

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки та робототехніки
Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Витвицький Володимир Мирославович
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621
(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Технологічний процес виготовлення деталі «Стінка ф88.613.030»
для умов середньосерійного типу виробництва
(назва роботи)

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

131-Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

В.М.Витвицький

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Костюк Назар Олегович, PhD, доцент кафедри КМВ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

професор _____ Панчук В.Г.
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

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

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень магістр

Спеціальність 131-Прикладна механіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« _____ » _____ 20__ року

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

Витвицький Володимир Мирославович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологічний процес виготовлення деталі «Стінка фб8.613.030» для умов середньосерійного типу виробництва

керівник роботи Костюк Назар Олегович, PhD, доцент кафедри КМВ

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від " 22 " 11 2024 року № 780/7

2. Строк подання студентом роботи 12 грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Робоче креслення деталі Стінка фб8.613.0301», Тип виробництва середньосерійний.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ, 1. Конструкторсько-технологічний аналіз, 2.Проектування технології виготовлення деталі, 3.Проектування технологічної оснастки, 4.Науково-дослідна частина, 5.Перелік літературних джерел, 6.Додатки, 7.Графічна частина.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення деталі, креслення заготовки, карта наладки, аналіз точності, проектування верстатного пристрою, проектування контрольного пристрою, науково-дослідна.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Костюк Назар Олегович, доцент кафедри КМВ		
2	Костюк Назар Олегович, доцент кафедри КМВ		
3	Костюк Назар Олегович, доцент кафедри КМВ		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Конструкторсько-технологічний аналіз		
2	Проектування технології виготовлення деталі		
3	Проектування технологічної оснастки		
4	Науково-дослідна частина		
5	Графічна частина		
6	Захист магістерської роботи		

Студент _____
(підпис)

Витвицький.В.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Костюк Н. О.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної магістерської роботи: «Технологічний процес виготовлення деталі «_Стінка фб8.613.030» для умов середньосерійного типу виробництва ».

Розрахунково-пояснювальна записка: 73 сторінки, 14 рисунків, 11 таблиць, 11 посилань.

Графічна частина: 5 аркушів формату А1, 1 аркуш формату А2.

Об'єктом дослідження є визначення оптимальних технологічних параметрів процесу механічної обробки деталі "кришка передня" та розробка конструктивних параметрів верстатних і контрольних пристроїв.

Предмет дослідження – технологічний процес виготовлення корпусної деталі " Стінка фб8.613.030".

Мета роботи – вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі "Стінка фб8.613.030", що забезпечить відповідність готової деталі технічним вимогам.

У межах магістерської роботи проведено аналіз конструкції деталі, типовий технологічний процес її виготовлення та спосіб отримання заготовки. На основі результатів аналізу та з урахуванням рекомендацій літературних джерел розроблено проектний технічний процес виготовлення деталі для заданого типу виробництва.

Основні етапи включають:

- обґрунтування методу отримання заготовки;
- розрахунок припусків, режимів різання та норм часу на механічні операції.

Для підвищення продуктивності праці та дотримання техніки безпеки розроблено верстатний пристрій, працездатність якого підтверджено відповідними розрахунками. Також створено контрольний пристрій для перевірки правильності виготовлення деталі.

У науково-дослідній частині досліджено вплив вібрацій на поведінку деталі. В додатках представлено технологічну документацію та специфікацію пристроїв.

Результати роботи можуть бути застосовані в машинобудівній галузі.

Ключові слова: деталь, заготовка, технологічна операція, режими різання, швидкість різання, верстатний пристрій, контрольний пристрій, сила затиску, інструмент.

Студент

Витвицький В.М.

SUMMARY

Master's Qualification Work: "Technological process for manufacturing the part 'Wall FB8.613.030' under medium-batch production conditions."

Calculation and explanatory note: 73 pages, 14 figures, 11 tables, 11 references
Graphical part: 5 sheets of A1 format, 1 sheet of A2 format.

The **object of the study** is the determination of optimal technological parameters for the mechanical processing of the part "Front Cover" and the development of structural parameters for machine and control devices.

The **subject of the study** is the technological process for manufacturing the housing part "Wall FB8.613.030".

The **objective** of the work is to improve the technological process for manufacturing the part "Wall FB8.613.030" to ensure compliance with technical requirements.

Within the framework of the master's work, an analysis of the part's design, the typical technological process of its production, and the method of obtaining the blank were carried out. Based on the analysis and considering recommendations from literature sources, a project-based technological process for manufacturing the part under the specified production conditions was developed.

The main stages include:

- substantiation of the method for obtaining the blank;
- calculation of allowances, cutting modes, and time norms for mechanical operations.

To increase productivity and ensure safety during part processing on metalworking machines, a machine tool device was designed and its operability was confirmed through appropriate calculations. A control device was also developed to verify the correctness of the manufactured part.

In the research section, the behavior of the part under various vibration conditions was studied. The appendices include technological documentation and specifications for the devices.

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

Key words: part, workpiece, technological operation, cutting modes, cutting speed, machine tool, control device, pressure force, tool.

Student

Vytvytskyi V.M.

Зміст

Вступ	4
1. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ.....	5
1.1. Аналіз призначення і конструкції деталі	5
1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі	10
1.3. Визначення річної програми та кількості деталей в партії	12
1.4. Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки	15
1.5. Опис і аналіз базового технологічного процесу	16
1.6. Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення технологічних розмірів.....	18
1.7. Розрахунок режимів різання і уточнення моделей верстатів	22
1.8. Нормування технологічного процесу.....	34
1.9. Проектування керуючої програми обробки на верстаті з ЧПК	34
1.10. Аналіз точності обробки.....	35
2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	43
2.1. Загальний опис пристрою	43
Пристрій призначається для базування і закріплення заготовки. Пристрій використовується на столі верстатів 2P135Ф3, 6P13.	45
2.2. Вибір типу затискача, його конструктивних розмірів	46
2.3. Розрахунок початкової сили затискача та його конструктивно-розмірні параметри	48
2.4. Вимоги з техніки безпеки.....	49
3 НАУКОВО ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	50
Перелік літературних джерел	73

					МР.ПМКм-627.00.000.ПЗ						
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка						
Розроб.									Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.									6		
Н. Контр.									ІФНТУНГ		

Вступ

Під технологією машинобудування розуміють наукову дисципліну, яка вивчає переважно процеси механічної обробки деталей, попутно розглядає питання вибору заготовок і методи їх виготовлення. Це пояснюється тим, що в машинобудуванні задані форми деталей з точністю та кількістю їх поверхонь, які вимагаються, досягаються в основному шляхом механічної обробки не завжди можуть забезпечуватись. В процесі механічної обробки деталей машин виникає найбільша кількість проблемних запитань, пов'язаних з необхідністю виконання технічних вимог, поставлених конструктором перед виробництвом. Процес механічної обробки поверхонь з експлуатацією технологічного обладнання-металорізальних верстатів, трудомісткість і собівартість механічного обладнання більша, ніж на інших етапах процесу виготовлення машин.

Ці обставини пояснюють розвиток технології машинобудування як наукової дисципліни в першу чергу в напрямку вивчення питань технології механічної обробки, які в найбільшій мірі впливають на продуктивність підприємства.

Зменшення витрат на виготовлення виробів у машинобудуванні є неодмінною умовою підвищення прибутковості й конкурентно-спроможності машинобудівного виробництва в ринкових умовах. Обробка різанням - найголовніша стадія у виробництві машин як за часткою, так і за впливом на якість машин. Тому вдосконалення технології механічної обробки заготовок деталей машин є важливою і актуальною задачею.

						Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.Технологічна частина

1.1. Опис призначення і конструкції деталі.

Деталь “Стінка фб8.613.030” призначена для кінцевого збирання редуктора, який змінює напрям обертання з попередньої передачі. Стінка є важливою деталлю даної збірки адже вона фіксує собою вали зубчастих передач. Перед тим як її встановлювати на посадочні місця на них мають бути нанесений герметик для редукторів та спеціальна гумова вставка яка буде надавати герметичність усьому редуктору. Вона встановлюється в корпус після того як будуть поставлені на місця дві однакові шестерні з насадженими на них валами. Перед цим у відповідні отвори насаджують підшипники ГОСТ 8338-75. Після цих операції до “Стінки” ставлять заглушки підшипників . Редуктор вважається зібраним коли встановлені дані деталі . Після цього його можна передавати на виробничі випробовування . В збірці використовується дві такі деталі, це дозволяє легко обслуговувати механізм, і за потреби вони взаємозамінними.

Деталь виглядає як плита з двома півколами по бокам, радіус яких рівний її довжині. Якщо на неї дивитися зверху то через неї проходять дві вісі симетрії по вертикалі та по горизонталі. В центрі кіл розташовані основні отвори деталі в які вставлятимуться підшипники через які будуть проходити вали зубчастих передач, також вони мають стінки які виступають з площини. Для проходження валів наявні отвори меншого діаметру. Також по периметру передбачені кріпильні отвори і вздовж краю виробу півкола які дозволяють легше демонтувати конструкцію. Для збільшення надійності деталі в ній присутні ребра жорсткості які відіграють важливу роль у підвищенні механічної стабільності та забезпеченні необхідної міцності конструкції. Завдяки ним нам не обов’язково робити деталь дуже товстою, це дозволяє зекономити матеріал та зробити її легшою . Вони розташовані біля основних отворів. Стінки отворів з’єднані спільним ребром жорсткості)

Для повного розуміння конструктивних особливостей деталі її поверхні, службове призначення, геометричну конфігурацію та розміри доцільно представити

						Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

у вигляді таблиці, що спрощує аналіз і використання даних при проектуванні й виготовленні.

Основними та найточнішими поверхнями деталі є отвори $\varnothing 47 (+0,027)$, які виконують базові функції з'єднання. Для забезпечення необхідної точності їх виготовлення застосовуються відповідні методи механічної обробки.

Шорсткість поверхні 1 із параметром Ra 3,2 забезпечує якісне базування деталі на корпусі механізму, що гарантує стійкість і точність позиціонування.

Матеріалом для виготовлення деталі обрано сірий чавун СЧ20 згідно з ДСТУ 2834-94. Цей матеріал оптимально відповідає механічним вимогам до деталі завдяки своїй міцності, демпфуючим властивостям і здатності витримувати навантаження. Крім того, сірий чавун дозволяє отримати заготовку методом литва, що є економічно вигідним і технологічно доцільним рішенням.

Детальний склад і механічні властивості чавуна СЧ20 наведені в таблицях 1.2 та 1.3.

Ці дані підтверджують відповідність матеріалу експлуатаційним вимогам, зокрема його міцність, твердість і стійкість до зношування.

Деталь також розроблена з урахуванням технологічних і експлуатаційних особливостей, що забезпечує її ефективність у складі механізму та довговічність у використанні.

Таблиця 1.2 – Механічні властивості СЧ15 ГОСТ1412-85

σ_T	σ_B	$\Delta s. \%$	$\Psi. \%$	НВ (не більше)
не менше				
245	412	25	20	159

Таблиця 1.3 – Хімічний склад СЧ15 ГОСТ1412-85, %

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As
не більше								
0,17- 0,24	0,17- 0,37	0,35- 0,65	0,25	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведемо класифікацію поверхонь деталі. Це необхідно для вирішення низки завдань. Класифікація використовується для розробки технологічного процесу, адже визначення типу поверхні (циліндрична, плоска, фасонна тощо) допомагає обрати оптимальний метод і відповідний інструмент для обробки. Вона також сприяє підвищенню точності обробки, дозволяючи враховувати геометричні та якісні параметри поверхні, такі як шорсткість і хвилястість, що впливають на функціональність деталі.

Крім того, класифікація забезпечує оцінку функціональних характеристик поверхонь, допомагаючи визначити їхню здатність виконувати задані функції, наприклад, переносити навантаження або взаємодіяти з іншими деталями. Це сприяє оптимізації виробничих процесів, оскільки групування схожих поверхонь дозволяє стандартизувати обладнання й методи обробки, що зменшує витрати.

Важливою є також роль класифікації в контролі якості, адже вона дає змогу встановлювати точні вимоги до параметрів поверхонь, що полегшує перевірку відповідності готової продукції технічним умовам. Таким чином, класифікація поверхонь є ключовим етапом у забезпеченні ефективної обробки та високої якості деталей.

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

Таблиця 1.3 – Опис конструкції деталі

№ поверхні чи групи	Поверхня, конфігурація	Розміри	Квалітет точності	Точність форми, розміщення	Шорсткість
1, 2	Плоска поверхня	23	h14	Допуск перпендикулярності не перевищує 0,02/100 відносно бази Д Допуск площинності не перевищує 0,055	3,2
3	Ребро жорсткості	8	h14	-	12,5
4	Внутрішня	Ø47	(+0,027)	-	3,2
5	циліндрична на поверхня	Ø23			6,3

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6	Фаска	1x45	H14	-	12,5
7	Внутрішня різьбова поверхня	M6x1		Позиційний допуск 0,09 мм	12,5
8	Внутрішня циліндрич	Ø13,5	H14	Позиційний допуск 0,25 мм	12,5
9	на	Ø10	H7	-	12,5
10	поверхня	Ø5	H14		12,5

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі.

Деталь виготовляється з сірого чавуну марки СЧ20 відповідно до ДСТУ 2834-94. Цей матеріал добре піддається литтю, що забезпечує можливість отримання необхідної геометричної форми деталі з мінімальними витратами на подальшу механічну обробку.

СЧ20 — це сірий чавун, який широко використовується у промисловості завдяки своїм унікальним властивостям. Назва матеріалу означає, що це «сірий чавун» із мінімальною межею міцності на розрив 20 кгс/мм^2 (200 МПа). Графіт у його складі надає характерну пластинчасту структуру, що забезпечує матеріалу високу здатність гасити вібрації та хорошу оброблюваність.

Цей чавун містить вуглець, кремній, марганець, а також невелику кількість сірки та фосфору. Завдяки своєму хімічному складу СЧ20 поєднує міцність, твердість (170–229 НВ) і високу литтєву здатність.

СЧ20 найчастіше застосовують у виробництві станин верстатів, корпусів механізмів, блоків двигунів і деталей сантехнічного обладнання. Його використовують там, де потрібна висока точність, здатність поглинати коливання та зносостійкість.

Завдяки своїм технологічним перевагам та економічній доступності, СЧ20 залишається незамінним матеріалом у багатьох галузях промисловості.

За здатністю обробки тиском даний матеріал належить до групи МЗ-вміст вуглецю до 4% і легуючих елементів до 0,35%, яка серед трьох груп найгірше обробляється тиском.

Оброблюваність різанням визначають за коефіцієнтом оброблюваності різцями відносно стандартного матеріалу (сталь 45 з $G_b = 650 \text{ МПа}$; 197 НВ):

$$K_v = \frac{V_{60}}{V_{e60}},$$

						Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де V_{60}' - Швидкість різання матеріалу при стійкості інструменту, що дорівнює 60 хвилинам;

V_{e60} - Швидкість різання еталонного матеріалу за умови 60-хвилинної стійкості інструменту.

Згідно [9]с.29-34 $V_{60}'=111\text{м/хв}$; $V_{e60}=115\text{м/хв}$;

$$K_v=105/115=0,965;$$

Аналіз технологічності деталі виконано відповідно до методики [1, с.12], яка враховує наступні аспекти:

- Заготовка виготовляється методом лиття, що потребує підрізання торців ступиць, наявних у виливках.
- Перехід від лиття в піщану форму до лиття в кокіль дозволить підвищити точність заготовки та зменшити шорсткість поверхонь.
- Усі поверхні деталі розташовані під прямими кутами або паралельно одна до одної.
- Жорсткість деталі є достатньою, що дозволяє уникнути коригування режимів різання.
- Відсутність внутрішніх різьбових отворів великого діаметра спрощує процес обробки.
- Отвори в конструкції дозволяють здійснювати наскрізну обробку.
- Використання багатошпиндельних верстатів дає змогу одночасно обробляти кілька отворів.
- Конструкція включає достатню кількість точних і відповідних за розмірами поверхонь, які можуть слугувати постійними базами для чистової обробки.
- Розташування базових поверхонь у протилежних частинах деталі унеможливорює обробку всіх поверхонь з однієї установки.

						Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Конструкція деталі передбачає можливість обробки як плоских, так і циліндричних поверхонь наскрізним проходом.
- Усі поверхні деталі забезпечують вільний доступ для інструменту.
- Через конструктивні обмеження глухі отвори не можуть бути замінені наскрізними.

“Стінка” характеризується хорошими технологічними властивостями, що сприяє раціональній організації її виготовлення із застосуванням доступних методів механічної обробки та забезпечує оптимізацію виробничих витрат.

						Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3. Визначення програми випуску деталей та типу виробництва і кількості деталей в партії.

Для забезпечення виробничого процесу необхідно визначити річну програму випуску деталей, що залежить від потреби у виробі та графіка його виготовлення. Річна програма є ключовим показником, який враховується при виборі технологічного процесу, обладнання та методів організації виробництва.

Кількість деталей у партії визначається з урахуванням типу виробництва, економічної доцільності, доступності обладнання, а також мінімізації втрат часу на переналагодження. Оптимальне розраховане значення забезпечує зниження витрат та підвищення продуктивності праці.

Початкові дані:

деталь- стінка;

маса деталі 5,7 кг;

тип виробництва- дрібносерійний.

Таблиця 1.4.-Трудомісткість операцій

№ оп.	Назва операції	Тшт., хв
005	Заготівельна (Ливарна)	—
008	Термічна	—
010	Горизонтально-фрезерна	6,7
020	Вертикально-свердлильна	5,9
030	Вертикально-свердлильна	1,4
040	Свердлильно-фрезерно-розточна	12,4
030	Слюсарна	-
040	Контрольна	-

Середній штучний час:

$$T_{\text{шт.сер}} = \sum \frac{T_{\text{шт.}}}{n}, \text{хв}$$

де n- кількість операцій; n=4;

$\sum T_{\text{шт.}}$ - сумарний штучний час, 26,4 хв;

$$T_{\text{шт.сер}} = 26,4/4 = 6,6 \text{ хв};$$

Такт випуску деталей:

$$t_g = K_3 \cdot T_{\text{шт.сер}}, \text{хв}$$

де K_3 - коефіцієнт закріплення операцій;

Для дрібносерійного виробництва $21 < K_3 \leq 30$

[1.с.15];

Приймаємо $K_3 = 25$;

$$t_g = 25 \cdot 6,6 = 165 \text{ хв};$$

Річна програма випуску деталей:

$$N = \frac{F_d \cdot 60}{t_g}, \text{шт}$$

де F_d - дійсний річний фонд робочого часу устаткування, год;

Згідно [2.с.22; Табл..2.1.] $F_d = 4029$ год;

$$N = 4029 \cdot 60 / 165 = 1465 \text{ шт};$$

Приймаємо $N = 1450$ шт;

Розрахункова кількість деталей в партії:

$$n_d = \frac{N \cdot a}{F}, \text{шт}$$

де a- періодичність запуску виробів (3; 6; 12; 24)

приймаємо $a = 12$ днів;

F -число робочих днів в році; $F = 251$ день

$$n_d = 1450 \cdot 12 / 251 = 69,3 \text{ штук}$$

Розрахункове число змін на обробку партії деталей:

$$C = \frac{T_{\text{шт.сер}} \cdot n_d}{480 \cdot 0,8}$$

Де 480- дійсний фонд часу робочого обладнання за зміну, хв;

0,8- нормативний коефіцієнт завантаження верстатів в серійному виробництві;

$$C = 6,6 \cdot 70 / 480 \cdot 0,8 = 1,2;$$

Прийнята кількість змін $C_{\text{пр}} = 2$ зміни;

Прийнята кількість деталей в партії:

$$n_{\text{пр}} = \frac{C_{\text{пр}} \cdot 480 \cdot 0,8}{T_{\text{шт.сер}}}, \text{шт}$$

					Арк.
					14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

1.4 Аналіз отримання заготовки.

Аналіз отримання заготовки важливим етапом у технологічному процесі виготовлення деталей. Він включає оцінку способів формування заготовки з урахуванням вимог до кінцевого виробу, економічної доцільності та виробничих умов.

Основні аспекти аналізу:

- Матеріал заготовки: вибір матеріалу залежить від вимог до міцності, жорсткості та інших експлуатаційних характеристик деталі.
- Метод отримання: визначають найбільш ефективний спосіб виготовлення — лиття, кування, штампування, прокатка або різання.
- Точність і допуски: оцінюється необхідна точність розмірів і якість поверхні, що впливає на вибір подальших операцій.
- Відходи та витрати: аналізують обсяг матеріальних витрат і залишків, щоб знизити собівартість виробництва.

Аналіз дозволяє оптимізувати процес виготовлення заготовок, забезпечуючи ефективність та якість кінцевих виробів.

Для цієї деталі, зважаючи на її складну конфігурацію, найкращим варіантом заготовки є вилівок, оскільки це забезпечить найбільш ефективну та швидку обробку.

Технологічне обґрунтування типу заготовки

Лиття дозволяє отримувати заготовки шляхом заливання розплавленого металу у спеціальні форми. Цей метод застосовується в усіх видах виробництва для виготовлення різноманітних заготовок, що знаходять використання у всіх сферах машинобудівної промисловості.

						Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір способу лиття

Спосіб лиття обирається залежно від таких факторів:

1. Тип виробництва.
2. Маса та габаритні розміри.
3. Конфігурація деталі.
4. Вимоги до точності розмірів і якості поверхні.
5. Матеріал деталі.
6. Технічні можливості виробництва.

