

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 кваліфікаційна робота

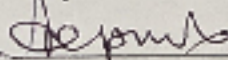
на тему:

«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ ДА-03.026»»

Виконав: студент 4 курсу, групи 1ПМ-216
спеціальності 131 – Прикладна механіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

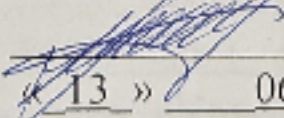
 Олександр ВАЛЬЧИШЕН

Керівник: к.т.н., доц., професор каф. ТАМ

 Олександр ДЕРІБО

« 06 » 06 2025 р.

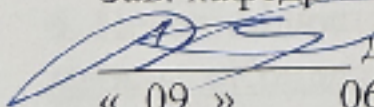
Рецензент: к.т.н., доц., завідувач каф. АТМ

 Сергій ЦИМБАЛ

« 13 » 06 2025 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри ТАМ

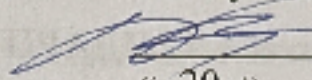
 д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ

« 09 » 06 2025 р.

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
« 20 » 03 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Вальчишену Олександр Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ДА-03.026»

Керівник роботи Дерібо Олександр Володимирович, к.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, зчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від « 20 » березня 2025 року № 97.

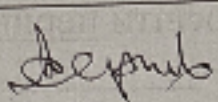
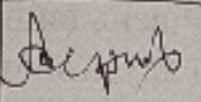
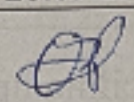
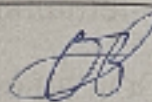
2. Термін подання студентом роботи: 16 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Кришка передня ДА-03.026»; річна програма випуску 12 000 шт.; довідкова література

4. Зміст текстової частини: анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Диски»; розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ДА-03.026»; розрахунок елементів ділянки механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ДА-03.026»; охорона праці; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
деталь «Кришка передня ДА-03.026» (А3); заготовка (виливок) (А3); маршрут механічної обробки (А1); розмірний аналіз технологічного процесу (А1); карта налагоджень (операція 015) (А1); графіки завантаження обладнання (А1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Олександр ДЕРІБО, професор кафедри ТАМ	 20.03.25 р.	 06.06.25 р.
Охорона праці	Олег БЕРЕЗЮК, професор кафедри БЖД ПБ	 26.05.25 р.	 06.06.25 р.

7. Дата видачі завдання « 20 » 03 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

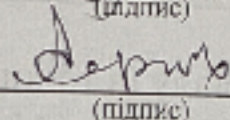
№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Формування та затвердження теми бакалаврської кваліфікаційної роботи (БКР)	18.03.25 р.	20.03.24 р.	
2	Виконання спеціальної частини БКР. Перший рубіжний контроль виконання БКР	22.04.25 р.	25.04.25 р.	
3	Виконання спеціальної частини БКР. Другий рубіжний контроль виконання БКР	26.05.25 р.	28.05.25 р.	
4	Виконання розділу «Охорона праці»	26.05.25 р.	06.06.25 р.	
5	Перевірка на антиплагіат	05.06.25 р.	09.06.25 р.	
6	Нормоконтроль БКР	09.06.25 р.	10.06.25 р.	
7	Попередній захист БКР	10.06.25 р.	11.06.25 р.	
8	Рецензування БКР	12.06.25 р.	13.06.25 р.	
9	Захист БКР	17.06.25 р.	19.06.25 р.	

Студент


(підпис)

Олександр ВАЛЬЧИШЕН

Керівник роботи


(підпис)

Олександр ДЕРІБО

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 83 сторінок формату А4, на яких є 12 рисунків, 29 таблиць, список використаних джерел містить 32 найменувань.

Метою роботи є проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ДА-03.026».

У загальній частині роботи виконано огляд технології виготовлення деталі типу «Диски», 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 83 A4 pages, which have 12 figures, 29 tables, the list of sources used contains 32 items.

The aim of the work is to design a technological process for machining a workpiece of the type «Front cover DA-03.026».

In the general part of the work, a review of the technology for manufacturing a part of the «Disks» 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	7
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «ДИСКИ»	8
1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	8
1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Диски»	13
2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ ДА-03.026»	17
2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі	17
2.2 Вибір способу виготовлення заготовки	22
2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки	22
2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення	22
2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки	27
2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки	27
2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого	31
2.3 Розробка маршруту механічної обробки	32
2.3.1 Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 118H7^{(+0,035)}$	32
2.3.2 Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз	35
2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки	38
2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу	39
2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь	44
2.3.6 Визначення режимів різання	49
2.3.7 Визначення технічних норм часу	52

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ ДА-03.026»	55
3.1 Розрахунок приведеної програми	55
3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	57
3.3 Побудова графіків завантаження обладнання	59
3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці	60
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	62
4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів у виробничому приміщенні	62
4.2 Карта умов праці	67
4.3 Пожежна безпека	70
ВИСНОВКИ	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	73
ДОДАТКИ	76
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	76
Додаток Б (обов'язковий). Графічна частина	77

ВСТУП

Актуальність. Ефективність виробництва, його технічний процес, якість продукції яка виробляється значно залежать від швидкого розвитку виробництва обладнання, машин, металорізальних верстатів та агрегатів, а також від запровадження сучасних методів техніко-економічного аналізу. Враховуючи ці положення при виконанні даної роботи були використані нові типи обладнання, інструменту, пристосування, які відповідають вимогам стандартів. Для вирішення технічних та організаційних задач, а також для аналізу існуючих технологічних процесів використовувались такі джерела інформації як довідникова література (таблиці, номограми, норми та розцінки, теоретичні відомості) та практичні навички.

Обробка даної інформації дає змогу здійснити критичний аналіз використовуваних технологічних процесів результатом якого є вибір оптимального варіанту технологічного процесу, обладнання, оснащення та способу виготовлення заготовки.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ДА-03.026».

Завдання, що вирішуються в роботі:

- проведення огляду технології виготовлення деталі типу «Диски»;
- 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 «Кришка передня ДА-03.026»;
- розмірний аналіз технологічного процесу;
- визначення режимів різання та норм часу технологічного процесу механічної обробки;
- розрахунок приведеної програми, кількості обладнання та працівників на проектуємій ділянці;
- виконання розділу з охорони праці.

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «ДИСКИ»

1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

1.1.1 Визначення типу виробництва [1, 2]

Вихідні дані:

- річний обсяг виготовлення деталі, $N_p = 16000$ шт.;
- режим роботи підприємства, $m = 2$ зміни;
- дійсний річний фонд роботи обладнання, $F_d = 3890$ год. (для верстатів з ЧПК), $F_d = 4029$ год. (для універсальних верстатів);
- маса деталі, $m_{det.} = 0,55$ кг.

Згідно рекомендації [1, 2] для деталі масою до 10 кг і заданим обсягом річного виготовлення в діапазоні 5000-50000 шт., остання повинна оброблятися в умовах великосерійного виробництва.

Другим шляхом, за яким можна попередньо (для 1-го етапу нашої роботи) визначити тип виробництва – це розрахунок коефіцієнту закріплення операцій [2]:

$$K_{\gamma, o} = \frac{\sum_{i=1}^n O_i}{\sum_{j=1}^m P_j}, \quad (1.1)$$

де $\sum_{i=1}^n O_i$ – сумарна розрахункова кількість операцій, які використовуються на всіх n робочих місцях дільниці;

$\sum_{j=1}^m P_j$ – сумарна кількість робочих місць m для виконання операцій.

