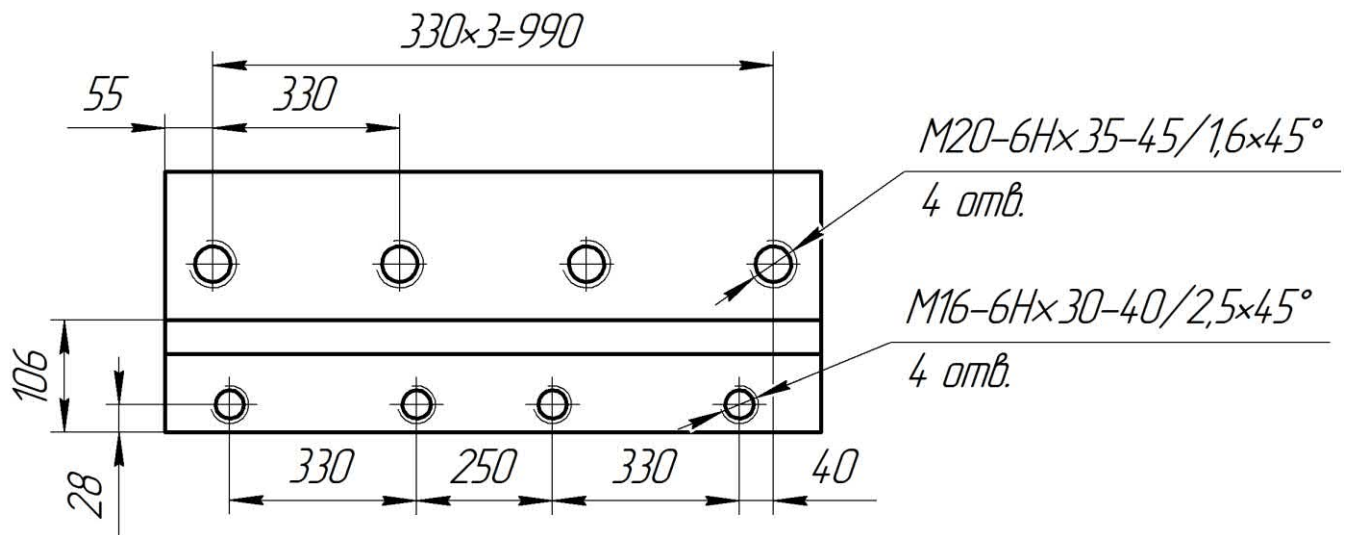


Рисунок 1.17 – Ескіз обробки і схема базування на операцію 030

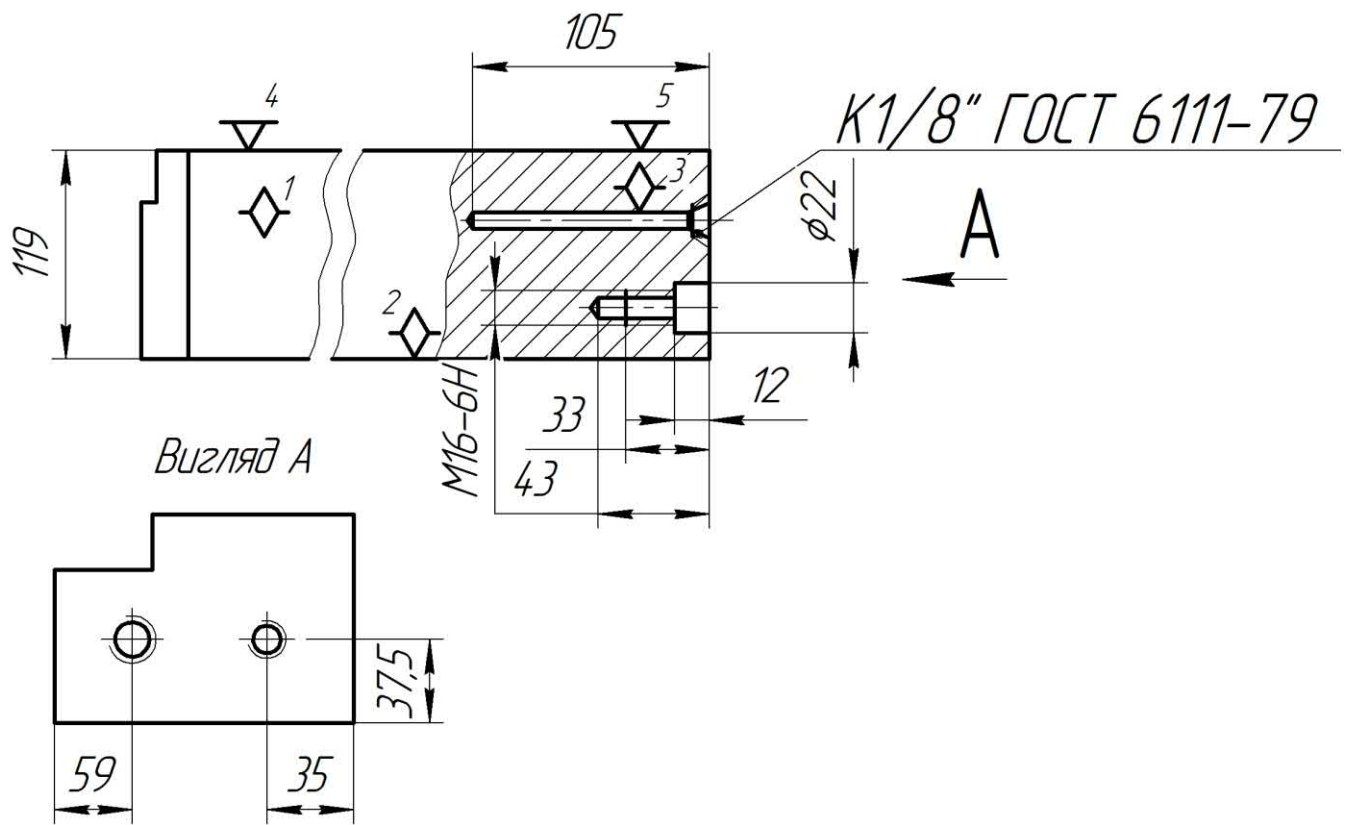


Рисунок 1.18 – Ескіз обробки і схема базування на операцію 035

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5 Розробка операційної технології

1.5.1 Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення технологічних розмірів

Розмір відмежовується двома площинами. При розрахунку припусків використовуємо формулу:

$$Z_{i\min} = R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{i-1}, [1], \text{ с. 62, табл.4.2} \quad (1.17)$$

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

$R_{z_{i-1}}$ – висота мікронерівностей поверхні, які залишилися при виконанні попереднього переходу, мкм;

T_{i-1} – глибина дефектного поверхневого шару, який залишається при виконанні попереднього переходу, мкм;

ρ_{i-1} – сумарні відхилення розташування, які виникли при попередньому технологічному переході, мкм;

ε_{i-1} – величина похибок установки заготовки при виконуваному технологічному переході, мкм.

Призначаємо маршрут обробки поверхні з розміром 75. згідно креслення деталі даний розмір слід виконувати по 14 квалітету точності. Однак для забезпечення шорсткості поверхні $Ra=0,8$ мкм і виконання площинності в межах допуску 0,04 мм необхідно використовувати операцію шліфування, яка є неможливою в даному випадку, оскільки допуск на розмір значно перевищує припуск і неможливо буде налагодити верстат на автоматичне отримання розміру при обробці групи деталей, тому штучно підвищуємо точність виконання даного розміру.

Маршрут обробки поверхні з розміром 75_{-0,046}:

- а) заготовка прокат спеціальний (h14);
- б) чорнове фрезерування поверхні (h12);
- в) чистове фрезерування поверхні (h10);
- г) шліфування поверхні (h8).

					MP.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проводимо розрахунок припусків:

а) заготовка $R_z = 200$ мкм; $T = 300$ мкм [1], табл. 4.7, с. 66.

Сумарне значення просторового відхилення визначаємо за формулою:

$$\rho = \rho_{кор}; \rho_{кор} = \Delta_k \cdot L, [1], \text{ табл. 4.7, с. 66.} \quad (1.18)$$

де $\rho_{кор}$ – величина короблення заготовки, мкм;

Δ_k – питома значення короблення заготовки, мкм/мм $\Delta_k = 0,6$ мкм;

L – довжина заготовки, мм $L = 1100$ мм;

$$\rho = 0,6 \cdot 1100 = 660 \text{ мкм.}$$

б) чорнове фрезерування $R_z = 100$ мкм; $T = 100$ мкм [1], табл. 4.5, с. 64.

Просторове відхилення обробленої поверхні визначаємо за формулою:

$$\rho = K_y \cdot \rho_{i-1}, [1], \text{ с.73} \quad (1.19)$$

де K_y – коефіцієнт уточнення форми, $K_y = 0,06$, [1], с.73;

ρ_{i-1} – просторове відхилення на попередньому переході;

$$\rho = 0,06 \cdot 660 = 39,6 \text{ мкм.}$$

Величина похибки обробки визначається по формулі:

$$\varepsilon_y = \varepsilon_\delta + \varepsilon_\varepsilon, [1], \text{ с.82} \quad (1.20)$$

де ε_δ – похибка базування, мкм;

ε_ε – похибка закріплення, мкм;

$$\varepsilon_\delta = 0; \varepsilon_\varepsilon = 110 \text{ мкм, [1], с.64, табл.4.13.}$$

в) чистове фрезерування поверхні $R_z = 50$ мкм; $T = 50$ мкм [1], табл. 4.5, с. 64.

$$\rho = 0,06 \cdot 39,6 = 2,37 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_y = \varepsilon_\varepsilon = 70 \text{ мкм [1], с.82, табл.4.13.}$$

г) шліфування поверхні $R_z = 10$ мкм; $T = 20$ мкм [1], табл. 4.5, с. 64.

$$\rho = 0,06 \cdot 2,37 = 0,14 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_y = \varepsilon_\varepsilon = 0 \text{ мкм [1], с.82, табл.4.13.}$$

Розрахунок припусків і граничних розмірів зводимо в таблицю 1.9.

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.9 – Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічних переходах на обробку поверхні з розміром $75_{-0,046}$

Технологічні переходи	Точність оброблюваної поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск Z_{\min} , мкм	Розрахунковий розмір, M_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір		Граничний припуск	
		R_z	T	ρ	ε				$H_{i\max}$	$H_{i\min}$	$Z_{i\max}$	$Z_{i\min}$
Заготовка	14	200	300	660	-	-	76,625	740	77,366	76,626	-	-
Фрезерування чорнове	12	100	100	39,6	110	1270	75,365	310	75,666	75,356	1700	1270
Фрезерування чистове	10	50	50	2,37	70	300	75,056	120	75,17	75,05	490	300
Шліфування	8	10	20	0,14	0	102	74,054	46	75	74,954	176	102

На основі даних таблиці будемо схему розташування граничних розмірів, допусків і припусків (рис.1.22).

					МП.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

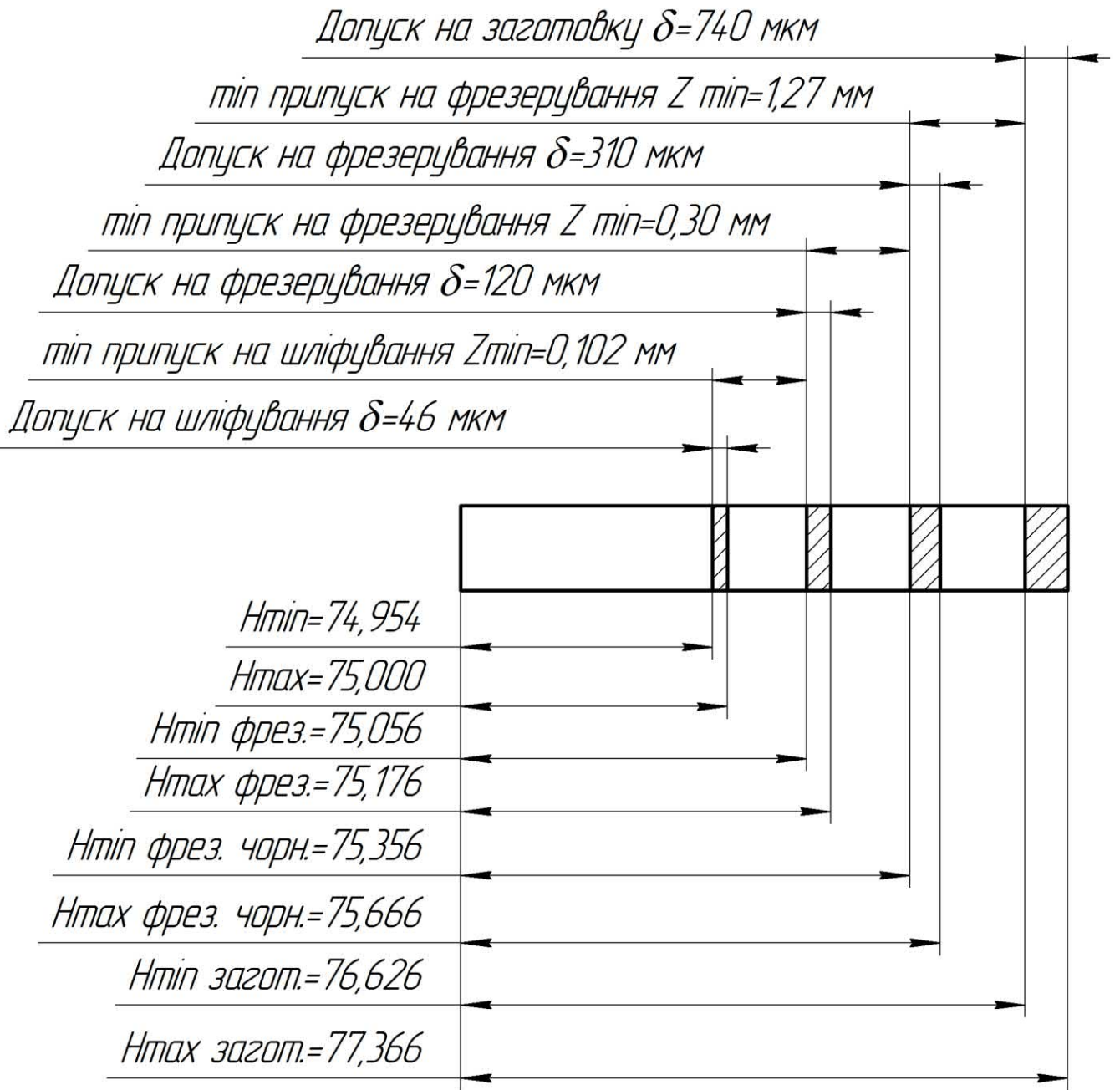


Рисунок 1.22 – Схема розташування припусків і допусків на механічну обробку поверхні розміром 75h8

Припуски на обробку інших поверхонь зведемо в таблицю 1.10.

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.10 – Розрахунок припусків

Поверхні послідовність обробки	i	Квалітет точності	Припуск, мм		Допуск, мм	Розмір, мм		Операційний розмір, мм
			min	max		h_{\min}	h_{\max}	
Заготовка		16	-	-	4	1106	1110	1108±2
Підрізання торців	двох	14	6	10	1,55	1098,45	1100	1100 _{-1,55}
Заготовка 118		16	-	-	2,2	121,413	122,613	122,513±1,1
Фрезер. стр.1		14	2,4	2,37	0,87	119,0,13	119,883	119,883 _{-0,87}
Фрезер. стр.2		12	0,55	1,07	0,35	118,463	118,813	118,813 _{-0,35}
Фрезер. чистове		10	0,35	0,56	0,14	118,113	118,253	118,253 _{-0,14}
Фрезер. тонке		9	0,2	0,253	0,087	117,913	118	118 _{-0,0387}
Заготовка 75		16	-	-	1,9	78,865	80,765	80 ^{+0,765} _{-1,35}
Фрезер. чорнове		14	2,5	3,14	0,74	76,365	77,625	77,625 _{-0,74}

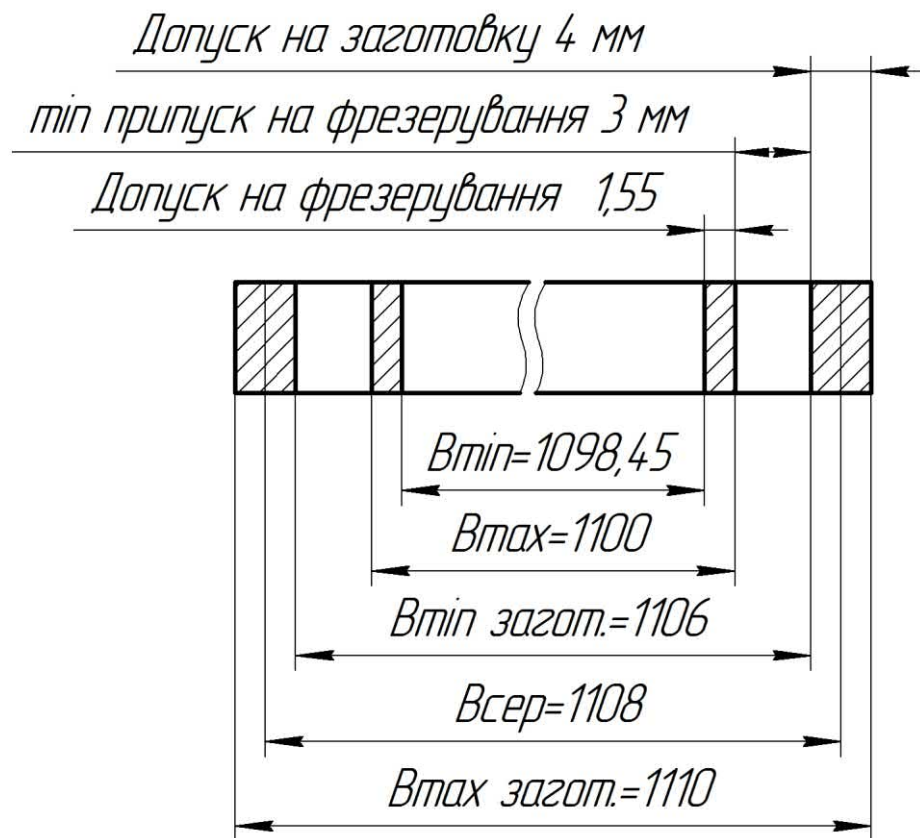


Рисунок 1.23 – Схема розташування припусків і допусків на механічну обробку поверхні розміром 1100 h14

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5.2 Розрахунок режимів різання

1.5.2.1 Розрахунок режимів різання на фрезерування поверхні розміром 1100 мм

Фрезерування поверхні є одноразовим і проводиться торцевою фрезою з механічним кріпленням твердосплавних пластинок. Діаметр фрези $D=160$ мм, число зубів $Z=10$, 2214-0157 ГОСТ 24359-80. Матеріал різальної частини – твердий сплав Т5К10.