Основні способи виготовлення виливків:

- Лиття в оболонкові форми.
- Лиття в металеві форми (кокілі).
- Лиття в піщано-глинисті форми.
- Лиття по витоплюваних моделях.
- Лиття під тиском.
- Відцентрове лиття.

У нашому випадку для виготовлення деталі «Стінка» масою 5,7 кг із сірого чавуну СЧ20 35 (ГОСТ 1412-85) в умовах дрібносерійного виробництва можливо застосувати декілька способів лиття. Однак необхідно обрати найбільш раціональний та економічно вигідний метод.

Лиття в оболонкові форми не використовується через шкідливі випари фенол-формальдегідних смол, а також їх високу вартість.

Лиття в піщано-глинисті форми не підходить через низьку точність виливків, високу шорсткість поверхні, значні припуски на механічну обробку та значні витрати на матеріали, виробничі площі та висококваліфіковану робочу силу.

Відцентрове лиття застосовується здебільшого для виготовлення труб, втулок, махових зубчастих коліс та ободів, але не підходить для деталей суцільного перерізу, таких як «Стінка».

						Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Лиття під тиском недоцільне через високу собівартість прес-форми, її складність, тривалість виготовлення та низьку зносостійкість, а також ризик залишкових напружень.

Лиття за витоплюваними моделями є трудомістким і дорогим, тому використовується для деталей з високими вимогами до точності розмірів та шорсткості. Хоча метод дозволяє досягти високої чистоти поверхні та точності, він не раціональний для нашої деталі.

Метод лиття в металеві форми (кокілі) виявляється найбільш оптимальним. Цей спосіб є економічно вигідним, дозволяє отримати виливки з високою точністю (до 12 квалітету) та шорсткістю поверхні до $Ra = 20$ мкм. Металеві форми придатні для багаторазового використання, а висока теплопровідність сприяє підвищенню механічних властивостей вилівка за рахунок дрібнозернистої структури.

Крім того, при переході від лиття в піщано-глинисті форми до кокільного лиття зменшуються витрати металу (на 20–25%) та трудомісткість механічної обробки (в 1,5–2 рази). Собівартість вилівка знижується приблизно на 30%, а продуктивність праці зростає в 4–6 разів. Витрати на організацію ділянки окупаються за 2–3 місяці.

З огляду на аналізовані фактори, форму, розміри, масу деталі, тип виробництва та технічні вимоги, найбільш доцільним є використання кокільного лиття. Цей метод забезпечує точність, економічну ефективність та раціональність виготовлення деталі. Він знижує обсяг механічної обробки, підвищує коефіцієнт використання матеріалу та позитивно впливає на економічні показники виробництва.

Отже, вибір кокільного лиття є найбільш обґрунтованим і вигідним для виготовлення заготовки деталі «Стінка».

						Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5 Маршрутний технологічний процес механічної обробки деталі

Проектний варіант розробляємо з урахуванням економічної доцільності використання обладнання.

№ оп.	Назва операції, переходи механічної обробки деталі	Обладнання	Характеристика пристрою	Операційний ескіз
005	Заготівельна (Ливарна)	—	—	—
010	Термічна	—	—	—
015	Горизонтально-фрезерна А. Встановити та закріпити деталь 1. Фрезерувати площину в розмір 12,3 начорно 2. Фрезерувати площину в розмір 12 начисто, витримуючи шорсткість Ra=3.2	Горизонтально-фрезерний мод. 6P80Ш	Пристрій при верстаті	Рис.2
020	Вертикально-свердлильна А. Встановити та закріпити деталь 1. Свердлити 8 отворів Ø13,5 мм 2. Свердлити 2 отвори Ø9,8 мм 3. Розвернути 2 отвори Ø10 мм	Вертикально-свердлильний мод. HAAS VF3	Самоцентруючі лещата	Рис.3
030	Вертикально-свердлильна А. Встановити та закріпити деталь 1. Свердлити 2 отвори Ø5 мм	Holzmann ZX7055	Пристрій спеціальний	Рис.4

						Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

04 0	Фрезерна з ЧПК А. Встановити та закріпити деталь <ol style="list-style-type: none"> 1. Фрезерувати площину в розмір 22,7 начорно 2. Фрезерувати площину в розмір 23 начисто, витримуючи шорсткість Ra=3.2 3. Розточити внутрішні поверхні в двох отворах начорно 4. Розточити 2 отвори $\varnothing 47^{0,027}$ мм начисто 5. Розточити дві фаски 6. Свердлити 8 отворів $\varnothing 4,5$ мм на довжину 15 мм 7. Зенкувати 8 фаски $0,5 \times 45^\circ$ 8. Нарізати різьбу в восьми отворах М6 на довжину 12 мм 	НААС VF3	Пристрій спеціальний	Рис 5
03 0	Слюсарна	Верстак	-	-
04 0	Контрольна	Стіл ВТК	-	-

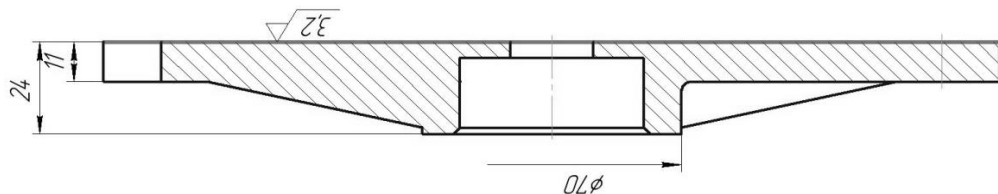


Рисунок 2

						Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

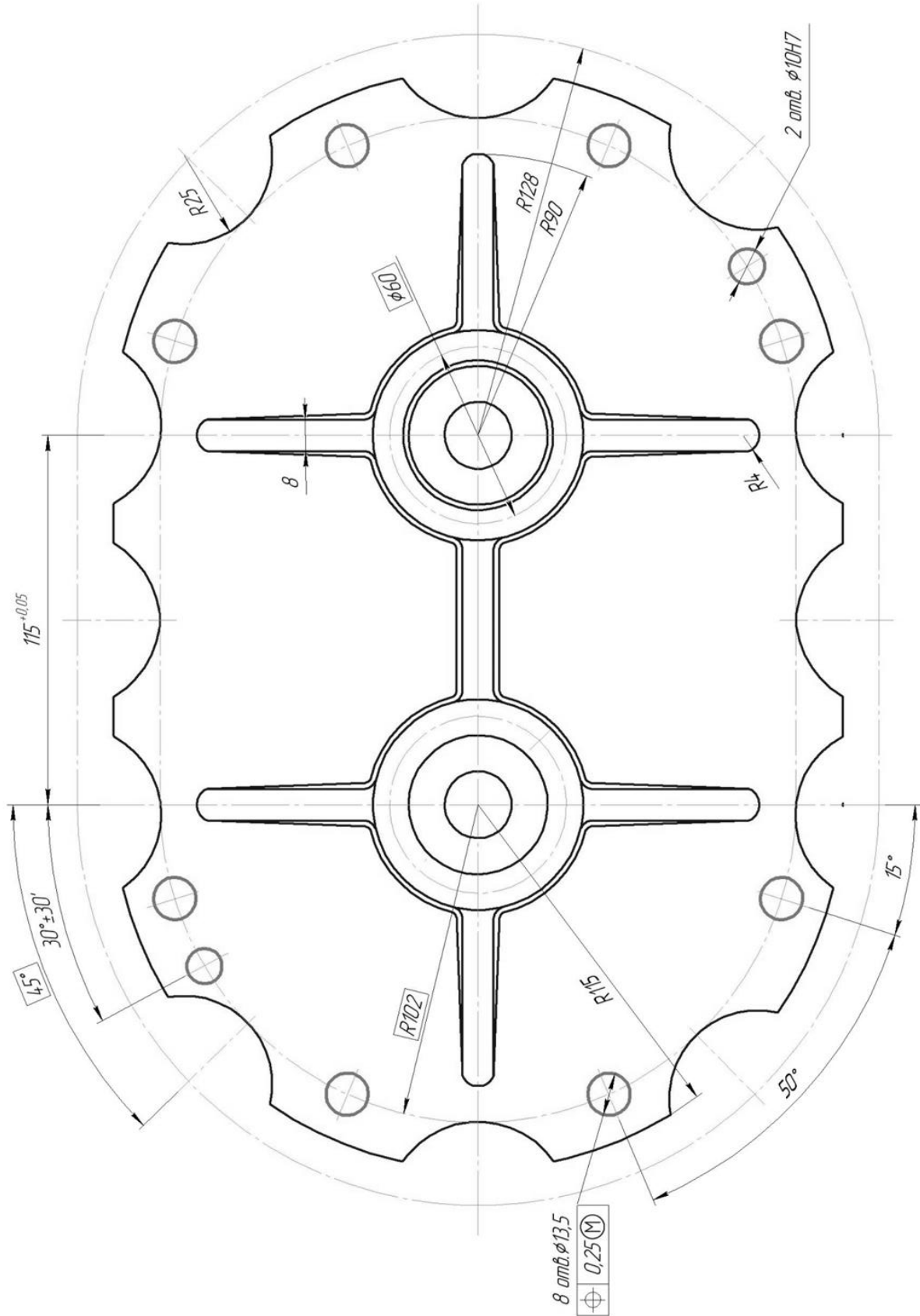


Рисунок 3

						Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

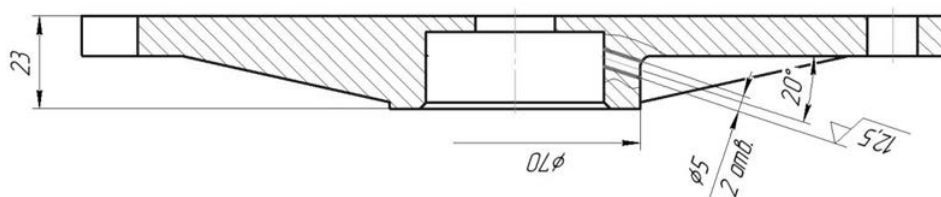
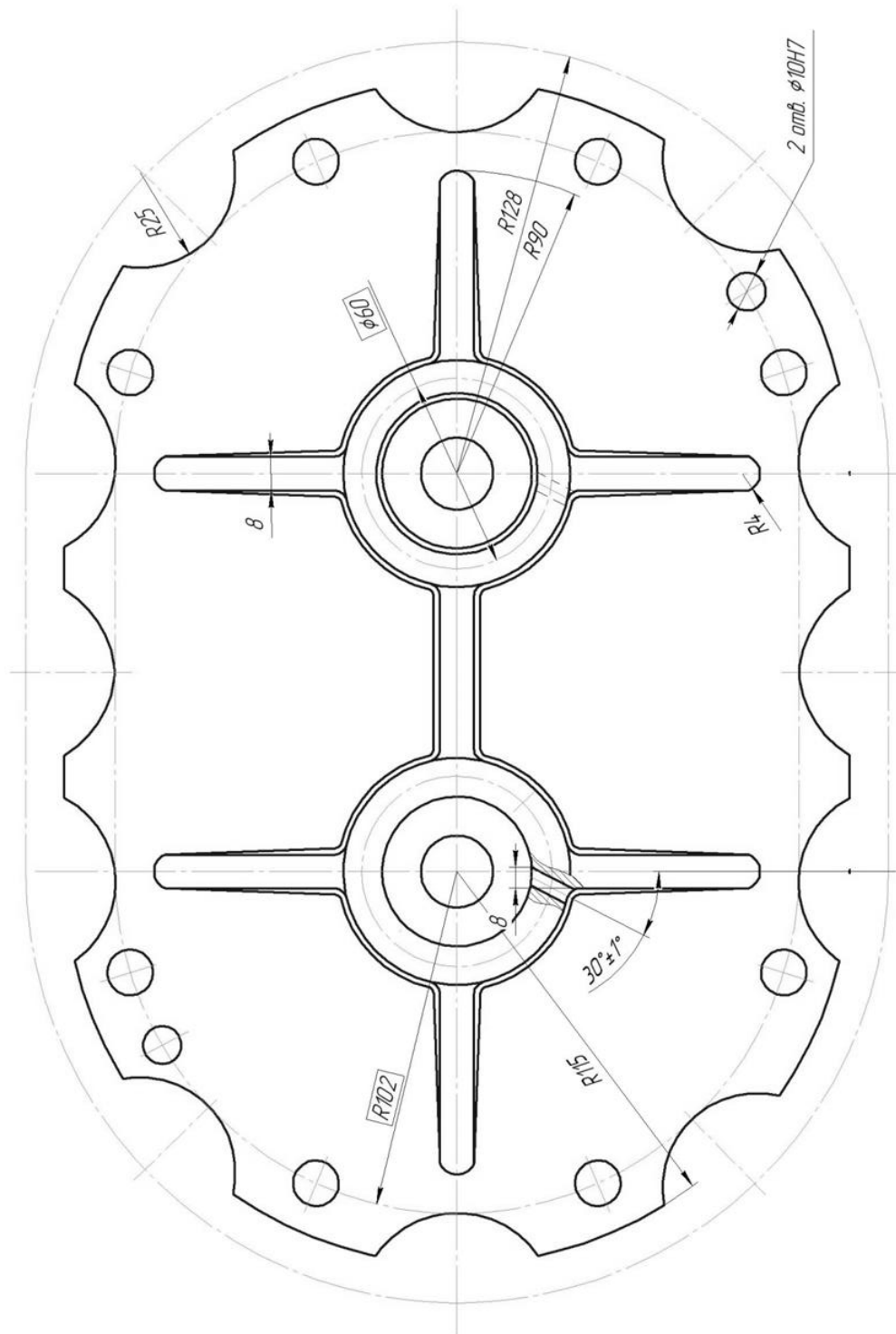


Рисунок 4

					Арк.
					21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

1.6 Розрахунок припусків на механічну обробку.

Розрахунок припусків на механічну обробку — це процес визначення кількості матеріалу, який необхідно видалити з поверхні заготовки на кожному етапі обробки для досягнення заданих розмірів, шорсткості та точності деталі. Припуски враховують похибки попередньої обробки (геометрична точність і шорсткість), тип механічної обробки (чорнова, напівчистова, чистова) та вимоги креслення (допуски, шорсткість поверхні).

Метою розрахунку припусків є забезпечення достатнього шару матеріалу для видалення дефектів і досягнення потрібної якості поверхні, а також ефективне використання часу і ресурсів при збереженні точності та економічності процесу.

Етапи розрахунку припусків включають аналіз креслення деталі для визначення кінцевих розмірів і допусків, вибір технологічного маршруту (послідовність операцій, таких як чорнова, напівчистова і чистова обробка), розрахунок припусків для кожного етапу з урахуванням матеріалу заготовки, типу обладнання, інструментів, режимів різання і заданих параметрів обробки, а також підсумковий розрахунок для визначення загального припуску на обробку.

Правильний розрахунок припусків є важливим для підтримання якості виробу, запобігання перевитраті матеріалу, зменшення навантаження на обладнання і забезпечення економічної ефективності виробничого процесу.

Для визначення припусків на механічну обробку поверхні $\varnothing 47 (+0,027)$ аналітичним методом враховують припуски на попередню, чорнову та чистову обробку. Метод кокільного лиття забезпечує необхідну точність і дає змогу ефективно визначити загальний припуск. Для решти поверхонь припуски призначаються згідно з нормативними таблицями, враховуючи тип поверхні, метод виготовлення заготовки, а також необхідні параметри точності та шорсткості.

						Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1) Вихідні дані:

Заготовка-литво в пісчані форми;

Маса деталі-5,7 кг;

2) Послідовність обробки:

-чорнове точіння;

-чистове точіння;

-тонке точіння.

При обробці деталь встановлюється торцем і фіксується за допомогою самоцентруючих тисків із призмами, що забезпечує надійну фіксацію. Як бази для обробки даної поверхні використовуються відповідні поверхні деталі.

3)Мінімальні значення припусків для внутрішньої циліндричної поверхні:

$$2Z \min = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta\Sigma_{i-1}^2 + E_i^2})$$

де $R_{z_{i-1}}$ -висота нерівностей, мкм;

h_{i-1} -глибина дефектного шару, мкм;

$\Delta\Sigma_{i-1}$ -просторові відхилення, мкм;

E -похибка установки заготовки, мкм;

Якість поверхонь на відливку визначаємо по [8]табл.19.с.191.

Для відливок в земляні форми при максимальному габаритному розмірі |більше 1250 мм сумарне значення $R_{z+h}=600$ мкм.

Після чорнового точіння $R_z=50$ мкм; $T=50$ мкм;

Після чистового точіння $R_z=25$ мкм; $T=25$ мкм; [8]табл.23.с.193

Після тонкого точіння $R_z=0$ мкм; $T=0$ мкм;

Сумарне значення просторових відхилень:

$$\Delta\Sigma = \sqrt{\Delta\Sigma^2 + \Delta_{зм}^2}$$

Короблення отвору враховуємо як в діаметральному, так і в осьовому січенні:

						Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta \sum_{\text{Пкор.}} = \kappa_d + k_1,$$

питома кривизна $k = 0,6$ мкм/мм;

$$\Delta \sum_{\text{Пкор.}} = 0,6 \cdot 80 + 0,6 \cdot 37 = 70,2 \text{ мкм};$$

Сумарне зміщення отвору представляє собою геометричну складову у двох взаємно перпендикулярних площинах. Воно враховує вплив допусків на розміри отворів і точність їхнього взаємного розташування. Розрахунок зміщення проводиться з урахуванням допусків на відповідні розміри, таких як δ_1 і δ_2 , для

$$\Delta \Sigma_{\text{zw}} = \frac{\delta_1}{2} + \frac{\delta_2}{2}$$

де δ_1 і δ_2 -допуск на розміри $210 \pm 0,115$ і $35 \pm 0,09$

$$\Delta \Sigma_{\text{zw}} = \frac{230}{2} + \frac{18}{2} = 124 \text{ мкм};$$

$$\Delta \Sigma = 48 + 124 = 172 \text{ мкм};$$

Похибка установки заготовки згідно [4]С.24:

$$E_y = E_\delta + E_z + E_{\text{сп.}}$$

де E_δ -похибка базування, мкм;

E_z -похибка закріплення заготовки в пристрої, мкм;

$E_{\text{сп.}}$ -похибка виготовлення і зносу опорних елементів пристрою, мкм;

$$E_\delta = S_{\text{max.}} = S_{\text{min.}} + T_{\delta_0} + T_{\delta_n}$$

де δ_0 і δ_n -допуски на діаметри отвору і пальця, мм;

S_{min} -мінімальний зазор між отвором і установчим елементом пристрою, мм;

$$T_{\delta_0} = 0,29 \text{ мм}; T_{\delta_n} = 0,165 \text{ мм};$$

$$S_{\text{min}} = D_{\text{min}} - d_{\text{max}} = 220 - 219,95 = 0,05 \text{ мм};$$

$$E_\delta = 50 + 290 + 165 = 505 \text{ мкм};$$

Похибка закріплення згідно [2].с.82.Табл.4.13 $E_z = 80$ мкм;

Похибка виготовлення і зносу опорних елементів пристрою згідно [1].с.74

$$E_{\text{сп.}} = 50 \text{ мкм};$$

$$E_y = 505 + 80 + 50 = 635 \text{ мкм};$$

						Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проміжні значення просторових відхилень згідно [1].с.73:

$$\Delta \sum_{ост} = K_y \cdot p_z$$

де K_y -коефіцієнт уточнення форми;

для чорнового розточування $K_y = 0,06$;

для чистового розточування $K_y = 0,04$;

для тонкого розточування $K_y = 0$;

після чорнового розточування $\Delta \sum 2 = 0,06 \cdot 172 = 10,32 \text{ мкм}$;

після чистового розточування $\Delta \sum 3 = 0,04 \cdot 172 = 6,88 \text{ мкм}$;

після тонкого розточування $\Delta \sum 4 = 0$;

Похибка установки заготовки на проміжних переходах:

при чистовому розточуванні згідно [2].с.85:

$$E_2 = 0,05 \cdot E_1 + E_{інд}$$

чорнове, чистове і тонке розточування проводиться з однієї установки,
тому похибка індикації $E_{інд} = 0$;

$$E_2 = 0,05 \cdot 635 = 31,75 \text{ мм}$$

$$E_3 = E_{інд} = 0$$

Мінімальні значення припусків:

-тонке розточування: $2z_{\min 1} = 2(25 + 25 + 6,88 + 0) = 114 \text{ мкм}$;

-чистове розточування: $2z_{\min 2} = 2(50 + 50 + 10,32 + 31,75) = 284 \text{ мкм}$;

-чорнове розточування: $2z_{\min 3} = 2(600 + 172 + 635) = 2814 \text{ мкм}$;

Розрахункові розміри, починаючи з кінцевого $\text{Ø}47^{(+0,027)}$, визначаємо за формулою:

$$D_{pi} = D_{pi} + 1 - 2z_{\min 1} + 1$$

-для чистового розточування: $D_{p2} = 47,027 - 0,114 = 47,023 \text{ мм}$;

-для чорнового розточування: $D_{p3} = 46,913 - 0,284 = 46,629 \text{ мм}$;

						Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

-для заготовки: $D_{p4} = 46,629 - 2,814 = 43,815 \text{ мм}$;

Номінальні граничні розміри:

$$D_{\min i} = D_{\max i} - T_{di}$$

де бі-допуск на заданий розмір;

-готова поверхня: $T_d = 0,027 \text{ мм}$ (по Н7)

$$D_{\min 1} = 47,027 - 0,027 = 47 \text{ мм};$$

-після чистового розточування:

$$T_d = 0,19 \text{ мм (по Н11)} \quad D_{\min 2} = 46,913 - 0,19 = 46,723 \text{ мм};$$

-після чорнового розточування:

$$T_d = 0,74 \text{ мм (по Н14)} \quad D_{\min 3} = 46,629 - 0,74 = 45,889 \text{ мм};$$

-заготовки: $T_d = 1,1 \text{ мм}$ $D_{\min 4} = 43,815 - 1,1 = 42,715 \text{ мм}$;

Мінімальні граничні значення припусків змін пр рівні різниці найбільших граничних розмірів виконуваного і попереднього переходів, а максимальні значення змах пр-відповідно різниці найменших розмірів:

-для тонкого розточування:

$$2Z_{\max \text{ пр } 1} = 47 - 46,723 = 0,277 \text{ мм};$$

-для чистового розточування:

$$2Z_{\max \text{ пр } 2} = 46,723 - 45,889 = 0,834 \text{ мм};$$

-для чорнового розточування:

$$2Z_{\max \text{ пр } 3} = 45,889 - 42,715 = 3,174 \text{ мм};$$

Результати розрахунку заносимо в таблицю

Загальні припуски z_{\min} і z_{\max} визначаєм, як суму проміжних припусків:

$$2Z_{0\min} = 0,114 + 0,284 + 2,814 = 3,212 \text{ мм};$$

$$2Z_{0\max} = 0,277 + 0,834 + 3,174 = 4,285 \text{ мм};$$

						Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.5.1-Розрахунок припусків на механічну обробку поверхні 21, 22

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				2Z _{min} , мм	d _p , мм	δ, мм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	Rz	h	ΔΣ	E				d _{min}	d _{max}	2Z _{min}	2Z _{max}
Заготовка	600		172			43,815	1,1	42,715	43,815		
Розточування:											
-чорнове	50	50	10,3	635	2·1,407	46,629	0,74	45,889	46,629	2·1,407	2·1,587
-чистове	25	25	6,88	31,7	2·0,142	46,913	0,19	46,723	46,913	2·0,142	2·0,417
-тонке	0	0	0	0	2·0,077	47,027	0,074	47	47,027	2·0,077	2·0,115

1.6 Розрахунок режимів різання, складових сил різання, основного та допоміжного часу

Розрахунок режимів різання включає визначення оптимальних параметрів, таких як глибина різання, подача, швидкість різання та частота обертання шпинделя.