До розгляду приймаємо найбільш характерні поверхні, обробку яких пропонуємо за найближчими формулами основного часу обробки [1, 2] і зведемо вихідну та отриману інформацію до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Результати визначення витрат основного часу

Поверхня обробки, її характеристики	Наближена формула для визначення витрат основного часу T_0 , хв.	D , мм	l , мм	T_0 , хв.
Отв. $\varnothing 118H7$, $Ra = 1,6$ мкм	1. $0,000068 \cdot D \cdot l$ – чорнове розточування 2. $0,00019 \cdot D \cdot l$ – напівчистове розточування	118 118	5 5	0,04 0,112
Торець отв. $\varnothing 118H7$, $Ra = 12,5$ мкм	1. $0,000045 \cdot (D^2 - d^2)$ – однократне підрізання торця	$D = 118$ мм $d = 102$ мм	–	0,158
Отв. $\varnothing 42H7$, $Ra = 1,6$ мкм	1. $0,000068 \cdot D \cdot l$ – чорнове розточування 2. $0,00019 \cdot D \cdot l$ – напівчистове розточування	42 42	15 15	0,0428 0,1197
Торець отв. $\varnothing 42H7$, $Ra = 6,3$ мкм	1. $0,000022 \cdot (D^2 - d^2)$ – чорнове підрізання торця 2. $0,000052 \cdot (D^2 - d^2)$ – чистове підрізання торця	$D = 42$ мм $d = 20$ мм	–	0,03 0,0709
Пов. $\varnothing 80H7$, $Ra = 3,2$ мкм	1. $0,000075 \cdot D \cdot l$ – чорнове точіння 2. $0,00017 \cdot D \cdot l$ – напівчистове точіння	80 80	3 3	0,018 0,0408
2 торці в розмір $30h12$ (до отв. $\varnothing 118$), $Ra = 3,2$ мкм (один торець)	1. $0,000022 \cdot (D^2 - d^2)$ – чорнове підрізання торця 2. $0,000052 \cdot (D^2 - d^2)$ – чистове підрізання торця	$D = 148$ мм $d = 118$ мм $D = 148$ мм $d = 148$ мм	–	0,1756 0,415
2 торці в розмір $30h12$ (починаючи з пов. $\varnothing 51$), $Ra = 3,2$ мкм (один торець)	1. $0,000022 \cdot (D^2 - d^2)$ – чорнове підрізання торця 2. $0,000052 \cdot (D^2 - d^2)$ – чистове підрізання торця	$D = 51$ мм $d = 42$ мм $D = 51$ мм $d = 42$ мм	–	0,0184 0,0435
2 торці в розмір $30h12$ (з боку пов. $\varnothing 80$), $Ra = 12,5$ мкм	1. $0,000045 \cdot (D - d)$ – однократне підрізання торця	$D = 80$ мм $d = 70$ мм	–	0,0004 5
Торець в розмір $27h12$, $Ra = 3,2$ мкм	1. $0,000022 \cdot (D^2 - d^2)$ – чорнове підрізання торця 2. $0,000052 \cdot (D^2 - d^2)$ – чистове підрізання торця	$D = 124$ мм $d = 80$ мм $D = 124$ мм $d = 80$ мм	–	0,197 0,467
3 отв. $\varnothing 6,5$, $Ra = 6,3$ мкм	1. $0,00056 \cdot D \cdot l$ – однократне свердління	6,5	10	0,109
3 отв. М6-7Н, $Ra = 6,3$ мкм	1. $\frac{1}{t_p} \cdot 0,00063 \cdot D \cdot l$ – нарізання різі мітчиком машинним	6	10	0,113

Визначаємо штучно-калькуляційний час обробки [1, 2]:

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

де φ_k – табличний коефіцієнт, який враховує обладнання для конкретної обробки та тип виробництва;

$\sum T_{o_i}$ – сумарний основний час на кожній операції.

Переходи обробки:

- токарна обробка:

$$T_{\text{шв}-\kappa_{\text{шв}}} = (0,04 + 0,112 + 0,158 + 0,0428 + 0,1197 + 0,03 + 0,0709 + \\ + 0,018 + 0,0408 + 0,1756 + 0,415 + 0,0184 + 0,0435 + 0,00045 + \\ + 0,197 + 0,467) \cdot 1,17 = 1,949 \cdot 1,17 = 2,28 \text{ (хв.)}$$

- свердлильна обробка:

$$T_{\text{шв}-\kappa_{\text{св}}} = (0,109 + 0,113) \cdot 1,25 = 0,2775 \text{ (хв.)}$$

Визначаємо розрахункову кількість обладнання [2]:

$$C_{P_i} = \frac{N \cdot T_{\text{шв}-\kappa_i}}{F \cdot 60 \cdot \eta_{z,N}}, \quad (1.3)$$

де $\eta_{z,N}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання, $\eta_{z,N} = 0,8$ – для умов середньо серійного типу виробництва;

- токарна обробка:

$$C_{P_{\text{то}}} = \frac{16000 \cdot 2,28}{3890 \cdot 60 \cdot 0,75} = 0,208, \text{ приймаємо } C_{P_{\text{то}}} = 1 \text{ верстат};$$

- свердлильна обробка:

$$C_{P_{\text{св}}} = \frac{16000 \cdot 0,2775}{3890 \cdot 60 \cdot 0,75} = 0,02536, \text{ приймаємо } C_{P_{\text{св}}} = 1 \text{ верстат.}$$

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{z,\phi} = \frac{C_{P_i}}{C_{\text{нр}_i}}; \quad (1.4)$$

- токарна обробка:

$$\eta_{\text{з.ф.мокс}} = \frac{0,208}{1} = 0,208 ;$$

- свердлильна обробка:

$$\eta_{\text{з.ф.св}} = \frac{0,02536}{1} = 0,02536 .$$

Визначаємо кількість операцій, які виконуються на одному робочому місці [2]:

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

- токарна обробка:

$$O_{\text{мокс}} = \frac{0,75}{0,208} = 3,6 , \text{ приймаємо } O_{\text{мокс.вр}} = 4 ;$$

- свердлильна обробка:

$$O_{\text{св.}} = \frac{0,75}{0,02536} = 29,57 , \text{ приймаємо } O_{\text{св.вр}} = 30 .$$

Визначаємо коефіцієнт закріплення операцій (див. формулу (1.1)):

$$K_{\text{з.о}} = \frac{4 + 30}{1 + 1} = \frac{34}{2} = 17 .$$

Отриманий коефіцієнт закріплення відповідає умовам середньосерійного типу (10...20) виробництва, який і приймаємо для подальшої роботи.

1.1.2 Визначення організаційної форми виробництва [2]

Денний випуск деталей:

$$N_{\text{д}} = \frac{N}{254} = 62,99 \approx 63 \text{ (деталі)}$$

Денна продуктивність потокової лінії:

$$Q_{\text{д}} = \left(\frac{F_{\text{д}}}{T_{\text{сер}}} \right) \cdot \eta_{\text{з.н}}, \quad (1.6)$$

де $F_{\text{д}}$ – денний фонд часу роботи обладнання, $F_{\text{д}} = 952$ хв. при 2-х змінах роботи, $T_{\text{сер}}$ – середня трудомісткість операцій:

$$T_{\text{сер}} = \frac{2,28 + 0,2775}{2} = 1,278 \text{ (хв.)}$$

Отже:

$$Q_{\text{д}} = \left(\frac{952}{1,278} \right) \cdot 0,75 = 558,68 \approx 559 \text{ (дст/хв.)}$$

Тому, що $Q_{\text{д}} > F_{\text{д}}$, застосування однономенклатурної лінії недоцільно, тобто обираємо групову форму організації виробництва.

Кількість деталей у партії для одночасного запуску у виробництво:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} \text{ [шт.]}, \quad (1.7)$$

де a – періодичність запуску у днях, приймаємо $a = 12$ днів

Тоді:

$$n = \frac{16000 \cdot 12}{254} = 755,9, \text{ приймаємо } n_{\text{пр}} = 756 \text{ дет.}$$

Розрахунок кількості змін роботи на обробку всієї партії деталей:

$$C = \frac{T_{сер} \cdot n_{пр}}{476 \cdot \eta_{г.н}} = \frac{1,278 \cdot 756}{476 \cdot 0,75} = 2,7, \text{ приймаємо } C_{пр} = 3 \text{ зміни}$$

Уточнення кількості деталей у партії:

$$n'_{пр} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 3}{1,278} = 838 \text{ (дет.)}$$

Висновок. Таким чином, приймаємо групову форму організації виробничого процесу, запускаючи на обробку через кожні 12 днів партії деталей величиною 838 шт.

