

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

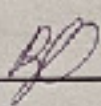
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

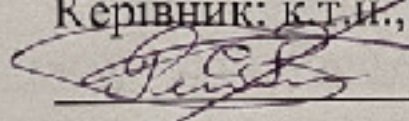
Бакалаврська дипломна робота

на тему:

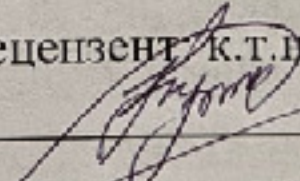
«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ДУ-10.08.004»»

Виконав: студент 4 курсу, групи 1ПМ-206
спеціальності 131 – Прикладна механіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

 Олександр ВАСИЛЬЄВ

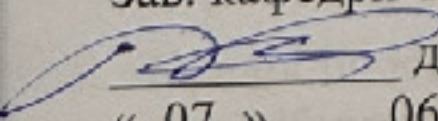
Керівник: к.т.н., доц., доцент каф. ТАМ
 Сергій РЕПНСЬКИЙ

« 06 » 06 2024 р.

Рецензент: к.т.н., доц., доцент каф. АТМ
 Володимир КУЖЕЛЬ

« 12 » 06 2024 р.

Допущено до захисту
Зав. кафедри ТАМ

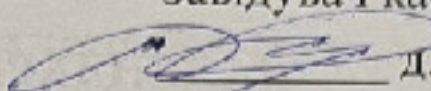
 д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ
« 07 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, факультету)
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри)
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 13 Механічна інженерія
(шифр і назва)
Спеціальність – 131 Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)
Освітньо-професійна програма –
Комп'ютеризовані технології та механотронні системи в машинобудуванні
(назва освітньо-професійної програми)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

 д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ
« 11 » 03 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Васильєву Олександрові Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ДУ-10.08.004»

Керівник роботи Репінський Сергій Володимирович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від « 11 » березня 2024 року № 80.

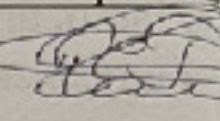
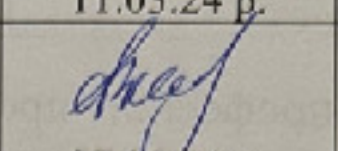
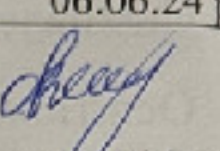
2. Термін подання студентом роботи: 14 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Корпус ДУ-10.08.004»; річна програма випуску 5 000 шт.; довідкова література

4. Зміст текстової частини: анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус»; розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ДУ-10.08.004»; розрахунок елементів ділянки механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ДУ-10.08.004»; охорона праці; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
деталь «Корпус ДУ-10.08.004» (A1); корпус (виливок) (A1); маршрут механічної обробки (A1); розмірний аналіз технологічного процесу (A1); карта налагоджень (операція 010) (A1); графіки завантаження обладнання (A1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Сергій РЕПІНСЬКИЙ, доцент кафедри ТАМ	 11.03.24 р.	 06.06.24 р.
Охорона праці	Інна ВІШТАК, доцент кафедри БЖД ПБ	 27.05.24 р.	 06.06.24 р.

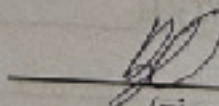
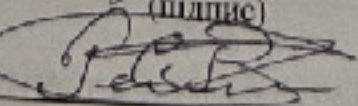
7. Дата видачі завдання « 11 » 03 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітки
		початок	закінчення	
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	11.03.24 р.	20.03.24 р.	виконав
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	23.04.24 р.	26.04.24 р.	виконав
3	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	27.05.24 р.	29.05.24 р.	виконав
4	Виконання розділу «Охорона праці»	27.05.24 р.	06.06.24 р.	виконав
5	Перевірка на антиплагіат	06.06.24 р.	07.06.24 р.	виконав
6	Нормоконтроль БДР	06.06.24 р.	07.06.24 р.	виконав
7	Попередній захист БДР	10.06.24 р.	11.06.24 р.	виконав
8	Рецензування БДР	11.06.24 р.	12.06.24 р.	виконав
9	Захист БДР	18.06.24 р.	21.06.24 р.	виконав

Студент

Керівник роботи


(підпис)

(підпис)

Олександр ВАСИЛЬЧЕНКО

Сергій РЕПІНСЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 86 сторінок формату А4, на яких є 20 рисунків, 31 таблиць, список використаних джерел містить 26 найменувань.

Метою роботи є проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ДУ-10.08.004».

У загальній частині роботи виконано огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус», проведено аналіз технологічності конструкції деталі, вибраний спосіб виготовлення заготовки з урахуванням техніко-економічного порівняння варіантів, спроектований технологічний процес, виконано розмірний аналіз технологічного процесу, проведені розрахунки припусків на обробку, режимів різання та технічних норм часу.

В розділі розрахунку елементів ділянки механічної обробки визначено приведену програму, розраховано кількість верстатів, коефіцієнти завантаження та кількість працюючих на ділянці.

У розділі охорони праці опрацьовано такі питання, як причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні, наведені рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки.

Ключові слова: технологічний процес, механічна обробка, заготовка, деталь, режими різання, норми часу, ділянка механічної обробки.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 86 A4 pages, which have 20 figures, 31 tables, the list of sources used contains 26 items.

The aim of the work is to design a technological process for machining a workpiece of the type «Case DU-10.08.004».

In the general part of the work, a review of the technology for manufacturing a part of the «Case» type was carried out, an analysis of the manufacturability of the design of the part was carried out, a method for manufacturing a workpiece was selected taking into account the technical and economic comparison of options, a technological process was designed, a dimensional analysis of the technological process was performed, calculations of processing tolerances, cutting modes were carried out and technical standards.

In the section for calculating the elements of the machining section, the given program is defined, the number of machines, load factors and the number of workers on the site are calculated.

In the labor protection section, such issues as the causes of occurrence, the effect on the human body and the regulation of harmful and dangerous production factors in the production room are worked out, recommendations are given for improving working conditions, and fire safety standards are considered.

Keywords: technological process, machining, workpiece, part, cutting conditions, time standards, machining section.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»	7
1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	7
1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Корпус»	12
2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС ДУ-10.08.004»	15
2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі	15
2.2 Вибір способу виготовлення заготовки	20
2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки	20
2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення	20
2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки	28
2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки	29
2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого	31
2.3 Розробка маршруту механічної обробки	33
2.3.1 Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 108H8^{(+0,054)}$	33
2.3.2 Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз	35
2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки	39
2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу	40
2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь	47
2.3.6 Визначення режимів різання	55
2.3.7 Визначення технічних норм часу	58

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ДУ-10.08.004»	62
3.1 Розрахунок приведеної програми	62
3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	68
3.3 Побудова графіків завантаження обладнання	70
3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці	71
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	74
4.1 Аналіз умов праці	74
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	77
4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки	81
ВИСНОВКИ	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	84
ДОДАТКИ	87
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	87
Додаток Б (обов'язковий). Графічна частина	88

ВСТУП

Актуальність. У розвитку технології обробки металів різанням за останні роки відбуваються принципові зміни. Інтенсифікація технологічних процесів на основі застосування ріжучих інструментів з нових інструментальних матеріалів, розширення сфери застосування обладнання з ЧПК, створення роботизованих верстатних комплексів і гнучких виробничих систем з управлінням від ПК, підвищення розмірної і геометричної точності, що досягається при обробці – такий неповний перелік найважливіших напрямків розвитку технології механічної обробки в машинобудуванні.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ДУ-10.08.004».

Завдання, що вирішуються в роботі:

- проведення огляду технології виготовлення деталі типу «Корпус»;
- встановлення типу виробництва та форми організації роботи;
- якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки;
- проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ДУ-10.08.004»;
- розмірний аналіз технологічного процесу;
- визначення режимів різання та норм часу технологічного процесу механічної обробки;
- розрахунок приведеної програми, кількості обладнання та працівників на проектуємій дільниці;
- виконання розділу з охорони праці.

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»

1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

Тип виробництва виконується за коефіцієнтом закріплення операцій [1, 2]:

$$K_{\text{з.о.}} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (1.1)$$

де $\sum O_i$ – сумарна кількість операцій, які виконуються на робочих місцях дільниці;

$\sum P_i$ – сумарна кількість робочих місць для виконання операцій.

Згідно креслення деталі встановлено найбільш характерні переходи механічної обробки деталі «Корпус ДУ-10.08.004».

Переходи 1-2 планується виконувати на одному верстаті (токарно-револьверному з ЧПК), переходи 3-7 на іншому верстаті (токарно-револьверному з ЧПК).

Розрахуємо штучно-калькуляційний час за формулою

$$T_{\text{шт-к}} = T_o \cdot \varphi_k \text{ [хв.]}, \quad (1.2)$$

де T_o – основний час обробки, хв.;

φ_k – коефіцієнт [1, 2]. Приймаємо φ_k для умов середньосерійного виробництва, встановленого наближено за програмою випуску і масою деталі.

Тоді

$$T_{\text{шт-к}1-2} = 1,3 \cdot (0,47 + 1,16) = 2,12 \text{ (хв.)};$$

$$T_{\text{шт-к}3-7} = 1,3 \cdot (0,12 + 0,282 + 0,59 + 1,642 + 0,41) = 2,66 \text{ (хв.)}$$

Кількість верстатів для обробки деталі для вказаних переходів (враховуючи наближено встановлений середньо серійний тип виробництва [2]):

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{шт-к}}{60 F_d \cdot \eta_{з.н.}} \text{ [шт.]}, \quad (1.3)$$

де $N = 5000$ шт. – річна програма випуску деталі «Корпус ДУ-10.08.004»;

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

F_d – дійсний фонд роботи обладнання ($F_d = 3890$ год. при роботі в 2 зміни);

$\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_{з.н.} = 0,75$ для попередньо визначеного серійного виробництва [2]).

$$C_{p1-2} = \frac{5000 \cdot 2,12}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,06 ;$$

$$C_{p3-7} = \frac{5000 \cdot 2,66}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,076 .$$

Для виконання переходів механічної обробки прийнято кількість робочих місць:

$$P_{пр 1-2} = 1; \quad P_{пр 3-7} = 1.$$

Усі дані занесено в таблицю 1.1.

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_{pi}}{P_{pi}}; \quad (1.4)$$

$$\eta_{з.ф. 1-2} = 0,06/1 = 0,06;$$

$$\eta_{з.ф. 3-7} = 0,076/1 = 0,076.$$

Таблиця 1.1 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

Переходи механічної обробки	T_o , хв	φ_k	$T_{шт-к}$, хв	C_p	P_{np}	$\eta_{з.ф.}$	$\eta_{з.м.}$	O	$K_{з.о.}$
1. Точити торець Ø170 (розмір 80h8) попередньо	$0,000045 \cdot D \cdot (D-d) =$ $=0,000045 \cdot 170 \cdot (170-108)=0,47$	1,3	2,12	0,06	1	0,06	0,75	13	11,5
2. Точити торець Ø170 (розмір 80h8) остаточно	$0,00011 \cdot D \cdot (D-d) =$ $=0,00011 \cdot 170 \cdot (170-108)=1,16$								
3. Точити торець Ø128 (розмір 80h8) попередньо	$0,000045 \cdot D \cdot (D-d) =$ $=0,000045 \cdot 128 \cdot (128-100)=0,12$	1,3	2,66	0,076	1	0,076	0,75	10	
4. Точити торець Ø128 (розмір 80h8) остаточно	$0,00011 \cdot D \cdot (D-d) =$ $=0,00011 \cdot 128 \cdot (128-100)=0,282$								
5. Розточити отвір Ø110H8 попередньо	$0,000068 \cdot D \cdot \ell =$ $=0,000068 \cdot 108 \cdot 80 =$ $=0,59$								
6. Розточити отвір Ø110H8 попередньо	$0,00019 \cdot D \cdot \ell =$ $=0,00019 \cdot 108 \cdot 80 =$ $=1,642$								
7. Розточити отвір Ø110H8 остаточно	$0,000047 \cdot D \cdot \ell =$ $=0,000047 \cdot 108 \cdot 80 =$ $=0,41$								

Кількість операцій, закріплених за кожним робочим місцем:

$$O_i = \frac{\eta_{з.м.}}{\eta_{з.ф. i}}; \quad (1.5)$$

де $\eta_{з.м.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

$\eta_{з.ф. i}$ – фактичний коефіцієнт завантаження обладнання, на i -ій операції.

$$O_{1-2} = \frac{0,75}{0,06} = 12,5 \rightarrow 13 ;$$

$$O_{3-7} = \frac{0,75}{0,076} = 9,87 \rightarrow 10 .$$

Результати розрахунків зведено в таблицю 1.1.

Отже, коефіцієнт закріплення

$$K_{30} = \frac{13 + 10}{1 + 1} = 11,5.$$

Так як $10 < K_{30} < 20$, то тип даного виробництва середньосерійний.

Визначення форми організації роботи

Заданий добовий випуск виробів

$$N_d = \frac{N}{254} \text{ [шт.]}, \quad (1.6)$$

де 254 – кількість робочих днів в році.

$$N_d = \frac{5000}{254} = 19,7 \approx 20 \text{ (шт.)}$$

Розрахункова добова продуктивність потокової лінії

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{шт-к.ср}} \cdot \eta, \text{ [шт.]}, \quad (1.7)$$

де $T_{шт-к.ср}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних операцій,

хв.;

F_d – добовий фонд часу роботи обладнання ($F_d = 952$ хв.);

η – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії ($\eta = 0,75$).

$$T_{\text{шт} - \kappa_{\text{ср}}} = \frac{2,12 + 2,66}{2} = 2,39 \text{ (хв.)};$$

$$Q_{\text{д}} = \frac{952}{2,39} \cdot 0,75 = 298,74 \approx 299 \text{ (шт.)}$$

Оскільки потрібний добовий випуск виробів значно менший добової продуктивності лінії $N_{\text{д}} = 20 \text{ шт.} < Q_{\text{д}} = 299 \text{ шт.}$, то організація потокової лінії недоцільна.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску:

$$n = \frac{N \cdot t}{254} \text{ [шт.]}, \quad (1.8)$$

де t – періодичність запуску деталей на обробку в днях (для серійного виробництва прийнято 6 днів).

$$n = \frac{5000 \cdot 6}{254} = 118,1 \text{ (шт.)}, \text{ приймаємо } n = 118 \text{ шт.}$$

Розрахункова кількість змін:

$$C_{\text{зм}} = \frac{T_{\text{шт} - \kappa_{\text{ср}}} \cdot n}{476 \cdot 0,75} = \frac{2,39 \cdot 118}{476 \cdot 0,75} = 0,79 \text{ (зміни)};$$

де 476 – ефективний фонд часу роботи обладнання в зміну, хв.

Кількість деталей в партії:

$$n = \frac{C_{\text{зм}} \cdot 476 \cdot 0,75}{T_{\text{шт} - \kappa_{\text{ср}}}} = \frac{1 \cdot 476 \cdot 0,75}{2,39} = 149,4 \text{ (шт.)}$$

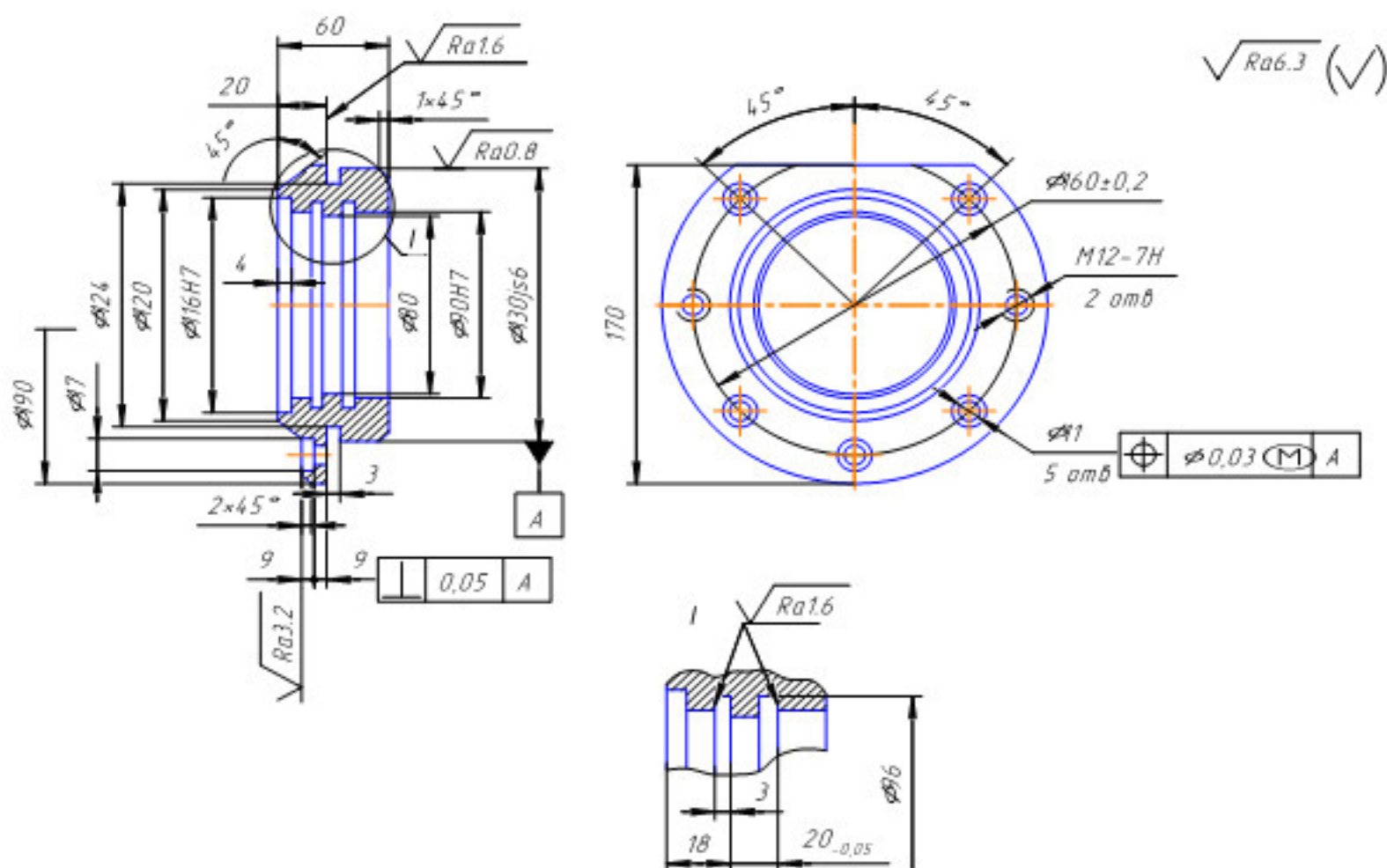
Приймаємо кількість деталей в партії $n = 150$ шт.

Висновок. Тип виробництва – середньосерійний, форма організації роботи – групова, кількість деталей в партії, що запускається на обробку одночасно $n = 150$ шт.

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

Задана деталь «Корпус ДУ-10.08.004» відноситься до класу корпусних але за своєю конфігурацією вона також близька до деталей типу «Стакан» або «Фланець» [1-6]. Тип виробництва середньосерійний.

Типовий маршрут обробки деталі «Стакан» (рис. 1.1) представлений у вигляді таблиці 1.2 [1-6].



Вид заготовки – виливок.
Матеріал – чавун СЧ20.

Рисунок 1.1 – Деталь «Стакан»

Таблиця 1.2 – Маршрут механічної обробки деталі «Стакан»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
1	2	3	4
005	Лиття		
010	Обрубка і очищення виливка		
015	Підрізати торці Ø130Js6/Ø90H7, торця Ø190(правий торець), точити поверхню Ø130Js6, точити канавку, розточити отвори Ø80 і Ø90H7, з підрізанням внутрішнього торця Ø90H7/Ø80	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
020	Підрізати торці Ø190(лівий торець), торець Ø144, розточити отвір Ø116H7, обточити поверхні Ø190 і конічну поверхню Ø144×45°	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
025	Термічна обробка		
030	Підрізати торець Ø130Js6/Ø90H7 остаточно, точити поверхню Ø130Js6 з підрізанням торця Ø190(правий торець) під шліфування, фаски, канавку остаточно. Розточити отвір Ø90H7 з підрізанням внутрішнього торця Ø90H7/Ø80 і отвір Ø80, канавки 3×Ø96 остаточно, притупити гострі кромки	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
035	Підрізати торці Ø144/Ø116H7, точити поверхню Ø190, конусну поверхню Ø144×45° остаточно. Розточити отвори Ø90H7, з підрізанням внутрішнього торця Ø90H7/Ø80 під тонке розточування виточки Ø116H7 і двох канавок 3×Ø96	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий пневматичний патрон

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4
040	Свердли 5 отворів Ø11, два отвори Ø10,2 під різьбу M12-7H, зенкувати 5 отворів Ø11/Ø17, фаски 2×60°, нарізати різьбу M12. Фрезерувати лиски у розмір 120	Багатоцільовий вертикальний фрезерно-свердлильний ГФ2171	Наладка УСПО
045	Зачистити заусенці	Машина для зняття заусенців	
050	Розточити два отвори Ø90H7	Алмазно-розточний (спеціальний)	Установочне пристосування
055	Шліфувати Ø130Js6 з підшліфовуванням торця Ø190 (правий торець)	Круглошліфувальний напівавтомат 3У131ВМ	Спеціальна оправка
060	Промити деталь	Машина для миття	
065	Технічний контроль		
070	Нанесення антикорозійного покриття		

Аналіз типового технологічного процесу механічної обробки дозволяє зробити висновок про те, що схема обробки, яка використовується, може бути прийнята за основу. Але враховуючи тип виробництва доцільно застосувати верстати з ЧПК. Обробка ведеться партіями, відбувається зміна оброблюваних деталей одного найменування на інше, тому необхідна постійна переналадка верстатів.

Користуючись типовими технологічними процесами механічної обробки, створимо технологічний процес механічної обробки заданої деталі «Корпус ДУ-10.08.004».

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС ДУ-10.08.004»

2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі

2.1.1 Якісний аналіз технологічності деталі

Деталь «Корпус ДУ-10.08.004» (рис. 2.1) є складовою вакуумного насоса. Проаналізувавши умови роботи вузла та річну програму випуску, а також існуючу конструкцію можна зробити висновок, проте що дана деталь має конфігурацію середньої складності, тому немає необхідності у спрощенні конструкції.

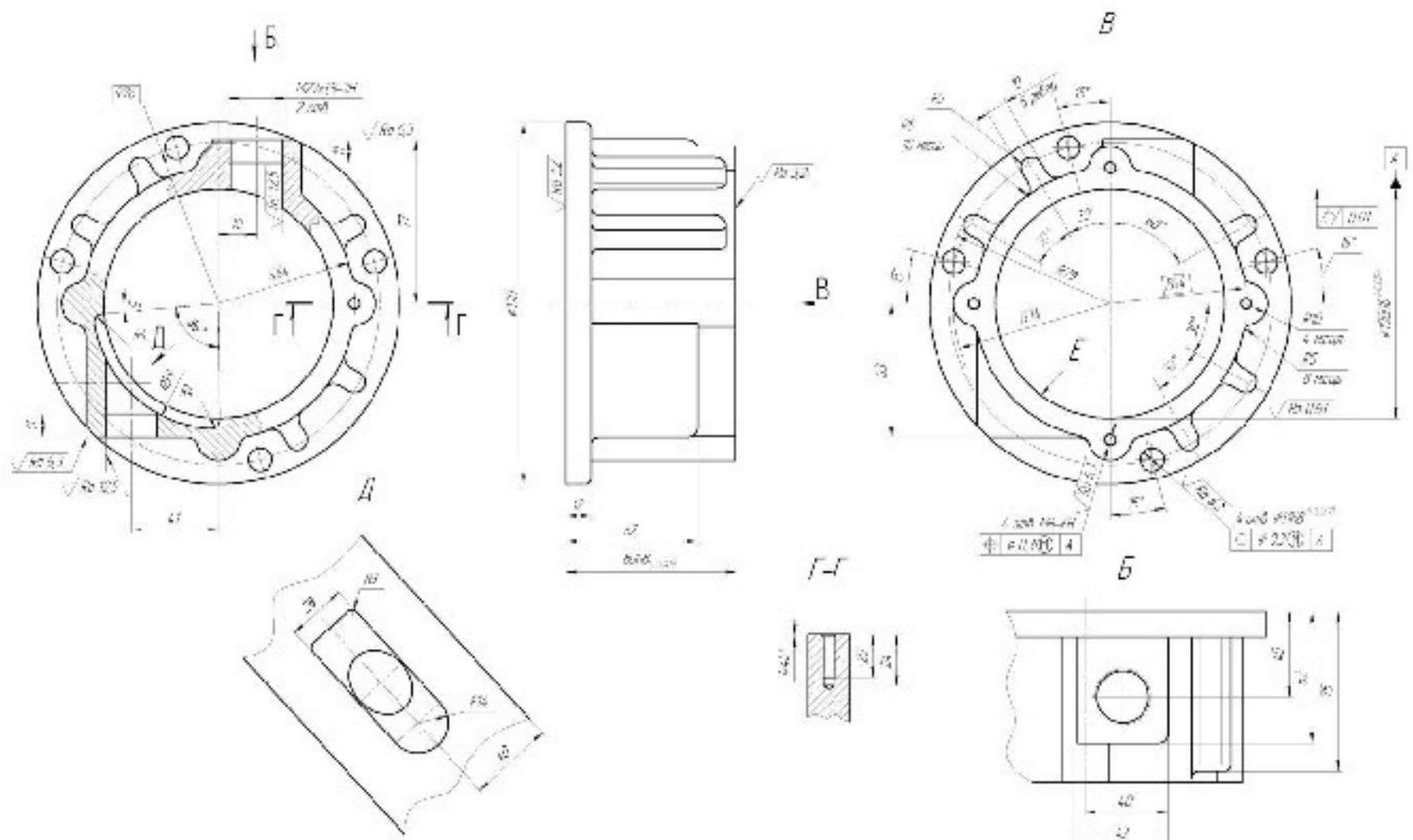


Рисунок 2.1 – Ескіз деталі «Корпус ДУ-10.08.004»

У конструкції виробу присутні наступні елементи – чотири наскрізні отвори, чотири різеві отвори, розвинена внутрішня циліндрична поверхня.

Проаналізувавши конструкцію деталі можна зробити висновок, що при обробці всіх поверхонь можна використати принципи суміщення баз та обробки

з одного установу. За рахунок виконання цієї умови забезпечується необхідна точність відповідальних поверхонь виробу.

За результатами розробки креслення та перевірки залежності допустимих відхилень, шорсткостей від відхилень геометричної форми та взаємного розміщення поверхонь можна зробити висновок, що залежності відповідають вимогам.

Враховавши конфігурацію деталі, а також розглянувши відомі методи проведення вимірювання та асортимент доступного вимірювального інструменту робимо висновок, що при обробці всіх поверхонь можна виконати безпосереднє вимірювання одержаних розмірів.

Основною конструкторською базою деталі «Корпус ДУ-10.08.004» є площина основи $\varnothing 170$, розмір $80h8_{(-0,046)}$.

Допоміжними конструкторськими базами є отвір $\varnothing 108H8^{(+0,054)}$, площина $\varnothing 128$, $80h8_{(-0,046)}$, паз шириною 28 мм, кріпильні отвори $\varnothing 11H8^{(+0,027)}$, М6-6Н, М27×1,5-7Н.