Глибина різання залежить від типу обробки (чорнова чи чистова), матеріалу заготовки та інструмента. Вона визначається як різниця між розміром заготовки та кінцевим розміром деталі.

Подача встановлюється з урахуванням типу операції, матеріалу заготовки та вимог до шорсткості. Для чорнової обробки подача зазвичай більша, а для чистової — менша.

Швидкість різання вибирається відповідно до матеріалу заготовки, типу інструмента та вимог обробки. Для цього використовуються нормативні дані або довідники.

Частота обертання шпинделя визначається залежно від діаметра деталі та обраної швидкості різання.

Швидкість подачі визначається як добуток подачі на один оберт та частоти обертання.

Потужність різання розраховується для оцінки навантаження на верстат і перевірки його відповідності технічним можливостям.

Після проведення розрахунків усі параметри перевіряються на відповідність можливостям обладнання, інструмента та вимогам до обробки. Якщо потрібно, проводяться коригування.

Проводимо розрахунок режимів різання розрахунково – аналітичним методом для чорнового

розточування отвору $\phi 47^{(+0,274)}$:

Початкові дані:

-обладнання **Вертикально-свердильний HAAS VF3;**

-інструмент: різець

геометричні параметри: $\phi=45^\circ$; $\gamma=0^\circ$; $\lambda=5^\circ$; $\alpha=12^\circ$; $l=16\text{мм}$; $b \times h=16 \times 16\text{мм}$;
 $r=1\text{мм}$;

						Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріал заготовки сірий чавун СЧ20 ДСТУ 2834-94 НВ138...159; Гв=314МПа;

1) Довжина обробки $l = 18$ мм.

2) Глибина різання рівна найбільшому припуску: $t=h=1,587$ мм;

3) Вибираємо подачу: згідно [3], с. 267, табл. 12 $S = 0,3$ мм/об

4) період стійкості різця: при одноінструментальній обробці $T = 60$ хв

([3], ст. 279, табл. 30)

5) Швидкість різання при розточуванні вираховується по формулі:

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

де: $C_v = 292$ ([1], ст. 269, табл. 17) – показник степеня;

$m = 0,2$ ([1], ст. 269, табл. 17) – показник степеня;

$x = 0,15$ ([1], ст. 269, табл. 17) – показник степеня;

$y = 0,2$ ([1], ст. 269, табл. 17) – показник степеня;

Враховуємо поправочний коефіцієнт ([3], ст. 270, табл. 17, Примітка), так як точіння внутрішнє: $K = 0,9$.

K_v - поправочний коефіцієнт на швидкість різання;

$$K_v = K_m \cdot K_r \cdot K_i \cdot K_f \cdot K_{\phi 1}$$

де: K_m – коефіцієнт, який враховує оброблюваний матеріал;

K_r – коефіцієнт, який враховує інструментальний матеріал;

K_i – коефіцієнт, який враховує довжину отвору;

де: K_r – коефіцієнт, який характеризує групу сталі по оброблюваності;

n_r – показник степеня;

$\sigma_B = 314$ МПа – фактичні параметри, що характеризують оброблюваний матеріал.

$K_r = 1$ ([3], ст. 262, табл. 2);

						Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_T = 1 \text{ ([1], ст. 262, табл. 2)};$$

$$K_n = 0,8 \text{ ([1], ст. 263, табл. 5)}$$

$$K_M = 1 \cdot (190/224)^1 = 0,848;$$

$$K_T = 1 \text{ ([1], ст. 263, табл. 6)};$$

$$K_f = 0,9 \text{ ([1], ст. 271, табл. 18)}. K_{\phi 1} = 1$$

$$K_v = 0,848 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,7632;$$

$$V = \frac{292 \cdot 0,9 \cdot 0,7632}{60^{0,2} \cdot 1,587^{0,15} \cdot 0,3^{0,2}} = 105,01 \text{ м/хв};$$

Частота обертів шпінделя, яка відповідає знайдений швидкості різання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ хв}^{-1};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 105,01}{3,14 \cdot 47} = 711,5 \text{ хв}^{-1};$$

коректуємо частоту обертання згідно паспортних даних верстата

$$n = 800 \text{ хв}^{-1};$$

Дійсна подача $S_{хв} = S_0 \cdot n$, мм/хв.;

$$S_{хв} = 0,3 \cdot 800 = 240 \text{ мм/хв.};$$

Дійсна швидкість різання:

$$V = \frac{3,14 \cdot 47 \cdot 800}{1000} = 118,06 \text{ м/хв};$$

Згідно паспортних даних верстата при безступінчатому регулюванні подач дійсна подача становить: $S_0 = 0,3$ мм/об.; $S_{хв} = 240$ мм/хв.;

Сила різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н4}$$

де: $C_p = 92$ ([3], ст. 273, табл. 22) – коефіцієнт;

$x = 1$ ([3], ст. 273, табл. 22) – показник степеня;

$y = 0,75$ ([3], ст. 273, табл. 22) – показник степеня;

$n = 0$ ([3], ст. 273, табл. 22) – показник степеня

						Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{fp} \cdot K_p \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp},$$

$$K_{mp} = (HB/750)^n$$

де: $\sigma_B = 314$ Мпа – фактичні параметри, що характеризують оброблюваний матеріал;

$n = 0,75$ ([3], ст. 264, табл. 9) – показник степеня.

$$K_{mp} = (HB/190)^n$$

$$K_{mp} = (224/190)^{0,4} = 1,068;$$

$$K_{fp} = 0,94 ([3], ст. 275, табл. 23);$$

$$K_p = 1 ([3], ст. 275, табл. 23);$$

$$K_{\lambda p} = 1 ([3], ст. 275, табл. 23);$$

$$K_{rp} = 0,93 ([1], ст. 275, табл. 23).$$

$$K_p = 1,068 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,934;$$

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 1,587^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 118^0 \cdot 0,934 = 552,78 \text{ Н};$$

Потужність різання визначаємо за формулою:

$$N_{piz} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = 552,78 \cdot 118 / 1020 \cdot 60 = 1,07 \text{ кВт};$$

Згідно знайденої потужності різання проводимо перевірку достатності потужності

верстата за умовою: $N_{piz} < N_{ун.}$

$$N_{ун.} = N_{ов} \cdot \eta,$$

де $N_{ун.}$ -потужність на шпинделі верстата, кВт;

$N_{ов}$ -потужність двигуна верстата, кВт;

η -ККД верстата;

згідно паспортних даних верстата 2206ВМФ4 $N=10,2$ кВт; $\eta=0,75$;

						Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{\text{ин.}} = 10,2 \cdot 0,75 = 7,65 \text{ кВт};$$

в даному випадку $N_{\text{різ}} < N_{\text{ин.}}$ ($1,07 < 7,65$), отже потужність даного верстата достатня для механічної обробки на даних режимах;

Основний (машинний) час:

$$T_o = \frac{L_{\text{рх}}}{S_o \cdot n}, \text{ хв};$$

Де $L_{\text{рх}}$ - довжина робочого ходу інструменту, мм;

$$L_{\text{рх}} = l_{\text{різ}} + l_1 + l_2 \text{ мм};$$

де $l_{\text{різ}}$ - довжина оброблюваної поверхні, мм; $l_{\text{різ}} = 37$ мм;

$l_1 + l_2$ - величина врізання і перебігу інструменту, мм;

Згідно [4] $l_1 + l_2 = 5$ мм;

$$L = 37 + 5 = 42 \text{ мм.}$$

$$T_o = \frac{18}{0,3 \cdot 800} = 0,075 \text{ хв};$$

						Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нормування технологічного процесу.

Нормування технологічного процесу — це встановлення оптимальних значень витрат часу, матеріалів, енергії, трудових і фінансових ресурсів, необхідних для виконання певної технологічної операції або процесу в цілому. Цей процес має на меті забезпечення ефективності виробництва, відповідності технічним вимогам, економічної доцільності та високої якості продукції.

Основними задачами нормування є визначення норм часу на виконання операцій, включаючи основний, допоміжний, підготовчо-завершальний час і час на обслуговування робочого місця. Крім того, воно передбачає розрахунок норм витрат матеріалів для мінімізації відходів і раціонального використання ресурсів, встановлення режимів роботи обладнання для досягнення максимальної продуктивності без перевищення його технічних можливостей, аналіз трудових витрат для оптимізації робочого процесу і підвищення продуктивності, а також врахування умов праці для забезпечення безпеки та комфорту персоналу.

До видів нормування відносять трудове (встановлення норм часу та виробітку), матеріальне (визначення норм витрат сировини і матеріалів), енергетичне (розрахунок оптимального споживання енергоресурсів) і технологічне (визначення послідовності, режимів і параметрів операцій). Нормування є ключовою складовою технологічного планування, що дозволяє зробити виробничий процес раціональним, економічним і якісним, забезпечуючи зростання продуктивності.

Операція 040. Горизонтально-розточна.

Початкові дані:

-обладнання: багатоцільовий свердлильно-фрезерно-розточний верстат 2204ВМФ4;

розміри робочої поверхні стола 400x500 мм;

1) Основний час $T_0=8,2$ хв;

2) Підготовчо-заклучний час згідно [1].с.110-111:

						Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- встановлення пристрою на столі верстата - 18хв;
- встановлення інструментів в гнізда інструментального магазину в кількості 15 штук 12хв;
- на отримання інструменту, оснастки і здача його в кінці обробки партії деталей 14хв;
- на встановлення керуючої програми 4 хв;

$$T_{п.з.}=18+12+14+4=48 \text{ хв};$$

3) Час на встановлення і знімання деталі:

При установці в пристрій з пневмозатиском деталі масою 48 кг

$$T_{уст}+T_{зо}=0,5\text{хв};$$

4) Час на прийоми керування верстатом:

- включити верстат кнопкою 0,01хв; [1].с.203

- зміна інструмента в магазині $0,03 \cdot 15=0,45\text{хв}$; [1].с.205

- переміщення інструменту до деталі і відведення $0,03 \cdot 21=0,63\text{хв}$;

$$T_{упр}=0,01+0,45+0,63=1,09\text{хв};$$

5) Час на вимірювання:

При вимірюванні нутроміром мікрометричним $t_1=0,16\text{хв}$; $t_2=0,16\text{хв}$;

При вимірюванні штангенциркулем розміра 410_{-1,3} $t_3=0,14\text{хв}$;

При вимірюванні штангенглибиноміром $t_5=0,14\text{хв}$;

При вимірюванні калібр-пробками; $t_7=0,1\text{хв}$; $t_8=0,1\text{хв}$; $t_9=0,1\text{хв}$; [1].с.209

[1].с.209 [1].с.209 При вимірюванні 50% деталей

$$T_{вим}=\frac{(0,16+0,16+0,14+0,11+0,14+0,11+0,1+0,1+0,1) \cdot 50}{100} = 0,56\text{хв};$$

6) Допоміжний час:

$$T_{доп}=T_{ус}+T_{зо}+T_{упр}+T_{вим},\text{хв.}$$

$$T_{доп}=0,5+1,09+0,56=2,15\text{хв};$$

7) Оперативний час:

$$T_{оп}=T_{осн}+T_{доп},\text{хв.};$$

$$T_{оп}=8,2+2,15=8,35\text{хв};$$

8) Час на технічне обслуговування робочого місця:

						Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{33} = 6,8 \text{ хв}; \quad [1] \text{ с. 210}$$

$$T_{\text{тех}} = \frac{T_0 \cdot t_{33}}{T},$$

Де T-період стійкості;

$$T_{\text{тех}} = \frac{8,2 \cdot 6,8}{60} = 0,92 \text{ хв};$$

9) Час на організаційне обслуговування робочого місця:

Згідно [1] с. 223

$$T_{\text{орг}} = \frac{1,4 \cdot T_{\text{оп}}}{100} = \frac{1,4 \cdot 8,35}{100} = 0,12 \text{ хв};$$

10) Час на відпочинок і особисті потреби:

Згідно [1] с. 203

$$T_{\text{відп}} = \frac{4 \cdot T_{\text{оп}}}{100} = \frac{4 \cdot 8,35}{100} = 0,33 \text{ хв};$$

11) Штучний час:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_{\text{доп}} + T_{\text{об}} + T_{\text{відп}}, \text{ хв.};$$

$$T_{\text{шт}} = 8,35 + 2,15 + 0,92 + 0,12 + 0,33 = 11,87 \text{ хв.};$$

12) Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шт.к.}} = \frac{T_{\text{шт}}}{n} + T_{\text{шт.}}, \text{ хв};$$

$$T_{\text{шт.к.}} = \frac{48}{115} + 17,413 = 12,43 \text{ хв};$$

						Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.8 Аналіз точності обробки

Аналіз точності обробки полягає в оцінці відповідності геометричних параметрів, розмірів, шорсткості та інших характеристик обробленої деталі технічним вимогам. Цей процес спрямований на визначення, наскільки отримані результати відповідають допускам, а також на виявлення впливу різних факторів на точність. Оцінка точності починається з перевірки допусків і відхилень, щоб переконатися, що отримані розміри знаходяться в межах допустимих значень. Далі проводиться контроль точності форми та розташування поверхонь, зокрема прямолінійності, круглості, перпендикулярності й співвісності.

Важливим аспектом є аналіз шорсткості поверхонь, що включає визначення таких параметрів, як RaR_aRa та RzR_zRz, які мають відповідати кресленням. Також проводиться оцінка впливу обладнання, наприклад, точності верстата, зносу інструментів і закріплення деталей, оскільки ці чинники безпосередньо впливають на якість обробки. Аналіз технологічних режимів дозволяє оцінити, наскільки швидкість, подача та глибина різання забезпечують необхідну точність і якість поверхні. Додатково враховуються похибки базування та закріплення деталі, які можуть викликати неточності або зміщення.

Фактори, що впливають на точність обробки, включають похибки верстата, знос ріжучого інструменту, температурні деформації, властивості матеріалу заготовки, а також точність базування й закріплення. Аналіз точності обробки дозволяє виявити причини відхилень, внести необхідні корективи у технологічний процес, мінімізувати брак і підвищити ефективність виробництва.

						Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналіз точності проводиться для тонкого розточування (кінцевої обробки) поверхні $\varnothing 47^{(+0,027)}$ на багатоцільовому свердильно-фрезерно-розточному верстаті 2204ВМФ4.

Початкові дані:

Обладнання: багатоцільовий свердильно-фрезерно-розточний верстат 2204ВМФ4;

Матеріал оброблюваної деталі – сірий чавун СЧ15 ГОСТ 1412-85, $\sigma_s=314$ МПа; НВ159;

Інструмент: різець, оснащений пластиною з твердого сплаву Т30К4, закріплений в державці під кутом : різець 2142-0355 Т30К4 ГОСТ 9795-84;

Геометричні параметри: $L=60$ мм, $l=16$ мм, $h \times b=12 \times 12$ мм, $\varphi=45^\circ$, $\varphi_1=5^\circ$, $\gamma=10^\circ$, $\alpha=12^\circ$, $\lambda=5^\circ$;

Оправка 6300-0802 ГОСТ21224-75: діаметр розточуваного отвору $d_o=20-50$ мм; конус шпинделя 50 конусністю 7:24 згідно ГОСТ 15945-82

2) Розрахунок величини первинних похибок. Розрахункові формули і джерела інформації для визначення параметрів приведені в таблиці 1.15.

Таблиця 1.15 – Розрахункові формули і початкові дані для розрахунку похибки обробки.

Назва похибки	Вид похибок і характер її проявлення в часі	Формули для визначення похибки	Параметр и що впливають на величину похибки	Джерела інформації для отримання значення параметру
1	2	3	4	5
ΔH – похибка налагодження	Похибка розміру	Налагодження методом пробних деталей:	$\Delta_{вим}$ – похибка вимірювання, мм;	[4] с. 565

					Арк.
					38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

	випадкова	$\Delta H_B = \sqrt{\left(\frac{\Delta_{вим.}}{2}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{розм.}}{2}\right)^2 + \Delta_p^2};$ $\Delta H_B = \sqrt{\left(\frac{0,001}{2}\right)^2 + 0^2} =$ <p>0,0005 мм;</p>	$\Delta_{розр.}$ – похибка розрахунку, мм; Δ_p – похибка регулювання положення інструменту, мм; Для нутроміра з вимірювальною голівкою 109 ГОСТ924 4-75 $\Delta_{вим.} =$ 0,0005мм;	
Δ_ϵ – похибка від геометричної неточності	Похибка форми чи розміщення поверхонь, постійна	Похибка форми від радіального чи осевого биття шпинделя $\Delta_\epsilon = a_{шп.}$	$a_{шп.}$ – радіальне чи осеве биття шпинделя, мм; $a_{шп.} =$ 0,005 мм;	[12] с. 40 табл. 9
Δ_y – похибка зумовлена зміною	Для партії заготовок	$\Delta_y = P_{y_{max}} \cdot w_{max} - P_{y_{min}} \cdot w_{min}$ при $w = const$ для точіння	w – податливість технологічної	[3] с. 29 табл.1 1

<p>деформації технологічної системи під дією сил різання, мкм</p>	<p>$P_y \neq \text{const}$ $w \neq \text{const}$ похибка розміру випадкова; Для однієї заготовки $P_{y, \text{const}}$ $w \neq \text{const}$ похибка форми чи взаємного розташування поверхонь постійна;</p>	<p>$\Delta_y = 11w \cdot c_p \cdot S^{yp} \cdot V^{np} \cdot \kappa_p (t_{\text{max}}^{xp} - t_{\text{min}}^{xp});$ $C_p = 292;$ $w = 0,051 \text{ мкм/Н};$ $x = 0,2; y = 0,15; n = 0,2;$ $\kappa_p = \kappa_{\mu p} \cdot \kappa_{\varphi p} \cdot \kappa_{\lambda p} \cdot \kappa_{r p};$ $\kappa_{\mu p} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = \left(\frac{224}{190}\right)^1 = 0,848;$ $K_{\Pi} = 0,8; K_r = 1; K_i = 1;$ $K_{\square} = 0,9; K_{\varphi 1} = 1$ $K_r = 1$ ([3], ст. 262, табл. 2); $n_V = 1$ ([1], ст. 262, табл. 2); $K_{\Pi} = 0,8$ ([1], ст. 263, табл. 5 $K_M = 1 \cdot (190/224)^1 = 0,848;$ $K_i = 1$ ([1], ст. 263, табл. 6); $K_{\square} = 0,9$ ([1], ст. 271, табл. 18). $K_{\varphi 1} = 1$ $K_V = 0,848 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,7632;$ $\Delta_y = 11 \cdot 0,051 \cdot 292 \cdot 0,08^{0,15} \cdot 158,4^{0,2} \cdot 0,7632 \cdot (0,115^{0,2} - 0,077^{0,2}) = 1,17 \text{ мкм};$</p>	<p>системи, мкм/Н; P_y – нормальна складова сили різання, Н; $t_{\text{max}}, t_{\text{min}}$ – найбільша і найменша глибина різання, мм; S – подача, мм/об; κ_p – поправочний коефіцієнт; V – швидкість різання, м/хв; c_p, y_p, n, x_p – коефіцієнти і показники степеня.</p>	<p>[4] с. 273 табл. 21 [4] с. 264 табл.9 [4] с. 275 табл.2</p>
---	--	---	--	---

Δ_i – похибка розмірного спрацювання інструменту, мкм	Для партії заготовок похибка розміру систематична;	$\Delta_s = \pm U_o \cdot \left(1 + \frac{V \cdot T}{1000}\right);$ при точінні $k=1$; $U_o = 4$;	U_o – віднос-не спрацювання інструменту; V – швидкість різання, м/хв;	[3] с.72 табл. 28;
Δ_T – похибка від теплової деформації інструменту, мкм	Для партії заготовок похибка розміру, систематична	Для розточування: $\Delta_T = 120 \cdot \frac{L_p}{F} \cdot V^{0,23} \cdot S^{0,46} \cdot t^{0,7} \cdot \left(1 - e^{-\frac{4T}{T_n}}\right) \cdot \frac{T_o}{T_o + T_{пер.}}$	L_p – виліт інструменту; F – площа поперечного перетину, мм ² ; σ_B – грани-ця міцності; $T_o, T_{пер.}$ – основний час і час перерв між обробкам и кожної деталі, хв; τ_m – конс-танта при нагріванн	Знак “+” береть-ся тоді, коли тапло-ва дефор-мація інстру-менту приз-водить до збіль-шення витри-муван ого розмі-ру; У разі відсут-ності необхі дних даних

			i, 12-24 хв;	для розра- хунку Δ_T - вплив тепло- вих дефор- мації врахо- вують збіль- шення $\Delta_{м.н.}$ на 10-15 %.
--	--	--	-----------------	--

6. Побудова теоретичної діаграми точності в координатах час обробки-розмір.