Геометричні параметри зубів фрези: $\varphi = 60^\circ$, $\alpha = 12^\circ$, $\gamma = -5^\circ$, $\varphi_0 = 20^\circ$, $\varphi_1 = 5^\circ$.

а) Встановимо глибину різання t , мм. Припуск на механічну обробку знімається за один робочий хід, отже $t = 5$ мм.

б) Призначаємо подачу на зуб фрези [3], с.438, табл.32.

Для сталі твердого сплаву Т5К10, потужність верстата 6608 $N_B=13$ кВт, $S_z = 0,12 - 0,18$ мм/зуб. Згідно рекомендацій для ширини фрезерування $B > 30$ мм подачу зменшують на 30%, тоді $S_z = 0,12 \cdot 0,7 = 0,084$ мм/зуб.

в) Призначаємо період стійкості фрези [3], с.44, табл.38, для твердосплавної фрези діаметром $D = 160$ мм рекомендується період стійкості $T = 180$ хв.

г) Визначаємо швидкість різання допустиму різними властивостями фрези:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot B^u \cdot S_z^y \cdot Z^p} \cdot K_v, \text{ м/хв. [3], с. 444} \quad (1.21)$$

де $C_v = 332$ – коефіцієнт;

$q_v = 0,2$; $x_v = 0,1$; $y_v = 0,4$; $u_v = 0,2$; $\rho_v = 0$; $m = 0,2$ м – показники степеня [3], с.441, табл. 37;

$B = 132,5$ мм – ширина фрезерування;

K_v – коефіцієнт, враховуючий якість оброблюваної деталі:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, [3], \text{ с.444} \quad (1.22)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, який враховує якості оброблюваного матеріалу:

$$K_{mv} = \frac{750}{\sigma_v} = \frac{750}{700} = 1,07, [3], \text{ с. 424, табл.9} \quad (1.23)$$

					МП.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\sigma_v = 700 \text{ мм/мм}^2$ – границя міцності сталі 45;

$K_{nv} = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки [3], с.426, табл.14;

$K_{uv} = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує інструментальний матеріал [3], с.426, табл.15;

$$K_v = 1,07 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,963$$

$$V = \frac{332 \cdot 160^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 5^{0,1} \cdot 0,084^{0,4} \cdot 123,5^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 0,963 = 63,89 \text{ м/хв.}$$

д) Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 63,89}{\pi \cdot 160} = 127 \text{ хв}^{-1} \quad (1.24)$$

Коректуємо по паспортних даних верстата $n_\phi = 120 \text{ хв}^{-1}$.

е) Визначаємо дійсну швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_\phi}{1000} = \frac{\pi \cdot 160 \cdot 120}{1000} = 60,31 \text{ м/хв.}$$

є) визначаємо величину хвилинної подачі:

$$S_v = S_z \cdot z \cdot n_\phi = 0,084 \cdot 10 \cdot 120 = 10 \text{ м/хв.}$$

ж) визначаємо силу різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^{xp} \cdot S_z^{ep} \cdot B^{up} \cdot Z}{D^{qp} \cdot n^{\omega_p}} \cdot K_p, [3], \text{ с.444} \quad (1.25)$$

де $C_p = 825$ – коефіцієнт;

$q_p = 1,3$; $x_p = 1,0$; $y_p = 0,75$; $u_p = 1,1$; $\omega_p = 0,2$; m – показники степеня [3], с.430, табл.21;

K_{mp} – поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^{n_p}, [3], \text{ с.430, табл.22} \quad (1.26)$$

де $n_p = 0,3$ – показник степеня [3], с.430, табл.22;

$$K_{mp} = \left(\frac{700}{750} \right)^{0,3} = 0,98;$$

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 5^1 \cdot 0,084^{0,75} \cdot 123,5^{1,1} \cdot 10}{160^{1,3} \cdot 120^{0,2}} \cdot 0,98 = 6599 \text{ Н.}$$

з) визначаємо ефективну потужність різання N_e кВт:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{6599 \cdot 60,31}{1020 \cdot 60} = 6,5 \text{ кВт,} \quad (1.27)$$

к) визначаємо основний час обробки:

$$T_o = \frac{L_{px} \cdot i}{S_{xв} \cdot n}, \quad [3], \text{ с. 426,} \quad (1.28)$$

де $L_{px} = l + \Delta + y$ – довжина робочого ходу, мм:

$$L_{px} = l + \Delta + y,$$

де $l = 81,7 \cdot 4 = 326,8$ мм;

y – врізання фрези $y = 0,3 \cdot D = 0,3 \cdot 160 = 48$ мм;

i – кількість ходів

$$T_o = \frac{326,8 + 3 + 48}{120 \cdot 0,84} = 3,75 \text{ хв.}$$

1.5.2.1 Розрахунок режимів різання на шліфування

поверхні в розмір 75_{-0,046}

а) Призначаємо характеристику шліфувального круга для шліфування сталі 45, з твердістю HRCe шорсткість Ra=0,8 мкм, приймаємо шліфувальний круг ПП24А16ПСМ27К1А35 м/с. У верстата моделі ЗБ722 діаметр круга $D_k = 450$ мм, ширина круга $B_k = 63$ мм.

б) швидкість шліфувального круга:

$V_k = 30 - 35$ м/с [3], с.465, табл.69;

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60}. \quad (1.30)$$

У верстата моделі ЗБ722 $D_k = 450$ мм, $n_k = 1450$ об/хв.

$$V_k = \frac{\pi \cdot 450 \cdot 1450}{1000 \cdot 60} = 34,3 \text{ м/с.}$$

Таким чином забезпечується обробка в заданому діапазоні швидкостей круга.

					МП.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в) Швидкість руху деталі (швидкість повздовжнього переміщення) $V_d = 15 - 20$ м/хв. [3], с.465, табл.69. Приймаємо $V_d = 20$ м/хв., дана швидкість може бути встановлена на верстаті моделі 3Б722, який має безступінчасте регулювання швидкості повздовжнього переміщення стола в межах 2-40 м/хв.

г) глибина шліфування (вертикальна подача круга) $t = 0,005 - 0,015$ мм [3], с.465, табл.69. Приймаємо $t = 0,01$ мм, дана величина є на використовуваному верстаті.

в) Визначаємо поперечну подачу:

$$S = S_d \cdot B_k, \quad (1.31)$$

де S_d – подача в долях ширини круга;

$$S_d = 0,2 - 0,3 \text{ [3], с.302, табл.55. Приймаємо } S_d = 0,3 \cdot 50 = 15 \text{ мм/хід.}$$

Дане значення подачі може бути встановлено на верстаті моделі 3Б722, оскільки він має безступінчасте регулювання поперечної подачі в межах 0,5÷30 мм/хід.

є) Визначаємо потужність, що витрачається на різання:

$$N = C_M \cdot V_d^r \cdot t^x \cdot S^y \cdot d, \text{ [3], с. 469} \quad (1.32)$$

де $C_M = 0,7$ – коефіцієнт [3], с.468, табл. 70;

$r = 0,7$; $x = 0,5$; $y = 0,5$ – показники степеня;

$V_d = 20$ м/хв. – швидкість руху деталі;

$T = 0,01$ мм – глибина різання;

S – поперечна подача на хід стола, $S = 15$ мм/хід;

$$N = 0,7 \cdot 20^{0,7} \cdot 0,01^{0,5} \cdot 15^{0,5} = 2,27 \text{ кВт.}$$

Потужність верстата $N = N_d \cdot \eta = 10 \cdot 0,85 = 8,5$ кВт.

е) Визначаємо основний час обробки:

$$T_H = \frac{H \cdot L \cdot k}{1000 \cdot V_d \cdot S \cdot t} \cdot k, \text{ [3], с.460} \quad (1.33)$$

де H – переміщення круга внаслідок поперечної подачі;

B – ширина круга, $B = 63$ мм;

$$H = 140 + 63 + 5 = 208$$

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

L – довжина повздовжнього ходу стола, мм;

$$L = l_1 + (10 - 20) \text{ мм} \quad (1.34)$$

l_1 – довжина шліфованої поверхні $l_1 = 1100$ мм;

$$L = 1100 + 15 = 1115 \text{ мм};$$

V_d – швидкість руху деталі, $V_d = 20$ м/хв.;

t – глибина шліфування, $t = 0,01$ мм;

$h = 0,14$ – припуск на шліфування;

k – коефіцієнт точності, який враховує час на «виходжування», $k = 1,21$

$$T_H = \frac{208 \cdot 1115 \cdot 0,14}{1000 \cdot 20 \cdot 15 \cdot 0,01} = 10,82.$$

Таблиця 1.11 – Режими різання для обробки деталі «Напрямна КС2134.11.401А»

Назва операції і зміст переходу	i	Подача			n , хв. ⁻¹	t , мм	V , м/хв.	N , кВт	T_o , хв.
		S_o , мм/об.	S_z , мм/зу б	$S_{xв}$, мм/хв .					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
010 Поздовжньо-фрезерна									
1. Фрезер.горці	1	0,84	0,084	100	120	5	60,31	6,5	3,75
2. Фрезер.площ. $D = 160$ мм, $Z = 10$	1	1	0,1	500	500	2,73	251,3	8,6	4,95
015 Вертикально-фрезерна									
Фрезер.площ. $D = 160$ мм, $Z = 10$	1	1	0,1	500	500	3	251,3	9,8	4,85
020 Вертикально-фрезерна									
Фрезер.площ. $D = 160$ мм, $Z = 10$	1	2	0,2	800	400	1	201	3,3	1,58
	1	0,8	0,08	560	700	0,56	351,8	4,8	2,26
025 Поздовжньо-фрезерна									
1. Фрезер.площ. $D = 160$ мм, $Z = 10$	1	2	0,2	800	400	1,3	201	7,8	1,58
	1	0,8	0,08	560	700	0,3	351,8	2,6	2,26
2. Фрезер.паз $D = 250$ мм, $Z = 14$	3	0,56	0,04	140	360	7	196,3	11	21,09
3. Фрезер.фаски $D = 160$ мм, $Z = 10$	2	1,5	0,15	900	600	1,6	301,6	1,25	21,09
4. Фрезер.канавку	1	0,054	-	54	1000	2,0	25	0,1	24,8
5. Свердлити отвір $\varnothing 4$ мм	1	0,09	-	180	2000	2	25,1	0,1	0,16
030 Вертикально-свердильна з ЧПК									
1. Центрувати отвори $\varnothing 6$ мм	8	0,15	-	210	1400	3	26,5	0,4	0,38
2. Свердлити $\varnothing 13,5$ мм	4	0,18	-	90	500	6,75	21,2	1,17	1,77
3. Свердлити $\varnothing 17$ мм	4	0,16	-	80	500	8,5	26,7	1,68	2,25
4. Розвертати $\varnothing 14$ мм	4	0,52	-	131	250	0,25	11	0,38	1,33
5. Розвертати $\varnothing 17,4$ мм	4	0,615	-	123	200	0,2	10,93	0,42	1,47
6. Зенкувати фаски	8	0,09	-	57	630	1,5	30	1,2	0,98
7. Нарізати різьбу М16-6Н	4	2	-	318	159	1	7	0,1	0,44
8. Нарізати різьбу М20-6Н	4	2,5	-	318	125	1,25	7,8	0,12	0,512

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Продовження таблиці 1.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
035 Горизонтальна розточно-фрезерно-свердлильна									
1. Центрувати отвори Ø6 мм	2	0,15	-	210	1400	3	26,5	0,4	0,2
2. Свердлити Ø8,7 мм	1	0,08	-	80	1000	4,35	27,3	0,4	8,33
3. Свердлити Ø14 мм	1	0,914	-	25	500	1	15,6	0,3	0,01
4. Зенкувати фаски	1	0,914	-	282,3	300	0,941	9,4	0,24	0,08
5. Нарізати різьбу 1/8'	1	0,29	-	142,1	490	7	21,55	1,17	0,32
6. Розсвердлити Ø22 мм	1	0,29	-	87	300	11	20,73	1,76	0,17
7. Нарізати різьбу M168H	1	2	-	460	230	2	11,6	0,7	0,22
040 Поздовжньо-фрезерна $D = 160$ мм, $Z = 10$	4	0,6	0,06	360	600	5	301,6	16,6	4,43
050 Плоско-шліфувальна	1	$S_n = 15,8$ мм/хід			1450	0,4	34,3	8,5	6,54
055 Поздовжньо-фрезерна $D = 160$ мм, $Z = 10$	1	0,6	0,06	480	800	0,25	402,1	0,48	2,4

1.4.3 Аналіз точності обробки

Початкові дані:

Обробляємо плоску поверхню в розмір 75h8 на партії напрямних, на плоскошліфувальному верстаті моделі 3Б722. матеріал деталі сталь 45, $B=70$ кгс/мм². Деталь закріплюють на магнітному столі, інструмент – шліфувальний круг ПП24А16ПСМ27К1А.

Обробку ведуть на заздалегідь налагодженому верстаті, налагодження здійснюється методом пробних ходів з використанням мікрометра МК 50-75. Ескіз обробки дано на аркуші 5 графічної частини магістерської роботи.

Основними похибками, що впливають на точність її висоти – залишкової ланки технологічного ланцюга є

Δ_b – похибка форми від геометричної неточності верстату: в радіальному напрямку; Δ'_b – допуск площинності оброблюваної поверхні на плоскошліфувальному верстаті; Δ''_b – допуск паралельності оброблюваної поверхні на основі плоскошліфувального верстата, ця похибка постійна; Δ_H – похибка налагодження системи ВПІД на отримання заданого розміру. При багаторазовому налагодженні вона має випадковий характер проявлення в часі; Δ_y – похибка від зміни величини деформації системи ВПІД внаслідок зміни сил різання, Δ_z –

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

випадкова похибка; Δ_i – похибка від розмірного спрацювання шліфувального круга, систематична закономірна зміна; Δ_m – похибка від теплової деформації.

Ескіз обробки та схема технологічного розмірного ланцюга зображена на аркуші 1 графічної частини магістерської роботи.

Проводимо розрахунок похибки обробки: похибка форми від геометричної неточності верстата: $\Delta_b = \Delta'_b + \Delta''_b$, [6], с. 34. (1.35)

де Δ'_b – допуск площинності оброблюваної поверхні на плоско-шліфувальному верстаті, $\Delta'_b = 4$ мкм;

Δ''_b – допуск паралельності оброблюваної поверхні на основі плоско-шліфувального верстата, ця похибка постійна, $\Delta'_b = 5$ мкм [2], с.134;

$$\Delta_b = 4 + 5 = 9 \text{ мкм.}$$

Похибка налагодження системи ВПД на отримання заданого розміру визначається по формулі:

$$\Delta_n = \sqrt{\Delta_{зм}^2 + \Delta_{рег}^2 + \Delta_{вим}^2}, [7], \text{ с.127} \quad (1.36)$$

де $\Delta_{зм}$ – зміщення центру групування розмірів пробних деталей відносно поля розсіювання розмірів;

Δ_p – похибка регулювання положення різального інструмента;

$\Delta_{вим}$ – похибка вимірювання пробних деталей:

$$\Delta_{зм} = \Delta_m / \sqrt{m}, [7], \text{ с.127} \quad (1.37)$$

де Δ_m – миттєва похибка обробки для плоско-шліфувального верстата;

$\Delta_m = 15$ мкм [7], с.126, табл.3.7;

m – кількість пробних деталей; $m = 3 \div 5$ [7], с.127 приймаємо $m = 3$,

тоді: $\Delta_{зм} = 15 / \sqrt{3} = 8,7$ мкм.

Верстат налагоджують за допомогою пробних ходів, положення шліфувального круга регулюється автоматичним підналагодженням з індуктивним електричним перетворювачем лінійних розмірів типу 214 по ТУ2-035-119-81. похибка регулювання при цьому складає (максимальне значення): $\Delta_{рег} = 2$ мкм, [7], с.130.

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Похибка вимірювання $\Delta_{\text{вим}}$ при вимірюванні пробних деталей мікрометром складає:

$$\Delta_{\text{вим}} = 14 \text{ мкм}, [7], \text{ с.128, табл. 3.11.}$$

$$\text{Тоді } \Delta_n = \sqrt{8,7^2 + 2^2 + 14^2} = 16,6 \text{ мкм.}$$

Динамічна похибка Δ_y визначається по формулі:

$$\Delta_y = \Delta P \cdot \omega, [3], \text{ с.45} \quad (1.39)$$

де y – найбільше допустиме переміщення під навантаженням стола відносно оправки закріпленої на шпинделі; $y = 40$ мкм, [3], с. 86.

$$\text{Тоді } \omega = 40/245 = 0,164 \text{ мкм/Н,}$$

$$\Delta_y = 50 \cdot 0,164 = 8,2 \text{ мкм.}$$

Похибка миттєвого розсіювання розмірів $\Delta_{\text{мм}}$ з урахуванням похибки налагодження визначається по формулі:

$$\Delta_{\text{мм}} = 1,2 \cdot \sqrt{\Delta_m^2 + \Delta_y^2 + \Delta_b}, [6], \text{ с.35.} \quad (1.40)$$

$$\Delta_{\text{мм}} = 1,2 \cdot \sqrt{16,6^2 + 8,2^2 + 9} = 31 \text{ мкм.}$$

Похибку пов'язану з температурними деформаціями Δ_T при шліфуванні, як 30÷40% від похибки миттєвого розсіювання $\Delta_{\text{мм}}$:

$$\Delta_T = 0,3 \cdot \Delta_{\text{мм}} = 0,3 \cdot 31 = 9 \text{ мкм.}$$

Похибка миттєвого розсіювання розмірів $\Delta'_{\text{мм}}$ з урахуванням температурної похибки визначається по формулі: $\Delta'_{\text{мм}} = \Delta_{\text{мм}} + \Delta_T = 31 + 9 = 40$ мкм.

Систематичну похибку Δ_i мкм, зумовлену зносом шліфувального круга розраховуємо за формулою:

$$\Delta_i = U_o \cdot l/100, [7], \text{ с.122} \quad (1.41)$$

де U_o – відносний знос шліфувального круга, мкм/мм, $U_o = 0,03$ мкм/мм;

l – шлях врізання, м.

При плоскому шліфуванні і дисковим кругам:

$$l = \pi \cdot D_{\text{шк}} \cdot P_{\text{шк}} \cdot B \cdot t \cdot n/1000 \cdot P_c \cdot S_1 \cdot S_{\text{поп}} [7], \text{ с.123} \quad (1.42)$$

де $D_{\text{шк}}$ – діаметр шліфувального круга, мм;

					MP.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$P_{шк}$ – число обертів шліфувального круга, хв.⁻¹;

B – ширина шліфування, мм;

t – припуск, мм;

P_c – число ходів стала в хвилину;

S_1 – подача круга на один хід (по ширині оброблюваної поверхні), мм;

$S_{поп}$ – поперечна подача на один хід, мм.

При плоскому шліфуванні час шліфування визначається по формулі:

$$\tau = B \cdot L \cdot t \cdot n / 1000 V_d S_1 \cdot S_{поп}, \quad (1.43)$$

де L – довжина оброблюваної деталі, мм;

V_d – швидкість повздовжнього переміщення стола, м/хв.