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

Технологічний процес механічної обробки деталей залежить від серійності виробництва. Оскільки деталь відноситься до класу «Диски» (шків, циліндричні та черв'ячні зубчасті колеса, фланці, кришки, кільця, стакани тощо), то наведемо загальні правила побудови маршрутів механічної обробки таких деталей [1-10].

Технологічні задачі, які потрібно розв'язати при обробці, – досягнення концентричності внутрішніх та зовнішніх циліндричних поверхонь та перпендикулярність торців до осі деталі. Крім того, у ряді випадків необхідно отримати точні внутрішні та зовнішні фасонні, зубчасті та криволінійні поверхні.

Зазвичай на першій операції заготовки базуються по необробленій зовнішній циліндричній поверхні, на подальших операціях – по обробленому отвору та торцю. Заготовки при обробці внутрішніх поверхонь затискаються у трикулачкових патронах, при обточці зовнішніх поверхонь та торців – на оправках або в патронах. Виконуючи спеціальні операції (нарізання та шліфування зубців), заготовки встановлюють на спеціальних оправках, при

Таблиця 1.1 – Типовий технологічний процес виготовлення деталі «Стакан»

Операція	Зміст або найменування операції	Верстат, обладнання	Оснащення
1	2	3	4
005	Лиття		
010	Обрубка та очищення виливка		
015	Підрізати торці Ø130js6/Ø90H7 та А, точити поверхню Ø130js6, розточити отвори Ø85 та Ø90H7 з підрізанням внутрішнього торця Ø9H7/Ø85	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий пневматичний патрон
020	Підрізати торці Ø190 та Ø144/ Ø116, обточити пов. Ø190 та конічну пов. Ø144×45°	Токарний патронний н/а КТ141	3-и кулачковий пневматичний патрон
025	Термічна обробка		
030	Підрізати торець Ø130js6/Ø90H7 остаточно, точити пов. Ø130js6 з підрізанням торця А під шліфування фаски, канавки остаточно. Розточити отв. Ø90H7 з підрізанням внутрішнього торця Ø90H7/Ø85 та отв.Ø85 під тонке розточування, канавки 3×Ø96 остаточно, притупити гострі кромки	Токарний патронний н/а КТ141	3-и кулачковий пневматичний патрон
035	Підрізати торець Ø144/Ø116, точити пов. Ø190, конусну пов. Ø144×45° остаточно. Розточити отв. Ø90H7 з підрізанням внутрішнього торця Ø90H7/Ø85 під тонке розточування виточки Ø116 та канавки 3×Ø96	Токарний патронний н/а КТ141	3-и кулачковий пневматичний патрон

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
040	Свердлити 5 отв. Ø11, 2 отв. Ø10,2 під різь М12, зенкувати 5 отв. Ø11/ Ø17, фаски 2×24, нарізати різь М12. Фрезерувати лиски в розмір 170	Багатоцільовий вертикальний фрезерно-свердлильний ГФ2171	Наладка УСПО
045	Зачистити заусенці	Машина для зняття заусенців	
050	Розточити 2 отв. Ø90H7 з підрізанням торців Б та В, отв. Ø85 до Ø85H9 (технологічний)	Алмазно-розточувальний (спеціальний)	Установка пристосування
055	Шліфувати Ø130js6 з підшліфовкою торця 4	Кругло-шліфувальний н/а 3У131ВМ	Спеціальна оправка
060	Промити деталь		
065	Технічний контроль		
070	Нанесення антикорозійного покриття		

Цей типовий технологічний маршрут вибрано за основу для розробки технологічного процесу для заданої деталі «Кришка передня ДА-03.026» в умовах серійного типу виробництва.

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ ДА-03.026»

2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі

2.1.1 Якісний аналіз технологічності деталі

Деталь «Кришка передня ДА-03.026» (рис. 2.1) є складовою асинхронного електродвигуна. Її призначення полягає в обмеженні осьового переміщення ротора, встановленого на підшипниках.

За своєю формою, конструкцією та технологічними ознаками задана деталь відноситься до класу деталей типу «Диски».

Матеріал деталі – алюмінієвий сплав марки АК7 (ГОСТ 1583-73). Маса деталі складає 0,447 кг.

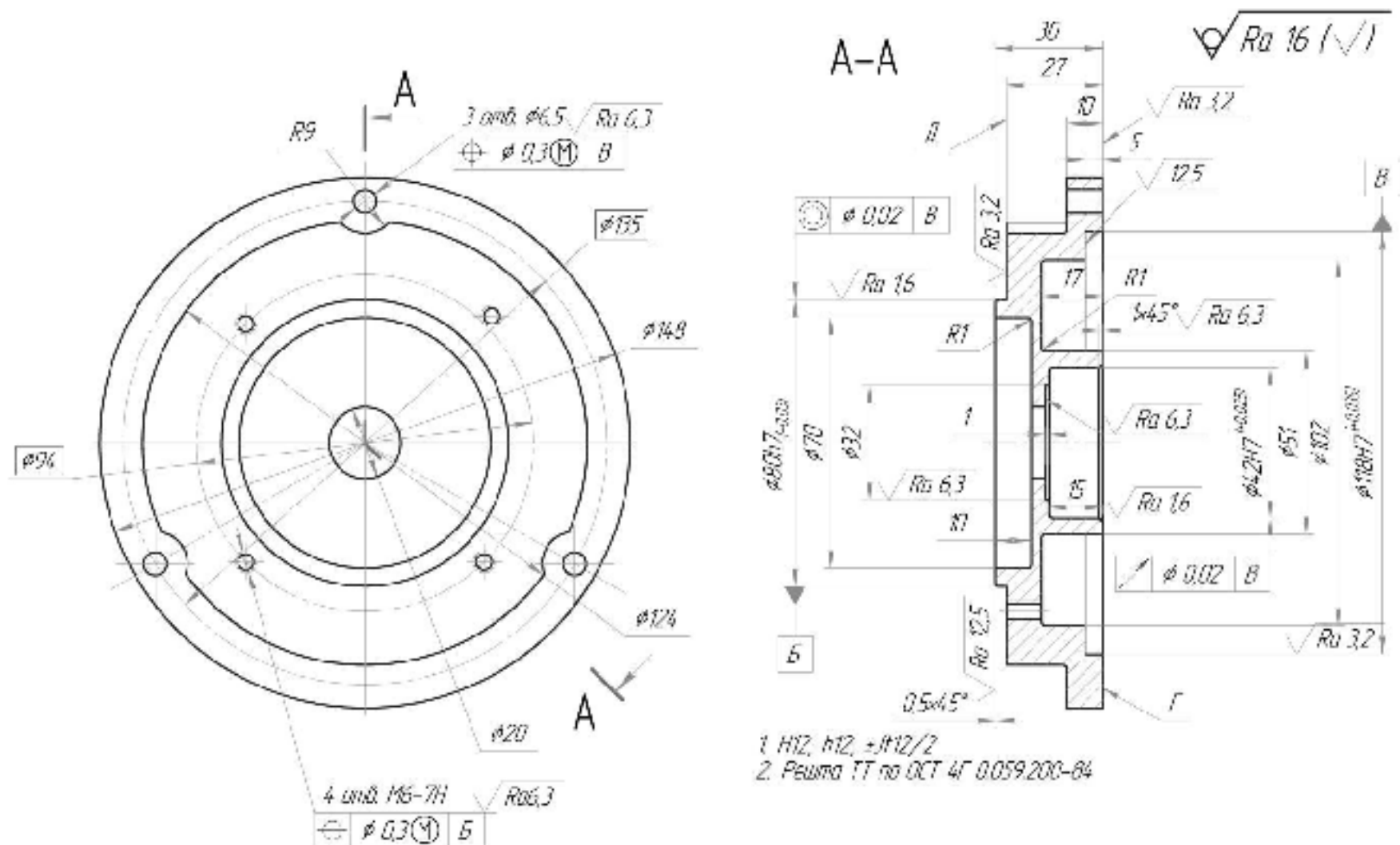


Рисунок 2.1 – Ескіз деталі «Кришка передня ДА-03.026»

Габаритні розміри деталі:

- довжина – 30 мм;
- зовнішній діаметр, максимальний – $\varnothing 148$ мм;
- внутрішній діаметр, максимальний – $\varnothing 70$ мм;
- найвищий квалітет точності – 7;
- найнижчий квалітет точності – 12;
- найнижча шорсткість поверхонь, R_a – 1,6 мкм;
- найнижча шорсткість поверхонь, які механічно обробляються, R_a – 12,5 мкм.