По осі ординат відкладаємо найбільше і найменше граничні значення розмірів, тобто поля допуску T . Похибки відкладаємо так, щоб вони зайняли усе поле допуску.

В даному випадку похибка $\Delta_{сист.}$ монотонно спадає, тому спочатку будуємо верхню теоретичну границю розсіювання розмірів при обробці як залежність $\Delta_{сист.}$ від τ при чому так, щоб найбільше значення збігалось з найбільшим граничним значенням розміру A_n і A_0 будуємо подібно першому випадку з тією різницею, що $\Delta_{м.н.}$ і $0,5\Delta_{м.н.}$ віднімаємо від A_B .

7. Технологічну стійкість інструменту визначаємо за перетином A_n з нижньою границею поля допуску $T_\tau=33$ хв. В даному випадку технологічна стійкість менша за економічну $T_\tau < T_e$ ($33 < 60$), тому загальна похибка обробки $\Delta_{сум} = T$.

8. Налагоджувальний розмір A_n визначаємо за перетином A_0 з віссю ординат.

$$d_n = d_{\max} - C - 0,5\Delta_{м.н.}$$

$$d_n = 47,027 - 0 - 0,5 \cdot 0,012 = 47,021 \text{ мм};$$

10. Питомий вклад C первинних похибок обробки в загальну похибку:

$$C_j = \frac{\Delta_j}{\Delta_{сум}} \cdot 100\%$$

						Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Δ_j – величина j-первинної похибки;

$$C_{\Delta_H} = \frac{\Delta_H \cdot 100}{\Delta_{\text{сум}}} = \frac{0,0061 \cdot 100}{0,074} = 8,24\%;$$

$$C_{\Delta_B} = \frac{\Delta_B \cdot 100}{\Delta_{\text{сум}}} = \frac{0,005 \cdot 100}{0,074} = 6,76\%;$$

$$C_{\Delta_{\gamma}} = \frac{\Delta_{\gamma}}{\Delta_{\text{сум}}} \cdot 100\% = \frac{1,17 \cdot 10^{-3}}{0,074} \cdot 100\% = 1,58\%;$$

$$C_{\Delta_{\text{м.п.}}} = \frac{\Delta_{\text{м.п.}}}{\Delta_{\text{сум}}} \cdot 100\% = \frac{0,0125}{0,074} \cdot 100\% = 16,89\%;$$

$$C_{\Delta_{\gamma'}} = \frac{\Delta_{\gamma'}}{\Delta_{\text{сум}}} \cdot 100\% = \frac{0,0000786}{0,074} \cdot 100\% = 0,106\%;$$

$$C_{\Delta_{\gamma}} = \frac{\Delta_{\gamma}}{\Delta_{\text{сум}}} \cdot 100\% = \frac{0,0249}{0,074} \cdot 100\% = 33,65\%;$$

$$C_{\Delta_{\text{сист}}} = \frac{\Delta_{\text{сист}}}{\Delta_{\text{сум}}} \cdot 100\% = \frac{0,0438}{0,074} \cdot 100\% = 59,19\%;$$

						Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.9. Розробка структури операцій, технологічних налагоджень та керуючої програми для верстатів з ЧПК.

Верстати вертикально-свердлильні з револьверною головкою (6-позиційною), хрестовим столом і числовим програмним керуванням (система ЧПК «Координата 070-3») моделей 2P118Ф2 і 2P135Ф2 призначенні для виконання таких робіт: свердління, зенкерування, зенкування, розвертання, нарізування різьби і ін. Найраціональніше верстати можуть використовуватись в умовах дрібносерійного та середньосерійного виробництва.

Наявність на верстатах револьверної головки і автоматичної зміни інструмента, хрестового стола з програмним керуванням дає змогу виконувати координатну обробку деталей типу кришок, фланців, панелей і т. п. без попереднього розмічання і без застосування кондукторів.

Початок координат прив'язують до базових поверхонь, на які деталь базується в пристрої. Всім отворам, що обробляються, присвоюють номери в порядку їх обробки.

Вибирають необхідний інструмент і режими обробки. Кожному режиму обробки присвоюють номер подачі і номер швидкості різання, тобто частоту обертання шпинделя.

Кожному інструменту присвоюють номер і номер корекції. Для кожного інструмента вказують його довжину, тобто відстань від торця шпинделя до нижнього торця інструмента.

Для полегшення складання програми по координаті Z, величина переміщення до координати R (швидкий підвід інструмента) для одного з інструментів приймається більшою, ніж фактично необхідна.

Для інших інструментів R задається з урахуванням різниці довжини інструментів. При налагодженні верстата плаваючий нуль Z на перемикачі "OZ" виставляють так, щоб забезпечувався швидкий підвід інструмента (підвід до координати R) за 2-3 мм до деталі, яка обробляється. Для встановлення "OZ" супорт з інструментом опускається до оброблюваної деталі і зупиняється з досягненням зазору 2-3 мм між інструментом і деталлю. Вмикається індикація по R і перемикачем "OZ" на блоці індикації встановлюється величина координати R для даного інструмента.

						Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За допомогою набірно-програмуючого пристрою, наприклад УПДЛ "Брест-ІТ", керуючу програму наносять на телеграфну стрічку шириною 25,4 мм методом перфорації.

За отриманою перфострічкою обробляють контрольну деталь.

Після обробки деталі перевіряється якість обробки та відповідність розмірів кресленню.

При позитивних результатах обробки перфострічку розмножують і робочі екземпляри передають в цех. Кількість слів і структура кадра (послідовність слів), яких повинен дотримуватись програміст при складанні програм для обробки деталі, наведені в таблиці 5.1.

В кадрі деякі слова можуть опускатися, оскільки технологічні функції діють до відміни, а кількість координат в кадрі одна чи дві.

Функції F, S, T, G, M, L в кадрі можуть бути в довільній послідовності.

Адресу завжди записують перед цифровою інформацією.

Таблиця 3.1 – Структура кадра

Назва	Адреса	Кількість	Примітка
Номер кадра	N	3	Зміна з приходом нової ознаки N
Номер інструмента (позиція револьверної)	T	3	Зміна з приходом нової ознаки T
Підготовчі функції	G	3	Зміна з приходом нової ознаки G
Допоміжні функції	M	3	Відповідь по M
Номер подачі	F	3	Зміна з приходом нового F
Номер швидкості шпинделя	S	3	Зміна з приходом нового S
Номер корекції	L	3	Зміна з приходом нового L
Переміщення вздовж осей X чи R	X чи R	8	Скид за сигналом «кінець циклу»
Переміщення вздовж осей Y чи Z	Y чи Z	7	Скид за сигналом «кінець циклу»

Кінець кадра	ПС	1	Скид за сигналом «відповідь по ПС»
--------------	----	---	---------------------------------------

Таблиця 4.2 – Характеристика G-функції

G81	Керування по осі Z, свердління за постійним циклом	Забезпечує швидкий підхід робочого органу до координати R (до деталі), переміщення робочого органу з робочою подачею до координати Z (обробка деталі) і швидкий вивід робочого
G82	Керування по осі Z, підрізки торця за постійним циклом	Забезпечує швидкий підхід робочого органу до координати R (до деталі), переміщення робочого органу з робочою подачею до координати Z (обробка деталі) затримка після обробки
G84	Керування по осі Z, різьбонарізування за постійним циклом	Забезпечує швидкий підхід робочого органу до координати R (до деталі), переміщення робочого органу з робочою подачею до координати Z (обробка деталі) реверс після обробки
G86	Керування по осі Z, розточування за постійним циклом	Забезпечує швидкий підхід робочого органу до координати R (до деталі), переміщення робочого органу з робочою подачею до координати Z (обробка деталі) зупинка обертання після
Функції G91, G92, G94, G96 відрізняються від G81, G82, G84, G86 тим, що після переходу робочого органу до координати R (вивід з деталі) забезпечують наступний швидкий вивід робочого органу до початку відліку координати R. Застосовуються переважно ці функції для відводу робочого органу у верхнє початкове положення.		
G62	Для організації глибокого свердління, що здійснюється комбінуванням циклів через функцію G62 з координатами R і Z, G62 з координатою R, G91 з координатами R і Z при закінченні свердління для відведення	
G60	Для відміни функції G62 і для організації переміщення по осях X і Y при підведенні робочого органу до заданої	

При написанні програм для верстатів з ЧПК особливу увагу приділяють правильному запису координат, команд і допоміжних функцій. Знак «+» чи «-» координати записується одразу після ознаки адреси, що дозволяє уникнути помилок у програмуванні. У кожному кадрі кожна команда може з'являтися лише один раз, щоб забезпечити коректну обробку.

						Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для скорочення часу циклу обробки рекомендується поєднувати зміну позиції револьверної головки зі зміною положення по осях X і Y, особливо під час переходу до наступної операції. Це значно підвищує ефективність виконання програми.

Допоміжні функції в програмах мають такі призначення:

- **M01** — зупинка верстата за програмою, яка використовується для перевірки якості обробки.
- **M02** — кінець програми, ця команда завершує виконання програми.
- **M03** — обертання шпинделя вправо.
- **M04** — обертання шпинделя вліво.
- **M06** — зміна інструмента.
- **M08** — включення охолодження.
- **M09** — відключення охолодження, скасовує функцію M08.
- **M13** — обертання шпинделя вправо одночасно з увімкненням охолодження.
- **M14** — обертання шпинделя вліво одночасно з увімкненням охолодження.

Функції **M02** і **M06** повинні бути запрограмовані окремим кадром, щоб уникнути конфліктів або некоректного виконання програми. Це забезпечує послідовність і точність обробки, а також полегшує налагодження і діагностику програм.

Таблиця 5.3 – Частоти обертання та їхні коди

Частота S, хв ⁻¹	31,5	45	63	90	125	180
Код	01	02	03	04	05	06
Частота S, хв ⁻¹	250	355	500	710	1000	1400
Код	07	08	09	10	11	12

Таблиця 5.4 – Подачі та їхні коди

Подача F,	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63
Код	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Подача F,	80	100	125	160	200	250	315	400	500
Код	10	11	12	13	14	15	16	17	18

2. Конструкторська частина

2.1 Проектування верстатного пристрою

2.1.1 Призначення, будова і робота пристрою

Деталь встановлюється на плиту (позиція 9) до упору. Закріплення виконується за допомогою ключа, яким повертається вісь (позиція 3). Під час обертання осі втулки (позиція 5) починають рухатися у зустрічних напрямках завдяки наявності лівої та правої різьби на осі та втулках. Втулки передають це переміщення штовхачам (позиція 6), які, у свою чергу, переміщують губки (позиція 7), забезпечуючи закріплення деталі. Розтискання виконується аналогічно, але вісь повертається у зворотному напрямку, що змушує втулки рухатися в протилежних напрямках. Це призводить до переміщення штовхачів у зворотний бік, що розтискає губки і звільняє деталь.

Спосіб налагодження пристрою включає встановлення пристрою на плиті стола свердлильного верстата з ЧПК. Пристрій базується в пазах за допомогою шпонок і закріплюється чотирма болтами. Обробка деталі виконується відповідно до програми, створеної для даного верстата, що забезпечує точність і повторюваність операцій.

2.1.2 Розрахунок сил затиску

Під час свердління на деталь діє крутий момент, який прагне повернути її відносно оброблюваного отвору. Схема дії зображена на рисунку 5.

Для запобігання цьому необхідно скласти рівняння рівноваги, враховуючи коефіцієнт запасу.

$$K \cdot M_{кр} = \left(\frac{Q}{2} \cdot 0.125 \right) f$$

тоді

						Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = \frac{2 \cdot K \cdot M_{кр}}{0,125 \cdot f}$$

де f – коефіцієнти тертя в місцях контакту 0,16;

K – коефіцієнт запасу

Визначаємо коефіцієнт запасу. $K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6$,

де K_0 – гарантований коефіцієнт запасу рівний 1,5,

K_1 – коефіцієнт враховує випадкові нерівності деталі – 1,0,

K_2 – коефіцієнт враховує затуплення інструменту – 1,0,

K_3 – коефіцієнт враховує перервне різання – 1,2,

K_4 – коефіцієнт враховує стабільність затиску – 1,3,

K_5 – коефіцієнт враховує зручність затискного механізму – 1,0,

K_6 – коефіцієнт враховує повертаючі моменти – 1,0, [1], с.91

$K = 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 = 2,34$;

$$Q = \frac{2 \cdot 2,34 \cdot 1,71}{0,125 \cdot 0,16} = 400 \text{ Н}$$

						Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.3 Вибір типу затискача та його конструктивних розмірів

Для даного пристрою оптимальним є використання різьбового з'єднання. Мінімальний діаметр різьби визначається з урахуванням умов міцності на розтяг, щоб забезпечити надійність та довговічність з'єднання при експлуатації.

$$\sigma_p = \frac{4F}{\pi \cdot d^2} \leq [\sigma_p];$$

де $F=400$ Н – зусилля, яке працює на розтяг;

d - діаметр різьби, мм;

$[\sigma_p]$ - допустимі напруження розтягу;

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{n} = \frac{590}{3} = 197 \text{ МПа},$$

де $[\sigma_T] = 590$ МПа – границя текучості матеріалу (сталь 45 ГОСТ 1050-88), $n=2...5$ – коефіцієнти запасу міцності, приймаємо $n=3$.

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi \cdot [\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 400}{3,14 \cdot 197}} = 1,61 \text{ мм}.$$

З конструктивних міркувань приймаємо $d=24$ мм.

Умова міцності на змінання:

$$\sigma_{zm} = \frac{F}{d \cdot \delta} \leq [\sigma_{zm}],$$

де $[\sigma_{zm}]$ - допустиме напруження змінання, МПа;

$$[\sigma_{zm}] = 0,8 \cdot 590 = 472 \text{ МПа}.$$

δ - довжина згвинчування.

Отже, за (3.6)

$$\delta = \frac{F}{d \cdot [\sigma_{zm}]} = \frac{400}{24 \cdot 472} = 0,03 \text{ мм}.$$

					Арк.
					50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Мінімальне число витків

$$h = \frac{\delta}{P} = \frac{0,03}{2} = 0,015, \text{ приймаємо } n_{\min} = 12,$$

де $P=2$ – крок різьби. Приймаємо довжину різьбової втулки $l=24$ мм.

						Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.4 Розрахунок початкової сили рушія та його конструктивно-розмірні параметри.

Визначаємо силу на ручці затискача за формулою:

$$W = Q \frac{r_{cp}}{L} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_3), \text{ де } \varphi_3 = \operatorname{arctg} f_3 = \operatorname{arctg} 0.15 = 8.5^\circ$$

$$r_{cp} = 13,35 \text{ мм}, \text{ згідно ГОСТ 24705-81}$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{P_{HP}}{\pi d_{cp}} = \operatorname{arctg} \frac{1}{13,35 \cdot \pi} = 1.08^\circ$$

Згідно ГОСТ 2839-80 приймаємо ключ 7814-0412

при $L = 160$ мм – довжина ручки ключа.

$$W = 400 \frac{13,35}{160} \operatorname{tg}(1,08^\circ + 8,5^\circ) = 8,52 \text{ Н}$$

						Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.5 Розрахунок слабкої ланки пристрою на міцність,

опори та зносостійкість.

Слабкою ланкою є вісь оскільки вона працює на розтиск, діаметр вісі в найтоншому місці становить 12 мм

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 400}{3.14 \cdot 24^2} = 0,88 \text{ МПа} < [\sigma] = 80 \text{ МПа},$$

отже умова виконується **Розрахунок опори на зносостійкість.**

Визначаємо спрацювання опорних елементів пристрою.

Зміщення опорних елементів внаслідок спрацювання $\Delta_{\text{сп}} = N/C$

де N – число установок, C – зносостійкість.

$$N = q \cdot N_{\text{річ}} = 5 \cdot 20000 = 100000 \text{ шт.}$$

Зносостійкість визначаємо за критерієм Π_1 і Π_2

Критерій зносостійкості Π_1 для сталі 45. $\Pi_1 = 0,45$ [9] с. 47, т 1.12

Визначаємо зусилля, що діє на опору $Q = 400\text{Н}$

Твердість опори $HV = 615 \dots 717$

Номінальна площа контакту опори $F_{\text{табл}} = 22,5 \text{ мм}^2$ [9] с. 48, т 1.13

$$F = (0,1 \cdot Q)^{0,5} \cdot F_{\text{табл}} = (0,1 \cdot 0,400)^{0,5} \cdot 22,5 = 4,50 \text{ мм}^2$$

Критерій завантаженості опори

$$\Pi_2 = Q / HV \cdot F = 400 / 4,50 \cdot 630 = 0.14$$

Визначаємо зносостійкість $C = 1680$ [9] с. 45, рис 1,6

Величина спрацювання $\Delta_{\text{сп}} = 100000 / 1680 = 59,52 \text{ мкм}$

Порівнюємо з допустимим: $\Delta_{\text{сп, доп}} = 100 \text{ мкм}$ [9] с. 51, т 1.15

$$\Delta_{\text{сп}} = 59,52 \text{ мкм} < \Delta_{\text{сп, доп}} = 100 \text{ мкм}$$

						Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.6 Розрахунок пристрою на точність

При даній схемі обробки похибка на розмір $\varnothing 20^{+0,052}$ не залежить від точності пристрою, а від точності виготовлення інструменту. Похибка на розмір $50 \pm 0,31$ похибка рівна нулю, оскільки пристрій само центрує деталь відносно даного розміру, а похибка буде виникати тільки в позиціюванні інструменту на розмір системою ЧПК; похибка на розмір $20 \pm 0,26$ рівна нулю оскільки конструкторська база співпадає з вимірною та технологічною. Похибка по довжині отвору не розглядається, оскільки отвір свердлиться наскрізь.

Похибку визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_{np} = T - \kappa \sqrt{(\kappa_1 \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + (\kappa_2 \omega)^2 + \varepsilon_{инд}^2 + \varepsilon_n}$$

Де $K_1=1,2$; $K_1=0,75$; $K_2=0,8$;

$$\omega = \varepsilon_{зм} + \varepsilon_t + \varepsilon_{ВПД} + \varepsilon_{зноиінстр.} = 0,05 + 0 + 0,05 + 0 = 0,1 \text{ мм}$$

$$T = 0,26 + 0,26 = 0,52 \text{ мм}$$

$\varepsilon_3 = 0$, – напрям сили затиску співпадає з напрямом проставленого розміру.

$\varepsilon_{np} = 0,05$ – похибка від неточності виготовлення рухомих та нерухомих елементів пристрою;

$\varepsilon_{\delta} = 0$ – похибки контролюючих розмірів

$\varepsilon_n = 0,1$ – похибка наладки;

$\varepsilon_{зм.} = 0,05$ – похибка геометричної точності;

$\varepsilon_t = 0$ – похибка від температурного фактору;

$\varepsilon_{ВПД} = 0,05$ – жорсткість системи ВПД.

$\varepsilon_{зноиінстр.} = 0$ – інструмент гострий.

					Арк.
					54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Тоді похибка рівна:

$$\varepsilon_{np} = 0,52 - 1,2\sqrt{(0,75 \cdot 0)^2 + 0 + (0,8 \cdot 0,1)^2 + 0 + 0,1^2} = 0,366 \text{ мм}$$

						Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Проектування контрольного пристрою

2.2.1 Призначення, будова та принцип роботи пристрою

Контрольний пристрій призначений для контролю перпендикулярності площини відносно отвору деталі (див. креслення деталі). Принцип роботи пристрою полягає в базуванні деталі на пальці по отворах Ø47 одним торцем на плиті 1 вимірюванні необхідного розміру за допомогою індикатора, що закріпленій на за допомогою кронштейнів на напрямних, що дозволяють переміщати його в двох взаємно перпендикулярних напрямках.