Всі інші поверхні є вільними.

Найбільш високі вимоги по точності та шорсткості до основної конструкторської бази – площини основи, допоміжних конструкторських баз – отвору $\varnothing 108H8^{(+0,054)}$, площини $\varnothing 128$, лінійного розміру $80h8_{(-0,046)}$.

Враховавши, що виробництво середньосерійне, матеріал – СЧ 20 ГОСТ 1412-85, конфігурацію деталі – як метод одержання заготовки вибираємо лиття. Цей метод забезпечить мінімальну механічну обробку та значну економію матеріалу.

3D-модель деталі «Корпус ДУ-10.08.004» представлено на рис. 2.2.

Матеріал деталі сірий чавун СЧ 20 ГОСТ 1412-85 – порівняно дешевий конструкційний матеріал. Він набув широкого поширення практично у всіх галузях машинобудування завдяки цінним ливарним та технологічними властивостям.



Рисунок 2.2 – 3D-модель деталі «Корпус ДУ-10.08.004»

Таблиця 2.1 – Хімічний склад СЧ 20

C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %	Fe, %
3,3-3,5	1,4-2,4	0,7-1	до 0,15	до 0,2	≈ 93

Механічні властивості СЧ 20 при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$: $\sigma_{\text{в}} = 200\text{ МПа}$.

2.1.2 Кількісний аналіз технологічності деталі

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів розраховується за формулою [1, 2]:

$$K_{\gamma} = \frac{Q_{\gamma}}{Q_{\epsilon}}, \quad (2.1)$$

де Q_{γ} , Q_{ϵ} – відповідна кількість уніфікованих елементів і загальна кількість типорозмірів конструктивних елементів (різьба, отвори, фаски і т. ін) (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Визначення коефіцієнта уніфікації

Розміри					
Лінійні	Діаметральні	Радіуси	Кути	Різьбові	Шорсткість
1	2	3	4	5	6
11* (2 пов.) 77 63* 41 18* 12* 62 80h8 _(-0,046) * 40* 40* 62 75* 20* (4 пов.) 24* (4 пов.) 1* (4 пов.)	ø11H8* (4 пов.) ø108H8 ^(+0,054)	64 74 76	15°* (4 пов.) 45°* (4 пов.) 60°*	M6-6H* (4 пов.) M27×1,5-7H* (2 пов.)	0,63* 3,2* (4 пов.) 6,3* (22 пов.)
$\sum_{\text{уніф}} = 21$ $\sum_{\text{всг}} = 25$	$\sum_{\text{уніф}} = 4$ $\sum_{\text{всг}} = 5$	$\sum_{\text{уніф}} = 0$ $\sum_{\text{всг}} = 3$	$\sum_{\text{уніф}} = 9$ $\sum_{\text{всг}} = 9$	$\sum_{\text{уніф}} = 6$ $\sum_{\text{всг}} = 6$	$\sum_{\text{уніф}} = 27$ $\sum_{\text{всг}} = 27$

$$K_y = \frac{67}{75} = 0,89 > 0,6 \text{ — деталь технологічна.}$$

Розрахунок коефіцієнта точності

$$K_r = 1 - \frac{1}{T_{\varphi}}; \quad (2.2)$$

де T_{φ} – середній квалітет точності розмірів;

$$T_{\varphi} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}. \quad (2.3)$$

Таблиця 2.3 – Визначення коефіцієнта точності обробки

Квалітет	Розміри	Кількість поверхонь	Розрахунок
8	$\varnothing 108H8^{(+0,054)}$ $80h8^{(-0,046)}$ $\varnothing 11H8^{(+0,027)}$ (4 отв.)	6	$8 \times 6 = 48$
14	Всі інші	22	$14 \times 22 = 308$
Всього		28	356

$$T_{cp} = \frac{8 \cdot 6 + 14 \cdot 22}{6 + 22} = 12,71 ;$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{12,71} = 0,92 > 0,8 \text{ — деталь технологічна.}$$

Коефіцієнт шорсткості поверхні

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}}, \quad (2.4)$$

де $Ш_{cp}$ – середня шорсткість поверхонь;

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{n_i}. \quad (2.5)$$

Таблиця 2.4 – Визначення коефіцієнта шорсткості поверхонь

Шорсткість, Ra	Розміри	Кількість поверхонь	Розрахунок
0,63	$\varnothing 108H8^{(+0,054)}$	1	$0,63 \times 1 = 0,63$
3,2	$80h8^{(-0,046)}$	2	$3,2 \times 2 = 6,4$
6,3	всі інші	22	$6,3 \times 22 = 138,6$
12,5	M27×1,5-7H	2	$12,5 \times 2 = 25$
Всього		27	170,63

$$Ш_{cp} = \frac{0,63 \cdot 1 + 3,2 \cdot 2 + 6,3 \cdot 22 + 12,5 \cdot 2}{1 + 2 + 22 + 2} = 6,32 ;$$

$$K_{ш} = \frac{1}{6,32} = 0,16 < 0,32 \text{ — деталь технологічна.}$$

Висновок. $K_y = 0,89 > 0,6$; $K_r = 0,92 > 0,8$; $K_{ш} = 0,16 < 0,32$ — отже, деталь за кількісними показниками є технологічною.

2.2 Вибір способу виготовлення заготовки

2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Орієнтуючись на робоче креслення деталі, матеріал деталі – СЧ 20, масу – $m = 3,8$ кг, річна програма випуску – $N_p = 5000$ шт., тип виробництва – середньосерійний встановлюємо метод одержання заготовки – лиття.

Можливі способи одержання заготовки було вибрано наступні [7-11]: лиття в піщано-глинисті форми, оболонкові форми, облицьований кокіль та відцентроване лиття.

Проаналізувавши різні способи виготовлення заготовок, обираємо такі способи: лиття в оболонкові форми та піщано-глинисті форми.

Лиття в піщано-глинисті форми дає можливість використати недорогі формувальні матеріали, а при використанні машинного формування суміші по металевих моделях механізувати процес, що є доцільним для серійного виробництва.

Лиття в оболонкові форми вимагає використання більш дорогих формувальних матеріалів, але є також механізованим процесом, більш продуктивним.

2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

Призначення припусків на механічну обробку та розрахунок граничних розмірів

При виборі прийнятих параметрів вхідних даних керуємося примітками до таблиць, де приведені рекомендації по призначенню параметрів точності з врахуванням типу виробництва і складності заготовки. Так як виробництво

середньосерійне і виливок середньої складності приймаємо середні параметри точності [7, 8].

Таблиця 2.5 – Розрахунок розмірів литих заготовок [7, 8]

Вихідні дані	Лиття в оболонкові форми					
	Згідно нормативів [7, 8]			Прийнято		
Клас розмірної точності виливків	8-13т 8, 9т, 9, 10, 11т, 11, 12, 13т			11т		
Ступінь жолоблення елементів виливків	5-8 5, 6, 7, 8			7		
Ступінь точності поверхонь виливків	8-14 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14			11		
Шорсткість поверхонь виливків	Ra = 20,0 мкм					
Клас точності маси виливків	6-13 6, 7т, 7, 8, 9т, 9, 10, 11т, 11, 12, 13т, 13			11т		
Ряд припусків на обробку виливків	4-7 4, 5, 6, 7			5		
Розрахункові розміри	Ø108H8 (+0,054)	77	80h8 _(-0,046)	63	Ø11	Ø25,5
Допуски:						
розмірів	4,0	3,6	3,6	3,2	2,2	2,4
форми чи розміщення	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	-	-
зміщення через перекіс стержня	1,2 (товщ. стінки 10 мм)	-	-	-	1,0 (товщ. стінки 3,5 мм)	1,2 (товщ. стінки 10 мм)
нерівностей	0,5					
маси	12,0%					
Загальний допуск	4,4	4,0	4,0	3,2	2,4	2,8
Припуски:						
мінімальний	0,5					
	Кількість переходів механічної обробки					
За точністю розмірів	4	1	4	1	1	1
за відхиленнями форми і взаємного розміщення поверхонь	-	-	1	-	1	-
прийнята кількість переходів	4	1	4	1	1	1
Загальний припуск	5,3	2,8	5,1	2,4	2,0	2,2
Розміри заготовки:						
розраховані	Ø97,4	Ø79,8	90,2	65,4	Ø6,2	21,1

Таблиця 2.6 – Розрахунок розмірів литих заготовок [7, 8]

Вихідні дані	Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші					
	Згідно нормативів [7, 8]			Прийнято		
Клас розмірної точності виливків	7-12 7, 8, 9т, 9, 10, 11т, 11, 12			10		
Ступінь жолоблення елементів виливків	5-8 5, 6, 7, 8			7		
Ступінь точності поверхонь виливків	10-17 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17			13		
Шорсткість поверхонь виливків	Ra = 32,0 мкм					
Клас точності маси виливків	6-13 6, 7т, 7, 8, 9т, 9, 10, 11т, 11, 12, 13т, 13			10		
Ряд припусків на обробку виливків	4-7 4, 5, 6, 7			6		
Розрахункові розміри	Ø108H8 (+0,054)	77	80h8(-0,046)	63	Ø11	Ø25,5
Допуски:						
розмірів	3,2	2,8	2,8	2,4	1,8	2,0
форми чи розміщення	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	-	-
зміщення через перекіс стержня	1,0 (товщ. стілки 10 мм)	-	-	-	0,8 (товщ. стілки 3,5 мм)	1,0 (товщ. стілки 10 мм)
нерівностей	0,64					
маси	10,0%					
Загальний допуск	3,6	3,2	3,2	2,4	2,2	2,4
Припуски:						
мінімальний	0,6					
	Кількість переходів механічної обробки					
За точністю розмірів	4	1	4	1	1	1
за відхиленнями форми і взаємного розміщення поверхонь	-	-	1	-	1	-
прийнята кількість переходів	4	1	4	1	1	1
Загальний припуск	4,8	2,5	4,3	2,1	2,1	2,1
Розміри заготовки:						
розраховані	Ø98,4	Ø79,5	88,6	65,1	Ø6,8	21,3

Клас розмірної точності приймаємо враховуючи спосіб лиття, найбільш габаритний розмір виливка (170 мм), тип матеріалу – СЧ 20:

- лиття в оболонкові форми: 8-13т;
- лиття в піщано-глинисті форми: 7-12.

Ступінь жолоблення елементів виливка призначаємо згідно відношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка). Найбільший розмір – 170 мм, найменший – 12 мм, отже відношення – $12/170=0,07$. Також враховуємо форми разові чи багаторазові, наявність термообробки:

- лиття в оболонкові форми: 5-8;
- лиття в піщано-глинисті форми: 5-8.

Ступінь точності поверхні виливка призначаємо з врахуванням способу лиття. Найбільшого габаритного розміру виливка (170 мм) та матеріал – СЧ 20;

- лиття в оболонкові форми: 8-14;
- лиття в піщано-глинисті форми: 10-17.

Шорсткість поверхні виливка призначаємо, враховуючи прийнятий ступінь точності поверхні виливка:

- лиття в оболонкові форми: $R_a = 20,0$ мкм;
- лиття в піщано-глинисті форми: $R_a = 32$ мкм.

Клас точності маси виливка призначаємо, враховуючи спосіб лиття, номінальну масу виливка (будуємо 3D-модель деталі і визначаємо, що маса деталі $G_{\text{дет}} = 3,8$ кг, тоді маси заготовки будуть відповідно $G_{\text{заг}} = 5,53$ кг, $G_{\text{заг}} = 5,32$ кг) від 4 до 10 кг для обох способів і тип матеріалу СЧ 20:

- лиття в оболонкові форми: 6-13;
- лиття в піщано-глинисті форми: 6-13.

Ряд припусків вибрано в залежності від ступеня точності поверхонь:

- лиття в оболонкові форми: 4-5;
- лиття в піщано-глинисті форми: 5-8.

Вибір допусків [7, 8]

Перед вибором допусків та припусків на механічну обробку поверхонь деталі опрацьовано робоче креслення деталі, встановлено оброблювані поверхні і розміри, що їх зв'язують та записано в розрахункову таблицю. На тих ділянках, отвори, впадини, порожнини і тому подібне отримати способами лиття важко або неможливо, призначено напуски.

Допуск розмірів призначено враховуючи клас розмірної точності (лиття в оболонкові форми – 11т, в піщано-глинисті форми – 10) і номінальний розмір на який призначаємо допуск.

Допуск форми і розміщення призначено враховуючи ступінь жолоблення (лиття в оболонкові форми – 7, в піщано-глинисті форми – 7) і номінальний розмір нормованої ділянки.

Допуск нерівностей призначено враховуючи ступінь точності поверхні виливка (лиття в оболонкові форми – 11т, в піщано-глинисті форми – 13).

Допуск маси призначено залежно від класу точності маси виливка (лиття в оболонкові форми – 11т, в піщано-глинисті форми – 10) і номінальної маси виливка.

Допуск зміщення по площині роз'єму – для цього необхідно знати, де буде проходити площина роз'єму. При литті в піщано-глинисті форми і литті в оболонкові форми це зміщення не буде впливати на розрахункові розміри (див. рис 2.3).

Допуск на перекіс стержня – встановлюється для діаметральних розмірів, що формуються за допомогою стержнів по товщині стінки, що утворюється за допомогою стержня та класом розмірної точності (на один клас точніше). При литті в оболонкові форми $\varnothing 108H8^{(+0,054)}$, $\varnothing 11$, $\varnothing 24,5$ по класу точності 9, при литті в піщано-глинисті форми $\varnothing 108H8^{(+0,054)}$, $\varnothing 11$, $\varnothing 24,5$ по класу точності 9т.

Загальний допуск – призначаємо, враховуючи допуск розмірів і допуск форми і розміщення поверхонь.

Вибір припусків [7, 8]

Мінімальний припуск призначаємо залежно від ряду припусків. При литті в оболонкові форми мінімальний припуск становитиме 0,5 мм, при литті в піщано-глинисті форми – 0,6 мм.

Кількість переходів механічної обробки за точністю виконуваних розмірів визначається в залежності від допуску розміру виливка та співвідношення допуску, розміру деталі і виливка.

Лиття в оболонкові форми

$\varnothing 108H8^{(+0,054)}$: $0,054/4,0=0,0135$ – 4 переходи;

$80h8_{(-0,046)}$: $0,046/3,6=0,0128$ – 4 переходи.

Лиття в піщано-глинисті форми

$\varnothing 108H8^{(+0,054)}$: $0,054/3,2=0,0169$ – 4 переходи;

$\varnothing 80h8_{(-0,046)}$: $0,046/2,8=0,0164$ – 4 переходи.

Так як інші розміри виконані по 14 квалітету, тому виконується їх обробка за 1 перехід.

Кількість переходів механічної обробки за точністю форми і розміщення приймається в залежності від допуску розміру виливка та відношення між допусками форми і розміщення оброблюваної поверхні деталі і відповідної поверхні виливка.

Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням

- $\varnothing 11$ – позиційний допуск $\varnothing 0,3M$ до А: $0,3/0,5=0,6$ – 1 перехід.

Лиття в оболонкові форми

- $\varnothing 11$ – позиційний допуск $\varnothing 0,3M$ до А: $0,3/0,5=0,6$ – 1 перехід.

Загальний припуск призначаємо, враховуючи загальний допуск виливка, від кінцевої обробки і ряд припуску.

Розрахунок розмірів заготовки

При литті в оболонкові форми:

$$\varnothing 108 - 5,3 \cdot 2 = 97,4 \text{ (мм);}$$

$$77 + 2,8 = 79,8 \text{ (мм);}$$

$$80 + 5,1 \cdot 2 = 90,2 \text{ (мм);}$$

$$63+2,4 = 65,4 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 11-2,4 \cdot 2 = 6,2 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 25,5-2,2 \cdot 2 = 21,1 \text{ (мм).}$$

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням:

$$\varnothing 108-4,8 \cdot 2 = 98,4 \text{ (мм);}$$

$$77+2,5 = 79,5 \text{ (мм);}$$

$$80+4,3 \cdot 2 = 88,6 \text{ (мм);}$$

$$63+2,1 = 65,1 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 11-2,1 \cdot 2 = 6,8 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 25,5-2,1 \cdot 2 = 21,3 \text{ (мм).}$$

Вибір товщини стінок, радіусів заокруглень, нахилів та інших конструкторських елементів литої заготовки

Товщина стінок.

Мінімальну товщину вибираємо з рекомендацій, залежно від матеріалу, маси вилівка, способу лиття [7, 8]

$$N = (2L + B + H) / 4 = (2 \cdot 80 + 170) / 4 = 82,5 \text{ (мм),}$$

де L, B, H – відповідно довжина, ширина, висота деталі.

Мінімально допустима товщина стінки 5 мм.

Мінімальна товщина у виливку складає 6,5 мм, що перевищує 5 мм.

Радіуси заокруглень [7, 8]

Радіуси заокруглень в значній мірі визначають якість виливка.

Вибираються згідно рекомендаціям, залежно від співвідношення $(S+S1)/2$ і від матеріалу виливка.

Таблиця 2.7 – Радіуси заокруглень при литті в оболонкові форми

$(S+S1)/2$	Кут між спряженими елементами	Радіус заокруглень, мм
$(31+12)/2=21,5$	90°	4
$(31+12)/2=21,5$	90°	4
$(20+5)/2=12,5$	90°	3
$(31+42)/2=36,5$	90°	6

Таблиця 2.8 – Радіуси заокруглень при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням

$(S+S1)/2$	Кут між спряженими елементами	Радіус заокруглень, мм
$(31+12)/2=21,5$	90°	4
$(31+12)/2=21,5$	90°	4
$(20+5)/2=12,5$	90°	3
$(31+42)/2=36,5$	90°	6

Враховуючи технологічні вимоги, приймаємо радіуси заокруглень 3-6 мм.

Нахили

Нахили при литті в оболонкові форми в верхній частині висота формоутворних поверхонь складає 12 мм і тому нахили складають $1^\circ 16'$, в нижній частині висота формоутворних поверхонь складає 68 мм і тому нахили складають $0^\circ 13'$.

Мінімальний діаметр отворів, що виливаються

$$d_{\min} = d_0 + 0,1S ,$$

де d_0 – вихідний діаметр, для чавуну $d_0 = 7$ мм;

S – товщина стінки, що утворюється при формуванні отвору стержнем.

Для отвору деталі Ø11:

$$d_{\min} = 7 + 0,1 \cdot 3,5 = 7,35 \text{ (мм)}.$$

За розрахунками діаметр заготовки під отвір Ø11:

- при литті в оболонкові форми – 6,2 мм;
- при литті в піщано-глинисті форми – 6,8 мм.

Отже, ці отвори не можуть бути виготовлені у виливках.

2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки

Після виконання розрахунку розмірів заготовки, вибору конструктивних елементів заготовки (для двох найбільш доцільних способів її виготовлення) зображено ескізи заготовок для лиття в оболонкові форми та лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші (рис. 2.3).

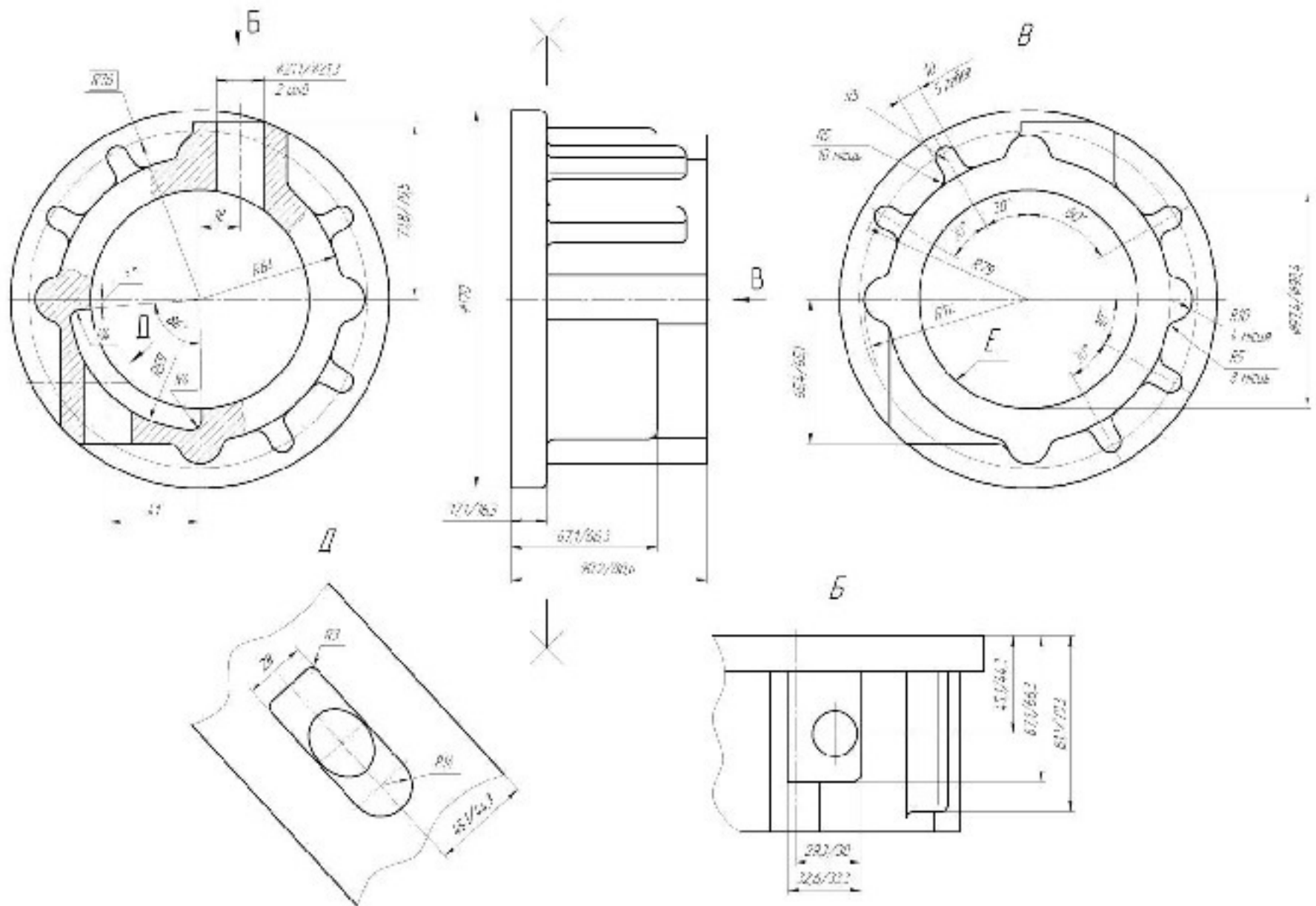


Рисунок 2.3 – Ескіз заготовки при литті в оболонкові форми / піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші

2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки

Коефіцієнт точності маси визначається за формулою

$$K_{г.м.} = \frac{Q_{дет}}{Q_{заг}}, \quad (2.6)$$

де $Q_{дет}$ – маса деталі; $Q_{заг}$ – маса заготовки.

Масу заготовки визначаємо за допомогою створених 3D-моделей.

При литті в оболонкові форми маса заготовки складає 5,53 кг (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – 3D-модель виливка при литті в оболонкові форми

Масо-центрувальні характеристики

Матеріал	СЧ20 ГОСТ 1412-85
Густина матеріалу	$R_0 = 0,007200 \text{ г/мм}^3$
Розрахункові параметри	
Маса	$M = 5530,772603 \text{ г}$
Площа	$S = 111513,986088 \text{ мм}^2$
Об'єм	$V = 768162,861488 \text{ мм}^3$
Центр мас	$X_c = 0,663958 \text{ мм}$
	$Y_c = 37,749270 \text{ мм}$

$$Z_c = -1,667635 \text{ мм}$$

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші маса заготовки складає 5,32 кг (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – 3D-модель виливка при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші

Масо-центрувальні характеристики

Матеріал	СЧ20 ГОСТ 1412-85
Густина матеріалу	$R_o = 0,007200 \text{ г/мм}^3$
Розрахункові параметри	
Маса	$M = 5321,867324 \text{ г}$
Площа	$S = 110032,202689 \text{ мм}^2$
Об'єм	$V = 739148,239424 \text{ мм}^3$
Центр мас	$X_c = 0,620615 \text{ мм}$
	$Y_c = 37,068567 \text{ мм}$
	$Z_c = -1,655095 \text{ мм}$

При литті в оболонкові форми

$$K_{г.м.л} = \frac{3,8}{5,53} = 0,69 \text{ .}$$

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші

$$K_{T.M.2} = \frac{3,8}{5,32} = 0,71 .$$

Призначення технічних вимог на литі заготовки

Для лиття в оболонкові форми:

- точність вилівка 11Т-7-11-11Т ГОСТ 26645-85;
- маса 3,8-5,6-0,9-5,53 ГОСТ 26645-85.

Для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням:

- точність вилівка 10-7-13-10 ГОСТ 26645-85;
- маса 3,8-4,4-1,1-5,32 ГОСТ 26645-85.

2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Собівартість заготовок розраховується за формулою [7]:

$$C_{\text{заг}} = \frac{C_{\text{л}}}{1000} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{\Pi} - (Q_{\text{заг}} - Q_{\text{відх}}) \frac{C_{\text{відх}}}{1000} \text{ [грн.]}, \quad (2.7)$$

де $C_{\text{л}}$ – базова вартість однієї тонни заготовок, грн.;

K_T , K_M , K_C , K_B , K_{Π} – коефіцієнти, що залежать, відповідно, від класу точності, марки матеріалу, групи складності, маси і обсягу виробництва заготовок;

$C_{\text{відх}}$ – ціна однієї тонни відходів (стружки), грн.

Для лиття в оболонкові форми приймаємо базову вартість 1 т заготовок – 52520 грн, для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням – 25600 грн.

Коефіцієнти K_T , що враховує клас точності заготовок для лиття в оболонкові форми – 1,0, для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням – 1,05.

Коефіцієнти K_M , що враховує матеріал заготовок для лиття в оболонкові форми – 1,04, для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням – 1,04.

Коефіцієнт K_C , що враховує групу складності для лиття в оболонкові форми – 1,14, для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням – 1,2.

Коефіцієнт K_B , що враховує масу заготовок для лиття в оболонкові форми – 0,86, для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням – 0,91.

Ціна однієї тонни відходів (стружки) $C_{\text{відх}} = 2000$ грн/т.

Для визначення коефіцієнта K_n , що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок, потрібно визначити спочатку групу серійності:

- для лиття в оболонкові форми – 7 група серійності;
- для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням – 3 група серійності.

За визначеною групою серійності виробництва знаходиться коефіцієнт K_n : для лиття в оболонкові форми – 1,1, для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням – 1,0.

Собівартість заготовки для лиття в оболонкові форми:

$$C_{\text{заг.1}} = \frac{(52520 \cdot 5,53 \cdot 1,0 \cdot 1,04 \cdot 1,14 \cdot 0,86 \cdot 1,1)}{1000} - \frac{(5,53 - 3,8) \cdot 2000}{1000} = 322,29 \text{ (грн.)}$$

Собівартість заготовки для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням:

$$C_{\text{заг.2}} = \frac{(25600 \cdot 5,32 \cdot 1,05 \cdot 1,04 \cdot 1,2 \cdot 0,91 \cdot 1,0)}{1000} - \frac{(5,32 - 3,8) \cdot 2000}{1000} = 159,36 \text{ (грн.)}$$

Економічний ефект при використанні лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням

$$E = (C_{\text{заг1}} - C_{\text{заг2}}) \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (2.8)$$

$$E = (322,29 - 159,36) \cdot 5000 = 814650 \text{ (грн.)}$$

Висновок. З отриманих розрахунків можна зробити висновок, що при виготовленні заготовки даної деталі доцільно обрати спосіб лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням, так як він є більш економічним для даного типу виробництва.