Число ходів стола в хвилину визначаємо по формулі

$$\eta \cdot C = V_d \cdot 1000 / L. \quad (1.44)$$

Підставивши формулу 1.43 в формулу 1.44 отримаємо:

$$\tau = B \cdot t \cdot n / 1000 \cdot S_1 \cdot S_{поп}. \quad (1.45)$$

Швидкість шліфувального круга визначаємо по формулі:

$$V = \pi \cdot D_{шк} \cdot P_{шк} / 1000 \text{ м/хв.} \quad (1.46)$$

Підставивши формули 1 в формулу отримаємо:

$$l = V_{шк} \cdot \tau \quad (1.47)$$

$V_{шк} = 2058$ м/хв. тоді

$l = 2058 \cdot \tau$, м.

Підставивши значення U_o остаточно отримаємо:

$$\Delta_i = 0,03 \cdot 2058 \cdot \tau / 1000 = 0,06174\tau \quad (1.48)$$

Результати розрахунку похибки Δ_i зводимо в таблицю 1.13.

Таблиця 1.13 – Значення похибки Δ_i .

τ , хв	0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	80	100	120
$\Delta_i = \Delta_{сисг}$	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,5	3,1	3,7	4,9	6,2	7,4

Теоретична діаграма точності обробки показана на аркуші 2 графічної частини дипломного проекту. З діаграми визначаємо технологічну стійкість

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ								Арк.	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата										

інструмента $T = 100$ хв.(точка перетину верхньої лінії поля розсіювання розмірів з верхньою границею поля допуску), економічна стійкість шліфувального круга $T_e = 30$ хв. [8]. Тоді загальна похибка обробки (за діаграмою точності: $\Delta_{\text{сум}} = 41,8$ мкм).

Налагоджуваний розмір $h_{\text{налаг.}}$ при симетричному розташуванні поля розсіюванні становить:

$$h_{\text{налаг.}} = h_{\text{min}} + 0,5 \cdot \Delta'_{\text{мн}} + \Delta_{\text{сист. min}} + (T - \Delta_{\text{сум}}) / 2, [6], \text{ с.36} \quad (1.49)$$

де h_{min} – найменше граничне значення розміру, $h_{\text{min}} = 74,954$;

$\Delta_{\text{сист. min}}$ – найменше значення систематичної похибки, див.табл.1.13;

T – допуск на отримуваний розмір, мм; $T = 0,046$ мм;

$$h_{\text{налаг.}} = 74,954 + 0,5 \cdot 0,04 + 0 + (0,046 - 0,0418) / 2 = 74,976 \text{ мм.}$$

Визначаємо тривалість обробки до вимушеного підналагодження $\tau_{\text{відн.}}$ системи ВПД, виражену в часі за формулою:

$$\tau_{\text{відн.}} = T_e \cdot T_{\text{шт}} / T_o, [6], \text{ с.18} \quad (1.50)$$

де $T_{\text{шт}} = 8,19$ хв. – штучний час; $T_o = 6,54$ хв. – основний час;

$$\tau_{\text{відн.}} = 30 \cdot 8,19 / 6,54 = 37,56 \text{ хв.}$$

Визначаємо питомий вклад первинних похибок обробки у загальну похибку по формулі:

$$C_j = (\Delta_j / \Delta_{\text{н0i}}) \cdot 100\%, \quad (1.51)$$

де Δ_j – величина j -ої похибки.

Результат розрахунку зводимо в таблицю 1.14.

Таблиця 1.14 – Результати розрахунку питомого вкладу первинних похибок обробки в загальну похибку

Позначення похибки Δ_j	Δ_y	Δ_i	$\Delta_{\hat{a}}$	Δ_m	Δ'_{ii}	Δ_i
Значення похибки Δ_j , мкм	8,2	16,6	9	9	40	1,8
C_j , %	19,6	39,7	21,5	21,5	95,7	4,3

Із гістограми похибок встановлюємо, що допоміжною похибкою обробки є похибка налагодження системи ВПД на отримання заданого розміру Δ_i .

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Можливі основні заходи по підвищенню надійності забезпечення точності обробки – використання більш точного мікрометра при вимірюванні оброблюваних деталей.

1.5.4 Розрахунки пов'язані з підготовкою керуючої програми

Вихідні дані. На вертикально-свердлильному верстаті з ЧПК СМ213, в партії деталей обробляють 10 отворів М10 з фаскою 1,6×45°.

Таблиця 1.15 – Вихідні дані на розробку керуючої програми

Дані для вводу в ЕОМ	Параметр
Блок «Програма»	
Матеріал деталі	Сталь 45
Площина безпеки, мм	220
Тип зміни інструменту	ZX+Y
Мультиобробка	-
Блок «Різьба глуха»	
Різьба М	16
Крок різьби Н, м	2
Глибина, мм	30
Фаска, мм	1,6
Клас точності різьби	Точний Н6
Блок «Різьба глуха»	
Різьба М	20
Крок різьби Н, м	2,5
Глибина, мм	35
Фаска, мм	2,5
Клас точності різьби	Точний Н6

Результати розрахунку:

- керуюча програма
- опорні точки – таблиця 1.16.

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.16 – Опорні точки

Деталь		Операція			Верстат		Система ЧПК		
Напрямна КС2134.11.401А		030 Вертикально- свердлильна з ЧПК			2С132		«НЗ3-2М»		
Геометрична інформація					Технологічна операція				
Ділянка траєкторії	Опорні точки	x, мм	y, мм	z, мм	t, мм	S, мм/об.	S, мм/хв.	V, м/хв	n, хв. ⁻¹
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-	0	-	-	220	-	-	-	-	-
0-1	1	55	106	220	-	-	2400	-	-
1-2	2	385	106	220	-	-	2400	-	-
2-3	3	715	106	220	-	-	2400	-	-
3-4	4	104,5	106	220	-	-	2400	-	-
4-5	5	1005	28	220	-	-	2400	-	-
5-6	6	675	28	220	-	-	2400	-	-
6-7	7	425	28	220	-	-	2400	-	-
7-8	8	95	28	220	-	-	2400	-	-
1-9	9	55	106	150	-	0,04	14	5,93	315
2-10	10	385	106	150	-	0,04	14	5,93	315
3-11	11	715	106	150	-	0,04	14	5,93	315
4-12	12	1045	106	150	-	0,04	14	5,93	315
5-13	13	1005	28	107	-	0,04	14	5,93	315
6-14	14	675	28	107	-	0,04	14	5,93	315
7-15	15	425	28	107	-	0,04	14	5,93	315
8-16	16	95	28	107	-	0,04	14	5,93	315
9-17	17	55	106	128	3	0,04	14	5,93	315
10-18	18	385	106	128	3	0,04	14	5,93	315
11-19	19	715	106	128	3	0,04	14	5,93	315
12-20	20	1045	106	128	3	0,04	14	5,93	315
13-21	21	1005	28	115	3	0,04	14	5,93	315
14-22	22	675	28	115	3	0,04	14	5,93	315
15-23	23	425	28	115	3	0,04	14	5,93	315
16-24	24	95	28	115	3	0,04	14	5,93	315
9-25	25	55	106	171	8,5	0,18	90	500	26,7
10-26	26	385	106	171	8,5	0,18	90	500	26,7
11-27	27	715	106	171	8,5	0,18	90	500	26,7
12-28	28	1045	106	171	8,5	0,18	90	500	26,7
13-29	29	1005	28	158	6,75	0,24	80	500	21,2
14-30	30	675	28	158	6,75	0,24	80	500	21,2
15-31	31	425	28	158	6,75	0,24	80	500	21,2
16-32	32	95	28	158	6,75	0,24	80	500	21,2
9-33	33	55	106	22,5	1,6	0,1	97	969	60,88
10-34	34	385	106	122,5	1,6	0,1	97	969	60,88
11-35	35	715	106	122,5	1,6	0,1	97	969	60,88
12-36	36	1045	106	122,5	1,6	0,1	97	969	60,88
13-37	37	1005	28	164,9	2,5	0,1	97	969	42,62
14-38	38	675	28	164,9	2,5	0,1	97	969	42,62
15-39	39	425	28	164,9	2,5	0,1	97	969	42,62
16-40	40	95	28	164,9	2,5	0,1	97	969	42,62
9-41	41	55	106	89	2,5	1,62	200	123	6,76
10-42	42	385	106	89	2,5	1,62	200	123	6,76

МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ

Арк.

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження таблиці 1.16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11-43	43	715	106	89	2,5	1,62	200	123	6,76
12-44	44	1045	106	89	2,5	1,62	200	123	6,76
13-45	45	1005	28	137	2,5	1,9	250	131	5,76
14-46	46	675	28	137	2,5	1,9	250	131	5,76
15-47	47	425	28	137	2,5	1,9	250	131	5,76
16-48	48	95	28	137	2,5	1,9	250	131	5,76
9-49	49	55	106	77,5	1,25	0,4	125	313	19,66
10-50	50	385	106	77,5	1,25	0,4	125	313	19,66
11-51	51	715	106	77,5	1,25	0,4	125	313	19,66
12-52	52	1045	106	77,5	1,25	0,4	125	313	19,66
13-53	53	1005	28	128	1	0,5	159	318	15,98
14-54	54	675	28	128	1	0,5	159	318	15,98
15-55	55	425	28	128	1	0,5	159	318	15,98
16-56	56	95	28	128	1	0,5	159	318	15,98

Таблиця 1.17 – Керуюча програма

№ кадру	Команда
1	2
№001	G17
№002	G01 X+005500 Y+010600 M03 F4667
№003	Z+022000 F4691
№004	Z-009200 M08 F0659
№005	Z-001300 F0514
№006	G04 X+000571 F0560
№007	G01 Z+010500 F4663
№008	X+033000 F4711
№009	Z-009200 F0659
№010	Z-001300 F0514
№011	G04 X+000571 F0560
№012	G01 Z+010500 F4663
№013	X+033000 F4711
№014	Z-009200 F0659
№015	Z-001300 F0514
№016	G04 X+000571 F0560
№017	G01 Z+010500 F4663
№018	X+033000 F4711
№019	Z-009200
№020	Z-001300 F0514
№021	G04 X+000571 F0560
№022	G01 Z+010500 F4663
№023	X-004000 X-007800 F4657
№024	Z-004900 F0643
№025	Z-001300 F0514
№026	G04 X+000571 F0560
№027	G01 Z+006200 F4648

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.17

1	2
№028	X-033000 F4711
№029	Z-004900 F0643
№030	Z-001300 F0514
№031	G04 X+000571 F0560
№032	G01 Z+006200 F4648
№033	X-025000 F4697
№034	Z-004900 F0643
№035	Z-001300 F0514
№036	G04 X+000571 F 560
№037	G01 Z+006200 F4648
№038	X-033000 F4711
№039	Z-004900 F0643
№040	Z-001300 F0514
№041	G04 X+000571 F0560
№042	G01 Z+006200 M09 F4648
№043	G04 X+000200 F0560
№044	G01
№045	Z-002200 F4648
№046	X-009500 Y-002800 M05 F4666
№047	G04 X+000200 F0560
№048	G01 X+005500 Y+010600 M03 F4667
№049	Z+022000 F4691
№050	Z-009200 M08 F0659
№051	Z-005640 F0590
№052	Z+014840 F4675
№053	X+033000 F4711
№054	Z-009200 F0659
№055	Z-005640 F0590
№056	Z+014840 F4675
№057	X+033000 F4711
№058	Z-009200 F0659
№059	Z-005640 F0590
№060	Z+014840 F4675
№061	X+03300 F4711
№062	Z-009200 F0659
№063	Z-005640 F0590
№064	Z+014840 M09 F4675
№065	G04 X+000200 F0560
№066	G01
№067	Z-002200 F4675
№068	X-104500 Y-01060 M05 F4715
№069	G04 X+000200 F0560
№070	G01 X+009500 Y+002800 M03 F4661

					MP.ПМК – 648.00.000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Продовження таблиці 1.17

1	2
№156	G01 Z+005510 M09 F4645
№157	G04 X+000200 F0560
№158	G01
№159	Z-002200 F4645
№160	X-100500 Y-002800 M05 F4715
№161	G04 X+000200 F0560
№162	G01 X+005500 Y+010600 M03 F4667
№163	Z+022000 F4691
№164	Z-009500 M08 F0658
№165	Z-004100 F0612
№166	Z+004100
№167	Z+009000 F4658
№168	X+033000 F4711
№169	Z-009000 F0658
№170	Z-004100 F0612
№171	Z+004100
№172	Z+009000 F4658
№173	X+033000 F4711
№174	Z-009000 F0658
№175	Z-004100 F0612
№176	Z+004100
№177	Z+009000 F4658
№178	X+033000 F4711
№179	Z-009000 F0658
№180	Z-004100 F0612
№181	Z+004100
№182	Z+009000 M09 F4658
№183	G04 X+000200 F0560
№184	G01
№185	Z-022000 F4658
№186	X-104500 Y-010600 M05 F4715
№187	G04 X+0002000 F0560
№188	G01 X+005500 Y+010600 M03 F4667
№189	Z+022000 F4691
№190	Z-009000 M08 F4658
№191	Z-005250 F4631
№192	Z+005250 M04 F4631
№193	G04 X+000571 F0560
№194	G01 Z+009000 M03 F4658
№195	X+033000 F4711
№196	Z-009000 F4658
№197	Z-005250 F4631
№198	Z+005250 M04 F4631

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ					

Продовження таблиці 1.17

1	2
№242	X-100500 Y-002800 M05 F4715
№243	G04 X+000200 F0560
№244	G01 X+009500 Y+002800 M03 F4661
№245	Z+022000 F4691
№246	Z-004700 M08 F0642
№247	Z-004500 F4632
№248	Z+004500 M04 F4632
№249	G04 X+000571 F0560
№250	G01 Z+004700 M03 F4642
№251	X+033000 F4711
№252	Z-004700 F0642
№253	Z-004500 F4632
№254	Z+004500 M04 F4632
№255	G04 X+000571 F0560
№256	G01 Z+004700 M03 F4642
№257	X+025000 F4697
№258	Z-004700 F4642
№259	Z-004500 F4632
№260	Z+004500 M04 F4632
№261	G04 X+000571 F0560
№262	G01 Z+004700 M03 F4642
№263	X+033000 F4711
№264	Z-004700 F4642
№265	Z-004500 F4632
№266	Z+004500 M04 F4632
№267	G04 X+000571 F0560
№268	G01 Z+004700 M03 M09 F4642
№269	G04 X+000200 F0560
№270	G01
№271	Z-022000 F 4642
№272	X-100500 Y-002800 M05 F4715
№273	G04 X+000200 F0560
№274	F0000

					MP.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5.5 Нормування технологічного процесу

Операції 010 - Поздовжньо-фрезерна

Нормою часу для середньо-серійного виробництва є штучно-калькуляційний час, який визначається за формулою:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n}, [1], \text{ с.39} \quad (1.52)$$

де $T_{шт}$ – норма штучного часу, хв.;

$T_{пз}$ – норма підготовчо-заключного часу, хв., $T_{пз} = 43$ хв., [9], с.114, табл.34;

n – операційна партія штук, $n = 22$ шт.

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$T_{шт} = T_{обс.рб} + T_{від} + T_{опер}, [1], \text{ с.39} \quad (1.53)$$

де $T_{обс.рб}$ – час на обслуговування робочого місця, хв. рівний 4,5% від оперативного часу;

$T_{опер}$ – оперативний час;

$$T_{опер} = T_o + T_{доп}, [1], \text{ с.39} \quad (1.54)$$

де T_o – норма основного часу на обробку, хв.;

$T_{доп}$ – норма допоміжного часу на обробку, хв.;

$$T_{доп} = T_{уст} + T_{зак} + T_{кер} + T_{конт}, [1], \text{ с.39} \quad (1.55)$$

де $T_{уст}$ – норма часу на встановлення та зняття деталі, хв.;

$$T_{уст} = 1,14 \cdot 4 = 4,56 \text{ хв. [19], с.56, табл.16.2;}$$

$T_{зак}$ – норма часу на закріплення деталі; $T_{зак} = 0,024$ хв. [1], табл.5, 7;

$T_{кер}$ – норма часу на керування верстатом, $T_{кер} = 0,21$ хв. [9], с.115, табл.35;

$$T_{доп} = 4,56 + 0,024 + 0,21 + 0,22 = 5,02 \text{ хв.};$$

$$T_{опер} = 8,68 + 5,02 = 13,7 \text{ хв.};$$

$$T_{обс} = T_{опер} \cdot 4,5/100 = 13,7 \cdot 4,5/100 = 0,62;$$

$T_{від}$ – норма часу на відпочинок, 4% від оперативного [9], с. 203, табл. 88;

$$T_{від} = 13,7 \cdot 4/100 = 0,55 \text{ хв.}; T_{шт} = 13,7 + 0,62 + 0,55 = 14,87 \text{ хв.};$$

$$T_{шт.к} = 14,87 + 43/22 = 19,17 \text{ хв.}$$

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.18 – Нормування технологічного часу

Назва операції	К-сть деталей на операції	T_o , хв.	T_o , хв.				$T_{опер}$, хв.	$T_{обсл}$, хв.	$T_{від}$, хв.	$T_{шт}$, хв.	$T_{пз}$, хв.	$T_{шт.к}$, хв.
			$T_{уст}$, хв.	$T_{кер}$, хв.	$T_{зак}$, хв.	$T_{вкл}$, хв.						
010 Поздовжньо-фрезерна	4	6,68	0,21	4,65	0,24	0,22	0,62	0,55	14,87	43	19,17	
015 Вертикально-фрезерна	2	4,85	0,21	2,28	0,024	0,22	0,34	0,3	8,22	43	12,52	
020 Вертикально-фрезерна	2	3,84	0,42	2,28	0,024	0,44	0,24	0,21	7,45	43	11,75	
025 Поздовжньо-фрезерна	2	52,7	1,05	2,28	0,024	0,44	2,54	2,26	61,3	43	65,6	
030 Вертикально-свердлильна з ЧПК	1	9,03	9	2,28	0,024	-	0,91	0,81	22,06	35	25,55	
035 Горизонтальна розточно-фрезерно-свердлильна	1	9,27	4	1,14	0,24	0,22	0,65	0,58	15,88	35	19,38	
040 Горизонтально-фрезерна	3	4,43	0,21	3,42	0,24	-	0,36	0,32	8,77	22	10,97	
050 Горизонтально-фрезерна	1	2,4	0,12	1,14	0,024	0,22	0,18	0,16	4,33	22	6,53	
055 Плоско-шліфувальна	2	13,1	0,16	2,28	0,024	0,22	0,71	0,63	17,13	26	19,73	

2 Конструкторська частина

2.1 Розрахунок верстатного пристосування для обробки деталі на операції 025

2.1.1 Призначення, будова та принцип роботи пристрою

Даний пристрій призначений для встановлення і закріплення на ньому деталі «Напрямна КС2134.11.401А» для обробки на операції 025 на поздовжньо-фрезерному верстаті мод. 6М10Ф1. На дану операцію виготовляється два пристрої симетричні.