Деталь є поєднанням трьох концентрично розташованих поверхонь циліндричної форми ($\varnothing 148$, $\varnothing 126$, $\varnothing 80$). Всередині деталі розташовані отвори – $\varnothing 118$, $\varnothing 102$, $\varnothing 42$, $\varnothing 70$ (глухі), $\varnothing 20$ (наскрізний). На поверхні $\varnothing 126$ мм на всю її довжину під кутом 120° зроблені три вибірки R9, на поверхні $\varnothing 148$ мм із зовнішнього боку теж на всю її довжину напроти центра вибірок передбачені отвори $\varnothing 6,5$ мм. На одному з торців розміщені чотири різьбових отвори М6-7Н.

Виходячи із заданих вимог точності розмірів поверхонь, їх можна поділити на 2 групи: поверхні і розміри з підвищеними вимогами – до основних, від яких залежить службове призначення деталі, всі інші – до другорядних. Таким чином, до найточніших (основних) поверхонь можна віднести такі:

- отвір $\varnothing 118H7$, $R_a = 1,6$ мкм;
- отвір $\varnothing 42H7$, $R_a = 1,6$ мкм;
- поверхня $\varnothing 80h7$, $R_a = 1,6$ мкм.

Основними конструкторськими базами деталі є торець «Г» і отвір $\varnothing 118H7$. Допоміжними конструкторськими базами є отвір під підшипник $\varnothing 42H7$, поверхня $\varnothing 80h8$ і торець «Д».

Поставлена вимога щодо відносного розташування поверхонь – це співвісність поверхонь $\varnothing 80h7$ та отвору $\varnothing 118H7$.

Форма деталі достатньо складна. В основному це стосується отворів та вимог до їх розташування. Зовнішній контур утворюється комплексом поверхонь циліндричної форми у вигляді сходинок, причому їх діаметри на кожній сходинці зменшуються, що надає відповідні зручності під час їх

механічної обробки, тобто зовнішній контур є цілком технологічним. Внутрішня частина деталі являє собою систему отворів, які розташовані з обох боків деталі, тобто ця частина деталі створює певні труднощі під час виготовлення вихідної заготовки. Причому, найдоцільнішим методом отримання заготовки такої конфігурації з ливарного алюмінієвого сплаву АК7 є лиття.

Розташування поверхонь деталі дозволяє виконати переважну частину обробки з використанням високопродуктивного обладнання (в завданні задані умови серійного виробництва) призначеного для комплексної обробки – токарні переходи та використання осьових інструментів (свердління, цекування, нарізання різей, фрезерування). Цим обладнанням можуть бути напівавтоматичні, автоматичні верстати, у тому числі – верстати з ЧПК.

До недоліків конструкції щодо технологічності, крім вказаного вище, можна віднести те, що більшість поверхонь, в основному це отвори, потребує декілька переходів обробки. Деякі з цих отворів є глухими.

Разом з тим, деталь має достатньо розвинуті базові поверхні, доступ інструментів до оброблюваних поверхонь вільний. Вимоги до точності розмірів та шорсткості поверхонь можна забезпечити вибором відповідних технологічних способів обробки та режимів різання. Всі поверхні деталі доступні для контролю.

Отже, якісний аналіз технологічності конструкції свідчить, що конструкція деталі є достатньо технологічною.

2.1.2 Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі

- Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів [1, 2]:

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

де Q_y – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі;

Q_e – загальна кількість елементів.

Таблиця 2.1 – Визначення коефіцієнту уніфікації

Діаметральні розміри		Лінійні розміри		Різи, кути, фаски, радіуси		Шорсткість, мкм	
Q_d	$Q_{d.y.}$	Q_L	$Q_{L.y.}$	Q_p	$Q_{p.y.}$	$Ш (Ra)$	$Ш_y (Ra)$
Отв. Ø42H7	1	30	1	4 отв. М6	4	6,3	10
Отв. Ø118H7	—	15	1	120°	2	3,2	3
Отв. Ø32	1	17	2	1×45°	1	1,6	3
Пов. Ø80h7	1	5	1	0,5×45°	1		
Отв. Ø20	1	10	2	R1°	2		
3 отв. Ø6,5	—	3	1	R9°	3		
Отв. Ø70	—	1	1				
Пов. Ø51	—						
Отв. Ø102	—						
Пов. Ø148	—						
$\sum 12$	$\sum 4$	$\sum 9$	$\sum 9$	$\sum 12$	$\sum 13$	$\sum 16$	$\sum 16$

Проаналізувавши розміри, проставлені на кресленні деталі, визначаємо

$$K_y = \frac{4 + 9 + 13 + 16}{12 + 9 + 12 + 16} = \frac{42}{49} = 0,857 > 0,6 .$$

- Коефіцієнт точності обробки [1, 2]:

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

де T_{φ} – середній квалітет точності

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

де T_i – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі,

n_i – кількість поверхонь деталі, що мають точність T_i квалітету.

Таблиця 2.2 – Розрахунок коефіцієнта точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь, шт.	Розрахунок
7 – $\varnothing 118H7^{(+0,035)}$; $\varnothing 80h7_{(-0,03)}$; $\varnothing 42H7^{(+0,025)}$	3	$7 \cdot 3 = 21$
10 – $27h10_{(-0,084)}$	1	$10 \cdot 1 = 10$
14 – всі інші (4 отв. М6-7Н, 30 – 2 пов., 5 – 2 пов., 5 – 2 пов., 17 – 2 пов., 15 – 2 пов., 10 – 2 пов., 10 – 2 пов., 3 – 2 пов., 1 – 2 пов., $1 \times 45^\circ$ – 1 пов., $0,5 \times 45^\circ$ – 1 пов., $\varnothing 70$ – 1 пов., $\varnothing 32$ – 1 пов., $\varnothing 20$ – 1 пов., $\varnothing 148$ – 1 пов., $\varnothing 51$ – 1 пов., $\varnothing 6,5$ – 3 пов., $\varnothing 102$ – 1 пов.)	32	$14 \cdot 32 = 448$
Сума	36	479

$$T_{\varphi} = \frac{479}{36} = 13,31 ;$$

$$K_r = 1 - \frac{1}{13,31} = 0,92 > 0,8 .$$

- Коефіцієнт шорсткості поверхні [1, 2]:

$$K_m = \frac{1}{\overline{R_a}_{\varphi}} [\text{мкм}^{-1}], \quad (2.4)$$

де $\overline{R_a}_{\varphi}$ – середня шорсткість поверхні.

$$\overline{R_a}_{\varphi} = \frac{\sum R_{a_k} \cdot n_k}{\sum n_k} [\text{мкм}], \quad (2.5)$$

де R_{a_k} – шорсткість оброблюваних поверхонь даної деталі;

n_k – кількість поверхонь, що мають шорсткість, яка відповідає певному числовому значенню R_a , мкм.

Таблиця 2.3 – Розрахунок коефіцієнта шорсткості поверхонь

Шорсткість, мкм	Кількість поверхонь, шт.	Розрахунок
3,2 – $\varnothing 118H7^{(+0,035)}$; $\varnothing 80h7_{(-0,03)}$; $\varnothing 42H7^{(+0,025)}$; торці $27h10_{(-0,084)}$ (2 пов.)	5	$3,2 \cdot 5 = 16$
6,3 – $\varnothing 32$; торець $\varnothing 32$; фаска $1 \times 45^\circ$; 3 отв. $\varnothing 6,5$; 4 отв. М6-7Н	10	$6,3 \cdot 10 = 63$
12,5 – торець $\varnothing 118H7^{(+0,035)}$; торець розміру 30	2	$12,5 \cdot 2 = 25$
16 – всі інші	19	$16 \cdot 19 = 304$
Сума	36	408

$$Ш_{\text{ср}} = \frac{408}{36} = 11,33 ;$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{11,33} = 0,1 < 0,32 .$$

Висновок. Отже, виконуються умови: $K_{\gamma} = 0,92 > 0,6$; $K_{\tau} = 0,92 > 0,8$; $K_{\text{ш}} = 0,1 < 0,32$. Деталь за кількісними показниками технологічна.

