

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

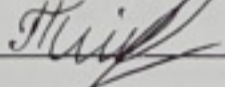
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

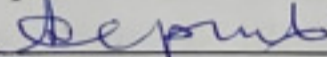
«Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки
деталі типу “Кришка передня ГМП 01.025.004”»

08-26.МКР.022.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, гр. 1ПМ-22м
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

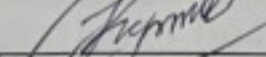
 Таранік А. В.

Керівник: к.т.н., професор каф. ТАМ

 Дерібо О. В.

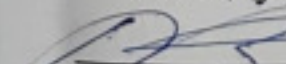
«5» 12 2023 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. АТМ

 Кужель В. П.

«15» 12 2023 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ТАМ


 д.т.н., проф. Козлов Л. Г.
«16» 12 2023 р.

Вінниця ВНТУ – 2023 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет Машинобудування та транспорту
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 13 Механічна інженерія
Спеціальність – 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма – Технології машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

завідувач кафедри ТАМ
д.т.н., професор Козлов Л. Г.


« 16 » жовтня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Тараніку Артьому Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004»

керівник роботи Дерібо Олександр Володимирович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від « 18 » вересня 2023 року № 274 .

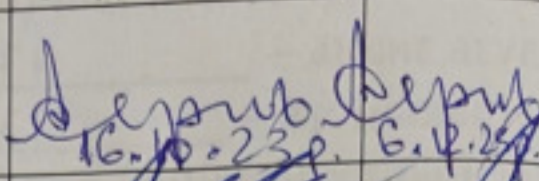
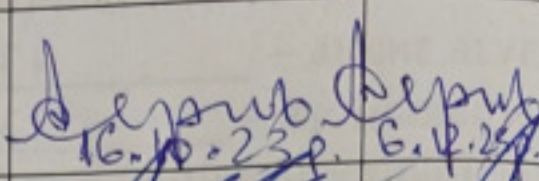
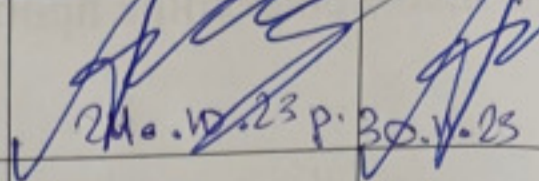
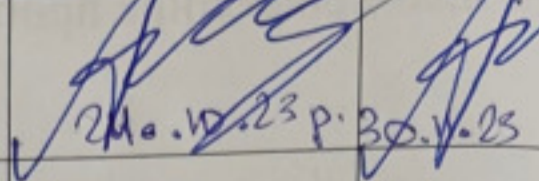
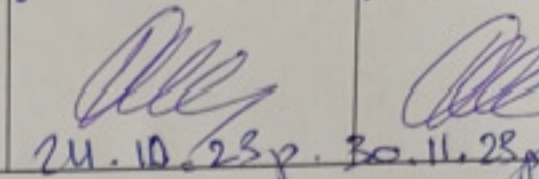
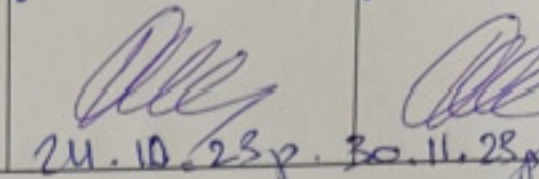
2. Строк подання студентом роботи: 15 грудня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Кришка передня ГМП 01.025.004»; базовий маршрут механічної обробки; річна програма випуску 2000 шт.; довідкова література

4. Зміст текстової частини: анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Кришка»; удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004»; розрахунок дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004»; економічна доцільність удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004»; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
деталь «Кришка передня ГМП 01.025.004»; 3D-модель деталі «Корпус редуктора»; кришка передня (випуск); 3D-модель заготовки; маршрут механічної обробки; розмірний аналіз технологічного процесу; карта налагоджень; ілюстраційний матеріал до наукової частини; техніко-економічні показники

6. Консультанти розділів роботи

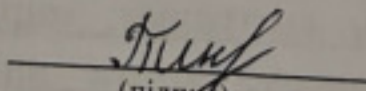
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання при
Спеціальна частина	Дерібо О. В., професор кафедри ТАМ	 16.10.23р.	 16.10.23р.
Економічна частина	Лесько О. Й., завідувач кафедри ЕПВМ	 24.10.23р.	 30.11.23р.
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Дембіцька С. В., професор кафедри БЖДПБ	 24.10.23р.	 30.11.23р.

7. Дата видачі завдання « 10 » жовтня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

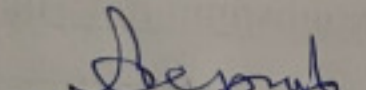
№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Прим
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	до 24.10.23	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	до 27.10.23	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	до 1.11.23	
4	Розв'язання поставлених задач	до 21.11.23	
5	Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	до 6.12.23	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	до 30.11.23	
7	Виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	до 30.11.23	
8	Попередній захист МКР	5.12.23	
9	Перевірка роботи на плагіат	12.12.23	
10	Нормоконтроль МКР	13.12.23	
11	Опонування МКР	15.12.23	
12	Захист МКР	18.12.23	

Студент


(підпис)

Таранік А. В.

Керівник роботи


(підпис)

Дерібо О. В.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.9

Таранік А. В. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – прикладна механіка, освітня програма – технології машинобудування. Вінниця : ВНТУ, 2023. 117 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 27 назв; рис.: 14; табл. 39.

Метою роботи є удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004» з урахуванням сучасних досягнень, передових технологій та нових методів обробки подібних заготовок, що забезпечує необхідну якість та знижує вартість продукції.

Для досягнення поставленої мети проведено огляд технологій виготовлення деталі типу «Корпус»; розроблено варіанти маршруту механічної обробки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004» з використанням сучасних верстатів з ЧПК та вибір кращого з них за мінімумом приведених витрат; проведено розмірно-точнісне моделювання удосконаленого технологічного процесу механічної обробки; визначено режими різання та норми часу; розраховано кількість обладнання та працівників; удосконалено дільницю механічної обробки.

В науковій частині роботи для умов середньосерійного виробництва виконано аналіз точності обробки тонким розточуванням головних отворів у заготовках деталей типу «Фланець на токарно-револьверних верстатах з ЧПК високої точності».

В економічній частині роботи виконано економічні розрахунки по впровадженню запропонованих у роботі рішень. В роботі також розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: технологічний процес, механічна обробка, заготовка, деталь, дільниця механічної обробки.

ABSTRACT

Taranik A. V. Improvement of the technological process of mechanical processing of the workpiece of the type «Front cover of the HMP 01.025.004». Master's qualification work in specialty 131 – applied mechanics, educational program – mechanical engineering technology. Vinnytsia : VNTU, 2023. 117 p.

In Ukrainian language. Bibliographer: 27 titles; fig.: 14; tabl. 39.

The purpose of the work is to improve the technological process of mechanical processing of the workpiece of the «Front cover of the HMP 01.025.004» type, taking into account modern achievements, advanced technologies and new methods of processing such workpieces, which ensures the necessary quality and reduces the cost of products.

In order to achieve the set goal, a review of manufacturing technologies of the «Hull» type part was conducted; developed options for the route of mechanical processing of the «Front cover of the HMP 01.025.004» type using modern CNC machines and choosing the best of them based on the minimum costs; dimensional and accurate modeling of the improved technological process of mechanical processing was carried out; cutting modes and time standards are defined; the number of equipment and employees is calculated; improved mechanical processing department.

In the scientific part of the work, for the conditions of medium series production, an analysis of the accuracy of processing by fine boring of the main holes in the blanks of parts of the «Flange» type on high-precision CNC lathes was performed.

In the economic part of the work, economic calculations were performed for the implementation of the solutions proposed in the work. The work also developed measures for occupational health and safety in emergency situations.

Key words: technological process, mechanical processing, workpiece, part, device, mechanical processing section.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА»	10
1.1 Характеристика об'єкта виробництва, його призначення та технічні умови на виготовлення	10
1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Кришка»	11
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ ГМП 01.025.004»	18
2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі	18
2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт	21
2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки	27
2.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь	33
2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз	36
2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу	37
2.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат	42
2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу	45
2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів	54
2.10 Призначення режимів різання	58
2.11 Визначення технічних норм часу	61
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ТОЧНІСТЬ ТОНКОГО РОЗТОЧУВАННЯ ГОЛОВНОГО ОТВОРУ В ЗАГОТОВЦІ ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ» НА ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОМУ ВЕРСТАТІ З ЧПК	64
3.1 Постановка мети дослідження	64

3.2	Результати досліджень	65
3.3	Висновки	73
4	РОЗРАХУНОК ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ ГМП 01.025.004»	74
4.1	Розрахунок приведеної програми	74
4.2	Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	77
4.3	Розрахунок кількості працівників на дільниці	79
5	ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ ГМП 01.025.004»	81
5.1	Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки	81
5.2	Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004»	88
5.3	Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції	94
5.4	Розрахунок ціни реалізації нового виробу	98
5.5	Розрахунок величини чистого прибутку	99
5.6	Оцінювання ефективності інноваційного рішення	99
5.7	Висновки	102
6	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	103
6.1	Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи	103
6.2	Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	105
6.3	Безпека в надзвичайних ситуаціях. Визначення параметрів захисту в умовах дії загрозливих факторів НС	110
	ВИСНОВКИ	113
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	115
	Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки навчальної роботи	118
	Додаток Б (обов'язковий). Ілюстративна частина	119

ВСТУП

Актуальність. Актуальність магістерської кваліфікаційної роботи полягає у тому, що виконана розробка технологічного процесу механічної обробки досить поширеної в конструкціях вузлів різноманітних технологічних машин деталі типу «Фланець». Під час проектування враховано сучасні досягнення і підходи в галузі машинобудування, а саме використання принципу концентрації операцій, верстатів з числовим програмним керуванням, прогресивні матеріали різальних інструментів, способи обробки, що дозволять забезпечити якість виробів і відповідно підвищити попит на них. Одержані в процесі роботи над темою магістерської кваліфікаційної роботи матеріали можуть бути використані реальними підприємствами, які займаються виготовленням подібних деталей.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – удосконалення технологічного процесу (ТП) механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004».

Завдання, що вирішуються в роботі:

- проаналізувати наявні технології виготовлення деталі типу «Фланець»;
- на основі креслення деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004» виконати якісний і кількісний аналіз технологічності її конструкції;
- техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004»;
- розробити варіанти удосконаленого технологічного процесу та виконати їх порівняння за мінімумом приведених витрат;
- виконати розмірно-точнісне моделювання ТП механічної обробки;
- визначити режими різання;
- розрахувати норми часу по операціях;
- розрахувати дільницю механічної обробки, встановити кількість обладнання і працівників;
- виконати економічні розрахунки доцільності використання удосконаленого ТП обробки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004»;
- розглянути заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення деталей типу «Фланець».

Предмет дослідження – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004».

Методи дослідження. Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки; метод лінійного програмування (симплекс-метод), що дозволив визначити оптимальні режими різання, методика техніко-економічного порівняння способів виготовлення вихідної заготовки.

Наукова новизна одержаних результатів. Отримала подальший розвиток методологія дослідження рівня впливу технологічних факторів на точність чистового і тонкого розточування головних отворів в заготовках деталей типу «Фланець» на токарних-револьверних верстатах з ЧПК високої точності в умовах серійного машинобудівного виробництва.

Практичне значення одержаних результатів. Удосконалено ТП механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004»; при цьому запропоновані такі рішення:

- для виготовлення заготовки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004» вибрано два способи лиття – лиття в піщано-глинисті форми з ручним та лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші. Встановлено, що собівартість виготовлення заготовки при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші складає 72,18 грн., що менше у порівнянні з собівартістю виготовлення заготовки в піщано-глинистих формах з ручним формуванням суміші – 80,62 грн.;

– запропоновано удосконалений ТП механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004» у якому використовуються високопродуктивні верстати з ЧПК;

– спроектовано дільницю механічної обробки, яка буде обробляти ряд деталей подібних до розрахункового представника деталі «Кришка передня ГМП 01.025.004»; приведена програма складає 30404 шт.; дільниця механічної обробки містить 4 верстати, всього працівників на дільниці – 8 чол.

Апробація результатів роботи. Результати роботи доповідалися й обговорювалися на двох конференціях, по результатам опубліковані тези доповідей:

1. Дерібо О. В., Таранік А. В., Котик М. І. До питання визначення складових мінімального проміжного припуску для попередньої обробки отворів у заготовках деталей типу «Корпус» / LI науково-технічна конференція факультету машинобудування та транспорту. Вінниця, 30-31 травня 2022 р.

Електронний ресурс:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2022/paper/view/15818/13289>.

2. Шамрай В. С., Таранік А. В., Дерібо О. В. Аналіз точності обробки чистовим і тонким точінням на верстатах з ЧПК зовнішніх циліндричних поверхонь довгих заготовок деталей типу «Ступінчастий вал / Всеукраїнська науково-практична Інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)», (15 жовтня 2023 р. – 20 травня 2024 р.).

Електронний ресурс:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/viewFile/19757/16362>

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА»

1.1 Характеристика об'єкта виробництва, його призначення та технічні умови на виготовлення

Деталь «Кришка передня ГМП 01.025.004» (рис. 1.1) виготовляється з сірого чавуну СЧ20. Основне службове призначення деталі полягає в закритті порожнини статора планетарного гідромотора та забезпеченні правильного просторового розташування інших деталей цього гідроагрегату, захисту їх від впливу зовнішніх факторів.

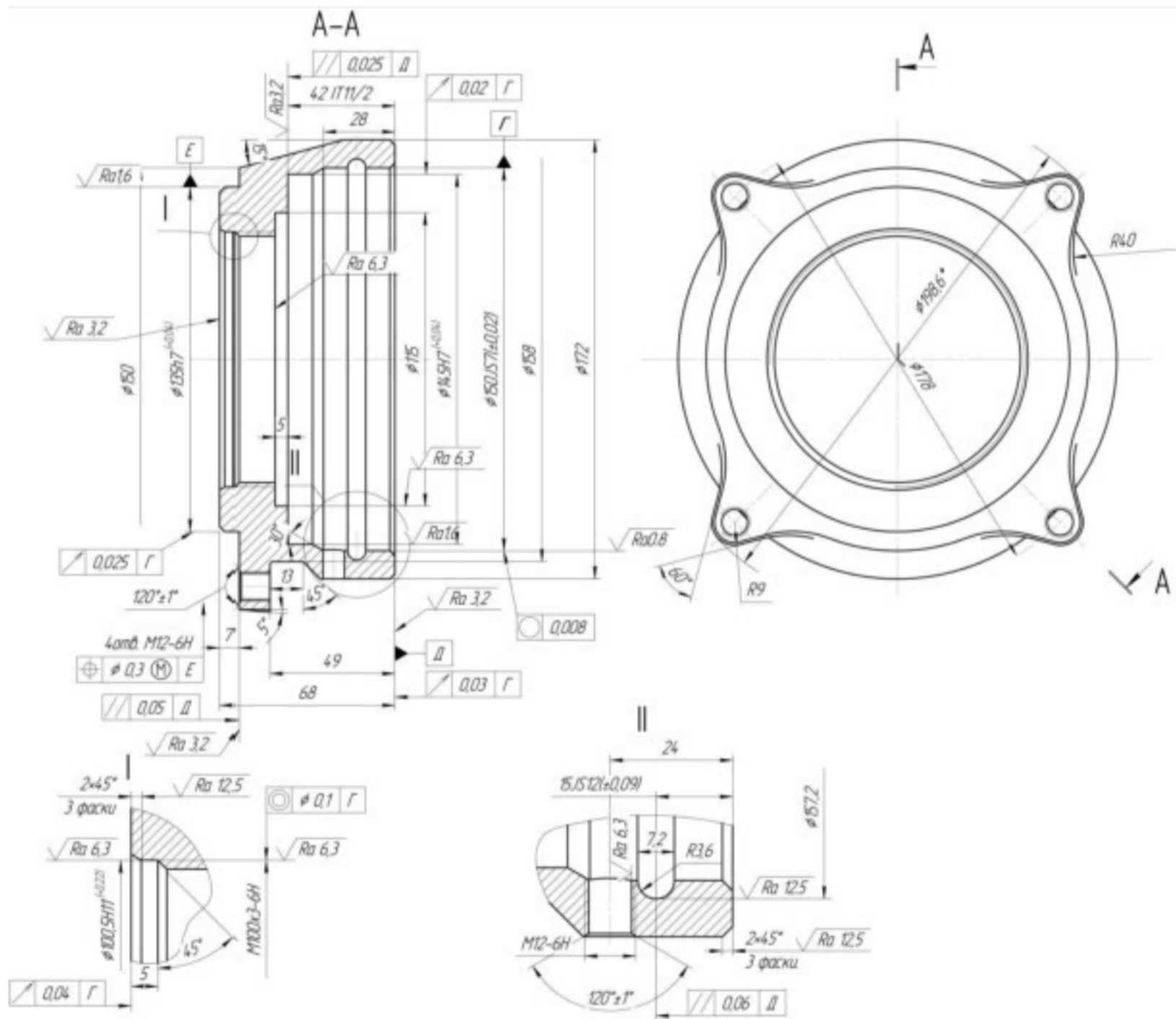


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Кришка передня ГМП 01.025.004»

Деталь «Кришка передня ГМП 01.025.004» входить в конструкцію планетарного гідромотора. Є тілом обертання з фланцем криволінійної форми. Отвір має складну ступінчасту форму.

Технічними умовами на виготовлення деталі є:

$\boxed{\parallel \ 0,05 \ D}$ – паралельність торця $42 \pm IT_{\frac{11}{2}}$ (лівий торець), торця 61 (лівий торець) та паралельність осі поверхні $\varnothing 157,2$ відносно бази D;

$\boxed{\nearrow \ 0,025 \ \Gamma}$ – биття поверхонь $\varnothing 145H7^{(+0,04)}$, $\varnothing 135h7^{(+0,04)}$, торців на розміри 68 (правий торець) та 7 (лівий торець) відносно бази Г;

$\boxed{\odot \ \varnothing 0,1 \ \Gamma}$ – співвісність отвору $\varnothing 100,5H11^{(+0,22)}$ відносно бази Г;

$\boxed{\oplus \ \varnothing 0,3 \ M \ E}$ – позиційний допуск 4-х отворів M12-6H відносно бази E;

$\boxed{\bigcirc \ 0,008}$ – циліндричність на поверхню $\varnothing 150H7(\pm 0,02)$.

Данні технічні умови забезпечуються:

- паралельність відносно бази Г забезпечується обробкою з одного установа на розміри $\varnothing 145H7^{(+0,04)}$ та 68, на інші розміри паралельність забезпечується суміщенням баз.

- торцеве та радіальне биття відносно бази Г, а також позиційна умова чотирьох отворів відносно бази E забезпечуються за рахунок обробки з одного установа.

- співвісність відносно бази Г забезпечується завдяки використанню одних поверхонь в якості баз під час обробки інших.

- вимога циліндричності забезпечується завдяки достатньо високій жорсткості елементів технологічної системи.

1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Фланець»

Задана деталь типу «Кришка передня ГМП 01.025.004» відноситься до класу «Фланець» або «Пустотілі циліндри». У серійному виробництві рекомендовано

використовувати верстати з ЧПК та багатоцільові верстати. Технологічне оснащення може бути уніфікованим, зібраним з комплектів УСП, СРП, а також, в обґрунтованих випадках, спеціальним.

Наведений типовий технологічний маршрут механічної обробки деталі типу «Фланець» (табл. 1.1) в умовах середньосерійного виробництва, який за своїм змістом подібний до типового технологічного маршруту механічної обробки деталі типу «Пустотілі циліндри» [1-9].

На першій операції обробляються базові поверхні, які в подальшому будуть використані як технологічні бази. На першій операції заготовка встановлюється на необроблювані поверхні.

Після обробки базових поверхонь здійснюється токарна обробка всіх інших поверхонь заготовки. Заготовки встановлюється у відповідних верстатних пристроях.

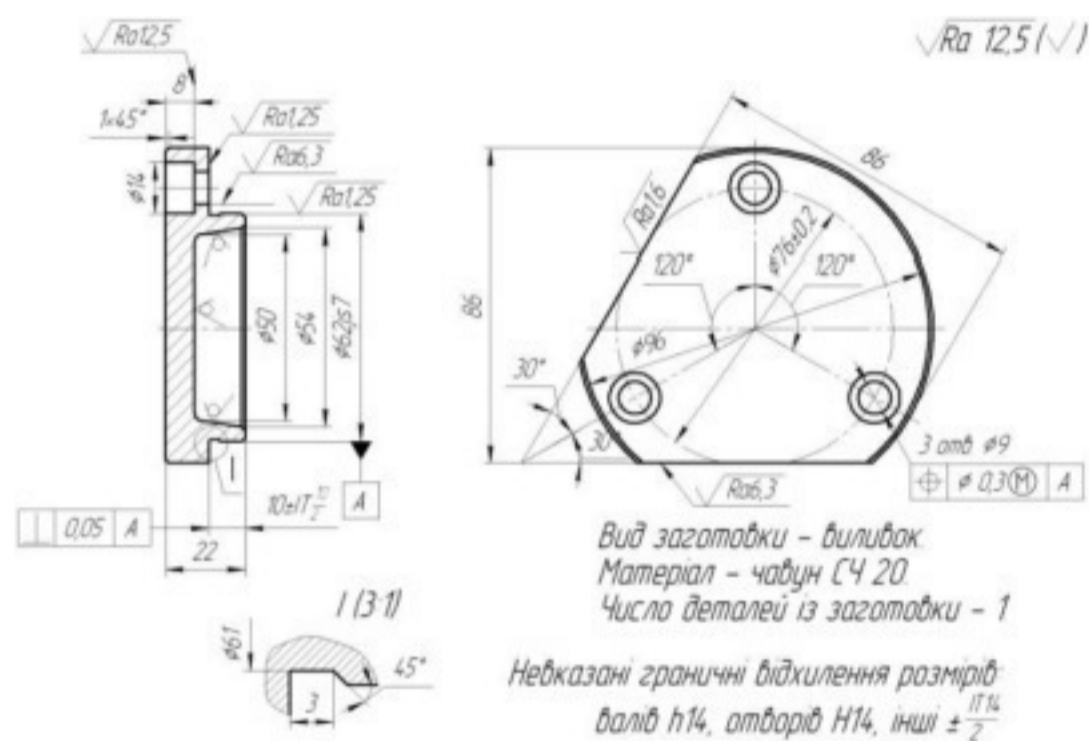


Рисунок 1.2 – Креслення деталі типу «Фланець»

Таблиця 1.1 – Типовий маршрут механічної обробки деталі «Фланець»

Операція	Стислий зміст операції	Верстат	Пристрій
1	2	3	4
005	Ливарна операція		
010	Очищення отриманого виливка		
015	Малярна		
020	Точити торець $\varnothing 62 j_s 7 / \varnothing 54$ остаточно і $\varnothing 96 / \varnothing 62 j_s 7$ остаточно, точити поверхню $\varnothing 62 j_s 7$ під шліфування, точити канавку й фаски	Токарний патронний напівавтомат з ЧПК	Трикулачковий патрон

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
025	Підрізати торець $\varnothing 96$ і точити поверхню $\varnothing 96$	Токарний патронний напівавтомат з ЧПК	Трикулачковий патрон
030	Свердлити та зенкувати 4 отвори $\varnothing 9/\varnothing 14$, фрезерувати 2 лиски в розмір 86	Багатоцільовий свердлильно-фрезерний 21105H7Ф4	Наладка СРП
035	Притупити гострі кромки	Верстак механізований	Трикулачковий патрон
040	Шліфувати поверхню $\varnothing 62js7$ та шліфувати торець $\varnothing 96js7$ остаточно	Універсальний шліфувальний 3У131ВМ	
045	Вимити деталь		
050	Технічний контроль		
055	Нанесення антикорозійного покриття		

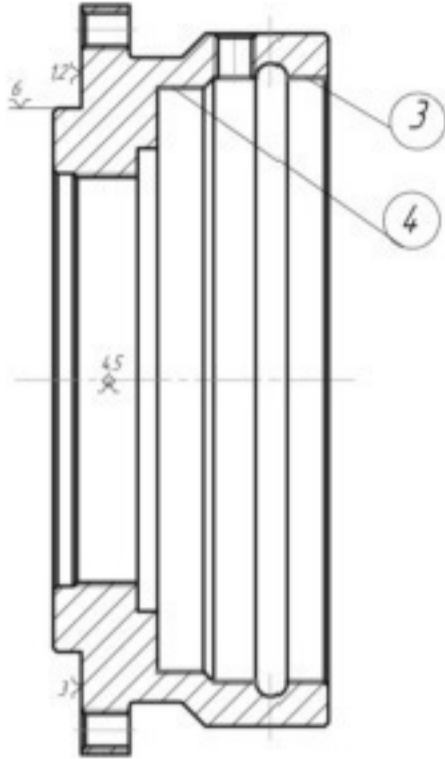
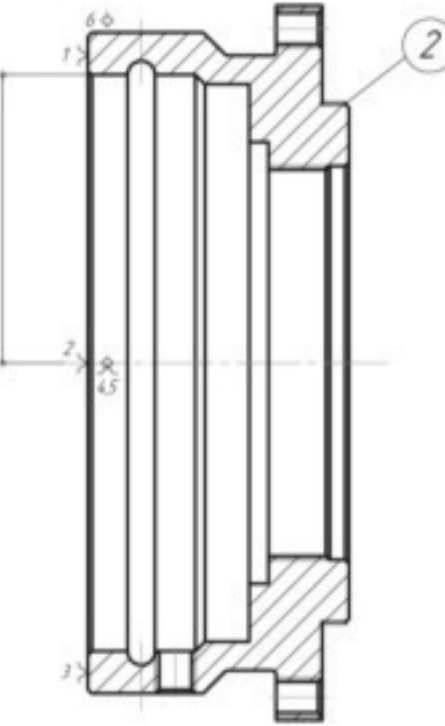
Таблиця 1.2 – Базовий маршрут механічної обробки деталі «Кришка передня ГМП 01.025.004»

№ пп	Назва операції Зміст переходу	Схема базування	Обладнання
1	2	3	4
005	<p>Токарно-револьверна</p> <p>1 Встановити та закріпити заготовку</p> <p>2 Точити торець 1 попередньо, точити фаску 2, точити торець 1 остаточно</p> <p>3 Розточити отвори 3 та 4 попередньо, підрізати торець 5, розточити отвір 6 і підрізати торець 7 однократно</p> <p>4 Розточити фаску 9 однократно, отвір 3 остаточно, фаску 8 однократно, отвір 4 остаточно</p> <p>5 Розточити канавку 10 однократно</p> <p>Зняти заготовку</p>		Токарно-револьверний 1П365

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4
010	<p>Токарна-револьверна</p> <p>1 Встановити та закріпити заготовку</p> <p>2 Точити поверхні 1, 2, 3 попередньо</p> <p>3 Точити поверхню 1 остаточно, точити фаску 4 однократно, точити поверхню 2 остаточно, поверхню 3 остаточно</p> <p>4 Розточити фаску 7, отвір 5, фаску 8, отвір 6 однократно</p> <p>5 Нарізати різь 9</p> <p>Зняти заготовку</p>		Токарно-револьверний ІП365
015	<p>Радіально-свердлильна</p> <p>1 Встановити та закріпити заготовку.</p> <p>2 Свердлити 4 отвори 1.</p> <p>3 Зенкувати 4 фаски 2.</p> <p>4 Нарізати різь 3.</p> <p>5 Зняти заготовку.</p>		Радіально-свердлильний 2К52 з кондукторним пристроєм
020	<p>Вертикально-свердлильна</p> <p>1 Встановити та закріпити заготовку.</p> <p>2 Свердлити отвір 1.</p> <p>3 Зенкувати фаску 2.</p> <p>4 Нарізати різь 3.</p> <p>5 Зняти заготовку.</p>		Вертикальний-свердлильний 2Н135з кондукторним пристроєм

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4
025	<p align="center">Шліфування</p> <p>1 Встановити та закріпити заготовку. 2 Шліфувати отвори 3 та 4. Зняти заготовку</p>		Внутрішшліфувальний верстат 3A228
030	<p align="center">Шліфування</p> <p>1 Встановити та закріпити заготовку. 2 Шліфувати поверхню 2. Зняти деталь.</p>		Круглошліфувальний 3Б12

Для встановлення можливості використання приведенного типового технологічного процесу при проектуванні маршруту механічної обробки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004» проведено аналіз за такими критеріями:

- подібність конструкцій деталі;
- порівняння точності, шорсткості оброблюваних поверхонь;
- можливість використання методів обробки;
- можливість використання обладнання.

Подібність конструкцій деталей.

Типова деталь є тілом обертання. Базова деталь також є тілом обертання але з більш складною зовнішньою конфігурацією, ніж у типовій деталі. По зовнішній поверхні типової деталі передбачена канавка. В базовій деталі зовнішня поверхня $\varnothing 172$ також виконується канавка під ущільнення.

В типовій деталі отвір глухий, необроблюваний, немає різі, а в деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004» отвір наскрізний та ступінчастий, в ньому передбачені: три розточки $\varnothing 150H7$, $\varnothing 145H7$, $\varnothing 100$; нарізання різі M100; розточка двох канавок $\varnothing 115$ та $\varnothing 157,2$ та розточка трьох фасок $2 \times 45^\circ$, тобто розглядувана деталь по конструкції внутрішньої поверхні значно складніша, вимагає обробки.

В типовій деталі є три кріпильних отвора. В базовій деталі цих отворів п'ять M12 – 6H.

Порівняння точності, шорсткості оброблених поверхонь.

Найбільш точними поверхнями в типовій деталі є: $\varnothing 52j_7$ з шорсткістю поверхні $Ra0,8$ та $\varnothing 76 \pm 0,2$ з шорсткістю поверхні $Ra1,6$ мкм.

В базовій деталі найбільш точними поверхнями є $\varnothing 135h7^{(+0,04)}$ з шорсткістю поверхні $Ra1,6$; $\varnothing 145H7^{(+0,04)}$ з шорсткістю $Ra1,6$; $\varnothing 150H7(\pm 0,02)$ з шорсткістю поверхні $Ra0,8$; $\varnothing 100,5H11^{(+0,22)}$ з шорсткістю $Ra6,3$; $42H11^{(+0,16)}$ з шорсткістю $Ra3,2$; $15JS12(\pm 0,09)$ з шорсткістю $Ra3,2$. Тобто в деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004» найбільш відповідальні поверхні мають нижчу точність і більшу шорсткість, що вимагатиме меншої кількості переходів механічної обробки, а значить і меншою буде трудомісткість. Але через більшу кількість конструктивних елементів трудомісткість обробки базової деталі буде більшою.

Можливість використання методів обробки.

В типовому технологічному процесі для обробки деталі використовується точіння, розточування, свердління, фрезерування, шліфування. В базовому технологічному процесі для обробки поверхонь фрезерування не використовується, оскільки деталь виготовлена із сірого чавуну. Решта способів обробки, включаючи ще й зенкування будуть використані для побудови маршруту механічної обробки заготовки деталі, що розглядається.

Можливість використання обладнання.

В типовому технологічному процесі використовуються таке обладнання (табл. 1.1):

- токарний патронний напівавтомат КТ141;
- багатоцільовий свердлильно-фрезерний верстат 21105Н7Ф4;
- механізований верстак;
- універсальний шліфувальний верстат 3У131ВМ.

Для обробки базовому технологічному процесі використовуються такі моделі верстатів: токарно-револьверний 1П365, радіально-свердлильний з 2К52, круглошліфувальний 3Б12 та внутрішньошліфувальний 3А228. Це дасть можливість одержати необхідну точність, шорсткість та забезпечити усі технічні вимоги.

2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ ГМП 01.025.004 ГМП 01.025.004»

2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі

2.1.1 Якісний аналіз технологічності [1, 8, 9]

З аналізу креслення деталі випливає, що найточнішими поверхнями є отвори $\varnothing 145H7(+0,04)$, $\varnothing 150H7(+0,02)$ та зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 135h7(+0,04)$; основні конструкторські бази деталі – це зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 135h7(+0,025)$ та торцева поверхня $\varnothing 198,6$; допоміжні конструкторські бази деталі - ліва торцева поверхня $\varnothing 135h7(+0,04)$, канавка $\varnothing 158$, $\varnothing 115$, $\varnothing 145H7(+0,04)$, $\varnothing 150H7(+0,02)$, правий торець $\varnothing 172$ (лінійний розмір 68), різьба M100x3-6H та п'ять отворів M12-6H.

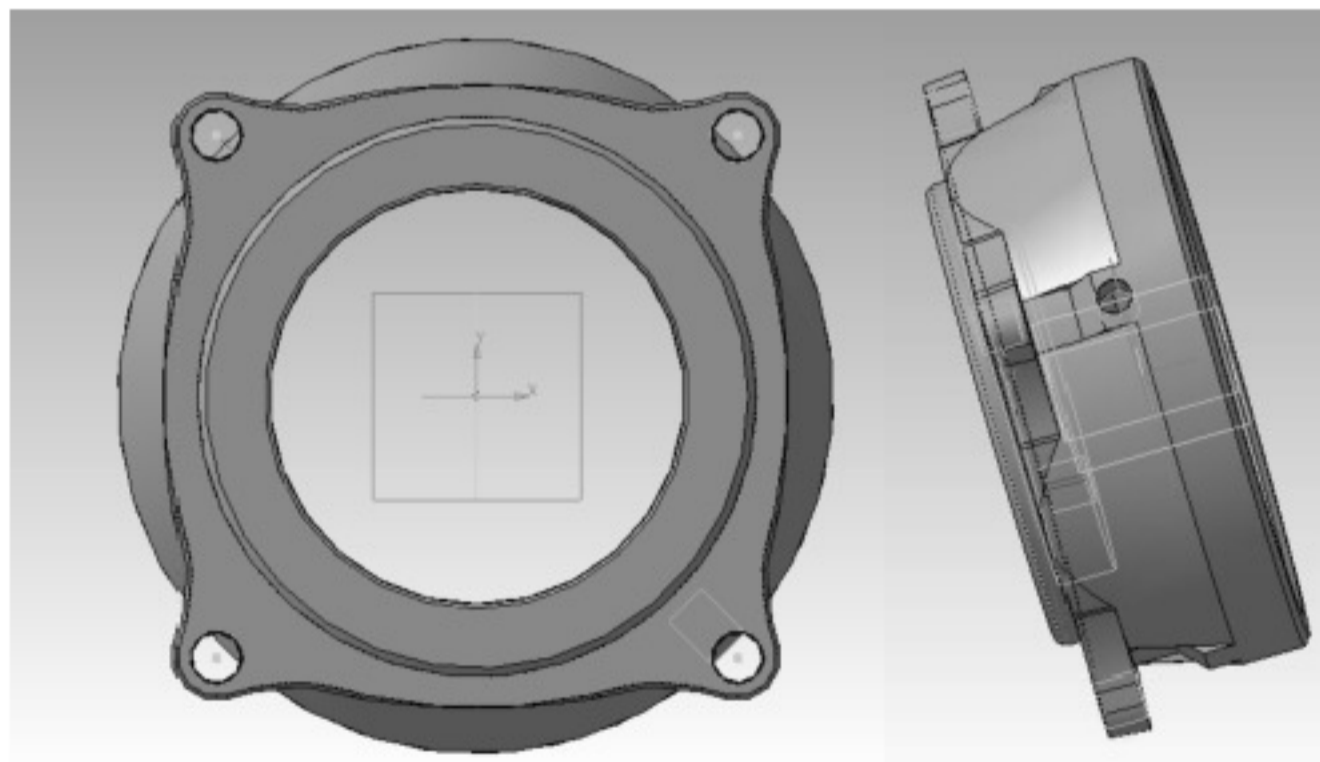


Рисунок 2.1 – Тривимірна модель деталі «Кришка передня ГМП 01.025.004»

Як чорнові технологічні бази можуть використовуватись: вісь необроблюваної поверхні $\varnothing 158$, торцева поверхня (правий торець) $\varnothing 198,6$.