Пристрій складається з основи, на якій закріплено два пневмоциліндри 1, три опори постійні 14, три пластини 13, і упор постійний 4 з пластиною 6. кріпиться пристрій на столі верстата за допомогою болтів. Деталь встановлюється на опорні пластини 13, і однією стороною впирається в опори постійні 14, а іншою в упор 4, таким чином відбувається базування деталі. Потім в камери пневмоциліндрів подається стиснене повітря $p = 0,4$ МПа і поршень штовхає шток, який прижимною п'ятою 3 притискається до постійних опор 14. після проведення фрезерування повітря з однієї частини пневмокамери випускається в атмосферу, а в іншу частину подається під тиском і відбувається звільнення обробленої деталі від сил затиску. Деталі знімають з пристрою і ставлять в тару.

2.1.2 Розрахунок сили різання

Наданій операції проводиться фрезерування площини уступів змащувальної канавки. Розрахунок проводимо для фрезерування уступу, оскільки при його виконанні найбільша потужність різання:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^{x_p} \cdot S_z^{e_p} \cdot B^{u_p} \cdot Z}{D^{\rho_p} \cdot n^{\omega_p}} \cdot K_p, [3], \text{ с. 444} \quad (2.1)$$

де $C_p = 825$ – коефіцієнт; $x_p = 1,0$, $y_p = 0,75$, $u_p = 1,1$, $\omega_p = 0,2$, $\rho_p = 1,3$ – показники степеня, [3], табл. 2.1, с. 430;

K_{mp} – поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу:

					MP.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^{n_p}, [3], \text{ с. 430, табл. 22} \quad (2.2)$$

де $n_p = 0,3$ – показник степеня [3], с. 430, табл. 22;

$$K_{mp} = \left(\frac{700}{750} \right)^{0,3} = 0,98;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 101 \cdot 6^{0,881} \cdot 0,04^{0,72} \cdot 48 \cdot 14}{250^{0,87} \cdot 250^0} \cdot 0,98 = 2,600 \text{ Н.}$$

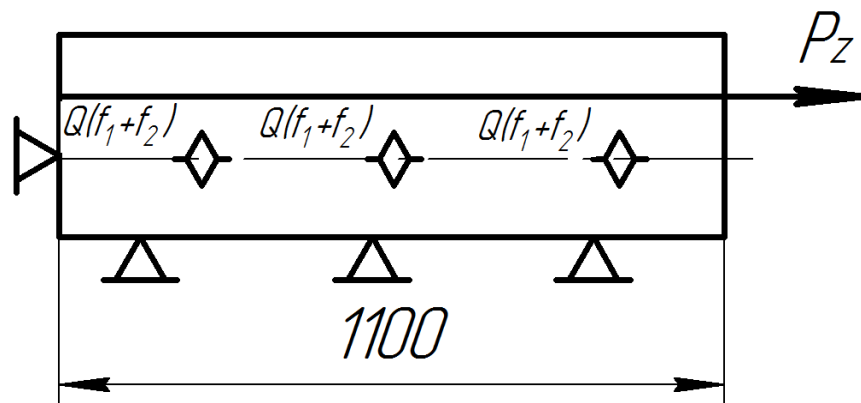


Рисунок 2.1 – Схема дії сил на заготовку встановлену в пристрій під час обробки

2.1.3 Розрахунок сили затиску і основних параметрів механізму

Розрахункова схема для визначення сили затиску представлена на рисунку.

Згідно схеми дії сил складаємо рівняння і розраховуємо силу затиску:

$$Q \cdot n \cdot (f_1 + f_2) = k \cdot P_z, \quad (2.3)$$

де P_z – сила різання, Н;

f_1, f_2 – коефіцієнт тертя між деталлю і упором і між деталлю і п'ятою вони відповідно рівні 0,25;

k – коефіцієнт надійності:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (2.4)$$

де $k_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт надійності;

$k_1 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує стан технологічності бази;

$k_2 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує ударні навантаження;

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$k_3 = 1,3$ – коефіцієнт, що враховує затуплення інструменту;

$k_4 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує стабільність силового приводу;

$k_5 = 1,0$ – коефіцієнт, що характеризує механізм з ручним приводом;

$k_6 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує певне розташування опорних точок;

$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,8$.

Тоді $Q = k \cdot P_z / (f_1 + f_2) = 2,8 \cdot 2600 / (3(0,25 + 0,25)) = 2427$ Н.

Для пневмоциліндрів двохсторонньої дії при тиску стисненого повітря в безштоковій порожнині формула для визначення зусилля має вигляд:

$$Q = \frac{D^2 \cdot \rho \cdot \eta \cdot \pi}{4}, \text{ Н [3], с.106} \quad (2.5)$$

де D – діаметр поршня, мм;

ρ – тиск стисненого повітря, $\rho = 0,4$, МПа;

η – коефіцієнт корисної дії механізму, $\eta = 0,9$ [3], с.236.

$$\text{Отже, } D = \sqrt{\frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{14560 \cdot 4}{\pi \cdot 0,4 \cdot 0,9}} = 100 \text{ мм.}$$

Згідно рекомендацій [16], с.427, табл.2 приймаємо найбільший ближній діаметр циліндра $D = 120$, діаметр штока $d = 30$ мм.

Визначаємо дійсну силу на штоці пневмоциліндра по формулі 2.5.

$$Q = \frac{D^2 \cdot \rho \cdot \eta \cdot \pi}{4} = \frac{120^2 \cdot 0,4 \cdot 0,9 \cdot 3,14}{4} = 11304 \text{ Н.}$$

2.1.4 Розрахунок точності пристрою

При обробці партії деталей з автоматичним налагодженням на розмірі попереднім розмірним налагодженням технологічної системи за допомогою пробних проходів

$$\varepsilon = T_s - 1,2 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot \varepsilon_\sigma)^2 + \varepsilon_s + (0,8 \cdot \omega)^2}, \text{ [1], с.16} \quad (2.6)$$

де ε_σ – похибка базування, яка рівна допуску паралельності опорних пластин основи пристрою і рівний 0,06 мм;

ε_s – похибка закріплення, розраховується за слідкуючою формулою згідно рекомендацій [2], с.40, табл.22;

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varepsilon_3 = [(K_{RZ} \cdot R_Z + K_{HB} \cdot HB) + C] \cdot \frac{Q^n}{F^m}, \quad (2.7)$$

де $K_R = 0,004$ – коефіцієнт;

$R_Z = 10$ мкм – шорсткість поверхні;

$K_{HB} = 0,0016$ – коефіцієнт;

$HB = 241$ – твердість поверхні в одиницях HB;

$$C = 0,4 + 0,012 \cdot F, [2], \text{ с.40, табл.2} \quad (2.8)$$

де F – площа опори, см²;

$m = 0,7$; $n = 0,7$ – показники степеня;

$\omega = 0,09$ – економічна точність пристрою.

$$\varepsilon_3 = \left[(0,004 \cdot 10 - 0,0016 \cdot 241) + 0,4 + 0,012 \cdot \frac{\pi \cdot 3,2^2}{4} \right] \cdot \left(\frac{7238,33}{4} \right)^{0,7} = 17 \text{ мм.}$$

Тоді отримаємо:

$$\varepsilon = 0,16 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0,06)^2 + 0,017^2 + (0,8 \cdot 0,09)^2} = 0,059 \text{ мм.}$$

2.1.5 Розрахунок коефіцієнта уніфікації

Рівень уніфікації та стандартизації пристрою визначаємо за формулою:

$$K_c = \frac{C}{K} \cdot 100, \% \quad (2.9)$$

де $C = 46$ – кількість стандартних деталей в пристрої;

$K = 55$ – загальна кількість деталей в пристрої;

$$K_c = \frac{46}{55} \cdot 100 = 83,6 \text{ \%}.$$

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Розробка пристрою для контролю перпендикулярності

2.2.1 Призначення, будова та принцип роботи пристрою

Контрольний пристрій призначений для контролю перпендикулярності поверхні 3 до поверхні 2. Допуск перпендикулярності при цьому складає $T = 0,02$ мм.

Пристрій має наступну будову: в основу 1 загвинчується упор 7 і прикріплена стійка 2. По стійці рухається повзун 3 до якого прикріплений штатив 4 за допомогою гвинта 8 в штативі кріпиться індикатор 10. Рух повзуна 3 по стійці 2 фіксується також за допомогою гвинта 11.

Деталь встановлюється поверхнею 2 на контрольно-вимірну плиту 12 до упорів 5 та 6. Потім поряд встановлюється контрольний пристрій і впирається упором 7 в поверхню 3. Після цього знімаються показники індикатора вздовж поверхні 3, попередньо встановивши їх на нуль.

2.2.2 Розрахунок точності контрольного пристрою

Виявимо чинники, які впливають на точність контролю пристрою. Деталь і пристрій встановлюються на поверхню контрольно-вимірюваної плити, яка має шорсткість $Ra = 0,8$ мкм.

Допуск площинності виготовлення плити по ГОСТ 10905-86 складає 15 мкм для першого класу точності чавунних плит.

Точність пристрою розраховується за формулою:

$$\Delta_{\text{в.м}} = 1,2 \cdot \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2 + \Delta_{3\text{в}}^2 + \Delta_{\text{м}}^2}, \quad (2.10)$$

де ε_0 – похибка базування, яка рівна допуску площинності виготовлення пристрою 5 мкм згідно ГОСТ 10905-86 для плит першого класу точності;

ε_3 – похибка закріплення, рівна нулю оскільки деталь на пристрої не закріплюється;

$\Delta_{3\text{в}}$ – похибка вимірювання, яка рівна похибці індикатора, $\Delta_{3\text{в}} = 0,5$ мкм;

Δ_e – похибка виготовлення еталона, $\Delta_e = 0,001$ мм;

$\Delta_{\text{м}}$ – похибка механізмів даного механізму, $\Delta_{\text{м}} = 0,001$ мм;

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta_{\text{вим}} = 1,2 \cdot \sqrt{0,005^2 + 0,0005^2 + 0,0001^2} = 0,0062 \text{ мм.}$$

Таким чином контроль даного параметра можливий.

2.2.3 Розрахунок коефіцієнта уніфікації

Рівень уніфікації та стандартизації пристрою визначаємо за формулою:

$$K_c = \frac{C}{K} \cdot 100, \% \quad (2.11)$$

де C – кількість стандартних деталей в пристрої;

K – загальна кількість деталей в пристрої;

$$K_c = \frac{6}{12} \cdot 100 = 5,0 \%$$

					MP.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Імітаційне моделювання роботи пневмоциліндра

Метод скінченних елементів (МСЕ) є основою для моделювання в системах САПР, що дозволяє виконувати структурний аналіз механічних конструкцій. Цей метод використовується для моделювання та аналізу поведінки деталей під впливом різних навантажень, таких як сили, тиск, температура тощо.

Основи методу скінченних елементів:

– Дискретизація (МСЕ передбачає розбиття складної геометрії конструкції на простіші компоненти, які називаються скінченними елементами. Це може бути твердотільні, оболонкові або балкові елементи. Кожен елемент має певну кількість вузлів, в яких визначаються значення шуканих параметрів (наприклад, напруження, деформація)).

– Формулювання задачі (для кожного елемента визначаються рівняння, які описують його поведінку під навантаженням. Це включає в себе використання законів механіки, таких як закон Гука для лінійних матеріалів).

– Збірка системи (всі елементи об'єднуються в єдину систему, що дозволяє враховувати взаємодію між ними. Це реалізується за допомогою матриць жорсткості та умов контакту між елементами).

– Розв'язок рівнянь (після формування системи рівнянь проводиться чисельний розрахунок для визначення невідомих значень (напружень і деформацій) у вузлах елементів. САПР використовує різноманітні числові методи для розв'язання цих рівнянь).

САПР пропонує кілька типів аналізу:

– лінійний статичний аналіз (використовується для оцінки напружень і деформацій при статичних навантаженнях).

– нелінійний аналіз (дозволяє враховувати нелінійні матеріальні властивості та великі деформації).

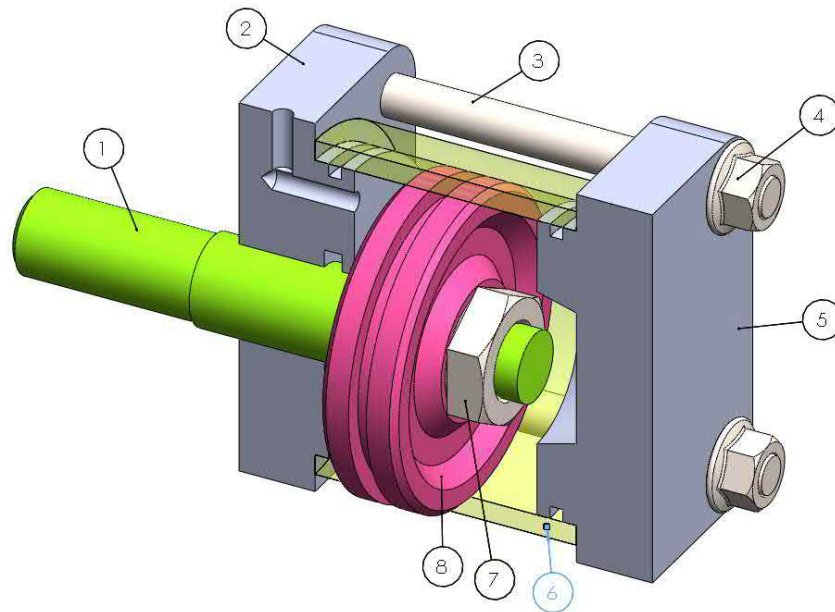
– динамічний аналіз (оцінює поведінку конструкцій під впливом змінних навантажень, таких як удари або вібрації).

– тепловий аналіз (досліджує вплив температури на матеріали та їх поведінку під навантаженням).

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У загальному, метод скінченних елементів є потужним засобом для інженерного аналізу, що дозволяє точно прогнозувати поведінку конструкцій у реальних умовах експлуатації.

З метою дослідження приводу притискного пристрою було побудовано його тривимірну модель (рис.3.1). Модель складається з таких деталей: штока 1, кришки наскрізної 2, шпильок 3, гайок 4, кришки глухої 5, циліндра 6, гайки штока 7, поршня 8. Оскільки буде проводитись дослідження напружено-деформованого стану, то деякі елементи у моделі відсутні, а саме ущільнення кришок та поршня.



1 – шток; 2 – кришка наскрізна; 3 – шпилька; 4 – гайка; 5 – кришка глуха;
6 – циліндр; 7 – гайка; 8 – поршень

Рисунок 3.1 – Тривимірна модель для проведення імітаційного моделювання

Граничними умовами прийнято закріплення пристрою за нижню частину обидвох кришок та дія тиску величиною 0,6 МПа на поршень. Також до торця штока циліндра прикладено умову, за якої він не може переміщуватись в осьовому напрямку.

На рисунку 3.2 показано прикладені граничні умови, а на рисунку 3.3 – сітку скінченних елементів.

					MP.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

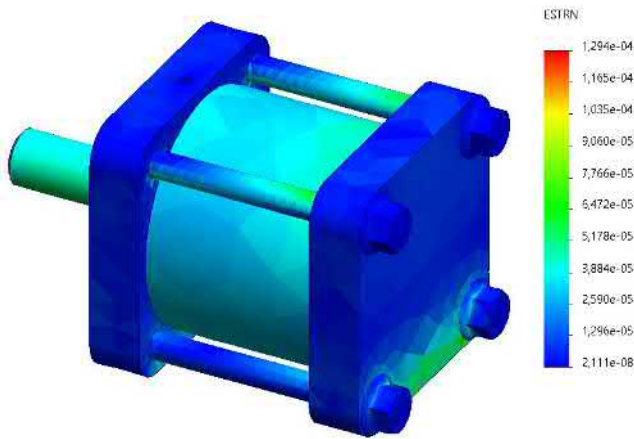


Рисунок 3.6 – Деформація

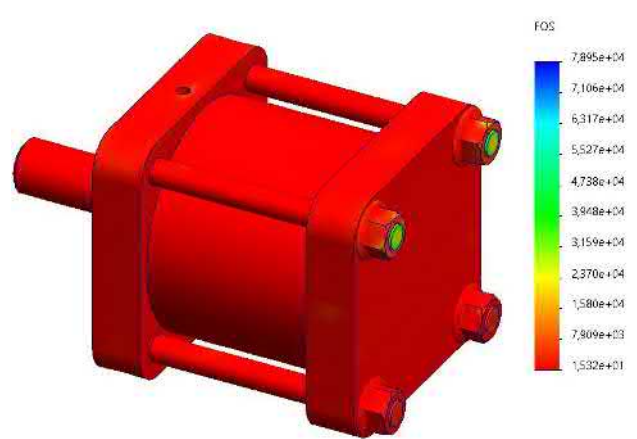


Рисунок 3.7 – Коефіцієнт запасу міцності

Також згідно результатів імітаційного моделювання величина коефіцієнту запасу міцності складає 15. Проте, даний циліндр може використовуватись при більших навантаженнях, якраз виходячи із величини коефіцієнту запасу міцності.

Висновки

Імітаційне моделювання гідроциліндра дозволяє визначити його напружено-деформований стан та зробити висновки про придатність до експлуатації. Згідно вхідних даних (тиску на поршень, товщин стінок кришок, циліндра тощо) встановлено величини максимальних напружень (40 МПа), переміщень (0,02 мм) та мінімальний коефіцієнт запасу міцності (15).

					МР.ПМК – 648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В даній магістерській роботі, я на основі базового технологічного процесу розробив новий проектний технологічний процес механічної обробки «Напрямна КС2134.11.401А» для умов середньосерійного виробництва.

У порівнянні, із базовим, в проектному технологічному процесі:

- використані продуктивніші методи механічної обробки і спеціальне технологічне оснащення;
- зменшено кількість металорізальних верстатів з одинадцяти до восьми одиниць;
- на всіх операціях застосовується групова обробка деталей, що дало змогу зменшити витрати допоміжного часу;
- запропоновані швидкодіючі пристрої для закріплення деталей на фрезерних верстатах;
- припуски, режими різання і норми часу прийняті на основі чинних нормативів та визначених розрахунково-аналітичним методом;
- при обробці даної деталі використовується стандартний металорізальний інструмент, який виготовляється серійно.

Запропоновані зміни технології дозволяють зменшити вартість деталі, що підвищить конкурентоспроможність виробу на ринку та отримувати річний чистий прибуток.