2.2 Вибір способу виготовлення заготовки

2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Для заготовки, яка виготовляється зі сплаву марки АК7 і має масу 0,447 кг, відноситься до класу типових деталей «Диски», найприйнятнішими способами виготовлення заготовки є [11-15]:

- лиття під тиском;
- лиття в кокіль.

2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

Вибір параметрів заготовки

Таблиця 2.4 – Вибір параметрів заготовки

Вихідні дані	Лиття під тиском (ЛТ)		Кокільне лиття (КЛ)	
	Згідно з ДСТУ 8981-2020	Прийнято	Згідно з ДСТУ 8981-2020	Прийнято
Клас розмірної точності [11, табл. 9]	3 – 7т	5	6 – 11т	8
Ступінь жолоблення елементів вилівка [11, табл.10]	3 – 5 $\left(\frac{10}{148} = 0,067\right)$	3	3 – 5	3
Ступінь точності поверхонь вилівка [11, табл. 11]	3 – 7	5	7 – 13	10
Шорсткість поверхонь вилівка [11, табл. 12]	Ra = 5 мкм	Ra = 5 мкм	Ra = 16 мкм	Ra = 16 мкм
Клас точності маси [11, табл.13]	1 – 7	4	4 – 11	7
Ряд припусків [11, табл.14]	1 – 4	2	3 – 6	4

Призначення допусків

Визначаємо попередньо необхідні розміри для призначення допусків, мм:
отвір Ø42H7, 30, 10 (глибина западини Ø70), 10 (товщина фланцевої частини), 17 (глибина внутрішньої порожнини Ø102), 15.

Призначені допуски на визначені розміри зводимо до таблиці 2.5.

Призначення напусків

Мінімально можливий розмір виливних отворів визначаємо за формулою:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1 \cdot S_0 \text{ [мм]}, \quad (2.6)$$

де d_0 – вихідний діаметр; S_0 – товщина стінки (довжина стрижня);

Для алюмінієвих сплавів $d_0 = 7$ мм [12], а товщина стінки $S_0 = 2$ мм [12].

Отже,

$$d_{\min} = 7 + 0,1 \cdot 2 = 7,2 \text{ (мм)}.$$

Тобто, на 3 отворів Ø6,5 мм та 4 різьбових отворів М6 (мінімальні розміри отворів на заданій деталі) призначаємо напуски. Напуски призначаємо і на 3 вибірки R9 та поверхню Ø80H7 мм.

Таблиця 2.5 – Допуски на розміри заготовок, виготовлених литтям під тиском [11]

Розміри, мм Допуски, мкм	Ø42 H7	30	10 (Ø70)	10	17 (Ø102)	15	Ø118H 7	5	27	Ø80h7
1. На розмір	0,5	0,44	0,32	0,32	0,4	0,36	0,64	0,28	0,44	0,56
2. Круглість, співвісність	0,5	0,44	0,32	0,32	0,4	0,36	0,64	0,28	0,44	0,56
3. Зміщення від площини рознімання	0,28 (товщина стінки, утворена отв. Ø42H7 та виборкою, глибиною 10 мм – 5 мм)									
4. Форма та розташування поверхонь	0,2									
5. Допуск загальний	0,56	0,56	0,4	0,4	0,5	0,5	0,7	0,44	0,56	0,7
6. Нерівність поверхонь				0,12						
7. Маса				2,4 %						

Таблиця 2.6 – Допуски на розміри заготовки, виготовлених литтям в кокіль [11]

Розміри, мм Допуски, мкм	Ø42 H7	30	10 (Ø70)	10	17 (Ø102)	15	Ø118 H7	5	27	Ø80 h7
1. На розмір	1,2	1,1	0,8	0,8	1,0	0,9	1,6	0,7	1,1	1,4
2. Круглість, співвісність	1,2	1,1	0,8	0,8	1,0	0,9	1,6	0,7	1,1	
3. Форми та розташування поверхонь		0,2								
4. Зміщення від площини роз'єму	0,8 (товщина стінки 5 мм)									
5. Допуск загальний	1,2	1,2	0,8	0,8	1,0	1,0	1,6	0,8	1,2	1,6
6. Нерівність поверхонь		0,4								
7. Маса		8 %								

Призначення припусків

Таблиця 2.7 – Припуски на поверхні заготовки [11]

Розміри, мм Припуски, мкм	Ø42 H7	30	10 (Ø70)	10	17 (Ø102)	15	Ø118 H7	5	27	Ø80 h7
Лиття під тиском										
1. Мінімальний припуск, мм	0,2 × 2	0,2 × 2	0,2	0,2	0,2	0,2 × 2	0,2 × 2	0,2	0,2	0,2 × 2
2. Співвідношення допусків розмірів	$\frac{0,025}{0,56} =$ = 0,0446	$\frac{0,21}{0,56} =$ = 0,375	$\frac{0,15}{0,4} =$ = 0,375	$\frac{0,15}{0,4} =$ = 0,375	$\frac{0,18}{0,5} =$ = 0,36	$\frac{0,18}{0,5} =$ = 0,36	$\frac{0,035}{0,7} =$ = 0,05	$\frac{0,12}{0,44} =$ = 0,272	$\frac{0,21}{0,56} =$ = 0,375	$\frac{0,03}{0,7} =$ = 0,043
3. Кількість переходів	3	2	2	2	2	2	4	2	2	3
4. Рівень точності обробки	середній									
5. Загальний припуск, мм	2 × 0,9	0,9(Ø148) 0,7(Ø124)	0,7	0,9	0,9	0,9	2 × 1,1	0,9(Ø148) 0,5(Ø102)	2 × 0,9	2 × 1,1
6. Розміри заготовки, мм	Ø4,02	31,6	10,7	10,9	17,9	15,9	Ø115,8	5,4	28,8	Ø82,2
Лиття в кокіль										
1. Мінімальний припуск, мм	0,4 × 2	0,4 × 2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4 × 2	0,4	0,9 × 2	0,4 × 2
2. Співвідношення допусків розмірів	$\frac{0,025}{1,2} =$ = 0,0208	$\frac{0,21}{1,2} =$ = 0,175	$\frac{0,15}{0,8} =$ = 0,1875	$\frac{0,15}{0,8} =$ = 0,1875	$\frac{0,18}{1,0} =$ = 0,18	$\frac{0,18}{1,0} =$ = 0,18	$\frac{0,035}{1,6} =$ = 0,0218	$\frac{0,12}{0,8} =$ = 0,15	$\frac{0,21}{1,2} =$ = 0,175	$\frac{0,03}{1,6} =$ = 0,0188
3. Кількість переходів	4	2	2	2	2	2	4	2	2	3
4. Рівень точності обробки	середній									
5. Загальний припуск, мм	2,0 × 2	1,6(Ø148) 1,2(Ø124)	1,2	1,6	1,6	1,6	1,4 × 2	0,9(Ø102) 1,6(Ø148)	1,6 × 2	2,3 × 2
6. Розміри заготовки, мм	Ø38	32,8	11,2	11,6	18,6	16,6	Ø115,2	5,7	30,2	Ø84,6

Вибір конструктивних елементів [11]

Найменшу товщину стінок визначають в залежності від габаритів заготовки:

$$N = \frac{2 \cdot l + b + h}{3} \text{ [мм];}$$

де l , b , h – відповідно довжина, ширина і висота заготовки;

$$N = \frac{2 \cdot 148 + 148 + 30}{3} = \frac{474}{3} = 158 \text{ (мм)}.$$

Для виливків з алюмінієвих сплавів товщину стінок призначаємо приблизно 2,5 мм (рекомендація [11]), тобто: $S_{\min} \approx 2,5 \text{ мм}$.