2.3 Розробка маршруту механічної обробки

2.3.1 Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 108H8^{(+0,054)}$

Заготовка – лиття в піщано-глинисті форми, допуск заготовки на розмір $\varnothing 108H8^{(+0,054)}$ $T_{\text{заг}} = 3200$ мкм, допуск деталі $T_{\text{дет}} = 54$ мкм.

Коефіцієнт уточнення складає [1, 2]:

$$\varepsilon = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{T_2}{T_3} \dots = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \dots, \quad (2.9)$$

$$\varepsilon = \frac{3200}{54} = 59,26,$$

де ε_i – окремі ступені уточнення.

Отже, приймаємо 4 переходи механічної обробки. Тоді

$$\varepsilon_1 = 5; \varepsilon_2 = 3; \varepsilon_3 = 2,5; \varepsilon_4 = 1,58.$$

Допуски на проміжні технологічні розміри:

$$T_1 = \frac{3200}{5} = 640 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{IT } 13);$$

$$T_2 = \frac{640}{3} = 213 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{IT } 11);$$

$$T_3 = \frac{213}{2,5} = 85 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{IT } 9);$$

$$T_4 = \frac{85}{1,58} = 54 \text{ (мкм)} \quad (\text{IT } 8).$$

Остаточно приймаємо 4 переходи механічної обробки:

- розточування попереднє;
- розточування попереднє;
- розточування попереднє;
- розточування остаточне.

Аналогічно для розміру $80h8_{(-0,046)}$

$$\varepsilon = \frac{T_{\text{нар}}}{T_{\text{дем}}} = \frac{2800}{46} = 60,87 \text{ .}$$

Прийнято

$$\varepsilon_1 = 5; \varepsilon_2 = 3,5; \varepsilon_3 = 2; \varepsilon_4 = 1,74.$$

Допуски на проміжні технологічні розміри:

$$T_1 = \frac{2800}{5} = 560 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{IT } 13);$$

$$T_2 = \frac{560}{3,5} = 160 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{IT } 11);$$

$$T_3 = \frac{160}{2} = 80 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{IT } 9);$$

$$T_4 = \frac{80}{1,74} = 46 \text{ (мкм)} \quad (\text{IT } 8).$$

Остаточно приймаємо 4 переходи механічної обробки:

- точіння попереднє;
- точіння попереднє;
- точіння попереднє;
- точіння остаточне.

Методи обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності зведені в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Методи обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності

Поверхні (розміри)	Квалітет точності	Шорсткість Ra, мкм	Методи обробки
$\varnothing 108\text{H}8^{(+0,054)}$	8	0,63	Розточування попереднє; розточування попереднє; розточування попереднє; розточування остаточне
$80\text{h}8_{(-0,046)}$	8	3,2	Точіння (фрезерування) попереднє; точіння (фрезерування) попереднє; точіння (фрезерування) попереднє; точіння (фрезерування) остаточне
$\varnothing 11\text{H}8^{(+0,027)}$	8	6,3	Свердлити; зенкерувати; розвернути

Всі інші поверхні деталі «Корпус ДУ-10.08.004» обробляються за один перехід.

2.3.2 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

Вибір чистових технологічних баз

При виборі чистових технологічних баз необхідно мінімізувати похибку базування на отримуваних розмірах.

На 010-015 операціях використовується схема базування на площину та два пальці – циліндричний та зрізаний (рис. 2.6-2.7).

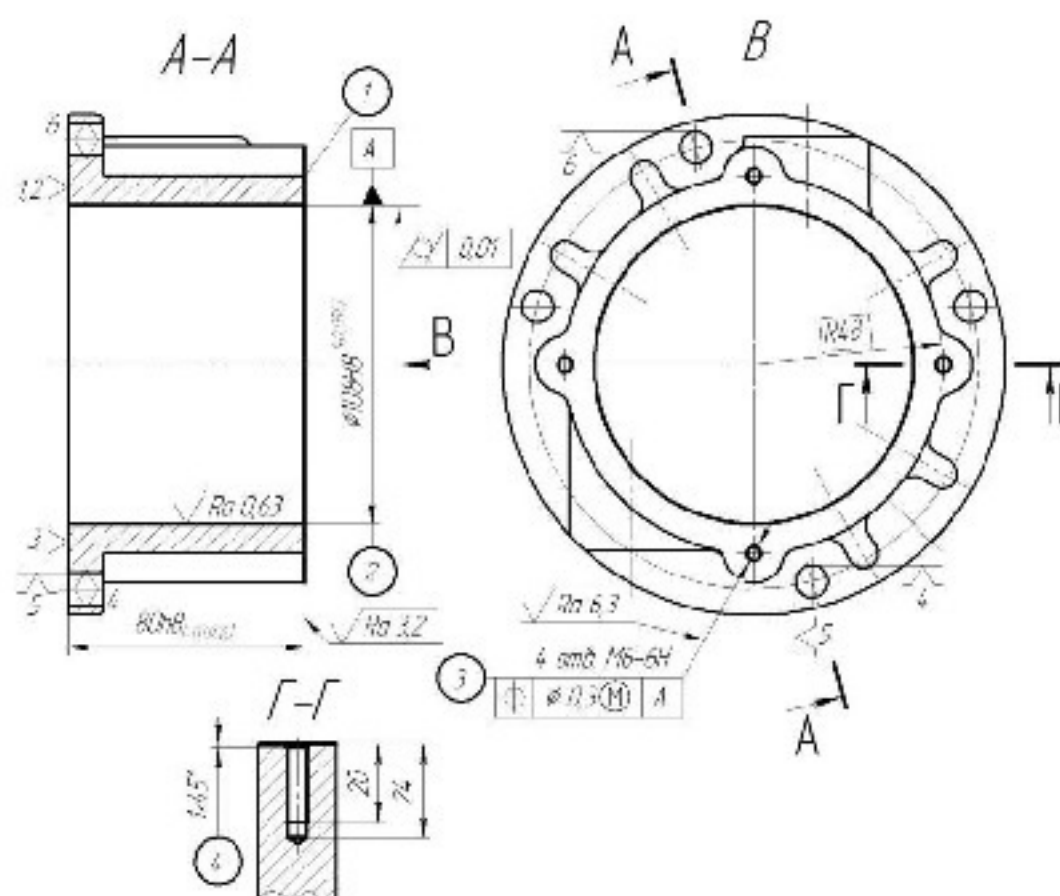


Рисунок 2.6 – Схема базування на операції 010

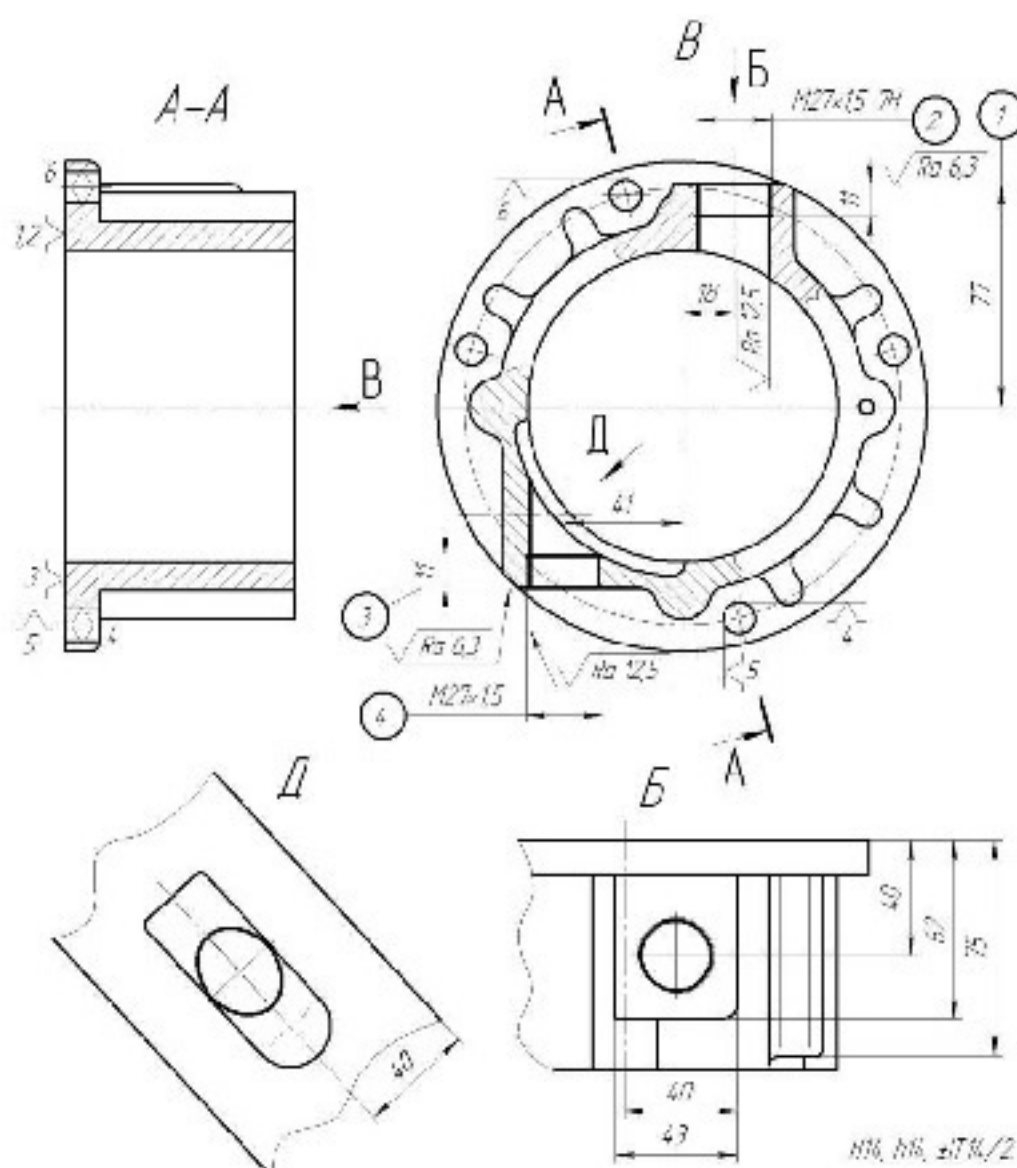


Рисунок 2.7 – Схема базування на операції 015

Похибка базування для діаметральних розмірів:

$$\varepsilon_{\phi 108H8} = 0; \varepsilon_{M6-6H} = 0; \varepsilon_{M27 \times 1,5} = 0.$$

Похибка базування для лінійного розміру $\varepsilon_{80h8} = 0$, тому що конструкторська та технологічна бази співпадають.

Похибка базування для розмірів

$$\varepsilon_{640} = T_{80h8} = 0,46 \text{ мм}; \varepsilon_{662} = T_{80h8} = 0,46 \text{ мм}; \varepsilon_{675} = T_{80h8} = 0,46 \text{ мм};.$$

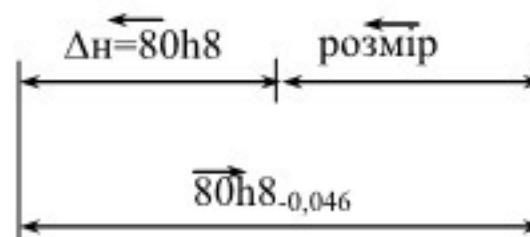


Рисунок 2.8 – Похибка базування

$$\varepsilon_{640} < T_{40}; \quad 0,46 < 0,62 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{662} < T_{62}; \quad 0,46 < 0,74 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{675} < T_{75}; \quad 0,46 < 0,74 \text{ мм}.$$

Умови обробки по точності виконуються.

Вибір чорнових технологічних баз

На операції 005 в якості чорнових технологічних баз вибрано внутрішню діаметральну поверхню $\phi 108H8^{(+0,054)}$ та упорний торець, з яких на 010 операції буде знято мінімальний припуск. Схема базування на самоцентрувальну оправку по внутрішній поверхні та упорний торець показано на рис. 2.9.

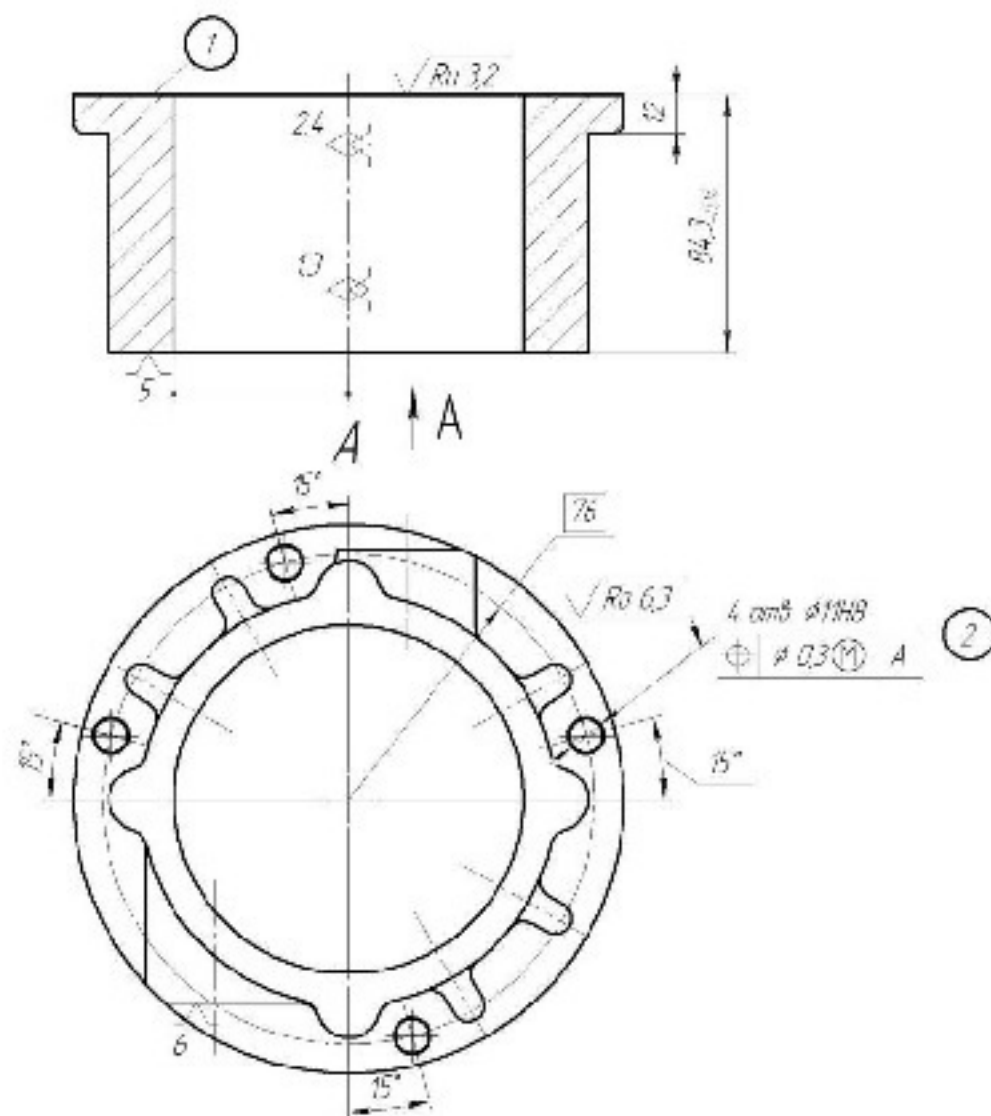


Рисунок 2.9 – Схема базування на операції 005

Похибка базування для діаметрального розміру: $\varepsilon_{\phi 108H8} = 0$.

Похибка базування для лінійного розміру $\varepsilon_{84,3} = 0$, тому що конструкторська та технологічна бази співпадають.

Похибка базування для розміру $\varepsilon_{612} = T_{84,3} = 0,14$ мм.

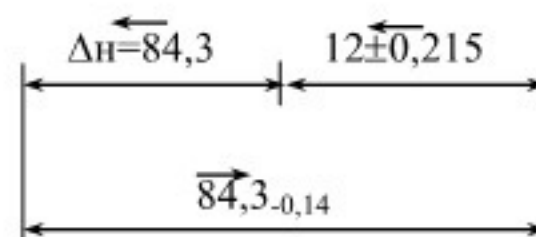


Рисунок 2.10 – Похибка базування

$$\varepsilon_{612} < T_{12}; 0,14 < 0,43 \text{ мм.}$$

Умови обробки по точності виконуються.

При виборі чорнових технологічних баз вирішується задача зняття рівномірного припуску з найбільш відповідальних поверхонь ($\phi 108H8$; $80h8$).

2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки

Таблиця 2.10 – Маршрут механічної обробки деталі «Корпус ДУ-10.08.004»

№ оп-ції	Назва операції, переходи	Ескіз обробки, схема базування	Тип обладнання
005	<u>Вертикально-фрезерна з ЧПУ</u> 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо 3. Фрезерувати поверхню 1 попередньо 4. Фрезерувати поверхню 1 попередньо 5. Фрезерувати поверхню 1 попередньо 6. Центрувати 4 отві 2 7. Шершнати 4 отві 2 8. Шершнати 4 отві 2 однократно 9. Розсередити 4 отві 2 однократно 10. Зняти заготовку		Вертикально-фрезерний з ЧПУ / ПЗС/МФ/МЗ
006	<u>Токарно-револьверна з ЧПУ</u> 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Точити поверхню 1 попередньо 3. Точити поверхню 1 попередньо 4. Точити поверхню 1 попередньо 5. Точити поверхню 1 попередньо 6. Розточити поверхню 2 попередньо 7. Розточити поверхню 2 попередньо 8. Розточити поверхню 2 попередньо 9. Розточити поверхню 2 остаточно 10. Центрувати 4 отві 1 11. Шершнати 4 отві 1 12. Шершнати фланець 4 отві 1 13. Нарізати різьбу 4 отві 1 14. Зняти заготовку		Токарно-револьверний з ЧПУ / ПЗС/МФ/МЗ
007	<u>Вертикально-фрезерна з ЧПУ</u> 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Фрезерувати поверхню 1 однократно 3. Шершнати отві 2 однократно 4. Нарізати різьбу 4 отві 2 5. Шершнати деталі на 100° 6. Фрезерувати поверхню 3 однократно 7. Шершнати отві 4 однократно 8. Нарізати різьбу 4 отві 4 9. Зняти деталь		Вертикально-фрезерний з ЧПУ / ПЗС/МФ/МЗ з лазерним станком

2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

- Вибір розташування технологічних розмірів [1, 12]

Розташування технологічних розмірів призначено таким чином, щоб забезпечувалася відсутність похибки базування за рахунок використання принципу суміщення баз (див. операції 005, 010 ТП). Виконувані розміри вказані на ескізах маршруту механічної обробки.

- Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуски технологічних розмірів попередньо призначаємо, виходячи з точності механічної обробки.

Значення допусків технологічних розмірів зводимо в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Допуски розмірів вихідної заготовки і технологічних розмірів

Вихідна заготовка			
Розмір	Спосіб виготовлення – лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші	Клас розмірної точності	Допуск, мм
3_1	-	10	2,8
3_2	-	10	1,8
Механічна обробка			
Технологічний розмір	Спосіб обробки	Квалітет точності	Допуск, мм
B_1	Фрезерування попереднє	13	460
B_2	Фрезерування попереднє	11	190
B_3	Фрезерування попереднє	9	74
B_4	Фрезерування остаточне	8	46
B_5	Точіння попереднє	13	460
B_6	Точіння попереднє	11	190
B_7	Точіння попереднє	9	74
B_8	Точіння остаточне	8	46

- Розмірна схема технологічного процесу

Розмірна схема технологічного процесу показана на рис. 2.11.

- Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

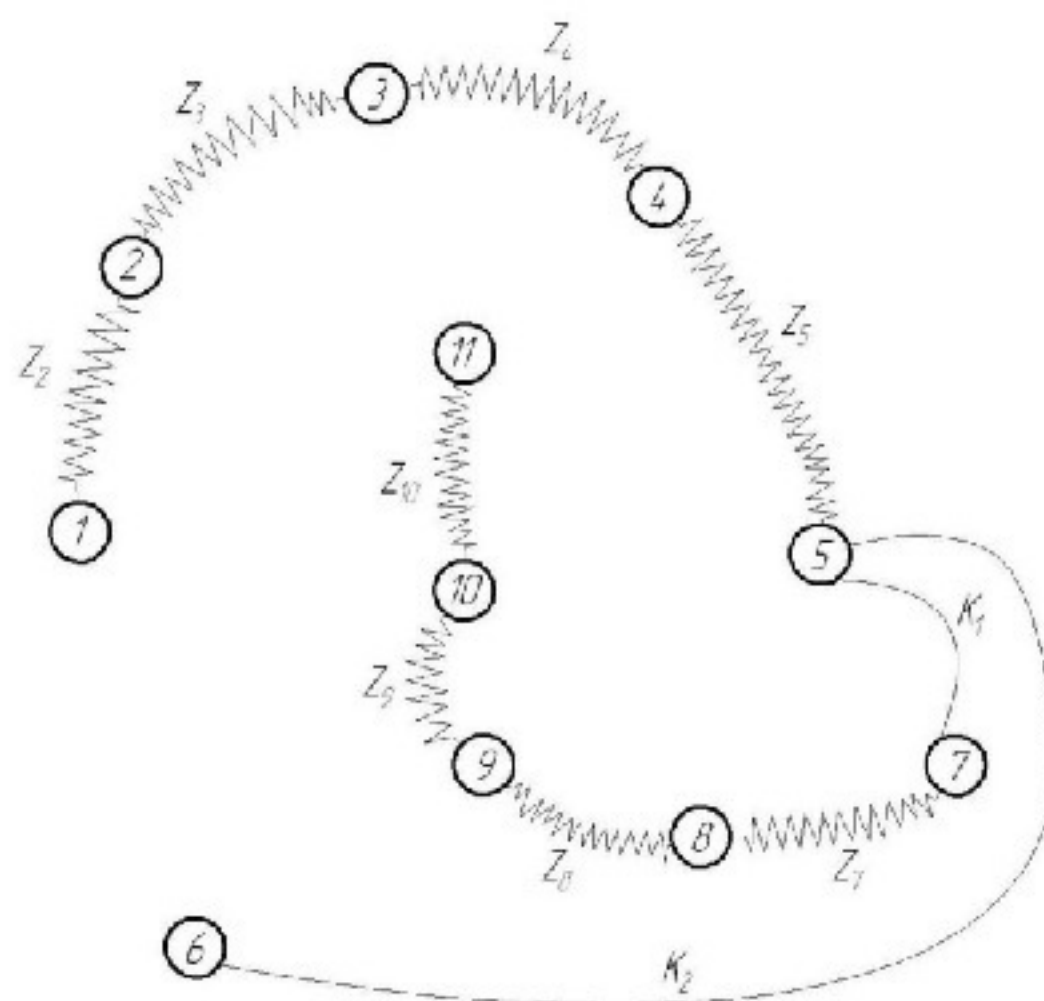


Рисунок 2.12 – Вихідний граф-дерево

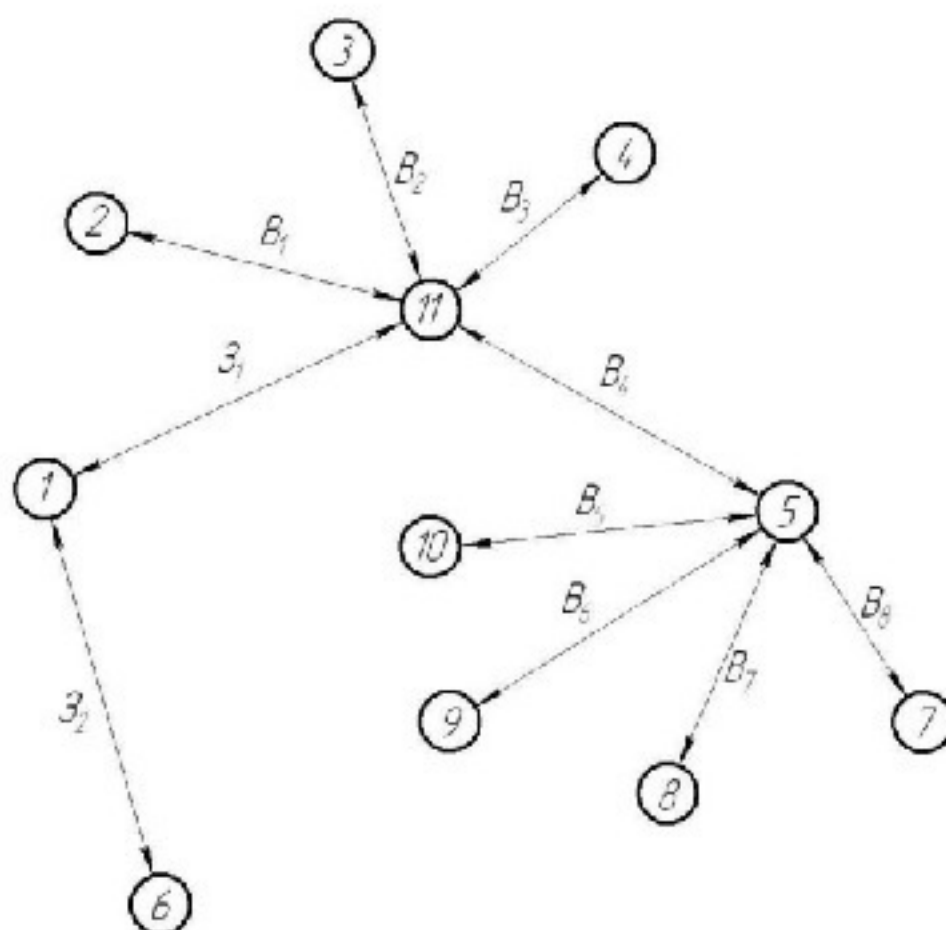


Рисунок 2.13 – Похідний граф-дерево

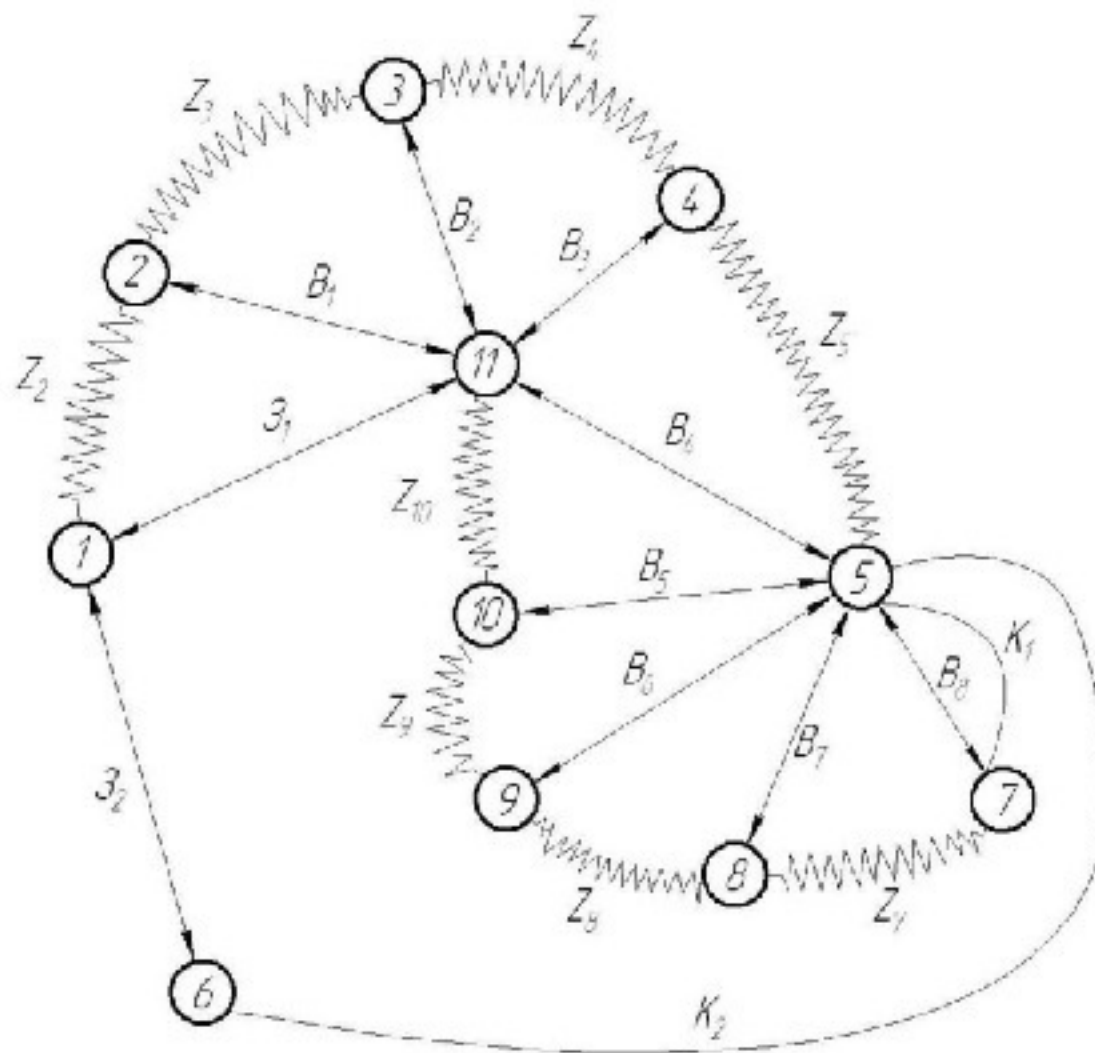


Рисунок 2.14 – Суміщений граф

- Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Проміжні припуски можна визначати аналітичним або нормативним способами згідно таблиць [13].