Чистовими технологічними базами можуть бути: вісь $\varnothing 145H7(+0,04)$ та торцева поверхня (правий торець) $\varnothing 172$.

2.1.2 Кількісний аналіз технологічності

Таблиця 2.1 – Дані для визначення коефіцієнту уніфікації

Лінійні розміри, мм	Діаметральні розміри, мм	Радіуси	Кутові розміри, °	Різь, М	Шорсткість Ra, мкм
68	Ø157,2	R3,6*	120° (5пов.)*	M100×3-6H	12,5 (9пов.)*
$42 \pm IT \frac{11}{2} (+0,16)_*$	Ø150H (±0,02)*		45° (6пов.)*	M12-6H (5пов.)*	6,3 (2 пов.)*
28*	Ø145H7 ^(+0,04)		30° *		3,2 (4 пов.)*
24*	Ø135 ^(+0,04)				1,6 (2 пов.)*
15JS12(±0,09)*	Ø115				0,8*
7,2	Ø100,5H11 ^(+0,22)				
7					
5*					
2* (6 пов.)					
$\sum_{\text{заг.}} = 15$	$\sum_{\text{заг.}} = 6$	$\sum_{\text{заг.}} = 1$	$\sum_{\text{заг.}} = 12$	$\sum_{\text{заг.}} = 6$	$\sum_{\text{заг.}} = 18$
$\sum_{\text{уніф.}} = 12$	$\sum_{\text{уніф.}} = 1$	$\sum_{\text{уніф.}} = 1$	$\sum_{\text{уніф.}} = 12$	$\sum_{\text{уніф.}} = 5$	$\sum_{\text{уніф.}} = 18$

“*” – уніфіковані розміри

Коефіцієнт уніфікації визначено за формулою

$$K_y = \frac{Q_{ye}}{Q_e}, \quad (2.1)$$

де Q_{ye} , Q_e – відповідно кількість уніфікованих елементів та загальна кількість елементів.

$$K_y = \frac{12 + 1 + 1 + 12 + 5 + 18}{15 + 6 + 1 + 12 + 6 + 8} = 0,84.$$

$K_y = 0,84 > 0,6$ – умова виконується, отже за цим показником деталь є технологічною.

Таблиця 2.2 – Дані для визначення коефіцієнта шорсткості поверхні

Шорсткість R_a , мкм	Кількість поверхонь	Розрахунок
12,5 (Ø 157,2; 7,2; 2)	9	12,5x9 = 112,5
6,3 (Ø115; 5)	2	6,3x2 = 12,6
3,2 (68; 49; 28; 15JS12(±0,09); 42H11 ^(+0,16) ; 7)	6	3,2x6 = 19,2
1,6 (Ø145H7 ^(+0,04) ; Ø135h7 ^(+0,04))	2	1,6x2 = 3,2
0,8 (Ø150H7(±0,02))	1	0,8x1 = 0,8
Всього	20	148,3

$$K_w = \frac{1}{\bar{R}_a}, \quad (2.2)$$

де \bar{R}_a – середня шорсткість деталі,

$$\bar{R}_a = \frac{\sum R_{a_i} \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.3)$$

де R_{a_i} – шорсткість i -ї поверхні деталі, n_i – кількість поверхонь.

$$\bar{R}_a = \frac{\sum R_{a_i} \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{148,3}{20} = 7,4,$$

$$K_w = \frac{1}{7,4} = 0,14$$

$K_w = 0,14 < 0,32$ – умова виконується, отже деталь технологічна.

Таблиця 2.3 – Дані для визначення коефіцієнту точності обробки

Квалітет	Розміри	Кількість пов.	Розрахунок
7	$\text{Ø}135\text{h}7^{(+0,04)}; \text{Ø}145\text{H}7^{(+0,04)}; 150\text{H}7(\pm 0,02)$	3	$7 \times 3 = 21$
11	$42 \pm \text{IT} \frac{11}{2}^{(+0,16)}$	3	$11 \times 1 = 11$
12	$15\text{JS}12(\pm 0,09)$	1	$12 \times 1 = 12$
14	$\text{Ø}157,2; \text{Ø}115; 68; 49; 28; 24; 7,2; 7; 5; 2$	15	$14 \times 15 = 210$
Всього		22	254

$$T_{\text{ср.}} = T_i \cdot n_i / n, \quad (2.4)$$

$$T_{\text{ср.}} = 254 / 22 = 11,54,$$

$$K_T = 1 - (1 / T_{\text{ср.}}); \quad (2.5)$$

$$K_T = 1 - (1 / 11,54) = 0,91$$

$K_T = 0,91 > 0,8$ – умова виконується, деталь технологічна.

Висновок: $K_y = 0,84 > 0,6$; $K_{\text{ш}} = 0,14 < 0,32$; $K_T = 0,91 > 0,8$. Отже деталь «Кришка передня ГМП 01.025.004» за кількісними показниками є технологічною.

2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт

2.2.1 Визначення типу виробництва

Коефіцієнт закріплення операцій [1, 10] визначався за формулою:

$$K_{\text{з.о.}} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (2.6)$$

де $\sum O_i$, $\sum P_i$ – кількість операцій, які виконуються на дільниці, і кількість робочих місць.

Для подальших розрахунків виберемо найхарактерніші переходи механічної обробки поверхонь заготовки деталі:

- 1) чорнове розточування отвору $\text{Ø}150$ мм;
- 2) чистове розточування отвору $\text{Ø}150$ мм;

- 3) остаточне (тонке) розточування отвору в розмір $\text{Ø}150H7^{(+0,04)}$ мм;
- 4) чорнове розточування отвору $\text{Ø}145$ мм;
- 5) чистове розточування отвору $\text{Ø}145$ мм;
- 6) остаточне (тонке) розточування отвору в розмір $\text{Ø}145H7^{(+0,04)}$ мм;
- 7) одноразове розточування отвору під різь М100;
- 9) попереднє точіння торця, що прилягає до поверхні $\text{Ø}135h7^{(+0,04)}$;
- 10) остаточне точіння торця, що прилягає до поверхні $\text{Ø}135h7^{(+0,04)}$;

Визначення норм основного часу $T_{\text{осн}}$ для виконання переходів:

Перехід 1

$$T_{\text{осн. 1}} = 0,18 \cdot d \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,18 \cdot 150 \cdot 28 \cdot 10^{-3} = 0,756 \text{ (хв.)}$$

Перехід 2

$$T_{\text{осн. 2}} = 0,2 \cdot d \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 150 \cdot 28 \cdot 10^{-3} = 0,84 \text{ (хв.)}$$

Перехід 3

$$T_{\text{осн. 3}} = 0,3 \cdot d \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,3 \cdot 150 \cdot 28 \cdot 10^{-3} = 1,26 \text{ (хв.)}$$

Перехід 4

$$T_{\text{осн. 4}} = 0,18 \cdot d \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,18 \cdot 145 \cdot 42 \cdot 10^{-3} = 1,096 \text{ (хв.)}$$

Перехід 5

$$T_{\text{осн. 5}} = 0,2 \cdot d \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 145 \cdot 42 \cdot 10^{-3} = 1,22 \text{ (хв.)}$$

Перехід 6

$$T_{\text{осн. 6}} = 0,3 \cdot d \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,3 \cdot 145 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 1,83 \text{ (хв.)}$$

Перехід 7

$$T_{\text{осн. 7}} = 0,18 \cdot d \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,18 \cdot 100 \cdot 19 \cdot 10^{-3} = 0,342 \text{ (хв.)}$$

Перехід 8

$$T_{\text{осн. 8}} = 0,037 (D^2 - d^2) = 0,037 (135^2 - 100^2) = 0,3 \text{ (хв.)}$$

Перехід 9

$$T_{\text{осн. 9}} = 0,052 (D^2 - d^2) = 0,052 (135^2 - 100^2) = 0,428 \text{ (хв.)}$$

Перехід 10

$$T_{\text{осн. 10}} = 0,17 \cdot d \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 135 \cdot 7 \cdot 10^{-3} = 0,160 \text{ (хв.)}$$

Штучно-калькуляційний час визначався за формулою

$$T_{\text{шт-к.}} = T_{\text{осн.}} \cdot \varphi_{\text{к}} \text{ [хв.]} \quad (2.7)$$

де $\varphi_{\text{к}}$ – емпіричний коефіцієнт, який пов'язує штучно-калькуляційний ($T_{\text{шт-к.}}$) й основний ($T_{\text{осн.}}$) часи.

Під час виконання подальших розрахунків умовно вважалось, що кожний перехід виконується на окремій операції.

Розраховані за формулою (2.7) занесені у табл. 2.4.

Розрахунок кількості верстатів для виконання кожного переходу механічної обробки

Кількість верстатів визначається за формулою [10]:

$$C_p = \frac{N \cdot T_{\text{шт-к.}}}{60 F_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}}, \quad (2.8)$$

де $N = 2000$ шт. – річна програма випуску деталі «Кришка передня ГМП 01.025.004»;

$F_{\text{д}}$ – дійсний фонд роботи обладнання;

$T_{\text{шт-к.}}$ – штучно-калькуляційний час, хв.;

$\eta_{\text{з.н.}}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання (за умов серійного виробництва $\eta_{\text{з.н.}} = 0,75 \dots 0,85$).

Перехід 1 – 6

$$C_{p\ 1-6} = \frac{2000 \cdot 13,87}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,158;$$

прийнято $P_{1-6} = 1$ верстат;

Перехід 7 – 10

$$C_{p\ 7-12} = \frac{2000 \cdot 3,15}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,036.$$

прийнято $P_{7-12} = 1$ верстат.

Дані заносимо до таблиці 2.4.

Визначено фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_{pi}}{P_i}. \quad (2.9)$$

$$\text{Перехід 1 – 6, } \eta_{з.ф.1-6} = \frac{0,158}{1} = 0,158;$$

$$\text{Перехід 7 – 12, } \eta_{з.ф.7-12} = \frac{0,036}{1} = 0,036.$$

Кількість операцій закріплених за кожним робочим місцем визначається за формулою:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.і}}. \quad (2.10)$$

$$\text{Перехід 1 – 6, } O_{1-6} = \frac{0,75}{0,158} = 4,75;$$

$$\text{Перехід 7 – 12, } O_{7-12} = \frac{0,75}{0,036} = 20,83.$$

Знайдено сумарну кількість операцій на всіх робочих місцях ΣO_i :

$$\Sigma O_i = 4,75 + 20,83 = 25,58.$$

Розраховано сумарну кількість прийнятих верстатів: $\Sigma P = 2$.

Таблиця 2.4 – Дані для розрахунку коефіцієнта закріплення операцій

Переходи механічної обробки	$T_{осн},$ хв.	φ_k	$T_{шт-к} =$ $T_{осн} \cdot \varphi_k,$ хв.	$C_p,$ шт.	$P_i,$ шт.	$\eta_{з.ф.}$	$\eta_{з.н.}$	$O_i,$ шт.
1. Переходи 1 – 6	7,002	1,98	2,89	0,0330	1	0,158	0,75	4,75
2. Переходи 7 – 10	1,59	1,98	1,6	0,0183	1	0,036	0,75	20,83

За формулою (2.6) визначено коефіцієнт закріплення $K_{3,0}$:

$$K_{3,0} = 25,58/2 = 12,79.$$

$10 < K_{3,0} \leq 20$ – отже виробництво середньосерійне.

2.3.2 Попереднє визначення форми організації робіт

Потрібний добовий випуск виробів [10]

$$N_d = \frac{N}{254}, \quad (2.12)$$

де 254 кількість робочих днів в році;

$$N_d = \frac{2000}{254} = 7,87 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо $N_d = 8$ шт.

Добова продуктивність лінії

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{шт-к_{сер}} \cdot \eta_z}, \quad (2.13)$$

де $T_{шт-к_{сер}}$ – середній штучно-калькуляційний час;

F_d – добовий фонд часу роботи обладнання;

η_z – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії ($\eta_z=0,6$).

$$T_{шт-к_{ср}} = \frac{\sum T_{шт-к_i}}{\sum n_i}, \quad (2.14)$$

де $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляційний час виконання і-го переходу, хв.;
 $\sum n$ – сумарна кількість виконуваних переходів.

$$T_{шт-к_{ср}} = \frac{17,02}{2} = 8,51 \text{ (хв.)};$$

$$Q_d = \frac{952}{8,51 \cdot 0,75} = 149,2 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо $Q_d = 150$ шт.

Отже, обираємо групову форму організації роботи.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску.

$$n = \frac{N \cdot t}{254} \text{ [шт.]}, \quad (2.15)$$

де t – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (4 дні).

$$n = \frac{N \cdot t}{254} = \frac{2000 \cdot 4}{254} = 31,49 \text{ (шт.)},$$

Приймаємо $n = 32$ шт.

Розрахункова кількість змін:

$$C_{зм} = \frac{T_{шт-к_{ср}} \cdot n}{476 \cdot \eta_3} \quad (2.16)$$

$$C_{зм} = \frac{8,51 \cdot 32}{476 \cdot 0,75} = 0,76.$$

Приймаємо $C_{зм. пр.} = 1$ зміна.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску:

$$n_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot \eta_z \cdot C_{\text{зм.пр.}}}{T_{\text{шт.}} - k_{\text{оп}}}, [\text{шт.}] \quad (2.17)$$

$$n_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{8,51} = 41,95 \text{ (шт.)},$$

Приймаємо $n_{\text{пр.}} = 42$ шт.

Отже, відповідно до отриманої величини коефіцієнта закріплення операцій: тип виробництва – середньосерійний, форма організації роботи – групова. Розмір мінімальної партії виробів складає 42 шт.

2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки

Початкові дані:

- матеріал деталі «Кришка передня ГМП 01.025.004» – СЧ20;
- маса деталі – 3,6 кг;
- термічна обробка – відсутня;
- найбільший габаритний розмір – 198,6 мм.

Проаналізовано всі початкові дані і можливими способи лиття вибрано [11, 12]: лиття в піщано-глинисті форми (ПГФ) (з ручним та машинним формуванням суміші), відцентрове лиття та лиття в облицьований кокіль.

Оскільки заготовка типу «Кришка передня ГМП 01.025.004» має складну форму і виробництво середньосерійне, то виготовляти заготовку литтям в облицьований кокіль недоцільно. Відцентрове лиття забезпечує порівняно просту циліндричну форму з отвором одного діаметра, тому обсяг механічної обробки суттєво збільшується.

Отже, як два основних способи вибрано лиття в піщано-глинисті форми з ручним (по дерев'яних моделях) та машинним (по металевих моделях) формуванням суміші.

Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення [11].

Таблиця 2.5 – Розрахунок розмірів литих заготовок

Вихідні дані	Лиття в ПГФ (з ручним формуванням)							Прийнято
	Згідно ГОСТ 26645-85							
Клас розмірної точності виливків	8-13г							11г
Ступінь жолоблення елементів виливків	5-8							7
Ступінь точності поверхонь виливків	10-17							14
Шорсткість поверхонь виливків	Ra = 40 мкм							
Клас точності маси виливків	7г-14							11г
Ряд припусків на обробку виливків	5-8							7
Розрахункові розміри	Ø172h14 (-1,0)	Ø135h7 (-0,04)	Ø145H7 (+0,04)	M100	68	49	42 ± IT11/2 (+0,16)	7
Допуски:								
Розмірів	4,4	4,0	4,0	4,0	3,6	3,2	3,2	2
форми чи розміщення зміщення по площині роз'єму	0,80	0,64	0,64	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Зміщення через перекіс стержня	1,2	1,2	1,2	1,2	-	-		
нерівностей	1,0							
маси	20							
Загальний допуск	5,0	5,0	5,0	5,0	4,0	4,0	4,0	2,4
Припуски:								
мінімальний	0,8							
Кількість переходів механічної обробки								
За точністю розмірів	1	4	4	2	1	1	2	1
за відхиленнями форми і взаємного розміщення пов.	-	2	2	1	2	2	2	1
Прийнята кількість переходів	1	4	4	2	2	2	2	1
Загальний припуск	3,9	6,9	6,9	5,4	4,5	4,5	4,5	2,5
Розміри заготовки:								
розраховані	Ø179,8	Ø148,8	Ø131,2	89,2	77	49	42	7

Таблиця 2.6 – Розрахунок розмірів литих заготовок

Вихідні дані	Лиття в ПГФ (з машинним формуванням)							
	Згідно ГОСТ 26645-85					Прийнято		
Клас розмірної точності виливків	7-12					10		
Ступінь жолоблення елементів виливків	5-8					6		
Ступінь точності поверхонь виливків	10-17					13		
Шорсткість поверхонь виливків	Ra = 32 мкм							
Клас точності маси виливків	6-13					10		
Ряд припусків на обробку виливків	5-8					6		
Розрахункові розміри	Ø172h14 (-1,0)	Ø135h7 (-0,04)	Ø145H7 (+0,04)	M100	68	49	42 ⁺ IT11/ 2 (+0,16)	7
Допуски:								
розмірів	3,6	3,2	3,2	2,8	2,8	2,4	2,4	1,6
форми чи розміщення	0,64	0,50	0,50	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
зміщення по площині роз'єму	1,8	1,8	-	-	1,8	1,8	1,8	1,8
зміщення через перекіс стержня	1,0	1,0	1,0	-	-	-	-	
нерівностей	0,80							
маси	16							
Загальний допуск	4,0	4,0	4,0	3,20	3,20	3,20	3,20	2,20
Припуски:								
мінімальний	0,6							
	Кількість переходів механічної обробки							
За точністю розмірів	1	4	4	2	1	1	2	1
За відхиленнями форми і взаємного розміщення	-	2	2	1	2	2	2	2
прийнята кількість переходів	1	4	4	2	2	2	2	2
Загальний припуск	3,0	5,6	5,6	3,8	3,8	3,8	3,8	2,9
Розміри заготовки	Ø178	Ø146,2	Ø133,8	M92,4	75,6	49	42	7

Для розрахунку маси заготовок використовуємо комп'ютерну програму.

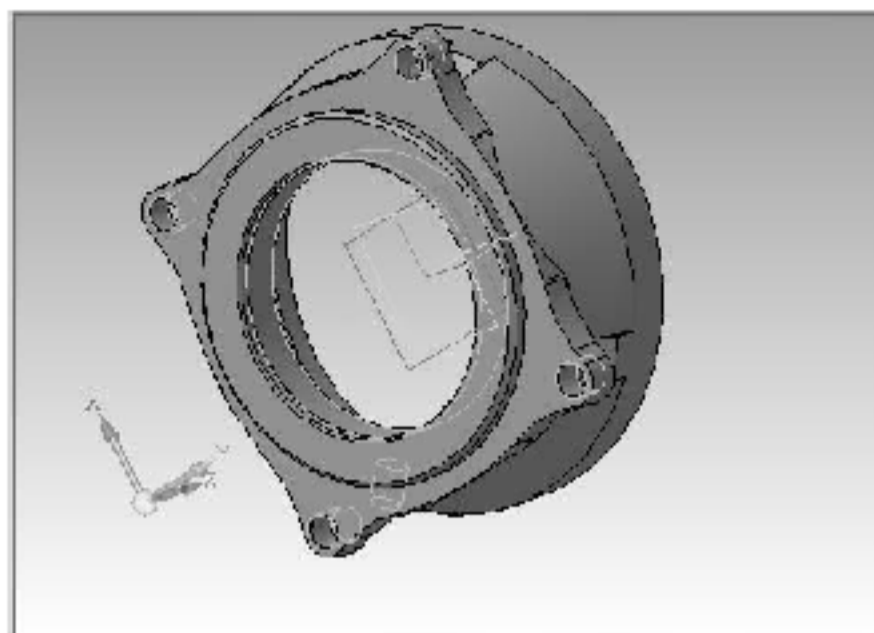


Рисунок 2.2 – 3D-модель деталі

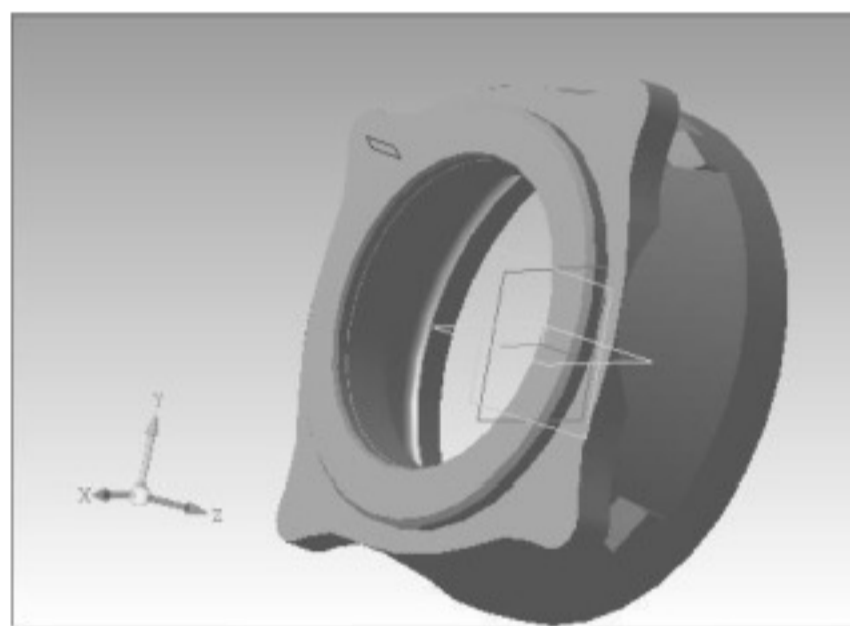


Рисунок 2.3 – 3D-модель заготовки при литті в ПГЛ форми з ручним формуванням суміші

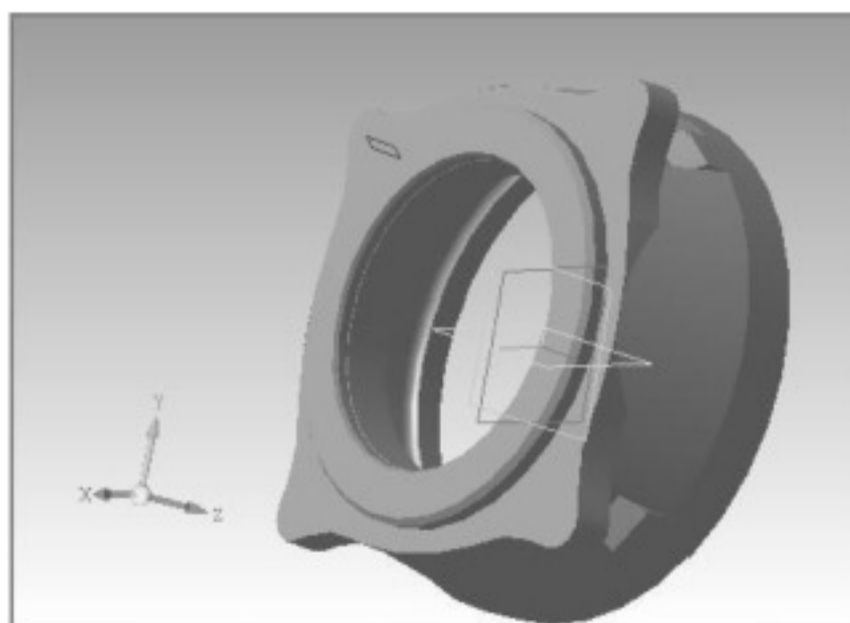


Рисунок 2.4 – 3D-модель заготовки при литті в ПГЛ форми з машинним формуванням суміші

Отже, коефіцієнт точності маси заготовки:

$$K_{Т.М.} = \frac{G_{дет.}}{G_{загот.}}, \quad (2.18)$$

де $G_{дет.}$ – вага деталі, $G_{дет.} = 3,4$ кг;

$G_{загот.}$ – вага заготовки при литті в ПГЛ форми з ручним формуванням суміші, $G_{загот.} = 3,8$ кг;

$G_{загот.}$ – вага заготовки при литті в ПГФ форми з машинним формуванням суміші, $G_{загот.} = 3,6$ кг.

$$K_{Т.М.1} = \frac{3,4}{3,8} = 0,89$$

$$K_{Т.М.2} = \frac{3,4}{3,6} = 0,94$$

Техніко-економічне порівняння двох способів виготовлення заготовки

Собівартість заготовки визначається за формулою [11]:

$$C_{загот. литт} = \frac{(G_{заг.} \cdot C_{л.} \cdot K_{Т.} \cdot K_{М.} \cdot K_{С.} \cdot K_{В.} \cdot K_{П.})}{1000} - \frac{(G_{заг.} - G_{дет.}) \cdot C_{відх.}}{1000} \quad [\text{грн.}] \quad (2.19)$$

де $C_{л.}$ – базова вартість 1 т заготовок, грн.;

$K_{Т.}$, $K_{М.}$, $K_{С.}$, $K_{В.}$, $K_{П.}$ – коефіцієнти згідно [11].

При литті в ПГЛ форми з ручним формуванням суміші:

$$C_{л.} = 21600 \text{ грн.}; \quad C_{відх.} = 2200 \text{ грн/т.};$$

$$K_{Т.} = 1,05; \quad K_{М.} = 1,04; \quad K_{С.} = 1; \quad K_{В.} = 0,91; \quad K_{П.} = 1.$$

Тоді

$$C_{\text{заг.лит1}} = \frac{(3,8 \cdot 21600 \cdot 1,05 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 0,91 \cdot 1)}{1000} - \frac{(3,8 - 3,4) \cdot 2200}{1000} = 80,62(\text{грн.})$$

При литті в ПГЛ форми з машинним формуванням суміші:

$$C_{\text{л}} = 20300 \text{ грн.}; C_{\text{відх.}} = 2200 \text{ грн/т.};$$

$$K_T = 1,05; K_M = 1,04; K_C = 1; K_B = 0,91; K_{\Pi} = 1.$$

Тоді

$$C_{\text{заг.лит2}} = \frac{(3,6 \cdot 20300 \cdot 1,05 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 0,91 \cdot 1)}{1000} - \frac{(3,6 - 3,4) \cdot 2200}{1000} = 72,18(\text{грн.})$$

Визначаємо економічний ефект:

$$E = (C_{\text{з_ручн}} - C_{\text{з_механ.}}) \cdot N, [\text{грн.}] \quad (2.20)$$

де N – річна програма випуску.

$$E = (80,62 - 71,18) \cdot 2000 = 16880 \text{ (грн.)}$$

Висновок. Собівартість заготовки виготовленої литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші є нижчою ніж при литті в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші.

Отже, остаточно прийнято, що заготовка буде виготовлена литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші.

2.4 Вибір методів, послідовності та кількості переходів для обробки окремих поверхонь

Визначення кількості ступенів механічної обробки отвору $\varnothing 145\text{H7}^{(+0,04)}$.

Розрахунок кількості переходів механічної обробки виконується за коефіцієнтом уточнення [1, 10]

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}}, \quad (2.21)$$

де $T_{\text{заг}}$ – допуск розміру заготовки, мм, $T_{\text{дет}}$ – допуск розміру деталі, мм.

Отримане число заокруглюємо до більшого при перевищенні дробового залишку на 10% від цілого. Розподіл здійснюється в залежності від кількості ступенів механічної обробки за наступними рекомендаціями:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4 \cdot \varepsilon_5 \dots \quad (2.22)$$

Наприклад, для розміру $\varnothing 145\text{H7}^{(+0,04)}$ матимемо:

Допуск розміру деталі становить 0,04 мм, згідно робочого креслення, допуск розміру заготовки згідно даних таблиці 3.3 має значення 3,2 мм.

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{3200}{40} = 80,$$

де $T_{\text{заг}} = 3200$ мкм – допуск заготовки по IT17; $T_{\text{дет}} = 40$ мкм – допуск деталі;

T_1, T_2, T_3, \dots – проміжні допуски; $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \dots$ – проміжні уточнення.

Приймаємо $n = 4$ ступеня механічної обробки даної поверхні, призначивши $\varepsilon_1 = 6$; $\varepsilon_2 = 3,5$; $\varepsilon_3 = 2,5$. Тоді уточнення останнього переходу визначається, так:

$$\varepsilon_4 = \frac{\varepsilon_{\Sigma}}{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3} = \frac{80}{6 \cdot 3,5 \cdot 2,5} = 1,52.$$

Визначаємо допуски на кожний перехід:

$$\text{після першого переходу: } T_1 = \frac{T_{\text{роз}}}{\varepsilon_1} = \frac{3200}{6} = 533,3 \text{ мкм (ІТ 13);}$$

$$\text{після другого переходу: } T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{533,3}{3,5} = 152,4 \text{ мкм (ІТ 10);}$$

$$\text{після третього переходу: } T_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{152,4}{2,5} = 60,9 \text{ мкм (ІТ 8);}$$

$$\text{після четвертого переходу: } T_4 = \frac{T_3}{\varepsilon_4} = \frac{60,9}{1,52} = 40,06 \text{ мкм (ІТ 7).}$$

Допуск після першого переходу відповідає 13 квалітету точності, після другого – 10 квалітету, після третього – 8 квалітету, після четвертого – 7 квалітету.

Остаточно приймаємо такі ступені механічної обробки циліндричної поверхні 145Н7:

- розточування чорнове;
- розточування напівчистове;
- розточування чистове;
- розточування тонке.

Отриманий результат та обрані визначення заносимо до таблиці 2.7. аналогічно визначається кількість ступенів механічної обробки для інших поверхонь.

Таблиця 2.7 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Розмір	Коефіцієнт уточнення $\varepsilon = \frac{T_{заг}}{T_{ост}}$	Роз- поділ	Допуски, мм.	Квалі- тет	Шорст- кість, мкм	Метод обробки
1	2	3	4	5	6	7
$\varnothing 135 h7^{(+0,04)}$	$\varepsilon = \frac{3200}{40} = 80$	$\varepsilon_1=6$ $\varepsilon_2=3,5$ $\varepsilon_3=2,5$ $\varepsilon_4=1,52$	$T_1=3200/6=533,3$ $T_2=533,3/3,5=152,4$ $T_3=152,4/2,5=60,9$ $T_4=60,9/1,52=40,06$	12 10 8 7	Ra= 1,6	Розточити: попередньо, попередньо, попередньо, остаточно
$\varnothing 115$				14	Ra= 6,3	Розточити однократно
$\varnothing 145H7^{(+0,04)}$	$\varepsilon = \frac{3200}{40} = 80$	$\varepsilon_1=6$ $\varepsilon_2=3,5$ $\varepsilon_3=2,5$ $\varepsilon_4=1,52$	$T_1=3200/6=533,3$ $T_2=533,3/3,5=152,4$ $T_3=152,4/2,5=60,9$ $T_4=60,9/1,52=40$	12 10 8 7	Ra= 1,6	Розточити: попередньо, попередньо,по передньо, остаточно
$\varnothing 150JS7^{(+0,02)}$	$\varepsilon = \frac{3200}{20} = 160$	$\varepsilon_1=6$ $\varepsilon_2=4$ $\varepsilon_3=3$ $\varepsilon_4=2$	$T_1=3200/6=533,3$ $T_2=533,3/4=133,3$ $T_3=133,3/3=44$ $T_4=44,4/2=22,2$	12 10 8 7	Ra= 0,8	Розточити: попередньо, попередньо,по передньо, остаточно
$\varnothing 157,2$				14	Ra= 12,5	Розточити однократно
$\varnothing 100,5H11^{(+0,22)}$	$\varepsilon = \frac{3200}{220} = 14,5$	$\varepsilon_1=14,5$	$T_1=3200/14,5=220,6$	11	Ra= 6,3	Розточити однократно
M12 – 6H				14	Ra= 6,3	Центрування, свердління, зенкування фаски, нарізання різі
42IT11 ^(+0,16)	$\varepsilon = \frac{2400}{160} = 15$	$\varepsilon_1=15$	$T_1=2400/15=160$	11	Ra= 3,2	Підрізати торець попередньо, остаточно
7 (правий торець)				14	Ra= 3,2	Підрізати торець попередньо, остаточно

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6	7
68				14	Ra=3,2	Підрізати торець попередньо, остаточно
5				14	Ra=6,3	Підрізати торець попередньо, остаточно
49 (лівий торець)				14	Ra=3,2	Підрізати торець попередньо, остаточно
28				14	Ra=6,3	Підрізати торець попередньо, остаточно

2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз

В якості чорнових баз на першій операції 005 використовується вісь необробленої поверхні $\varnothing 115$, як напрямну базу та торцеву поверхню (лівий торець) $\varnothing 198,6$, як установчу. При використанні такого комплекту технологічних баз ми можемо обробити торцеву поверхню (правий торець) на розмір 68; розточити отвори $\varnothing 158$, $\varnothing 150JS7(\pm 0,02)$, $\varnothing 133,8$, $\varnothing 115$ та канавку $\varnothing 158$.

При базуванні на чорнові технологічні бази забезпечується зв'язок необроблених поверхонь з обробленими.

На операції 010 базування заготовки здійснюємо на чистові бази – вісі попередньо оброблених поверхонь $\varnothing 150JS7$ та $\varnothing 145H7$, як напрямні бази та торцеву поверхню (правий торець) розміру 68, як установчу.

Для свердління 4-ох отворів на операції 015 деталь базується на торцеву поверхню розміру 68 (правий торець) та на оброблену вісь $\varnothing 150JS7$.

На операції 020, для свердління отвору, деталь базується на оброблену вісь $\varnothing 100$, на торцеву поверхню розміру 7 (правий торець), на торцеву поверхню отвору $\varnothing 135h7$ та на палець.

Визначаємо похибки базування:

$\varepsilon_6 \varnothing 145H7(+0,04)$; $\varnothing 135h7(+0,025)$; $\varnothing 150Js7(+0,02)$; $\varnothing 198,6$; $\varnothing 100=0$ – тому, що діаметральний розмір;

$\varepsilon_6 7;42;68=0$ – тому, що виконується принцип співпадання вимірювальної та технологічної баз;

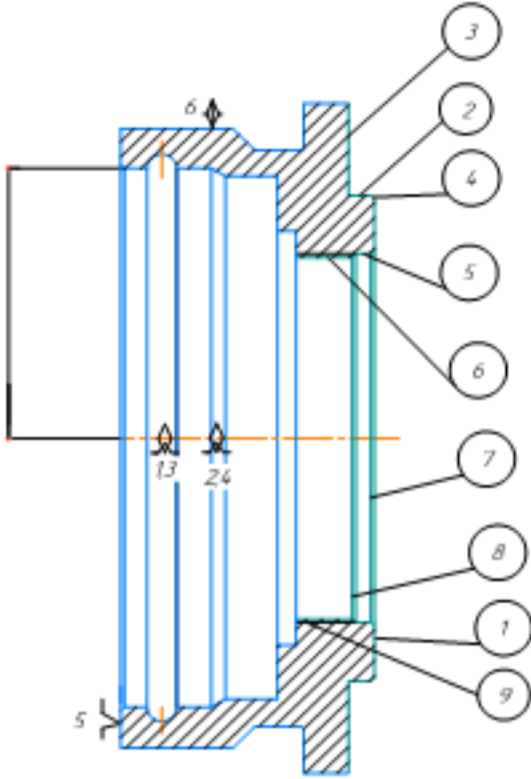
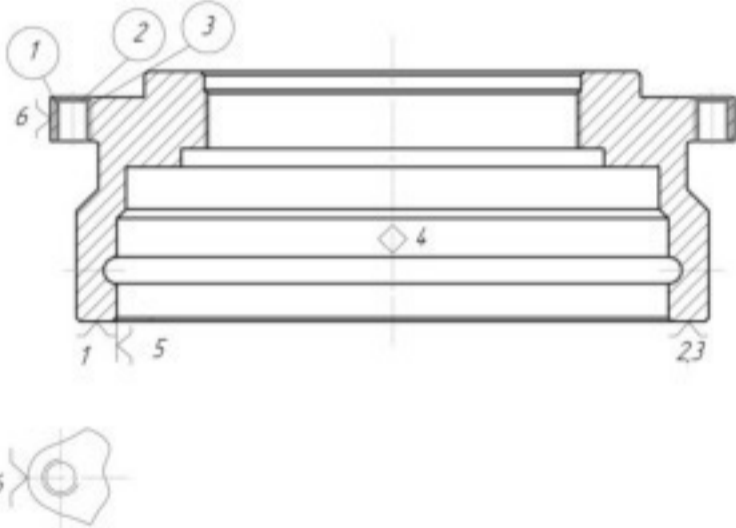
Використання даних схем базування дозволяє нам забезпечити необхідні вимоги точності взаємного розташування поверхонь (за рахунок обробки взаємозалежних поверхонь за один установ, або ж завдяки використанню однієї із залежних поверхонь в якості поверхні базування при обробці іншої).