Визначення радіусів заокруглення

За [11] призначаємо такі радіуси заокруглення:

- спряження поверхонь $\varnothing 148$ та $\varnothing 124$

$$S_1 = 10 \text{ мм}; S = 30 \text{ мм};$$

$$\frac{S + S_1}{2} = \frac{10 + 30}{2} = 20 \text{ (мм)}; R \cong 5 \text{ мм}.$$

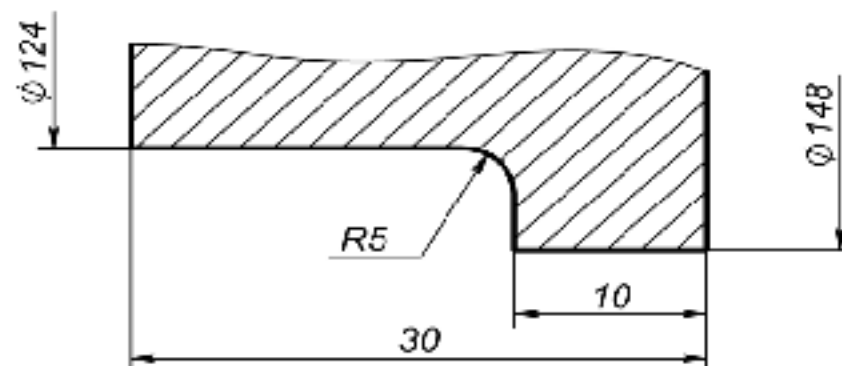


Рисунок 2.2 – Спряження поверхонь $\varnothing 148$ та $\varnothing 124$

- для внутрішніх спряжень отворів з їх торцевими поверхнями: отв. $\varnothing 102$, отв. під $\varnothing 42H7$, отв. $\varnothing 70$ – в межах 1-2 мм;

- для спряження торця отв. $\varnothing 102$ з отв. $\varnothing 51$ конструктор задав радіус 1 мм;

- для спряження торця отв. $\varnothing 148$ з отвором $\varnothing 118H7$ – в межах 1-2 мм.

Призначення ливарних нахилів:

- для зовнішньої поверхні $\varnothing 148$: $\angle 1^{\circ}43'$;

- для зовнішньої поверхні $\varnothing 124$: $\angle 0^{\circ}17'$;

- для внутрішніх поверхонь:

- $\varnothing 70 - \angle 0^\circ 30'$;
- $\varnothing 102 - \angle 0^\circ 23'$;
- $\varnothing 38, \varnothing 40,2 - \angle 0^\circ 41'$;
- $\varnothing 118 - \angle 0^\circ 23'$.

2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки [12]

1. Зміщення роз'єму допускається до 0,28 (0,8) мм.
 2. Невказані ливарні радіуси для внутрішніх поверхонь – 1÷2 мм.
 3. Точність виливків:
- 5-3-5 – 3 м ДСТУ 8981-2020 (ЛТ)
 8-3-10 – 3 м ДСТУ 8981-2020 (КЛ)

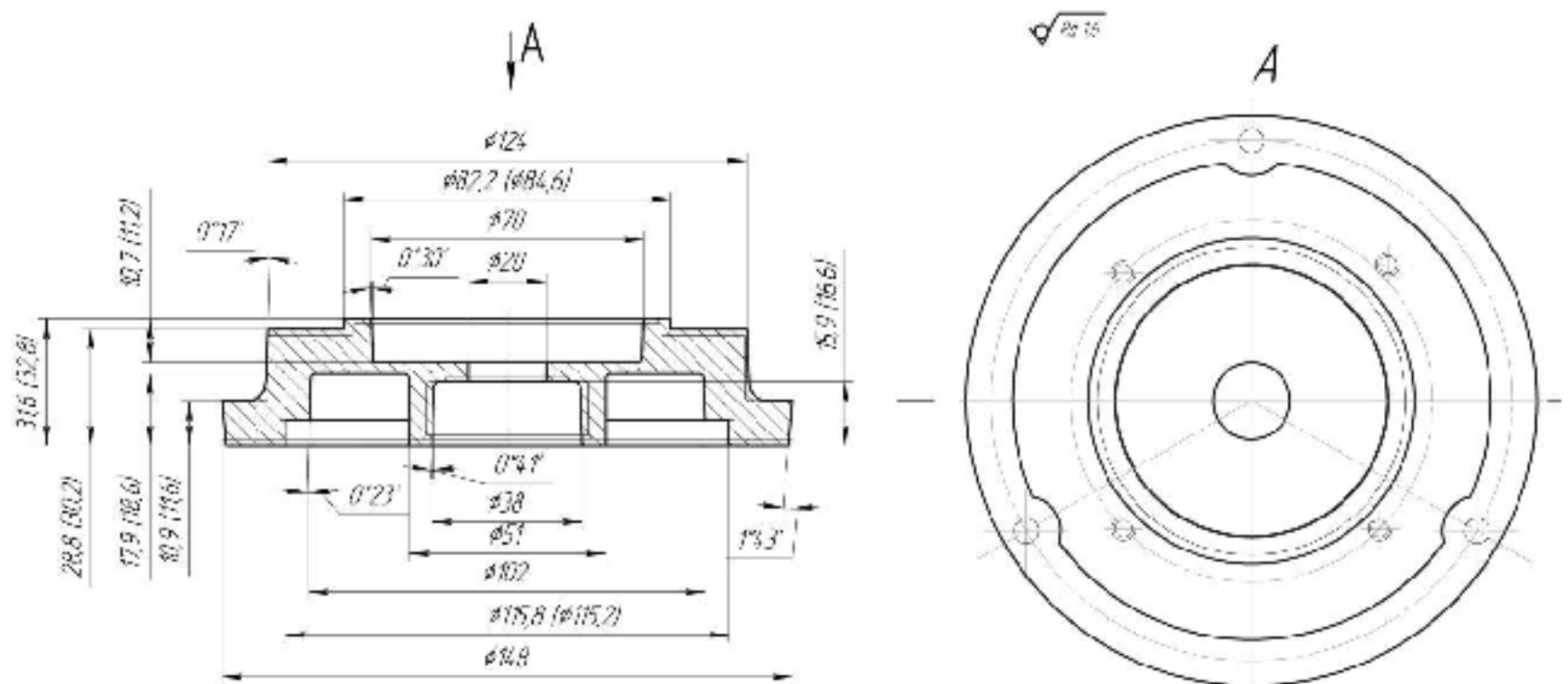


Рисунок 2.3 – Креслення заготовок, отриманих литтям під тиском (ЛТ)
 та в кокіль (КЛ) (розміри в дужках відносяться до лиття в кокіль)

2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки

ЛТ: Визначаємо маси припусків та напусків, які знімаються при механічній обробці заготовки:

- Напуски:

$$3 \text{ отв. } \varnothing 6,5: m_1 = 3 \cdot \frac{\pi \cdot 6,5^2}{4} \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 = 2,686 \text{ (г)}$$

$$3 \text{ отв. М6-7Н: } m_2 = 3 \cdot \frac{\pi \cdot 6^2}{4} \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 = 2,289 \text{ (г)}$$

$$3 \text{ отв. } \varnothing 32: m_3 = 3 \cdot \frac{\pi \cdot 32^2}{4} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 = 2,170 \text{ (г)}$$

Сумарна маса напусків:

$$\sum m_{\text{нап.ст}} = 2,686 + 2,289 + 2,170 = 7,145 \text{ (г)}$$

- Припуски:

– Торець пов. $\varnothing 148$:

$$\begin{aligned} m_1 &= \frac{\pi \cdot 148^2}{4} \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 - \\ &- \left[\frac{\pi \cdot 115,8^2}{4} \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 + \left(\frac{\pi \cdot 51^2}{4} \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 - \frac{\pi \cdot 40,2^2}{4} \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 \right) \right] = \\ &= 41,783 - [25,579 + (4,961 - 3,083)] = 41,783 - 27,457 = 14,326 \text{ (г)} \end{aligned}$$

– Торець пов. $\varnothing 80\text{H}7$:

$$m_2 = \frac{\pi \cdot 82,2^2}{4} \cdot 0,7 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 - \frac{\pi \cdot 70^2}{4} \cdot 0,7 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 = 10,0247 - 7,2698 = 2,755 \text{ (г)}$$