Дані табличних припусків зводимо в таблицю 2.12.

Таблиця 2.12 – Проміжні мінімальні припуски на обробку плоских поверхонь

Позначення припуску	Спосіб обробки, під час використання якої знімається припуск	Кількісне значення мінімального припуску, мм
Z_{2min}	Фрезерування попереднє	1,5
Z_{3min}	Фрезерування попереднє	0,3
Z_{4min}	Фрезерування попереднє	0,16
Z_{5min}	Фрезерування остаточне	0,1
Z_{7min}	Точіння попереднє	2,0
Z_{8min}	Точіння попереднє	1,5
Z_{9min}	Точіння попереднє	1,2
Z_{10min}	Точіння остаточне	0,4

- Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Використовуючи граф-дерева записано розрахункові рівняння, що для всіх розмірів занесені до таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

№ п/п	Розрахункові рівняння	Визідні рівняння	Ланка, що визначається
1	2	3	4
1	$-K_1 + B_8 = 0$	$K_1 = B_8$	B_8
2	$-B_7 + B_8 + Z_7 = 0$	$Z_7 = B_7 - B_8$	B_7
3	$-B_6 + B_7 + Z_8 = 0$	$Z_8 = B_6 - B_7$	B_6
4	$-B_5 + B_6 + Z_9 = 0$	$Z_9 = B_5 - B_6$	B_5
5	$-B_4 + B_5 + Z_{10} = 0$	$Z_{10} = B_4 - B_5$	B_4
6	$-B_3 + Z_5 + B_4 = 0$	$Z_5 = B_3 - B_4$	B_3
7	$-B_2 + Z_4 + B_3 = 0$	$Z_4 = B_2 - B_3$	B_2
8	$-B_1 + Z_3 + B_2 = 0$	$Z_3 = B_1 - B_2$	B_1
9	$-3_1 + Z_2 + B_1 = 0$	$Z_2 = 3_1 - B_1$	3_1
10	$-3_2 + 3_1 - B_4 + K_2 = 0$	$K_2 = B_4 + 3_2 - 3_1$	3_2

- Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків

Відповідно до наведених вище рівнянь знаходимо значення технологічних розмірів.

$$1. K_1 = B_8;$$

$$B_8 = K_1 = 80h8_{(-0,046)} \text{ мм.}$$

$$2. Z_{7\min} = B_{7\min} - B_{8\max};$$

$$B_{7\min} = Z_{7\min} + B_{8\min} = 2,0 + 80 = 82 \text{ (мм);}$$

$$B_{7\max} = B_{7\min} + T(B_7) = 82 + 0,074 = 82,074 \text{ (мм);}$$

$$B_{7\text{ном}} = B_{7\max} - T(B_7) = 82,074_{(-0,074)} \text{ (мм);}$$

$$Z_{7\max} = B_{7\max} - B_{8\min} = 82,074 - 79,954 = 2,12 \text{ (мм).}$$

$$3. Z_{8\min} = B_{6\min} - B_{7\max};$$

$$B_{6\min} = Z_{8\min} + B_{7\min} = 1,5 + 82,074 = 83,574 \text{ (мм);}$$

$$B_{6\max} = B_{6\min} + T(B_6) = 83,574 + 0,19 = 83,764 \text{ (мм);}$$

$$B_{6\text{ном}} = B_{6\text{max}} - T(B_6) = 83,764_{(-0,19)} \text{ (MM)};$$

$$Z_{6\text{max}} = B_{6\text{max}} - B_{7\text{min}} = 83,764 - 82 = 1,764 \text{ (MM)}.$$

$$4. Z_{9\text{min}} = B_{5\text{min}} - B_{6\text{max}};$$

$$B_{5\text{min}} = Z_{9\text{min}} + B_{6\text{min}} = 1,2 + 83,764 = 84,964 \text{ (MM)};$$

$$B_{5\text{max}} = B_{5\text{min}} + T(B_5) = 84,964 + 0,46 = 85,424 \text{ (MM)};$$

$$B_{5\text{ном}} = B_{5\text{max}} - T(B_5) = 85,424_{(-0,46)} \text{ (MM)};$$

$$Z_{9\text{max}} = B_{5\text{max}} - B_{6\text{min}} = 85,424 - 83,574 = 1,85 \text{ (MM)}.$$

$$5. Z_{10\text{min}} = B_{4\text{min}} - B_{5\text{max}};$$

$$B_{4\text{min}} = Z_{10\text{min}} + B_{5\text{min}} = 0,4 + 85,424 = 85,824 \text{ (MM)};$$

$$B_{4\text{max}} = B_{4\text{min}} + T(B_4) = 85,824 + 0,046 = 85,87 \text{ (MM)};$$

$$B_{4\text{ном}} = B_{4\text{max}} - T(B_4) = 85,87_{(-0,046)} \text{ (MM)};$$

$$Z_{10\text{max}} = B_{4\text{max}} - B_{5\text{min}} = 85,87 - 84,964 = 0,906 \text{ (MM)}.$$

$$6. Z_{5\text{min}} = B_{3\text{min}} - B_{4\text{max}};$$

$$B_{3\text{min}} = Z_{5\text{min}} + B_{4\text{min}} = 0,1 + 85,87 = 85,97 \text{ (MM)};$$

$$B_{3\text{max}} = B_{3\text{min}} + T(B_3) = 85,97 + 0,074 = 86,044 \text{ (MM)};$$

$$B_{3\text{ном}} = B_{3\text{max}} - T(B_3) = 86,044_{(-0,074)} \text{ (MM)};$$

$$Z_{5\text{max}} = B_{3\text{max}} - B_{4\text{min}} = 86,044 - 85,824 = 0,22 \text{ (MM)}.$$

$$7. Z_{4\text{min}} = B_{2\text{min}} - B_{3\text{max}};$$

$$B_{2\text{min}} = Z_{4\text{min}} + B_{3\text{min}} = 0,16 + 86,044 = 86,204 \text{ (MM)};$$

$$B_{2\text{max}} = B_{2\text{min}} + T(B_2) = 86,204 + 0,19 = 86,394 \text{ (MM)};$$

$$B_{2\text{ном}} = B_{2\text{max}} - T(B_2) = 86,394_{(-0,19)} \text{ (MM)};$$

$$Z_{4\text{max}} = B_{2\text{max}} - B_{3\text{min}} = 86,394 - 85,97 = 0,424 \text{ (MM)}.$$

$$8. Z_{3\text{min}} = B_{1\text{min}} - B_{2\text{max}};$$

$$B_{1\text{min}} = Z_{3\text{min}} + B_{2\text{min}} = 0,3 + 86,394 = 86,694 \text{ (MM)};$$

$$B_{1\text{max}} = B_{1\text{min}} + T(B_1) = 86,694 + 0,46 = 87,154 \text{ (MM)};$$

$$B_{1\text{ном}} = B_{1\text{max}} - T(B_1) = 87,154_{(-0,46)} \text{ (MM)};$$

$$Z_{3\text{max}} = B_{1\text{max}} - B_{2\text{min}} = 87,154 - 86,204 = 0,95 \text{ (MM)}.$$

$$9. Z_{2\text{min}} = 3_{1\text{min}} - B_{1\text{max}};$$

$$3_{1\text{min}} = Z_{2\text{min}} + B_{1\text{min}} = 1,5 + 87,154 = 88,654 \text{ (MM)};$$

$$3_{1\text{max}} = 3_{1\text{min}} + T(3_1) = 88,654 + 2,8 = 91,454 \text{ (MM)};$$

$$Z_{1\text{ном}} = Z_{1\text{max}} - T(Z_1) = 91,454_{(-2,8)} \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\text{max}} = Z_{1\text{max}} - B_{1\text{min}} = 91,454 - 86,694 = 4,76 \text{ (мм)}.$$

$$10. K_{2\text{min}} = B_{4\text{min}} + Z_{2\text{min}} - Z_{1\text{max}};$$

$$Z_{2\text{min}} = Z_{1\text{min}} - B_{4\text{max}} + K_{2\text{min}} = 88,654 - 85,87 + 11,785 = 14,569 \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\text{max}} = Z_{2\text{min}} + T(Z_2) = 14,569 + 1,8 = 16,369 \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\text{ном}} = \frac{Z_{2\text{max}} + Z_{2\text{min}}}{2} = \frac{16,369 + 14,569}{2} = 15,469 \pm 0,9 \text{ (мм)}.$$

Перевіримо можливість забезпечення необхідної точності розміру K_2

$$K_{2\text{max}} = B_{4\text{max}} + Z_{2\text{max}} - Z_{1\text{min}} = 85,87 + 16,369 - 88,654 = 13,585 \text{ (мм)}.$$

Поле розсіювання розміру K_4

$\delta(K_2) = K_{2\text{max}} - K_{2\text{min}} = 13,585 - 11,785 = 1,8 \text{ (мм)} < T(K_2) = 0,43 \text{ (мм)}$ – умова виконується, точність розміру K_2 забезпечується.

Дані розрахунків зводимо в таблиці 2.14-2.15.

Таблиця 2.14 – Максимальні припуски, мм

Припуски		Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_7	Z_8	Z_9	Z_{10}
Граничні значення	Z_{min}	1,5	0,3	0,16	0,1	2,0	1,5	1,2	0,4
	Z_{max}	4,76	0,95	0,424	0,22	2,12	1,764	1,85	0,906

Таблиця 2.15 – Значення технологічних розмірів, мм

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру	Значення на кресленні
	min	max				
B_1	86,694	87,154	0,46	87,154	$87,154_{(-0,46)}$	
B_2	86,204	86,394	0,19	86,394	$86,394_{(-0,19)}$	
B_3	85,97	86,044	0,074	86,044	$86,044_{(-0,074)}$	
B_4	85,824	85,87	0,046	85,87	$85,87_{(-0,046)}$	
B_5	84,964	85,424	0,46	85,424	$85,424_{(-0,46)}$	
B_6	83,574	83,764	0,19	83,764	$83,764_{(-0,19)}$	
B_7	82,0	82,074	0,074	82,074	$82,074_{(-0,074)}$	
B_8	79,954	80	0,046	80	$80_{(-0,046)}$	
Z_1	88,654	91,454	2,8	91,454	-	$91,454 \pm 1,4$
Z_2	14,569	16,369	1,8	15,469	-	$15,469 \pm 0,9$

Висновки. Таким чином, в результаті виконання розмірного аналізу технологічного процесу механічної обробки деталі визначені технологічні

розміри $B_1 \dots B_8$, розміри вихідної заготовки $Z_1 \dots Z_2$. Це дозволяє забезпечити знаходження дійсних значень всіх конструкторських розмірів $K_1 \dots K_2$ в межах полів допусків.

2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

Визначення розрахунково-аналітичним методом припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 108H8^{(+0,054)}$.

Мінімальний проміжний припуск на механічну обробку циліндричних поверхонь із застосуванням розрахунково-аналітичного методу визначається за формулою [1]

$$2Z_{i \min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ [мкм]}, \quad (2.10)$$

де R_z , T , ρ – відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та просторові відхилення оброблюваної поверхні (відносно технологічних баз), які утворились на технологічному переході, що передує виконуваному; ε – похибка встановлення заготовки у верстатний пристрій, яка виникає на виконуваному технологічному переході.

Для заготовки $R_z = 300$ мкм; $T = 300$ мкм.

Отвір $\varnothing 108H8^{(+0,054)}$ згідно технологічного процесу обробляється розточуванням за чотири переходи. Відповідно [1]

- розточування попереднє $R_z = 100$ мкм; $T = 0$ мкм;
- розточування попереднє $R_z = 50$ мкм; $T = 0$ мкм;
- розточування попереднє $R_z = 20$ мкм; $T = 0$ мкм;
- розточування остаточне $R_z = 5$ мкм; $T = 0$ мкм.

T на наступних переходах після першого попереднього розточування дорівнює 0, так як оброблюваний матеріал – чавун.

Сумарне значення просторових відхилень [1]:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{вх}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.11)$$

де $\rho_{\text{вх}}$ – відхилення поверхні вихідної заготовки від правильної геометричної форми (циліндричності), спричинені жолобленням; $\rho_{\text{зм}}$ – зміщення осі отвору поверхні вихідної заготовки відносно технологічних баз.

$$\rho_{\text{вх}} = \sqrt{(\Delta K_1 d)^2 + (\Delta K_1 l)^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.12)$$

де d , l – діаметр та довжина оброблюваної поверхні деталі;

ΔK – питома кривизна заготовки;

$$\rho_{\text{вх}} = \sqrt{(0,7 \cdot 108)^2 + (0,7 \cdot 80)^2} = 98,04 \text{ (мкм)}.$$

Для визначення $\rho_{\text{зм}}$ розглянемо операційний ескіз механічної обробки заготовки на першій операції. Схема базування на першій операції відповідає розв'язанню задачі зняття рівномірного припуску з поверхні $\varnothing 108\text{H}8^{(+0,054)}$. Вісь отвору у вихідній заготовці пов'язана з чистою технологічною базою (отвором А) розміром A_{76} (рис. 2.15).

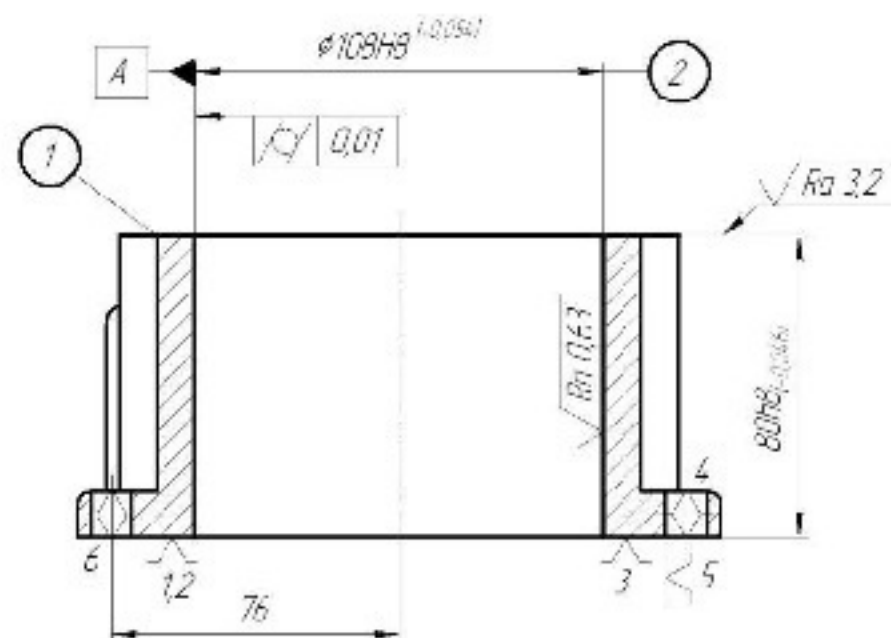


Рисунок 2.15 – Ескіз і схема базування на 010 операції при обробці отвору $\varnothing 108\text{H}8^{(+0,054)}$

Тому знайдемо $\rho_{\Sigma} = A_{\Sigma 76}$.

Визначимо величину $\varepsilon_{\Sigma 76}$ за формулою:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \sqrt{\varepsilon_{\phi}^2 + \omega^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.13)$$

де ε_{ϕ} – похибка базування; ω – середньостатистична точність способу механічної обробки.

Похибка базування на розмір 76 $\varepsilon_{\phi 76} = 0$ – суміщення технологічної та вимірювальної бази.

Отже,

$$\varepsilon_{\Sigma 76} = \sqrt{0^2 + \omega^2} = \omega.$$

Для заготовки точність виготовлення отвору згідно 10 класу розмірної точності складає 3,2 мм.

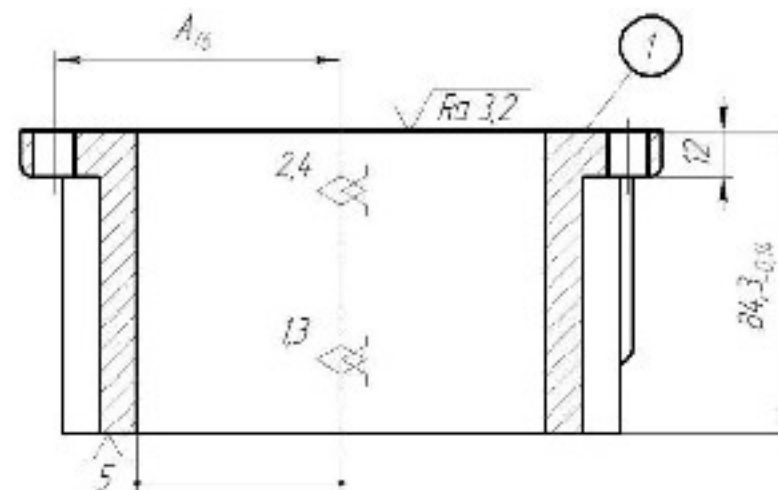


Рисунок 2.16 – Ескіз і схема базування на 005 операції при обробці чистових баз

Тобто $\varepsilon_{\Sigma 76} = 3200$ мкм.

Тоді

$$\rho_{\Sigma} = \varepsilon_{\Sigma 76} = 3200 \text{ мкм.}$$

Отже,

$$\rho_{\Sigma \Sigma} = \sqrt{94,08^2 + 3200^2} = 3201,4 \text{ (мкм)}.$$

Залишкове значення просторового відхилення після переходів механічної обробки складе [1]:

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_{\text{зос}} = 0,05 \cdot 3201,4 = 160,1 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_2 = 0,05 \cdot \rho_1 = 0,05 \cdot 160,1 = 8 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_3 = 0,05 \cdot \rho_2 = 0,05 \cdot 8 = 0,4 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_4 = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 0,4 = 0,02 \text{ (мкм)}; \text{ приймаємо } \rho_4 = 0.$$

Похибка встановлення при попередньому розточуванні може бути визначена [1]:

$$\varepsilon_s = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.14)$$

де ε_6 – похибка базування, мкм;

ε_3 – похибка закріплення і похибка пристрою, мкм.

В даному випадку

$$\varepsilon_6 = \varepsilon_{676};$$

$$\varepsilon_6 = T(A_{76}) + T(A_8) + T(C_x).$$

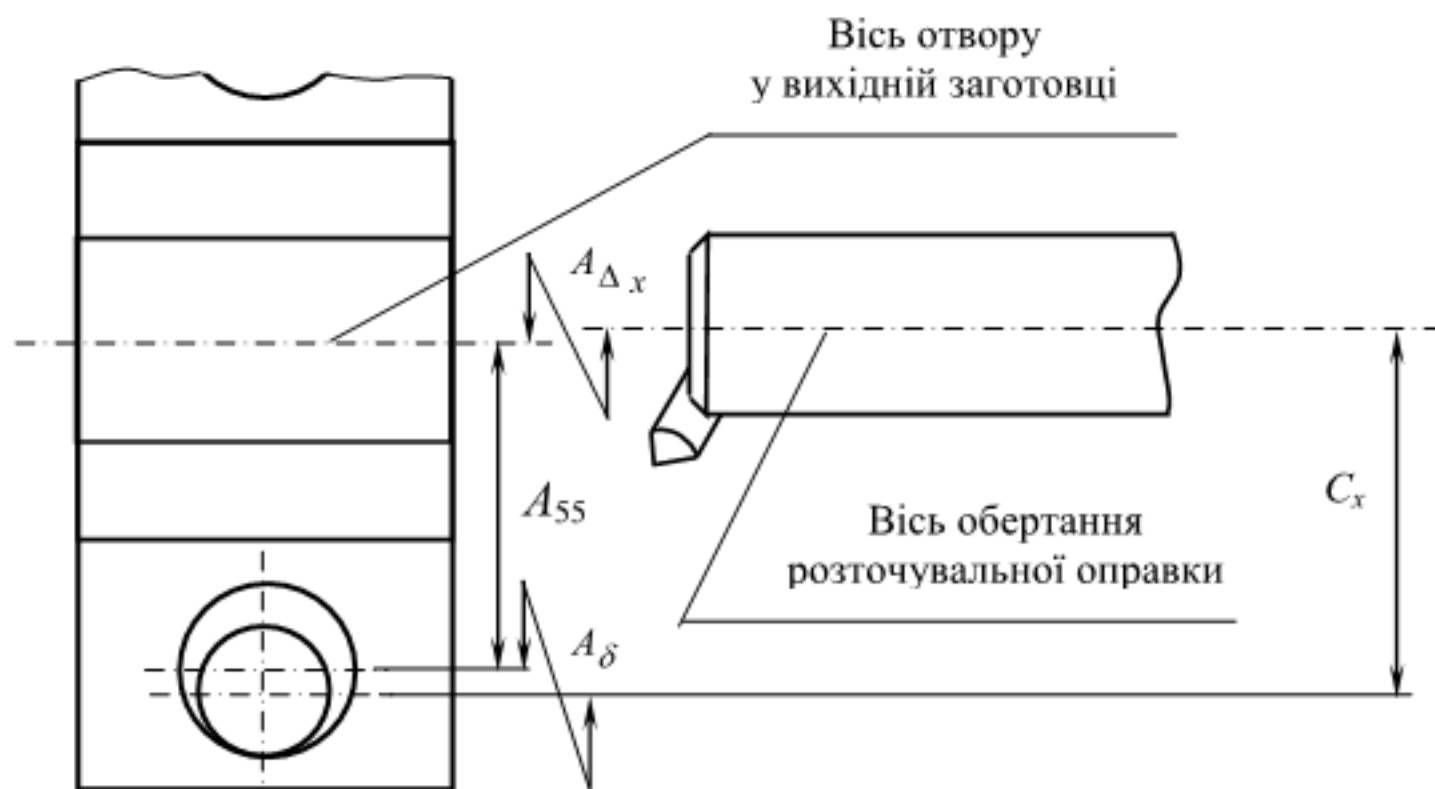


Рисунок 2.17 –Схема розмірного ланцюга для визначення похибки базування у напрямі осі X

Величина $T(A_{76})$ фактично є сумарною похибкою розміру 76 і повністю врахована при визначенні $\rho_{\text{зн}}$.

Величина $T(C_x)$ є похибкою настроєння інструмента. Кількісне значення цієї похибки, порівняно з іншими складовими припуску, є незначним і ним можна знехтувати [1].

Величина $T(A_\delta)$ дорівнює величині максимально можливого зміщення осі отвору у вихідній заготовці через зазор між отвором $\varnothing 11H7$ і круглим пальцем $\varnothing 11g6$, тобто дорівнює максимальному зазору [1]

$$\varepsilon_{\delta x} = T(A_\delta) = D_{\max} - d_{\min} \text{ [мм]}, \quad (2.15)$$

де $D_{\max}$ і $d_{\min}$ – відповідно максимальний діаметр отвору і мінімальний діаметр пальця.

Підставивши відповідні значення, отримаємо

$$\varepsilon_{\delta x} = T(A_\delta) = 11,027 - 10,941 = 0,086 \text{ (мм)} = 86 \text{ (мкм)}.$$

Оскільки за прийнятої схеми встановлення сили затискання спрямовані перпендикулярно до оброблюваного діаметра $\varnothing 108H8^{(+0,054)}$, то похибка закріплення відсутня.

Отже, на першому переході розточування $\varepsilon_{B1} = \varepsilon_\delta = 86 \text{ мкм}$.

Залишкові похибки встановлення на наступних переходах механічної обробки згідно [1]

$$\varepsilon_{B2} = 0,05 \cdot \varepsilon_{B1} = 0,05 \cdot 86 = 4,3 \text{ (мкм)};$$

$$\varepsilon_{B3} = 0,05 \cdot \varepsilon_{B2} = 0,05 \cdot 4,3 = 0,2 \approx 0 \text{ (мкм)};$$

$$\varepsilon_{B4} = 0.$$

Мінімальні проміжні припуски на переходи:

$$2Z_{\min 1} = 2(300 + 300 + \sqrt{3201,4^2 + 86^2}) = 7605 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\min 2} = 2(100 + \sqrt{160,1^2 + 4,3^2}) = 520 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\min 3} = 2(50 + \sqrt{8^2 + 0^2}) = 116 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\min 4} = 2(20 + \sqrt{0,4^2 + 0^2}) = 41 \text{ (мкм)}.$$

Розрахункові розміри

При остаточному розточуванні отримується розмір вказаний на кресленні

$$D_{\max 4} = 108H8^{(+0,054)} = 108,054 \text{ мм.}$$

Максимальні розрахункові розміри після переходів механічної обробки:

$$D_{\max 3} = 108,054 - 0,041 = 108,013 \text{ (мм)};$$

$$D_{\max 2} = 108,013 - 0,116 = 107,897 \text{ (мм)};$$

$$D_{\max 1} = 107,897 - 0,52 = 107,377 \text{ (мм)};$$

$$D_{\max \text{ заг}} = 107,377 - 7,605 = 99,772 \text{ (мм)}.$$

Для визначення мінімальних розмірів отвору необхідно відняти від максимальних граничних розмірів допуски відповідних переходів.