2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу

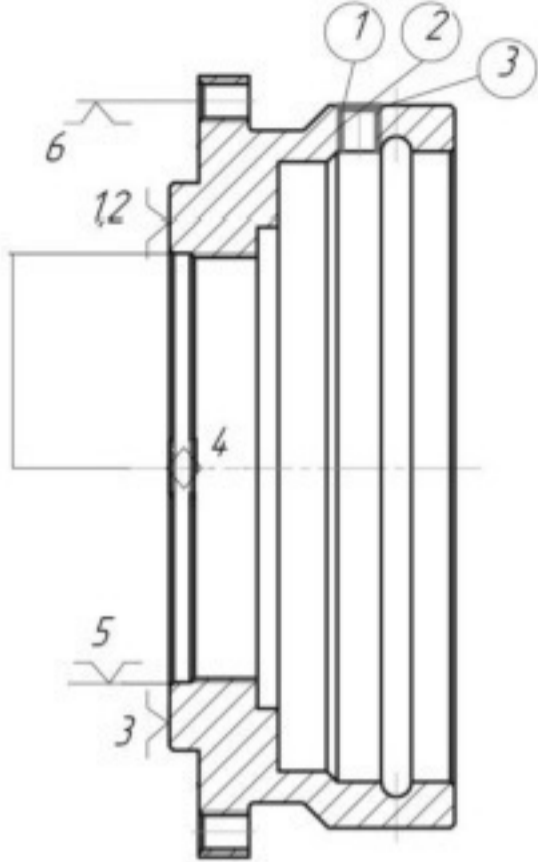
Таблиця 2.8 – Маршрут механічної обробки деталі «Кришка передня ГМП 01.025.004» (1 варіант)

№ пп	Назва операції, зміст переходів	Схема базування	Обладнання
1	2	3	4
005	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>1 Встановити та закріпити заготовку 2 Точити торець 1 попередньо, точити фаску 2 3 Точити торець 1 остаточно 4 Розточити отвори 3 та 4 попередньо, підрізати торець 5, розточити отвір 6 і підрізати торець 7 однократно 5 Розточити отвори 3 та 4 попередньо 6 Розточити фаску 9 однократно, отвір 3 попередньо, фаску 8 однократно, отвір 4 попередньо з підрізанням торця 7 остаточно 7 Розточити канавку 10 однократно 8 Розточити отвори 3 та 4 остаточно 9 Зняти заготовку.</p>		Токарно-револьверний з ЧПК 1П420ПФ30

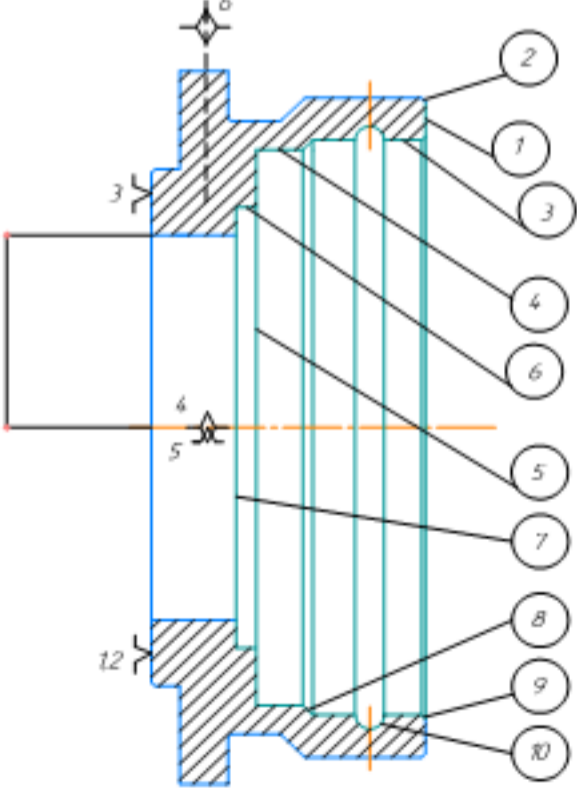
Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4
010	<p style="text-align: center;">Токарна з ЧПК</p> <p>1 Встановити та закріпити заготовку 2 Точити поверхні 1, 2, 3 попередньо 3 Точити поверхню 1 остаточно, точити фаску 4 однократно, точити поверхню 2 попередньо, поверхню 3 остаточно 4 Точити поверхню 2 остаточно 5 Розточити фаску 7, отвір 5, фаску 8, отвір 6 однократно 6 Нарізати різь 9 7 Зняти заготовку</p>		Токарно-револьверний з ЧПК особливої точності 160 НТ
015	<p style="text-align: center;">Вертикально-свердлильна з ЧПК</p> <p>1 Встановити та закріпити заготовку. 2 Центрувати 4 отвори 1. 3 Свердлити 4 отвори 1 однократно. 4 Зенкувати 4 фаски 2. 5 Нарізати різь 3. 6 Зняти заготовку.</p>		Вертикально-свердлильний з ЧПК 2Р135Ф2

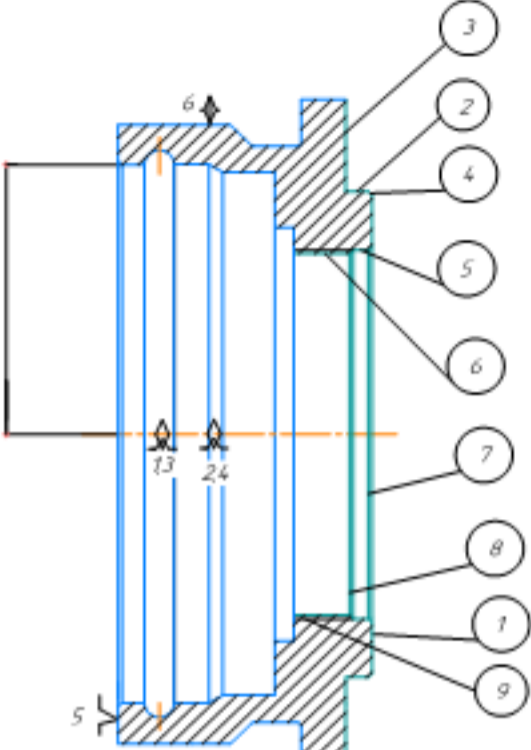
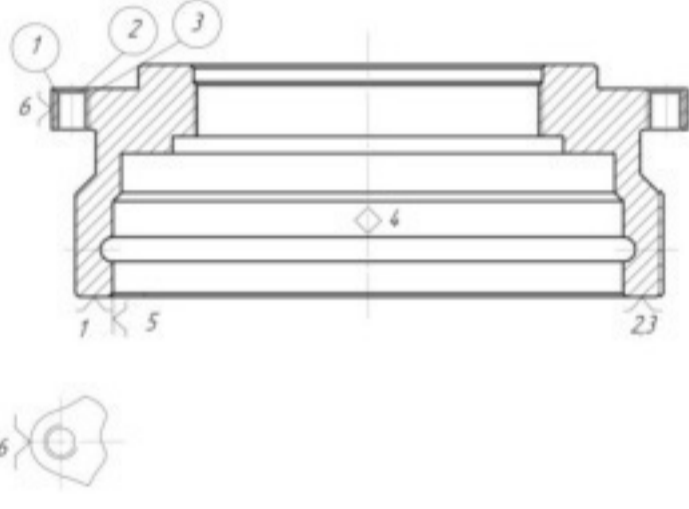
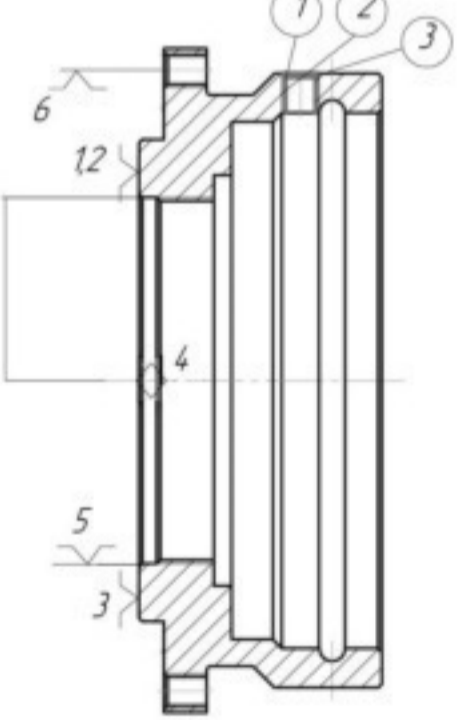
Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4
020	<p>Вертикально-свердлильна з ЧПК</p> <p>1 Встановити та закріпити заготовку. 2 Центрувати отвір 1. 3 Свердлити отвір 1 однократно. 4 Зенкувати фаску 2. 5 Нарізати різь 3. 6 Зняти деталь.</p>		Вертикально-свердильний з ЧПК 2P135Ф2

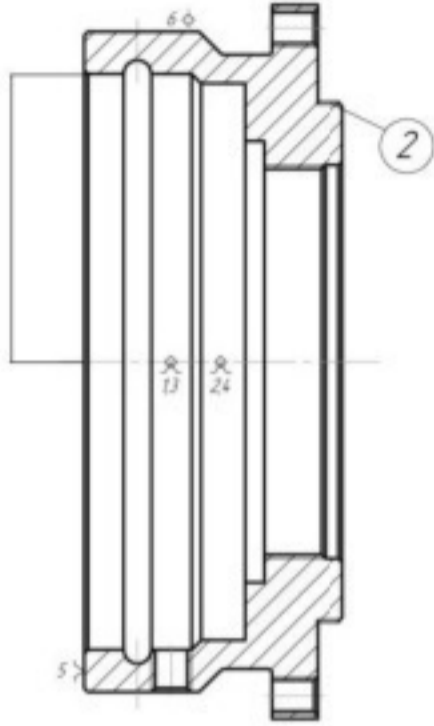
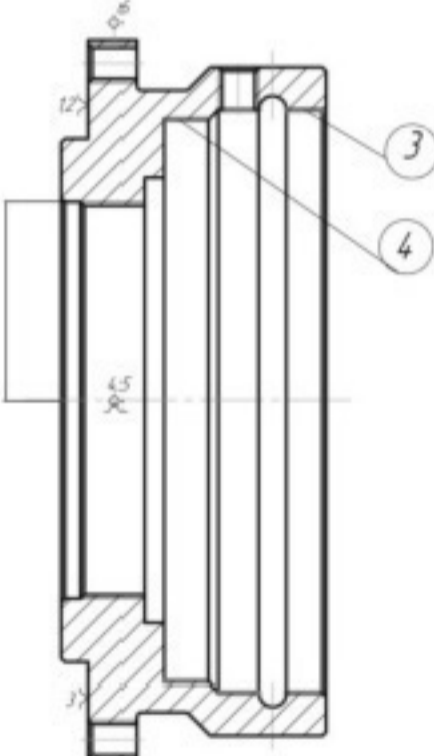
Таблиця 2.9 – Маршрут механічної обробки деталі «Кришка передня ГМП 01.025.004» (2 варіант)

№ пп	Назва операції, зміст переходів	Схема базування	Обладнання
1	2	3	4
005	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>1 Встановити та закріпити заготовку 2 Точити торець 1 попередньо, точити фаску 2 3 Точити торець 1 остаточно 4 Розточити отвори 3 та 4 попередньо, підрізати торець 5, розточити отвір 6 і підрізати торець 7 однократно 5 Розточити отвори 3 та 4 попередньо 6 Розточити фаску 9 однократно, отвір 3 попередньо, фаску 8 однократно, отвір 4 попередньо з підрізанням торця 7 остаточно 7 Розточити канавку 10 однократно 8 Зняти заготовку</p>		Токарно-револьверний з ЧПК 1В340Ф30

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4
010	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>1 Встановити та закріпити заготовку 2 Точити поверхні 1, 2, 3 попередньо 3 Точити поверхню 1 остаточно, точити фаску 4 однократно, точити поверхню 2 попередньо, поверхню 3 остаточно 4 Розточити фаску 7, отвір 5, фаску 8, отвір 6 однократно 5 Нарізати різь 9 6 Зняти заготовку</p>		Токарно-револьверний з ЧПК 1В340Ф30
015	<p>Вертикально-свердлильна з ЧПК</p> <p>1 Встановити та закріпити заготовку. 2 Центрувати 4 отвори 1. 3 Свердлити 4 отвори 1 однократно. 4 Зенкувати 4 фаски 2. 5 Нарізати різь 3. 6 Зняти заготовку.</p>		Вертикально-свердильний з ЧПК 2Р135Ф2
020	<p>Вертикально-свердлильна з ЧПК</p> <p>1 Встановити та закріпити заготовку. 2 Центрувати отвір 1. 3 Свердлити отвір 1 однократно. 4 Зенкувати фаску 2. 5 Нарізати різь 3. 6 Зняти деталь.</p>		Вертикально-свердильний з ЧПК 2Р135Ф2

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4
025	<p style="text-align: center;">Шліфування</p> <p>1 Встановити та закріпити заготовку 2 Шліфувати поверхню 2 остаточно 3 Зняти заготовку</p>		Круглошліфувальний верстат з ЧПК 3М151Ф2
030	<p style="text-align: center;">Шліфування</p> <p>1 Встановити та закріпити заготовку 2 Шліфувати отвори 3 та 4 остаточно 3 Зняти деталь</p>		Внутрішшліфувальний особливої точності 3К228А

2.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат [1]

Для того, щоб обґрунтовано визначити, який з маршрутів механічної обробки являється оптимальним, необхідно наближено обчислити величину економічного ефекту, що виникає при порівнянні двох маршрутів обробки деталі в межах вказаного типу виробництва [1]:

$$E = \frac{(C_0^1 - C_0^2) \cdot N}{100}, [\text{грн.}] \quad (2.23)$$

де N – річна програма випуску деталей за рік.

Для цього необхідно визначити цехову собівартість кожної з операцій порівнюваних маршрутів. При цьому необхідно зазначити, що величина собівартості обраховується лише для тих операцій, які відрізняються. Так як в першому маршруті необхідна точність здобувається на токарно-револьверному верстаті з ЧПК особливої точності 160НТ, а для другого маршруту необхідна точність не забезпечується токарно-револьверним верстатом з ЧПК 1В340Ф30, а забезпечується лише шліфуванням. Отже величина собівартості буде обраховуватись лише для тих операцій, які відрізняють порівнювані маршрути обробки, а саме операції 005 та 010, також в другому маршруті додаються ще дві операції шліфування 025 та 030.

Собівартість операції визначається за формулою [1]:

$$C_0 = \frac{C_{н.з.} \cdot t_{шт-к}}{60 \cdot K_e}, [\text{грн.}] \quad (2.24)$$

де $C_{н.з.}$ – це приведені годинні витрати [1];

K_e – коефіцієнт виконання норм, що рівний здебільшого 1,3;

$t_{шт-к}$ – штучно-калькуляційний час даної операції:

$$t_{\text{ном-к}} = T_0 \cdot \varphi_k, [\text{хв.}] \quad (2.25)$$

де T_0 – основний час на виконання операції, визначаємо за допомогою наближених формул, хв.;

φ_k – коефіцієнт, що характеризується типом верстату, на якому здійснюється обробка.

Таблиця 2.10 – Порівняння 2-х варіантів ТП

1-й варіант ТП		2-й варіант ТП	
Номер і назва операції	Обладнання	Номер і назва операції	Обладнання
005 – Токарна з ЧПК	1П420ПФ30	005 – Токарна з ЧПК	1В340Ф30
010 – Токарна з ЧПК	160НТ	010 – Токарна з ЧПК	1В340Ф30
015 – Вертикально-свердлильна з ЧПК	2Р135Ф2	015 – Вертикально-свердлильна з ЧПК	2Р135Ф2
020 – Вертикально-свердлильна з ЧПК	2Р135Ф2	020 – Вертикально-свердлильна з ЧПК	2Р135Ф2
		025 – Внутрішньошліфувальна з ЧПК	3К228а
		030 – Круглошліфувальна з ЧПК	3М151Ф2

Отже, величина цехової собівартості для маршруту механічної обробки №1, де фінішна обробка відбуватиметься за допомогою тонкого точіння, на операціях 005 (56,0 грн./год., 1П420ПФ30) та 010 (56,0 грн./год., 160НТ) для токарно-револьверного верстату з ЧПК особливої точності 160НТ.

Тоді, величина цехової собівартості для маршруту механічної обробки №2, де на токарних операціях береться верстат моделі 1В340Ф30, буде дорівнювати 51,9 грн. Також в другому маршруті для досягнення необхідної точності додаються ще дві операції шліфування. Отже величина цехової собівартості для внутрішньошліфувального верстата моделі 3К228А – 57,1 грн., а для круглошліфувального моделі 3М151Ф2 – 58,5 грн.

Таблиця 2.11 – Розрахунок основного технологічно часу на операції 005

Назва операції, переходу	Основний технологічний час $T_{осн}$, хв.
1	2
<u>Токарно з ЧПК:</u> 1 Точити (правий) торець на розмір 68 попередньо	$T_{осн} = 0,037 (D^2 - d^2) = 0,037 (172^2 - 150^2) = 0,26$
2 Точити (правий) торець на розмір 68 остаточно	$T_{осн} = 0,052 (D^2 - d^2) = 0,052 (172^2 - 150^2) = 0,36$
3 Розточити отвори $\varnothing 150$ JS7 та $\varnothing 145$ H7 попередньо, підрізати (лівий) торець на розмір 42 розточити отвір $\varnothing 115$	$T_{осн.} = (0,18 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3}) + (0,18 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3}) + (0,052 (D^2 - d^2)) + (0,3 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3}) = (0,18 \cdot 150 \cdot 28 \cdot 10^{-3}) + (0,18 \cdot 145 \cdot 42 \cdot 10^{-3}) + (0,052 (150^2 - 115^2)) + (0,3 \cdot 115 \cdot 5 \cdot 10^{-3}) = 2,5$
4 Розточити отвори $\varnothing 150$ JS7 та $\varnothing 145$ H7 попередньо	$T_{осн.} = (0,2 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3}) + (0,2 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3}) = (0,2 \cdot 150 \cdot 28 \cdot 10^{-3}) + (0,2 \cdot 145 \cdot 42 \cdot 10^{-3}) = 2,058$
5 Розточити отвір $\varnothing 150$ JS7 та $\varnothing 145$ H7 попередньо	$T_{осн.} = (0,2 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3}) + (0,2 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3}) = (0,2 \cdot 150 \cdot 28 \cdot 10^{-3}) + (0,2 \cdot 145 \cdot 42 \cdot 10^{-3}) = 2,058$
6 Розточити канавку $\varnothing 158$ однократно	$T_{осн. 3} = 0,3 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,3 \cdot 158 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 0,711$
7 Розточити отвори $\varnothing 150$ JS7 та $\varnothing 145$ H7 остаточно	$T_{осн.} = (0,3 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3}) + (0,3 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3}) = (0,3 \cdot 150 \cdot 28 \cdot 10^{-3}) + (0,3 \cdot 145 \cdot 42 \cdot 10^{-3}) = 3,087$
$\Sigma T_{осн}$	11,034

$$T_{шт-к1} = T_0 \cdot \phi_x = 11,034 \cdot 1,98 = 21,84 \text{ (хв.)}$$

На інші операції наведена зведена таблиця 2.12.

Таблиця 2.12 – Зведена таблиця

1-й варіант ТП			2-й варіант ТП		
Номер і назва операції	$T_{осн.}$	$T_{шт-к.}$	Номер і назва операції	$T_{осн.}$	$T_{шт-к.}$
005 – Токарна з ЧПК	11,034	21,84	005 – Токарна з ЧПК	8,976	17,77
			010 – Токарна з ЧПК	5,55	10,98
010 – Токарна з ЧПК	6,64	13,14	025 – Внутрішньошліфувальна з ЧПК	13,26	26,52
			030 – Круглошліфувальна з ЧПК	0,84	1,5

Розраховуємо економічний ефект по операціям, які відрізняються.

Визначення технологічної собівартості операцій за 1-м варіантом ТП:

$$C_{o1} = \frac{C_{П-з} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot 1,3} = \frac{(56 \cdot 21,84) + (56 \cdot 13,14)}{60 \cdot 1,3} = 25,1 \text{ (грн.)};$$

2-й варіант ТП:

$$C_{o2} = \frac{C_{п-з} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot 1.3} = \frac{(51,9 \cdot 17,77) + (51,9 \cdot 10,98) + (57,1 \cdot 26,52) + (58,5 \cdot 1,5)}{60 \cdot 1.3} = 39,7 \text{ (грн.)};$$

$$E = (C_{o2} - C_{o1}) \cdot N = (39,7 - 25,1) \cdot 2000 = 29200 \text{ (грн.)}$$

Висновок: Собівартість механічної обробки по варіанту маршруту №2 більша, ніж по варіанту №1, отже приймаємо для подальших розрахунків варіант №1.

2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу [1, 7, 8]

Розмірна схема технологічного процесу показана на рис. 2.5.

Відповідно до маршруту механічної обробки й ДСТУ 8981–2020 [12] встановлені допуски технологічних розмірів і розмірів виливка (табл. 2.13).

Таблиця 2.13 – Допуски технологічних розмірів та розмірів виливка

Заготовка (виливок)			
Розмір	Спосіб виготовлення	Клас розмірної точності	Допуск, мм
З ₁	Лиття в ПГФм	10	2,8
З ₂			2,2
З ₃			2,4
З ₄			2,4
З ₅			1,6
Механічна обробка			
Розмір	Точіння	Квалітет точності	Допуск, мм
В ₁	Чорнове	15	1,2
В ₂	Чистове	11	0,19
В ₃	Одноразове	12	0,21
В ₄	Чорнове	15	1,0
В ₅	Чистове	11	0,16
В ₆	Одноразове	12	0,25
В ₇	Чорнове	15	1,2
В ₈	Чистове	11	0,19
В ₉	Чорнове	15	0,48
В ₁₀	Чистове	11	0,075
В ₁₁	Одноразове	12	0,15

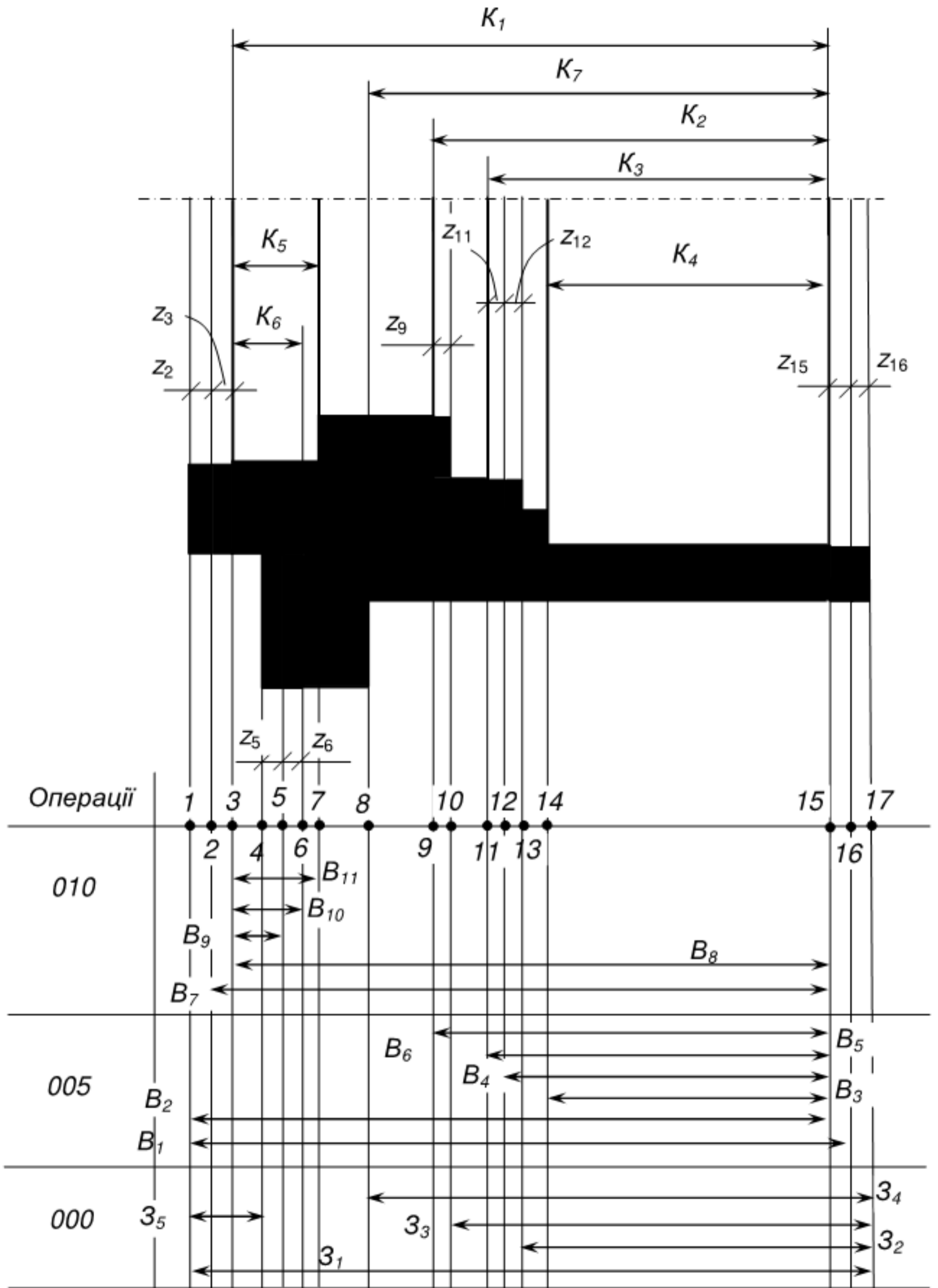


Рисунок 2.5 – Розмірна схема технологічного процесу

Відповідно до розмірної схеми технологічного процесу побудовані похідний граф-дерево (рис. 2.6), вихідний граф-дерево (рис. 2.7) і граф технологічних розмірних ланцюгів (рис. 2.8).

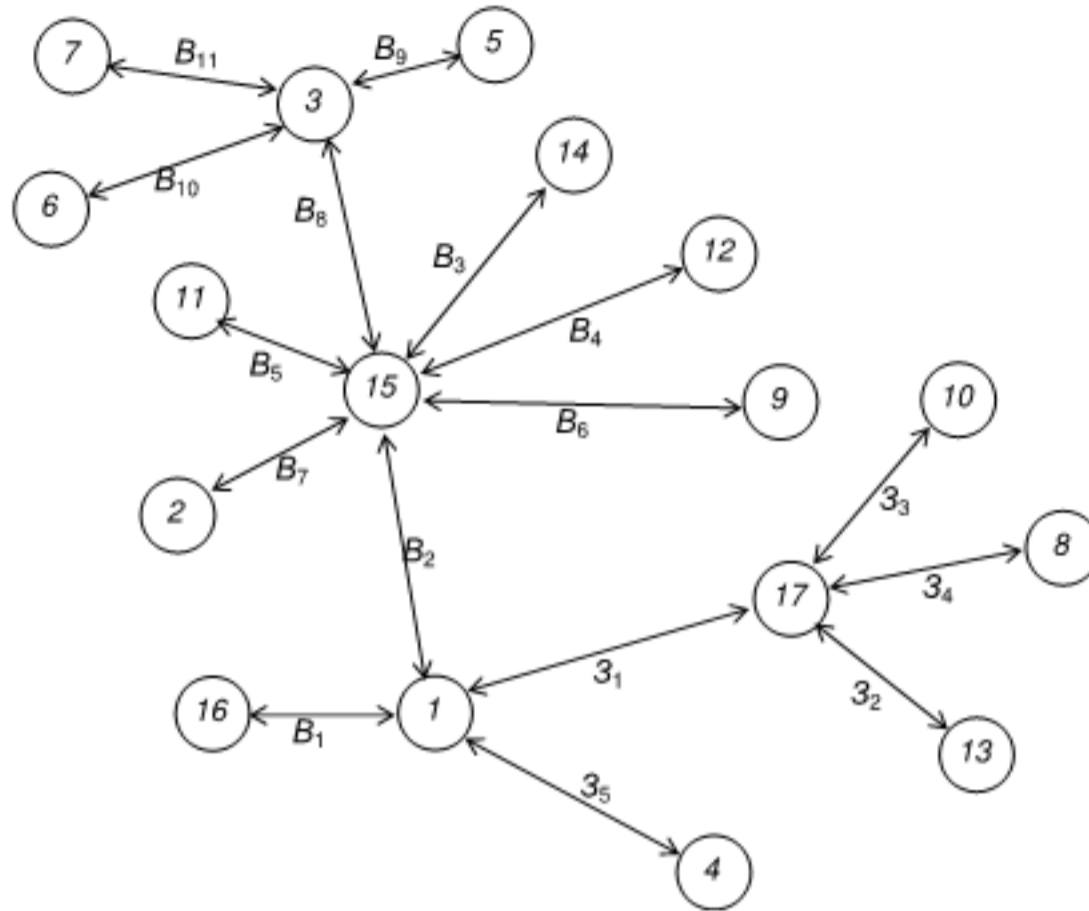


Рисунок 2.6 – Похідний граф-дерево

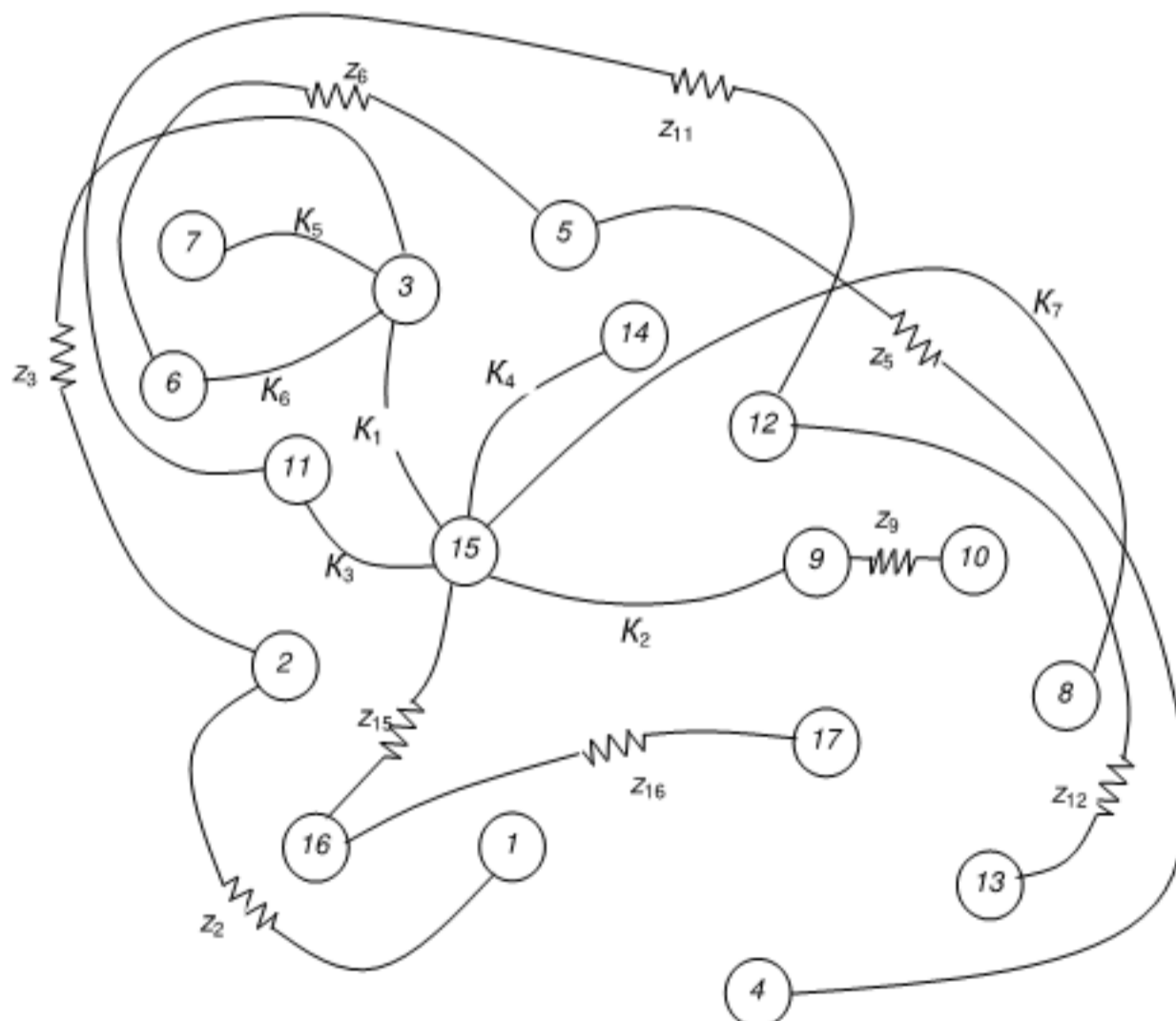


Рисунок 2.7 – Вихідний граф-дерево

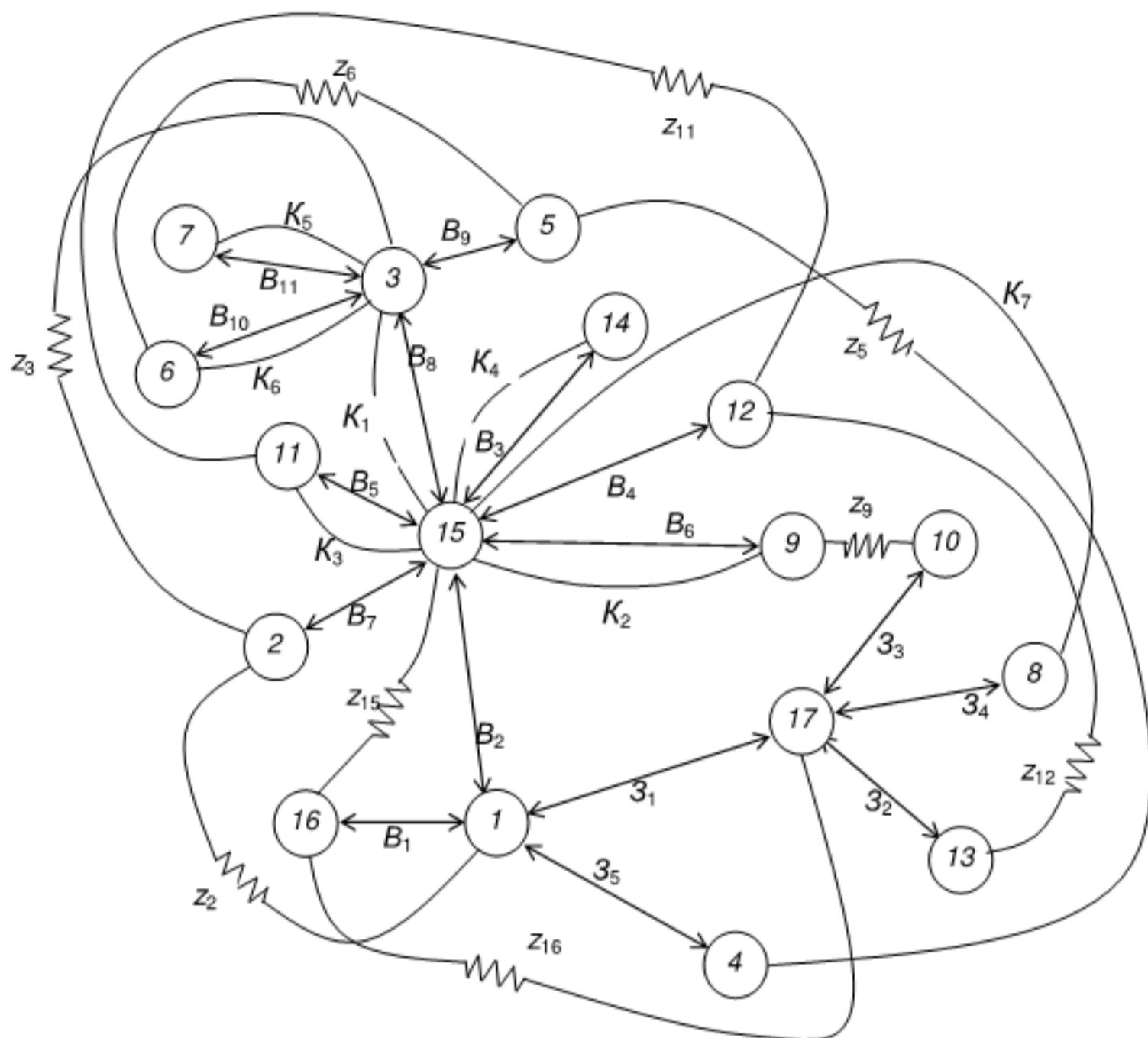


Рисунок 2.8 – Граф технологічних розмірних ланцюгів (суміщений граф)

На основі аналізу суміщеного графа складено рівняння технологічних розмірних ланцюгів та зведемо їх в таблицю 2.14.