					MP.ПМК-648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань на джерела

1. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Механоскладальні дільниці та цехи у машинобудуванні» Частина 1 для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» ОП «Технології машинобудування» /Укл. В.В. Кононов, В.О. Логомінов, – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – 64 с
2. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні/ П.О.Руденко. – К.: Вища шк., 2003. – 420с.
3. Технологія обробки типових деталей і складання машин: курсове проектування. Методичні вказівки / Р. Т. Карпик, П. І Войтенко, – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2014. – 77 с.
4. <https://dominant-cnc.com/ua/p908764593-frezernyj-standok-chpu.html>
5. <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb>
6. Ковальов В.А. Конструктивні особливості та основи програмування верстатів з числовим програмним керуванням. / В.А. Ковальов, А.Ю. Гаврушкевич, Н.В. Гаврушкевич; – КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ, 2020. 158с.
7. Добрянський С.С., Малафеев Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування і виробництво заготовок / підручник. –К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 353 с.
8. Бочков В.М., Сілін Р.І. Обладнання автоматизованого виробництва. Навчальний посібник / За ред. Сіліна Р.І. Львів: Виробництво Державного університету —Львівська політехніка, 2000. – 380 с
9. Технологія та сап обробки на верстатах з чпк.методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт. Бойко С. В. та ін.. – Чернігів: НУЧП, 2021.– 51 с.
10. Технологія обробки типових деталей і складання машин: курсове проектування. Методичні вказівки / Р. Т. Карпик, П. І Войтенко, – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2014. – 77 с.
11. Карпик Р. Т. Технологічна оснастка. Методичні вказівки / Р. Т.Карпик, Б. Д. Сторож. – Івано-Франківськ: Факел, 2010. – 80 с.
12. Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла, Ів. Б. Гевко. Технологія оброблення корпусних деталей.. Навчальний посібник для студентів напрямку підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» Тернопіль, 2016.-151 с.

					МР.ПМК-648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Технологія обробки деталей машин : конспект лекцій для студентів спеціальності 7.05050201 «Технології машинобудування» усіх форм навчання. / В.М. Доля, О.В. Доля – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – 112 с.
14. Муляр Ю. І., Дерібо О. В. Програмування токарної обробки на верстатах з ЧПК. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 91 с.
15. Панчук В.Г., Карпик Р.Т. та ін. Магістерська робота: методичні вказівки. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018.- 35 с.
16. Юрчишин І.І. та ін. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528с.
17. Автоматизоване проектування різальних інструментів: Навчальний посібник/ Копей В.Б., Онисько О.Р., Борушак Л.О., Роп'як Л.Я.. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2012. 208с.
18. Петров О. В., Сухоруков С. І. Технологічна оснастка: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2018. 123 с.

					МР.ПМК-648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

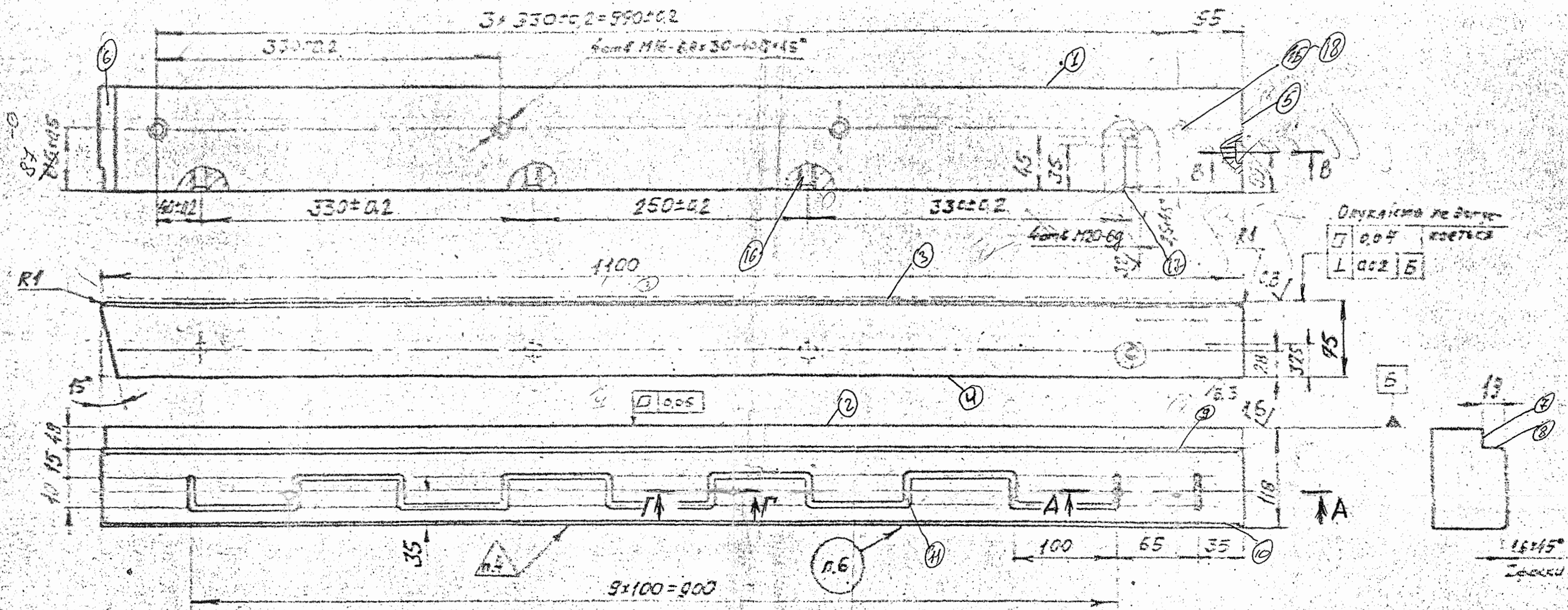
Додатки

					MP.ПМК-648.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

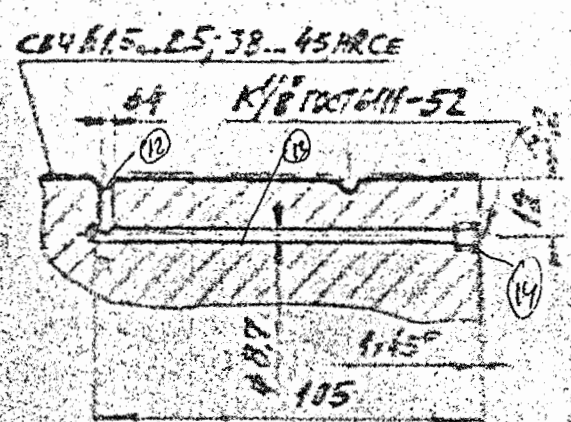
КР2134.11.401А

КС 2134.11.401-01 - зображено
-02,-03- дзеркальне відбиття

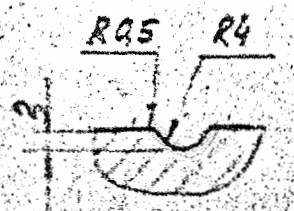
125/10



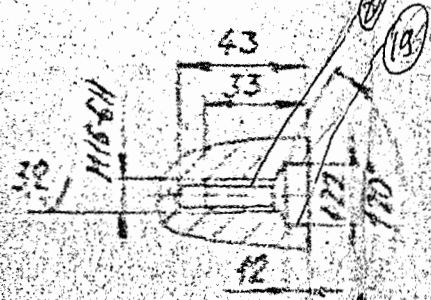
A-A



Г-Г (1:1)



В-В (1:2)



1. 140...260 НВ, край місця позначеного окремо.
2. H14, H14, ± 1/2.
3. Покрытие згідно з таблицею.
4. Клеймітка: крайню ВТК
5. Дотримуватися герметичності при монтажі цього пристрою і керувати внутрішнім.
6. Корпусами позначено згідно з таблицею.

Для виготовлення
профіль у двох виді
ПАКЕТІВ
Наз. Т.В.
Дніпро-Франківськ

Позначення	Толеранс
КС2134.11.401А	Хв. 0.02
-01	Хв. 0.04
-02	Хв. 0.02
-03	КР 9.10

№	Назва	Дата	Відр.	Відр.
1	Лист	29.10.88	1	1
2	Лист			
3	Лист			
4	Лист			
5	Лист			
6	Лист			

КС 2134.11.401А

Напрямна

Станд. 45 ГОСТ 1050-88

№	Назва	Дата	Відр.	Відр.
69				1:4

Д. Песман

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

--	--	--	--	--

		І Ф Н Т У Н Г	КС2134.11.401 А		
--	--	----------------------	------------------------	--	--

Напрямна				
-----------------	--	--	--	--

«Затверджую»

**КОМПЛЕКТ
технологічної
документації**

Зав. кафедрою КМВ

Панчук В.Г.

Технологічний процес
механічної обробки
деталі

Розробив: ст. гр. ПМКм-23-1

Юськів Р.Ю.

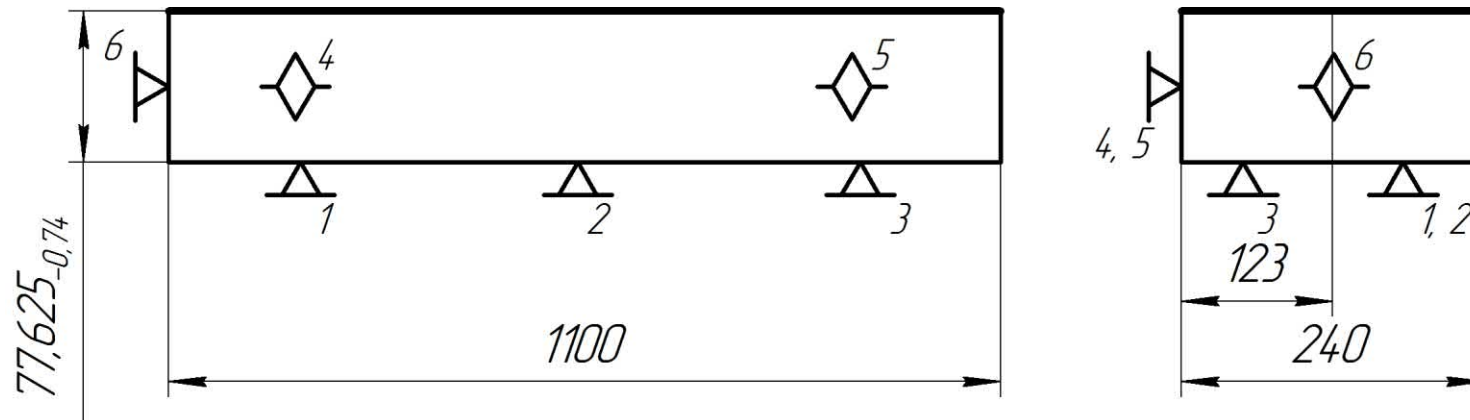
Перевірів: Шуляр Б.Р.

Акт № __ від «__» _____ 2024 р.

ТЛ	
----	--

Дубл.														
Взамін.														
Підпис										Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата
Розробив					І Ф Н Т У Н Г		КС-3575А.14-101-2							
Перевірів														
.														
Н. контр.					Корпус									
<i>P</i>					<i>ПН</i>	<i>Дабо В</i>	<i>L</i>	<i>t</i>	<i>i</i>	<i>s</i>	<i>n</i>	<i>v</i>		
01														
02														
03														
04														
05														
06														
07														
08														
09														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
OK														

Дубл.														
Взамін.														
Підпис										Зм	Ар	Недок.	Підпис	Дата
Розробив	Юськів													
Перевірів	Шуляр					І Ф Н Т У Н Г								
Н. контр.	Шуляр												Н	015



KE

Обробка різанням

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			MP.ПМК-628.03.00.000	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	MP.ПМК-648.03.00.001	Пневмоциліндр D=160		
				ГОСТ 15608-81	3	
		2	MP.ПМК-648.03.00.002	Корпус	1	
				<u>Деталі</u>		
		3	MP.ПМК-648.03.00.003	П'ята	3	
		4	MP.ПМК-648.03.00.004	Упор	1	
		5	MP.ПМК-648.03.00.005	Планка	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		6		Шпонка 7031-0609		
				ГОСТ 14737-69	2	
				Гвинт ГОСТ 1491-80		
		7		M10×30.58	6	
		8		M10×50.58	2	
		9		M6×20.58	4	

					MP.ПМК-648.03.00.000 ПЗ						
Зм.	Арк	Недокум	Підпис	Дата	Пристрій фрезерний (оп.№025)			Літ.	Арк	Аркушів	
Розробив	Юськів							н	1	2	
Перевір.	Шуляр							ІФНТУНГ ПМКм-23-1			
Реценз.											
Н. Контр.	Шуляр										
Затв.	Петрина										

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			MP.ПМК-648.04.00.000	Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
		1	MP.ПМК-648.04.00.001	Основа	1	
		2	MP.ПМК-648.04.00.002	Стояк	1	
		3	MP.ПМК-648.04.00.003	Повзун	1	
		4	MP.ПМК-648.04.00.004	Штатив	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		5		Упор ГОСТ 12216-66	1	
		6		Гвинт ГОСТ 14731-69		
				7006-0015	1	
		7		Гвинт ГОСТ14726-69		
				7003-0254	1	
		8		Індикатор 2ГРЗ		
				ГОСТ 9596-82	1	
		9		Плита		
				ГОСТ 10905-86	1	

					MP.ПМК-648.04.00.000 ПЗ						
Зм.	Арк	Недокум	Підпис	Дата	Пристрій контрольний			Літ.	Арк	Аркушів	
Розробив	Юськів							н	1	1	
Перевір.	Шуляр							ІФНТУНГ ПМКм-23-1			
Реценз.											
Н. Контр.	Шуляр										
Затв.	Панчук										