Допуски розмірів у відповідності із переходами:

- для заготовки $T_{\text{заг}} = 3200 \text{ мкм}$;
- для першого переходу $T_1 = 220 \text{ мкм}$ (13 квалітет);
- для другого переходу $T_2 = 220 \text{ мкм}$ (11 квалітет);
- для третього переходу $T_3 = 87 \text{ мкм}$ (9 квалітет);
- для четвертого переходу $T_4 = 54 \text{ мкм}$ (8 квалітет).

Отже, мінімальні розміри

$$D_{\min \text{ заг}} = 99,772 - 3,2 = 96,572 \text{ (мм)};$$

$$D_{\min 1} = 107,377 - 0,54 = 106,837 \text{ (мм)};$$

$$D_{\min 2} = 107,897 - 0,22 = 107,677 \text{ (мм)};$$

$$D_{\min 3} = 108,013 - 0,087 = 107,926 \text{ (мм)};$$

$$D_{\min 4} = 108,054 - 0,054 = 108 \text{ (мм)};$$

Мінімальні граничні значення припусків $Z_{\min}^{cp}$ дорівнюють різниці найбільших граничних розмірів виконуваного і попереднього переходів, а максимальні значення $Z_{\max}^{cp}$ – відповідно різниці найменших граничних розмірів.

Отже, мінімальні граничні значення припусків $Z_{\min}^{cp}$:

$$Z_{\min 4}^{cp} = 108,054 - 108,013 = 0,041 \text{ (мм)} = 2 \cdot 20,5 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{\min 3}^{cp} = 108,013 - 107,897 = 0,116 \text{ (мм)} = 2 \cdot 58 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{\min 2}^{cp} = 107,897 - 107,377 = 0,52 \text{ (мм)} = 2 \cdot 260 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{\min 1}^{cp} = 107,377 - 99,772 = 7,605 \text{ (мм)} = 2 \cdot 3802,5 \text{ (мкм)}.$$

Максимальні граничні значення припусків $Z_{\max}^{cp}$:

$$Z_{\max 4}^{cp} = 108 - 107,926 = 0,074 \text{ (мм)} = 2 \cdot 37 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{\max 3}^{cp} = 107,926 - 107,677 = 0,249 \text{ (мм)} = 2 \cdot 124,5 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{\max 2}^{cp} = 107,677 - 106,837 = 0,84 \text{ (мм)} = 2 \cdot 420 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{\max 1}^{cp} = 106,837 - 96,572 = 10,265 \text{ (мм)} = 2 \cdot 5132,5 \text{ (мкм)}.$$

Загальні припуски:

- мінімальний $2 \cdot 4341 \text{ мкм} = 2 \cdot 4,341 \text{ мм} = 8,682 \text{ мм}$;

- максимальний $2 \cdot 5715 \text{ мкм} = 2 \cdot 5,715 \text{ мм} = 11,43 \text{ мм}$.

Дані розрахунків зводимо в таблицю 2.16.

Таблиця 2.16 – Розрахунок припусків і технологічних розмірів на механічну обробку отвору $\varnothing 108H8^{(+0,054)}$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 108H8^{(+0,054)}$	Елементи припуска, мкм				Розрахункові розміри		Допуск δ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мкм	
	R_z	T	ρ	ε_i	$2Z_{\min}$	$D_{\max}$		$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	300	300	3201,4	-	-	99,772	3200	96,572	99,772	-	-
Розточування попереднє	100	0	160,1	86	7605	107,377	540	106,837	107,377	2·3802,5	2·5132,5
Розточування попереднє	50	0	8	4,3	520	107,897	220	107,677	107,897	2·260	2·420
Розточування попереднє	20	0	0,4	0	116	108,013	87	107,926	108,013	2·58	2·124,5
Розточування остаточне	5	0	0	0	41	108,054	54	108	108,054	2·20,5	2·37
Всього										2·4341	2·5715

Перевірка правильності розрахунків виконується за формулою [1]:

$$Z_{\max i}^{\mathcal{P}} - Z_{\min i}^{\mathcal{P}} = \delta_{i-1} - \delta_i \text{ [мкм];}$$

$$\begin{aligned} 2 \cdot 37 - 2 \cdot 20,5 &= 87 - 54 \text{ (мкм);} & 33 &= 33 \text{ (мкм);} \\ 2 \cdot 124,5 - 2 \cdot 58 &= 220 - 87 \text{ (мкм);} & 133 &= 133 \text{ (мкм);} \\ 2 \cdot 420 - 2 \cdot 260 &= 540 - 220 \text{ (мкм);} & 320 &= 320 \text{ (мкм);} \\ 2 \cdot 5132,5 - 2 \cdot 3802,5 &= 3200 - 540 \text{ (мкм);} & 2660 &= 2660 \text{ (мкм).} \end{aligned}$$

Отже, розрахунок припусків виконано вірно.

Визначення за нормативами проміжних мінімальних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку решти циліндричних поверхонь

Нормативний вибір припусків та між операційних розмірів на інші поверхні показано в табл. 2.17.

Таблиця 2.17 – Нормативний вибір припусків та міжопераційних розмірів на інші діаметральні поверхні

Поверхні	$2Z_{\min}$, мм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мм	Проміжні розміри і допуск, мм
1	2	3	4	5
$\varnothing 11H8^{(+0,027)}$; Ra = 6,3 мкм				
Заготовка (напуск)	-	-	-	-
Свердління	2·4,5	$\varnothing 9,0$	0,18	$\varnothing 9,0H12^{(+0,18)}$
Зенкерування	2·0,8	$\varnothing 10,6$	0,07	$\varnothing 10,6H10^{(+0,07)}$
Розвертання	2·0,2	$\varnothing 11$	0,027	$\varnothing 11H8^{(+0,027)}$
M27×1,5-7H; Ra = 12,5 мкм				
Заготовка $\varnothing 20,3$	-	-	-	-
Зенкерування однократне	2·1,85	$\varnothing 24$	0,21	$\varnothing 24H12^{(+0,21)}$
Нарізання різьби	2·1,5	M27×1,5	0,21	M27×1,5-7H ^(+0,21)

Інші поверхні визначені по 14 квалітету, шорсткість поверхні Ra 6,3 і обробляються за 1 перехід.

2.3.6 Визначення режимів різання

Проведемо розрахунок режимів різання для 005 вертикально-фрезерної з ЧПК [14-16].

Модель верстата – вертикально-фрезерний з ЧПК ЛТ260МФ3.

Перехід 2 – фрезерувати поверхню 1 попередньо.

Ріжучий інструмент: фреза торцева з пластинами твердого сплаву, фреза 250 мм (14 зубців), глибина різання 4,76 мм.

Призначаємо подачу для HB 240 $s_{\text{поб}} = 0,2$ мм/зуб.

Швидкість різання

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \text{ [м/хв.]}, \quad (2.16)$$

де $V_{\text{табл}}$ – табличне (довідкове) значення швидкості різання, $V_{\text{табл}} = 110$ м/хв.; K_1 – залежить від розмірів оброблюваної деталі, $K_1 = 1,1$; K_2 – від стану

оброблюваної поверхні, $K_2 = 0,9$; K_3 – від стійкості та матеріалу інструмента, $K_3 = 1,0$.

$$V = 110 \cdot 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 108,9 \text{ (м/хв.)}$$

Частота обертання

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \text{ [об/хв.]}, \quad (2.17)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 108,9}{3,14 \cdot 250} = 138,73 \text{ (об/хв.)}$$

Приймаємо $n_{\psi} = 140$ об/хв.

Дійсна швидкість різання складає

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ [м/хв.]}, \quad (2.18)$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 140}{1000} = 109,9 \text{ (м/хв.)}$$

Потужність різання:

$$N = E \cdot \frac{V \cdot t \cdot z_d}{1000} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (2.19)$$

де E – таблична величина; V – швидкість різання, м/хв.; t – глибина різання, мм; z_d – число зубців фрези; K_1 – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу; K_2 – коефіцієнт, що залежить від типу фрези, швидкості різання.

$$N = 1,3 \cdot \frac{98,13 \cdot 3 \cdot 14}{1000} \cdot 1,4 \cdot 1,0 = 7,5$$

Обробка на даному верстаті можлива, так, як потужність різання менша потужності верстата

$$N_{\text{верст}} = N \cdot \eta \text{ [кВт]}, \quad (2.20)$$

$$N_{\text{верст}} = 10 \cdot 0,85 = 8,5 \text{ (кВт)}.$$

Аналогічно виконано вибір режимів різання для інших поверхонь та занесено до таблиці 2.18.

Таблиця 2.18 – Режими різання [14-16]

Операції, переходи	Розміри поверхні, мм	Глибина різання, t , мм	Подача s , мм/об (мм/зуб)	Швидкість різання V , м/хв.	Частота обертання n , об/хв.	Потужність різання N , кВт
1	2	3	4	5	6	7
005 Вертикально-фрезерна з ЧПК						
2 Фрезерувати поверхню 1 попередньо	Ø170; 87,154	4,76	0,2 мм/зуб	98	125	7,5
3 Фрезерувати поверхню 1 попередньо	Ø170; 86,394	0,95	0,15 мм/зуб	128	160	3,3
4 Фрезерувати поверхню 1 попередньо	Ø170; 86,044	0,424	0,10 мм/зуб	314	400	1,95
5 Фрезерувати поверхню 1 остаточно	Ø170; 85,424	0,22	0,06 мм/зуб	471	600	1,3
6 Центрувати 4 отв. 2	Ø5; L = 6	2,5	0,18	12	800	
7 Свердлити 4 отв. 2	Ø10, L = 12	5,0	0,18	25,1	800	
8 Зенкерувати 4 отв. 2 однократно	Ø10,8; L = 12	0,4	0,24	34	1000	
9 Розвернути 4 отв. 2 однократно	Ø11; L = 12	0,1	0,2	41	1200	
010 Токарно-револьверна з ЧПК						
2 Точити поверхню 1 попередньо	Ø128; 85,424	2,12	0,8	52,5	130	2,09
3 Точити поверхню 1 попередньо	Ø128; 83,764	1,764	0,45	94,5	235	1,27
4 Точити поверхню 1 попередньо	Ø128; 82,074	1,85	0,25	108,5	270	0,5
5 Точити поверхню 1 остаточно	Ø128; 80h8	0,906	0,15	112	280	0,22
6 Розточити поверхню 2 попередньо	Ø98,9	4,4	0,8	63	200	

Продовження таблиці 2.18

1	2	3	4	5	6	7
7 Розточити поверхню 2 попередньо	Ø107,7	0,35	0,45	94,5	280	
8 Розточити поверхню 2 попередньо	Ø107,93	0,15	0,15	105	310	
9 Розточити поверхню 2 остаточно	Ø108H8	0,035	0,1	112	330	
10 Центрувати 4 отв. 3	Ø3; L = 4	1,5	0,18	12	1200	
11 Свердлити 4 отв. 3	Ø5; L = 24	2,5	0,18	14	890	
12 Зенкувати фаску 4 в 4 отв. 3	Ø7; L = 1	1,0	0,24	14	630	
13 Нарізати різьбу в 4 отв. 3	M6-6H	1,0	1,0	9	480	
015 Вертикально-фрезерна з ЧПК						
2 Фрезерувати поверхню 1 однократно	77	2,5	0,2 мм/зуб	160	1000	
3 Зенкерувати отв. 2 однократно	Ø25,5	2,1	0,52	12,6	160	
4 Нарізати різьбу в отв. 2	M27×1,5; L = 11	1,5	1,5	15	180	
6 Фрезерувати поверхню 3 однократно	63	2,1	0,2 мм/зуб	160	1000	
7 Зенкерувати отв. 4 однократно	Ø25,5	2,1	0,52	12,6	160	
8 Нарізати різьбу в отв. 4	M27×1,5; L = 11	1,5	1,5	15	180	

Примітка. Припуски на обробку скореговані після виконання розмірного аналізу та аналітичного розрахунку припусків. Відповідно відкориговані розміри заготовки.

2.3.7 Визначення технічних норм часу

В середньосерійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу $T_{\text{шт-к}}$ [16]:

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{T_{\text{п-з}}}{n} + T_{\text{о}} + T_{\text{д}} + T_{\text{обс. відн}} \quad [\text{хв.}], \quad (2.21)$$

де $T_{\text{п-з}}$ – підготовчо-заклучний час, хв.;

n – кількість деталей в партії настройки, шт.;

T_o – основний час, хв., визначається на основі прийнятих режимів різання.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} \text{ [хв.]}, \quad (2.22)$$

де L – довжина робочого ходу суппорта;

i – число перебігу;

S – подача;

n – частота обертання.

Скористаємось спрощеним методом розрахунку штучно-калькуляційного часу за формулою

$$T_{\text{шт-к}} = T_o \cdot \varphi_k \text{ [хв.]}, \quad (2.23)$$

де T_o – основний час обробки, хв.;

φ_k – коефіцієнт, що залежить від типу виробництва та типу верстатів, що використовуються для обробки даної партії деталей.

Проведемо детальний розрахунок основного часу для операції 010 вертикально-фрезерної з ЧПК.

Модель верстата: вертикально-фрезерний з ЧПК ЛТ260МФ3.

Пристосування: спеціальне.

Маса заготовки 5,32 кг.

Основний час на виконання переходів.

Перехід 2. Фрезерувати площину 1 попередньо

$$T_{o2} = \frac{(170 + 50 + 50) \cdot 1}{0,2 \cdot 14 \cdot 125} = 0,77 \text{ (хв.)}$$

Перехід 3. Фрезерувати площину 1 попередньо

$$T_{o3} = \frac{(170 + 50 + 50) \cdot 1}{0,15 \cdot 14 \cdot 160} = 0,8 \text{ (хв.)}$$

Перехід 4. Фрезерувати площину 1 попередньо

$$T_{o4} = \frac{(170 + 50 + 50) \cdot 1}{0,1 \cdot 14 \cdot 400} = 0,48 \text{ (хв.)}$$

Перехід 5. Фрезерувати площину 1 остаточно

$$T_{o5} = \frac{(170 + 50 + 50) \cdot 1}{0,06 \cdot 14 \cdot 600} = 0,535 \text{ (хв.)}$$

Перехід 6. Центрувати 4 отв. 2

$$T_{o6} = \frac{(4 + 2) \cdot 4}{0,18 \cdot 800} = 0,17 \text{ (хв.)}$$

Перехід 7. Свердлити 4 отв. 2

$$T_{o7} = \frac{(12 + 4 + 4) \cdot 2}{0,18 \cdot 800} = 0,56 \text{ (хв.)}$$

Перехід 8. Зенкерувати 4 отв. 2

$$T_{o8} = \frac{(12 + 4 + 4) \cdot 4}{0,24 \cdot 1000} = 0,33 \text{ (хв.)}$$

Перехід 9. Розвернути 4 отв. 2

$$T_{o9} = \frac{(12 + 4 + 4) \cdot 4}{0,2 \cdot 1200} = 0,33 \text{ (хв.)}$$

Основний час $\Sigma T_{o010} = 3,98 \text{ хв.}$

Тоді штучно-калькуляційний час виконання операції

$$T_{шт-к} = 1,4 \cdot 3,98 = 5,57 \text{ (хв.)}$$

Аналогічно виконуються розрахунки по решті операцій. Результати розрахунків представлені в таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 – Технічні норми часу по операціях, хв.

№ і назва операції	Основний час T_o , хв.	Коефіцієнт φ_k	Штучно- калькуляційний час $T_{шт-к}$, хв.
005 Вертикально- фрезерна з ЧПК	3,98	1,27 (фактичний) 1,4 (табличний)	5,57
010 Токарно- револьверна з ЧПК	7,9	1,3	10,27
005 Вертикально- фрезерна з ЧПК	1,14	1,4	1,6

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ДУ-10.08.004»

3.1 Розрахунок приведеної програми

Приведена програма визначається за формулою [2, 17]

$$N_{\text{пр}} = N_{\text{пред}} + \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{\text{пр}i} \quad [\text{шт.}], \quad (3.1)$$

де $N_{\text{пред}}$ – програма випуску представника; N_i – програма випуску деталей, якими довантажуються верстати; $K_{\text{пр}i}$ – коефіцієнт приведення деталей, якими довантажуються верстати.

Коефіцієнт приведення

$$K_{\text{пр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (3.2)$$

де K_1 – коефіцієнт приведення по масі; K_2 – коефіцієнт приведення по програмі випуску; K_3 – коефіцієнт приведення по складності.

Коефіцієнт приведення по масі

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{\text{пр}}}\right)^2}, \quad (3.3)$$

де m_i – маса розглядуваної деталі; $m_{\text{пр}}$ – маса розрахункового представника.

Коефіцієнт приведення по програмі випуску

$$K_2 = \left(\frac{N_{np}}{N_i} \right)^{0,15}, \quad (3.4)$$

де N_i – програма випуску розглядуваної деталі; N_{np} – програма випуску розрахункового представника.

Коефіцієнт приведення по складності

$$K_3 = \left(\frac{R_{ai}}{R_{avr}} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{T_i}{T_{np}} \right)^{\alpha_2}, \quad (3.5)$$

де R_{ai} – середній коефіцієнт шорсткості розглядуваної деталі; R_{avr} – середній коефіцієнт шорсткості розрахункового представника; T_i – середній квалітет точності розглядуваної деталі; T_{np} – середній квалітет точності розрахункового представника; α_1, α_2 – коефіцієнти.

Таблиця 3.1 – Дані для розрахунку приведеної програми

Деталі	Маса	Програма									
Корпус ДУ-10.08.004 (розрахунковий представник)	3,8	5000	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	-	6	-	-	-	-	-	22
			0,63	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			1	-	-	-	2	22	2	-	-
Корпус підшипника	2,0	50000	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	2	4	-	2	-	4	-	28
			0,63	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	2	4	2	4	8	-	-
Корпус редуктора	7,5	500	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	2	2	4	2	-	2	-	26
			0,63	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	2	2	6	2	26	-	-
Корпус втулки	1,5	25000	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			1	-	3	-	4	-	4	-	18
			0,63	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			1	-	-	3	4	4	18	-	-

- Корпус підшипника.

Коефіцієнт приведення по масі

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{2,0}{3,8}\right)^2} = 0,65 \text{ .}$$

Коефіцієнт приведення по програмі випуску

$$K_2 = \left(\frac{5000}{50000}\right)^{0,15} = 0,708 \text{ .}$$

Середня шорсткість розрахункового представника

$$\overline{R_{a \text{ p. np.}}} = \frac{0,63 \cdot 1 + 3,2 \cdot 2 + 6,3 \cdot 22 + 12,5 \cdot 2}{1 + 2 + 22 + 2} = 6,32 \text{ (мкм).}$$

Середня точність розрахункового представника

$$\overline{T_{p \text{ . np.}}} = \frac{8 \cdot 6 + 14 \cdot 22}{6 + 22} = 12,71 \text{ .}$$

Середня шорсткість розглядуваної деталі

$$\overline{R_{a1}} = \frac{1,6 \cdot 2 + 2,5 \cdot 4 + 3,2 \cdot 2 + 6,3 \cdot 4 + 12,5 \cdot 28}{40} = 9,88 \text{ (мкм).}$$

Середня точність розглядуваної деталі

$$\overline{T}_1 = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 4 + 10 \cdot 2 + 12 \cdot 4 + 14 \cdot 28}{40} = 12,65 \text{ .}$$

Коефіцієнт приведення по складності

$$K_3 = \frac{(9,88)^{\alpha_1}}{(6,32)^{\alpha_1}} \cdot \frac{(12,65)^{\alpha_2}}{(12,71)^{\alpha_2}} = \frac{0,958}{0,998} \cdot \frac{0,86}{0,79} = 1,05 \text{ .}$$

Коефіцієнт приведення

$$K_{np} = 0,65 \cdot 0,708 \cdot 1,05 = 0,48 \text{ .}$$

- Корпус редуктора.

Коефіцієнт приведення по масі

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{7,5}{3,8}\right)^2} = 1,57 \text{ .}$$

Коефіцієнт приведення по програмі випуску

$$K_2 = \left(\frac{5000}{500}\right)^{0,15} = 1,41 \text{ .}$$

Середня шорсткість розглядуваної деталі

$$\overline{R}_{a2} = \frac{1,6 \cdot 2 + 2,5 \cdot 2 + 3,2 \cdot 6 + 6,3 \cdot 2 + 12,5 \cdot 26}{38} = 9,6 \text{ (мкм).}$$

Середня точність розглядуваної деталі

$$\overline{T}_2 = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 2 + 9 \cdot 4 + 10 \cdot 2 + 12 \cdot 2 + 14 \cdot 26}{38} = 12,47 \text{ .}$$

Коефіцієнт приведення по складності

$$K_3 = \frac{(9,6)^{a_1}}{(6,32)^{a_1}} \cdot \frac{(12,47)^{a_2}}{(12,71)^{a_2}} = \frac{0,97}{0,998} \cdot \frac{0,847}{0,79} = 1,04 \text{ .}$$

Коефіцієнт приведення

$$K_{np} = 1,57 \cdot 1,41 \cdot 1,04 = 2,3 \text{ .}$$

- Корпус втулки.

Коефіцієнт приведення по масі

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{1,5}{3,8}\right)^2} = 0,54 \text{ .}$$

Коефіцієнт приведення по програмі випуску

$$K_2 = \left(\frac{5000}{25000}\right)^{0,15} = 0,785 \text{ .}$$

Середня шорсткість розглядуваної деталі

$$\overline{R}_{a3} = \frac{0,63 \cdot 1 + 2,5 \cdot 3 + 3,2 \cdot 4 + 6,3 \cdot 4 + 12,5 \cdot 18}{30} = 9,04 \text{ (мкм).}$$

Середня точність розглядуваної деталі

$$\bar{T}_3 = \frac{6 \cdot 1 + 8 \cdot 3 + 10 \cdot 4 + 12 \cdot 4 + 14 \cdot 18}{30} = 12,13 .$$

Коефіцієнт приведення по складності

$$K_3 = \frac{(9,04)^{\alpha_1}}{(6,32)^{\alpha_1}} \cdot \frac{(12,13)^{\alpha_2}}{(12,71)^{\alpha_2}} = \frac{0,94}{0,998} \cdot \frac{0,89}{0,79} = 1,06 .$$

Коефіцієнт приведення

$$K_{\text{пр}} = 0,54 \cdot 0,785 \cdot 1,06 = 0,45 .$$

Отже, приведена програма

$$N_{\text{пр}} = 2500 + 20000 \cdot 0,9 + 600 \cdot 1,46 + 18000 \cdot 1,64 = 50899 \quad (\text{шт.})$$

Таблиця 3.2 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт.	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма
			по масі	по серійності	по складності	загальний	на річний випуск
Корпус ДУ-10.08.004	5000	3,8	1,0	1,0	1,0	1,0	5000
Корпус підшипника	50000	2,0	0,65	0,708	1,05	0,48	24160
Корпус редуктора	500	7,5	1,57	1,41	1,04	2,3	1150
Корпус втулки	25000	1,5	0,54	0,785	1,06	0,45	11250

Σ41560 шт.

Отже, при подальших розрахунках кількості обладнання, працівників та інших складових ділянки буде використовуватися приведена програма, тобто

проектується дільниця, на якій вироблятиметься 4 подібних деталі. При цьому вся технологічна документація розробляється для деталі представника, оскільки інші деталі є подібні.

3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Розрахункова кількість верстатів для кожної операції визначається за формулою [2, 17]:

$$C_p = \frac{N \cdot T_{\text{шт-к}}}{60 \cdot \Phi_{\text{д}}}, \quad (3.6)$$

де N – приведена програми випуску; $T_{\text{шт-к}}$ – штучно-калькуляційний час, хв.; $\Phi_{\text{д}}$ – дійсний фонд часу роботи верстата, год.

Кількість верстатів необхідних для обробки розглядуваної деталі (з урахуванням програми розрахункового представника):

$$\text{операція 005} \quad C_{p005} = \frac{3,16 \cdot 5000}{60 \cdot 3890} = 0,068 ;$$

$$\text{операція 010} \quad C_{p010} = \frac{10,27 \cdot 5000}{60 \cdot 3890} = 0,22 ;$$

$$\text{операція 015} \quad C_{p015} = \frac{1,6 \cdot 5000}{60 \cdot 3890} = 0,034 .$$

Кількість верстатів необхідних для обробки розглядуваної деталі з урахуванням приведеної програми:

$$\text{операція 005} \quad C_{p005} = \frac{3,16 \cdot 41560}{60 \cdot 3890} = 0,56 ; \quad C_{\text{сп}005} = 1;$$

$$\text{операція 010} \quad C_{p010} = \frac{10,27 \cdot 41560}{60 \cdot 3890} = 1,83 ; \quad C_{\text{сп}010} = 2;$$

операція 015 $C_{p015} = \frac{1,6 \cdot 41560}{60 \cdot 3890} = 0,28 ; \quad C_{np015} = 1.$

Тоді коефіцієнти завантаження відповідно складатимуть (з урахуванням приведеної програми):

$$\eta_z = \frac{C_p}{C_{np}}, \quad (3.7)$$

де C_p – розрахункова кількість верстатів; C_{np} – прийнята кількість верстатів.

Операція 005: $\eta_{z005} = \frac{0,56}{1} = 0,56 .$

Операція 010: $\eta_{z010} = \frac{1,83}{2} = 0,915 .$

Операція 015: $\eta_{z015} = \frac{0,28}{1} = 0,28 .$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{зсер} = \frac{0,56 + 0,915 + 0,28}{3} = 0,59 .$$

Коефіцієнт використання обладнання за основним часом визначається для кожного верстату за формулою для серійного виробництва:

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{\text{ном}} - \kappa}. \quad (3.8)$$

Операція 005: $\eta_{o005} = \frac{2,26}{3,16} = 0,72 .$

Операція 010: $\eta_{o010} = \frac{7,9}{10,27} = 0,77$.

Операція 015: $\eta_{o015} = \frac{1,14}{1,6} = 0,71$.

Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом:

$$\eta_{\text{сер}} = \frac{0,72 + 0,77 + 0,71}{3} = 0,73$$
 .

3.3 Побудова графіків завантаження обладнання

Графік завантаження обладнання показаний на рис. 3.1, графік використання обладнання за основним часом на рис. 3.2.