Таблиця 2.14 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

№	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
	2	3	4
1	$-K_5 + B_{11} = 0$	$K_5 = B_{11}$	B_{11}
2	$-K_6 + B_{10} = 0$	$K_6 = B_{10}$	B_{10}
3	$-K_1 + B_8 = 0$	$K_1 = B_8$	B_8
4	$-K_4 + B_3 = 0$	$K_4 = B_3$	B_3
5	$-K_3 + B_5 = 0$	$K_3 = B_5$	B_5
6	$-K_2 + B_6 = 0$	$K_2 = B_6$	B_6
7	$-z_6 - B_9 + B_{10} = 0$	$z_6 = B_{10} - B_9$	B_9

Продовження табл. 2.14

№	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	2	3	4
8	$-z_{11} + B_5 - B_4 = 0$	$z_{11} = B_5 - B_4$	B_4
9	$-z_3 + B_7 - B_8 = 0$	$z_3 = B_7 - B_8$	B_7
10	$-z_2 + B_2 - B_7 = 0$	$z_2 = B_2 - B_7$	B_2
11	$-z_{15} - B_2 + B_1 = 0$	$z_{15} = B_1 - B_2$	B_1
12	$-z_{16} - B_1 + 3_1 = 0$	$z_{16} = 3_1 - B_1$	3_1
13	$-z_9 + B_6 - B_2 + 3_1 - 3_3 = 0$	$z_9 = B_6 - B_2 + 3_1 - 3_3$	3_3
14	$-z_{12} + B_4 - B_2 - 3_1 - 3_2 = 0$	$z_{12} = B_4 - B_2 + 3_1 - 3_2$	3_2
15	$-z_5 - 3_5 + B_2 - B_8 + B_9 = 0$	$z_5 = B_9 + B_2 - 3_5 - B_8$	3_5
16	$-K_7 + 3_4 - 3_1 + B_2 = 0$	$K_7 = 3_4 - 3_1 + B_2$	3_4

Визначені за нормативами мінімальні проміжні на механічну обробку плоских поверхонь (торців) наведені у табл. 2.15

Таблиця 2.15 – Мінімальні проміжні на механічну обробку плоских поверхонь (торців)

Припуск	Спосіб обробки (точіння)	Значення припуску z_{min} , мм
z_2	чорнове	2,0
z_3	чистове	0,8
z_5	чорнове	2,0
z_6	чистове	0,8
z_9	одноразове	2,0
z_{11}	чистове	0,8
z_{12}	чорнове	2,0
z_{15}	чистове	0,8
z_{16}	чорнове	2,0

Визначимо технологічні розміри, розміри вихідної заготовки (виливка) і максимальні припуски

Рівняння 1

$$B_{11} = K_5 = 7 \pm 0,08 \text{ (мм)}.$$

Рівняння 2

$$B_{10} = K_6 = 5 \pm 0,04 \text{ (мм)}.$$

Рівняння 3

$$B_8 = K_1 = 68_{-0,19} \text{ (мм)}.$$

Рівняння 4

$$B_3 = K_4 = 28 \pm 0,11 \text{ (мм)}.$$

Рівняння 5

$$B_5 = K_3 = 42 \pm 0,08 \text{ (мм)}.$$

Рівняння 6

$$B_6 = K_2 = 47 \pm 0,13 \text{ (мм)}.$$

Рівняння 7

$$Z_{6\min} = B_{10\min} - B_{9\max}$$

$$B_{9\max} = B_{10\min} - Z_{6\min}$$

$$B_{9\max} = 4,96 - 0,8 = 4,16 \text{ (мм)}.$$

$$B_{9\min} = B_{9\max} - T(B_9) = 4,16 - 0,48 = 3,68 \text{ (мм)};$$

$$Z_{6\max} = B_{10\max} - B_{9\min};$$

$$Z_{6\max} = 5,04 - 3,68 = 1,36 \text{ (мм)}.$$

Рівняння 8

$$Z_{11\min} = B_{5\min} - B_{4\max};$$

$$B_{4\max} = B_{5\min} - Z_{11\min};$$

$$B_{4\max} = 41,92 - 0,8 = 41,12 \text{ (мм)};$$

$$B_{4\min} = B_{4\max} - T(B_4) = 41,12 - 1,0 = 40,12 \text{ (мм)};$$

$$Z_{11\max} = B_{5\max} - B_{4\min};$$

$$Z_{11\max} = 42,08 - 40,12 = 1,96 \text{ (мм)}.$$

Рівняння 9

$$Z_{3\min} = B_{7\min} - B_{8\max};$$

$$B_{7\min} = B_{8\max} + Z_{3\min};$$

$$B_{7\min} = 68,0 + 0,8 = 68,8 \text{ (мм)};$$

$$B_{7\max} = B_{7\min} + T(B_7) = 68,8 + 1,2 = 70,0 \text{ (мм)};$$

$$Z_{3\max} = B_{7\max} - B_{8\min};$$

$$Z_{3\max} = 70,0 - 67,81 = 2,19 \text{ (мм)}.$$

Рівняння 10

$$Z_{2\min} = B_{2\min} - B_{7\max};$$

$$B_{2\min} = B_{7\max} + Z_{2\min};$$

$$B_{2\min} = 70,0 + 2,0 = 72,0 \text{ (мм)};$$

$$B_{2\max} = B_{2\min} + T(B_2) = 72,0 + 0,19 = 72,19 \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\max} = B_{2\max} - B_{7\min};$$

$$Z_{2\max} = 72,19 - 68,8 = 3,39 \text{ (мм)}.$$

Рівняння 11

$$Z_{15\min} = B_{1\min} - B_{2\max};$$

$$B_{1\min} = B_{2\max} + Z_{15\min};$$

$$B_{1\min} = 72,19 + 0,8 = 73,0 \text{ (мм)};$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 73,0 + 1,2 = 74,2 \text{ (мм)};$$

$$Z_{15\max} = B_{1\max} - B_{2\min};$$

$$Z_{15\max} = 74,2 - 72,19 = 2,01 \text{ (мм)}.$$

Рівняння 12

$$Z_{16\min} = Z_{1\min} - B_{1\max};$$

$$Z_{1\min} = B_{1\max} + Z_{16\min};$$

$$Z_{1\min} = 74,2 + 2,0 = 76,2 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + T(Z_1) = 76,2 + 2,8 = 79,0 \text{ (мм)};$$

$$Z_{16\max} = Z_{1\max} - B_{1\min};$$

$$Z_{16\max} = 79,0 - 73,0 = 6,0 \text{ (мм)}.$$

Рівняння 13

$$Z_{9\min} = B_{6\min} - B_{2\max} + Z_{1\min} - Z_{3\max}$$

$$Z_{3\max} = B_{6\min} - B_{2\max} + Z_{1\min} - Z_{9\min}$$

$$Z_{3\max} = 46,87 - 72,19 + 75,3 - 2,0 = 48 \text{ (мм)}.$$

$$Z_{3\min} = Z_{3\max} - T(Z_3) = 48 - 2,4 = 45,6 \text{ (мм)};$$

$$Z_{9\max} = B_{6\max} - B_{2\min} + Z_{1\max} - Z_{3\min}$$

$$Z_{9\max} = 47,13 - 72,0 + 78,1 - 45,6 = 7,63 \text{ мм}$$

Рівняння 14

$$Z_{12\min} = B_{4\min} - B_{2\max} + Z_{1\min} - Z_{2\max}$$

$$Z_{2\max} = B_{4\min} - B_{2\max} + Z_{1\min} - Z_{12\min};$$

$$Z_{2\max} = 40,12 - 72,19 + 75,3 - 2 = 41,23 \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\min} = Z_{2\max} - T(Z_2) = 41,23 - 2,2 = 39 \text{ (мм)};$$

$$Z_{12\max} = B_{4\max} - B_{2\min} + Z_{1\max} - Z_{2\min};$$

$$Z_{12\max} = 41,12 - 72 + 78,1 - 39 = 8,22 \text{ (мм)};$$

Рівняння 15

$$Z_{5\min} = B_{9\min} + B_{2\min} - Z_{5\max} - B_{8\max}$$

$$Z_{5\max} = B_{9\min} + B_{2\min} - B_{8\max} - Z_{5\min}$$

$$Z_{5\max} = 3,68 + 72 - 68 - 2 = 5,7 \text{ (мм)}.$$

$$Z_{5\min} = Z_{5\max} - T(Z_5) = 5,7 - 1,6 = 4,1 \text{ (мм)};$$

$$Z_{5\max} = B_{9\max} + B_{2\max} - Z_{5\min} - B_{8\min};$$

$$Z_{5\max} = 4,16 + 72,19 - 4,1 - 67,9 = 4,35 \text{ (мм)}.$$

Рівняння 16

$$K_{7\min} = B_{2\min} + Z_{4\min} - Z_{1\max}$$

$$Z_{4\min} = Z_{1\max} - B_{2\min} + K_{7\min}$$

$$Z_{4\min} = 78,1 - 72 + 48,7 = 53,6 \text{ (мм)}.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} - T(Z_4) = 53,6 + 2,4 = 56,0 \text{ (мм)};$$

Отримані значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів показані у таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів, мм

Розмір	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	мінімальний	максимальний				
B ₁	72,2	73,4	1,2	73,4	73,4 _{-1,2}	–
B ₂	70,0	72,19	0,19	72,19	72,19 _{-0,19}	–
B ₃ (K ₄)	27,89	28,11	0,21	28,0	28 ± 0,11	–
B ₄	40,12	41,12	1,0	40,62	40,62	–
B ₅ (K ₃)	41,92	42,08	0,16	42,0	42 ± 0,08	–
B ₆ (K ₂)	46,87	47,13	0,25	47,0	47 ± 0,13	–
B ₇	68,8	70,0	1,2	70,0	70 _{-1,2}	–
B ₈ (K ₁)	67,81	68,0	0,19	68	68 _{-0,19}	–
B ₉	3,68	4,16	0,48	3,9	3,9 ± 0,24	–
B ₁₀ (K ₆)	46,87	47,13	0,26	47	47 ± 0,13	–
B ₁₁ (K ₅)	41,92	42,08	0,16	42	42 ± 0,08	–
З ₁	75,3	78,1	2,8	76,7	–	76,7 ± 1,4
З ₂	40,1	42,3	2,2	41,2	–	41,2 ± 1,1
З ₃	45,6	48,0	2,4	46,8	–	46,8 ± 1,2
З ₄	53,6	56	2,4	54,8	–	54,8 ± 1,2
З ₅	4,2	5,8	1,6	5	–	5 ± 0,8

Отримані значення максимальних припусків зведено у таблицю 2.17.

Таблиця 2.17 – Максимальні проміжні припуски, мм

Z _{2max}	Z _{3max}	Z _{5max}	Z _{6max}	Z _{9max}	Z _{11max}	Z _{12max}	Z _{15max}	Z _{16max}
3,39	2,19	4,35	1,36	7,63	1,96	8,22	2,59	4,71

2.9 Розрахунок припусків та технологічних розмірів

Технологічний маршрут обробки отвору $\varnothing 145H7(^{+0,04})$ складається з 4-х переходів – чорнового, чорнового, чистового й тонкого розточування на токарно-револьверному верстаті високої точності з ЧПК 160НТ. Усі переходи здійснюються на одному установі заготовки.

Визначення значень R і T проводимо відповідно до рекомендацій, враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні 300 і 300 мкм. При попередньому розточуванні приймаємо $R_Z = T = 1000$ мкм, а при остаточному розточуванні $R_Z = 20$ мкм, $T = 25$ мкм.

Сумарне значення просторових відхилень [1]:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{\text{зов}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2}, [\text{МКМ}] \quad (2.26)$$

$$\rho_{\text{зов}} = \sqrt{(\Delta_k d)^2 + (\Delta_k l)^2} = \sqrt{(1 \cdot 145)^2 + (1 \cdot 42)^2} = 154,1 \text{ (МКМ)},$$

де $d = 145$ мм – діаметр оброблюваної деталі; $\Delta_k = 1$ – питома кривизна заготовки.

При визначенні $\rho_{\text{зм}}$ в даному випадку слід брати до уваги точність розміщення базових поверхонь

$$\rho_{\text{зм}} = \delta (1) = 1000 \text{ (МКМ)}.$$

$$\text{Тоді } \rho_3 = \sqrt{154,1^2 + 1000^2} = 1011,8 \text{ (МКМ)}.$$

На наступних переходах:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1} [\text{МКМ}], \quad (2.27)$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 1011,8 = 40,472 \text{ (МКМ)};$$

$$\rho_3 = 0,005 \cdot 40,472 = 0,2 \text{ (МКМ)};$$

$$\rho_4 = 0,002 \cdot 0,2 = 0,0004 \text{ (МКМ)}.$$

Мінімальні значення міжопераційних припусків [1]:

$$2Z_{\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \text{ [МКМ]} \quad (2.28)$$

ε_1 – похибка установки при чорновому точінні

Похибка установки при попередньому точінні:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np.}^2}, \text{ [МКМ]} \quad (2.29)$$

де ε_{δ} – похибка базування, що в данному випадку рівна нулеві;

ε_3 – похибка закріплення; $\varepsilon_{np.}$ – похибка пристосування.

При обробці даної поверхні $\varepsilon_{\delta} = 0$, $\varepsilon_{np.} = 58$ мкм [1].

$$\varepsilon_1 = \sqrt{0 + 58^2} = 58 \text{ (МКМ)}.$$

Мінімальний припуск.

Попереднє розточування: $2Z_{1\min} = 2(300 + 300 + \sqrt{1110^2 + 58^2}) = 2 \cdot 1011$ (мкм).

Попереднє розточування: $2Z_{2\min} = 2(100 + 100 + \sqrt{68,24^2 + 58^2}) = 2 \cdot 278$ (мкм).

Попереднє розточування: $2Z_{2\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{39,24^2 + 100^2}) = 2 \cdot 207$ (мкм).

Остаточне розточування: $2Z_{3\min} = 2(25 + 20 + \sqrt{2,4^2 + 5^2}) = 2 \cdot 51$ (мкм).

Розрахункові розміри

- розмір вказаний на креслені $D = 145,054$ мм;
- для остаточного розточування: $D_1 = 145,054 - 2 \cdot 0,51 = 144,952$ (мм);
- для попереднього розточування: $D_2 = 144,952 - 2 \cdot 0,207 = 144,538$ (мм);
- для попереднього розточування: $D_3 = 144,538 - 2 \cdot 0,278 = 143,982$ (мм);
- для попереднього розточування: $D_4 = 143,982 - 2 \cdot 1,01 = 141,962$ (мм);

Для остаточного розточування допуск складає 54 мкм, відповідно для 8 квалітету; для попереднього розточування, відповідно для 7 квалітету, допуск складає 87 мкм, і попереднього розточування 12 квалітету допуск відповідно рівний – 350 мкм та для заготовки (14 квалітет точності), допуск – 870 мкм.

Мінімальні граничні розміри визначаються шляхом віднімання від найбільших граничних розмірів допусків відповідних переходів.

Тобто:

$$D_4 = 141,962 - 0,350 = 141,612 \text{ (мм);}$$

$$D_3 = 143,982 - 0,350 = 143,632 \text{ (мм);}$$

$$D_2 = 144,538 - 0,087 = 144,271 \text{ (мм);}$$

$$D_1 = 144,952 - 0,054 = 144,898 \text{ (мм);}$$

для заготовки

$$D_5 = 133,8 - 0,870 = 132,873 \text{ (мм).}$$

Отже, для остаточного розточування граничні значення припусків:

$$2Z_{\min 3} = 145,036 - 145,006 = 0,30 \text{ (мкм);}$$

$$2Z_{\max 3} = 145 - 144,898 = 0,16 \text{ (мкм);}$$

- для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 2} = 145,902 - 145,470 = 0,432 \text{ (мкм);}$$

$$2Z_{\max 2} = 144,840 - 144,380 = 0,460 \text{ (мкм);}$$

- для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 2} = 145,720 - 145,470 = 0,250 \text{ (мкм);}$$

$$2Z_{\max 2} = 144,640 - 144,280 = 0,360 \text{ (мкм)};$$

- для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 1} = 144,902 - 144,480 = 0,422 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 1} = 144,840 - 144,280 = 0,560 \text{ (мкм)}.$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 2.18.

Загальні припуски:

$$2Z_{0\min} = 560 + 460 + 360 + 30 = 1410 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{0\max} = 422 + 432 + 250 + 16 = 1120 \text{ (мкм)}.$$

Таблиця 2.18 – Зведена таблиця розрахунків (на обробку отвору $\varnothing 145H7^{(+0,04)}$)

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 145H7^{(+0,04)}$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, $2Z_{\min}$	Розрахунковий розмір, D_p	Допуск, δ мкм	Граничний розмір		Граничні значення припусків	
	R_z	T	ρ	ϵ_y				D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Заготовка	300	300	1008	0	–	132,873	3200	143,873	145,758	–	–
розточування попереднє	100	100	60,12	500	2·1011	141,612	630	144,280	145,670	560	422
розточування попереднє	50	50	3,6	-	2·278	143,632	160	144,680	145,470	460	432
розточування остаточне	20	25	0,18	-	2·100	144,271	63	144,840	145,006	360	250
розточування тонке	5	10	0	0	2·45	144,989	40	145	145,036	30	16
Всього										1410	1120

Таблиця 2.19 – Припуски і технологічні розміри на механічну обробку циліндричних поверхонь

Технологічні переходи	Вибраний мінімальний припуск $2z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск T , мкм	Граничні значення, мм		Граничні значення припусків, мм	
				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$
Отвір М100							
Заготовка	–	92,2	2200	92,22	92,42	–	–
Чорн. розточ.	2·1200	96,623	550	96,07	96,62	1,2	2,85
Чистов. розточ.	2·150	98,823	45,83	98,78	98,82	0,3	0,39
Загальний припуск						1,5	3,24
Отвір $\varnothing 145H7^{+0.04}$							
Заготовка	–	132,873	3200	143,873	145,758	–	–
Чорн. розточ.	2·600	141,612	550	144,280	145,670		
Напівчистов. е. розточ.	2·200	143,632	137,5	144,680	145,470	0,460	0,432
Чистов. розточ.	2·100	144,271	45,83	144,840	145,006	0,360	0,250
Тонке розточ.	2·55	144,989	27	145	145,036	0,30	0,16
Загальний припуск						1,41	1,12

Усі інші діаметральні розміри отримуємо за рахунок однократного свердління або розточування ($\varnothing 115$, М12-6Н) і тому не будемо визначати припуски на їх обробку.

2.10 Призначення режимів різання

Визначення режимів різання здійснюємо, використовуючи [1, 15]. На прикладі покажемо вибір режимів різання для поверхні М12-6Н, для всіх інших поверхонь вибрані значення зведемо у таблицю 2.22.

Операція 015. Комбінована з ЧПК.

Модель верстата – 2Р135Ф2

Ескіз механічної обробки див. табл. 2.10.

Свердли 4 отвори М12-6Н:

Ріжучий інструмент: Свердло спіральне ГОСТ 10903-77;

$2\varphi=118^\circ$; $\alpha=11^\circ$. Форма загострення – Н.

Глибина різання складає:

$$t=d/2=12/2=6 \text{ (мм.)}$$

Назначаємо подачу для HB<240

Глибина свердління:

$$l/d=19/12<7; K_1=1,58$$

$$S_0=S_{\text{таб}} \cdot K_1=0,25 \cdot 1,58=0,4 \text{ мм/об.}$$

Корегуючи по паспорту верстата, приймаємо $S_0=0,4$ мм/об.

Назначаємо період стійкості свердла. В налазці 2 інструмента, $T=25$ хв.

Допустимий знос:

$$h_3=0,3-0,45 \text{ мм.}$$

Визначаємо швидкість різання, допустиму ріжучими властивостями інструмента, $V_{\text{таб}}=22$ мм/хв., $K_{1v}=1,3$.

$$V=V_{\text{таб}} \cdot K_{1v}=22 \cdot 1,3=28,6 \text{ (м/хв.)}$$

Частота обертання складає:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 28,6}{3,14 \cdot 12} = 759 \text{ (об/хв.)}$$

Згідно паспортних даних приймаємо $n=759$ об/хв.

Визначаємо потужність різання при заданих режимах різання $N_{\text{таб}}=1,5$ кВт.

Ефективна потужність на шпинделі верстата складає

$$N_v=N_{\text{дв}} \cdot \eta=7,5 \cdot 0,8=6 \text{ кВт; } N_v > N_{\text{таб}}; \text{ умови обробки по потужності виконуються.}$$

Основний (маршрутний) час, складає:

$$T=L /s \cdot n =17/759 \cdot 0,2=0,12(\text{хв.}),$$

де $L=l_n+l_n =2+15=17$ мм.

Для 4 отворів $T_4=T \cdot 4=0,14 \cdot 4=0,56$ хв. Всі отримані дані зводимо до таблиці 2.20, де розміщуємо величини режимів різання і на інші конструкторські бази й кріпильні поверхні, що вибираємо аналогічним способом.

Таблиця 2.20 – Режими різання на усі операції

	Операції та переходи	t, мм	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв
1	2	3	4	5	6
Операція 005					
2	Точити торець 1 попередньо	2	0,2	800	140
3	Точити фаску 2	2	0,2	800	140
4	Розточити отвори 3 та 4	2	0,2	630	140
5	Точити торець 5 попередньо	2	0,2	600	140
6	Розточити отвір 6	0,2	0,16	800	140
7	Точити торець 7 однократно	2	0,2	600	140
8	Розточити отвори 3 та 4 попередньо	1,5	0,16	800	140
9	Розточити фаску 8 однократно	2	0,2	630	140
10	Розточити отвір 3 попередньо	0,8	0,16	800	140
11	Точити фаску 9 однократно,	2	0,2	630	140
12	Розточити отвір 4 попередньо з підрізанням торця 7 остаточно	0,8	0,16	800	140
13	Розточити канавку 10 однократно	3,6	0,2	800	140
14	Розточити отвори 3 та 4 остаточно	0,75	0,2	800	140
Операція 010					
2	Точити поверхні 1, 2, 3 попередньо	2	0,16	800	140
3	Точити поверхню 1 остаточно,	0,8	0,3	630	140
4	Точити фаску 4 однократно	2	0,2	800	140
5	Точити поверхню 2 попередньо	1,5	0,2	800	140
6	Точити поверхню 3 остаточно	0,8	0,2	800	140
7	Точити поверхню 2 остаточно	0,8	0,16	800	140
8	Розточити отвори 5 та 6,	0,2	0,2	800	140
9	Розточити фаски 7, 8	2	0,2	800	140
10	Нарізати різь 9	0,8	0,2	800	140

Продовження таблиці 2.20

1	2	3	4	5	6
Операція 015					
2	Центрувати 4 отвори 1	2,5	0,16	800	140
3	Свердлити 4 отвори 1 однократно	5,25	0,16	800	140
4	Зенкувати 4 фаски 2	4	0,2	500	120
5	Нарізати різь 3	0,75	0,2	200	80
Операція 020					
2	Центрувати отвор 1	2,5	0,16	800	140
3	Свердлити отвор 1 однократно	5,25	0,16	800	140
4	Зенкувати фаску 2	4	0,2	500	120
5	Нарізати різь 3	0,75	0,2	200	80

2.11 Визначення технічних норм часу

Для операції 005 детально визначимо норми часу.

Штучно-калькуляційний час [1, 15]:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт}, [\text{хв}] \quad (2.30)$$

де $T_{п-з}$ – підготовчо-заклучний час, згідно [1, 15] – час на налагодження верстату та на додаткові прийоми $T_{п-з} = 14$ хв.;

n – кількість деталей в наступній партії, що рівне визначасмо за формулою:

$$n = \frac{N \cdot t}{\Phi} [\text{шт.}], \quad (2.31)$$

де $N = 2000$ шт. – річна програма випуску деталей;

$\Phi = 250$ дні – кількість робочих днів в року;

$t = 12$ днів – кількість днів запасу деталей на складі;

$$n = \frac{2000 \cdot 12}{250} = 96 .$$

Приймаємо 96 заготовок.

$T_{шт}$ – норма штучного часу, що визначається за формулою:

$$T_{шт} = T_0 + T_a + T_{об} + T_{опт}, [\text{хв}] \quad (2.32)$$

де T_0 – основний час:

$$T_0 = \sum_{i=1}^n T_{o_i} = \sum_{i=1}^n \frac{L_i \times k_i}{n_i \times S_i}, [\text{хв}] \quad (2.33)$$

де L_i – шлях інструмента на робочій подачі;

k_i – кількість переходів;

n_i – частота обертання;

S_i – подача.

$$T_0 = \frac{172 \cdot 2}{800 \cdot 0,2} + \frac{2 \times 1}{800 \times 0,2} + \frac{42 \times 4}{630 \times 0,2} + \frac{145 \times 2}{600 \times 0,2} + \frac{115 \times 1}{600 \times 0,2} + \frac{2 \times 1}{630 \times 0,2} = 6,84 (\text{хв.});$$

T_a – допоміжний час, що можна знайти за формулою:

$$T_a = T_{y.c} + T_{z.o} + T_{yn} + T_{из}, \quad (2.34)$$

де $T_{y.c}$ – час на встановлення та зняття деталі, що рівний 0,27 хв.;

$T_{z.o}$ – час на закріплення і розкріплення деталі, що рівний 0,2 хв.;

T_{yn} – час на прийоми управління, що рівний 0,2 хв.;

$T_{из}$ – час на вимірювання деталі, що рівний 0,3 хв.;

$$\text{Тоді } T_a = 0,25 + 0,2 + 0,2 + 0,3 = 0,95 \text{ хв.};$$

$T_{об}$ – час на обслуговування робочого місця, що визначається за формулою:

$$T_{об} = 7\% \cdot (T_o + T_e) = 0,07 \cdot (4,426 + 0,95) = 0,38 \text{ хв};$$

$T_{от}$ – час на відпочинок і особисті потреби робітника:

$$T_{от} = 5\% \cdot (T_o + T_e) = 0,05 \cdot (4,426 + 0,95) = 0,27 \text{ хв};$$

Тоді матимемо наступне значення штучного часу:

$$T_{шт} = 6,84 + 0,95 + 0,38 + 0,27 = 8,44 \text{ хв};$$

Штучно-калькуляційний час матиме значення:

$$T_{шт-к} = \frac{14}{10} + 8,44 = 9,84 \text{ (хв.)}$$

Визначаємо фактичне значення коефіцієнта ϕ_k :

$$\phi_k = \frac{T_{шт-к}}{T_o} = \frac{9,84}{6,84} = 1,44 .$$

Загальний час на обробку деталі становитиме:

$$T_{заг} = 8,44 + 7,22 + 2,13 + 1,37 = 19,16 \text{ (хв.)}$$

Результати розрахунку норм часу для інших операцій заносимо до таблиці 2.21.

Таблиця 2.21 – Зведена таблиця технічних норм часу

Номер операції	005	010	015	020
T_o (хв)	6,84	4,196	0,838	0,16
$T_{шт}$ (хв)	8,44	7,22	2,13	1,37

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ТОЧНІСТЬ ТОНКОГО РОЗТОЧУВАННЯ ГОЛОВНОГО ОТВОРУ В ЗАГОТОВЦІ ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ» НА ТОКАРНО- РЕВОЛЬВЕРНОМУ ВЕРСТАТІ З ЧПК

3.1 Постановка мети дослідження

Обробка партії заготовок деталей на настроєному на необхідний розмір верстаті вважається задовільною, якщо забезпечується виконання співвідношення

$$\varepsilon_{\Sigma} \leq T, \quad (3.1)$$

де ε_{Σ} – поле розсіювання дійсних розмірів, отриманих в результаті механічної обробки партії заготовок (сумарна похибка обробки);

T – допуск технологічного розміру.

Вплив реальних технологічних факторів, які мають місце під час виконання певної операції механічної обробки, не дозволяє з достатньою вірогідністю спрогнозувати забезпечувані показники точності. У навчальному процесі під час проектування машинобудівних технологічних процесів і в реальних виробничих умовах часто використовують таблиці точності обробки, які є в довідниковій літературі, наприклад, у [9]. Для поширених способів обробки ці таблиці містять орієнтовні дані стосовно досяжних показників точності. Тому, на думку автора цієї роботи, порівняння показників точності механічної обробки, визначених за згаданими нормативними таблицями, і визначеними розрахунками з урахуванням конкретних виробничих умов має певний практичний інтерес.

Мета дослідження – виявлення рівнів впливу елементарних похибок на сумарну похибку обробки і порівняння величини цієї похибки з табличними (нормативними) значеннями показників точності, які забезпечуються викінчувальною обробкою.

3.2 Результати досліджень

Дослідження виконувалось на прикладі однієї з операцій (токарно-револьверної с ЧПК) технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ГПМ 01.025.004» в умовах серійного виробництва. Операційний ескіз показано на рис. 3.1. Розглядалась остаточна обробка (тонке розточування) отвору $\varnothing 150H7(+0,04)$ мм.

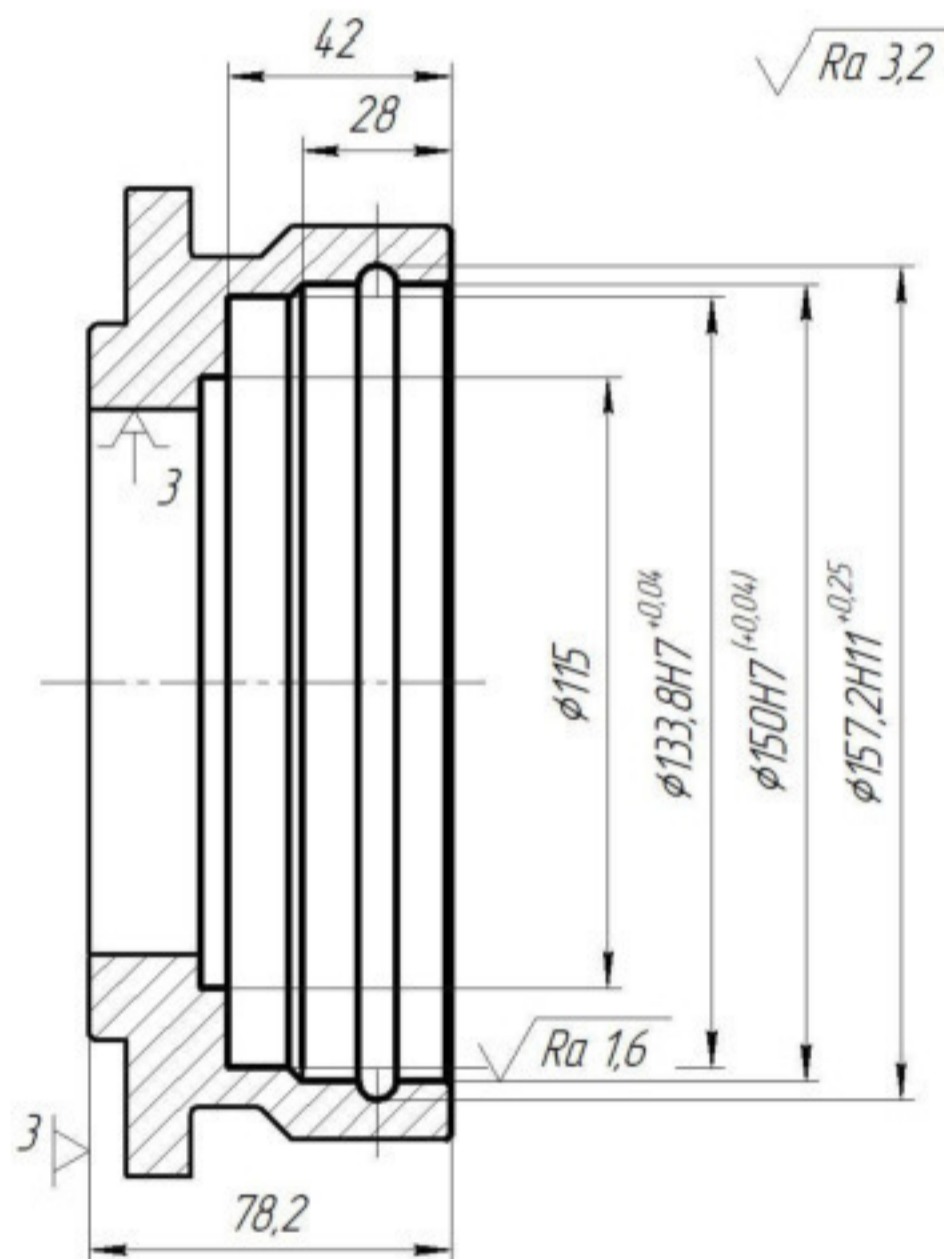


Рисунок 3.1 – Ескіз обробки

Прийнято, що обробка здійснюється за таких технологічних умов:

- тонкому розточуванні передують чистове розточування, яке забезпечує точність діаметрального розміру за $IT9$ (для заданого номінального діаметрального розміру, величина допуску складе 100 мкм);
- партія заготовок обробляється на настроєному верстаті;

- для настроювання інструмента на розмір обробки використовується спосіб пробних заготовок;

- для різальної частини різця використовується вставка з НТМ – кубічного нітриду бора «Композит 10»;

- матеріал деталі і заготовки – СЧ20.