– Отвір $\varnothing 42\text{H}7$:

$$m_3 = \frac{\pi \cdot 42^2}{4} \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 - \frac{\pi \cdot 40,2^2}{4} \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 = 56,082 - 51,378 = 4,704 \text{ (г)}$$

– Торець пов. $\varnothing 124$:

$$m_4 = \frac{\pi \cdot 124^2}{4} \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 - \frac{\pi \cdot 82,2^2}{4} \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 = 29,330 - 12,889 = 16,441 \text{ (г)}$$

Сумарна маса припусків:

$$\sum m_{\text{прип.ЛТ}} = 14,326 + 2,755 + 4,704 + 16,441 = 38,226 \text{ (г)}$$

Сумарна маса напусків та припусків:

$$\sum m_{\text{нап. + прип.ЛТ}} = 7,145 + 38,226 = 45,371 \text{ г} \approx 0,0454 \text{ (кг)}$$

Маса заготовки, виготовленої литтям під тиском:

$$m_{\text{заг.ЛТ}} = m_{\text{дет.}} + \sum m_{\text{нап. + прип.ЛТ}} = 0,447 + 0,0454 \cong 0,492 \text{ (кг)}$$

КЛ: маса напусків ідентична литтю під тиском:

– Напуски:

$$\sum m_{\text{нап.КЛ}} = 7,145 \text{ г}$$

– Припуски:

– торець пов. Ø148:

$$\begin{aligned} m_1 &= \frac{\pi \cdot 148^2}{4} \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 - \\ &- \left[\frac{\pi \cdot 115,2^2}{4} \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 + \left(\frac{\pi \cdot 51^2}{4} \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 - \frac{\pi \cdot 38^2}{4} \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 \right) \right] = \\ &= 74,2808 - [45,0047 + (8,8205 - 4,8969)] = 74,2808 - 48,928 \cong 25,353 \text{ (г)} \end{aligned}$$

– торець пов. Ø80h7:

$$m_2 = \frac{\pi \cdot 84,6^2}{4} \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 - \frac{\pi \cdot 70^2}{4} \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 = 18,2035 - 12,4627 = 5,7408 \text{ (г)}$$

– Отвір Ø42H7:

$$m_3 = \frac{\pi \cdot 42^2}{4} \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 - \frac{\pi \cdot 38^2}{4} \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 = 56,082 - 45,908 = 10,174 \text{ (г)}$$

– торець пов. Ø124:

$$m_4 = \frac{\pi \cdot 124^2}{4} \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 - \frac{\pi \cdot 84,6^2}{4} \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 = 39,107 - 18,204 = 20,903 \text{ (г)}$$

Сумарна маса припусків

$$\sum m_{\text{прип.кд}} = 25,353 + 5,7408 + 10,174 + 20,903 \cong 62,171 \text{ (г)}.$$

Сумарна маса напусків та припусків

$$\sum m_{\text{нап.+прип.кд}} = 7,145 + 62,171 = 69,316 \text{ г} \approx 0,069 \text{ (кг)}.$$

Маса заготовки, виготовленої кокільним литтям:

$$m_{\text{заг.кд}} = m_{\text{дет.}} + \sum m_{\text{нап.+прип.кд}} = 0,447 + 0,069 = 0,516 \text{ (кг)}.$$

Визначаємо коефіцієнти точності маси заготовок:

- лиття під тиском

$$K_{\text{к.м.дт}} = \frac{m_{\text{дет.}}}{m_{\text{заг.дт}}} = \frac{0,447}{0,492} = 0,908 ;$$

- лиття в кокіль

$$K_{в.м.кз} = \frac{m_{дет.}}{m_{заг.кз}} = \frac{0,447}{0,516} = 0,866.$$

2.2.5 Техніко-економічне порівняння варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Собівартість виготовлення однієї заготовки визначено за формулою [12]:

$$C_{заг} = \frac{S_i}{1000} \cdot m_{заг} \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_n - (m_{заг} - m_{дет}) \frac{S_{відх}}{1000}. \quad [\text{грн.}] \quad (2.7)$$

Для лиття під тиском

$$C_{заг} = \left(\frac{140000}{1000} \cdot 0,492 \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1,09 \right) - (0,492 - 0,477) \frac{6000}{1000} = 71 - 0,21 = 70,8 \quad (\text{грн.})$$

Для лиття в кокіль

$$C_{заг} = \left(\frac{41000}{1000} \cdot 0,516 \cdot 1,05 \cdot 1,02 \cdot 1 \cdot 2,4 \cdot 1 \right) - (0,516 - 0,477) \frac{6000}{1000} = 54,4 - 0,26 = 54,1 \quad (\text{грн.})$$

Оскільки заготовка, виготовлена литтям у кокіль, забезпечує меншу собівартість, то для подальшого проектування остаточно вибрано саме цей спосіб її виготовлення.

Економічний ефект при використанні лиття в кокіль складе

$$E = (71,8 - 54,1) \cdot 16000 = 283200 \quad (\text{грн.})$$

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 $\varnothing 118H7^{(+0,035)}$

Розглянемо можливість отримання одного із найбільш точних отворів деталі найбільш продуктивними та прогресивними у практиці методами:

Отвір $\varnothing 118H7^{(+0,035)}$, $Ra = 1,6$ мкм.

Пропонується така послідовність обробки даної поверхні:

- розточування попереднє;
- розточування попереднє;
- розточування тонке.

Але тонке розточування в цій послідовності рекомендоване для отримання шорсткості в межах $Ra = 0,8...0,2$ мкм, тому будемо орієнтуватися для отримання шорсткості $Ra = 1,6$ мкм на третьому переході обробки остаточним звичайним розточуванням.

Перевіримо цю рекомендацію з точки зору кількості переходів обробки шляхом визначення коефіцієнту уточнення [1, 2].

Загальне уточнення фактичне:

$$\varepsilon_{\Sigma \phi} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \varepsilon_n, \quad (2.8)$$

де $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots \varepsilon_n$ – уточнення якого-небудь розмірного параметру заготовки по одному з переходів.

Потрібне уточнення:

$$\varepsilon_{\Sigma \text{потр.}} = \frac{T_{\text{заг.}}}{T_{\text{дет.}}} = \frac{a_{\text{заг.}}}{a_{\text{дет.}}}, \quad (2.9)$$

де $T_{заг.}$, $T_{дет.}$ – допуски параметру, який розглядається, відповідно для заготовки та деталі; $a_{заг.}$, $a_{дет.}$ – кількість одиниць допуску для даного квалітету точності відповідно для заготовки та деталі.

Для заготовки (див. п. 2.2):

$$T_{заг.} = 1600 \text{ мкм};$$

для 7 квалітету точності (деталі):

$$T_{дет.} = 35 \text{ мкм}.$$

Тоді:

$$\varepsilon_{\Sigma_{чор.}} = \frac{1600}{35} = 45,7.$$

Приймаємо $n_{пр.} = 3$ ступені механічної обробки.

Призначаємо уточнення по окремим переходам:

$$\varepsilon_1 = 5, \quad \varepsilon_2 = 4, \quad \varepsilon_3 = 2,5.$$

де $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ – уточнення якого-небудь розмірного параметру заготовки по одному з переходів;

ε_1 – ступінь чорнової обробки;

ε_2 – ступінь напівчистої обробки;

ε_3 – ступінь чистої обробки;

Тоді:

$$\varepsilon_{\Sigma_{\phi}} = 5 \cdot 4 \cdot 2,5 = 50.$$

Умова $\varepsilon_{\Sigma \phi} > \varepsilon_{\Sigma_{номр.}}$ виконується, тому що $50 > 45,7$), а це свідчить про те, що кількість переходів та їх послідовність вибрані вірно.

Після чорнової обробки точність збільшується з $\pm IT15$ до $\pm IT12$, після напівчистої обробки – з $IT12$ до $IT9$, після чистої обробки – з $IT9$ до $IT7$.