Вимірювання здійснюється пересуванням індикатора в двох напрямках, найбільша різниця показів індикатора буде визначати відхилення від допуску.

Визначаємо рівень уніфікації пристрою за коефіцієнтом стандартизації–відсотком застосування стандартних та уніфікованих деталей і вузлів у пристрої, визначаємо за формулою, %:

$$K_{cm} = 100 \cdot \frac{\sum_{cm}}{\sum_{zag}},$$

де $\sum_{cm} = 9$ – кількість стандартних і уніфікованих складових елементів;

$\sum_{zag} = 21$ – загальна кількість всіх складових деталей і вузлів пристрою.

$$K_{cm} = 100 \cdot \frac{9}{21} = 42.8\% > 40\%$$

Одже, пристрій по параметру уніфікації (використанню стандартних деталі) є технологічним.

						Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

▲ 2.2.2 Визначення похибки вимірювання

Сумарна похибка вимірювання визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{вим}} = 1,2 \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{\gamma}^2 + \Delta_{\text{з.е}}^2 + \Delta_{\text{е}}^2 + \Delta_{\text{м}}^2};$$

де $\varepsilon_{\delta} = 0$ – похибка базування;

$\varepsilon_{\gamma} = 0$ – похибка закріплення;

$\Delta_{\text{з.е}} = 0,005$ – похибка засобу вимірювання [5], с.468;

$\Delta_{\text{м}} = 0,01$ – похибки властиві даному методу вимірювання та конструктивним особливостям пристрою, зокрема похибки від неточності передавальних механізмів, неочності від кінематики.

Отже, $\varepsilon_{\text{вим}} = 1,2 \sqrt{0^2 + 0^2 + 0,005^2 + 0,01^2} \approx 0,011 \text{ мм}$.

Отримане значення порівнюємо з допуском, параметру точності, що перевіряється

$$\varepsilon_{\text{вим}} \leq (0,1-0,3)T = (0,1-0,3)0,2 = 0,02-0,06 \text{ — умова задовільняється.}$$

						Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Науково дослідна частина

Мета дослідження

У сучасному машинобудуванні надійність і стабільність роботи механізмів є критично важливими для забезпечення їх ефективної експлуатації. Одним із ключових аспектів є вібраційні характеристики складових частин механізмів, які впливають на довговічність, безпеку та енергетичну ефективність обладнання. Здавалось би дослідження не вібрації годяться в першу чергу для для збірок механізмів а не для одиночної деталі особливо такої яка виконує роль несучої . Але оскільки дана деталь являється критично важливою для усього виробу то над нею мають бути проведені багато різних досліджень серед яких і дослідження на вібрацію. Бо навіть найменша вібрація в певних місцях може призвести до фатальних наслідків для усього механізму та безпеки персоналу.

У даній науково-дослідній частині буде проведено дослідження вібраційних властивостей деталі "Стінка", яка є важливою складовою частиною редуктора.

Редуктор піддається значним динамічним навантаженням під час роботи, що може викликати вібрації різної інтенсивності. "Стінка", як один із основних елементів конструкції, відповідає за передачу навантажень, стабільність механізму та його захист від деформацій. Недостатнє розуміння вібраційних характеристик цієї деталі може призвести до негативних наслідків, таких як:

- Підвищений рівень шуму та вібрацій, що знижує комфорт роботи обладнання.
- Прискорений знос деталей редуктора.
- Можливість появи резонансних явищ, які загрожують руйнуванням системи.

Дослідження "Стінки" на вібрацію дозволить:

- Визначити критичні частоти та амплітуди вібрацій, які можуть впливати на стабільність роботи редуктора.
- Оцінити стійкість конструкції до динамічних навантажень у реальних умовах експлуатації.
- Виявити потенційні слабкі місця конструкції, які можуть спричиняти підвищений рівень вібрацій.
- Розробити рекомендації для зменшення негативних вібраційних впливів шляхом оптимізації конструкції та використання відповідних матеріалів.

						Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отримані результати сприятимуть не лише підвищенню ефективності та надійності редуктора, але й дозволять зменшити витрати на обслуговування та подовжити термін служби обладнання загалом. Це дослідження є важливим кроком у вдосконаленні інженерних рішень для створення більш стабільних та ефективних механізмів.

						Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єкт дослідження

Дослідження будуть проводитися на деталі “Стінка” яка являється несучим елементом збірки редуктора. Важливість даної деталі полягає в тім що увесь виріб складається з двох таких деталей і вихід з ладу однієї цієї деталі буде критичним .

Здавалось би дослідження на вібрації годяться в першу чергу для для збірок механізмів а не для одиночної деталі особливо такої яка виконує роль несучої . Але оскільки дана деталь являється критично важливою для усього виробу то над нею мають бути проведені багато різних досліджень серед яких і дослідження на вібрацію.

Це дозволить нам передбачити її поведінку при різних частотах вібрації що дозволить нам в майбутньому спроектувати кращу версію даної деталі з урахуванням теперішніх особливостей які можуть виплести під час даного випробування.

Для прикладу в разі виходу інших елементів збірки редуктора для такі як шестерені які могли би отримати ті чи інші ушкодження і як тільки вони почнуть передавати вібрацію на дану деталь в залежності від частоти вібрації деталь буде деформуватися.

Дана деталь має пройти дослідження на вібрацію на різних частотах щоб знати як поведе себе деталь при тих чи інших умовах.

Дослідження буде відбуватися у програмі AUTODESK FUSION 360 , а саме на студентській версії. Ця програма надає можливість користувачу проводити різні симуляції в тому числі і на вібрацію

Це дослідження необхідно провести як мінімум з тої точки зору що наша деталь виготовлена з чавуна СЧ20 . А даний матеріал може підвергатися суттєвому впливу від вібрацій. Для прикладу це може призвести до утворення мікротріщин які призведуть до подальшої руйнації всієї деталі.

Тому враховуючи всю відповідальність яка покладена на дану деталь дане дослідження має бути проведене і в подальшому мають бути враховані всі нюанси та моменти які ми дізнаємось після проведення дослідження.

Досліди буду проводитись виключно на прототипах даної деталі, на серійних зразках воно не буде проводитися оскільки в серію піде вже доведена до ладу деталь і її характеристики нам будуть відомі і особливості виробництва мало впливатимуть на вібраційні якості даної деталі.

						Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Але оскільки дана деталь вже можна сказати доведена до ладу. І ми не можемо вносити зміни в неї, хіба в майбутні версії. Відповідно будуть прийматися інші технічні рішення щоб зменшити вібрації даної деталі для прикладу будуть підбиратися спеціальні прокладки між "стілкою" та корпусом редуктора.

						Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 НАУКОВО ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

Дослідження

Дослідження відбувається наступним чином. Маючи готову модель в програмі Fusion 360 переходимо в розділ симуляції.

Обираємо команду нове дослідження і обираємо тип досліджень які нам потрібен, в нашому випадку це вібрації.

Після цього вказуємо ті елементи на деталі які мають бути зафіксовані. Конкретно в цій деталі це будуть всі кріпильні отвори.

Після чого ми запускаємо симуляцію і програма сама протягом деякого часу вираховує всі необхідні дані .

Вона сама підбирає частоти під якими деталь показує себе по-різному, те як вона себе веде під час дослідження можемо побачити міняючи частоти у вікні яке відкривається після проведення розрахунків.



Рисунок 4.2 деталь “Стінка” в стані спокою

						Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

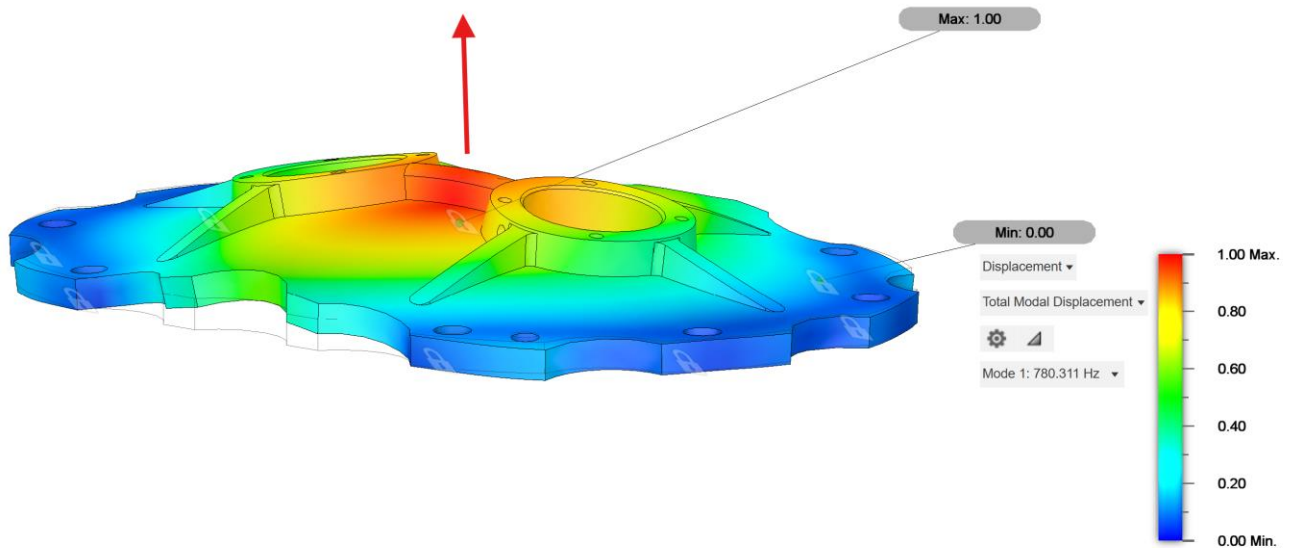


Рисунок 4.3 Вплив вібрації з частотою 780.3 Hz на деталь

На даному рисунку зображено те як деталь веде себе під впливом вібрації з частотою 780,3 гц на малюнку зображено те як в деталь вигинається уверх в районі суміжного ребра по середині по середині

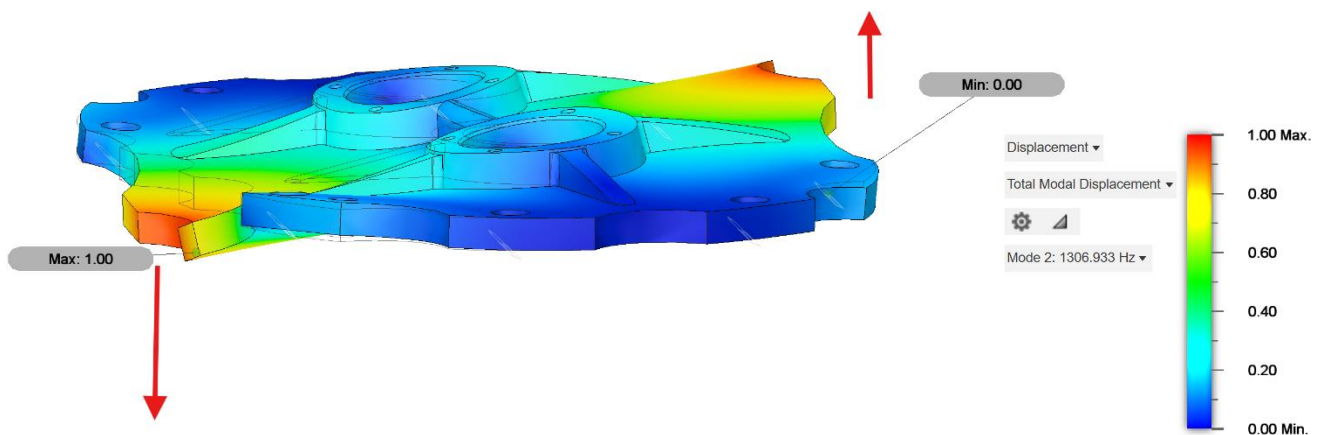
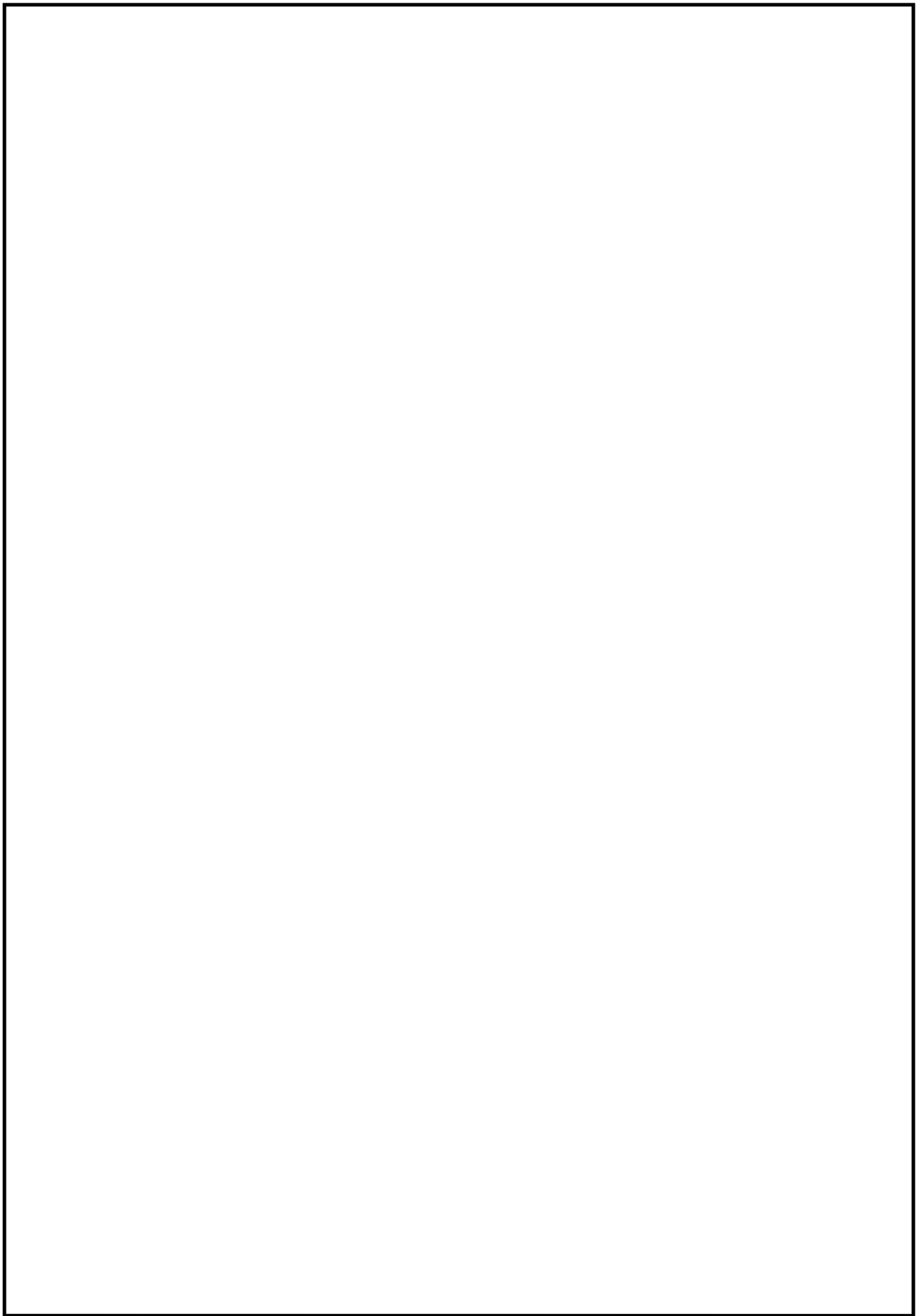


Рисунок 4.4 Вплив вібрації з частотою 1306.9 Hz на деталь

Під впливом вібрації з частотою 1306,9 гц в деталі вигинаються уверх та вниз її крайні стінки за які ми фіксували деталь під час механічних обробки

						Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



						Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

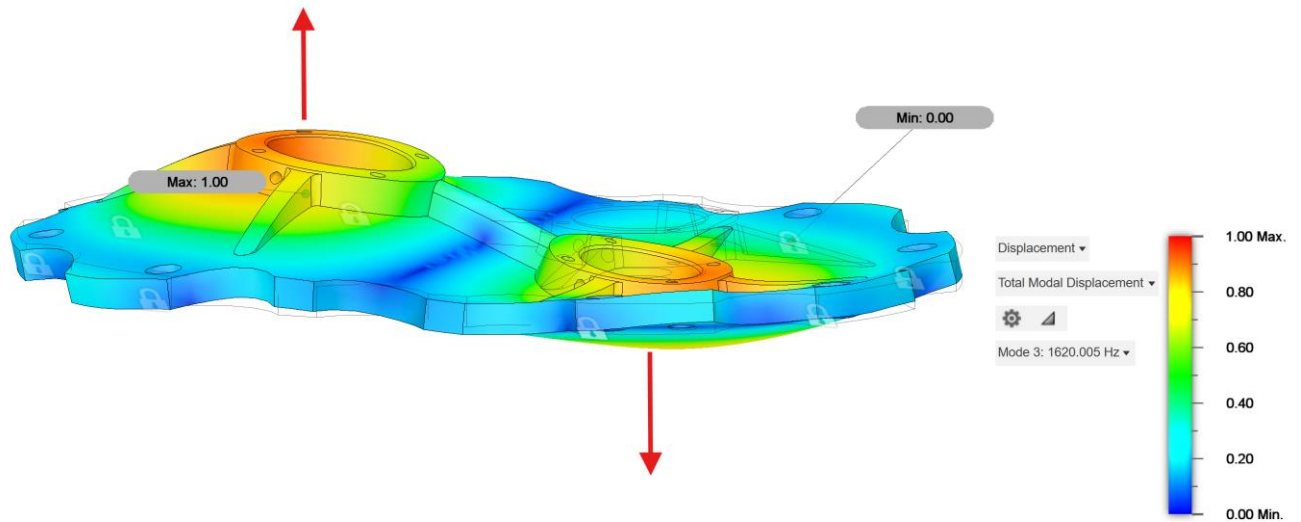


Рисунок 4.4 Вплив вібрації з частотою 1620 Hz на деталь.

Під впливом вібрації з частотою 1620 гц у деталі вигинаються посадочні місця підшипників, одне тягнеться догори а інше донизу.

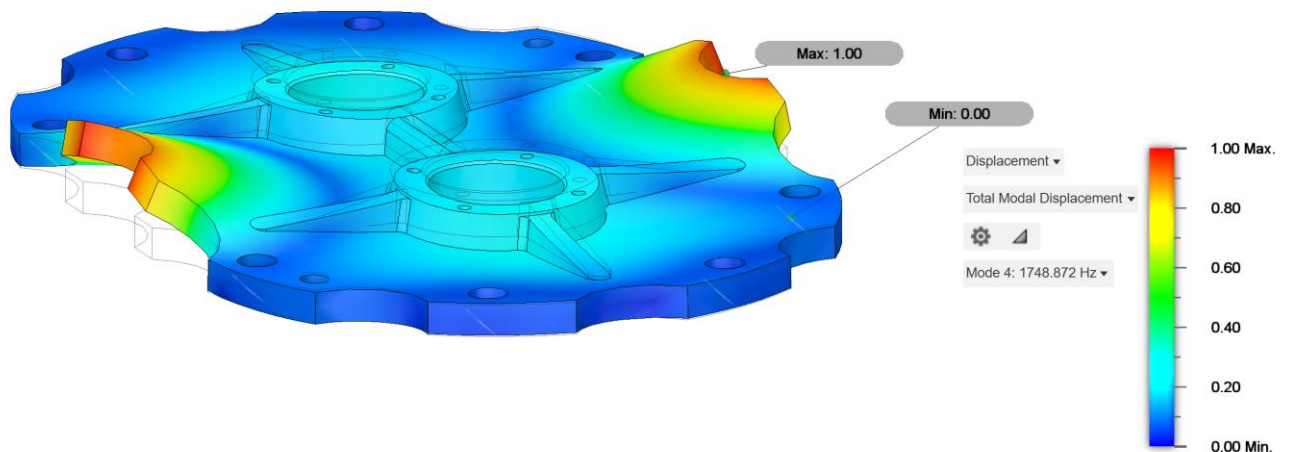


Рисунок 4 5 Вплив вібрації з частотою 1748 8 Hz на деталь

						Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За частоти 1748,8 гц у деталі також вигинаються ті місця за якими її кріпили тільки цього разу вони одночасно вигинаються вгору.

						Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

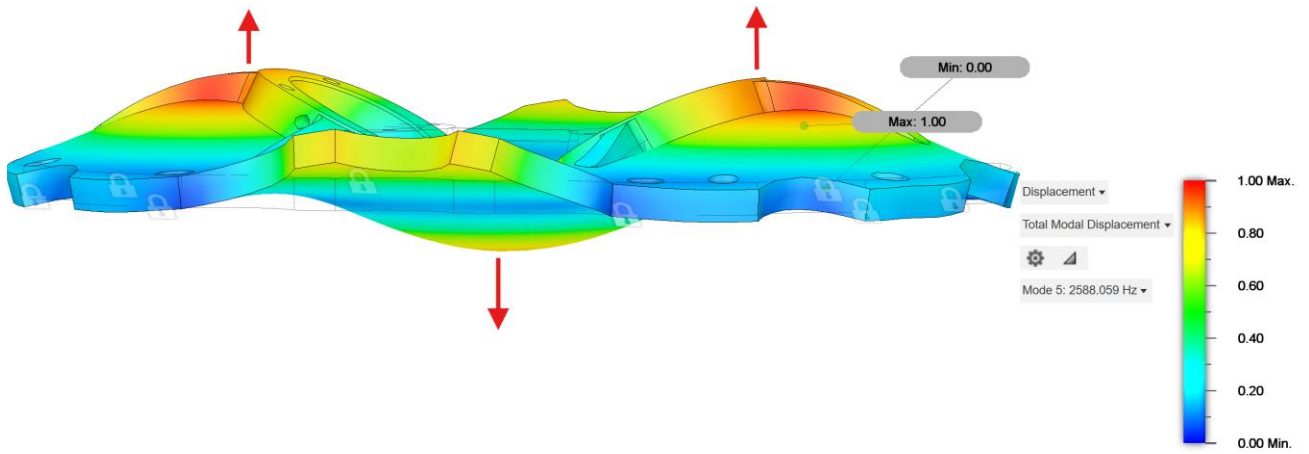


Рисунок 4.6 Вплив вібрації з частотою 2588.05 Hz на деталь

Даний випадок являється вже значно цікавішим в порівнянні з попередніми випадками. При частоті вібрації 2588 гц деталь веде вкрай нетипові напрямки. Посадочні місця підшипників в тих місцях де вони ближчі до краю тягнуться вгору, в той момент як ребро жорсткості між ними тягнеться вниз.

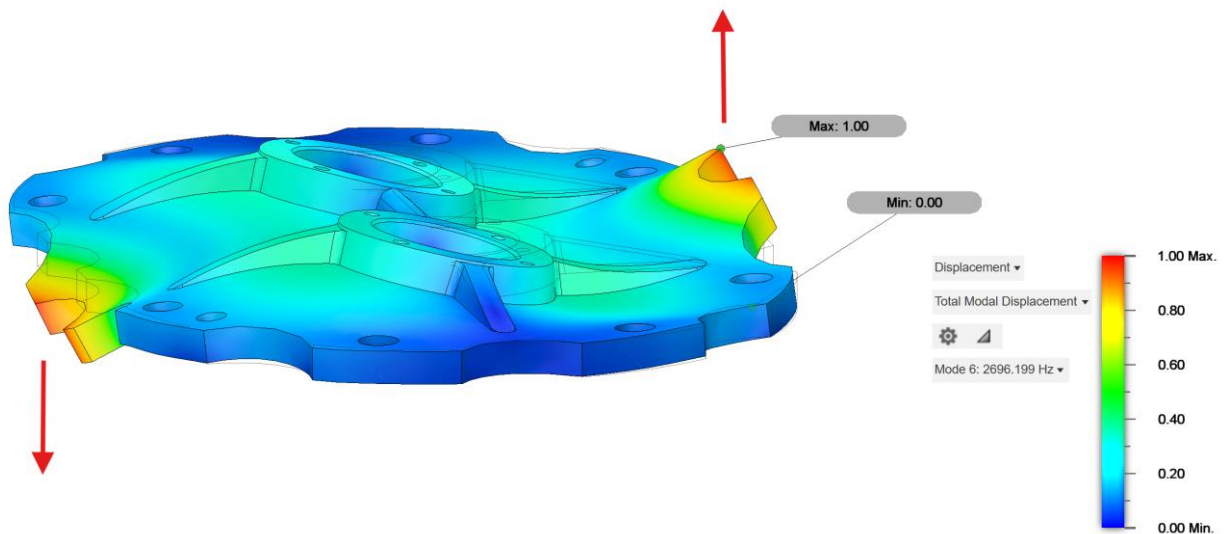


Рисунок 4.7 Вплив вібрації з частотою 2698.05 Hz на деталь.

					Арк.
					67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

У випадку зібрати частоту 2598,5 гц деталь тягнеться схожим образом який в одному з попередніх випадків тільки на даний випадок присутні додаткове кручення деталі за годинниковою стрілкою вздовж центральної осі деталі.

						Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

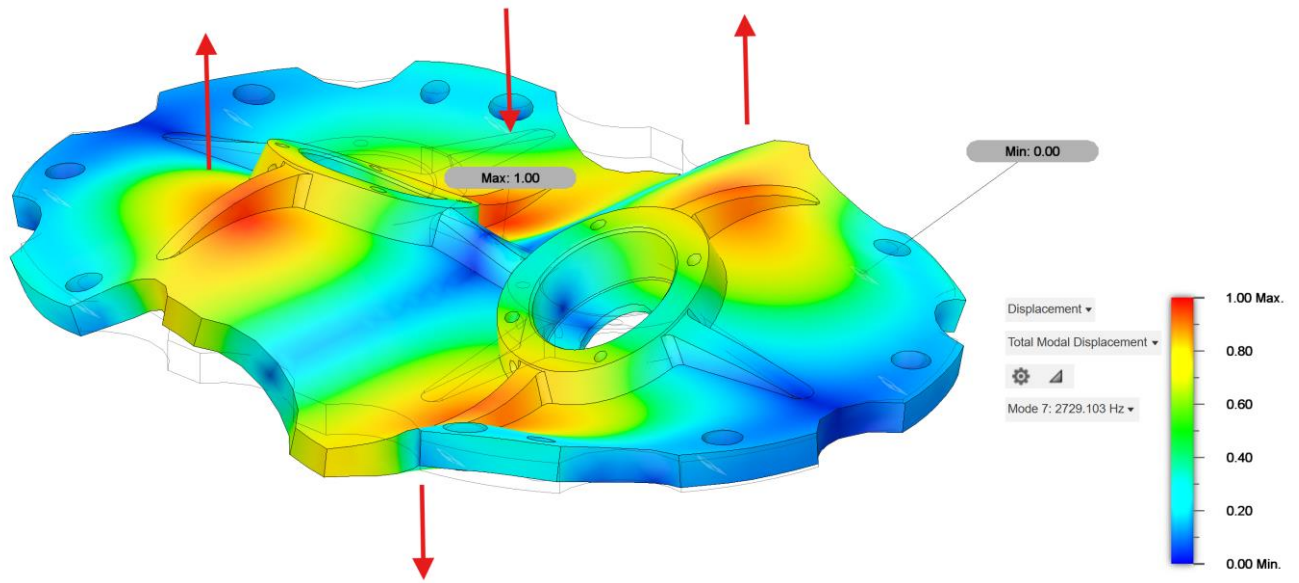


Рисунок 4.8 Вплив вібрації з частотою 2729.1 Hz на деталь

З вібрацією в 2729,1 ГЦ деталь поводить себе значно цікавіше. А саме якщо розбити її зверху по діагоналям то вздовж однієї лінії діагоналі деталі йде вгору вздовж іншої лінії вниз.

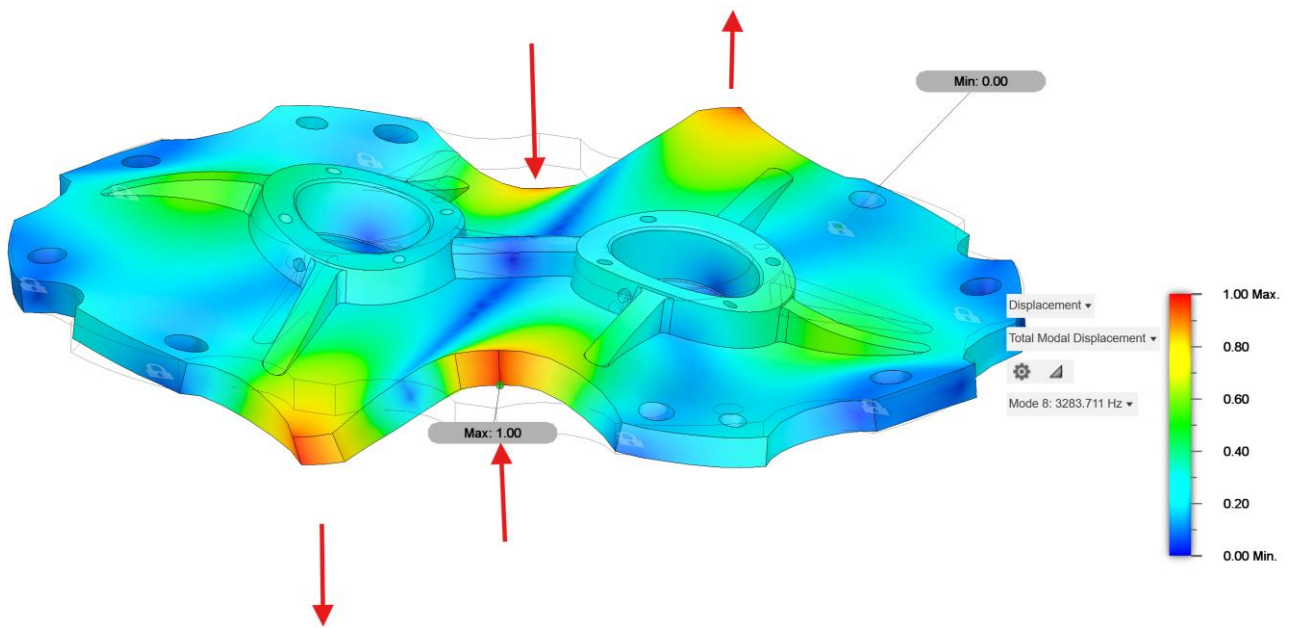


Рисунок 4.9 Вплив вібрації з частотою 3283.711 Hz на деталь

						Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

І останній варіант - це вібрації з частотою 3283,7 гц деталь веде себе таким чином що одна сторона її тягнеться догори в той момент так інша донизу.

						Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1

Частота вібрації	Вісь X мм	Вісь Y мм	Вісь Z мм
780.311 Гц	0	61,393398	0
1306.933 Гц	0	0,0001	0,7242002
1620.005 Гц	1,7616	0	0,0003
1748.872 Гц	0	0,02399	0
2588.059 Гц	0	15,0040999	0
2696.199 Гц	0,0001	0,0001	3,90629992
2729.103 Гц	0	0,002	0,0006
3283.711 Гц	1,84760001	0	0,0003

						Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок

В результаті проведення досліджень на вібрацію деталі стінка ми дізналися які частоти вібрації мають серйозний вплив на деформацію деталі, і те в які сторони вигинаються ті чи інші частини.

Також в процесі роботи була складена табличка з координатами точок які відхилилися від своїх місць.

В майбутньому дане дослідження зіграє важливу роль при проектуванні нової версії даної деталі оскільки воно викрило ряд певних моментів які можуть виникнути при тих чи інших вібраціях.

А враховуючи що даний редуктор буде піддаватися серйозним навантаженням відповідно буде високий ризик того що з часом деякі деталі будуть швидше зношуватися відповідно це буде впливати на "Стінку".

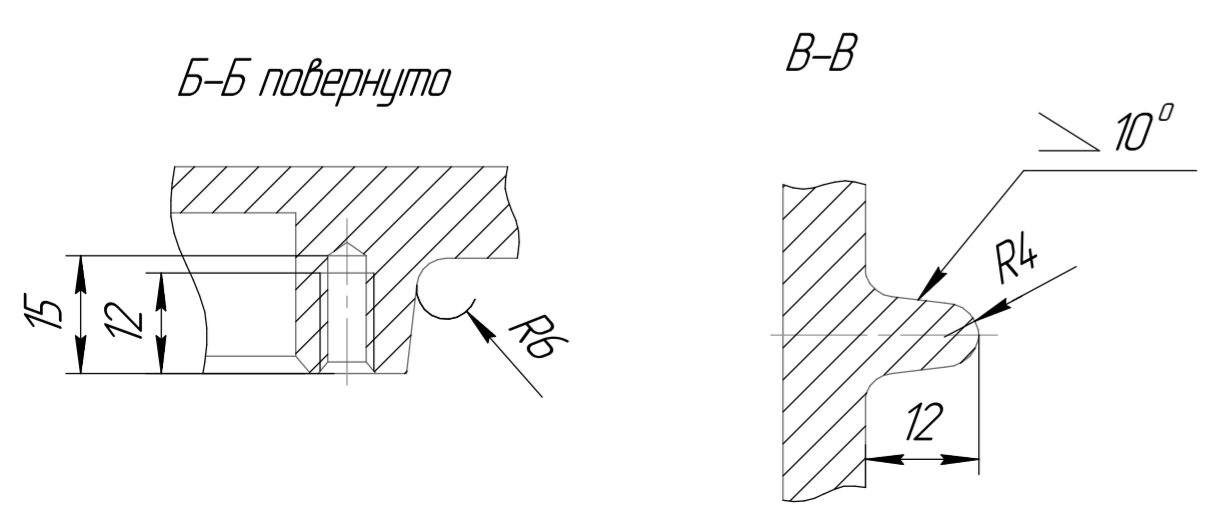
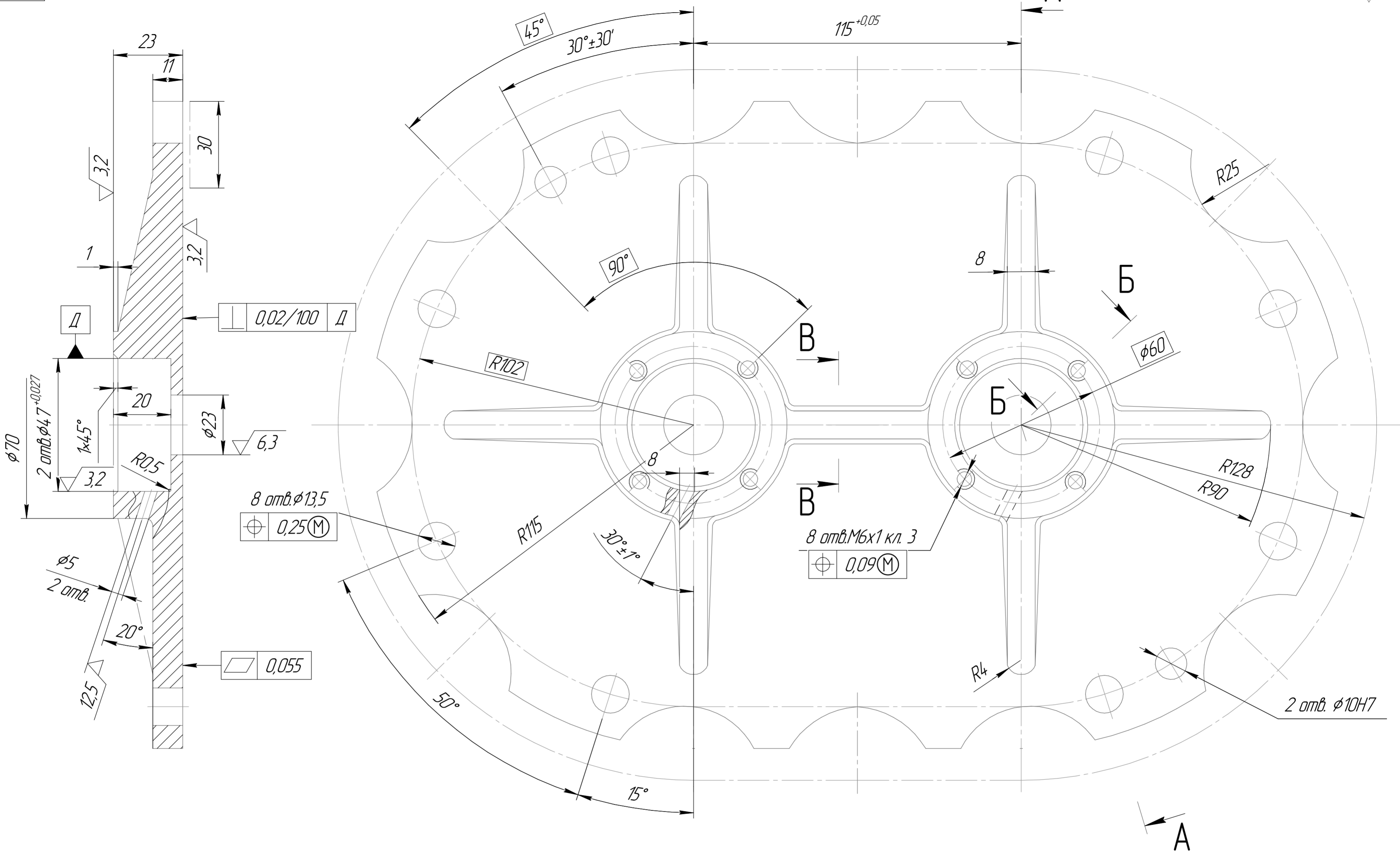
						Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури:

1. **Методичні рекомендації до виконання курсових проєктів з технології машинобудування** / Автори: університетські методичні матеріали (НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського", Львівська політехніка).
2. **Курсове проєктування з технології машинобудування** / Автори: викладачі українських технічних університетів.
3. **Довідник технолога-машинобудівника. Частина 1** / Автори: адаптовані матеріали під ред. українських викладачів та фахівців.
4. **Довідник технолога-машинобудівника. Частина 2** / Автори: адаптовані матеріали під ред. українських викладачів та фахівців.
5. **Довідник технолога-машинобудівника. Частина 1 (4-е видання)** / Автори: за редакцією українських викладачів.
6. **Довідник технолога-машинобудівника. Частина 2 (4-е видання)** / Автори: за редакцією українських викладачів.
7. **Обробка металів різанням: Довідник технолога** / Автори: Панасюк В. П., Стефанюк М. С., інші фахівці (адаптовані посібники).
8. **Точність обробки деталей та припуски в машинобудуванні** / Автори: викладачі українських технічних університетів.
9. **Проектування і виробництво заготовок у машинобудуванні** / Автори: Руденко П. А. та інші (оригінальне українське видання).
10. **Основи конструювання пристосувань** / Автор: викладачі кафедр конструювання українських технічних університетів.
11. **Загальні нормативи часу в машинобудуванні** / Автори: технічні нормативні комісії (адаптовані українські методичні матеріали).

Якщо потрібні точні джерела чи уточнення, звертайтеся!

						Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



4. Невказані ливарні радіуси $R=3$ мм
5. Невказані граничні відхилення розмірів по: $H14, h14, \pm \frac{IT14}{2}$
6. Різьбаві отвори зенкувати під кутом 120° до зовнішнього діаметра різьби
7. Покрытие необработанных внешних поверхностей: эмаль НЦ-25 IV.H будь-якого кольору
8. На обработанных поверхнях допускаются единичные раковины $\phi 8$ мм (не больше), глубиной до 2 мм

1. Якість відливки повинна відповідати ДСТУ 26398-84
2. Для зняття ливарних напружень відливку термічно обробити
3. Допустимі відхилення по розмірам відливки відповідно ДСТУ 1855-55

					MP.ПМКМ-627.00.000			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Стінка	Лит.	Маса	Масштаб
Разроб.	Витвицький						5,7231	1:1
Перев.	Костяк Н. О.					Аркуш	Аркциф	1
Т.контр.	Костяк Н. О.					ІФНТУНГ ПМКМ-23-1		
Реценз.								
Н.контр.	Костяк Н. О.				СЧ 20 ДСТУ 14.12-85			
Затв.	Панчук В. Г.							