Вважалось, що токарно-револьверному верстаті з ЧПК 1П420ПФ30 з одного установа буде виконуватись як попереднє (чистове), так і остаточне (тонке) розточування головного отвору для отримання розміру $\varnothing 150H7(+0,04)$ мм.

Згідно з [7], для діаметральних розмірів циліндричних поверхонь, отримуваних остаточною обробкою на токарних верстатах з ЧПК, сумарну похибку можна визначити за формулою

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{2}{K} \sqrt{(K_1 \varepsilon_{\text{цл}})^2 + (K_2 \varepsilon_{\text{н}})^2 + (K_3 \varepsilon_{\text{н.р.г.}})^2 + (K_4 \varepsilon_{\text{i}})^2 + (K_5 \varepsilon_{\text{в}})^2 + (K_6 \varepsilon_{\text{т}})^2} \text{ [мкм]}, \quad (3.2)$$

де $\varepsilon_{\text{цл}}$ – похибка, що замовлена нежорсткістю технологічної системи;

$\varepsilon_{\text{н}}$ – похибка настроювання інструмента (різця) на розмір обробки;

$\varepsilon_{\text{н.р.г.}}$ – похибка позиціювання поперечного супорта (по осі X);

ε_{i} – похибка, зумовлена розмірним зносом різця;

$\varepsilon_{\text{в}}$ – похибка, зумовлена геометричною неточністю верстата;

$\varepsilon_{\text{т}}$ – похибка, що зумовлена тепловими деформаційними зміщеннями елементів технологічної системи.

$\frac{1}{K}$ – коефіцієнт, що залежить від бажаної гарантованої імовірності роботи без браку;

$K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$, – коефіцієнти, значення яких визначаються характером законів розподілу відповідних елементарних похибок.

Прийнято, що $\frac{1}{K} = 1$. Це відповідає гарантованій імовірності 0,9973 роботи без браку. Прийнято також, що похибки $\varepsilon_{\text{цл}}, \varepsilon_{\text{н}}, \varepsilon_{\text{н.р.г.}}$ є випадковими похибками, і

тому $K_1 = K_2 = K_3 = 1$, а похибки ε_i , ε_B , і ε_T – систематичними і тому $K_4 = K_5 = K_6 = 1,73$.

Визначимо елементарні похибки і сумарну похибку обробки отвору $\varnothing 150H7(+0,040)$ мм, що виникають в результаті тонким розточуванням на токарно-револьверному верстаті з ЧПК моделі 1П420ПФ30 високої точності. Згідно з паспортними даними дискрета (найменше програмоване розмірне переміщення у напрямі осі) X у цього верстата складає 0,001 мм.

Послідовно визначено елементарні похибки обробки. Величини усіх елементарних похибок визначались на радіус (на сторону), а величина сумарної похибки – на діаметр.

Похибку, що замовлена нежорсткістю технологічної системи визначено за формулою

$$\varepsilon_{\text{пц}} = \omega_{\Sigma} (P_{y_{\text{max}}} - P_{y_{\text{min}}}) \text{ [мкм]}, \quad (3.3)$$

де ω_{Σ} – податливість технологічної системи, яка враховує у даному випадку податливості заготовки, елементів верстата та різця;

$P_{y_{\text{max}}}$ і $P_{y_{\text{min}}}$ – відповідно найбільша і найменша величина складової сили різання, що діє у напрямі нормалі до оброблюваної поверхні.

На операції, що розглядається, заготовка закріплюється у трикулачковому патроні, і тому сумарна податливість технологічної системи ω_{Σ} складатиме

$$\omega_{\Sigma} = \omega_{\text{п.б.}} + \omega_c + \omega_p + \omega_z \text{ [мкм/Н]}, \quad (3.4)$$

У формулі (3.4) враховані податливості передньої бабки, супорта, державки різця та заготовки.

На операції, що розглядається, використовується верстат з ЧПК високої точності і, відповідно, жорсткості, то згідно з [4] прийнято $\omega_{\text{п.б.}} = \omega_c = 0,018 \cdot \text{мкм/Н}$.

З урахуванням того, що розточувальний різець закріплений у гнізді револьверної головки консольно, то податливість його державки визначалась за формулою

$$\omega_p = \frac{L_p^3}{3E_p I_p} \text{ [мкм/Н]}, \quad (3.5)$$

де $E_p = 2 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$ – модуль пружності матеріалу сталевий державки різця;

I_p – момент інерції поперечного перетину державки різця;

$L_p = 50 \text{ мм}$ – відстань від торця револьверної головки до зони обробки.

Оскільки державка розточувального різця має циліндричну форму, то її момент інерції визначається за формулою

$$I_p = \frac{\pi D_p^4}{64} \text{ [мм}^4\text{]}, \quad (3.5)$$

де D_p – діаметр державки різця.

Кількісне значення моменту інерції поперечного перетину державки різця

$$I_p = \frac{3,14 \cdot 40^4}{64} = 0,126 \cdot 10^6 \text{ (мм}^4\text{)}.$$

Кількісне значення податливості різця

$$\omega_p = \frac{50^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,126 \cdot 10^6} = 0,2 \cdot 10^{-5} \text{ (мм/Н)} = 0,002 \text{ (мкм/Н)}.$$

Заготовка деталі досить жорстка і тому вважалось, що $\omega_c \approx 0$.

Отже, податливість технологічної системи становитиме

$$\omega_\Sigma = 0,018 + 0,018 + 0,002 = 0,038 \text{ (мкм/Н)}.$$

На зміну величини P_y впливатиме зміна припуску на тонке розточування. Вважалося, що на переході, який розглядається, $t_{\max} = 0,19$ мм; $t_{\min} = 0,1$ мм. Силу P_y можна знайти за формулою

$$P_y = 10 C_{P_y} t^x s^y v^n k_{P_y} \text{ [Н]}. \quad (3.6)$$

де $C_{P_y} = 54$; $x = 0,9$; $y = 0,75$; $n = 0$; $k_{P_y} = 1$ – коефіцієнти і показники степеня;

$v = 200$ м/хв. – швидкість різання;

$s = 0,07$ мм/об – подача;

t – глибина різання, мм.

Для прийнятих технологічних умов отримано: $P_{y_{\max}} = 28$ Н; $P_{y_{\min}} = 15$ Н.

Визначена за формулою (3.3) величина $\varepsilon_{\text{пл}}$ склала ≈ 1 мкм.

Похибку настроєння $\varepsilon_{\text{н}}$ визначалась за формулою [2]

$$\varepsilon_{\text{н}} = K_1 \sqrt{\varepsilon_{\text{р}}^2 + \left(\frac{\varepsilon_{\text{вм}}}{2}\right)^2 + \varepsilon_{\text{зм}}^2} \text{ [мкм]}, \quad (3.7)$$

де $\varepsilon_{\text{р}}$ – похибка регулювання положення різця;

$\varepsilon_{\text{вм}}$ – похибка вимірювання розміру деталі;

$\varepsilon_{\text{зм}}$ – випадкова похибка, що спричиняється можливим зміщенням центра групування (математичним сподіванням) дійсних розмірів пробних заготовок відносно середини поля розсіювання;

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує відхилення законів розподілу похибок $\varepsilon_{\text{р}}$, $\varepsilon_{\text{вм}}$ і $\varepsilon_{\text{зм}}$ від нормального закону розподілу.

Згідно з [7], приймемо, що для верстата з ЧПК $\varepsilon_{\text{р}}$ дорівнює двом дискретам.

Отже приймемо, що $\varepsilon_{\text{р}} = 2$ мкм. Похибка вимірювання $\varepsilon_{\text{вм}} = 1$ мкм (вимірювання

пробних заготовок здійснюється за допомогою нутроміра з індикатором годинникового типу з ціною поділки 1 мкм). Згідно з [5],

$$\varepsilon_{зм} = \frac{\varepsilon_{ш}}{\sqrt{m}} = \frac{1}{\sqrt{5}} \approx 1 \text{ (мкм)}.$$

Отже

$$\varepsilon_{ш} = 1,2 \sqrt{2^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 + 1^2} = 3 \text{ (мкм)}.$$

В токарно-револьверного верстата з ЧПК виникає похибка позиціювання $\varepsilon_{п.р.г.}$ після завершення повороту револьверної головки і позиціювання її по осі X для встановлення різця у початкову точку. Згідно з [7] для верстатів класу точності В ця похибка складає 6...8 мкм. Прийнято, що $\varepsilon_{п.р.г.} = 7$ мкм.

Проаналізуємо вплив на точність обробки похибки, що спричиняється розмірним зносом різця.

Спочатку розрахуємо похибку ε_{i_1} , що виникає через розмірний знос різця в процесі тонкого розточування отвору в одній заготовці за формулою.

$$\varepsilon_{i_1} = \frac{L_1 u_o}{1000} \text{ [мкм]}, \quad (3.8)$$

де L – довжина шляху, який проходить вершина розточувального різця під час обробки однієї заготовки;

$u_o = 2,5$ мкм/км – відносний знос різця, оснащеного пластиною з Композиту 10.

З урахуванням того, що подача під час тонкого розточування складає 0,07 мм/об, величина шляху різання L_1 складе

$$L_1 = \frac{\pi D l}{1000 \cdot s} + = \frac{3,14 \cdot 150 \cdot 28}{1000 \cdot 0,07} = 189 \text{ (м)}.$$

Отже,

$$\varepsilon_{i_1} = \frac{189}{1000} \cdot 2,5 = 0,47 \text{ (мкм)}.$$

Вважатимемо, що система ЧПК верстата повинна виконувати автоматичну корекцію вершини різця після обробки $N = 10$ заготовок. За такої умови похибка, що виникає через розмірний знос складе

$$\varepsilon_{i_N} = \varepsilon_{i_1} N = 0,47 \times 10 = 5 \text{ (мкм)}.$$

Відповідно, приймемо, що $\varepsilon_3 = 5$ мкм.

Слід зазначити, в реальних умовах виробництва, ця результат може бути уточнений з урахуванням конкретних технологічних умов

Визначимо кількість заготовок, яка може бути оброблена за період стійкості різця за шорсткістю обробленої поверхні. Згідно з [4], шлях, який проходить різець за період стійкості, складає $L_{\text{см}} = 40000$ м.

Кількість заготовок, яка може бути оброблена за період стійкості різця за шорсткістю обробленої поверхні, складе

$$N = \frac{L_{\text{см}}}{L_1} = \frac{40000}{189} = 211 \text{ (шт.)}$$

З отриманого результату випливає, що даних технологічних умов без переточування різця можуть бути оброблені 5 партій заготовок деталей (кожна – по 42 шт.)

Визначимо похибку, що може виникати через можливу непаралельність руху поздовжнього супорта відносно осі обертання шпинделя (геометричною неточністю верстата ($\varepsilon_{\text{в}}$)). Згідно з [2],

$$\varepsilon_{\text{в}} = L_{\text{б}} C / l, \quad (3.9)$$

де C – допустиме відхилення від паралельності між напрямом руху поздовжнього супорта і віссю обертання шпинделя на базовій довжині $L_{\text{б}}$;

l – довжина оброблюваної поверхні.

Відповідно до [4], для токарних верстатів класу точності В на базовій довжині 250 мм величина C складає 3 мкм.

З урахуванням того, що $l = 28$ мм, визначена за формулою (3.8) величина $\varepsilon_{\text{в}}$ склала ≈ 1 мкм.

Згідно з [2], похибка, що спричиняється тепловими деформаціями технологічної системи ($\varepsilon_{\text{т}}$) для лезової обробки складає близько 10% від суми інших похибок, тобто

$$\varepsilon_{\text{т}} = 0,1(1 + 3 + 7 + 5 + 1) = 2 \text{ (мкм)}.$$

За формулою (3.2) визначимо сумарну похибку обробки

$$\varepsilon_{\Sigma} = 2\sqrt{1^2 + 3^2 + 7^2 + (1,73 \cdot 5)^2 + (1,73 \cdot 1)^2 + (1,73 \cdot 2)^2} = 25 \text{ (мкм)}.$$

Отримане значення ε_{Σ} (поле розсіювання розміру складає 25 мм) свідчить, що заданий допуск (40 мкм) на переході тонкого розточування буде надійно забезпечуватися. Співвідношення полів елементарних похибок і сумарної похибки показано на діаграмі (рис. 3.2).

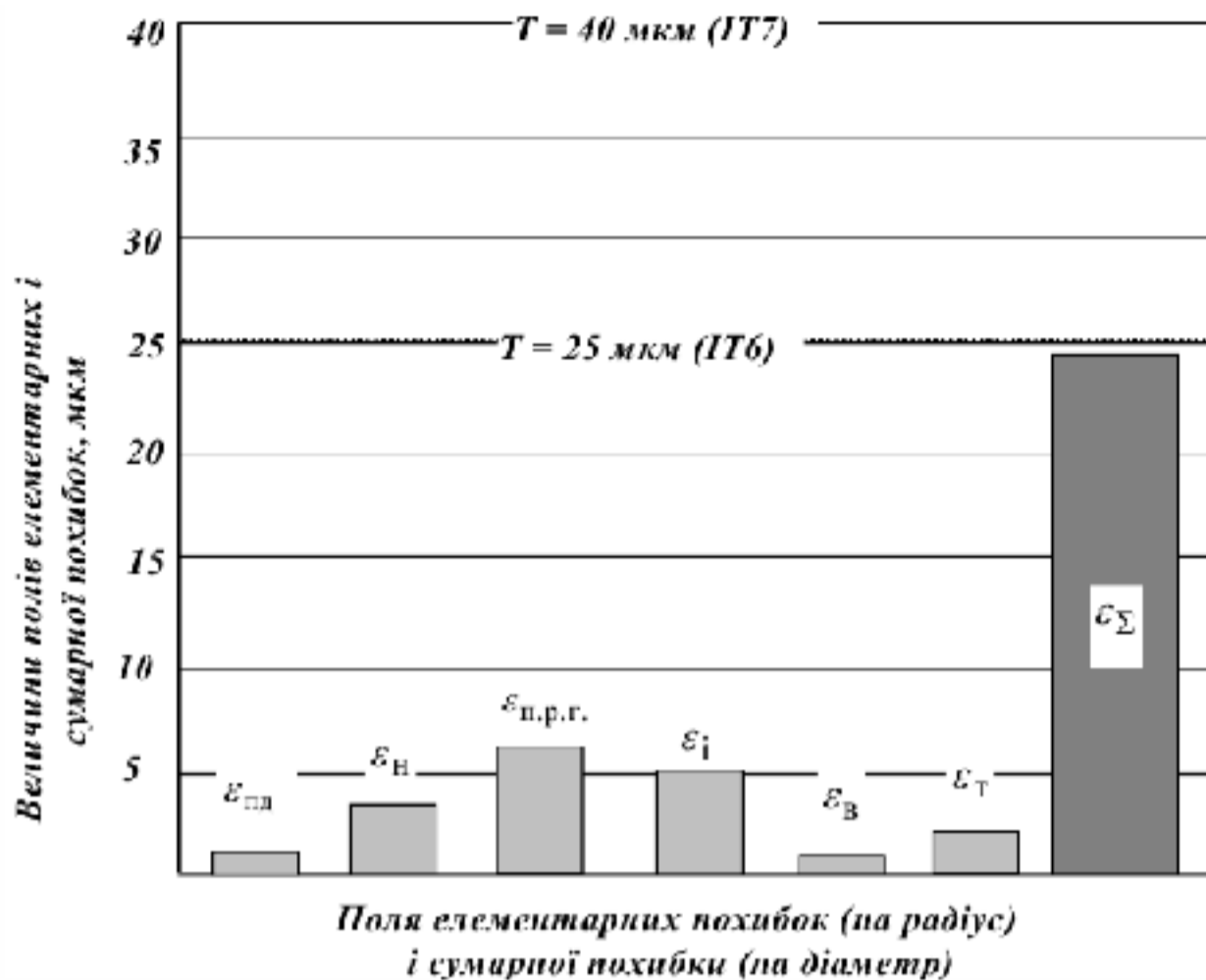


Рисунок 3.2 – Поля елементарних похибок і сумарної похибки

3.3 Висновки

1. Виконано дослідження рівня впливу технологічних факторів, що забезпечуються тонким розточуванням на токарно-револьверному верстаті з ЧПК високої точності, на прикладі механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець».

2. З результатів дослідження випливає, що за прийнятих технологічних умов на переході тонкого розточування можуть забезпечуватись як 6, так і 7 квалітети точності. Це узгоджується з даними таблиць точності обробки.

3. Найсуттєвіший вплив на точність обробки тонким розточуванням має похибка, що спричиняється неточністю повороту револьверної головки та її позиціюванням у напрямі осі X . Зменшення цієї похибки можливе лише завдяки використанню сучасніших верстатів високої точності.

4. На переході тонкого розточування за період стійкості різця за шорсткістю (40000 м) за прийнятих технологічних умов без переточування різця можуть бути оброблені 5 партій заготовок деталей (кожна – по 42 шт.).

4 РОЗРАХУНОК ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ ГМП 01.025.004»

4.1 Уточнення виробничої програми

Приведена програма [10]:

$$N_{\text{пр}} = N_1 \cdot K_{\text{пр}1} + N_2 \cdot K_{\text{пр}2} + \dots + N_i \cdot K_{\text{пр}i}, \text{ [шт.]} \quad (4.1)$$

$$K_{\text{пр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (4.2)$$

де N_1, N_2, \dots, N_i – програми випуску деталей представників;

K_1, K_2, K_3 – коефіцієнт приведення відповідно по масі, серійності та складності.

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{\text{пр}}}\right)^2}, \quad (4.3)$$

де m_i – маса i -ї деталі,

$m_{\text{пр}}$ – маса деталі-представника.

Коефіцієнти приведення по масі:

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{2,0}{3,4}\right)^2} = 0,7;$$

$$K_2 = \sqrt[3]{\left(\frac{7,2}{34}\right)^2} = 1,64$$

Коефіцієнт приведення по серійності:

$$K_2 = \left(\frac{N_{\text{ип}}}{N_i} \right)^\alpha, \quad (4.4)$$

де N – програма випуску деталі-представника;

N_i – програма випуску i -ї деталі;

α – показник степеню [10].

В даному випадкові отримаємо:

$$K_1 = \left(\frac{20000}{2000} \right)^{0.9} = 1,4;$$

$$K_6 = \left(\frac{200}{2000} \right)^{0.9} = 0,7$$

Коефіцієнт приведення по складності [10]:

$$K_3 = K_{31} \cdot K_{32} \quad (4.5)$$

$$K_{31} = \frac{(\overline{K_{\text{т1}}})^{\alpha_1}}{(\overline{K_{\text{т.ип.}}})^{\alpha_1}}, \quad (4.6)$$

$$K_{32} = \frac{(\overline{R_{\text{д}}})^{\alpha_2}}{(\overline{R_{\text{д.ип.}}})^{\alpha_2}}, \quad (4.7)$$

Тоді:

$$K_{31} = \frac{(7 \cdot 4 + 9 \cdot 2 + 10 \cdot 1 + 12 \cdot 2 + 14 \cdot 38)^{0.9}}{4 + 2 + 1 + 2 + 38} = 1,38;$$

$$K_{32} = \frac{(7 \cdot 1 + 8 \cdot 2 + 9 \cdot 2 + 10 \cdot 3 + 12 \cdot 4 + 14 \cdot 8)^{0.9}}{1 + 2 + 2 + 3 + 4 + 8} = 1,47.$$

$$K_{31} = \frac{(1,25 \cdot 5 + 3,2 \cdot 2 + 12,5 \cdot 4 + 25 \cdot 5)^{0.9}}{5 + 2 + 4 + 5} = 1,04;$$

$$K_{32} = \frac{(1,2 \cdot 3 + 3,2 \cdot 4 + 12,5 \cdot 3 + 25 \cdot 2)^{0.9}}{3 + 4 + 3 + 2} = 0,94.$$

Значення K_3 для кожної деталі:

$$K_{31} = 1,38 \cdot 1,04 = 1,43;$$

$$K_{32} = 1,47 \cdot 0,94 = 1,38.$$

Коефіцієнт приведення складає:

$$K_{пр1} = 0,7 \cdot 1,4 \cdot 1,43 = 1,4;$$

$$K_{пр2} = 2,1 \cdot 0,7 \cdot 1,38 = 2,02;$$

На основі вище приведених розрахунків приведена програма становитиме:

$$N_{пр} = 2000 \cdot 1,0 + 20000 \cdot 1,4 + 200 \cdot 2,02 = 30404 \text{ (шт.)}.$$

Результати розрахунку приведеної програми показано в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Значення показників точності та шорсткості

Деталі	Маса, кг	Програма, шт.	Квалітет									
			Шорсткість поверхонь, мкм									
Кришка передня ГМП 01.025.004 (розрахунковий представник)	3,4	2000	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			0	0	3	0	0	0	3	1	0	15
			0,8	0,16	0,32	0,63	1,2	1,6	3,2	6,3	12,5	25
			1	0	0	0	0	2	4	2	9	0
Деталь 1	2,0	20000	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			0	0	0	2	4	0	0	6	0	12
			0,08	0,16	0,32	0,63	0,8	1,25	1,6	3,2	6,3	12,5
			0	0	2	0	0	0	0	4	2	12
Деталь 2	7,2	200	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			0	0	3	0	0	0	0	0	0	41
			0,08	0,16	0,32	0,63	1,2	1,6	2,5	6,3	12,5	25
			0	0	2	0	0	0	0	4	21	12

4.2 Визначення кількості верстатів, коефіцієнтів завантаження та використання за основним часом

Кількість верстатів визначається за формулою [10]:

$$C_p = T_{\text{пр}} / (\Phi_d), [\text{шт.}] \quad (4.8)$$

де $T_{\text{пр}}$ – сумарна трудомісткість;

Φ_d – ефективний річний фонд часу роботи верстата.

Отже кількість верстатів для операцій складає:

$$C_{p005} = \frac{3051,6}{3890} = 0,78 \text{ (шт.)} \rightarrow 1 \text{ верстат,}$$

$$C_{p010} = \frac{3086,97}{3890} = 0,79 \text{ (шт.)} \rightarrow 1 \text{ верстат,}$$

$$C_{p015} = \frac{1076,2}{3890} = 0,28 \text{ (шт.)} \rightarrow 1 \text{ верстат,}$$

$$C_{p020} = \frac{692,17}{3890} = 0,17 \text{ (шт.)} \rightarrow 1 \text{ верстат.}$$

Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_z = \frac{C_p}{C_{\text{пр}}} \quad (4.9)$$

де C_p – кількість розрахункового обладнання;

$C_{\text{пр}}$ – кількість прийнятого обладнання.

Операція 005: $K_{z005} = 0,78/1 = 0,78$

Операція 010: $K_{z010} = 0,79/1 = 0,79$

Операція 015: $K_{z015} = 0,28/1 = 0,28$

Операція 020: $K_{z020} = 0,17/1 = 0,17$

Визначаємо коефіцієнт використання обладнання за основним часом:

$$\eta_o = \frac{t_{\text{осн.}}}{t_{\text{шт.к.}}} \quad (4.10)$$

де $t_{\text{осн}}$ – основний час;

$t_{\text{шт.к.}}$ – штучно-калькуляційний час

$$\text{Операція 005: } \eta_{o\ 005} = \frac{6,84}{8,44} = 0,81$$

$$\text{Операція 010: } \eta_{o\ 010} = \frac{4,196}{7,22} = 0,68$$

$$\text{Операція 015: } \eta_{o\ 015} = \frac{0,838}{2,13} = 0,39$$

$$\text{Операція 020: } \eta_{o\ 015} = \frac{0,16}{1,37} = 0,11.$$

Побудова графіків завантаження обладнання

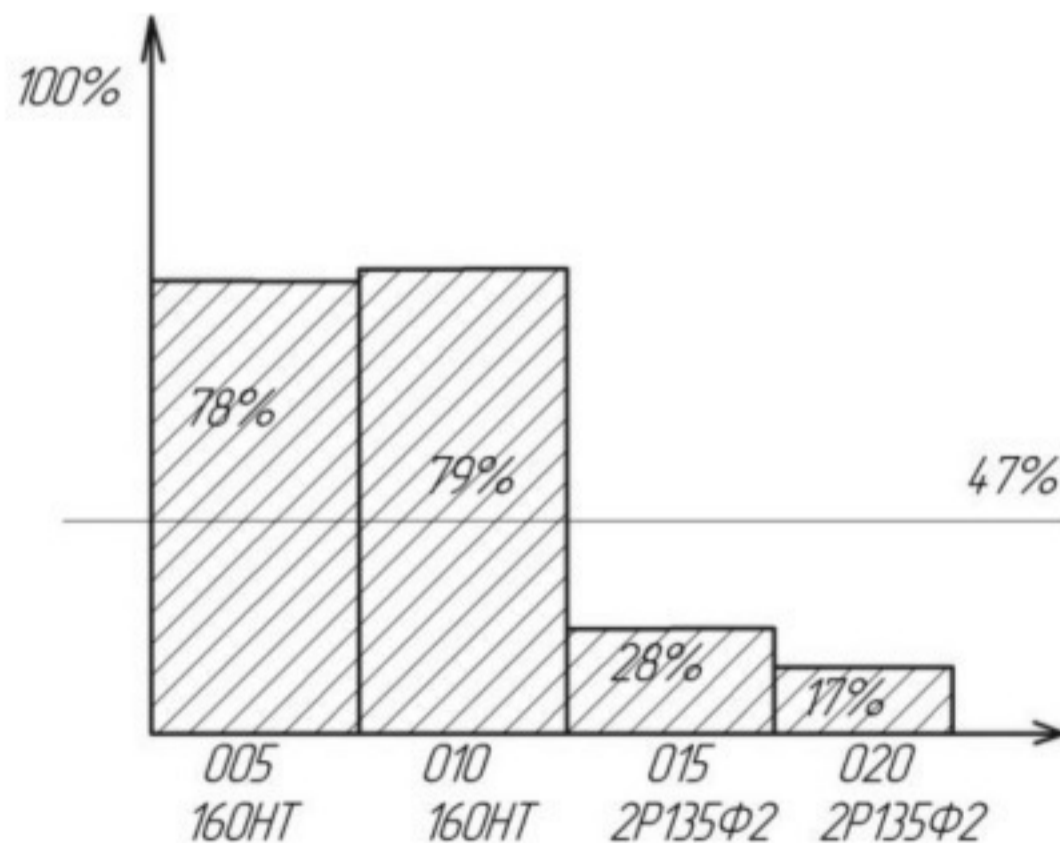


Рисунок 4.1 – Графік завантаження обладнання

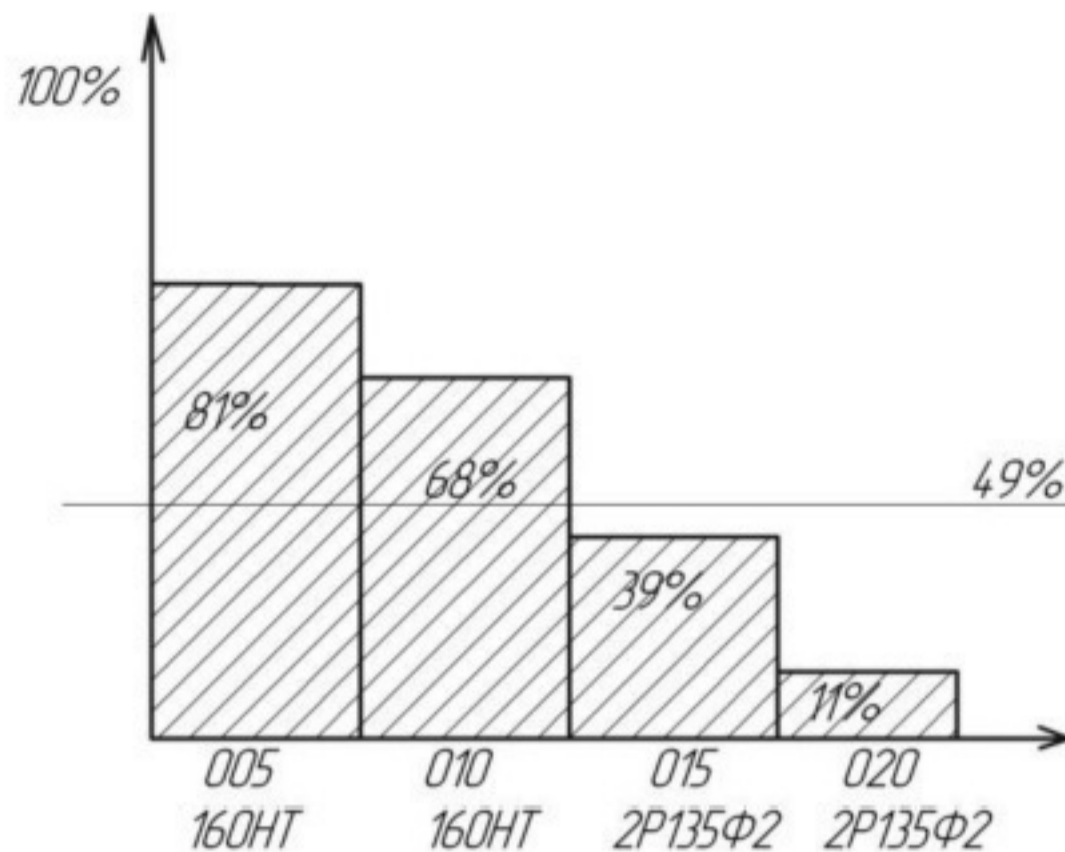


Рисунок 4.2 – Графік завантаження обладнання за основним часом

Побудовані графіки свідчать що, для того щоб коефіцієнти завантаження верстатів відповідали нормативним значенням (75-80 % для середньосерійного виробництва), потрібно на останніх двох операціях довантажити верстати іншими деталями схожої конфігурації.

4.3 Визначення кількості працівників на дільниці

Кількість основних робітників (верстатників) [10]:

$$P_{\text{верст.}} = \frac{T_{\text{шт.}} \cdot N}{\Phi_p \cdot K_m}, [\text{чол.}] \quad (4.11)$$

де $\Phi_p = 1820$ год. – дійсний річний фонд;

K_m – коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування.

$$P_{\text{верст. 005}} = \frac{8,44 \cdot 30314}{60 \cdot 1820 \cdot 2} = 1,17 ; \text{ приймаємо } 1 \text{ чол.}$$

$$P_{\text{верст. 010}} = \frac{7,22 \cdot 30314}{60 \cdot 1820 \cdot 2} = 1,0 ; \text{ приймаємо } 1 \text{ чол.}$$

$$P_{\text{верст. 015}} = \frac{2,13 \cdot 30314}{60 \cdot 1820 \cdot 2} = 0,29 ; \text{ приймаємо 1 чол.}$$

$$P_{\text{верст. 020}} = \frac{1,37 \cdot 30314}{60 \cdot 1820 \cdot 2} = 0,19 ; \text{ приймаємо 1 чол.}$$

Розраховуємо кількість допоміжних робітників:

$$P_{\text{доп}} = 4 \cdot 0,2 = 0,8 = 1 \text{ (чол.)}$$

Кількість ІТР:

$$P_{\text{ІТР}} = 4 \cdot 0,15 = 0,6 = 1 \text{ (чол.)}$$

Розраховуємо кількість службовців:

$$P_c = 4 \cdot 0,012 = 0,048 = 1 \text{ (чол.)}$$

Кількість МОП:

$$P_{\Sigma} = P_{\text{верст}} + P_{\text{доп}} + P_{\text{ІТР}} + P_c = 4 + 1 + 1 + 1 = 7 \text{ (чол.)}$$

$$P_{\text{МОП}} = 7 \cdot 0,01 = 0,07 \text{ приймаємо 1 чол.}$$

Працівники, що на даній ділянці механічної обробки завантажені не повністю, мають бути довантажені роботою на інших ділянцях.

**5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ТИПУ
«КРИШКА ПЕРЕДНЯ ГМП 01.025.004»**

5.1 Оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки

Технологічний аудит проводять з метою оцінки комерційного потенціалу розробки, яка була розроблена і створена в результаті науково-технічної діяльності.

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів, які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ма критеріями, наведеними в таблиці 5.1 [18].

Таблиця 5.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	«0»	«1»	«2»	«3»	«4»
1	2	3	4	5	6
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки потрібно звести в таблицю за зразком таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Експерти		
	Експерт № 1	Експерт № 2	Експерт № 3
	Бали, виставлені експертами:		
1	3	1	1
2	1	2	2
3	4	3	2
4	3	2	1
5	4	3	2
6	4	2	3
7	2	3	3
8	2	2	2
9	2	3	3
10	2	2	2
11	3	2	3
12	1	4	2
Сума балів	СБ ₁ = 31	СБ ₂ = 29	СБ ₃ = 26
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{31 + 29 + 26}{3} = 28,67$		

Згідно таблиці 5.2 розробка має рівень комерційного потенціалу середній.

Так як в даній розробці використовується стандартне обладнання, то всі дії можуть виконуватися на підприємстві.

Ринками збуту продукції можуть бути промислові регіони України.

Потенційними покупцями нового товару можуть бути малі та середні машинобудівні та ремонтні підприємства з дрібносерійним, серійним та великосерійним виробництвом, які мають на меті виготовляти деталі.

Так як дане інноваційне рішення проектується, розраховується і впроваджується лише на даному виробництві, то використовуватись воно буде лише на даному підприємстві.

Оцінювання рівня якості інноваційного рішення проводиться з метою порівняльного аналізу і визначення найбільш ефективного, з технічної точки зору, варіанту інженерного рішення.

В цій магістерській роботі під час оцінювання якості продукції доцільно визначати абсолютний і відносний її рівні.

Абсолютний рівень якості інноваційного товару знаходять обчисленням вибраних для його вимірювання показників, не порівнюючи їх із відповідними показниками аналогічних виробів. Для цього необхідно визначити зміст основних функцій, які повинні реалізовувати інноваційне рішення, вимоги замовника до нього, а також умови, які характеризують експлуатацію, визначають основні параметри, які будуть використані для розрахунку коефіцієнта технічного рівня виробу. Система параметрів, прийнята до розрахунків, повинна достатньо повно характеризувати споживчі властивості інноваційного товару (його призначення, надійність, економічне використання ресурсів, стандартизація тощо). Всі ці дані для кожного параметра заносимо до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Основні параметри інноваційного рішення

Параметри	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Кількість верстатів	9			40%
Кількість основних робітників	10			20%
Середній розряд робітників	8			10%
Середній коефіцієнт завантаження обладнання		7		15%
Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом		7		15%

Визначимо абсолютний рівень якості інноваційного рішення за формулою:

$$K_{\text{к.а.}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{п}} \cdot \alpha_i, \quad (5.1)$$

де P_{in} – числове значення i -го параметра інноваційного рішення; n – кількість параметрів інноваційного рішення, що прийняті для оцінювання; α_i – коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{s.a.} = 9 \cdot 0,4 + 10 \cdot 0,2 + 8 \cdot 0,1 + 7 \cdot 0,15 + 7 \cdot 0,15 = 8,5.$$

Визначимо відносний рівень якості окремих параметрів інноваційного рішення, порівнюючи його показники з абсолютними показниками якості аналогу (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Основні параметри інноваційного рішення та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	Новий (інноваційне рішення)		
Кількість верстатів, шт.	4	2	2,0	0,4
Кількість основних робітників, чол.	6	4	1,5	0,2
Середній розряд робітників	5	3	1,67	0,1
Середній коефіцієнт завантаження обладнання	0,39	0,47	1,21	0,15
Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом	0,41	0,49	1,2	0,15
Собівартість заготовки, грн.	80,62	72,18	-	-

Відносні (одиничні) показники якості з будь-якого параметра q_i , що занесено у відповідні колонки таблиці 5.3, визначаються за формулами:

$$q_i = \frac{P_{in}}{P_{si}}, \quad (5.2)$$

або

$$q_i = \frac{P_{bi}}{P_{ni}}, \quad (5.3)$$

де P_{ni} , P_{bi} – числові значення i -го параметра відповідно нового і базового виробів.