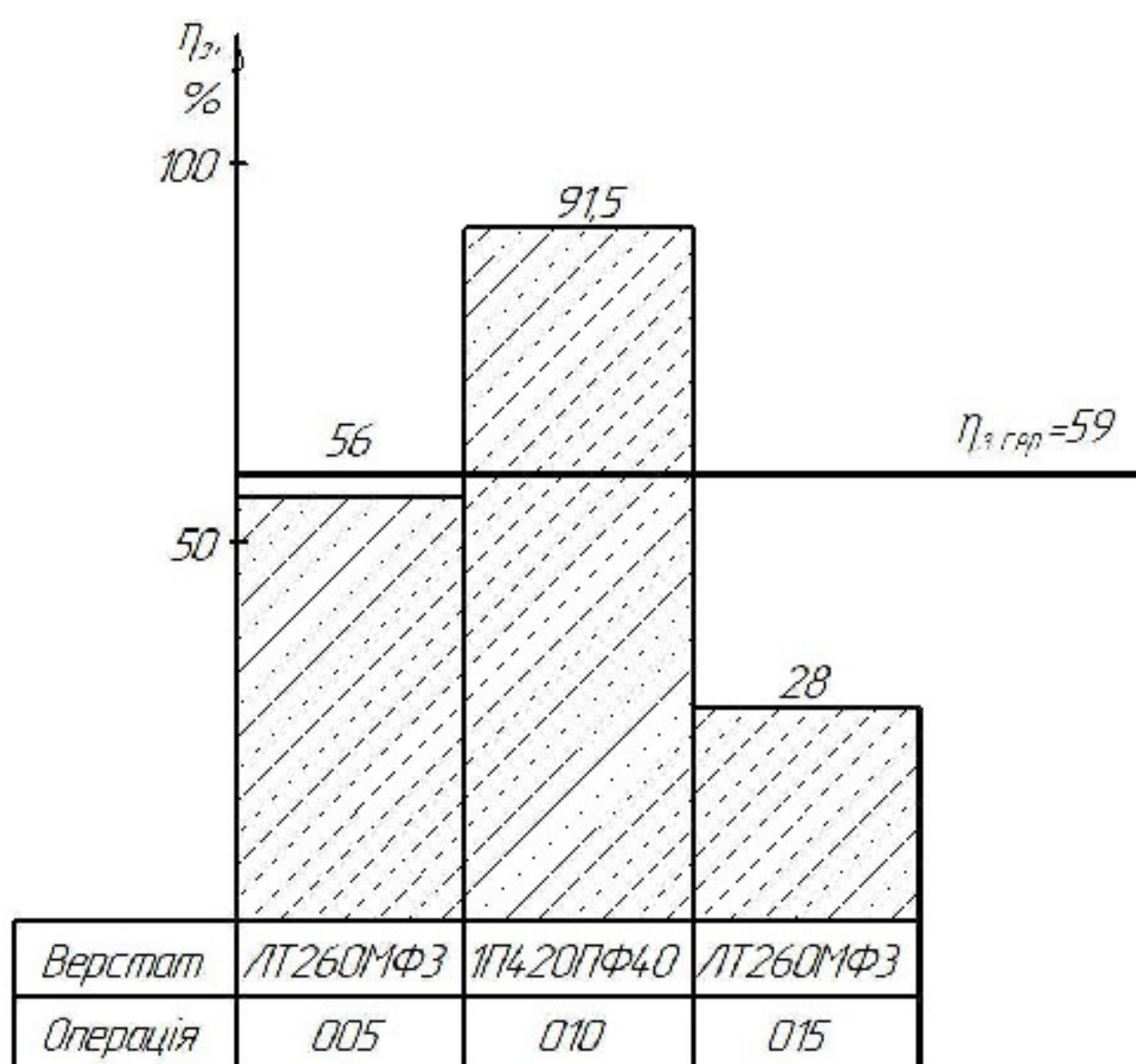


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

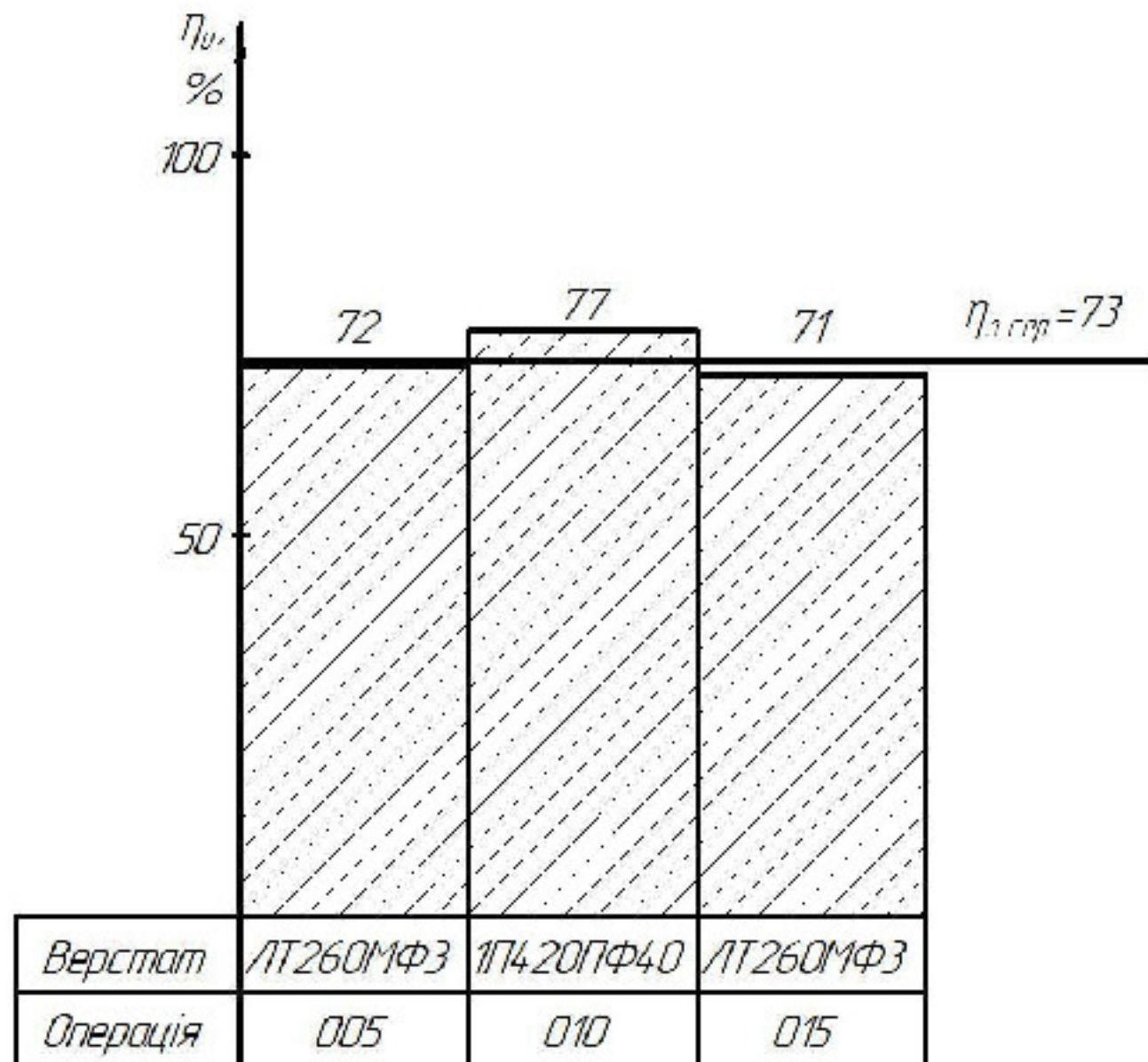


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Висновок. Коефіцієнт завантаження обладнання є нижчим нормативного рекомендованого значення для серійного виробництва (0,75-0,85) за рахунок порівняно невисокого завантаження верстатів на операціях 005, 015. Ці верстати можуть бути довантажені обробкою інших деталей (крім врахованих у приведеній програмі), що дасть можливість підвищити коефіцієнт завантаження.

Коефіцієнт використання обладнання за основним часом є досить високим, що свідчить про правильність побудови технологічного процесу.

3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці

Кількість робітників-верстатників дільниці механічного цеху може бути підрахована в залежності від прийнятої кількості верстатів за формулою [2, 17]:

$$P_i = \frac{\Phi_{\text{д}} \cdot C_{\text{вр}} \cdot \eta_3 \cdot \eta_o}{\Phi_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}}}, \quad (3.9)$$

де $C_{\text{вр}}$ – прийнята кількість верстатів, шт.;

$\Phi_{\text{в}}$ – ефективний річний фонд роботи верстатника, $\Phi_{\text{в}} = 1840$ год.;

$\Phi_{\text{д}}$ – ефективний фонд роботи верстата, $\Phi_{\text{д}} = 3890$ год.;

$K_{\text{м}}$ – коефіцієнт багатоверстатного обслуговування, $K_{\text{м}} = 1,0 \dots 2,2$;

η_3, η_o – коефіцієнти завантаження.

$$P_{005} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,56 \cdot 0,72}{1840 \cdot 1} = 0,85 ; \quad P_{\text{вр } 005} = 1;$$

$$P_{010} = \frac{2 \cdot 3890 \cdot 0,915 \cdot 0,77}{1840 \cdot 2} = 1,5 ; \quad P_{\text{вр } 010} = 2;$$

$$P_{015} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,28 \cdot 0,71}{1840 \cdot 1} = 0,42 ; \quad P_{\text{вр } 015} = 1.$$

Кількість основних робітників складає 4 чоловіки. Із них лише 2 робітники, що виконують операцію 010 працюють в 2 зміни. На всіх інших операціях робітники працюють лише в 1 зміну. На всіх операціях можливе довантаження основних робітників обробкою інших деталей, так як вони не в повній мірі завантажені роботою.

Кількість допоміжних робітників:

$$P_{\text{доп}} = (0,2 \dots 0,25) \cdot 4 = 0,8 \dots 1,0.$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника.

Кількість ІТР:

$$P_{\text{ІТР}} = (0,18 \dots 0,24) \cdot 4 = 0,72 \dots 0,96.$$

Приймаємо 1 чоловіка ІТР (з можливістю невеликого довантаження роботою ще й на іншій ділянці).

Кількість службовців:

$$P_{\text{СКП}} = 0,022 \cdot 4 = 0,088.$$

Приймаємо 1 чоловіка, який має обслуговувати ще ряд інших ділянок (наприклад бухгалтер).

Кількість МОП:

$$P_{\text{МОП}} = (0,01 \dots 0,02) \cdot 7 = 0,07 \dots 0,14.$$

Приймаємо 1 чоловіка (з обслуговуванням інших ділянок).

Отримані дані занесемо до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Відомість складу працюючих ділянки

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники	розрахунок	2,77	4
Допоміжні робітники	20...25%	0,8...1,0	1
ІТР	18...24%	0,72...0,96	1
СКП	2,2%	0,088	1
МОП	1-2%	0,07...0,14	1

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз умов праці

В бакалаврській роботі розглядаються умови праці на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ДУ-10.08.004».

При роботі на механічній ділянці виникає ряд фізичних, хімічних, психофізіологічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів:

1. Рухомі частини виробничого обладнання, пересуваємі вузли і агрегати.
2. Відлітаючі частини інструментів, який зруйнувався під час роботи.
3. Підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може відбутись через тіло людини.
4. Підвищена загазованість повітря робочої зони парами і газами, які виділяються при технологічних процесах.
5. Підвищений рівень шуму і вібрації на робочих місцях від працюючого обладнання.
6. Відсутність або недостатня освітленість природним світлом.
7. Недостатня освітленість робочої зони від світильників штучного освітлення.
8. Зміна мікроклімату робочої зони.
9. Фізичні динамічні та статичні навантаження.
10. Монотонність праці.

При відсутності засобів захисту запиленість повітряного середовища в зоні дихання верстатників може перевищувати граничне допустимі концентрації.

На дільниці обладнання живиться від трифазної чотирипровідної мережі з заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Дільниця знаходиться в одноповерховому виробничому приміщенні.

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

У цехах, що мають велику ширину, шкідливі роботи необхідно розташовувати поблизу зовнішніх стін для кращого забезпечення природної вентиляції приміщення. При внутрішньому плануванні приміщення повинні бути передбачені достатня ширина і число проходів, сходів, дверей із метою можливого усунення зустрічних людських потоків у періоди початку і закінчення змін, а також у випадку аварійних ситуацій.

Обсяг виробничих приміщень повинен бути таким, щоб на кожного працюючого припадало не менше $4,5 \text{ м}^2$ площі, 15 м^3 об'єму, висота виробничого приміщення повинна бути не менше 3,2 м. Площа ділянки 60 м^2 , об'єм – 192 м^3 , тобто вимоги виконуються.

Електробезпека

Електробезпека забезпечується конструкцією електроустановок, організаційними та технічними заходами, технічними способами та засобами захисту.

Приміщення з ділянкою відноситься до класу приміщення підвищеної електробезпеки, так як на ділянці є струмопровідні заземлені частини обладнання які можуть проводити струм. Тому все електрообладнання повинно відповідати правилам пристроїв електроустановок, а його експлуатація - правилам технічної експлуатації електроустановок споживачів та правилам техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів.

Технічні способи та засоби забезпечення електробезпеки розділені на дві групи:

- ті, що забезпечують захист при випадковому доторканні до струмопровідних частин;
- ті, що захищають від ураження струмом при доторканні до металічних не струмопровідних частин які можуть опинитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції.

На ділянці застосовується трифазна чотирьохпровідна електромережа з заземленою нейтраллю. Для попередження ураження електричним струмом все

обладнання повинно бути заземлене. Стан заземлення перевіряють не рідше одного разу в квартал. Електроустановки, електрообладнання та проводку дозволяється ремонтувати тільки після відключення їх від мережі.

Джерела освітлення, проводка та силові двигуни повинні бути надійно ізольовані.

Забороняється експлуатація несправного обладнання, технічного інструменту, тощо. При несправному обладнанні вирішується табличка „Працювати заборонено” або „Не працює”.

Забороняється застосування саморобних нагрівальних пристроїв.

Робітники повинні забезпечуватись справними інструментами та інвентарем.

Відходи виробництва, обтирочні матеріали, повинні прибиратися після кожної зміни.

Для миття та знежирення повинні застосовуватись негорючі суміші і розчинники. Мийні ванни з часом після закінчення роботи повинні закриватись. Підлога має бути горизонтальною, рівною без вибоїн. Біля верстатів і стендів повинні бути дерев'яні трапи на всю ширину робочої зони.

Особливу увагу необхідно приділяти при роботі з кран-балкою.

Необхідно дотримуватись інструкцій по роботі з обладнанням.

Нормативні умови на дільниці забезпечуються такими засобами:

- механізацією;
- встановлення ефективної вентиляції;
- встановлення опалення;
- застосування засобів особистої гігієни.

Для захисту рук від агресивних середовищ застосовують рукавиці і спецодяг.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Роботи, що виконуються на механічній ділянці обробки деталі «Хрестовина 10.20» відносяться до категорії робіт Пб – середньої важкості. Ці роботи пов'язані з середнім фізичним навантаженням.

Параметри, що характеризують мікроклімат в приміщенні є: температура, відносна вологість, швидкість руху повітря.

[18] визначає оптимальні і допустимі норми цих параметрів в залежності від категорії робіт, періоду року. Числові значення мікрокліматичних норм в приміщенні виробничого цеху де знаходиться механічна дільниця наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Оптимальні і допустимі норми параметрів мікроклімату в виробничому приміщенні

Період року	Категорія	Температура, °C			Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/хв	
		Оптим.	Допустима		Оптим.	Допуст.	Оптим.	Допуст.
			Верхня гран.	Нижня гран.				
Холод	Пб	17-19	21	15	40-60	75	0.3	0.4
Тепло	Пб	20-22	27	16	40-60	70	0.4	0.5

Для нормалізації мікроклімату в виробничому приміщенні необхідно улаштувати вентиляцію і опалення. Інтенсивність опромінення 100Вт/м^2 .

Опромінення людського тіла не більше 25%.

На дільниці характерне забруднення повітря виробничих приміщень отруйними газами та парами.

Попадаючи в організм людини шкідливі речовини негативно діють на людину. Концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони не повинна перевищувати значень приведених у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Допустимі показники шкідливих речовини повітря робочої зони

Назва речовини	Величина ГДК, мг/м ³	Переважаючий агрегатний стан в умовах виробництва	Клас небезпеки	Особливості дії на організм
Мастила мінеральні нафтові	5	а	III	
Бензапірен	0,00015	а	I	К
Альдегід масляний	5	п	III	
Вуглеводні аліфатичні C ₁ -C ₁₀ (в перерахунку на С)	300	п	IV	
Молібдену розчинні з'єднання у вигляді аерозолі конденсації	2	а	III	

Система вентиляції приміщення буде комбінована, тобто буде поєднувати в собі механічну і природну, організовану вентиляцію [19].

Механічна вентиляція буде здійснюватиметься за рахунок вентилятора з приводом від електродвигуна. При обертанні вентилятора створюється різниця тиску, в результаті чого повітря переміщується з переміщення(витяжна вентиляція) і в приміщення (поточна вентиляція).

Приточна вентиляція забезпечуватиме приток чистого повітря в приміщення, а витяжна вентиляція забезпечуватиме видалення забрудненого повітря назовні.

Природна вентиляція здійснюватиметься за рахунок різниці густини повітря, що виникатиме за рахунок різниці температури повітря, а також за рахунок енергії вітру.

4.2.2 Освітлення

Кількісні і якісні характеристики освітлення регламентовані [20].

Природне освітлення забезпечується подвійними вікнами.

Роботи, що виконуються при механічній обробці деталі «Корпус ДУ-10.08.004» відносяться до розряду зорової роботи – 4а.

Коефіцієнт природного освітлення:

$$e^4 = e_H^3 \cdot m \cdot C_K, \quad (4.1)$$

де $e_H^3 = 1.5$ – нормоване значення коефіцієнта природного освітлення;

$m = 0.9$ – коефіцієнт світлового клімату;

$C_K = 0.75$ – коефіцієнт сонячності клімату;

$$e^4 = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,01.$$

Штучне освітлення в виробничих приміщеннях повинно задовольняти вимогам, що наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Норми освітленості приміщень і виробничих ділянок механічної обробки

Приміщення	Площина нормування освітленості	Розряд зорової роботи	Освітленість	
			норма	діюче
Механічна ділянка	Горизонтальна 0,8м	4а	300(750)	250(700)

Штучне освітлення проводиться світильниками з лампами розжарення. Вони забезпечують усунення сліпучої дії джерела світла. Освітленість проходів в виробничому приміщенні повинна складати – 75 Лк. Світильники місцевого освітлення живляться від мережі напругою 36 В, загального 220 В. Всі світильники повинні мати заземлення і бути герметичними по ступені захисту IP65.

4.2.3 Шум

Джерелом шуму на ділянці є працююче обладнання, інструмент та системи вентиляції.

За характером спектру шум на дільниці широкосмуговий із безперервним спектром шириною більше октави. За часовими характеристиками шум постійний, так як рівень звуку за восьмигодинний робочий день змінюється в часі не більш, ніж на 5 дБА. За походженням шум механічний (від працюючого обладнання) і аеродинамічний (від вентиляційних установок). Характеристикою шуму на робочих місцях є рівні звукового тиску (дБ) в октавних смугах з середньгеометричними частотами 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Допускається в якості характеристики постійного широкосмугового шуму на робочих місцях при орієнтовній оцінці приймати рівень звуку (дБА), виміряний на тимчасовій характеристиці "повільно" шумоміра по [21].

Гранично допустимий спектр шуму на робочих місцях на дільниці відновлювання приведений у табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Допустимий спектр шуму на робочих місцях

Вид трудової діяльності	Октавні рівні звукового тиску, дБ на середньгеометричних частотах, Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних робочих місцях	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для зменшення шуму на дільниці використовують архітектурно-планувальні методи захисту. Сюди відноситься раціональне розміщення технологічного обладнання, верстатів, раціональне розміщення робочих місць, раціональне акустичне планування зон і режиму руху транспорту, створення різних шумозахищених зон в різних місцях знаходження людей.

4.2.4 Вібрація

Від систем вентиляції та іншого обладнання на працюючих може діяти загальна та локальна вібрація. Вібрація характеризується такими показниками як віброшвидкість, віброприскорення, рівень віброшвидкості, рівень віброприскорення.

Категорія вібрації 3 тип "а" – технологічна на робочих місцях. Критерій оцінки – межа зниження продуктивності праці. На працюючих діє локальна і загальна вібрація. Вона передається через руки працюючих і через підшви ніг.

Санітарні норми одночислових показників вібраційного навантаження на працюючого при тривалості зміни 8 год. згідно [22] приведені в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Норми вібраційного навантаження

Вид вібрації	Категорія вібрації за санітарними нормами	Напрямок дії	Нормативні коректовані за частотою та еквівалентні коректовані значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			м/с ²	дБ	м/с, ·10 ⁻²	дБ
Локальна	-----	X _n ; Y _n ; Z _n	2,0	126	2,0	112
Загальна	3 тип "а"	X ₀ ; Y ₀ ; Z ₀	0,1	100	0,2	92

Для зменшення вібрації, яка передається на робочі місця, обладнання на ділянці встановлено на віброізолятори. Вентилятори систем вентиляції також встановлюють на віброізолятори і розміщують поза приміщеннями.

4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки

Приміщення віднесено до категорії Д, а будівля, де вона розміщуються, має 1-й ступінь вогнестійкості – незгораємі стіни, перегородки і покриття з межею вогнестійкості не менш 1 години. Всі стіни, перегородки і покриття відповідають цій вимозі. Ступінь вогнестійкості будівлі – II, для якої наведені мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у год.) і максимальні межі розповсюдження полум'я по них (у см) для різних ступенів вогнестійкості будівель згідно [23-26] у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у год.) і максимальні межі розповсюдження полум'я по них (у см) для різних ступенів вогнестійкості будівель

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Сходові площадки, балки, косоури, марші сходових кліток	Плити, настили, (з утеплювачем), інші несучі конструкції перекрить	Елементи перекрить	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні ненесучі	Внутрішні ненесучі (перегородки)				Плити, настили, прогони	Балки, ферми, арки, рами
II	20	10	0.250	0.250	20	10	0.750	0.250	0.250

Примітка. У чисельнику вказуються межі вогнестійкості будівельних конструкцій; у знаменнику – межі розповсюдження полум'я по них.

Основними причинами виникнення пожеж є коротке замикання в електропроводниках, самозаймання ганчір'я, паління в недозволених місцях, розряди блискавки і порушення правил пожежної безпеки.

Обладнання повинно бути виконано в вибухобезпечному виконанні. Необхідно своєчасно проводити протипожежний інструктаж і встановлювати жорсткий протипожежний режим. Для паління відводяться та обладнуються спеціальні місця.

Для використаного обтирочного матеріалу передбачають металеві ящики з кришками та цей матеріал зберігається не більше однієї зміни.

Для запобігання пожежі від короткого замикання в провідниках їх необхідно розміщувати в металевих трубах, або гнучких, металевих кожухах.

Для захисту від блискавок, застосовують металеві стержні, які розташовані вище даху приміщення та з'єднані із землею дротом. Для оповіщення відповідних служб про пожежу застосовують телефони та теплові повідомлювачі максимальної дії ДІЛ, які спрацьовують, коли температура, навколишнього середовища досягає критичної.

ВИСНОВКИ

Бакалаврська дипломна робота виконана з урахуванням сучасних напрямків розвитку технології машинобудівного виробництва з використанням прогресивного, автоматизованого обладнання, інструментів, комп'ютерних прикладних програм.

В роботі спроектовано технологічний процес механічної обробки деталі типу «Корпус ДУ-10.08.004». При цьому згідно заданої програми випуску розрахункового представника визначено тип та форму організації виробництва, виконано аналіз технологічності конструкції деталі, розглянуті можливі методи та способи виготовлення заготовки та вибрано оптимальний на основі техніко-економічних розрахунків, вибрані методи обробки поверхонь деталі, чорнові та чистові бази для виконання операцій механічної обробки, проведено розмірний аналіз технологічного процесу, розраховані припуски (аналітичним способом) на обробку отвору, режими різання, норми часу.

Для визначення необхідної кількості верстатів для виконання механічної обробки та забезпечення їх нормального завантаження підібрані аналогічні (за технологією обробки) деталі та розраховано приведену програму. Встановлено кількість працюючих, які забезпечать роботу верстатів на дільниці механічної обробки деталі типу «Корпус ДУ-10.08.004».

Розроблені заходи з охорони праці на дільниці механічної обробки заданої деталі.

У графічній частині представлено робочі креслення деталі, заготовки, графічне зображення маршруту механічної обробки заготовки деталі, схеми з таблицями, що пояснюють розмірний аналіз технологічного процесу, карта налагоджень на одну операцію та графіки завантаження верстатів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Пурдик В. П. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2013. 123 с.
2. Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Савуляк В. В., Сердюк О. В. Механоскладальні ділянки та цехи в машинобудуванні : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2015. 148 с.
3. Дерібо О. В., Лозінський Д. О., Сердюк О. В. Технології для верстатів з числовим програмним керуванням: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс]. Вінниця : ВНТУ, 2023. 116 с. Режим доступу : https://iq.vntu.edu.ua/method/getfile.php?fname=5927.pdf&card_id=1949&id=5927.
4. Рудь В. Д. Курсове проектування з технології машинобудування. К. : ІСДО, 1996. 300 с.
5. Юрчишин І. І., Литвиняк Я. М., Грицай І. Є., Кукляк М. Л., Кусий Я. М., Ступницький В. В., Яцюк В. А., Кук А. М., Махоркін Є. М., Свізінський В. П. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт : навчальний посібник / за ред. І. І. Юрчишина, Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.
6. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Сухоруков С. І. Основи технології машинобудування. Частина 2: Самостійна та індивідуальна робота студентів. Вінниця : ВНТУ, 2021. 90 с.
7. Дусанюк Ж. П., Шиліна О. П., Репінський С. В., Дусанюк С. В. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2009. 199 с.
8. Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення : ДСТУ 8981–2020. [Чинний від 2021-05-01] К. : ДП «УкрНДЦН» 2021. 77 с.

9. Добрянський С. С., Малафєєв Ю. М., Пуховський Є. С. Проектування і виробництво заготовок : підручник. К. : НТУУ «КПІ», 2014. 353 с.
10. Руденко П. О., Харламов Ю. О., Шустик О. Г. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин. К. : ІСДО, 1993. 304 с.
11. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів : Світоч, 1996. 348 с.
12. Дерібо О. В., Репінський С. В. Розмірно-точнісне моделювання конструкцій та технологічних процесів: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс]. Вінниця : ВНТУ, 2024. 105 с. Режим доступу : <https://iq.vntu.edu.ua/repository/card.php?lang=uk&id=8184>.
13. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Сухоруков С. І. Основи технології машинобудування. Частина 2: практикум. Вінниця: ВНТУ, 2015. 116 с.
14. Булига Ю. В., Веселовська Н. Р., Міськов В. П. Теорія різання. Розрахунок режимів різання : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2019. 67 с.
15. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.
16. Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. Під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.
17. Джур Є. О., Бондаренко О. В. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина: навч. посіб. Д. : «Інновація», 2011. 109 с.
18. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/vie>.
19. ДБНВ.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013.
20. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885.

21.ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

22.ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.

23.ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. URL: https://ammokote.com/wp-content/uploads/2020/08/DSTU_2272_2006.pdf.

24.ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.

25.ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.

26.ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

ДОДАТКИ

Додаток А (обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу
«Корпус ДУ-10.08.004»

Тип роботи: БДР
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра технологій та автоматизації машинобудування, ФМТ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 89,1 Схожість 10,9

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☐ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. 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.