Ескіз обробки

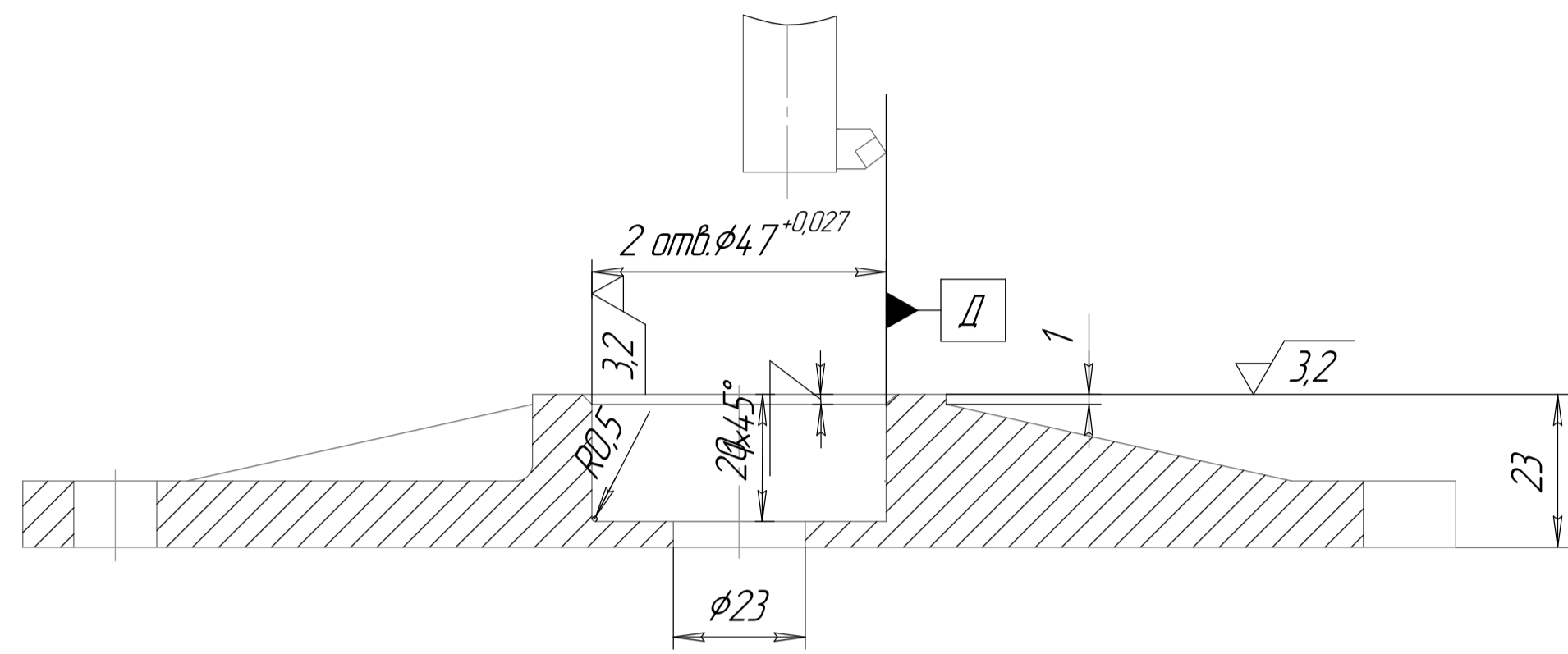
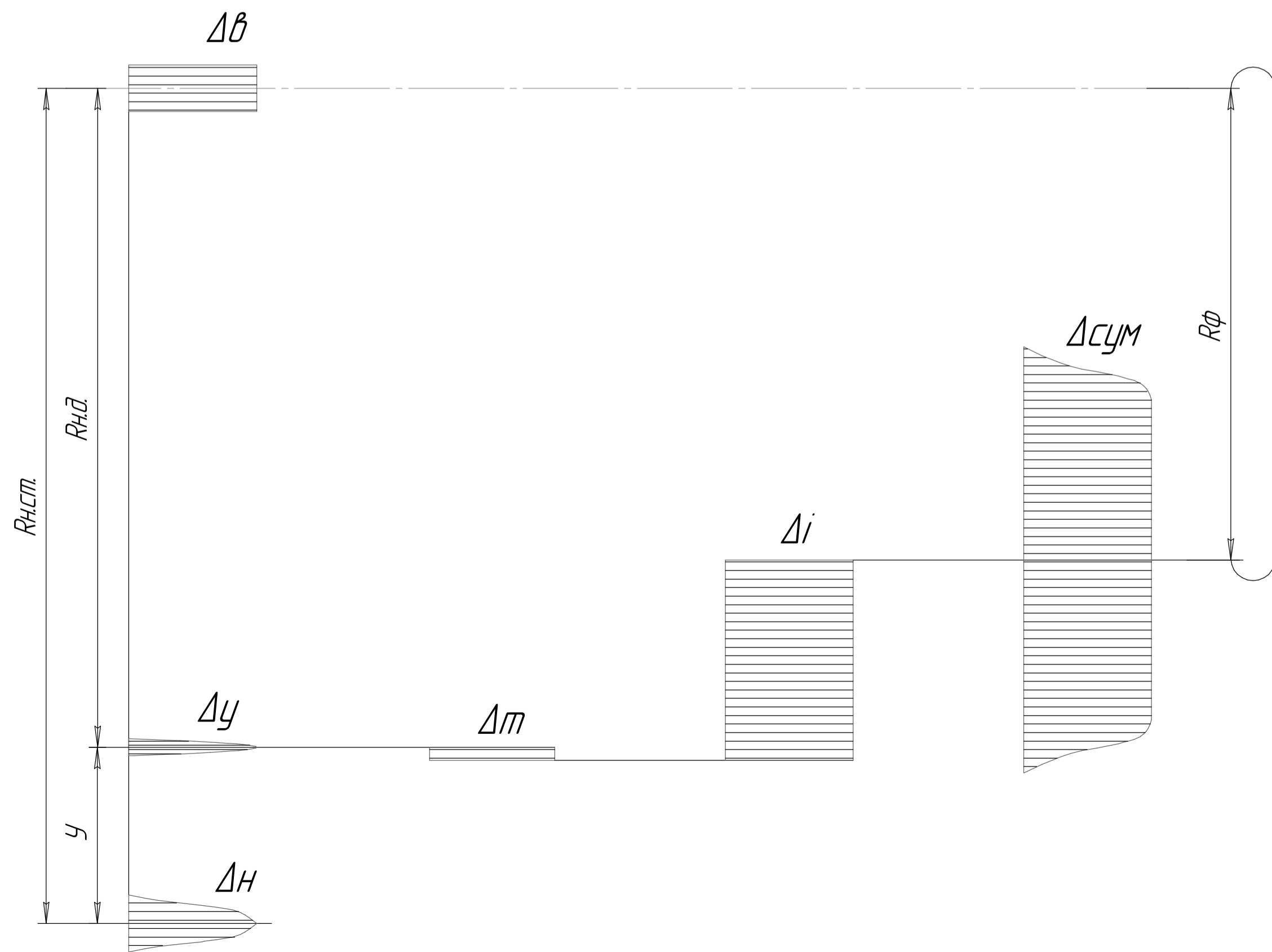
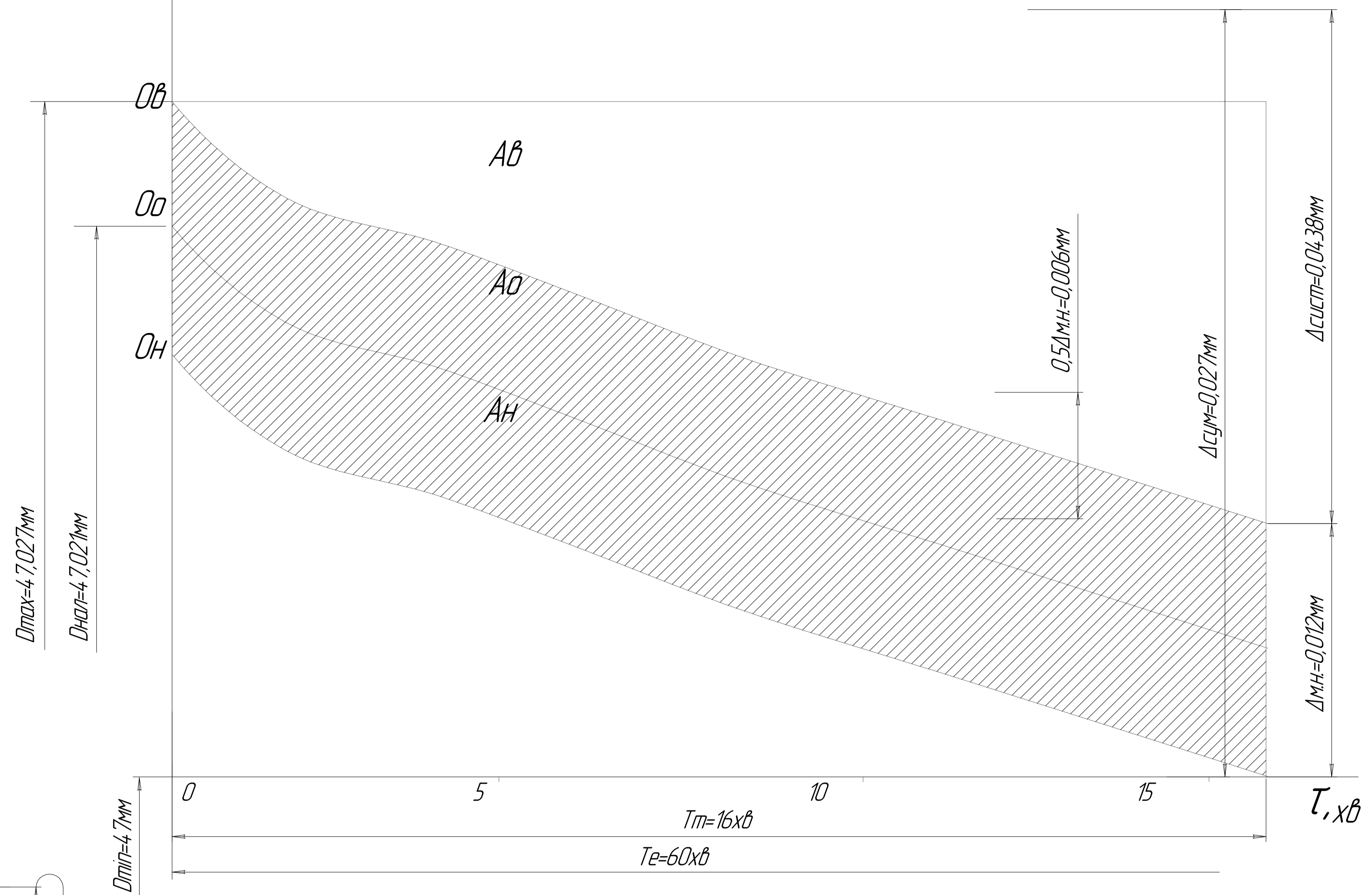


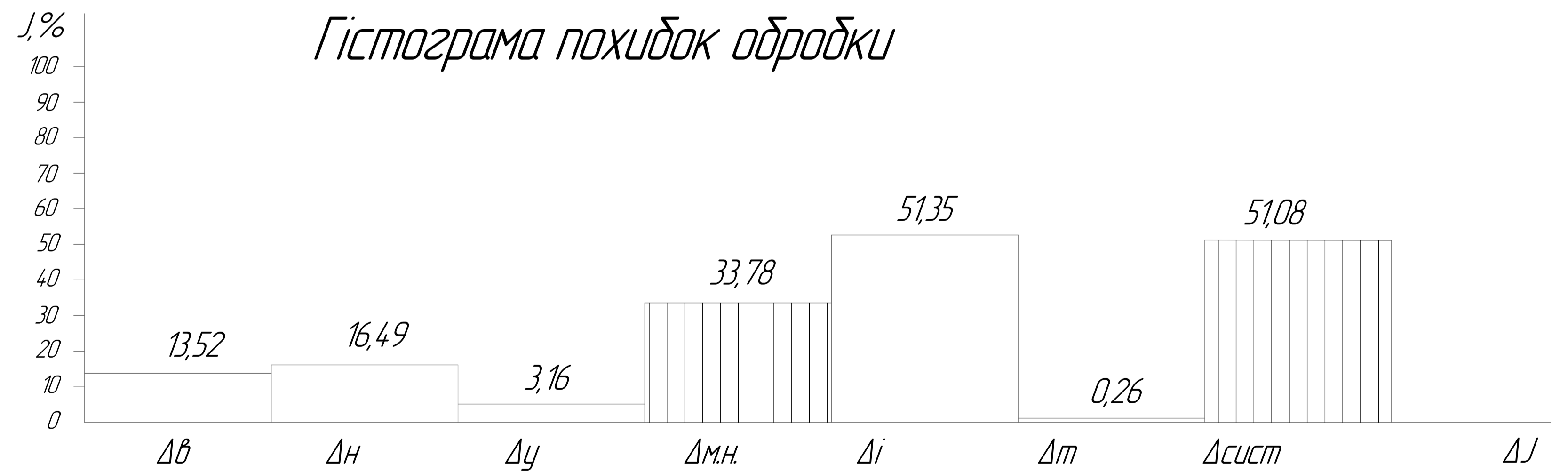
Схема технологічного розмірного ланцюга обробки



$D, \text{мм}$ Теоретична діаграма точності тонкого розточування поверхні $\phi 4.7 (+0.027)$



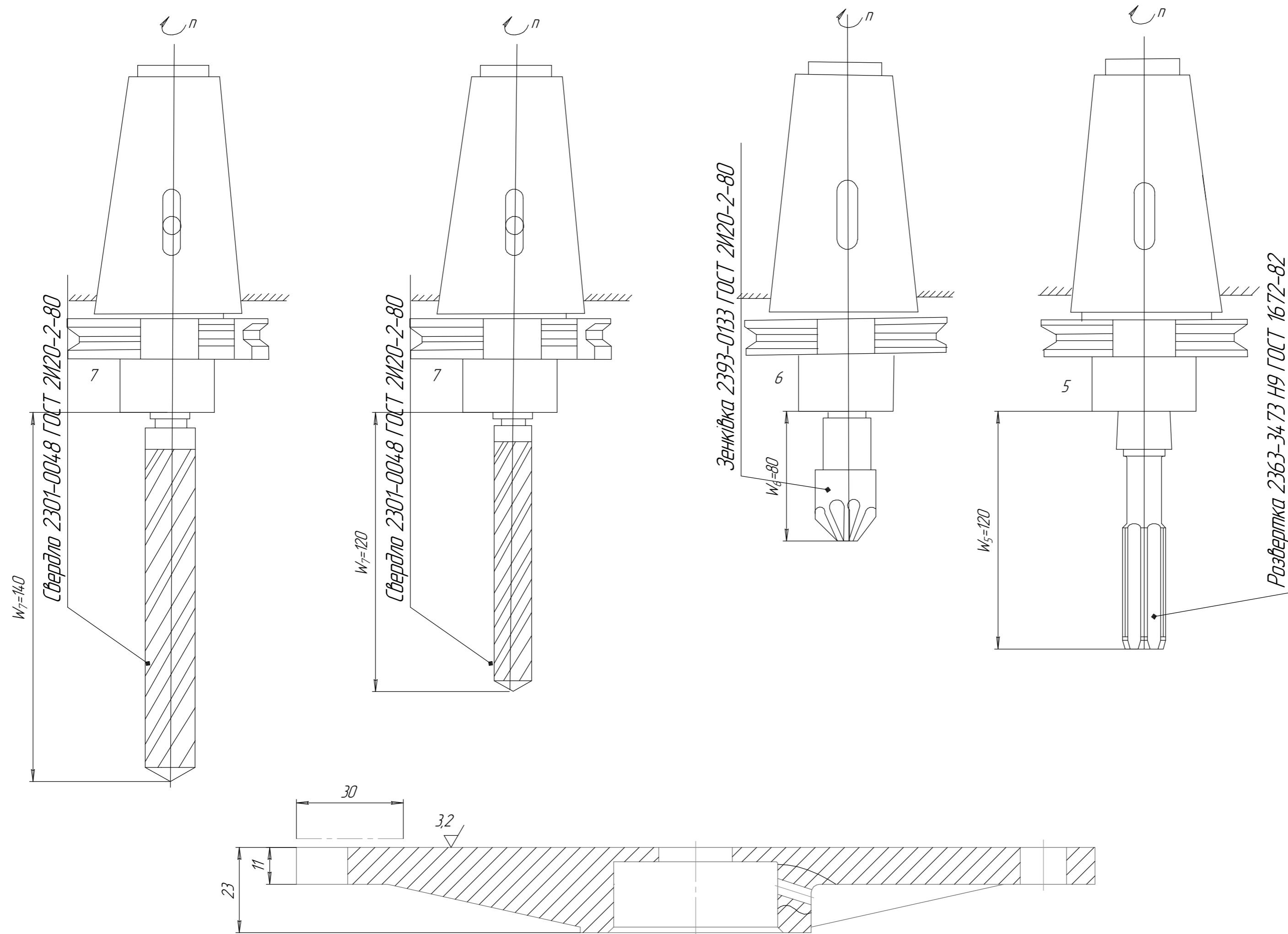
Гістограма похибок обробки



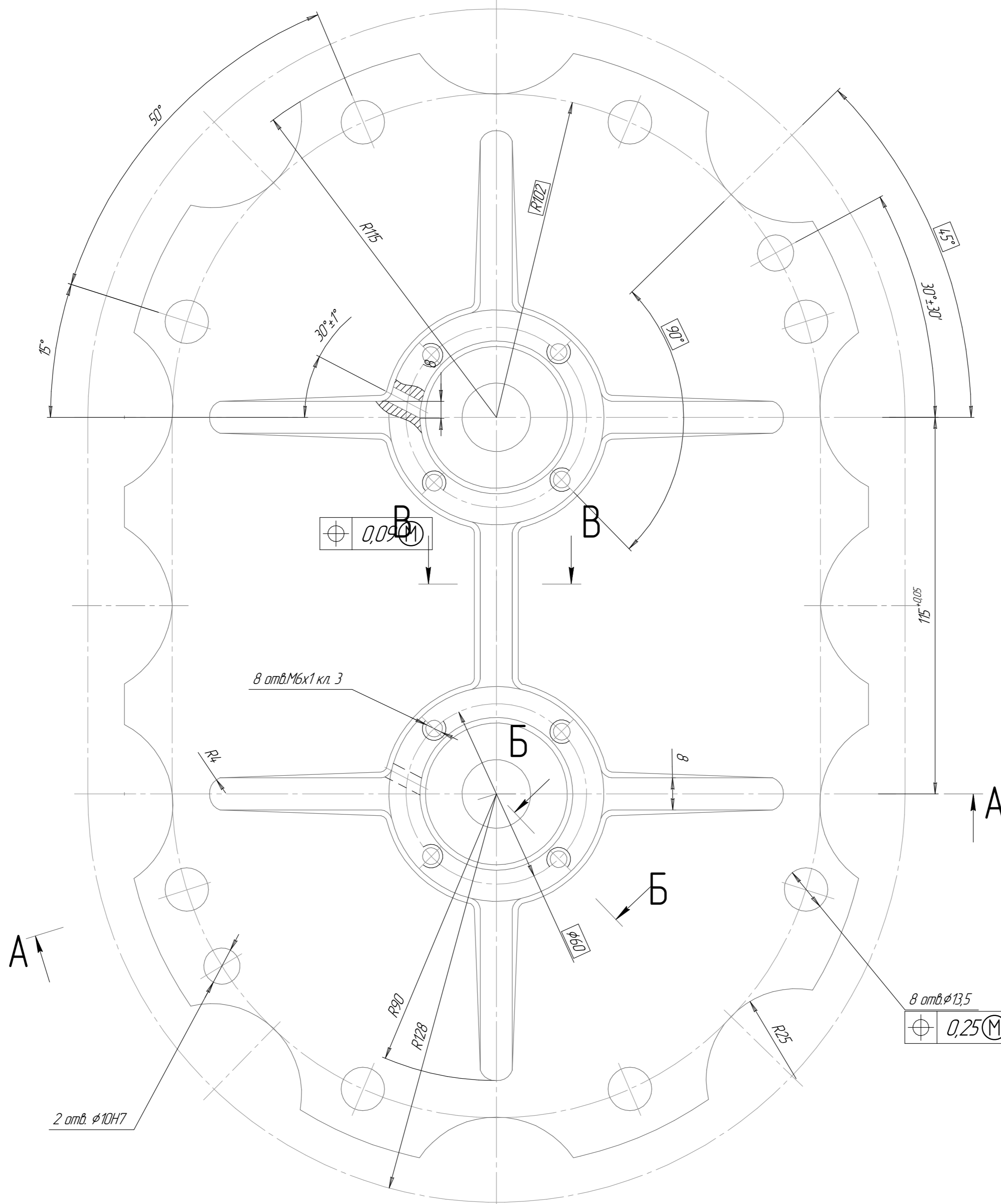
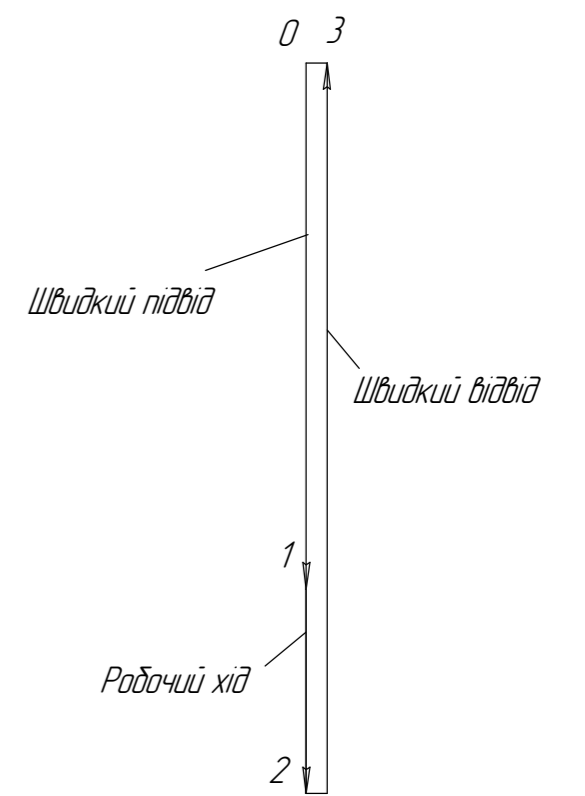
МР.ПММ-627.00.000				Лист	Маса	Масштаб	
Зм.	Арх.	№ докум.	Підп.	Дата	Аналіз точності	-	
Розроб.	Витвіцький						
Перев.	Костюк Н.О.						
Т.контр.	Костюк Н.О.						
Реценз.					Архив	Архив	
Н.контр.	Костюк Н.О.						
Затв.	Ланчук В.Г.						
						11	ІФНТЧНГ
							ПММ-23-1