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

$$K_{к.к.} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (5.4)$$

$$K_{к.к.} = 2,0 \cdot 0,4 + 1,5 \cdot 0,2 + 1,67 \cdot 0,1 + 1,21 \cdot 0,15 + 1,2 \cdot 0,15 = 1,63.$$

Значення відносного показника якості інноваційного рішення більше одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару-конкурента.

Конкурентоспроможність продукції – це комплексна багатоаспектна характеристика товару, що визначає його переваги на ринку порівняно з аналогічними товарами-конкурентами як за ступенем відповідності конкретній потребі, так і за витратами на їх задоволення.

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими характеристиками для нашої інноваційної розробки є технічні параметри, а також економія підприємства на втратах від браку.

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення (K) з урахуванням вищезазначених груп показників можна визначити за формулою:

$$K = \frac{I_{т.п.}}{I_{е.п.}}, \quad (5.5)$$

де $I_{т.п.}$ – індекс технічних параметрів (відносний рівень якості інноваційного рішення); $I_{е.п.}$ – індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{e.n.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Het}}{\sum_{i=1}^n P_{Bet}}, \quad (5.6)$$

де P_{Het} , P_{Bet} – економічні параметри (ціна придбання та споживання товару) відповідно нового та базового товарів.

Якщо $K > 1$, то інноваційне рішення вважається більш конкурентоспроможним, ніж товар-конкурент, обраний за базу для порівняння; якщо $K < 1$, то рівень конкурентоспроможності інноваційного рішення є нижчим, ніж у товару-конкурента; якщо $K = 1$, то ця ситуація інтерпретується як тотожність рівнів конкурентоспроможності обох товарів.

Оскільки індекс технічних параметрів дорівнює відносному рівню якості нашого інноваційного продукту, то він буде рівним 1,63. За формулою (5.6) розрахуємо індекс економічних параметрів інноваційного рішення:

$$I_{e.n.} = \frac{80,62}{72,18} = 1,12 .$$

Тоді, користуючись формулою (5.5), розрахуємо загальний показник конкурентоспроможності:

$$K = \frac{1,63}{1,12} = 1,46 .$$

Оскільки $K > 1$, то запропонована нова технологія виготовлення деталі «Кришка передня ГМП 01.025.004» є більш доцільнішою і конкурентоспроможною, ніж базова.

5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004»

5.2.1 Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу

Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу K , складаються з відповідних витрат і розраховують за такою формулою [18]:

$$K = Z_o + Z_{доп} + Z_n + B_{буд} + B_{обл} + B_{пр} + B_{осн} + B_{инв} + B_{пр} + B_{м} + B_{оз} \text{ [грн.]}, \quad (5.7)$$

де Z_o – основна заробітна плата розробників, грн.;

$Z_{доп}$ – додаткова заробітна плата розробників, грн.;

Z_n – нарахування на заробітну плату розробників, грн.;

$B_{буд}$ – вартість будівлі, що її займає ділянка, грн.;

$B_{обл}$ – початкова вартість технологічного обладнання, грн.;

$B_{пр}$ – початкова вартість транспортних засобів, грн.;

$B_{осн}$ – початкова вартість інструменту, оснащення великої вартості, вимірювальних та регулювальних приладів, грн.;

$B_{инв}$ – вартість виробничого та господарчого інвентарю, грн.;

$B_{пр}$ – вартість програм управління, грн.;

B_m – передвиробничі витрати, грн.; $B_{оз}$ – вартість оборотних засобів, грн.

5.2.2 Основна заробітна плата розробників

Витрати на основну заробітну плату розробників (Z_o) розраховують за формулою:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p} \text{ [грн.]}, \quad (5.8)$$

де k – кількість посад розробників залучених до процесу досліджень;

$M_{\text{м}}$ – місячний посадовий оклад конкретного розробника, грн.;

t_i – число днів роботи конкретного розробника, грн.;

T_p – середнє число робочих днів в місяці, $T_p = 22$ дні.

Таблиця 5.5 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.	Прим.
Керівник проекту	18000	818,18	10	8181,82	
Інженер-технолог	15000	681,82	8	5454,55	
Інженер-конструктор	15000	681,82	8	5454,55	
Економіст	15000	681,82	8	5454,55	
Всього				z_o	24545,47

5.2.3 Додаткова заробітна плата розробників

Додаткова заробітна плата розраховується як 10...12% від основної заробітної плати розробників за формулою:

$$z_{\text{доп}} = H_{\text{доп}} \cdot z_o \text{ [грн.]}, \quad (5.9)$$

де $H_{\text{доп}}$ – норма нарахування додаткової заробітної плати.

$$z_{\text{доп}} = 0,1 \cdot 24545,47 = 2454,55 \text{ (грн.)}$$

5.2.4 Єдиний страховий внесок розробників (ЄСВ)

Єдиний страховий внесок розробників $z_{\text{н}}$ розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати розробників за формулою:

$$z_{\text{н}} = (z_o + z_{\text{доп}}) \cdot H_{\text{н}} \text{ [грн.]}, \quad (5.10)$$

де $H_{\text{ок}}$ – норма нарахування на заробітну плату розробників.

$$z_n = (24545,47 + 2454,55) \cdot 0,22 = 5940,0 \text{ (грн.)}$$

5.2.5 Вартість будівлі, що її займає дільниця

У нашому випадку не передбачається будівництво дільниці, тому ми розрахуємо вартість переобладнання існуючої дільниці. В цьому випадку можна обчислити витрати на переобладнання власних старих приміщень для облаштування удосконаленого технологічного процесу за формулою:

$$B_{\text{буд.}} = C_{\text{м}} \cdot S_{\text{мг}} \text{ [грн.],} \quad (5.11)$$

де $C_{\text{м}}$ – приблизна вартість переобладнання 1 м² власних приміщень ($C_{\text{м}} \approx 200 \dots 1000 \text{ грн./м}^2$);

$S_{\text{мг}}$ – загальна площа виробничої дільниці, м².

$$B_{\text{буд.}} = 600 \cdot 110 = 66000 \text{ (грн.)}$$

5.2.6 Початкова вартість технологічного обладнання

Балансову вартість нового обладнання розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{обз}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.і}} \cdot K_i \text{ [грн.],} \quad (5.12)$$

де C_i – ціна придбання одиниці обладнання даного виду, марки, грн.;

$C_{\text{пр.і}}$ – прийнята кількість одиниць обладнання відповідного найменування, які встановлені на дільниці, шт.;

K_i – коефіцієнт, що ураховує доставку, монтаж, налагодження обладнання тощо, ($K_i = 1,10 \dots 1,12$; для промислових роботів $K_i = 1,3 \dots 1,5$);

k – кількість найменувань обладнання встановленого на ділянці.

Таблиця 5.6 – Вартість обладнання

№	Найменування обладнання	Ціна, грн.	Кількість	K_i	Вартість, грн.
1	Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1П420ПФ30	550000	1	1,1	605000
2	Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 160НТ	600000	1	1,1	660000
3	Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК моделі 2Р135Ф2	150000	2	1,1	330000
Всього					1595000

Придбані верстати були в використанні.

Реалізуємо верстати, що були на базовій ділянці:

- 2 верстати 1П365 – $2 \cdot 110000 = 220000$ (грн.);
- 2 верстати 2Н135 – $2 \cdot 12000 = 240000$ (грн.);
- верстати 3А228 – 80000 грн.;
- верстати 3Б12 – 80000 грн.

Всього реалізовано верстатів на 620000 грн.

Отже, витрати на обладнання

$$V_{обл} = 1595000 - 620000 = 975000 \text{ (грн.)}$$

5.2.7 Початкова вартість транспортних засобів

Для організації технологічного процесу додаткові транспортні засоби не плануються, тому їх вартість розраховувати не будемо.

5.2.8 Початкова вартість інструменту, оснащення великої вартості, вимірювальних та регулювальних приладів

При укрупнених розрахунках витрати на інструмент і інше технологічне оснащення приймаються у відсотках від вартості основного технологічного

обладнання і складають у серійному виробництві загального машинобудування – 10...15%.

Вартість інструментів і технологічного оснащення ($B_{\text{мо}}$) розраховують за формулою:

$$B_{\text{мо}} = B_{\text{обл}} \cdot \frac{K_n}{100 \%} \text{ [грн.]}, \quad (5.13)$$

де $B_{\text{обл}}$ – балансова вартість обладнання, грн.;

K_n – нормативний відсоток витрат в залежності від типу виробництва;

$$B_{\text{мо}} = 975000 \cdot 0,10 = 97500 \text{ (грн.)}$$

Вартість оснастки великої вартості ($B_{\text{овв}}$) становить 20...30% вартості інструменту і технологічного оснащення, і розраховується за формулою:

$$B_{\text{овв}} = (0,2 \dots 0,3) \cdot B_{\text{мо}} \text{ [грн.]}; \quad (5.14)$$

$$B_{\text{овв}} = 97500 \cdot 0,25 = 24375 \text{ (грн.)}$$

Вартість контрольно-вимірювальних і регулювальних приладів ($B_{\text{квп}}$), не закріплених за окремими робочими місцями і обслуговуючих одночасно всю ділянку, встановлюють пропорційно вартості інструменту і технологічного оснащення в межах 6...12% та розраховують за формулою:

$$B_{\text{квп}} = (0,06 \dots 0,12) \cdot B_{\text{мо}} \text{ [грн.]}; \quad (5.15)$$

$$B_{\text{квп}} = 0,1 \cdot 97500 = 9750 \text{ (грн.)}$$

Загальна вартість інструменту, оснащення великої вартості, вимірювальних та регулювальних приладів ($B_{\text{осн}}$) визначається за формулою:

$$B_{ocn} = B_{шо} + B_{оде} + B_{кка} \text{ [грн.]}; \quad (5.16)$$

$$B_{ocn} = 97500 + 24375 + 9750 = 131625 \text{ (грн.)}$$

5.2.9 Вартість виробничого та господарчого інвентарю

Розрахунки не ведуться адже інвентар залишається той самий що і до удосконалення.

5.2.10 Вартість програм керування

Вартість програм керування для обладнання з ЧПК (B_{np}) становить 5...10% вартості додатково придбаного технологічного обладнання з ЧПУ і розраховується за формулою:

$$B_{np} = (0,05 \dots 0,1) \cdot B_{обз} \text{ [грн.]}; \quad (5.17)$$

$$B_{np} = 0,1 \cdot 975000 = 97500 \text{ (грн.)}$$

5.2.11 Величина передвиробничих витрат

Так як передвиробничі витрати – це частина одноразових (пускових) витрат, що пов'язані із підготовкою та освоєнням виробництва. В даному випадку вони не враховуються, так як виробництво існує і виконується його модернізація.

5.2.12 Величина оборотних засобів

Оборотні засоби – це сукупність оборотних фондів виробництва і фондів обігу, що беруть участь у виробничому процесі. В існуючому виробничому процесі вони є в наявності і тому при удосконаленні окремих операцій технологічного процесу дільниці вони можуть не враховуватися.

Отже, величина капітальних вкладень на удосконалення технологічного процесу складе:

$$\begin{aligned} K &= 24545,47 + 2454,55 + 5940 + 66000 + 975000 + 131625 + 97500 = \\ &= 1303065,02 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

5.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції

5.3.1 Сировина та матеріали

Для визначення потреби в матеріалах окрім їх номенклатури необхідно мати норми витрат матеріалів на одиницю продукції.

Вартість витрат на матеріал заготовки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004» складає 72,18 грн. (див. розділ 2).

5.3.2 Розрахунок витрат на силову електроенергію

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховують за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{ji} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{\text{амі}}}{\eta_i} \text{ [грн.],} \quad (5.18)$$

де W_{ji} – встановлена потужність обладнання на визначеній i -й технологічній операції, кВт;

t_i – тривалість роботи обладнання на визначеній i -й технологічній операції при виготовленні одного виробу, год.;

C_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, $C_e = 5,1$ грн.;

$K_{\text{амі}}$ – коефіцієнт, що враховує використання потужності на визначеній i -й технологічній операції, $K_{\text{амі}} < 1$;

η_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta_i = 0,96$.

Проведені розрахунки зведено до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Витрати на електроенергію

Операція, верстат	Встановлена потужність, кВт	Тривалість обробки, год.	Сума, грн.
005 Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1П420ПФ30	30	0,114	16,35
010 Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 160НТ	11	0,07	3,68
015, 020 Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК моделі 2Р135Ф2	3,7	0,014+0,003	0,3
Всього			Σ 20,3

5.3.3 Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників (z_p) за відповідними найменуваннями робіт розраховують за формулою:

$$z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i \text{ [грн.],} \quad (5.19)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн./год.;

t_i – час роботи робітника на визначеній i -й технологічній операції при виготовленні одного виробу, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_m} \text{ [грн.],} \quad (5.20)$$

де M_m – розмір мінімальної місячної заробітної плати, $M_m = 6700$ грн. (з 01.01.2023 р.);

K_i – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду;

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств машинобудування до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати;

T_p – середнє число робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 22$ дні;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

$$C = (6700 \cdot 1,35 \cdot 1,5) / (22 \cdot 8) = 77,09 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 5.8 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Операція, верстат	Тривалість операції, год.	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
005 Токарно-револьверний з ЧПК моделі 1П420ПФ30	0,114	3	1,35	77,09	8,79
010 Токарно-револьверний з ЧПК моделі 160НТ	0,07	3	1,35	77,09	5,4
015, 020 Вертикально-свердлильний з ЧПК моделі 2Р135Ф2	0,014+0,003	4	1,35	77,09	1,31
Всього					Σ 15,5

5.3.4 Додаткова заробітна плата робітників

Розраховується як 10...12% від основної заробітної плати робітників:

$$Z_{доп} = H_{доп} \cdot Z_p \text{ [грн.]}, \quad (5.21)$$

де $H_{доп}$ – норма нарахування додаткової заробітної плати.

$$Z_{доп} = 0,1 \cdot 15,5 = 1,55 \text{ (грн.)}$$

5.3.5 Єдиний страховий внесок робітників (ЄСВ)

Єдиний страховий внесок робітників z_n розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати виробничих робітників за формулою:

$$z_n = (z_o + z_{доп}) \cdot H_{zn} \text{ [грн.]}, \quad (5.22)$$

де H_{zn} – норма нарахування на заробітну плату робітників.

$$z_n = (15,5 + 1,55) \cdot 0,22 = 3,75 \text{ (грн.)}$$

5.3.6 Розрахунок загальновиробничих статей витрат

Величину загальновиробничих витрат розраховують за формулою:

$$B_{звг} = H_{звг} \cdot z_p \text{ [грн.]}; \quad (5.23)$$

$$B_{звг} = 2,5 \cdot 15,5 = 38,75 \text{ (грн.)}$$

Сума всіх калькуляційних статей витрат утворює виробничу собівартість виробу.

Таблиця 5.9 – Собівартість виготовлення виробу

Стаття витрат	Умовне позначення	Сума, грн.	Примітка
Витрати на матеріали на одиницю продукції, грн.	M	72,18	
Витрати на силову електроенергію, грн.	B_e	20,3	
Витрати на основну заробітну плату робітників, грн.	z_p	15,5	
Витрати на додаткову заробітну плату робітників, грн.	$z_{доп}$	1,55	
Витрати на єдиний соціальний внесок, грн.	z_n	3,75	
Загальновиробничі витрати, грн.	$B_{звг}$	38,75	
Всього	S_n	152,03	

5.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу

5.4.1 Нижня межа ціни

Ціна реалізації виробу розраховується за формулою:

$$C_{\text{нпр}} = S_v \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{w}{100}\right) \text{ [грн.]}, \quad (5.24)$$

де $C_{\text{нпр}}$ – нижня межа ціни реалізації виробу, грн.;

S_v – виробнича собівартість виробу, грн.;

P – нормативний рівень рентабельності, рекомендується приймати $P = 5 \dots 20\%$;

w – ставка податку на додану вартість, за станом на 01.12.2023 року, $w = 20\%$.

Необхідність врахування податку на додану вартість виникає у зв'язку з тим, що коли буде встановлюватись верхня межа ціни, а потім договірна ціна, то ціна базового виробу зазвичай містить цей податок.

$$C_{\text{нпр}} = 152,03 \cdot (1+0,2) \cdot (1+0,2) = 218,92 \text{ (грн.)}$$

5.4.2 Верхня межа ціни

Верхня межа ціни ($C_{\text{впр}}$) захищає інтереси споживача і визначається тією ціною, яку споживач готовий сплатити за продукцію з кращою споживчою якістю.

Параметри якості продукції закладено в конструкторській документації, тому, при удосконаленні технологічного процесу, якість кінцевого продукту не змінюється $C_{\text{впр}} = 218,92$ грн.

5.5 Розрахунок величини чистого прибутку

При удосконаленні технологічного процесу розрахунок величини чистого прибутку, який отримає виробник протягом одного року, розраховується за формулою:

$$\Pi = \left\{ \left[C_{\text{дог}} - \frac{(C_{\text{дог}} - M) \cdot f}{100} - S_v - \frac{q \cdot S_v}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{h}{100} \right] \right\} \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (5.25)$$

де $C_{\text{дог}}$ – договірна ціна реалізації виробу, грн.;

M – вартість матеріальних ресурсів, які були придбані виробником для виготовлення одиниці виробу, грн.;

S_v – виробнича собівартість виробу, грн.;

f – зустрічна ставка податку на додану вартість, $f = 16,67\%$;

h – ставка податку на прибуток, $h = 18\%$;

q – норматив, який визначає величину адміністративних витрат, витрат на збут та інші операційні витрати, $q = 5 \dots 10\%$;

N – число виробів, які планується реалізувати за рік, шт.

$$\begin{aligned} \Pi &= \left\{ \left[218,92 - \frac{(218,92 - 72,18) \cdot 16,67}{100} - 152,03 - \frac{10 \cdot 152,03}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{18}{100} \right] \right\} \cdot 30404 = \\ &= 678765,12 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

5.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення

При оцінці ефективності інноваційних проектів передбачається розрахунок таких важливих показників, як: чистий дисконтний дохід (інтегральний ефект); внутрішня норма дохідності (прибутковості); індекс прибутковості; термін окупності.

5.6.1 Розрахунок чистого дисконтного доходу

Дане удосконалення передбачає одноразові капітальні вкладення, тому NPV можна визначити за формулою:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{\Pi_t}{(1+d)^t} - K \text{ [грн.],} \quad (5.26)$$

де Π_t – прибуток отриманий від реалізації відповідної кількості нової продукції у t -му році функціонування проекту, грн.;

K – величина капітальних вкладень у розробку інноваційного рішення (проект), грн.;

d – норма дисконту, величина якої залежить від рівня ризику, рівня банківської ставки по вкладам, рівня інфляції;

n – термін протягом якого продукція реалізовуватиметься на ринку (термін функціонування проекту), років;

t – відповідний рік функціонування проекту, в якому очікується прибуток, грн.

$$\begin{aligned} NPV &= \frac{678765,12}{(1+0,2)^1} + \frac{678765,12}{(1+0,2)^2} + \frac{678765,12}{(1+0,2)^3} + \frac{678765,12}{(1+0,2)^4} - 1303065,02 = \\ &= 454077,71 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

Враховуючи, що $NPV > 0$, то проект можна рекомендувати до реалізації.

5.6.2 Розрахунок внутрішньої норми доходності

Мінімальне можливе значення внутрішньої норми доходності проекту IRR_{MIN} розраховується такою формулою:

$$IRR_{MIN} = \sqrt[n]{\frac{\sum_{t=1}^n (\Pi_t + A_t)}{K}} - 1, \quad (5.27)$$

де Π_t – прибуток отриманий від реалізації відповідної кількості нової продукції у t -му році функціонування проекту, грн.;

A_t – амортизаційні відрахування у t -му році функціонування проекту на обладнання, яке безпосередньо було використано для розробки інноваційного рішення, грн.;

K – величина капітальних вкладень у розробку інноваційного рішення (проект), грн.;

n – термін протягом якого продукція реалізовуватиметься на ринку (термін функціонування проекту), років;

t – відповідний рік функціонування проекту, в якому очікується прибуток, грн.

$$IRR_{MIN} = \sqrt[4]{\frac{678765,12 + 678765,12 + 678765,12 + 678765,12}{1303065,02}} - 1 = 0,2 .$$

5.6.3 Розрахунок терміну окупності

Термін окупності капітальних вкладень (або додаткових капітальних вкладень) розраховується за формулою:

$$T_o = \frac{\Delta K (K)}{\Pi} \text{ [років]}, \quad (5.28)$$

де K – величина капітальних вкладень для розробки нової технології грн.,

ΔK – величина додаткових капітальних вкладень для модернізації технології, грн.,

Π – прибуток, отриманий виробником за 1 рік продажу продукції, виробленої з застосуванням нового технологічного процесу, грн.

$$T_o = \frac{1303065,02}{678765,12} = 1,92 \text{ (року)}.$$

5.7 Висновки

В даному розділі визначено капітальні витрати на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004», які включають витрати на основну і додаткову заробітну плату розробників та робітників, амортизацію обладнання, витрати на електроенергію, матеріали тощо.

За результатами всіх розрахунків виявлено, що для впровадження удосконаленого технологічного процесу потрібно 1303065,02 грн. капітальних вкладень. Прибуток за рік виробника складе 678765,12 грн., термін окупності 1,92 року.

Отже, удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004» доцільне для впровадження.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Під час дослідження удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004» на працівника, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [19]: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищена та понижена температура повітря робочої зони; підвищений рівень шуму; підвищений рівень статичної електрики; підвищена напруженість електричного поля; недостатня освітленість повітря робочої зони; фізичні перевантаження (статичні); нервово-психічні перевантаження (перенапруга аналізаторів).

Відповідно до визначених факторів формуємо рекомендації щодо покращення умов праці на робочому місці.

6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

Робоче місце і взаємне розташування всіх його елементів повинне відповідати антропометричним, фізичним і психологічним вимогам. Велике значення має також характер роботи. Зокрема, при організації робочого місця проектувальника повинні бути дотримані наступні основні умови: оптимальне розміщення устаткування, що входить до складу робочого місця і достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи і переміщення [20].

Висота робочої поверхні столу для користувачів повинна регулюватися в межах 680-800 мм, при відсутності такої можливості висота робочої поверхні столу повинна бути 725 мм. Модульними розмірами робочої поверхні столу для ПК, на підставі яких повинні розраховуватися конструктивні розміри, слід вважати: ширину 800, 1200, 1400 мм, глибину 800 і 1000 мм при нерегульованій висоті, що дорівнює 725 мм. Робочий стіл повинен мати простір для ніг висотою не менше 600 мм, шириною – не менше 500 мм, глибиною на рівні колін - не менше 450 мм і на рівні простягнутої ноги – не менше 650 мм. Робочий стілець (крісло) повинен бути підйомно-поворотним і регульованим по висоті і кутам

нахилу сидіння і спинки, а також - відстані спинки до переднього краю сидіння. Робоче місце необхідно обладнати підставкою для ніг, має ширину не менше 300 мм, глибину не менше 400 мм, регулювання по висоті в межах до 150 мм і по куту нахилу опорної поверхні підставки до 20 градусів. Підставка повинна мати рифлену поверхню і бортик по передньому краю заввишки 10 мм. Клавіатуру слід розташовувати на поверхні столу на відстані 100-300 мм від краю, зверненого до користувача, або на спеціальній регульованій по висоті робочій поверхні, відокремленої від основної стільниці.

Електричний струм – являє собою прихований тип небезпеки, бо його важко визначити в токо- та неструмоведучих частинах устаткування, які є хорошими провідниками електрики. Смертельно небезпечним для життя людини вважають струм, величина якого перевищує 0,05 А, струм менше 0,05 А - безпечний (до 1000 В). З метою попередження уражень електричним струмом до роботи повинні допускатися тільки особи, що добре вивчили основні правила з безпеки виконання роботи.

Приміщення, де експлуатуються ПК, належать до приміщень без підвищеної небезпеки ураження людини електричним струмом. Вимоги електробезпеки і пожежної безпеки у приміщеннях, де встановлені ПК і все устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження роботи їх, електропроводи і кабелі мають відповідати електробезпеці зони та мати апаратуру захисту від струму короткого замикання.

Лінії електромережі ПК, у приміщенні виконана як окрема групова трипровідна мережа шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників (заземлення або занулення), причому площі перерізу нульового робочого і нульового захисного провідника повинні бути не менші за площу перерізу фазового провідника.

Відповідно до правил електробезпеки в службовому приміщенні повинен здійснюватись постійний контроль стану електропроводки, запобіжних щитів, шнурів, за допомогою яких включаються в електромережу комп'ютери, освітлювальні прилади, інші електроприлади. Електричні установки, до яких

відноситься практично все обладнання ПК, представляють для людини велику потенційну небезпеку, тому що в процесі експлуатації або проведенні профілактичних робіт людина може торкнутися частин, що знаходяться під напругою. Специфічна небезпека електроустановок - струмоведучі провідники, корпуси стійок ЕОМ і іншого устаткування, яка під напругою в результаті пошкодження (пробою) ізоляції, не подають будь-яких сигналів, які попереджають людину про небезпеку. Реакція людини на електричний струм виникає лише при протіканні останнього через тіло людини. Виключно важливе значення для запобігання електротравматизму має правильна організація обслуговування діючих електроустановок ВЦ, проведення ремонтних, монтажних і профілактичних робіт.

Оскільки в приміщенні використовується понад п'ять ПК, тому на помітному місці встановлено аварійний резервний вимикач, який в разі небезпеки повністю знеструмлює електричну мережу (крім освітлення). В такому випадку при використанні трипровідникового захищеного проводу або кабелю в оболонці з негорючого або важкогорючого матеріалу дозволено прокладати їх без металевих труб та гнучких металевих рукавів, що ми і спостерігаємо у приміщенні.

6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1 Мікроклімат

Згідно ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [22] мікроклімат виробничих приміщень – умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням шляхом конвекції, кондукції, теплового випромінювання та випаровування вологи. Ці умови визначаються поєднанням температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури оточуючих людину поверхонь та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) опромінення.

Мікроклімат виробничих приміщень нормується в залежності від теплових характеристик виробничого приміщення, категорії робіт по важкості і періоду року. Категорія виконуваних робіт під час проектування - 1а [23] (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Параметр мікроклімату	Величина
Холодний	Температура повітря в приміщенні	21 ... 25 ° С
	Відносна вологість	40 ... 60%
	Швидкість руху повітря	до 0,1 м / с
Теплий	Температура повітря в приміщенні	22 ... 28 ° С
	Відносна вологість	40 ... 60%
	Швидкість руху повітря	0,1 ... 0,2 м / с

Для підтримання у виробничих приміщеннях метеорологічних умов, які задовольняють нормативні вимоги використовують систему вентиляції. Приміщення обладнано системою загально обмінної припливно-витяжної вентиляції. На кожну вентиляційну установку складений паспорт з технічною характеристикою та схемою установки.

Крім того, для підтримання температури в холодний період року використовують загальну систему опалення.

6.2.2 Склад повітря робочої зони

ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Оксид азоту	0,085	0,085	2
Вуглекислий газ	3	1	4
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	1

Під час роботи на ПК важливо, щоб повітря мало певний іонний склад. Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі приміщень з ПК мають відповідати санітарно-гігієнічним нормам (табл. 6.3).

Таблиця 6.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється за допомогою системи кондиціонування, регулярного провітрювання, та вологого прибирання.

6.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення на робочому місці проектувальника є бічне одностороннє.

Сучасні норми визначають, що мінімальна освітленість встановлюється за характеристикою зорової роботи з найменшим розміром об'єкта розрізнення, контрастом об'єкта із фоном і характеристикою фону.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні (характеристика зорової роботи – дуже високої точності) зазначені у таблиці 6.4.

Для максимального використання природного освітлення в приміщенні слід систематично очищувати вікна від пилу та встановити жалюзі. Віконні прорізи не затемнюються іншими будівлями.

Як джерела світла для штучного освітлення в приміщенні застосовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ. Допускається застосування ламп розжарювання у світильниках місцевого освітлення.

Таблиця 6.4 – Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнювання	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_u , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	г	Великий	світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

6.2.4 Виробничий шум

Шум погіршує умови праці здійснюючи шкідливу дію на організм людини. Працюючі в умовах тривалої шумової дії випробовують дратівливість, головні болі, запаморочення, зниження пам'яті, підвищену стомлюваність, пониження апетиту, болі у вухах і т.д. Такі порушення в роботі ряду органів і систем організму людини можуть викликати негативні зміни в емоційному стані людини аж до стресових ситуацій. Під впливом шуму знижується концентрація уваги, порушуються фізіологічні функції, з'являється стомленість у зв'язку з підвищеними енергетичними витратами і нервово-психічною напругою, погіршується мовна комутація. Все це знижує працездатність людини і її продуктивність, якість і безпеку праці. Тривала дія інтенсивного шуму (вище 80 дБ) на слух людини приводить до його часткової, або повної втрати.

Рівні шуму на робочих місцях визначаються за ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» [24] (табл. 6.5).

Таблиця 6.5 – Допустимі рівні звуку, еквівалентні рівні звуку і рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Вид трудової діяльності, робочі місця	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звуку, еквівалентні рівні звуку, дБА/дБАекв.
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Творча діяльність, обробка даних	86	71	61	54	49	45	42	40	38	60

Рівень шуму на робочих місцях не має перевищувати 60 дБА, що досягається застосуванням малошумного обладнання, використанням спеціальних матеріалів для обшивки приміщень, а також різноманітними звукопоглинальними пристроями (перегородки, кожухи, прокладки тощо).

6.2.5 Виробничі випромінювання

Значення напруженості електростатичного поля на робочих місцях із ПК (як у зоні екрана дисплея, так і на поверхнях обладнання, клавіатури, друкувального пристрою) мають не перевищувати гранично допустимих [25] (табл. 6.6).

Таблиця 6.6 – Допустимі параметри електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні відеомонітору	10 В/м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні відеомонітору	0,3 А/м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати:	для дорослих користувачів 20кВ/м для дітей 15кВ/м

Інтенсивність потоків інфрачервоного випромінювання має не перевищувати допустимих значень [22].

Потужність експозиційної дози рентгенівського випромінювання на відстані 0,05 м від екрана та корпусу відео терміналу при будь-яких положеннях регулювальних пристроїв не повинна перевищувати ОД бер/год (100 мкР/год).

Для забезпечення захисту і досягнення нормованих рівнів комп'ютерних випромінювань необхідно застосовувати при екранні фільтри, локальні світлофільтри (засоби індивідуального захисту очей) та інші засоби захисту, що пройшли випробування в акредитованих лабораторіях і мають щорічний гігієнічний сертифікат (згідно Директиви № 90/270/ЕЄС [26]).

6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Визначення параметрів захисту в умовах дії загрозливих факторів НС

6.3.1 Дія радіації на живі організми

Кінцевим результатом початкової дії іонізуючих випромінювань є порушення структури тканини і клітин. Після припинення процесу опромінення живого організму біохімічні зміни не припиняються тому, що утворені іони і радикали продовжують свою активну дію ще деякий період часу. Виникає період вторинної дії променів.

Особливості біологічної дії іонізуючих випромінювань такі:

- біологічний ефект залежить від поглинутої дози випромінювання. Ця залежність прямо пропорційна – із зростанням дози посилюється ефект;
- ефект опромінення пов'язаний із розподілом дози за часом, тобто із місткістю поглинання енергії. Ступінь променевого ураження залежить від розділу сумарної дози на окремі фракції. Якщо число фракцій зростає;
- ураження живого організму зменшується тому, що в ньому між окремими порціями ураження розпочинається відновлення деяких функцій [27].

6.3.2 Визначення тривалості дезактивації місцевості, зараженої внаслідок аварії на АЕС

Визначити доцільний час проведення робіт з дезактивації місцевості, зараженої внаслідок аварії на АЕС, якщо виміряний рівень радіації через

$t = 1,5$ год складає $P_t = 50$ р/год, а роботи почалися через $t_n = 2$ год після зараження. Допустима доза опромінення $D_{\text{доп}} = 10$ р.

Визначимо рівень радіації через 1 год після аварії:

$$P_1 = P_t t^{0,5} \text{ [р/год];} \quad (6.2)$$

$$P_1 = 50 \cdot 1,5^{0,5} = 61,24 \text{ (р/год)}.$$

Визначимо час початку дезактивації місцевості за допомогою такої формули

$$D_M = \frac{2 P_1 (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{\text{осл}}} \text{ [р]}, \quad (6.3)$$

де t_n, t_k – час початку та кінця опромінення, год;

$K_{\text{осл}}$ – коефіцієнт ослаблення радіації ($K_{\text{осл}} = 1$ для відкритої місцевості).

Час кінця опромінення визначимо за формулою:

$$t_k = t_p + t_n \text{ [год]}. \quad (6.4)$$

Прирівнявши можливу дозу опромінення до допустимої отримаємо:

$$\sqrt{t_p + t_n} - \sqrt{t_n} = \frac{D_{\text{доп}} K_{\text{осл}}}{2 P_1} = a. \quad (6.5)$$

Піднесемо до квадрату обидві частини рівняння

$$t_p + t_n - 2\sqrt{t_n} \sqrt{t_p + t_n} + t_n = a^2, \quad (6.6)$$

або

$$2\sqrt{t_n} \sqrt{t_p + t_n} = t_p + 2t_n - a^2. \quad (6.7)$$

Знову піднесемо до квадрату обидві частини рівняння

$$4t_n t_p + 4t_n^2 = (t_p - a^2)^2 + 4t_n(t_p - a^2) + 4t_n^2, \quad (6.8)$$

звідки

$$t_p^2 - 2t_p a^2 + a^4 - 4t_n a^2 = 0. \quad (6.9)$$

Отримано квадратне рівняння відносно t_p . Розв'яжемо його за допомогою дискримінанту 1:

$$D_1 = a^4 - (a^4 - 4t_n a^2) = 4t_n a^2 > 0; \quad (6.10)$$

$$t_p = a^2 \pm \sqrt{4t_n a^2} = a^2 \pm 2a\sqrt{t_n}. \quad (6.11)$$

Вибираємо додатній корінь рівняння:

$$t_p = a^2 + 2a\sqrt{t_n} \text{ [год]}. \quad (6.12)$$

Знайдемо спочатку величину a

$$a = \frac{D_{\text{дон}} K_{\text{осл}}}{2P_1} \quad (6.13)$$

$$a = \frac{10 \cdot 1}{2 \cdot 61,24} = 0,08.$$

Отже, за формулою (5.12) знайдемо тривалість дезактивації місцевості

$$t_p = 0,08^2 + 2 \cdot 0,08\sqrt{2} = 0,23 \text{ (год)}.$$

Висновок. Досліджено параметри захисту в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій. Визначено тривалість дезактивації місцевості – 0,23 год.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004». В результаті виконання роботи можна зробити такі висновки.