Особа, відповідальна за перевірку (підпис) Лозінський Д. О.
(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

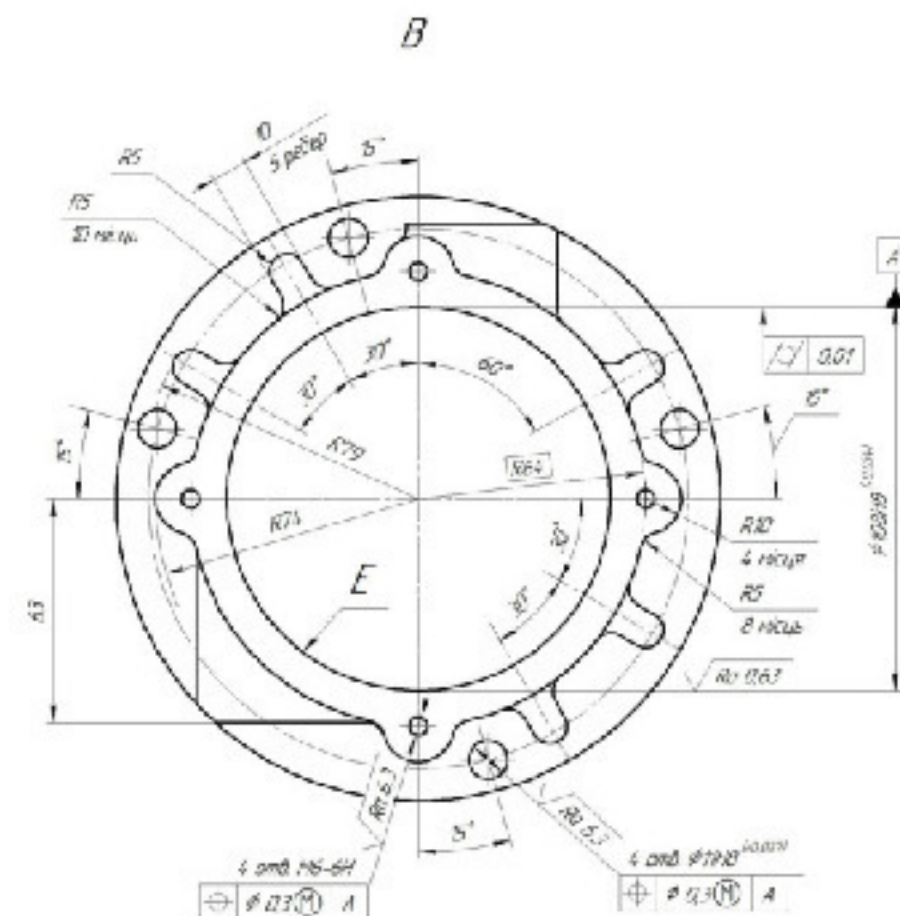
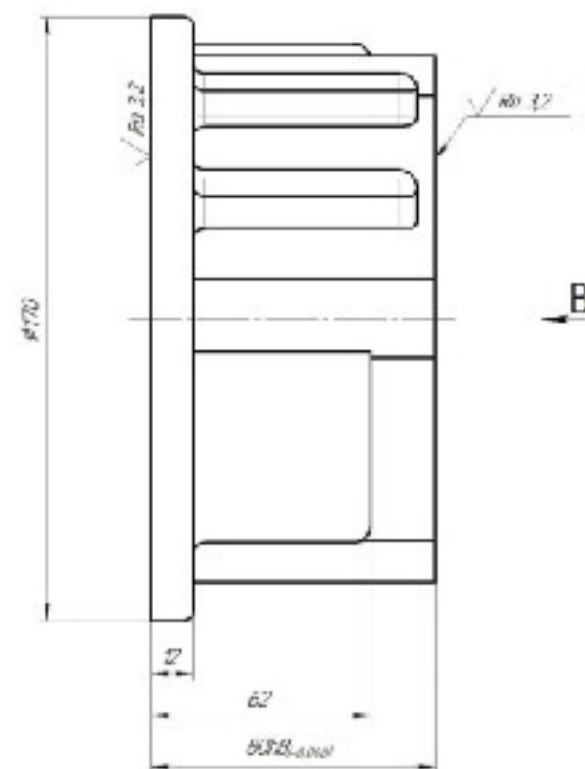
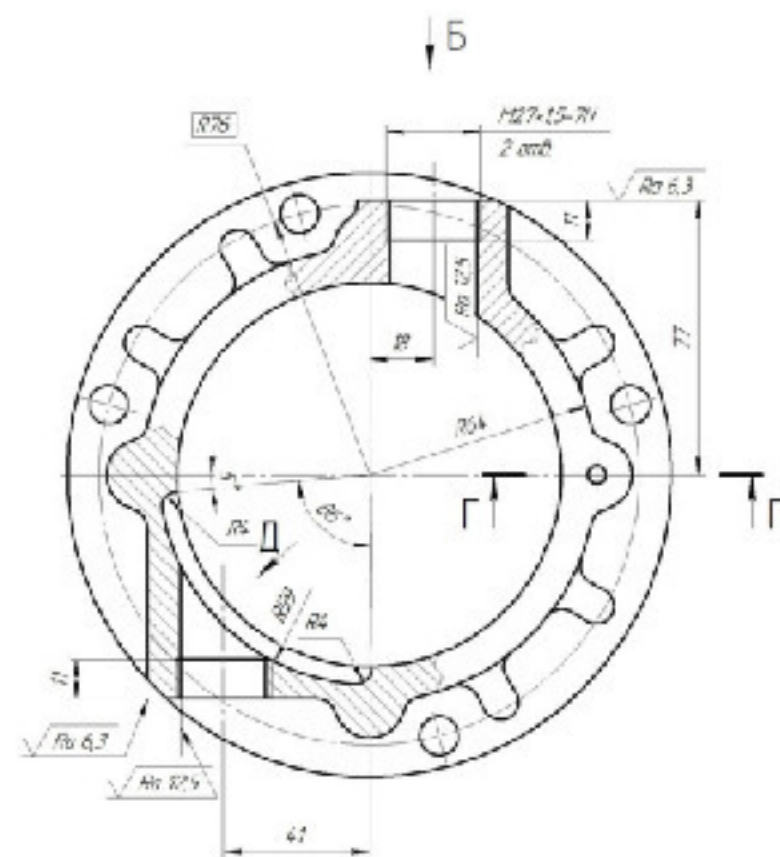
Автор роботи (підпис) Васильєв О. В.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи (підпис) Репінський С. В.
(прізвище, ініціали)

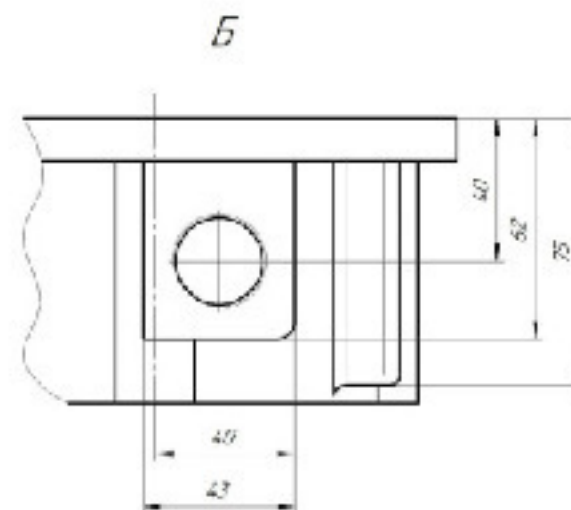
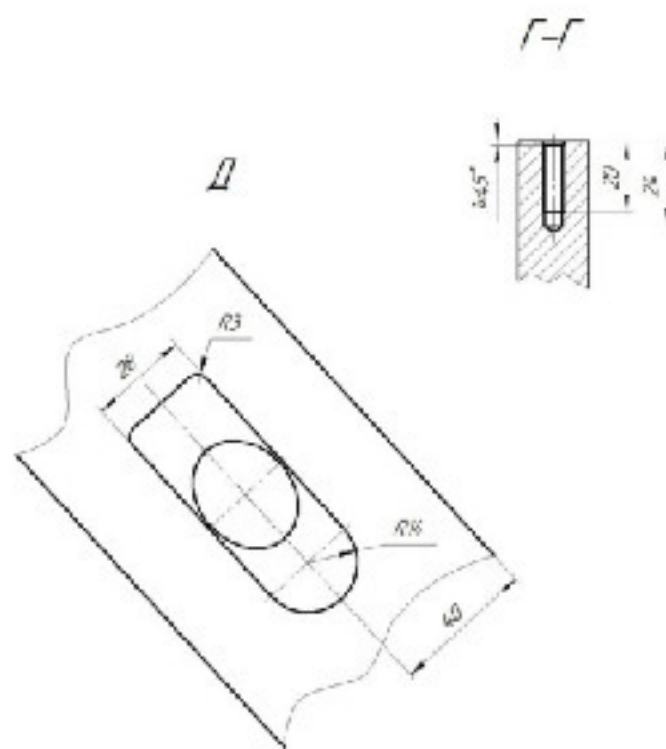
Додаток Б
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ДУ-10.08.004»

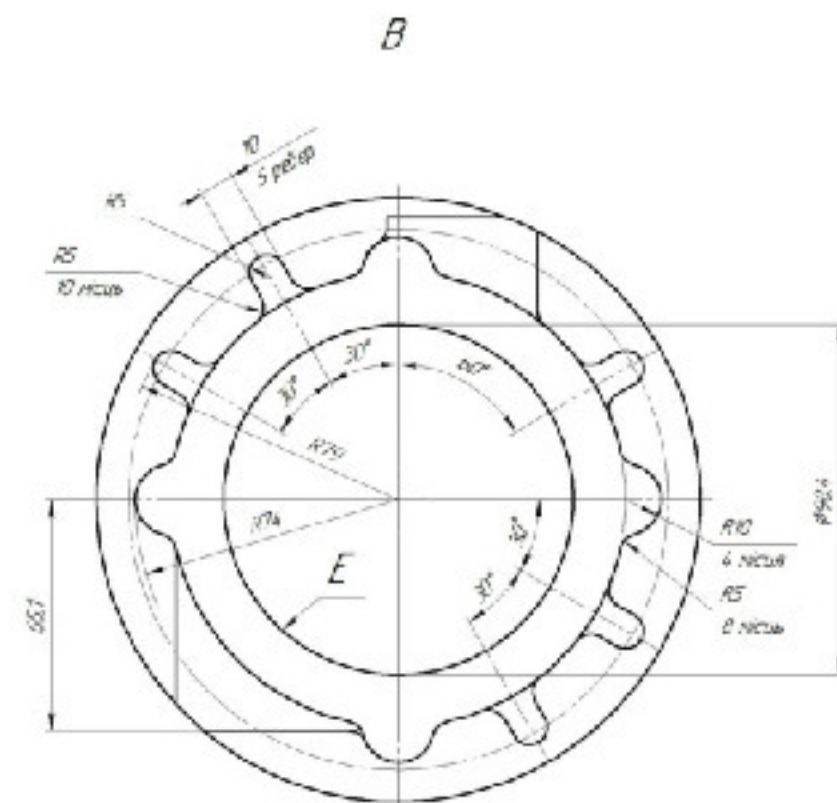
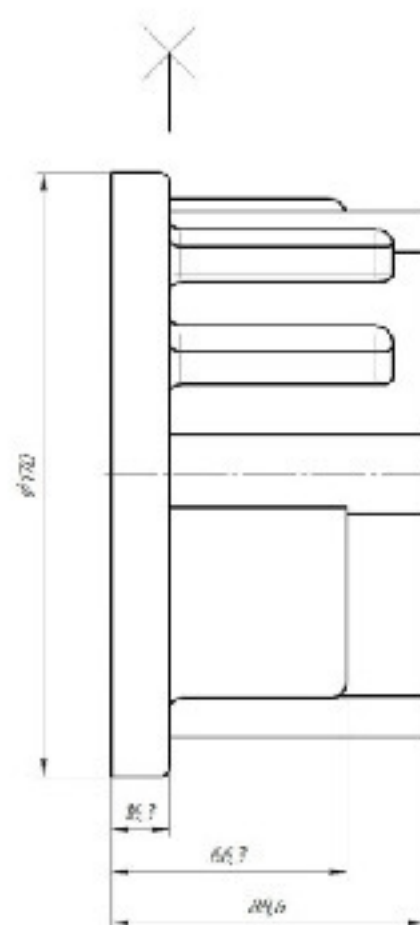
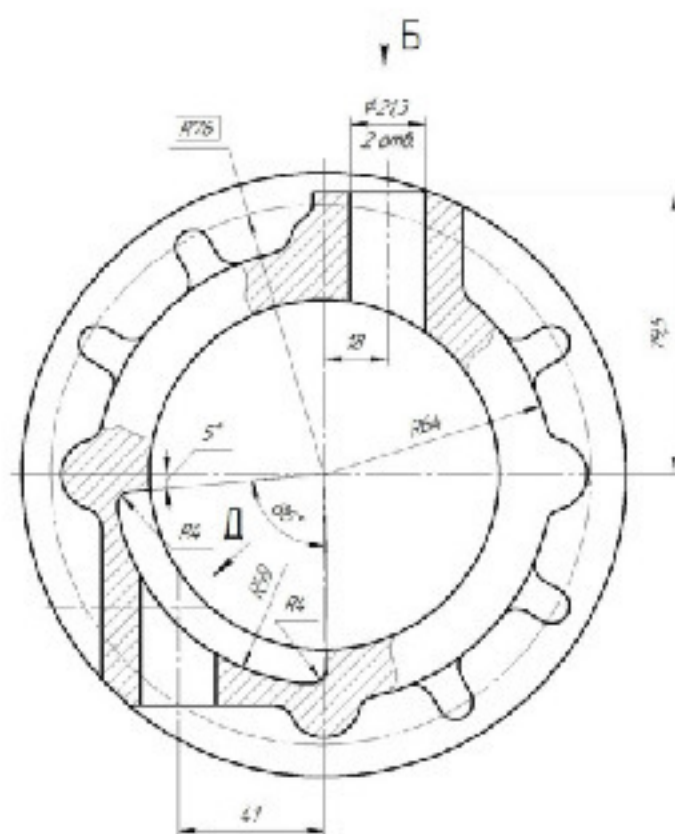


3D-модель детали

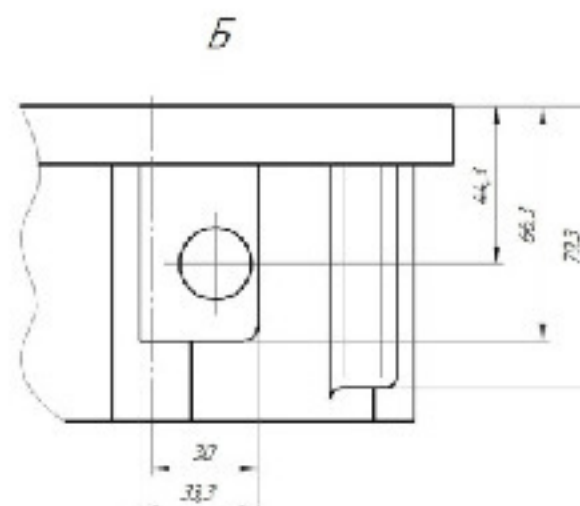
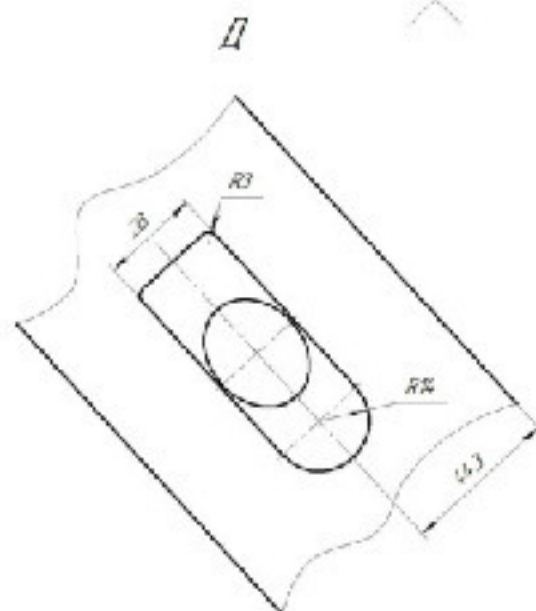


1. Видебну піддаєть інтервалу створення
2. Точність відліку 10-12-13 ГОСТ 24645-89. Допускається відхилення на кутові розміри ±0.45.
3. Надійність піддаєть радіусу 3.5 мм, нахилу нитки на ГОСТ 3219-92 в сторону збільшення розмірів.
4. На нахилі E і позитив корпусу допускається похибка розміру діаметру діл 2 x мм, глибини діл 2 x мм та довжини 4 x мм істотні відхилення.
5. Надійність піддаєть 1.19 ГОСТ 24.1.1. Інші відхилення проводяться на підставі запитів.
6. НН, НН, * 17.8

				08-64.5DP.007.00.001		
Виконав	Н.В.Д.	Н.В.Д.	Н.В.Д.	Лист	38	11
Провер	В.В.Д.	В.В.Д.	В.В.Д.	Корпус ДУ-10.08.004		
Схвал	Схвал	Схвал	Схвал	ВНТ	Ст. пр. 971-208	
СЧ 20	ГОСТ 14.12-85	Корпус				



3D-модель виливка



1. Виливку піддати впливу старіння.
2. Точність виливки 10-7-10-10 ГОСТ 26645-89; допускається відхилення на кути розміри 10°45'.
3. Навказані луб'яні радіуси 3.5 мм, луб'яні нахили по ГОСТ 3212-92 в сторону збільшення розмірів.
4. На поверхні E і місцях торця вилученням поглиблених ризиків діаметри до 2-х мм, глибина до 2-х мм не більше 1-х на кожній поверхні.
5. Твердість поверхні E HB 170.241, запері твердості проводити на контрольному зразку.

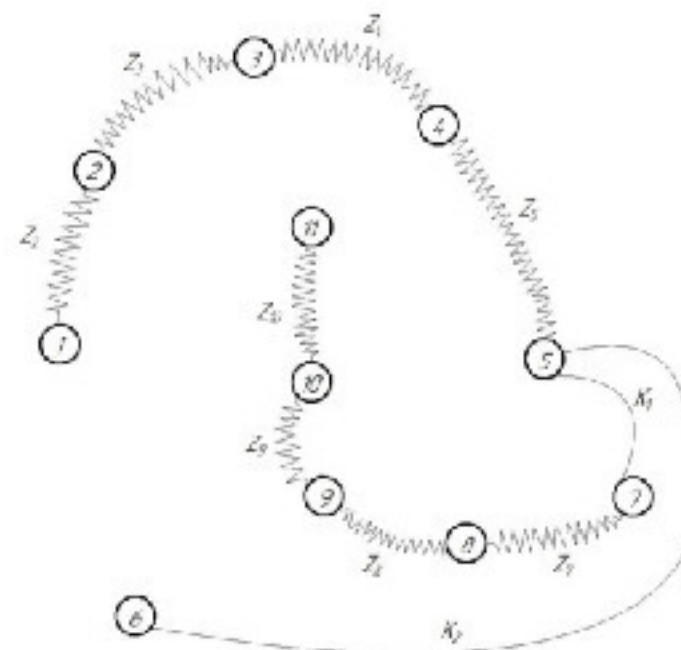
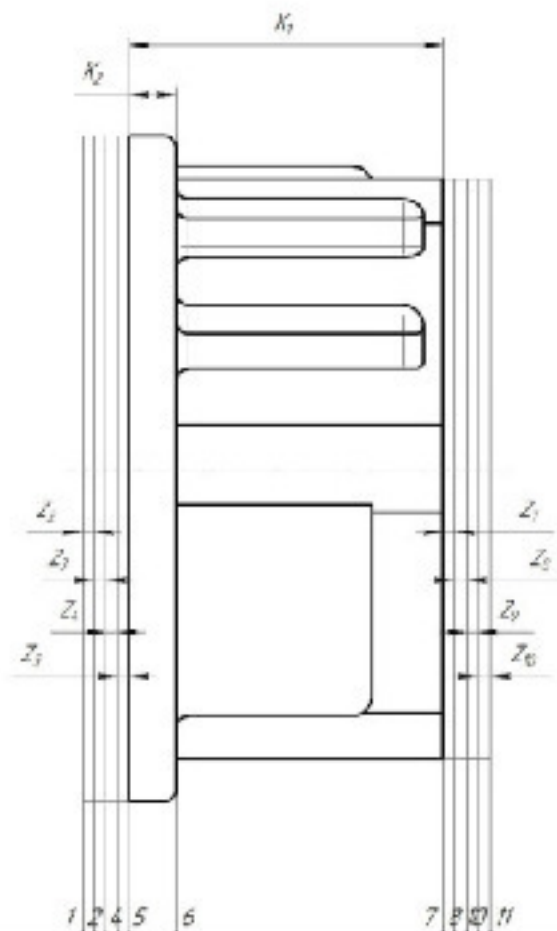
08-64.5DP.007.00.002				Корпус (виплинок)		
Виконав	Н. Данил	Дата	10.08.2018	Лист	5.32	11
Провер.	Виконав	Дата	10.08.2018	Лист	5.32	11
Деталь	Виконав	Дата	10.08.2018	Лист	5.32	11
Матеріал	Сталь	Деталь	Сталь	Лист	5.32	11
Матеріал	Сталь	Деталь	Сталь	Лист	5.32	11
СЧ 20 ГОСТ 14.12-85				ВНТ		
Корпус				Ст. пр. 971-2018		
Корпус				Ст. пр. 971-2018		

Маршрут механічної обробки

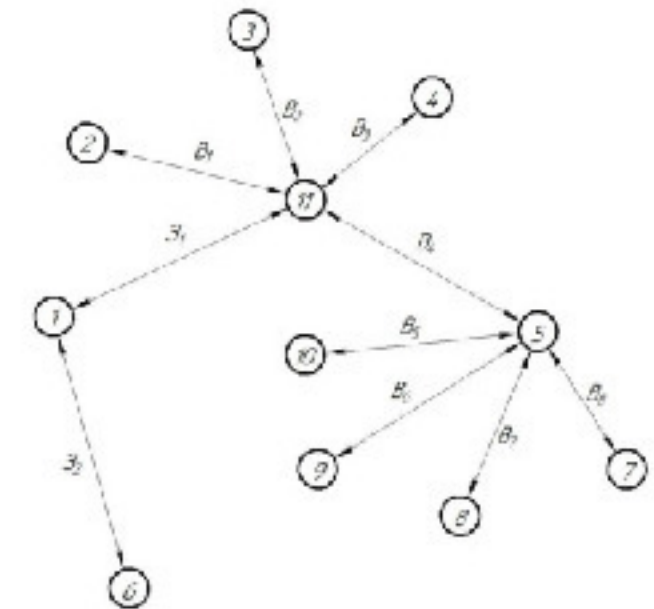
№ оп-ції	Назва операції, переходи	Ескіз обробки, схема установки	Тип обладнання
005	<u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо в розмір $\varnothing 7,154$ мм. 3. Фрезерувати поверхню 1 попередньо в розмір $\varnothing 6,394$ мм. 4. Фрезерувати поверхню 1 попередньо в розмір $\varnothing 6,044$ мм. 5. Фрезерувати поверхню 1 остаточно в розмір згідно ескіза. 6. Центрувати 4 отв. 2, витримуючи розміри $d=6$ мм $l=2,5$ мм. 7. Свердлити 4 отв. 2 в розмір $\varnothing 10$ мм. 8. Зенкерувати 4 отв. 2 однократно в розмір $\varnothing 10,8$ мм. 9. Розвернути 4 отв. 2 однократно в розмір згідно ескіза. 10. Зняти заготовку.	НМ, 0%, $\pm 1\mu\text{m}/2$	Вертикально-фрезерний з ЧПК ПГ26СМФ03
010	<u>Токарно-револьверно з ЧПК</u> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити поверхню 1 попередньо в розмір $\varnothing 5,424$ мм. 3. Точити поверхню 1 попередньо в розмір $\varnothing 3,764$ мм. 4. Точити поверхню 1 попередньо в розмір $\varnothing 2,074$ мм. 5. Точити поверхню 1 остаточно. 6. Розточити поверхню 2 попередньо ($\varnothing 90,9$ мм). 7. Розточити поверхню 2 попередньо ($\varnothing 107,7$ мм). 8. Розточити поверхню 2 попередньо ($\varnothing 107,93$ мм). 9. Розточити поверхню 2 остаточно. 10. Центрувати 4 отв. 3 ($d=6$ мм $l=2,5$ мм). 11. Свердлити 4 отв. 3 в розмір $\varnothing 5$ мм. 12. Зенкувати фаску 4 в 4 отв. 3. 13. Нарізати різьбу в 4 отв. 3. 14. Зняти заготовку.	НМ, 0%, $\pm 1\mu\text{m}/2$	Токарно-револьверний з ЧПК 814.2007040
015	<u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати поверхню 1 однократно. 3. Зенкерувати отв. 2 однократно. 4. Нарізати різьбу в отв. 2. 5. Повернути деталь на 180°. 6. Фрезерувати поверхню 3 однократно. 7. Зенкерувати отв. 4 однократно. 8. Нарізати різьбу в отв. 4. 9. Зняти деталь.	НМ, 0%, $\pm 1\mu\text{m}/2$	Вертикально-фрезерний з ЧПК ПГ26СМФ03 з лабораторним столом

Розмірний аналіз технологічного процесу

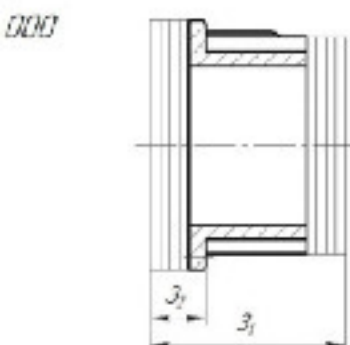
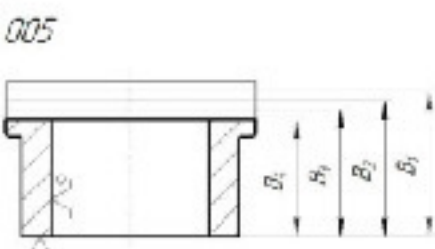
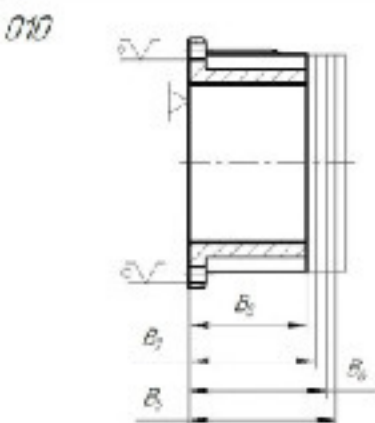
$K_1=60,226 \text{ мм}$
 $K_2=1213,276 \text{ мм}$