Карта наладки на операцію свердлильну з ЧПК

МР.ПММ-627.00.000

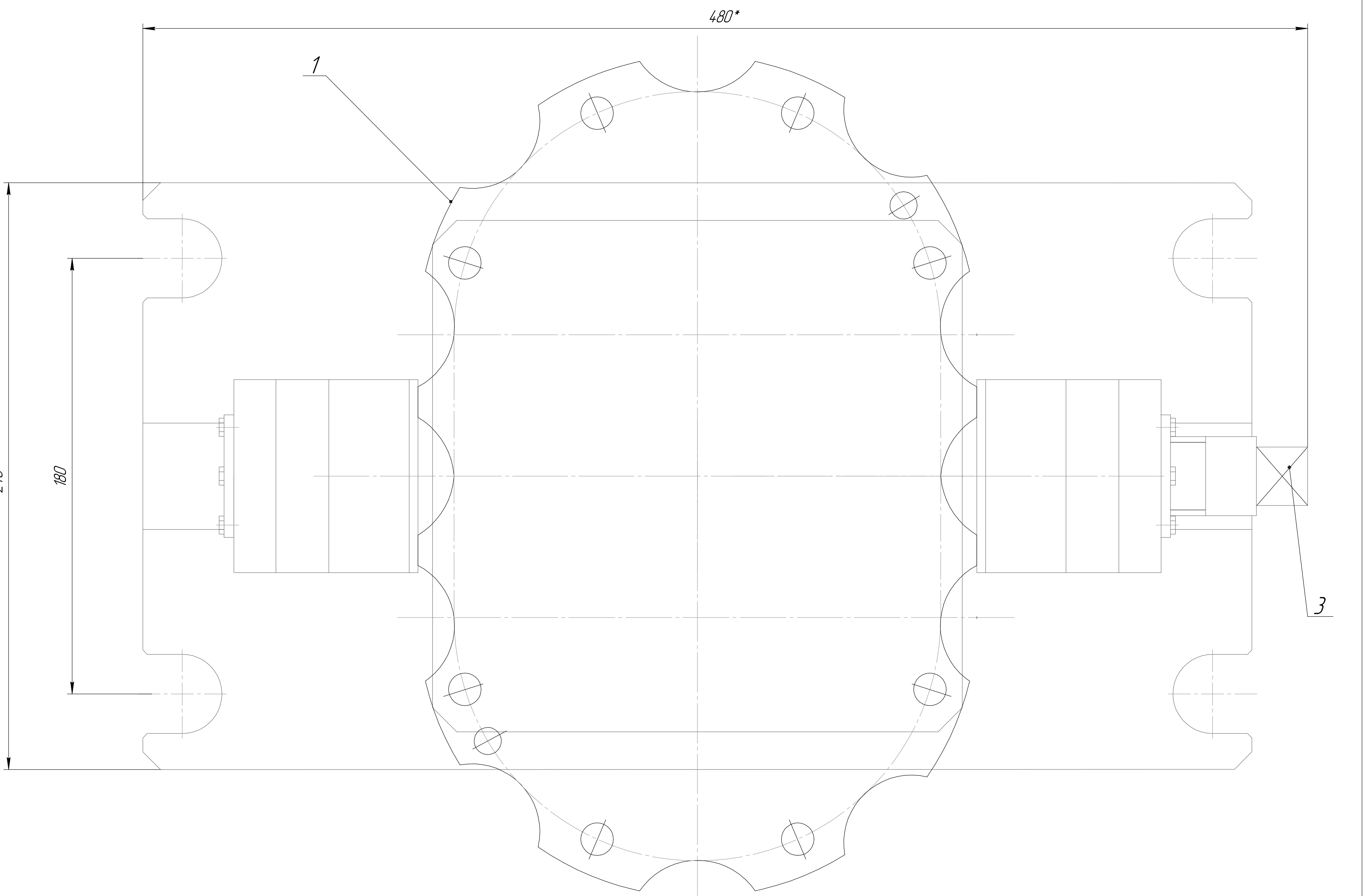
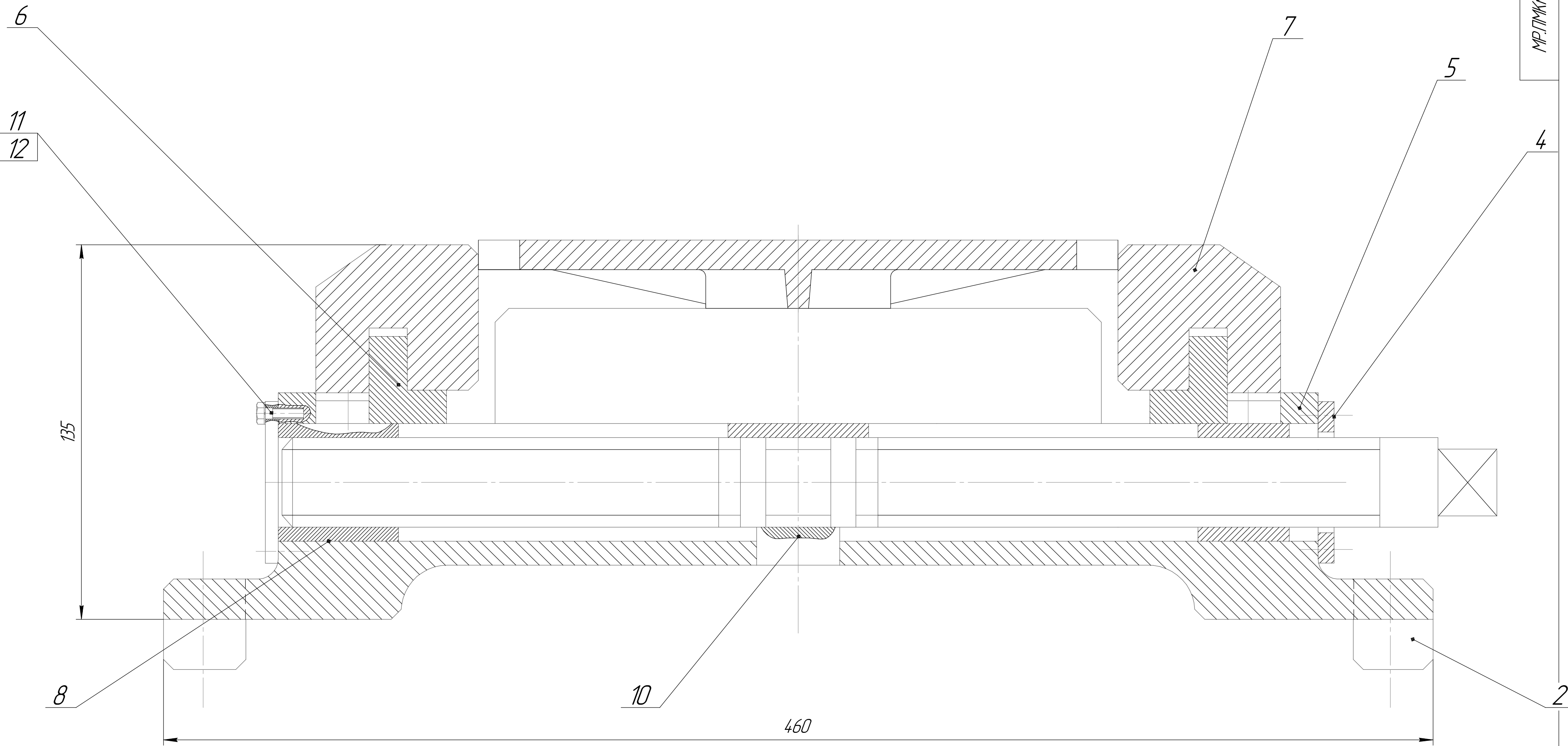


Переміщення інструмента у площині XZ



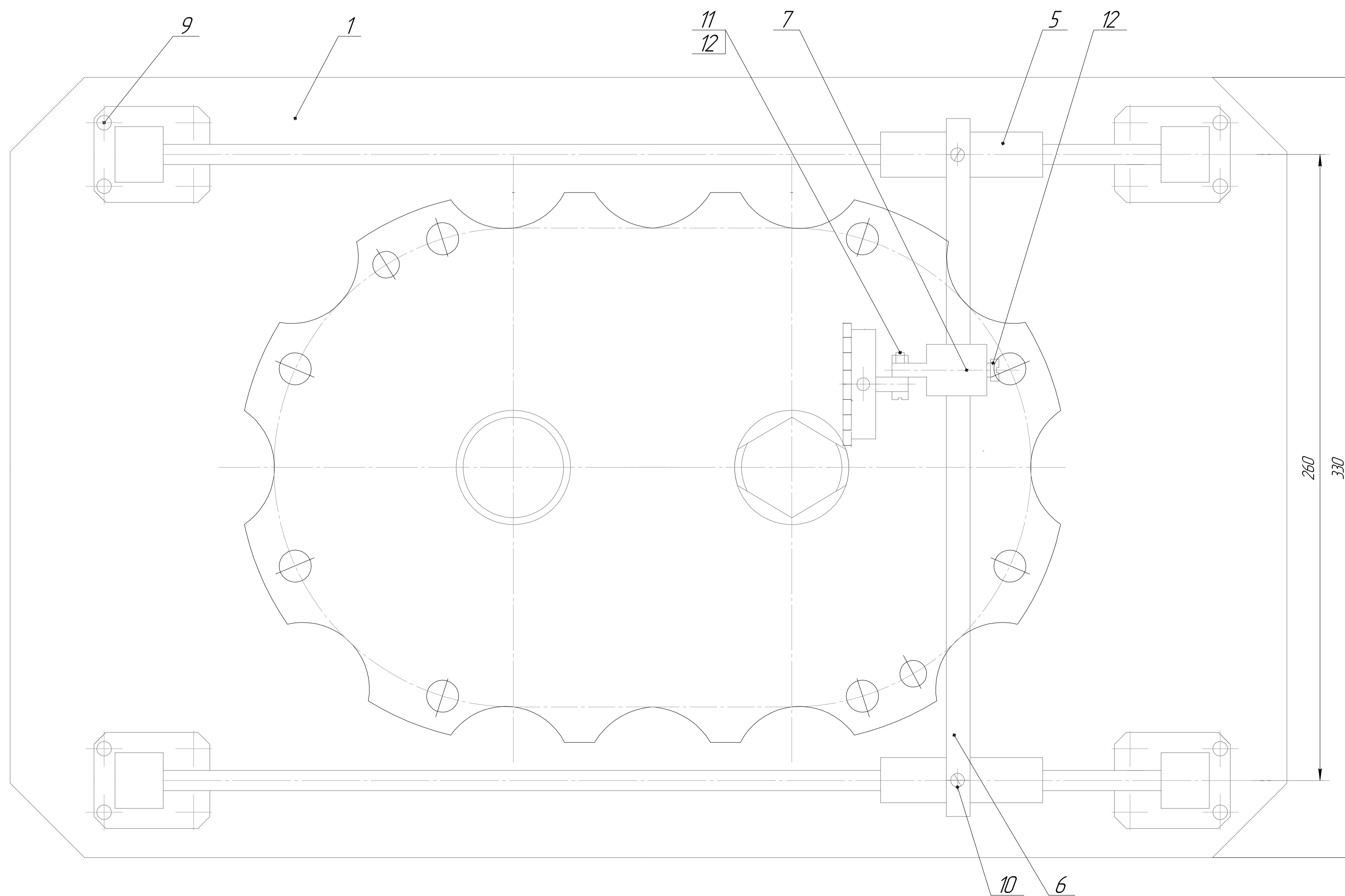
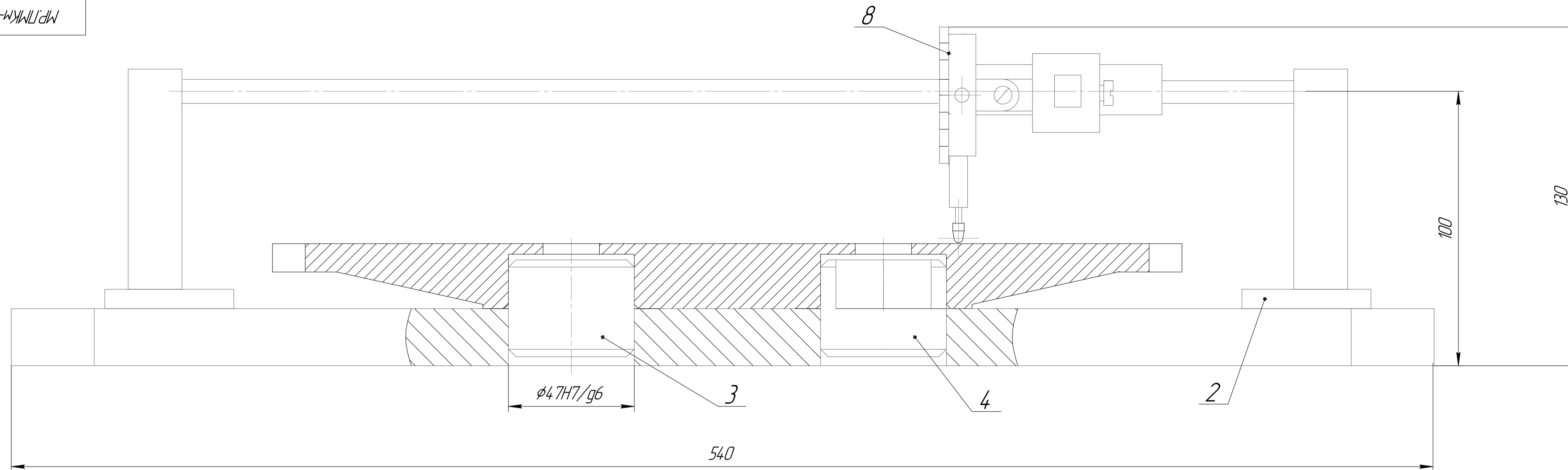
<p>020 Свердлильна з ЧПК</p> <p>1. Свердлили 8 отворів Ш13,5 мм</p> <p>2. Свердлили 2 отвори Ш9,8 мм</p> <p>3. Зенкували 2 фаски 0,5x4,5°</p> <p>4. Розвернули 2 отвори Ш10 мм</p>	<p>НААС</p>	<p>Штангельциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80, виробач ДМ-ПМ-179, виробач ДМ-КС-14-10, градка ДМ-П-175, Катір-градка різьба М12x1,25 8221-3055 ГОСТ 17758-72</p>	T1	Свердло 13,5 2301-0256 ГОСТ 10903-77	6,75	0,18	28,6	1000	0,34	2
			T1	Свердло 9,8 2301-0192 ГОСТ 10903-77	5,9	0,22	33,9	1000	0,34	2
			T2	Зенкер ДМ-ЗН-213	1,35	0,35	21,2	500	0,09	2
			T3	Развертка 2345-0054 ГОСТ 1604-71	0,1	0,6	9,4	250	0,34	2
Найменування і короткий зміст операції	Обладнання (тип і модель)	Вимірний інструмент	№ вст. на карті	Найменування і короткий зміст Ріжучий інструмент	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, хв ⁻¹	Ta, хв	Tдоп, хв

МР.ПММ-627.00.000			
Зм.	Арх.	№ док.	Підп.
Разроб.	Витвілювач	Костюк Н. О.	
Лерев	Костюк Н. О.		
І.контр.	Костюк Н. О.		
Реценз.	Костюк Н. О.		
І.контр.	Костюк Н. О.		
Затв.	Панчук В. Г.		
Карта наладки			
Лист	Маса	Масштаб	
у	-	1:1	
Архив		Архив	
		ІФНТУНГ	
		ПММ-23-1	



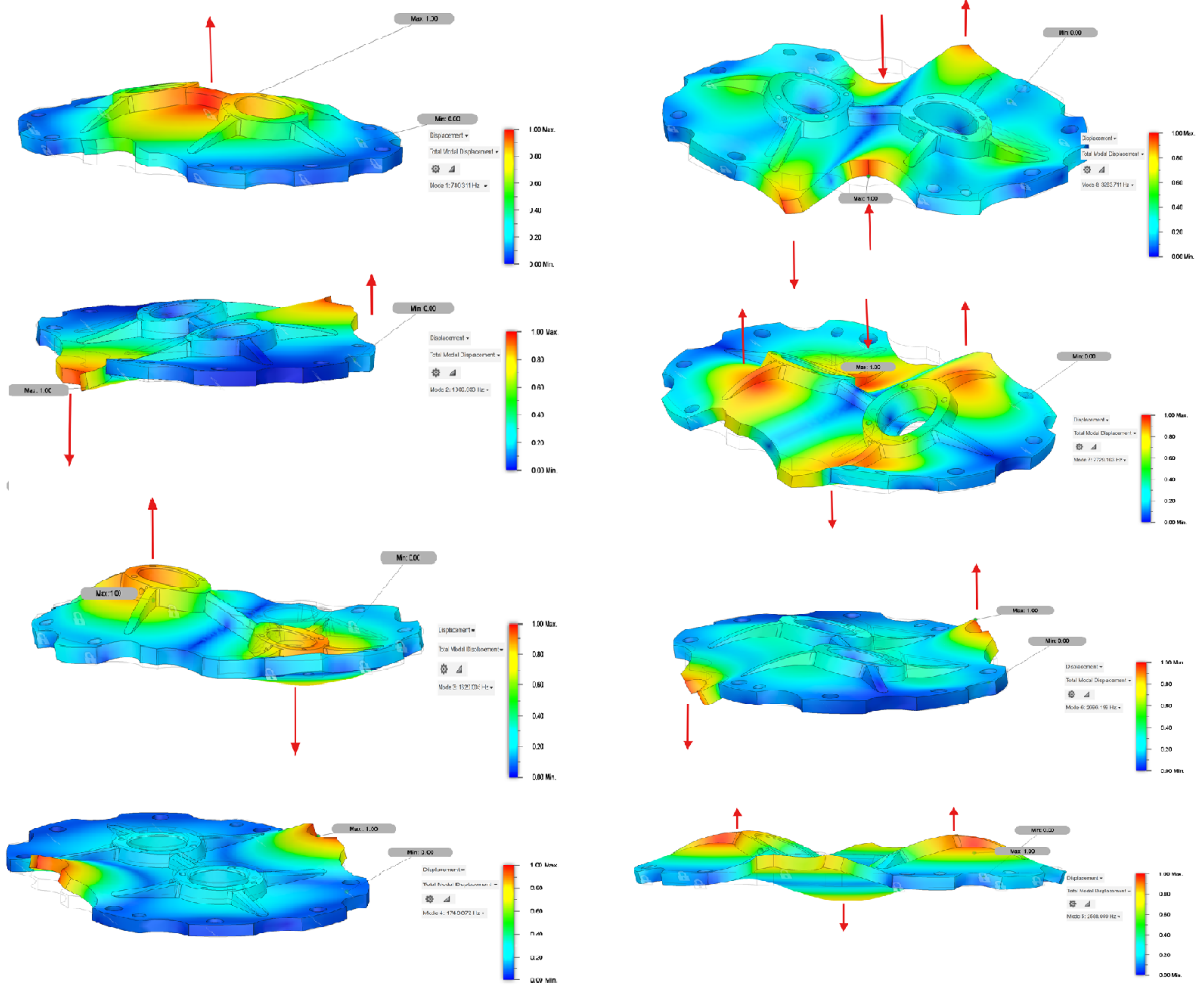
1. Пристрій призначений для вертикально-фрезерного верстату
 2. *Розмір для довідок.

МР.ПМЖМ-627.00.000					Лист	Маса	Масштаб
Зм.	Арх.	№ док.	Підп.	Дата			
Розроб.		Витвицький				-	1:1
Перев.		Костюк Н. О.					
Інженр.		Костюк Н. О.			Архив		1
Реценз.		Костюк Н. О.			ІФНТУНГ		
Інженр.		Костюк Н. О.			ПМЖМ-23-1		
Затв.		Паньчик В. Г.					



1. Пристрій для контролю площинності та перпендикулярності
 2. Пристрій може поміщати до 3 індикаторів одночасно

				MP.ПММ-627.00.000				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Контрольний пристрій	Лист	Маса	Масштаб
Розроб.	Витвіцький					Н		
Перев.	Костюк Н. О.				Архив	Архив		
Т.контр.	Костюк Н. О.				ІФНТЧНГ			
Реценз.					ПММ-23-1			
Н.контр.	Костюк Н. О.							
Затв.	Ланчук В. Г.							



Мета дослідження

У даній науково-дослідній частині буде проведено дослідження вібраційних властивостей деталі "Стінка", яка є важливою складовою частиною редуктора.

Об'єкт дослідження

Дослідження будуть проводитися на деталі "Стінка" яка являється несучим елементом збірки редуктора

Висновок

В результаті проведення досліджень на вібрацію деталі стінка ми дізналися які частоти вібрації мають серйозний вплив на деформацію деталі, і те в які сторони вигинаються ті чи інші частини.

Також в процесі роботи була складена таблиця з координатами точок які відхилилися від своїх місць.

В майбутньому дане дослідження зіграє важливу роль при проектуванні нової версії даної деталі оскільки воно викривило ряд певних моментів які можуть виникнути при тих чи інших вібраціях.

А враховуючи що даний редуктор буде піддаватися серйозним навантаженням відповідно буде високий ризик того що з часом деякі деталі будуть швидше зношуватися відповідно це буде впливати на "Стінку".

Частота вібрації	Вісь X мм	Вісь Y мм	Вісь Z мм
780.311 Гц	0	61,393398	0
1306.933 Гц	0	0,0001	0,7242002
1620.005 Гц	1,7616	0	0,0003
1748.872 Гц	0	0,02399	0
2588.059 Гц	0	15,0040999	0
2696.199 Гц	0,0001	0,0001	3,90629992
2729.103 Гц	0	0,002	0,0006
3283.711 Гц	1,84760001	0	0,0003

МР.ПМКМ-627.00.000			
Зм.	Арх.	№ докум.	Підп.
Розроб.	Витвірчий		
Перев.	Костюк Н.О.		
Леконтр.	Костюк Н.О.		
Реценз.			
Леконтр.	Костюк Н.О.		
Затв.	Паньчук В.Г.		
Науково-дослідна			
Лист	Маса	Максимал	
			11
			Архив 1
			ІФНТУНГ
			ПМКМ-23-1