Схема обробки поверхні 75h8
на плоскошліфувальному верстаті
мод. 3Б724

Теоретична діаграма точності

ПП24А16ПСМ27К1А 35 м/с

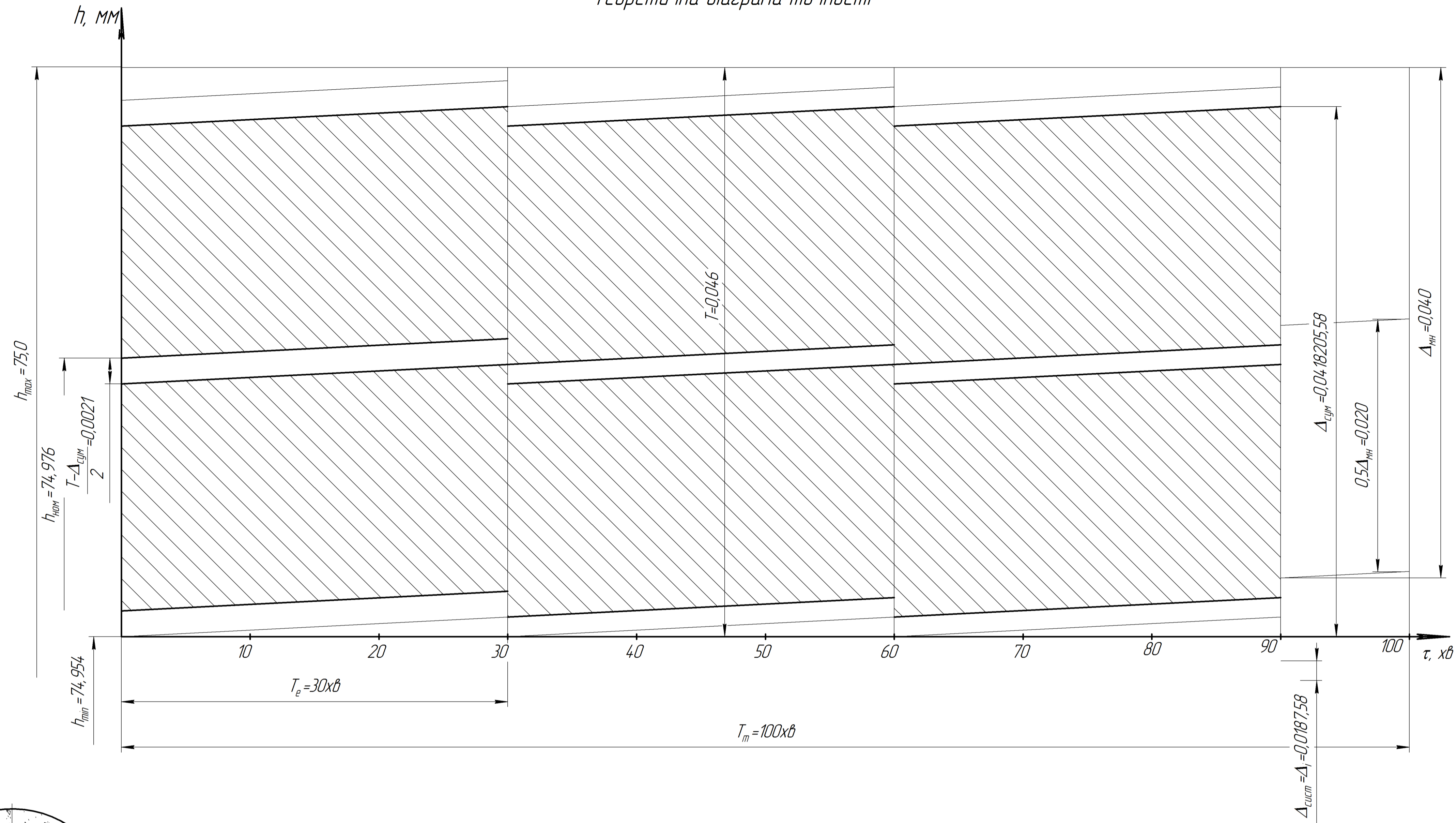
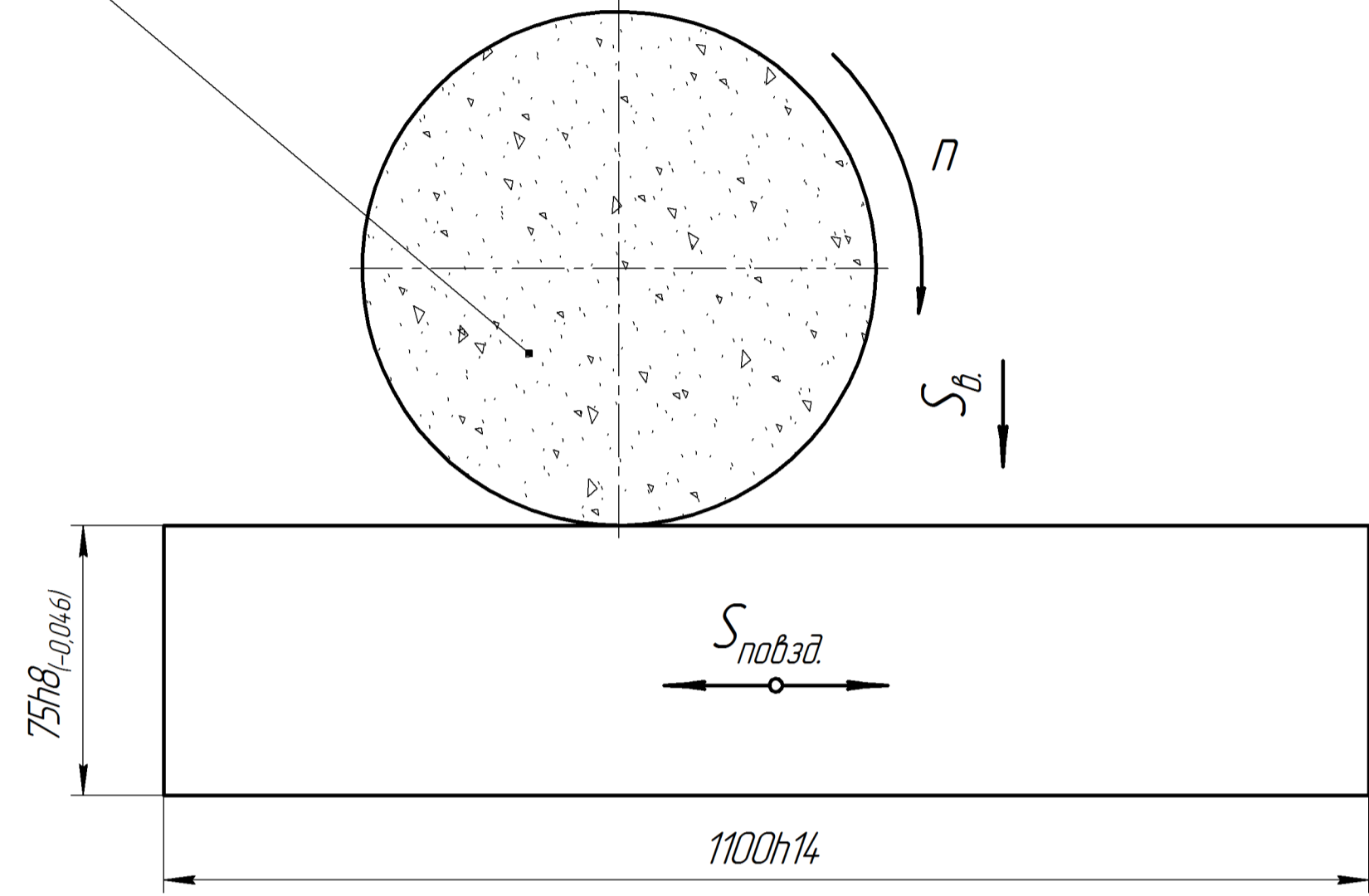
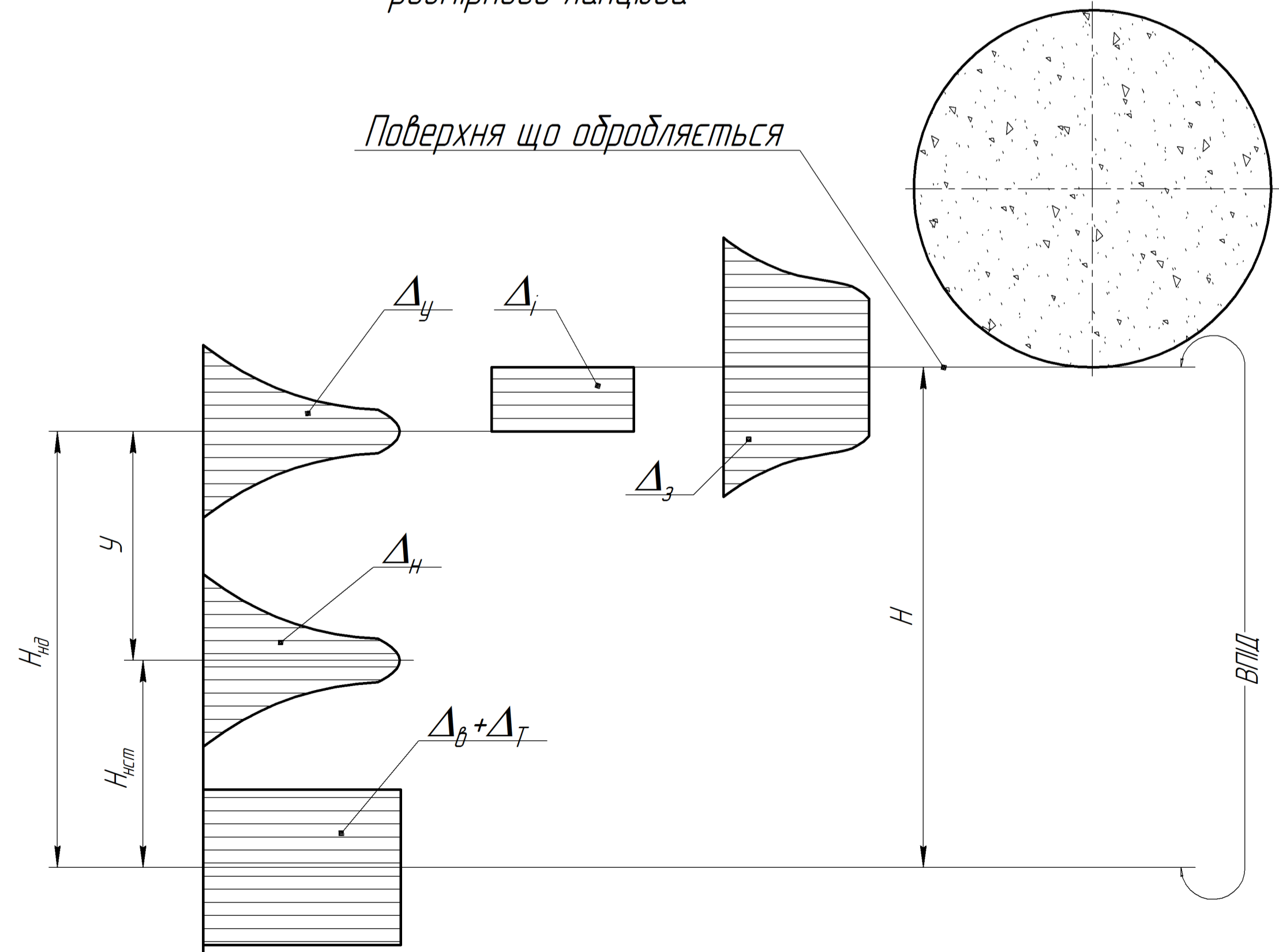
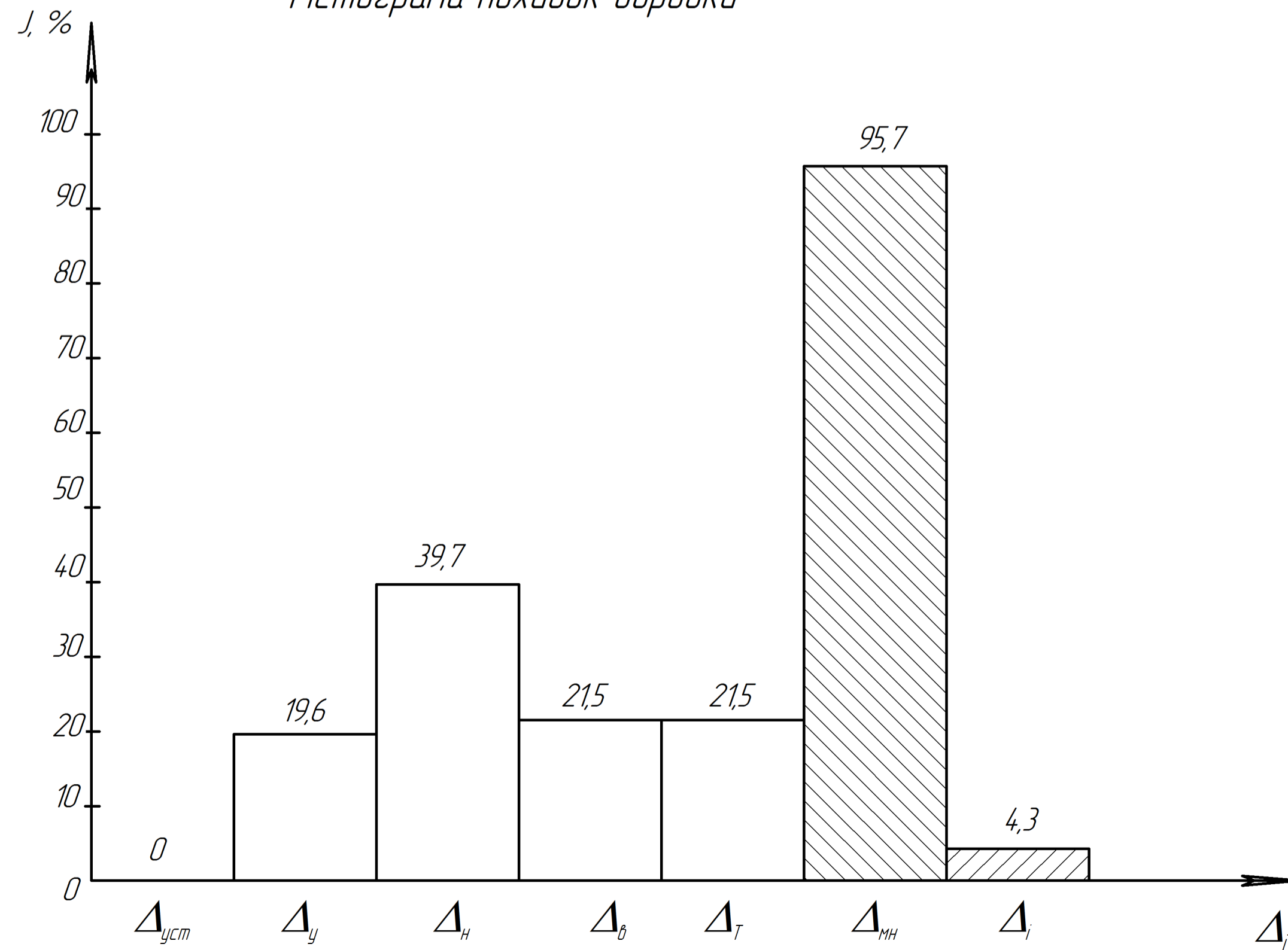


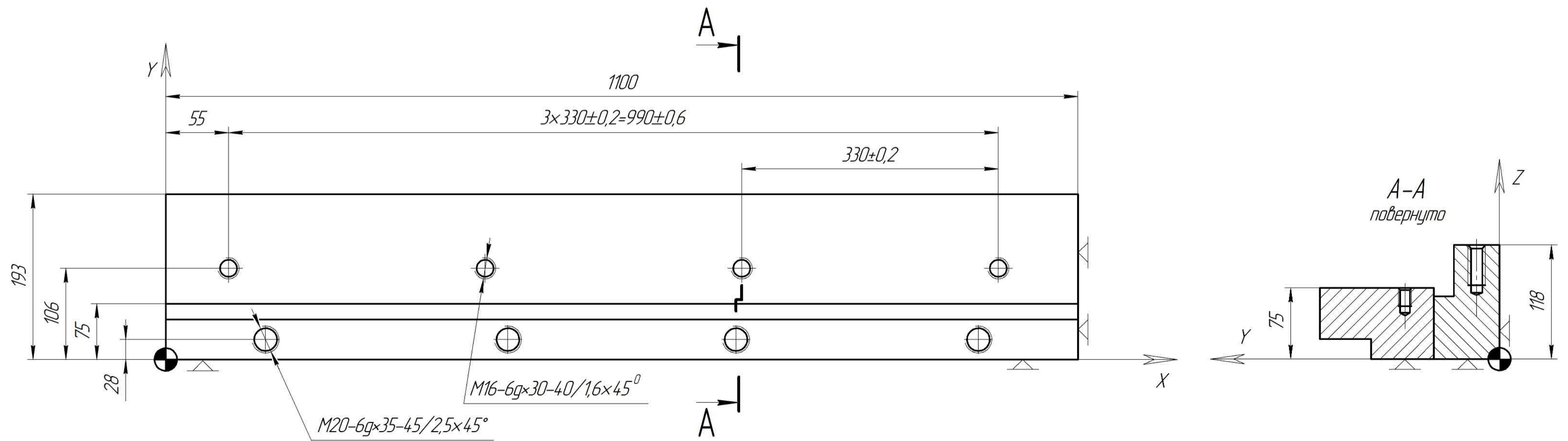
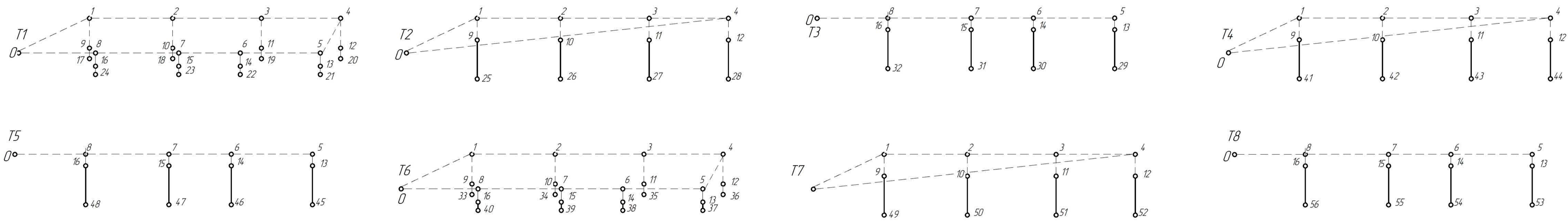
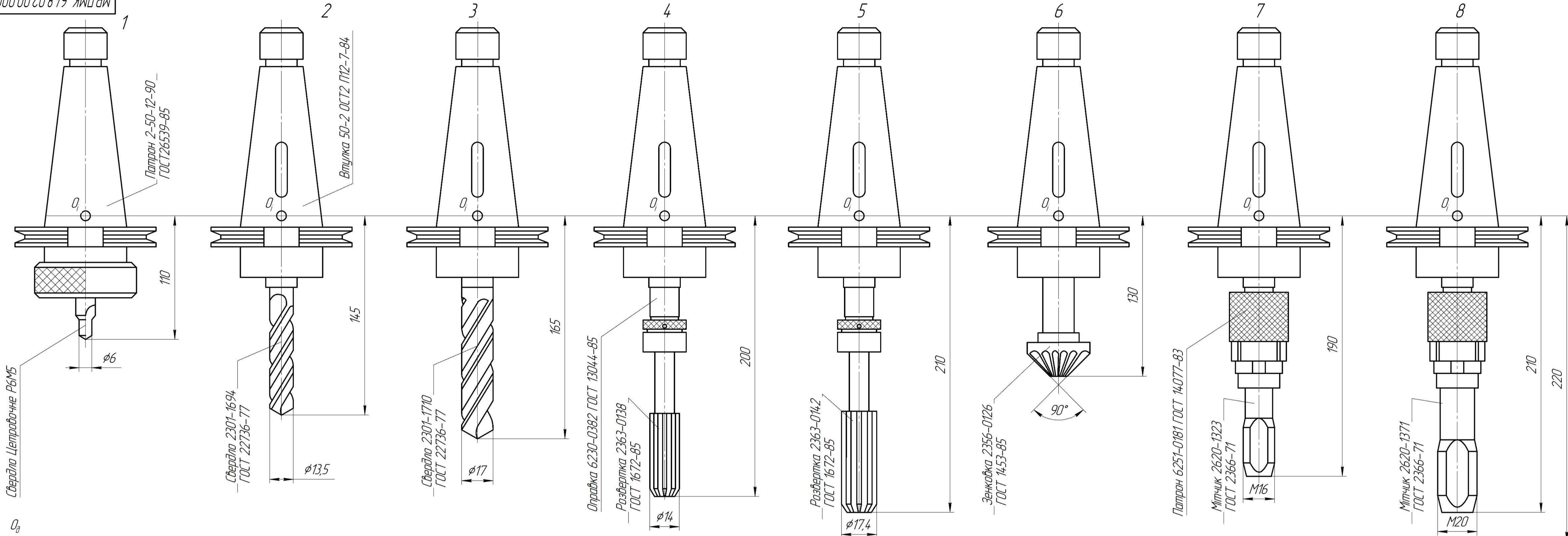
Схема технологічного
розмірного ланцюга