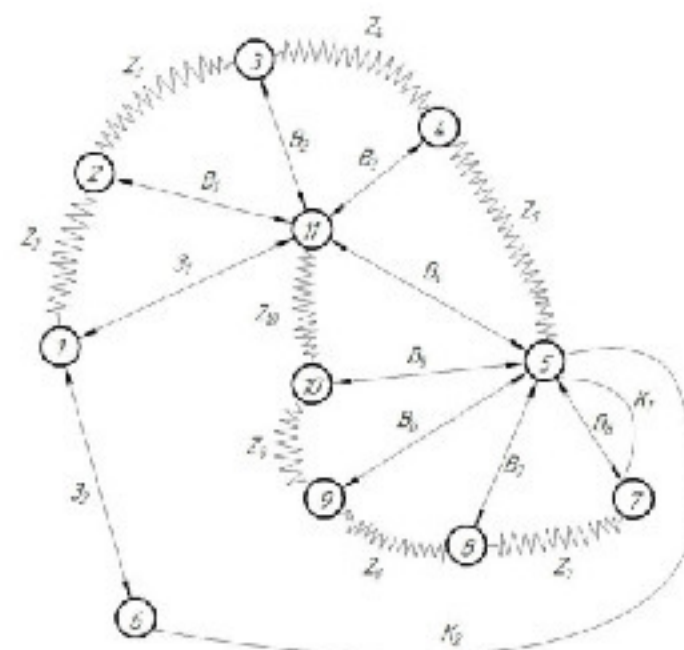
Вихідний граф-дерево



Похідний граф-дерево



Розмірна схема технологічного процесу



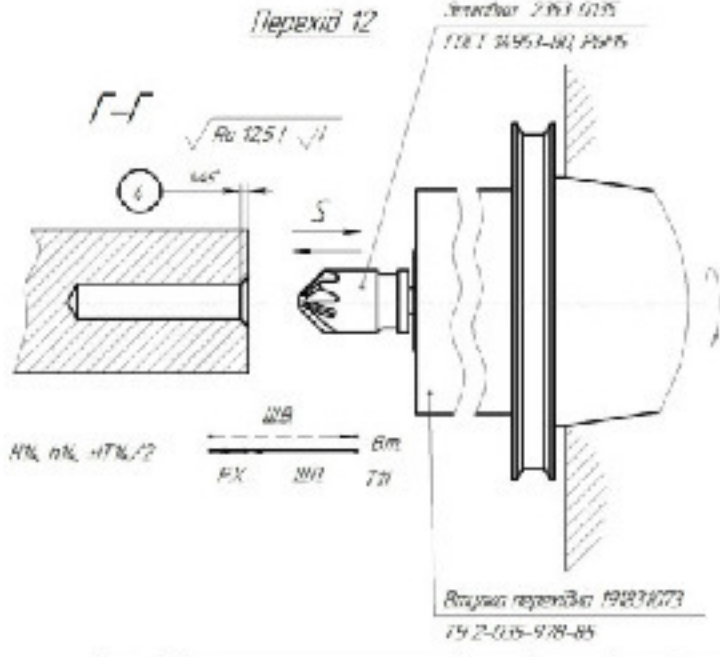
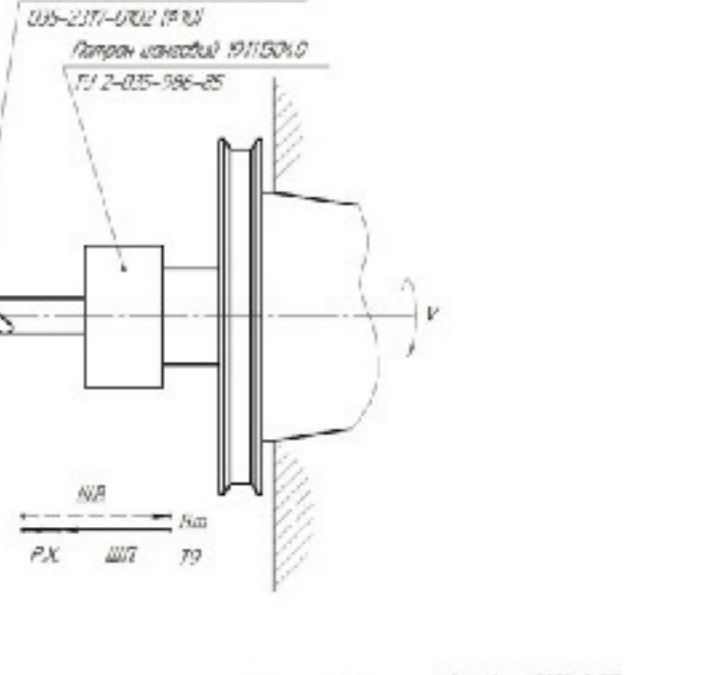
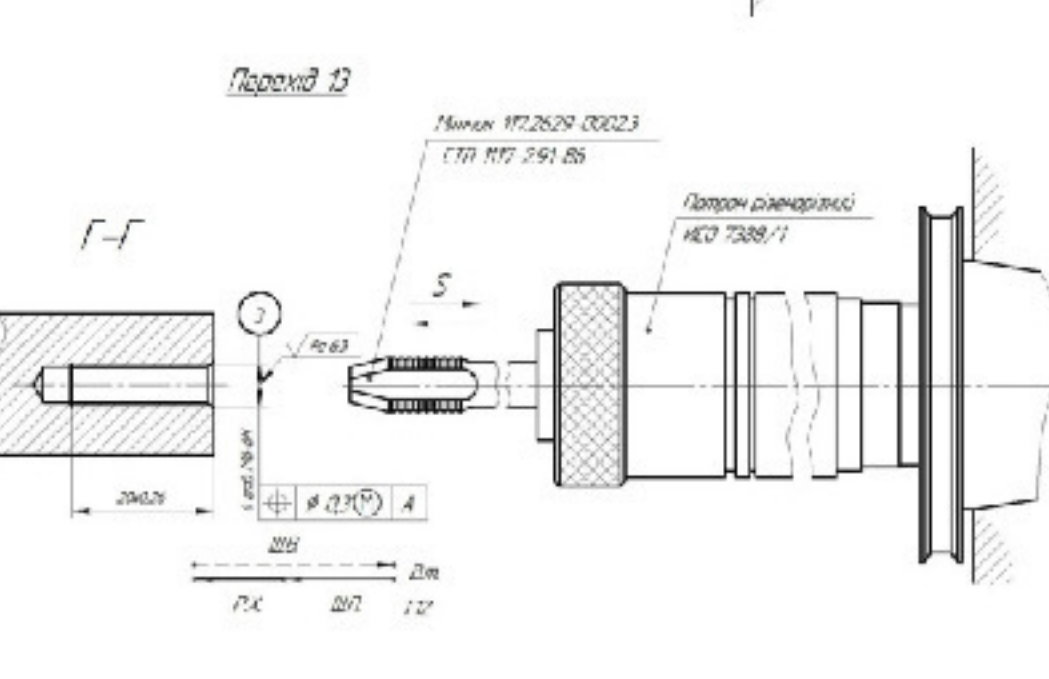
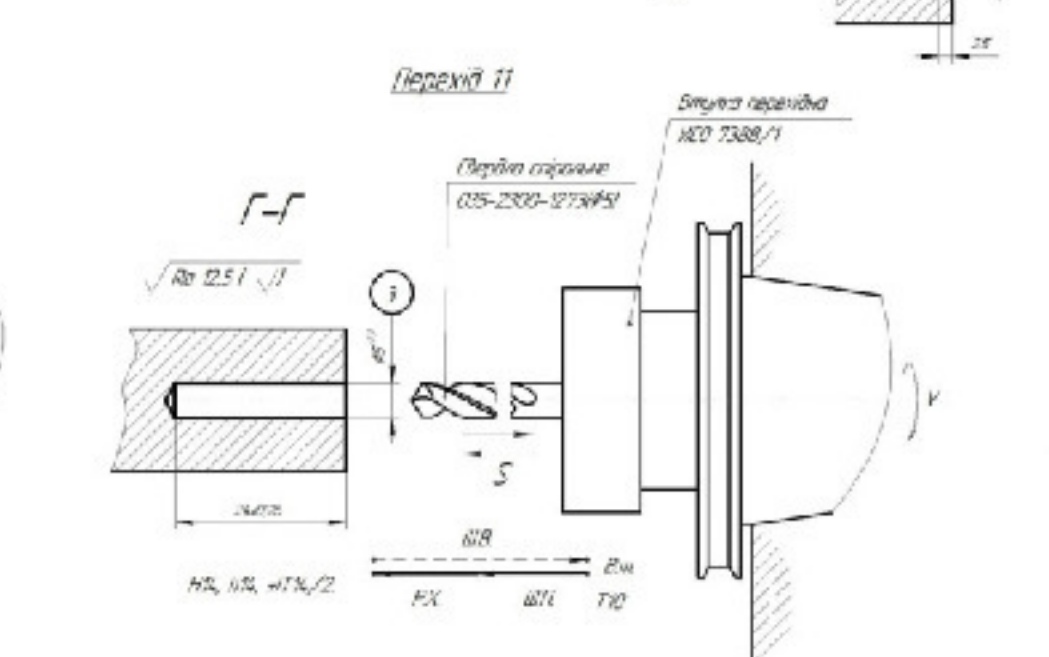
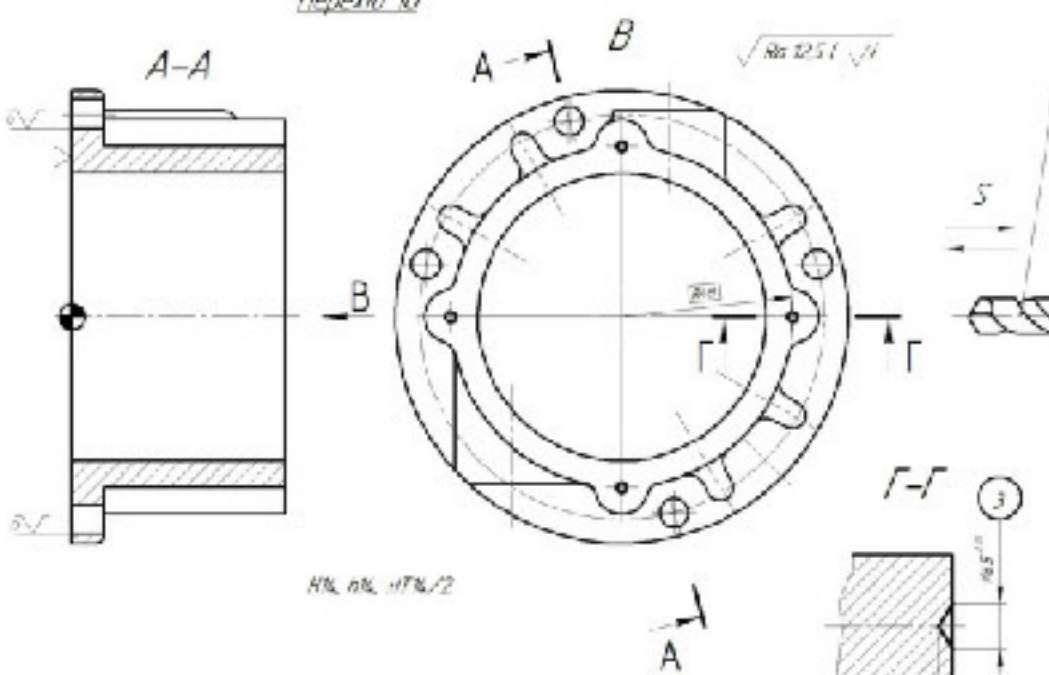
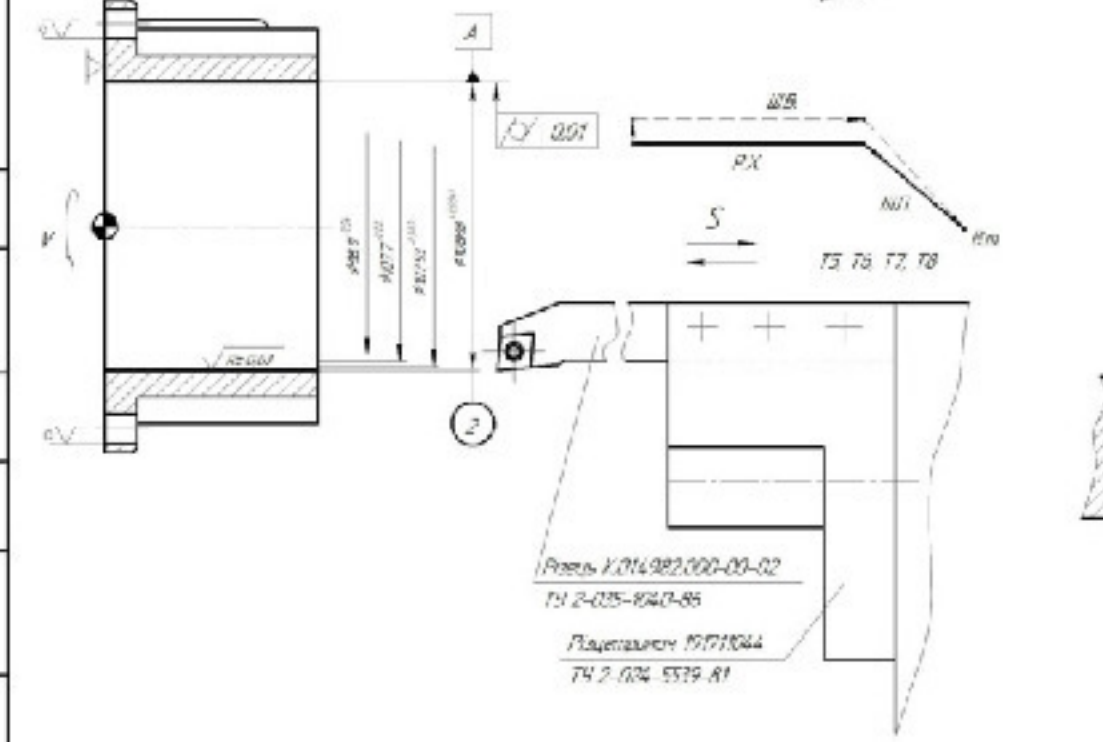
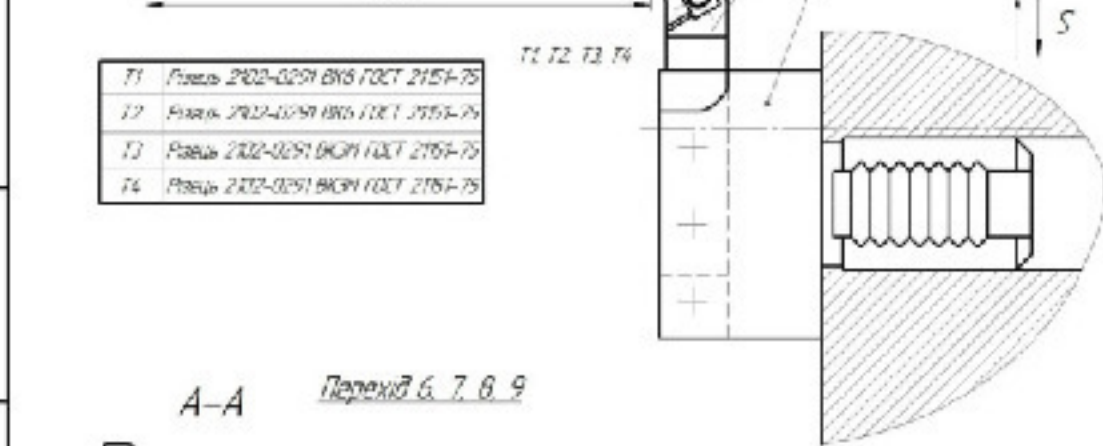
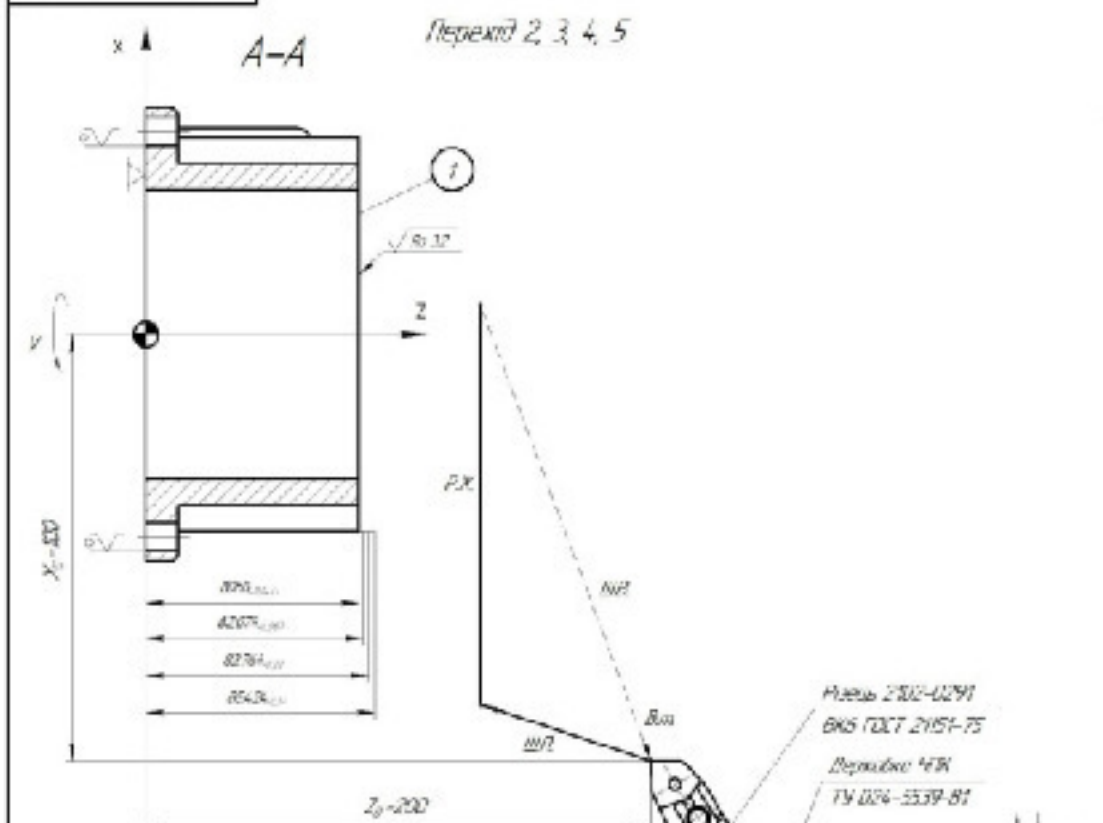
Сумований граф-дерево

Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та їх допуски, мм

Позначення розміру	Граничні значення розмірів тех. розмір	тех. розмір	Допуск	Німецький розмір	Значення розміру	Значення розміру на кресленні
Δ_1	85,694	87,754	0,46	87,754	87,754 $_{+0,46}^{+0,46}$	
Δ_2	86,204	86,394	0,19	86,394	86,394 $_{+0,19}^{+0,19}$	
Δ_3	85,77	86,044	0,074	86,044	86,044 $_{+0,074}^{+0,074}$	
Δ_4	85,824	85,87	0,046	85,87	85,87 $_{+0,046}^{+0,046}$	
Δ_5	84,984	85,424	0,46	85,424	85,424 $_{+0,46}^{+0,46}$	
Δ_6	83,574	83,764	0,19	83,764	83,764 $_{+0,19}^{+0,19}$	
Δ_7	82,0	82,074	0,074	82,074	82,074 $_{+0,074}^{+0,074}$	
Δ_8	79,954	80,0	0,046	80,0	80,0 $_{+0,046}^{+0,046}$	
Z_1	88,654	91,454	2,8	91,454	-	91,454 $_{+2,8}^{+2,8}$
Z_2	14,569	16,369	1,8	16,369	-	16,369 $_{+1,8}^{+1,8}$

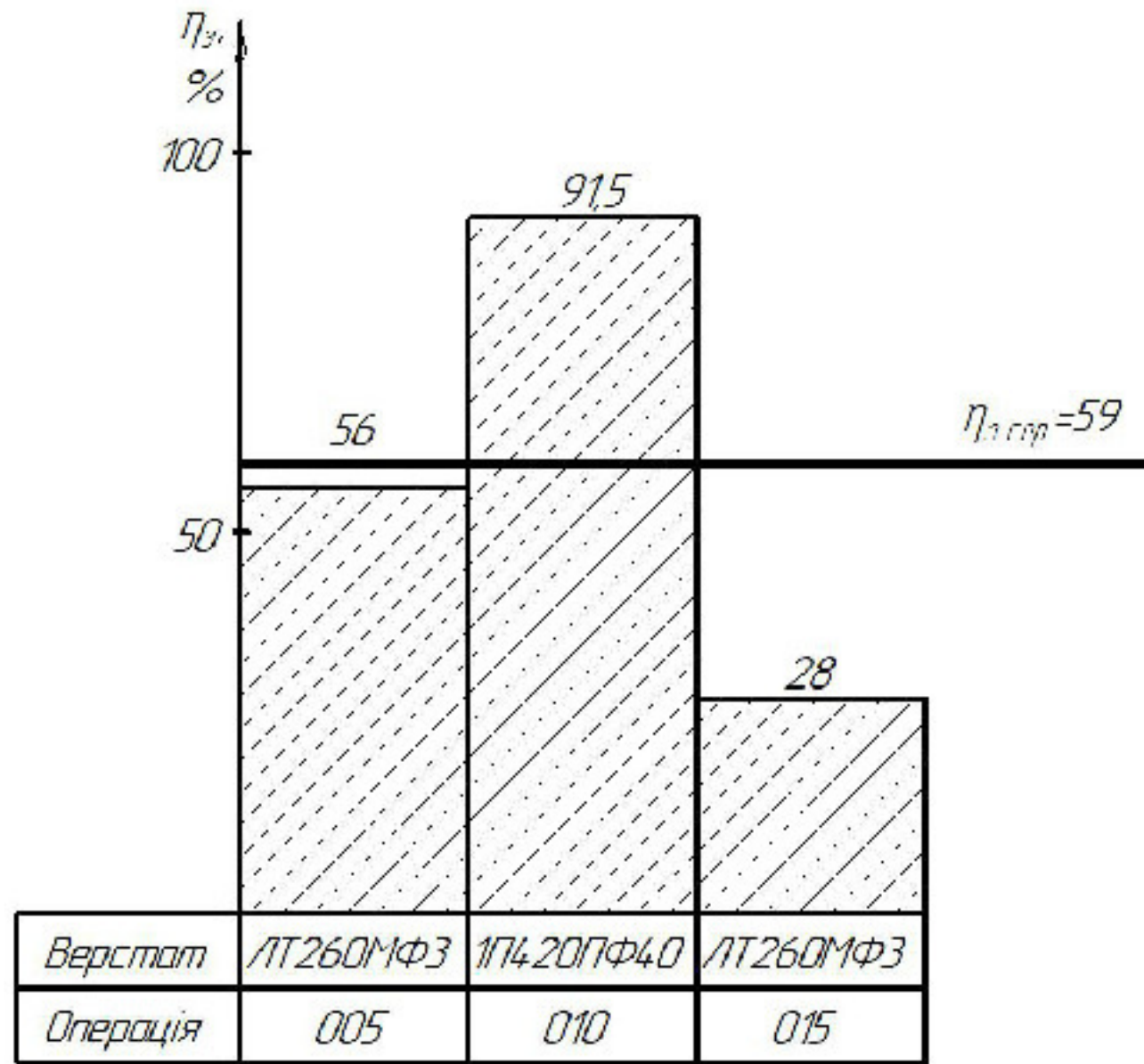
Значення припусків, мм

Граничні значення	Граничні значення	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8	Z_9
Z_{max}		15	0,1	0,16	0,1	2,0	15	1,7	0,4	
Z_{min}		4,76	0,76	0,424	0,22	2,12	1,764	1,85	0,906	

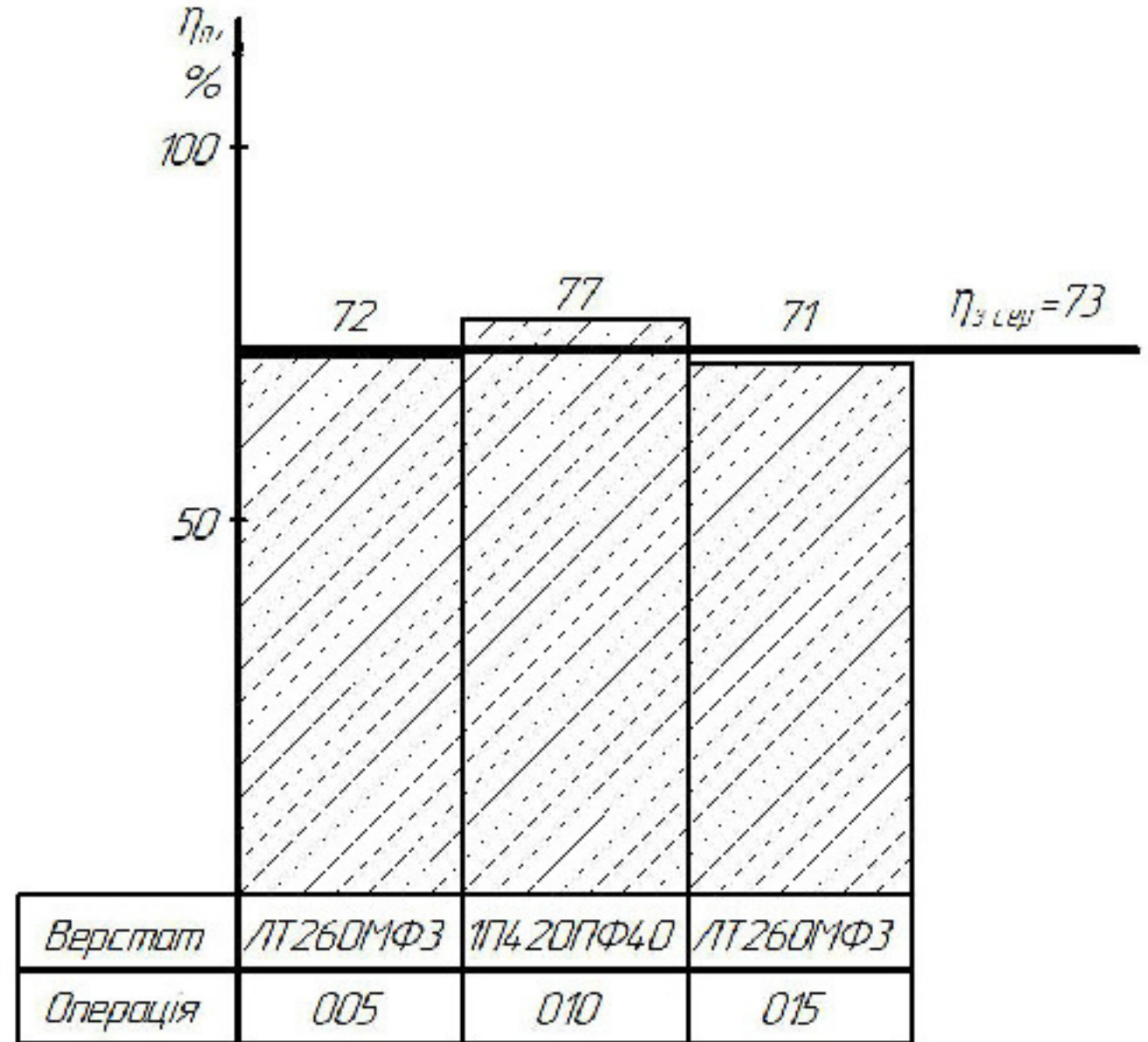


10	Види рідів 4 ст. 3	9	10	400	10
11	Види рідів 4 ст. 3	11	10	600	0,24
12	Види рідів 4 ст. 3	12	2,5	800	0,18
13	Види рідів 4 ст. 3	13	1,5	1000	0,18
14	Види рідів 2 ст. 2	14	0,035	320	0,1
15	Види рідів 2 ст. 2	15	0,15	180	0,15
16	Види рідів 2 ст. 2	16	0,35	200	0,45
17	Види рідів 2 ст. 2	17	4,4	200	0,8
18	Види рідів 1 ст. 1	18	0,306	280	0,5
19	Види рідів 1 ст. 1	19	1,05	270	0,75
20	Види рідів 1 ст. 1	20	1,764	235	0,45
21	Види рідів 1 ст. 1	21	2,12	180	0,8

Графіки завантаження обладнання



Графік завантаження обладнання



Графік використання обладнання за основним часом