1. В розділі огляду технології виготовлення деталі типу «Корпус» проведено аналіз типових технологічних процесів, базового технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004», оцінені їх позитивні сторони, внесені пропозиції щодо удосконалення технологічного процесу механічної обробки розглядуваної заготовки деталі.

2. Для виготовлення заготовки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004» запропоновано два способи лиття – лиття в піщано-глинисті форми з ручним та машинним формуванням суміші. Встановлено, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші, оскільки собівартість виготовлення заготовки при цьому складає 72,18 грн., що менше у порівнянні з собівартістю виготовлення заготовки в піщано-глинистих формах з ручним формуванням суміші – 80,62 грн.

3. Розроблено два варіанта удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004» з використанням високопродуктивних верстатів з ЧПК. Проведено їх техніко-економічне порівняння, вибрано за мінімумом приведених витрат кращий варіант. Виконане розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу. Проведені розрахунки припусків, режимів різання, норм часу на операції.

4. В науковій частині роботи виконано аналіз показників точності, що забезпечуються тонким розточуванням на токарно-револьверному верстаті з ЧПК, на прикладі механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець». Встановлено, що за прийнятих технологічних умов на переході тонкого розточування можуть забезпечуватись як 6, так і 7 квалітети точності. Це узгоджується з даними таблиць точності обробки. Показано, що найсуттєвіший вплив на точність обробки тонким розточуванням має похибка, що спричиняється неточністю

повороту револьверної головки та її позиціонуванням у радіальному напрямі. Зменшення цієї похибки можливе лише завдяки використанню сучасніших верстатів високої точності. Встановлено, що на переході тонкого розточування за період стійкості різця за шорсткістю (40000 м) за даних технологічних умов без переточування різця можуть бути оброблені 5 партій заготовок деталей (кожна – по 42 шт.)

5. Для удосконаленого маршруту механічної обробки спроектовано дільницю механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи дільниці в середньосерійному виробництві, яка складає 30404 шт.; дільниця механічної обробки повинна містити 4 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 4 чол., всього працівників на дільниці – 8 чол.

6. Проведені економічні розрахунки, які підтвердили доцільність впровадження удосконаленої технологічного процесу та дільниці механічної обробки заготовки деталі «Кришка передня ГМП 01.025.004», визначені капітальні вкладення – 1303065,02 грн., одержаний прибуток – 678765,12 грн., термін окупності вкладень – 1,92 року.

7. В МКР розроблені заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
2. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навчальний посібник / О. В. Дерібо – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 125 с.
3. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навчальний посібник / О. В. Дерібо – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 112 с.
4. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1: практикум / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 106 с.
5. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навчальний посібник / О. В. Дерібо – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 112 с.
6. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : практикум / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Сухоруков С. І. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 116 с.
7. Дерібо О.В. Технології для верстатів з числовим програмним керуванням: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання / Дерібо О.В., Лозінський Д.О., Сердюк О.В. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 116 с. Електронний ресурс: https://iq.vntu.edu.ua/method/getfile.php?fname=5927.pdf&card_id=1949&id=5927
8. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні / П. О. Руденко. – К. : Вища школа, 1993. – 414 с.
9. Рудь В. О. Курсове проектування з технології машинобудування : навчальний посібник / В. О. Рудь. – К. : ІСДО, 1996 – 300 с.
10. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. В. Савуляк, О. В. Сердюк. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 148 с.

11. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський [та ін.]. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 199 с.

12. Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення : ДСТУ 8981–2020. – [Чинний від 2021-05-01] К. : ДП «Укр НДЦН» 2021. – 77 с.

13. Приходько В. П. Розмірне моделювання та аналіз технологічних процесів: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / В. П. Приходько; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: pdf - 15.2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 249 с. [Електронний ресурс] : <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38826>.

14. Рудь В. Д. Розмірно-точнісний аналіз конструкцій та технологій / Рудь В. Д., Герасимчук О. О., Маркова Т. П. – Луцьк: ЛДТУ, 2008. – 344 с.

15. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ / Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А.; під заг. ред. В. А. Кириловича. – Житомир : ЖІТІ, 2001. – 600 с.

16. Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин : лабораторний практикум / [О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, О. М. Мироненко та ін.]. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 119 с.

17. Шамрай В. С., Таранік А. В., Дерібо О. В. Аналіз точності обробки чистовим і тонким точінням на верстатах з ЧПК зовнішніх циліндричних поверхонь довгих заготовок деталей типу «Ступінчастий вал / Всеукраїнська науково-практична Інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)», (15 жовтня 2023 р. – 20 травня 2024 р.). – Електронний ресурс : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/view/19757>.

18. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

19.ДСТУ OHSAS 18002:2015. Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог OHSAS 18001:2007 (OHSAS 18002:2008, IDT). К. : ГП «УкрНИУЦ», 2016. 21 с

20.НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: http://sop.zp.ua/norm_праор_0_00-7_15-18_01_ua.php

21.ДБНВ.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. К. : Мінбуд України, 2006. 154 с

22.ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

23.Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1986 № 4137-86. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86>

24.ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

25.ДСНіПЗ.3.6.096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0203-03>

26.Директива № 90/270/ЕЄС «Про мінімум вимог безпеки і гігієни праці при роботі з екранними пристроями - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/provisions-on-workload-ergonomical-and-psychosocial-risks/osh-directives/5>.

27. Сакевич В. Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах / В. Ф. Сакевич. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 109 с.

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМП 01.025.004»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше
(вказати))

Підрозділ Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Науковий керівник Дерібо О. В., к.т.н., проф. каф. ТАМ

(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

Plagiat.pl (StrikePlagiarism)		Unicheck	
КП1		Оригінальність	91%
КП2			
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	9%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи

Автор _____

(підпис)

Таранік А. В.

(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Особа, відповідальна за перевірку Сердюк О. В.

(прізвище, ініціали)

Експерт _____

(підпис)

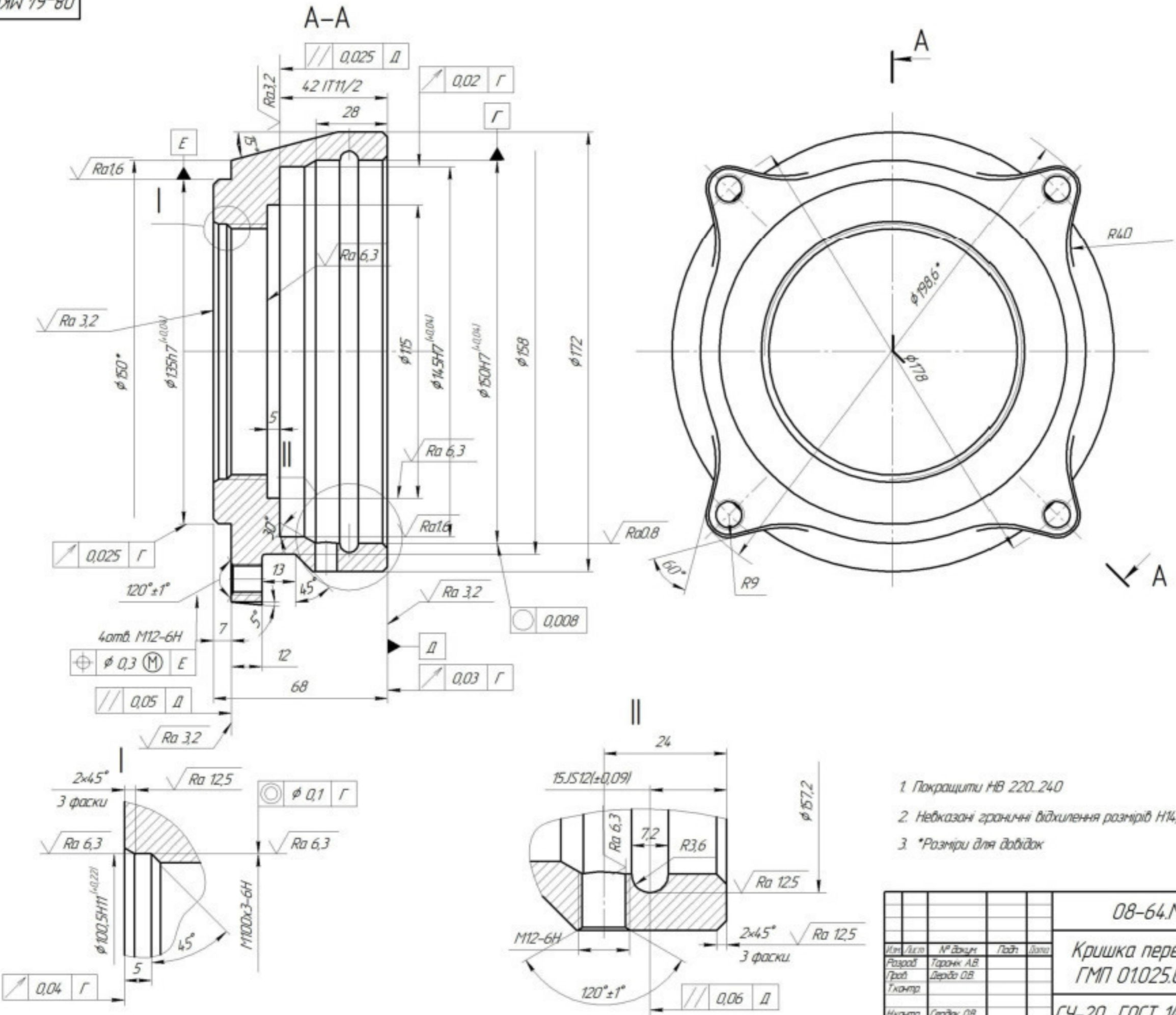
Козлов Л. Г., д.т.н., зав. каф. ТАМ

(прізвище, ініціали, посада)

Додаток Б
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ
ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ ГМП 01.025.004»

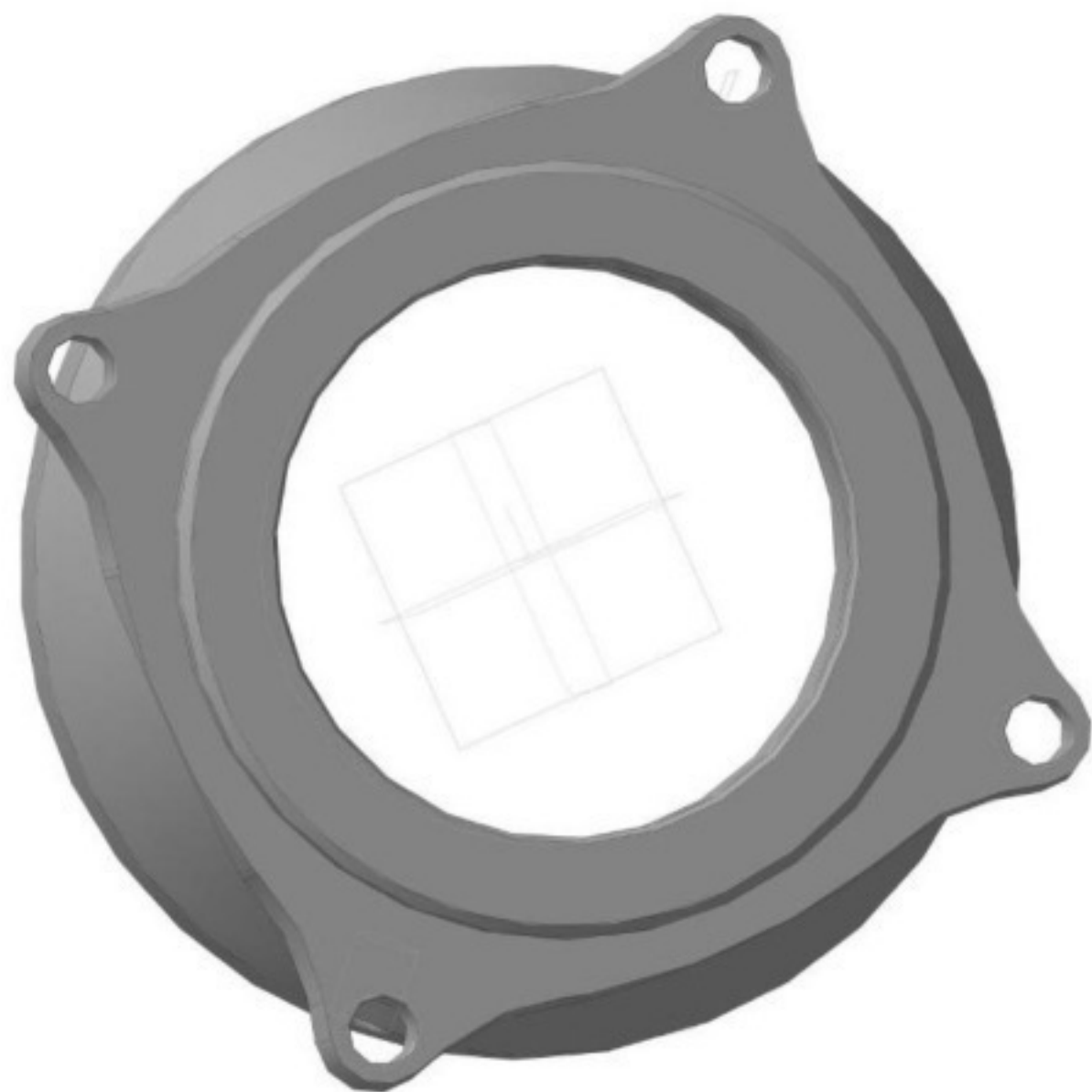
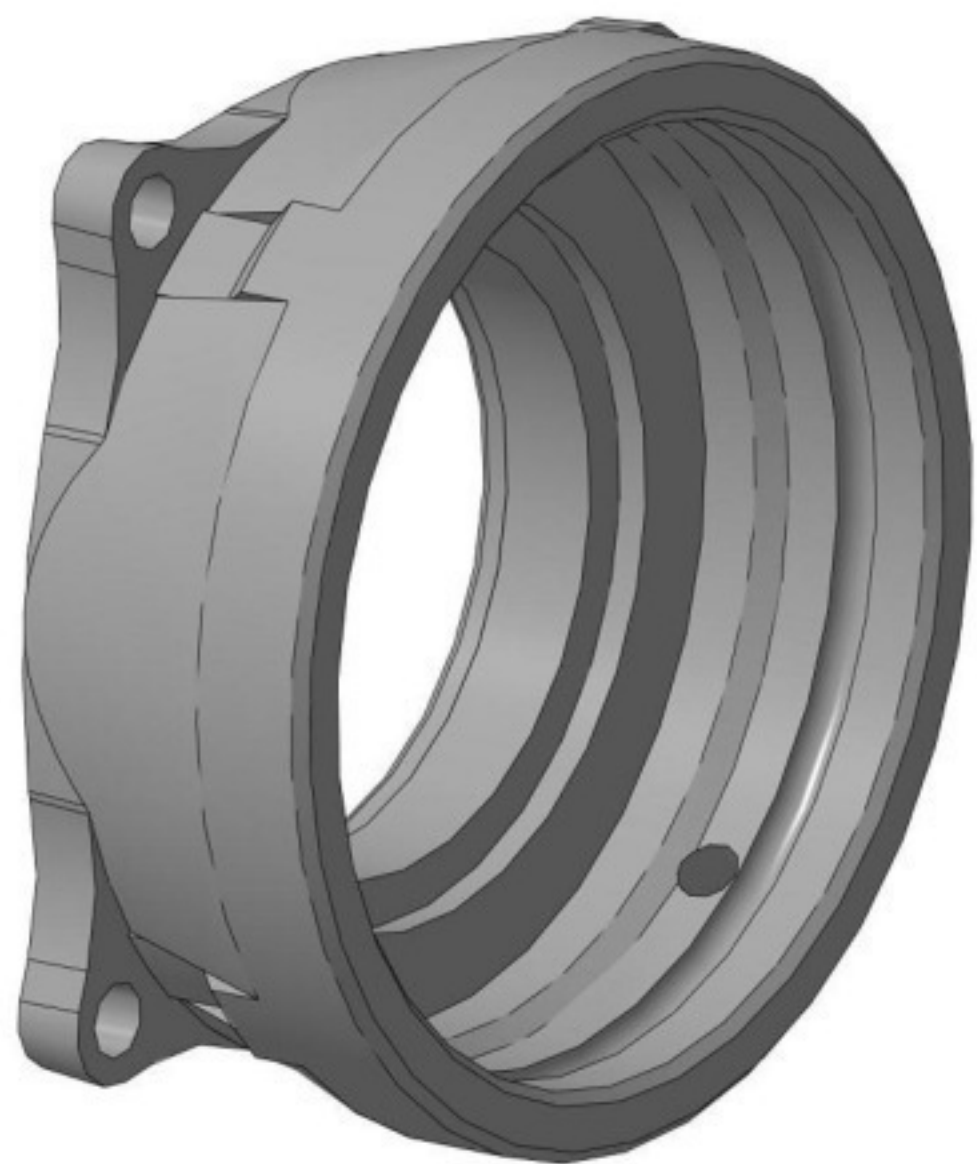


1. Покрити НВ 220_240
2. Неказані граничні відхилення розмірів Н14, h14, ± IT14
3. *Розміри для довідок

				08-64.MKP.022.00.001				
Лист	№ докум.	Лист	Всього	Кришка передня		Лист	Маса	Масштаб
Розроб	Таранк АВ			ГМП 01025.004			3,4	1:1
Проф	Дерда ОВ					Лист	Листов	1
Технік						ВНТУ		
Начальн	Сердюк ОВ			СЧ-20 ГОСТ 1412-85		ст. гр. ВПМ-22м		
Зроб	Козлов ІГ					Формат А2		

Лист № 1
 Станок №
 Назва деталі
 Назва виробника
 Матеріал
 Клас точності
 Маса
 Форма

3D-модель деталі "Кришка передня"



08-64.МКР.022.00.002

Листок №

Сторінка №

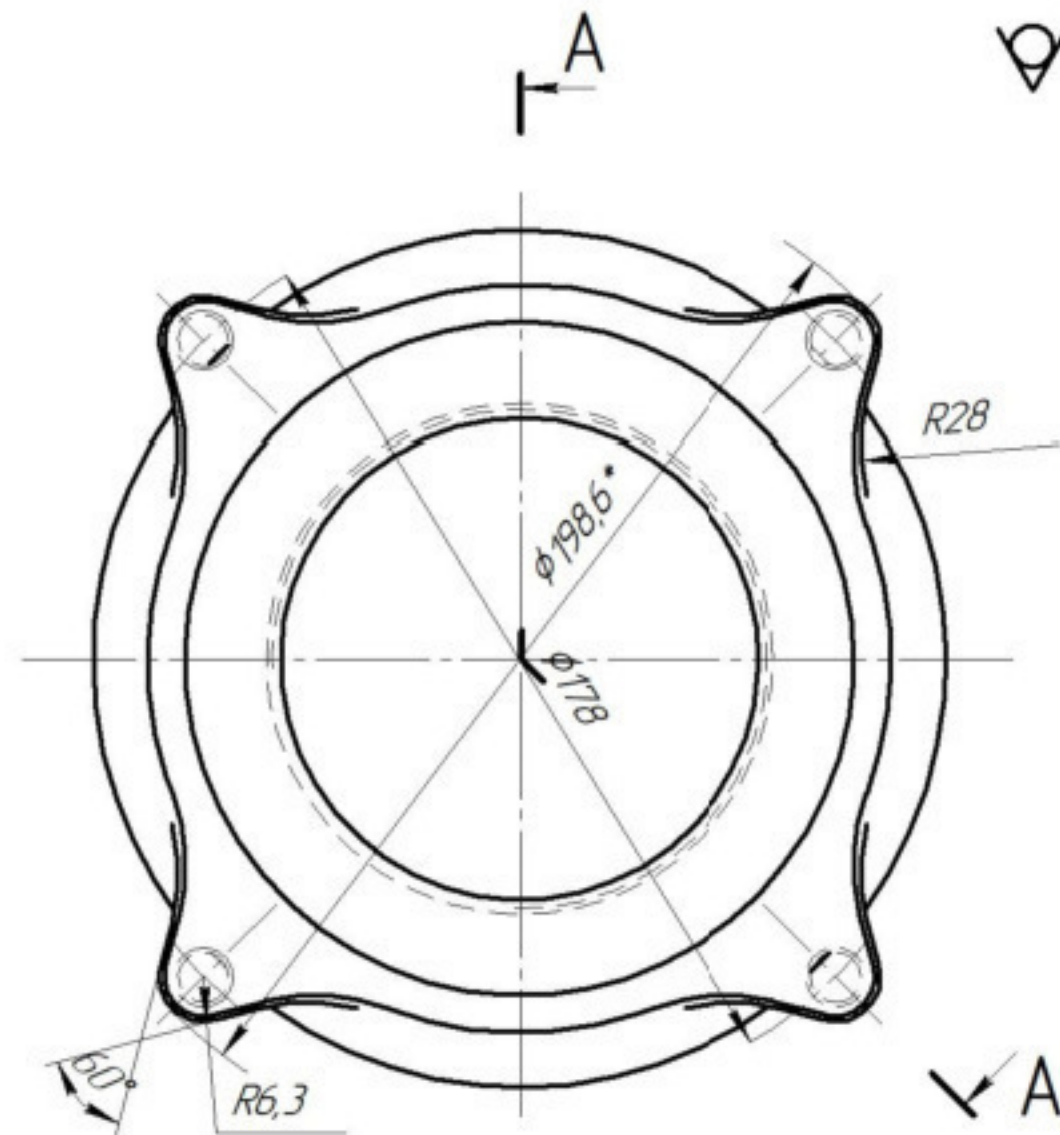
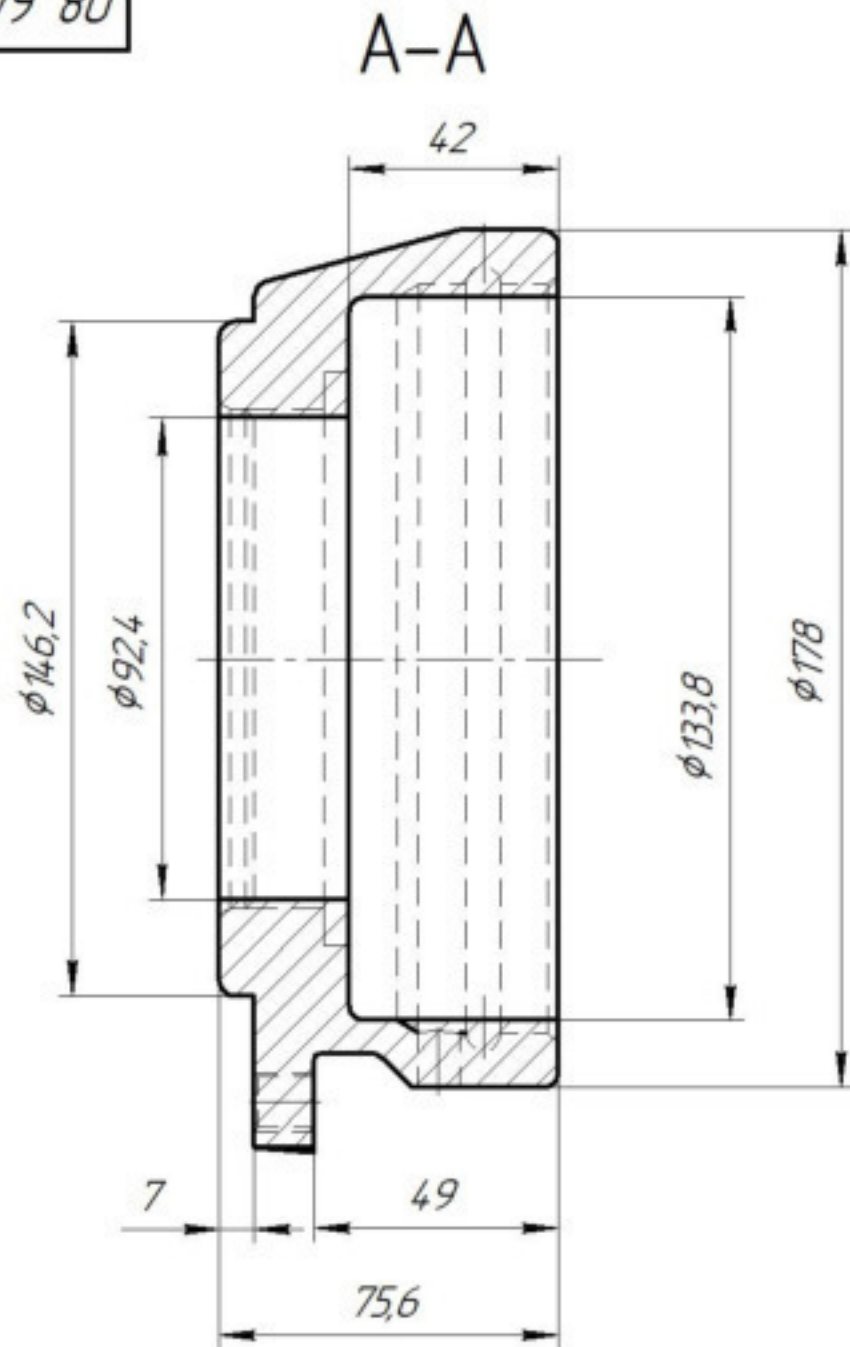
Листок у ділянці

Листок №

Важк. №

Листок у ділянці

Листок №



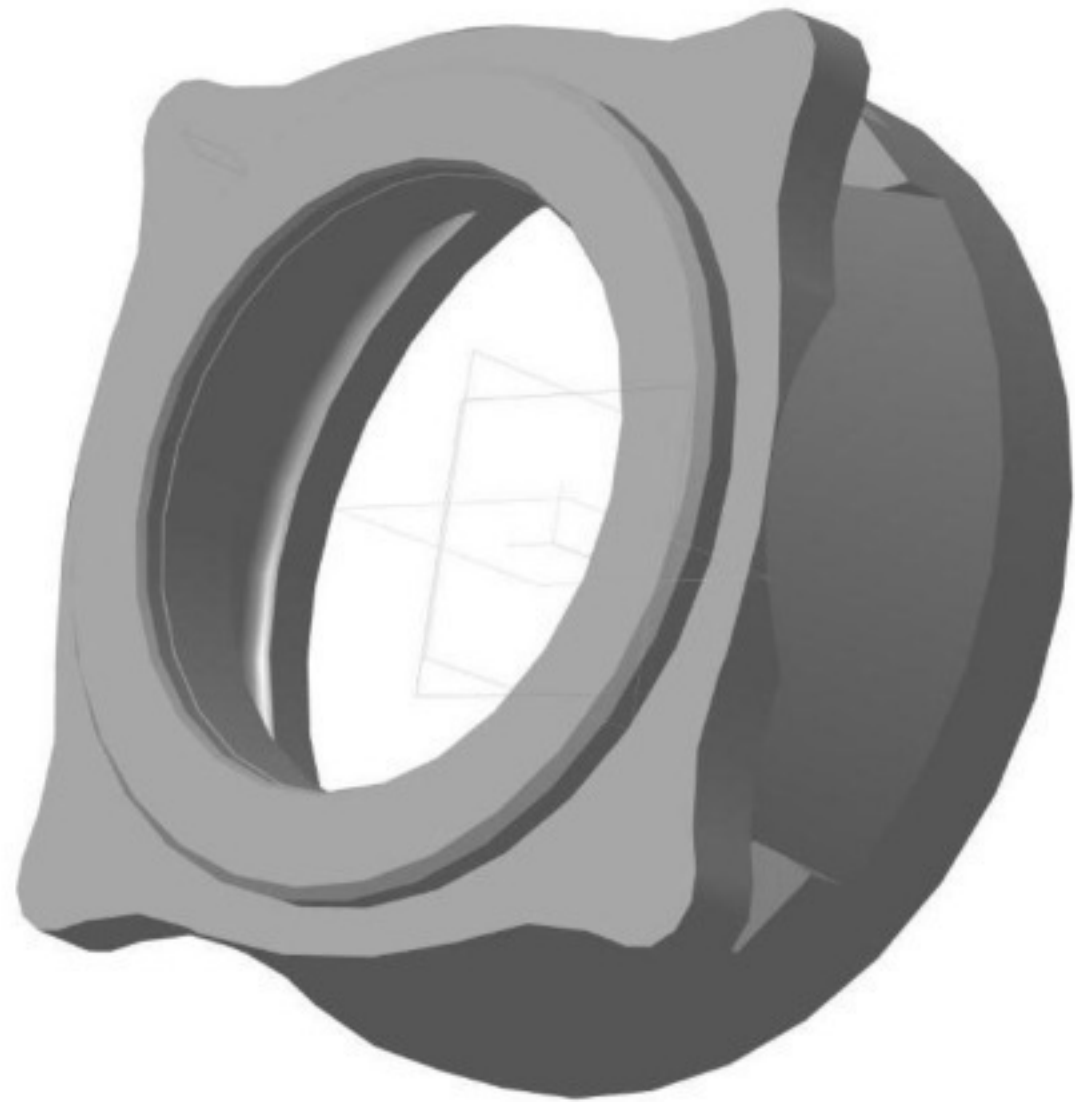
$\sqrt{Ra25 (\sqrt{1})}$

1. Невказані радіуси R2 мм.
2. Точність виливка 10-6-13-10 Зм.1.8 ГОСТ26645-85.
3. HB 255.
4. Допускаються ливарні пустоти $\phi 2,8$ мм на глибині 2,8 мм.

					08-64.МКР.022.00.002			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Кришка передня (виливок)	Лит	Масса	Масштаб
Разроб.	Таранік А.В.						3,6	1:1
Проб.	Дерібо О.В.					Лист	Листов	1
Тконтр.								
Нконтр.	Сердюк О.В.				СЧ-20 ГОСТ 1412-85	ВНТУ, ст. гр. 1ПМ-22М		
Утв.	Козлов Л.Г.					Формат А3		

Копіювати

3D-модель вилівка "Кришка передня"



Маршрут механічної обробки заготовки деталі "Кришка"

№пер.	Найменування операції. Зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки	Обл.
1	2	3	4
005	<p style="text-align: center;"><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <p>1 Встановити та закріпити заготовку 2 Точити торець 1 попередньо, точити фаску 2, точити торець 1 остаточно 3 Розточити отвори 3 та 4, підрізати торець 5 попередньо, розточити отвір 6 і підрізати торець 7 однократно 4 Розточити отвори 3 та 4 попередньо 5 Розточити фаску 8 однократно, отвір 3 попередньо, фаску 9 однократно, отвір 4 попередньо з підрізанням торця 7 остаточно 6 Розточити канавку 10 однократно 7 Розточити отвори 3 та 4 остаточно 8 Зняти заготовку</p>		<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1П420ПФ30</p>
010	<p style="text-align: center;"><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <p>1 Встановити та закріпити заготовку 2 Точити поверхні 1, 2, 3 попередньо 3 Точити поверхню 1 остаточно, точити фаску 4 однократно, точити поверхню 2 попередньо, поверхню 3 остаточно 4 Точити поверхню 2 остаточно 5 Розточити фаску 7, отвір 5, фаску 8, отвір 6 однократно 6 Нарізати різь 7 Зняти заготовку</p>		<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 160НТ</p>

1

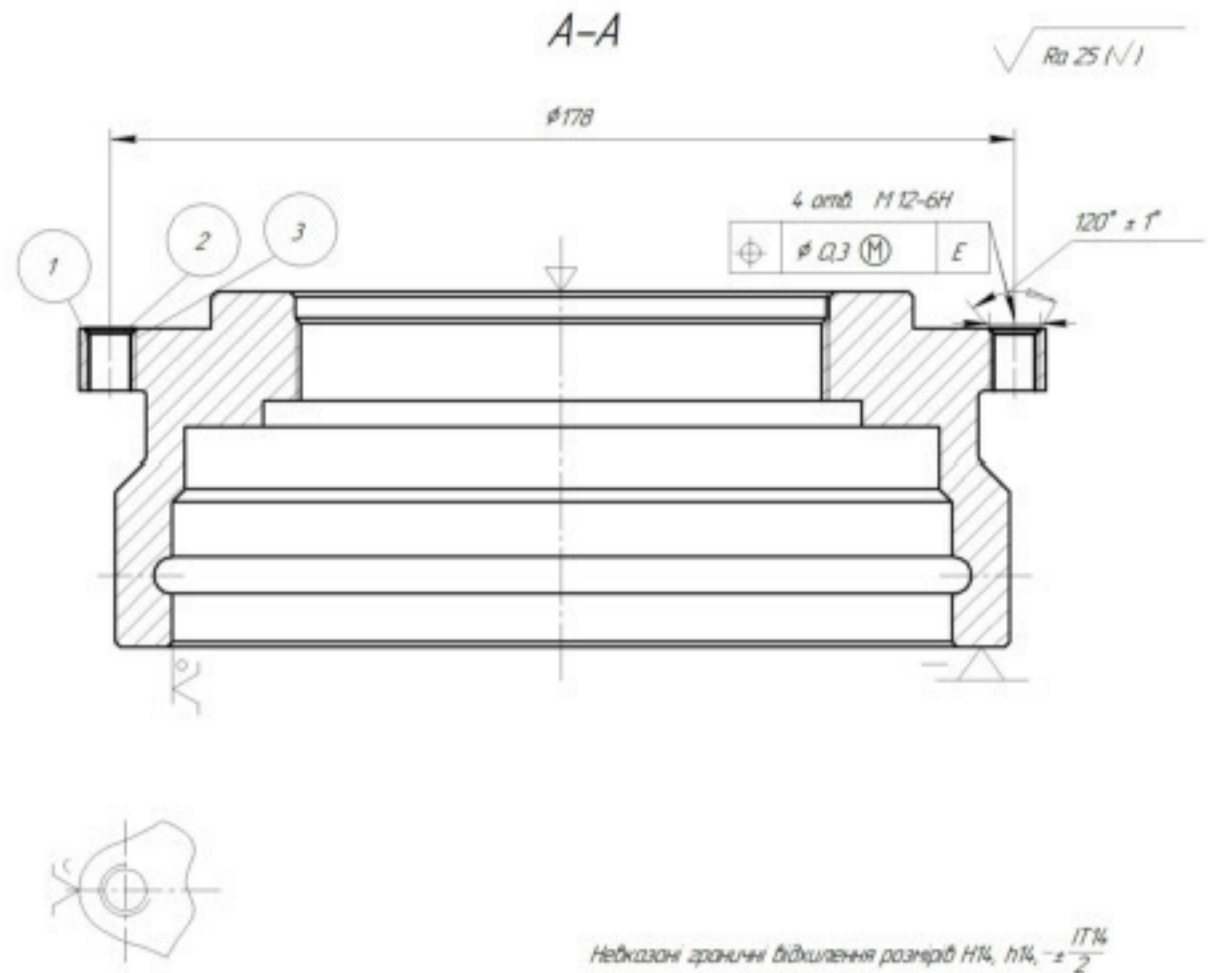
2

3

4

Вертикально-свердлильна з ЧПК

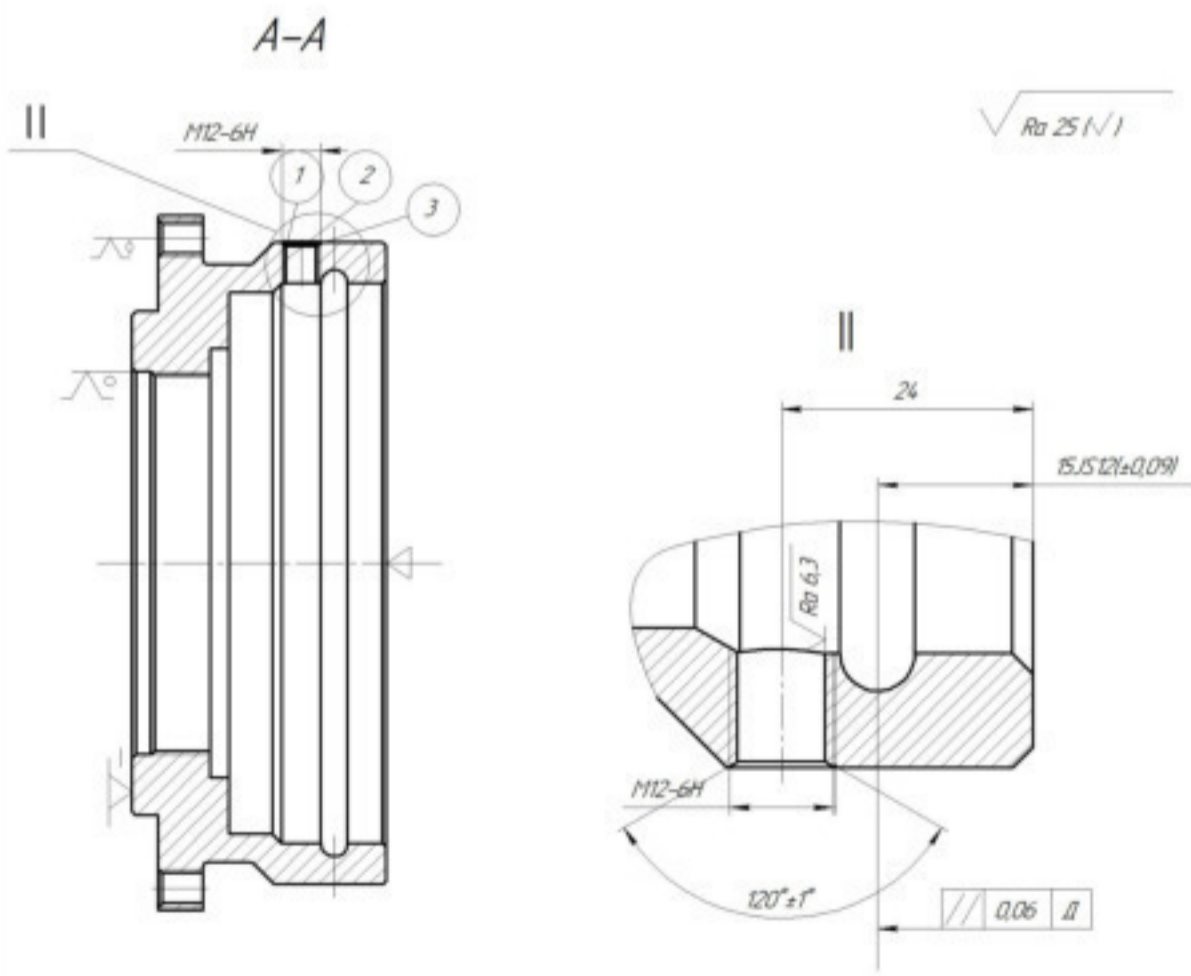
- 1 Встановити та закріпити заготовку
- 2 Центрувати 4 отвори 1.
- 3 Свердлити 4 отвори 1 однократно.
- 4 Зенкувати 4 фаски 2.
- 5 Нарізати різь 3.
- 6 Зняти заготовку



Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК
мод. 2P135Ф2

Вертикально-свердлильна з ЧПК

- 1 Встановити та закріпити заготовку
- 2 Центрувати отвор 1.
- 3 Свердлити отвор 1 однократно.
- 4 Зенкувати фаску 2.
- 5 Нарізати різь 3.
- 6 Зняти деталь



Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК
мод. 2P135Ф2

015

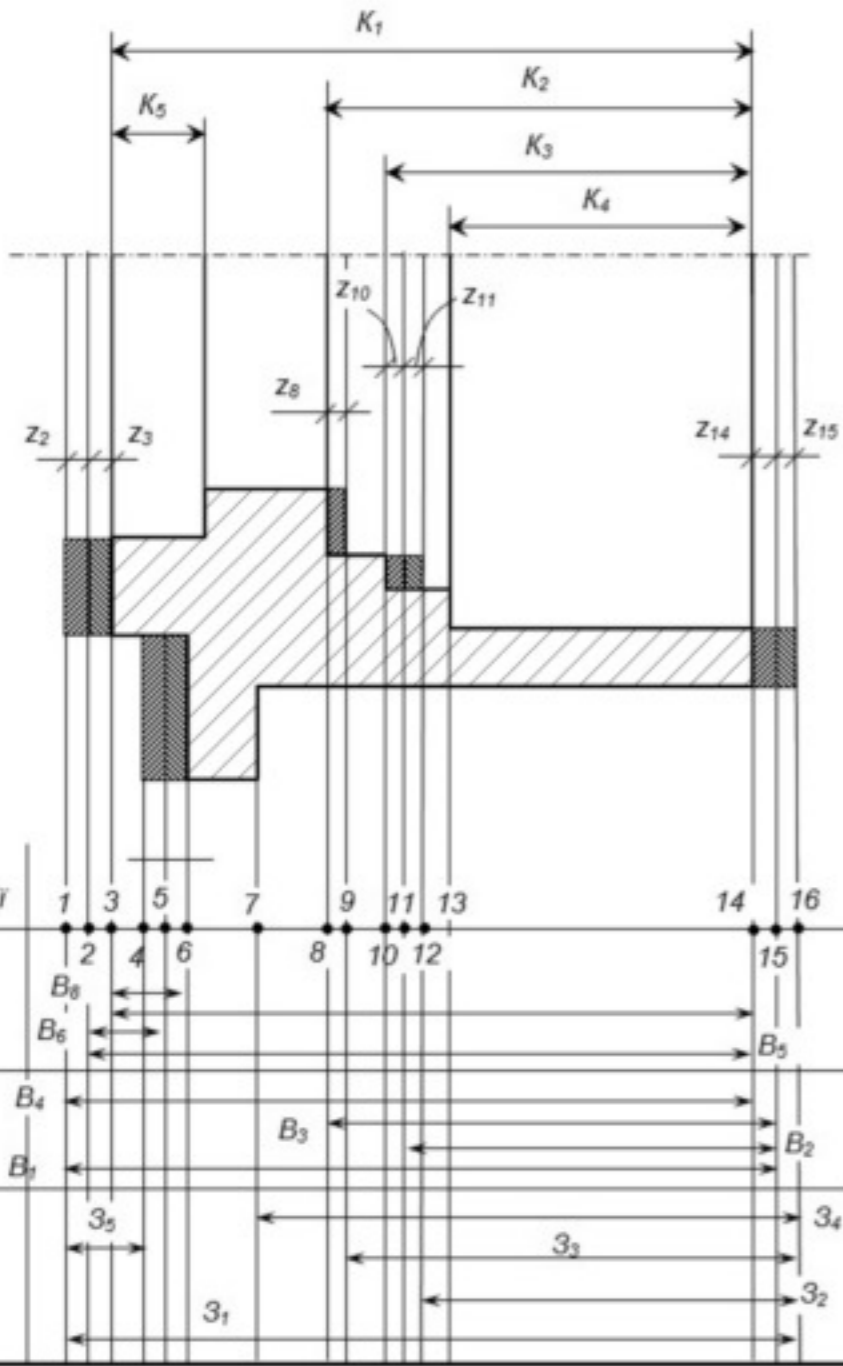
020

Неказані граничні відхилення розмірів H14, h14, ± 1/2 IT14

Неказані граничні відхилення розмірів H14, h14, ± 1/2 IT14

Розмірний аналіз технологічного процесу

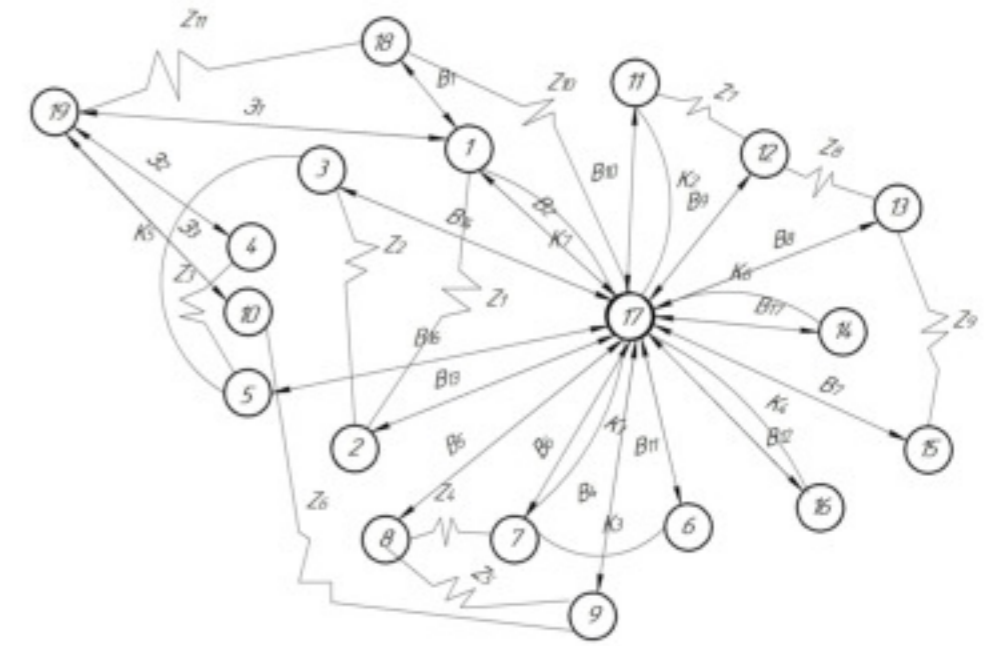
Розмірна схема технологічного процесу



Похідний граф-дерево



Суміщений граф

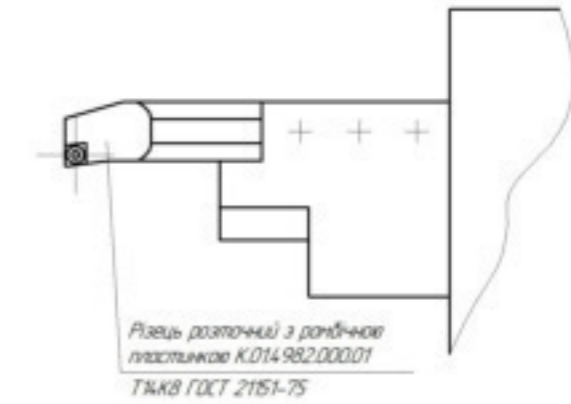
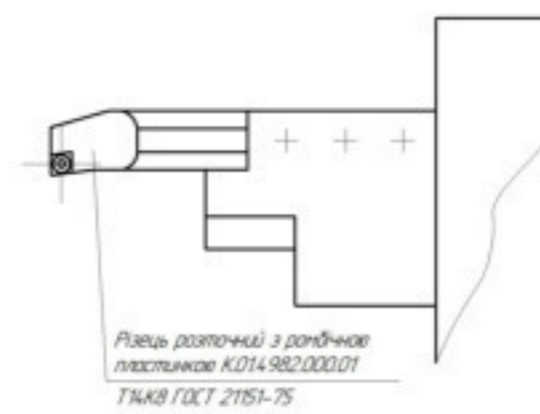
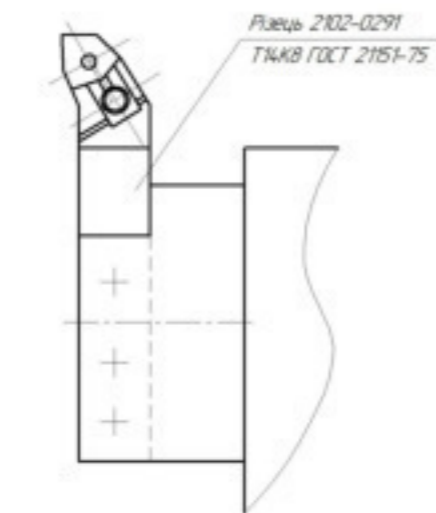
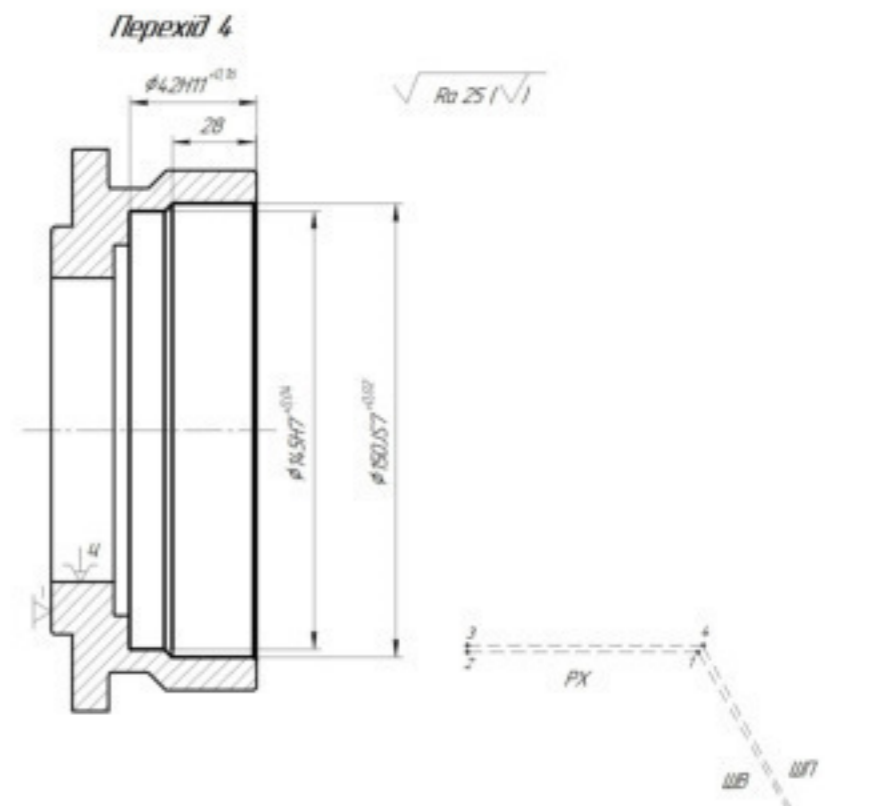
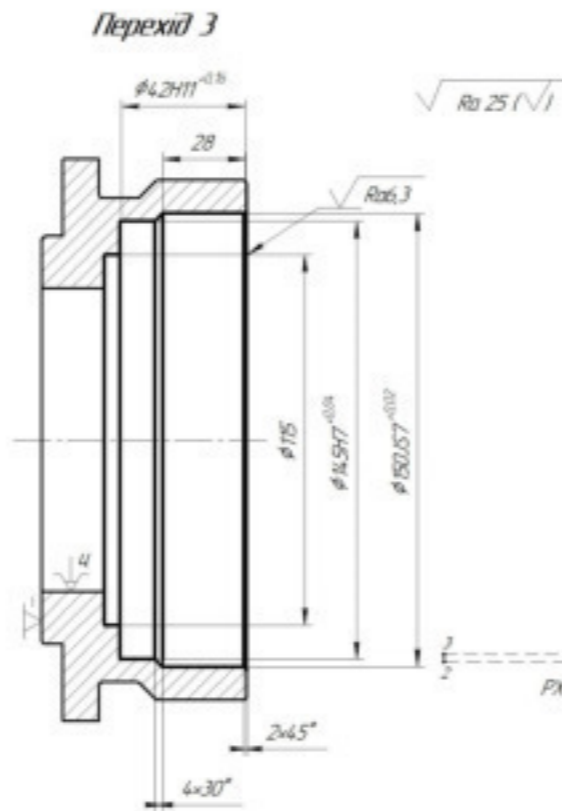
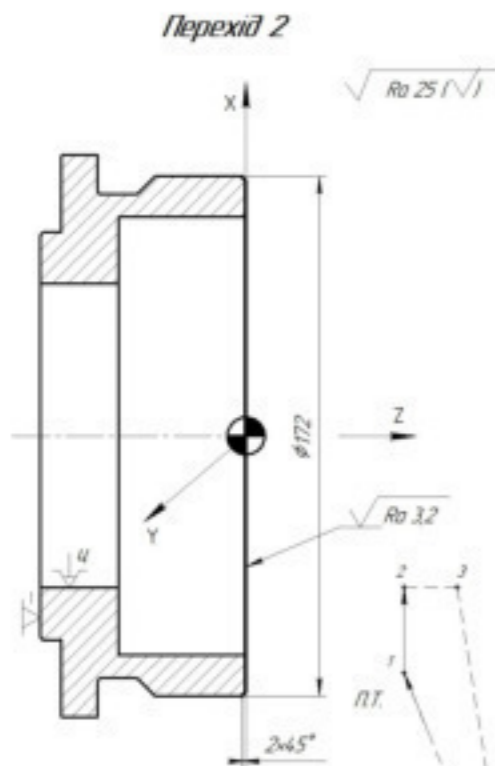


Вихідний граф-дерево



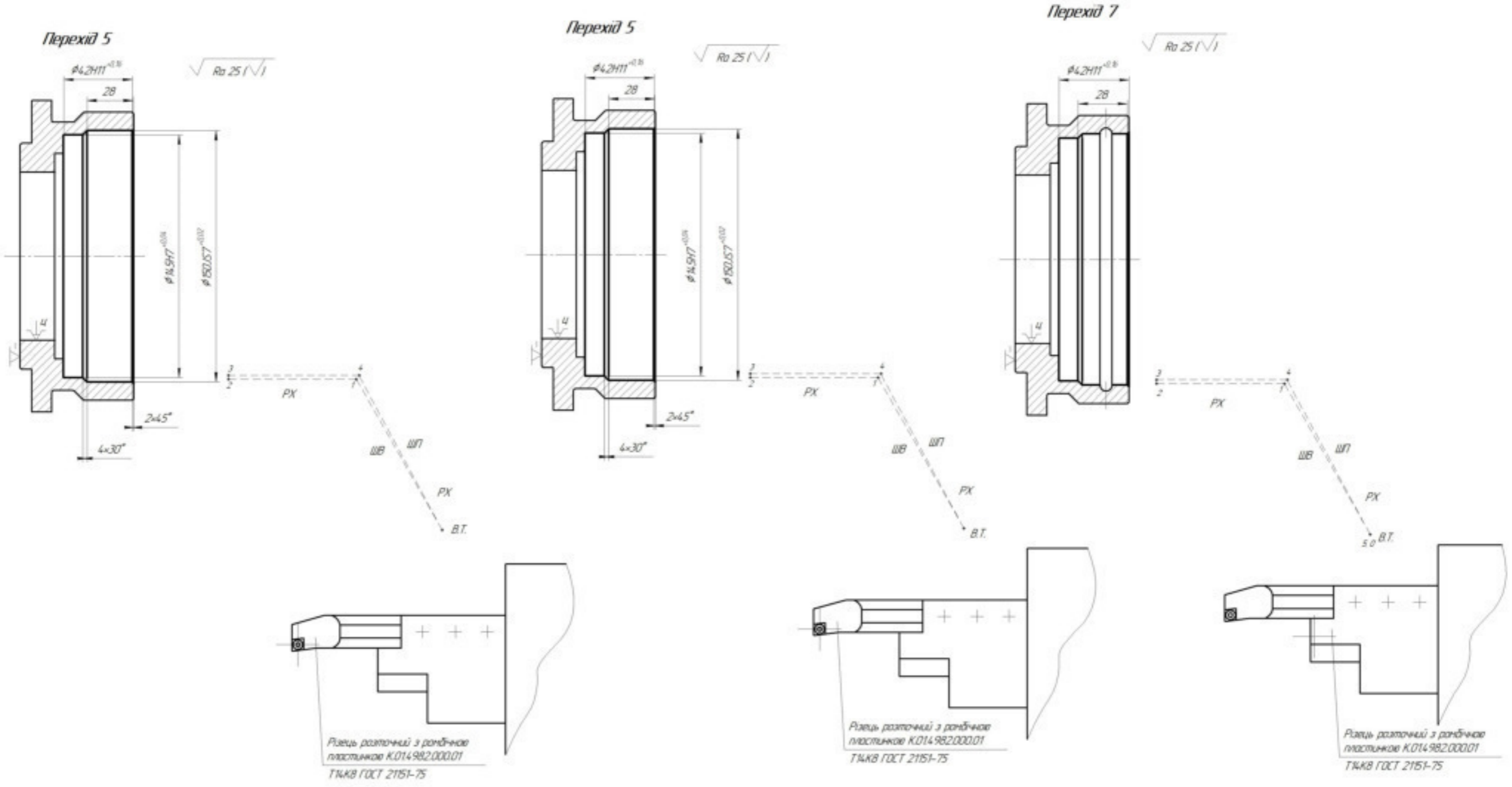
Допуски мм	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	
Граничні розміри мм	z_{max}	5	16	16	2	16	2	2	13	17
	z_{min}	6.6	3.36	1823	2.223	1663	2.223	256	29	6.1

Розмір	Клас розмірної точності	Допуск, мм
z_1	10	2,8
z_2		1,6
z_3		3,2
Технологічний розмір	Квалітет точності	Допуск, мм
B_1	15	1,6
B_4	10	0,16
B_5	8	0,063
B_7	12	0,4
B_8	10	0,16
B_9	8	0,063
B_{13}	15	1,6



005	4	Розточити отвори 3 та 4 поперечно	140	0,2	630	0,16
	3	Розточити отвори 3 та 4, підготувати торці 5 поперечно, розточити отвір 6 і підготувати торці 7 однократно	140	0,8	800	0,2
	2	Точити торці 1 поперечно, точити фаску 2	140	0,2	800	0,2
	1	Установити заготовку	-	-	-	-
№ опер	№ перех	Кандидат	НТ 160	У. н. / в.	1 м.	в. ад. / в. с. н. / в. в.
			Обладнання			Режими різання
08-64.МКР.022.00.005						
Карта налагодки на операцію 005						
№	Дат.	№ докум.	Лист	Всього	Лист	Листів
Рисувальник		Проєктант А.В.				11
Виконав		Вірив О.В.				
Головний						
№ докум.		Сторінка 08				ВНТ
№ лист		Всього 07				ст. др. 171-22н

Лист 11 з 11
 Сторінка 08 з 07
 Всього 07 сторінок



025	7	Розточити отвори 3 та 4 остаточно	140	2	800	0,2
	6	Розточити канавку 10 однократно	140	2	630	0,2
	5	Розточити фаску 8 однократно отвір 3 попередня фаску 9 однократно отвір 4 попередня з підзанням торця 7 остаточно	140	0,8	800	0,2

08-64.МКР.022.00.005
Лист 2 з 2
Лист 2 з 2
Лист 2 з 2

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ТОЧНІСТЬ ТОНКОГО РОЗТОЧУВАННЯ
ГОЛОВНОГО ОТВОРУ В ЗАГОТОВЦІ ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ»
НА ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОМУ ВЕРСТАТІ З ЧПК**

Мета дослідження – виявлення рівнів впливу елементарних похибок на сумарну похибку обробки і порівняння величини цієї похибки з табличними (нормативними) значеннями показників точності, які забезпечуються викінчувальною обробкою.

Необхідною умовою роботи без браку під час виконання певного технологічного переходу обробки партії заготовок деталей на настроєних верстатах є забезпечення виконання співвідношення

$$\varepsilon_{\Sigma} \leq T, \quad (1)$$

де ε_{Σ} – сумарна похибка обробки, яка дорівнює полю розсіювання розмірів, отриманих в результаті механічної обробки партії заготовок;

Дослідження виконувалось на прикладі технологічного процесу виготовлення деталі типу «Кришка ГПМ 01.025.004» в умовах серійного виробництва. Операційний ескіз показано на рис. 1. Розглядалась остаточна обробка (тонке розточування) отвору $\varnothing 150H7^{(+0,04)}$ мм.

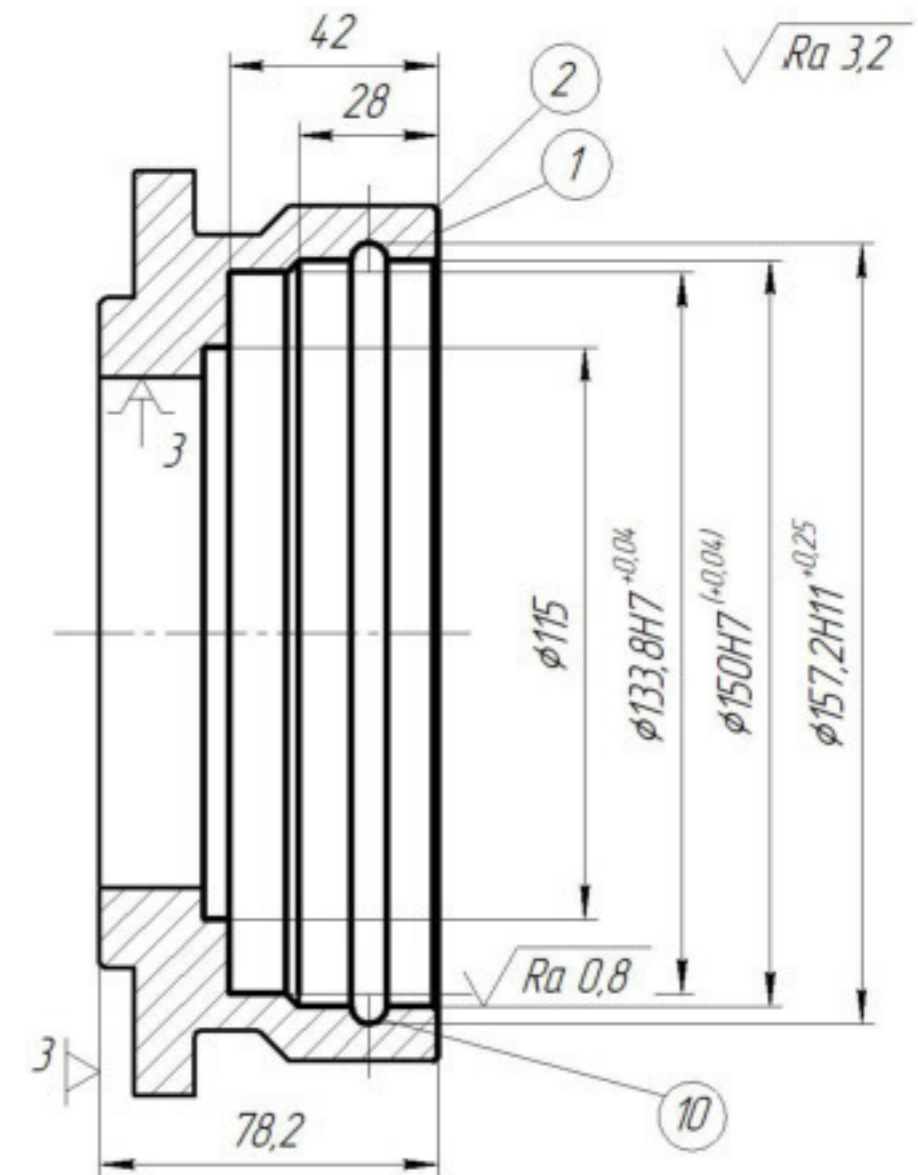


Рисунок 1 – Ескіз обробки

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ТОЧНІСТЬ ТОНКОГО РОЗТОЧУВАННЯ
ГОЛОВНОГО ОТВОРУ В ЗАГОТОВЦІ ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ»
НА ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОМУ ВЕРСТАТІ З ЧПК
(продовження)**

Сумарну похибку можна визначити за формулою:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{2}{K} \sqrt{(K_1 \varepsilon_{\text{пл}})^2 + (K_2 \varepsilon_{\text{н}})^2 + (K_3 \varepsilon_{\text{п.р.г.}})^2 + (K_4 \varepsilon_{\text{i}})^2 + (K_5 \varepsilon_{\text{в}})^2 + (K_6 \varepsilon_{\text{т}})^2} \text{ [мкм]}. \quad (2)$$

Похибка, що зумовлена пружними деформаціями елементів технологічної системи під дією сили різання:

$$\varepsilon_{\text{пл}} = \omega_{\Sigma} (P_{y_{\text{max}}} - P_{y_{\text{min}}}) \text{ [мкм]}. \quad (3)$$

Похибка настроєння:

$$\varepsilon_{\text{н}} = K_1 \sqrt{\varepsilon_{\text{р}}^2 + \left(\frac{\varepsilon_{\text{вм}}}{2}\right)^2 + \varepsilon_{\text{зм}}^2} \text{ [мкм]}. \quad (4)$$

Під час обробки на токарних верстатах з ЧПК після завершення повороту револьверної головки і позиціювання її по осі X для встановлення різця в початкову точку виникає похибка позиціювання $\varepsilon_{\text{н}}$. Для верстатів класу точності П ця похибка складає 6...8 мкм. Прийmemo, що $\varepsilon_{\text{п.р.г.}} = 7$ мкм.

Похибка, що виникає через розмірний знос різця в процесі тонкого розточування отвору в одній заготовці:

$$\varepsilon_{\text{i}} = \frac{L_1 u_0}{1000} \text{ [мкм]}. \quad (5)$$

Похибка, що спричиняється геометричною неточністю верстата:

$$\varepsilon_{\text{в}} = L_6 C/l \text{ [мкм]}. \quad (6)$$

Похибка, що спричиняється тепловими деформаціями технологічної системи ($\varepsilon_{\text{т}}$) для лезової обробки складає близько 10% від суми інших похибок.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ТОЧНІСТЬ ТОНКОГО РОЗТОЧУВАННЯ
ГОЛОВНОГО ОТВОРУ В ЗАГОТОВЦІ ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ»
НА ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОМУ ВЕРСТАТІ З ЧПК**
(продовження)

Висновки

1. Виконано дослідження рівня впливу технологічних факторів, що забезпечуються тонким розточуванням на токарно-револьверному верстаті з ЧПК високої точності, на прикладі механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець».

2. З результатів дослідження випливає, що за прийнятих технологічних умов на переході тонкого розточування можуть забезпечуватись як 6, так і 7 квалітети точності. Це узгоджується з даними таблиць точності обробки.

3. Найсуттєвіший вплив на точність обробки тонким розточуванням має похибка, що спричиняється неточністю повороту револьверної головки та її позиціонуванням у напрямі осі X . Зменшення цієї похибки можливе лише завдяки використанню сучасніших верстатів високої точності.

4. На переході тонкого розточування за період стійкості різця за шорсткістю (40000 м) за прийнятих технологічних умов без переточування різця можуть бути оброблені 5 партій заготовок деталей (кожна – по 42 шт.).

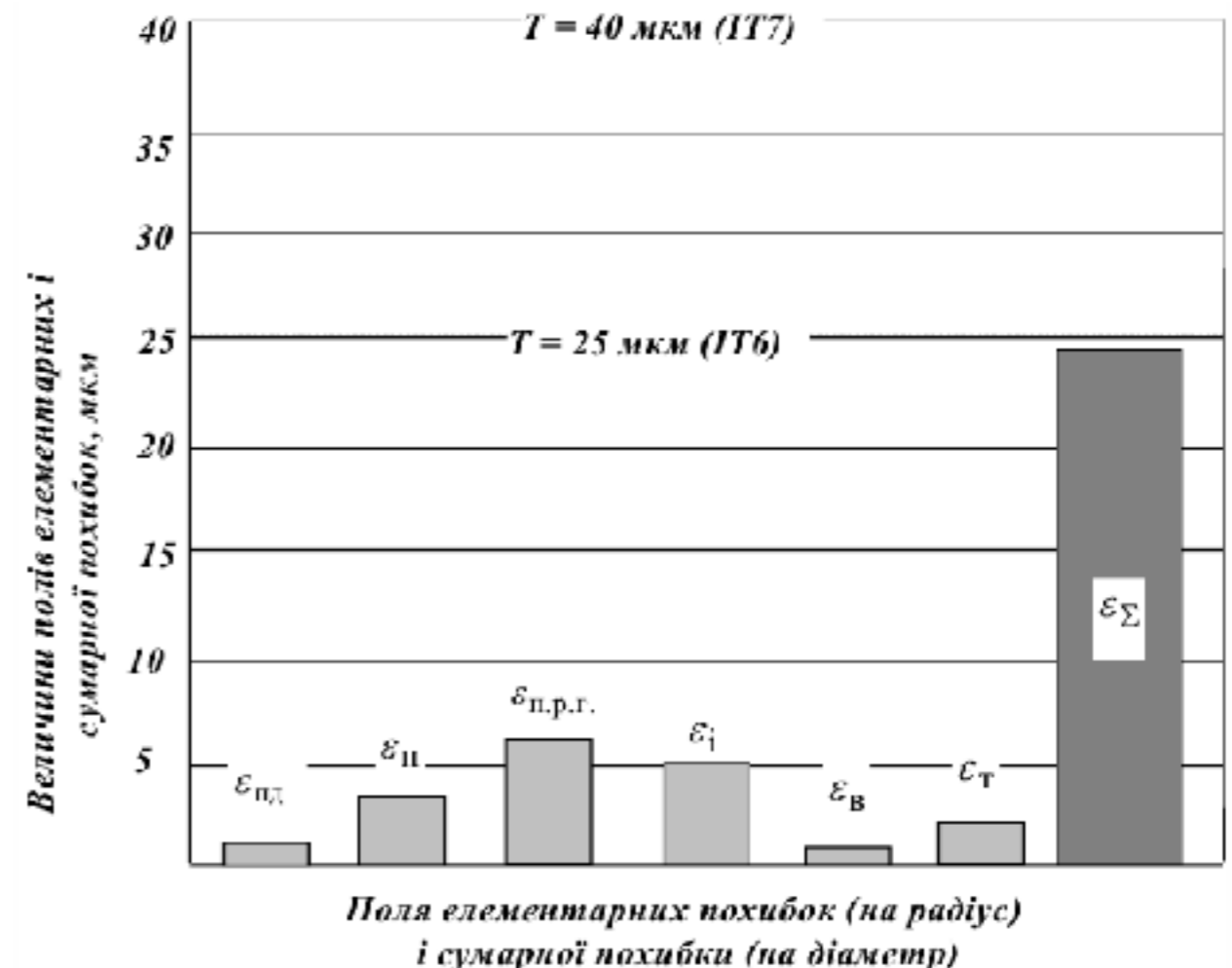


Рисунок 2 – Поля елементарних похибок і сумарної похибки

Техніко-економічне порівняння показників процесів механічної обробки

<i>Показник</i>	<i>Базовий ТП</i>	<i>Удосконалений ТП</i>
<i>1 Річний випуск виробів, шт.</i>	<i>2000</i>	
<i>2 Приведена програма, шт.</i>	<i>-</i>	<i>30404</i>
<i>3 Спосіб виготовлення заготовки</i>	<i>Лиття в ПГФ з ручним форм.</i>	<i>Лиття в ПГФ з машинним форм.</i>
<i>4 Маса заготовки, кг</i>	<i>3,8</i>	<i>3,6</i>
<i>5 Собівартість виготовлення заготовки, грн.</i>	<i>80,62</i>	<i>72,18</i>
<i>6 Коефіцієнт точності маси заготовки</i>	<i>0,89</i>	<i>0,94</i>
<i>7 Кількість операцій, шт.</i>	<i>6</i>	<i>4</i>
<i>8 Кількість верстатів, шт.</i>	<i>6</i>	<i>4</i>
<i>9 Капітальні витрати, грн.</i>	<i>-</i>	<i>1303065,02</i>
<i>10 Собівартість продукції, грн.</i>	<i>218,92</i>	<i>152,03</i>
<i>11 Дохід, грн.</i>	<i>-</i>	<i>678765,12</i>
<i>12 Термін окупності, років</i>	<i>-</i>	<i>1,92</i>