Гістограма похибок обробки

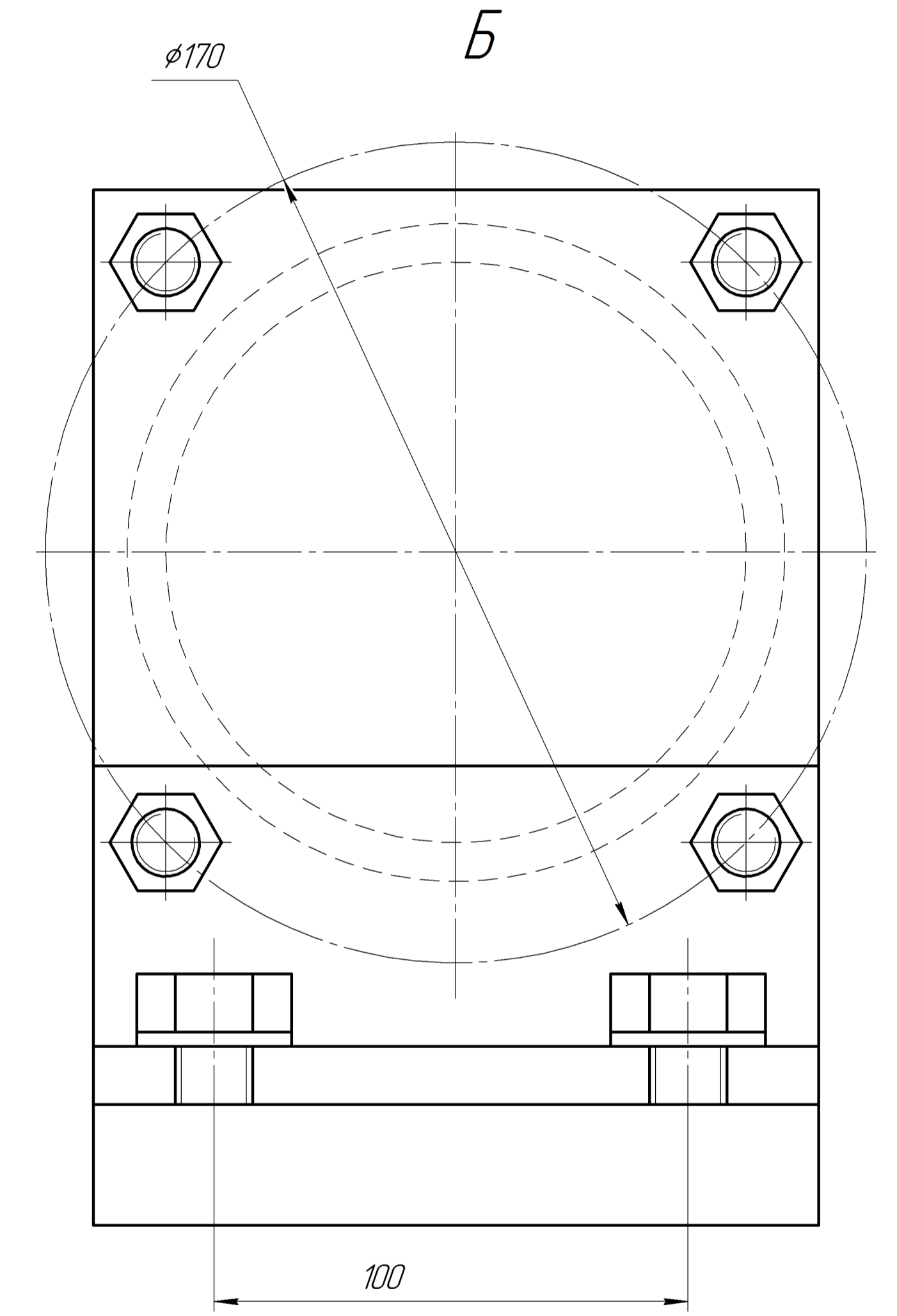
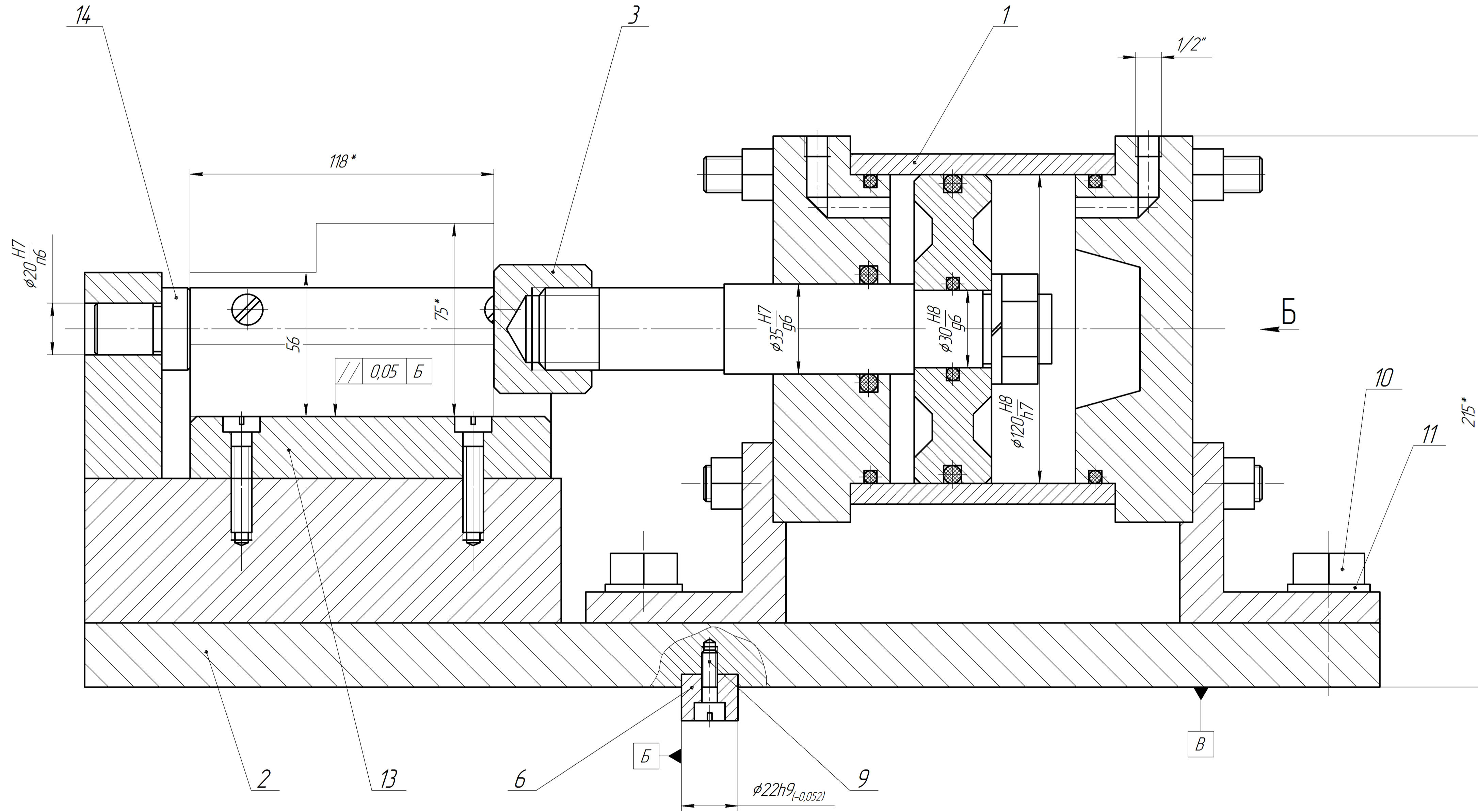


МР.ПМК-648.01.00.000 СХ				Лит	Маса	Масштаб
Графічний аналіз точності				Н	-	-
Зм.	Арх.	№ Докм.	Підп.	Дата	Архив	Архив
Разраб.	Шляр					1
Перев.	Шляр					
Т.контр.	Шляр					
Реценз.						
Н.контр.	Шляр					
Затв.	Ланчик					

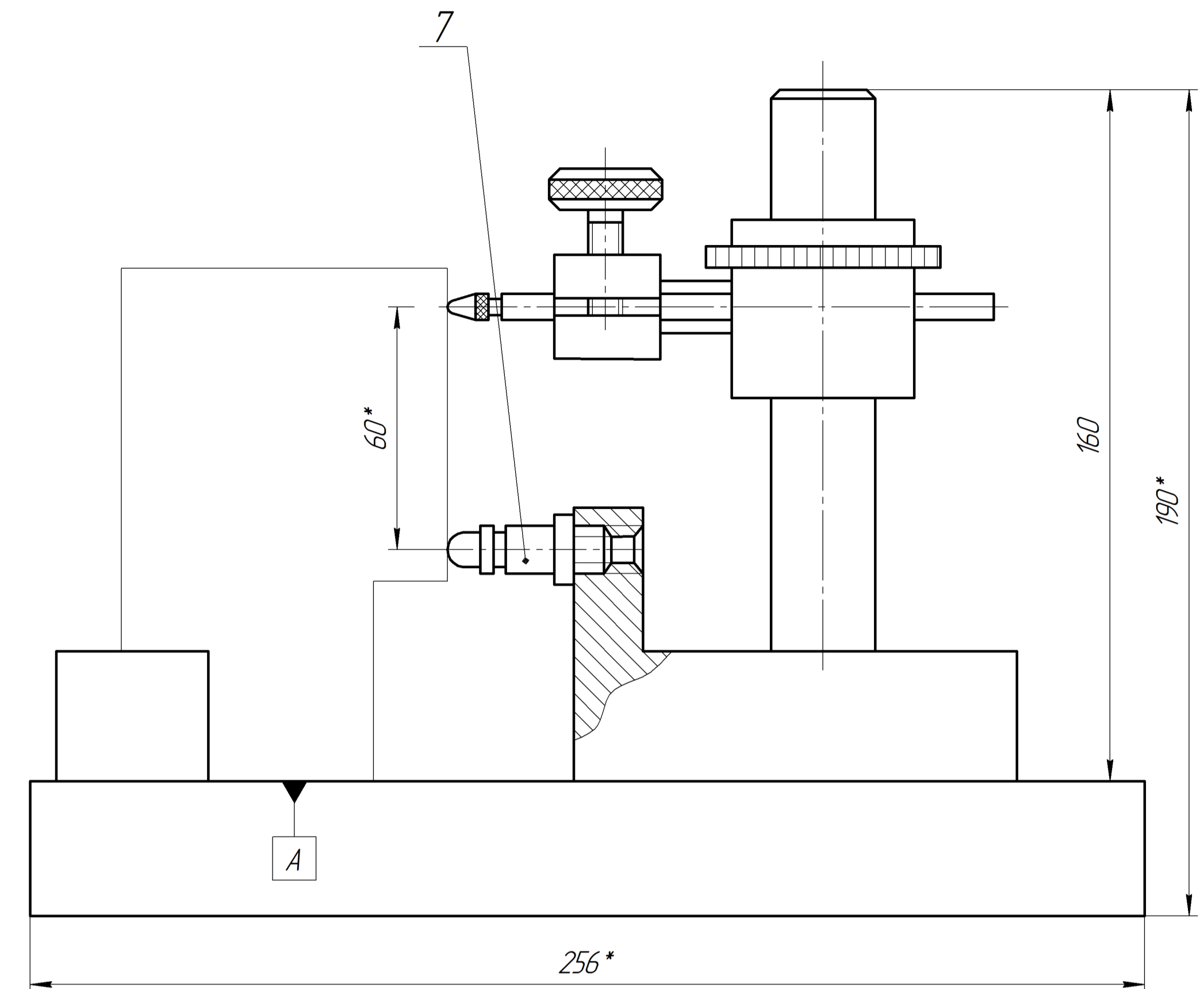
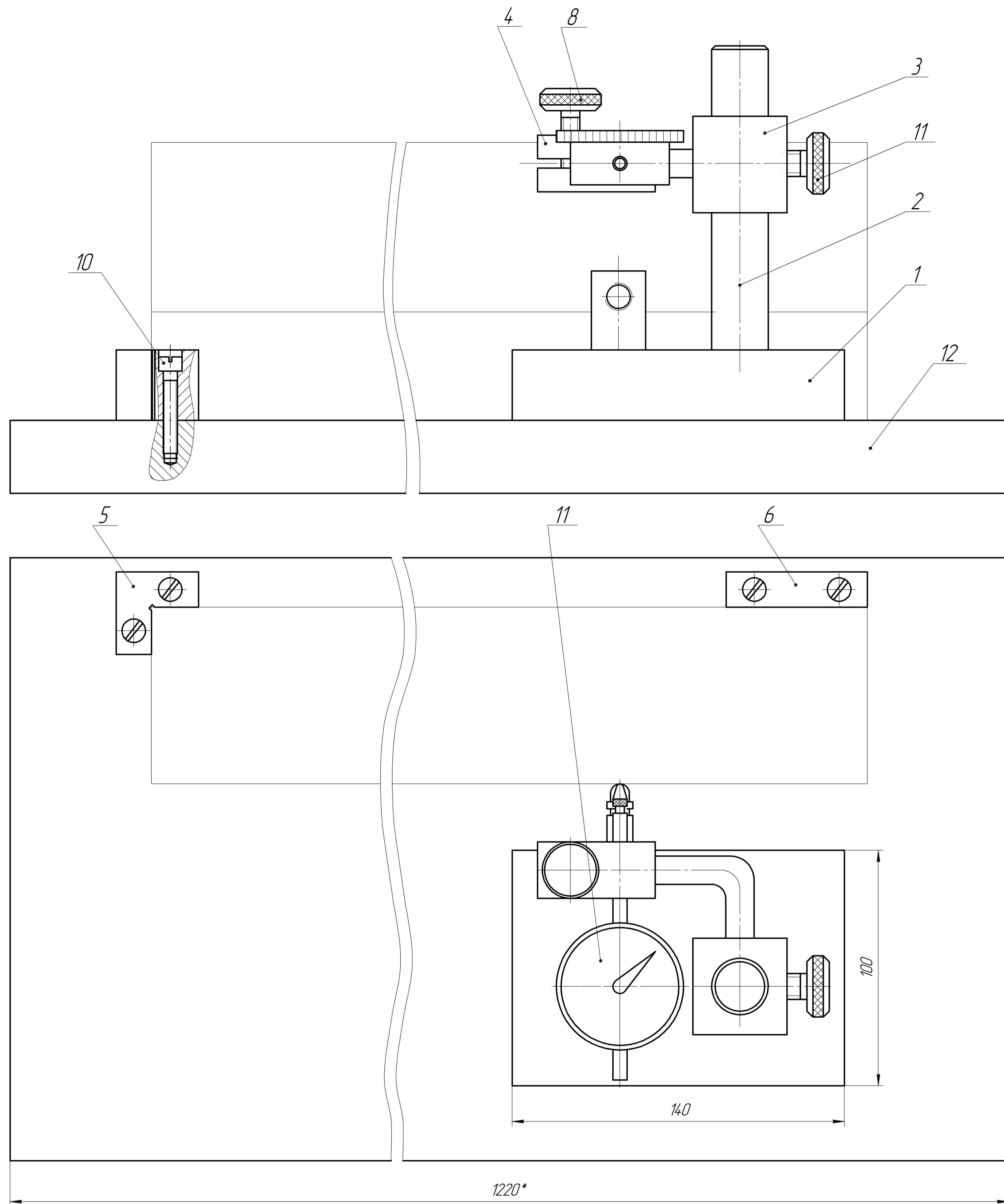


МР.ПМК-648.02.00.000СХ				Лит			Маса			Масштаб		
Зм.	Арк.	№ Док.	Підп.	Дата	Н	-	-	-	-	-	-	
Разр.	Шляр	Шляр	Шляр		Архив	Архив	1					
Перев.	Шляр	Шляр	Шляр									
Т.контр.	Шляр	Шляр	Шляр									
Реценз.	Шляр	Шляр	Шляр									
Н.контр.	Шляр	Шляр	Шляр									
Затв.	Панчик	Панчик	Панчик									
Карта налагодження на вертикально-свердильну операцію №030					Верстат мод. СМ213							
					ІФНТУНГ ПМКМ-23-1							

A-A

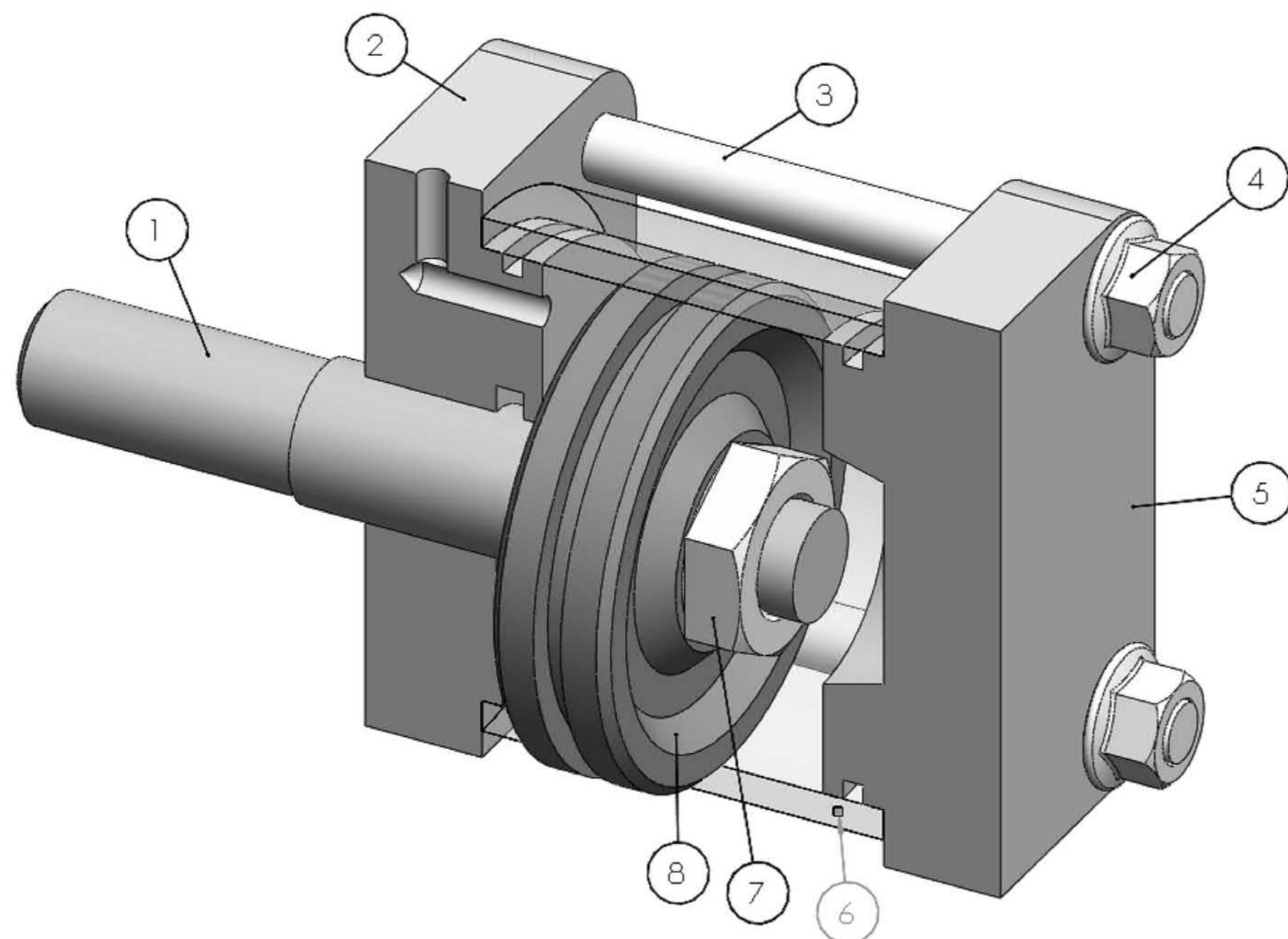


					MP.ПМК-648.03.00.000СК		
Эк.	Арх.	№ Док.	Подп.	Дата	Пристрій верстатний на операцію №025		
Разраб.	Віський				Лит	Маса	Масштаб
Перев.	Шиллар				Н		1:1
Т.контр.	Шиллар				Архив	Архив	1
Реценз.					Верст. мод. 6М610Ф1		
Н.контр.	Шиллар				ІФНТУНГ		
Затв.	Панчик				ПМКМ-23-1		

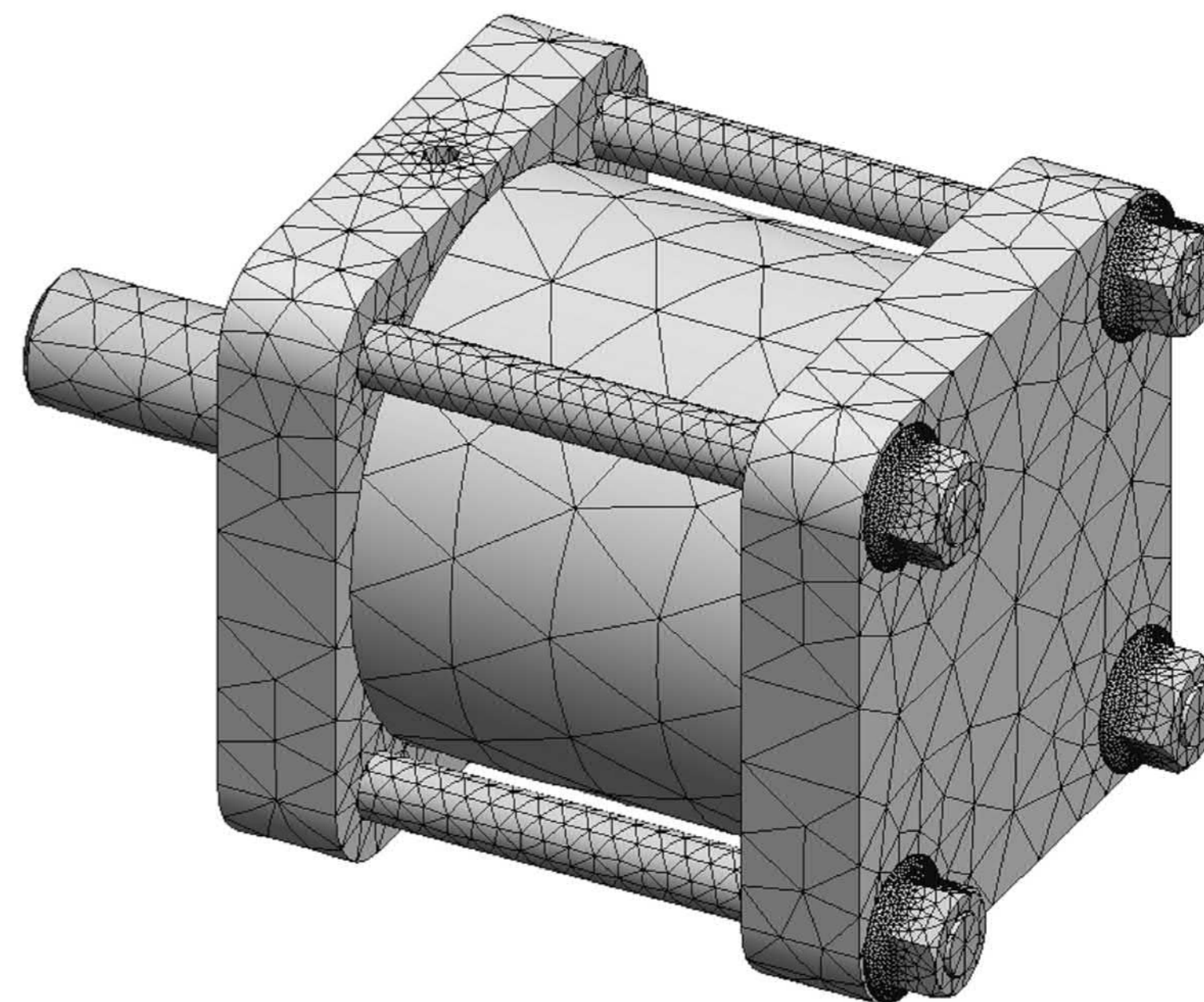


1* Розміри для довідок
 2 Ціна поділки індикатора 1 мкм
 3 Похибка вимірювання пристрою - 6,2 мкм
 4 Маркувати: $\frac{MP.ПМК-648.04.00.000}{КС2134.11.4.01A}$

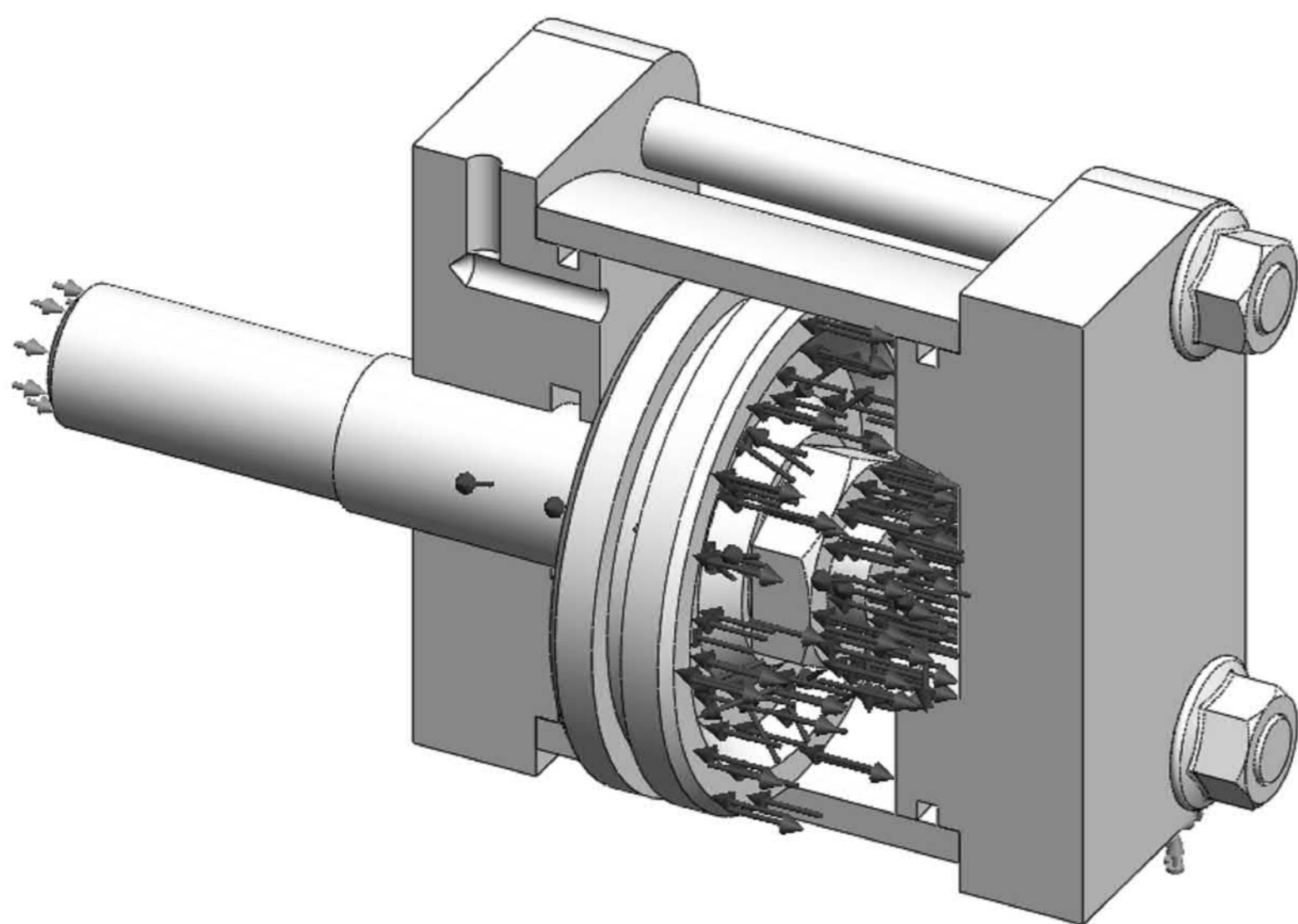
MP.ПМК-648.04.00.000СК					Лит	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ Док.	Підп.	Дата	Пристрій для контролю перпендикулярності		
Розроб.	Віськиб				Н	-	1:1
Перев.	Шуляр				Архив 1		
Т.контр.	Шуляр				ІФНТУНГ		
Реценз.					ПМКМ-23-1		
Н.контр.	Шуляр						
Затв.	Панчик						



1 – шток; 2 – кришка наскрізна; 3 – шпилька; 4 – гайка;
 5 – кришка глуха; 6 – циліндр; 7 – гайка; 8 – поршень
 Тривимірна модель для проведення імітаційного моделювання

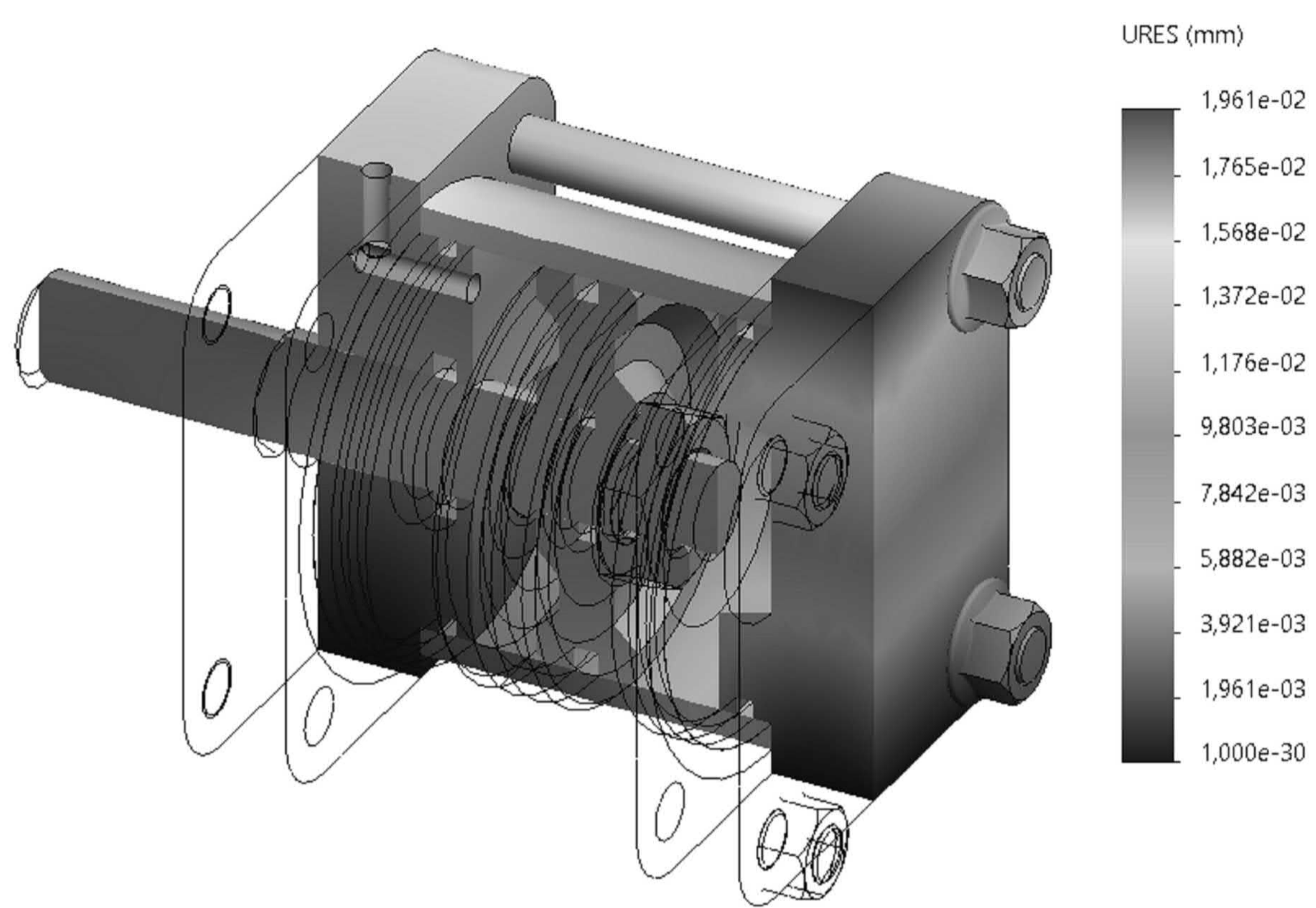


Сітка скінченних елементів

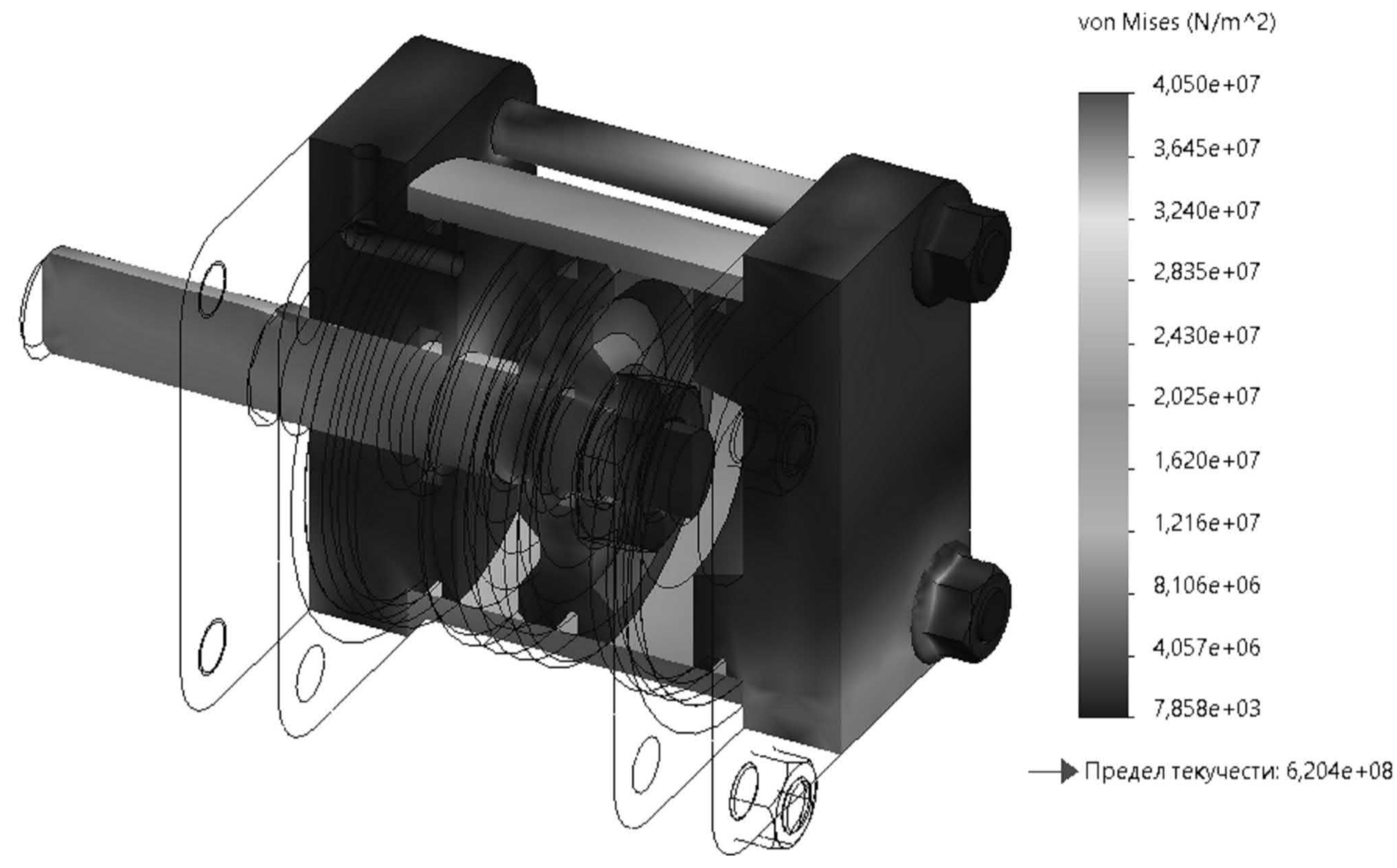


Прикладання граничних умов

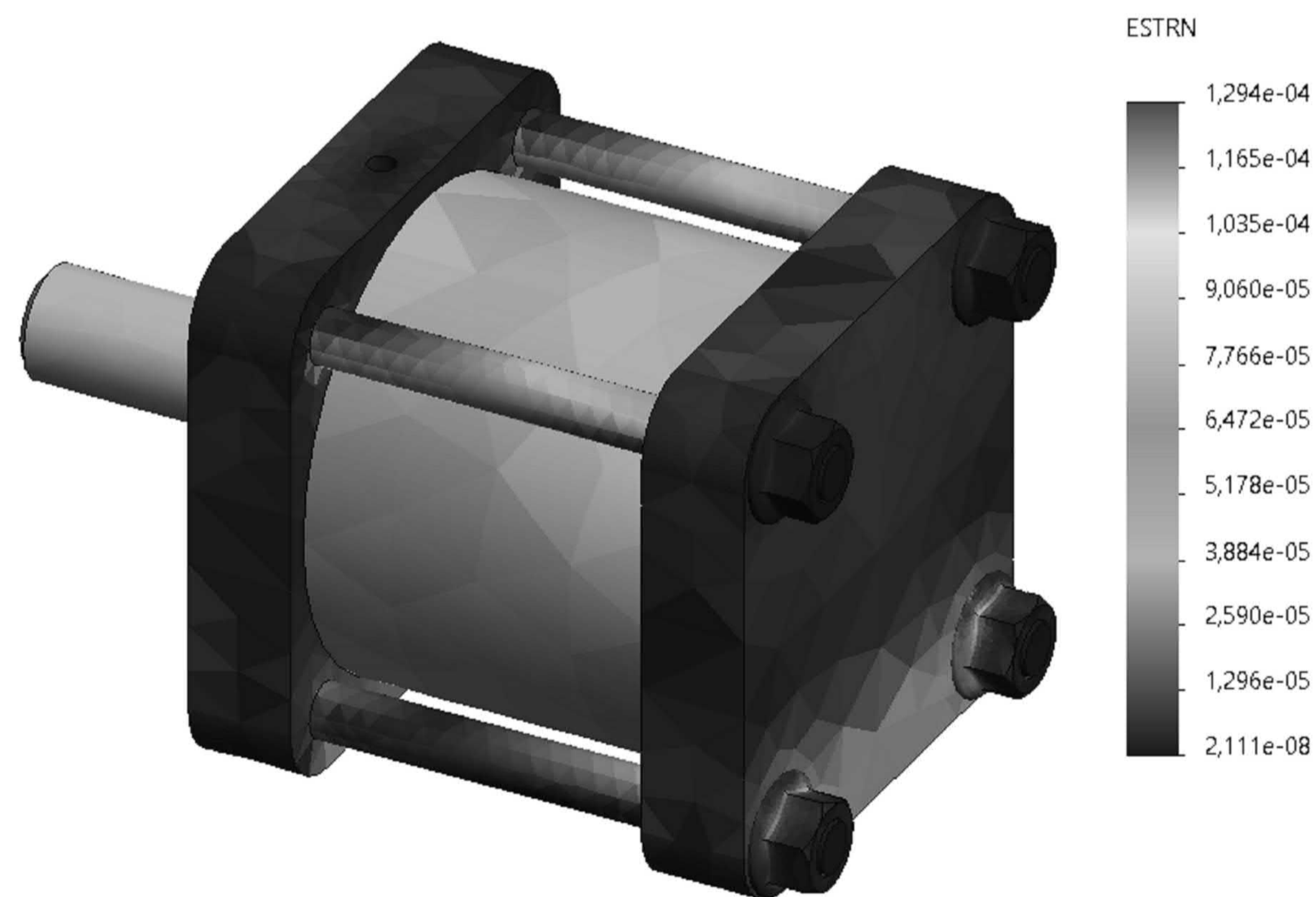
					MP.ПМК-648.05.00.000 СХ				
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підп.	Дата	Тривимірні моделі притискача		Лит.	Маса	Масштаб
Разраб.	Юськів						Н		1:1
Перев.	Шуляр						Аркциш	Аркцишів	1
Т.контр.	Шуляр						ІФНТУНГ		
Н.контр.	Шуляр						ПМКм-23-1		
Затв.	Панчик								



Еквівалентні напруження



Переміщення



Деформація



Коефіцієнт запасу міцності

				MP.ПМК-64.8.06.00.000 СХ			
Зм.	Арк.	№ Док.	Підп.	Дата	Лит	Маса	Масштаб
Розроб.	Шуляк				Н		1:1
Перев.	Шуляк				Архив	Архив	1
Т.контр.	Шуляк				ІФНТУНГ		
Н.контр.	Шуляк				ПМКМ-23-1		
Затв.	Панчик						