Перевіримо це:

$$a_1 = \frac{T_{заг.}}{\varepsilon_1} = \frac{1600}{5} = 320 \text{ (мкм)} \quad (T_{табл.} = 350 \text{ мкм})$$

$$a_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{320}{4} = 80 \text{ (мкм)} \quad (T_{табл.} = 87 \text{ мкм})$$

$$a_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{80}{2,5} = 32 \text{ (мкм)} \quad (T_{табл.} = 35 \text{ мкм})$$

Тобто, обране уточнення цілком відповідає рекомендаціям вибору методу обробки і кількості переходів по економічній точності.

Таким чином, остаточно для обробки отв. $\varnothing 118H7$ приймаємо три переходи в такій послідовності:

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

Визначення кількості ступенів і методів механічної обробки циліндричних поверхонь $\varnothing 42H7$ та $\varnothing 80H7$.

Цю роботу виконано по аналогічній методиці і результати зведено до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Визначення кількості ступенів і методів обробки на інші точні поверхні

Розмір поверхні, мм	$\varepsilon_{\Sigma_{\text{погр.}}}$	n	$n_{\text{пр}}$	$\varepsilon_{\Sigma_{\phi}}$	Перевірка допусків	Прийняті способи обробки
1	2	3	4	5	6	7
Отв. Ø42H7 $\delta = 26 \text{ мм}$	48	3,65	3	$5 \cdot 4 \cdot 2,5 = 50$	$T_1 = \frac{1200}{5} = 240 \text{ мкм}$ $(IT12 - 250 \text{ мкм})$ $T_2 = \frac{240}{4} = 60 \text{ мкм}$ $(IT9 - 62 \text{ мкм})$ $T_3 = \frac{60}{2,5} = 24 \text{ мкм}$ $(IT7 - 25 \text{ мкм})$	1. Розточування попереднє. 2. Розточування попереднє. 3. Розточування остаточне.
Пов. Ø80h7 $\delta = 30 \text{ мм}$	53,33	3,75	3	$5,5 \cdot 4 \cdot 2,5 = 55$	$T_1 = \frac{1200}{5} = 240 \text{ мкм}$ $(IT12 - 250 \text{ мкм})$ $T_2 = \frac{240}{4} = 60 \text{ мкм}$ $(IT9 - 62 \text{ мкм})$ $T_3 = \frac{60}{2,5} = 24 \text{ мкм}$ $(IT7 - 25 \text{ мкм})$	1. Точіння попереднє. 2. Точіння попереднє. 3. Точіння остаточне.

2.3.2 Вибір чистових та чорнових технологічних баз

2.3.2.1 Вибір чорнових технологічних баз

Чорнові бази використовуються на першій або на першій та другій операціях при обробці чистових баз, тобто тих поверхонь, які використовуються в якості баз на всіх наступних операціях.

В нашому випадку, на першій 005 операції за чорнові бази прийняті зовнішня необроблювана циліндрична поверхня Ø148 та її внутрішній теж в подальшому необроблюваний торець. На цій операції обробляються отвори Ø42H7 та Ø118H7, отв. Ø32 та група кріпильних отворів: 3 отв. Ø6,5, отв. Ø42H7 та один з отворів Ø6,5 будуть служити чистовою базою на наступній. Схема

базування реалізована шляхом встановлення заготовки у 3-и кулачковий самоцентрувальний патрон.

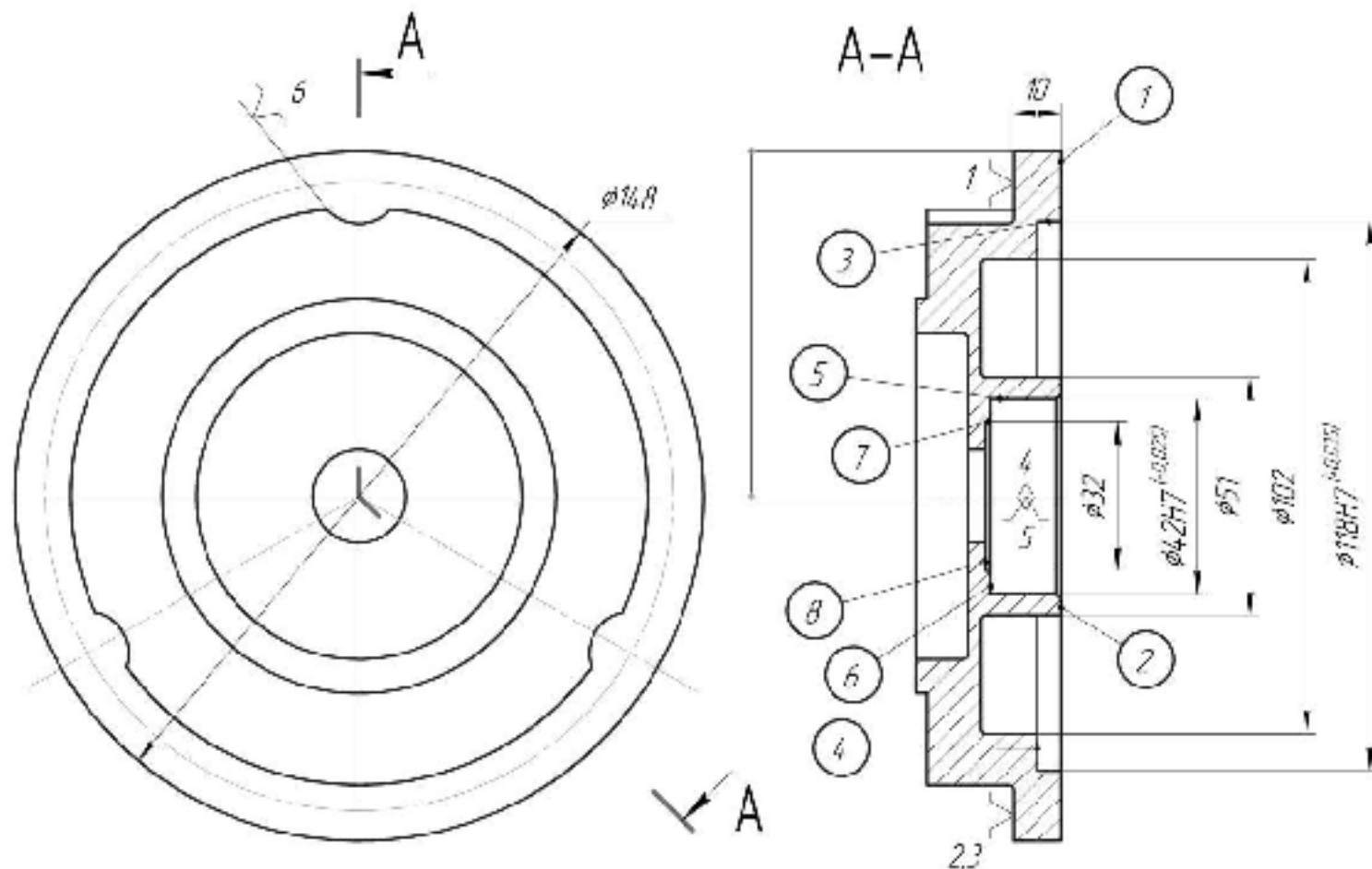


Рисунок 2.4 – Схема базування (чорнові бази)

За такої схеми базування забезпечується розв'язання задачі забезпечення розмірного зв'язку між обробленими і необробленими поверхнями, а саме розміру 10 мм і забезпечується співвісність між зовнішньою необробленою поверхнею Ø148 і точною виконавчою поверхнею – отвором Ø118H7.

Для орієнтування отворів Ø6,5 відносно R9 передбачена підводна опора – база 6.

2.3.2.2 Вибір чистових баз

На операції 010 будуть оброблятися остаточно торець пов. Ø80h7, пов. Ø80h7, торець пов. Ø126 та 4 отвори M6-7H.

Базування на цій операції здійснюється по тим поверхням, які вже остаточно оброблені на операції 005, тобто по пов. Ø118H7 (встановлення, наприклад, на круглій оправці) та по торцю пов. Ø148, з фіксацією від провертання за допомогою зрізаного пальця, який вводиться до отвору Ø6,5 (в

той отвір, який використовувався на операції 005 для орієнтування цих отворів відносно виборок – для полегшення орієнтації отворів М6-7Н).

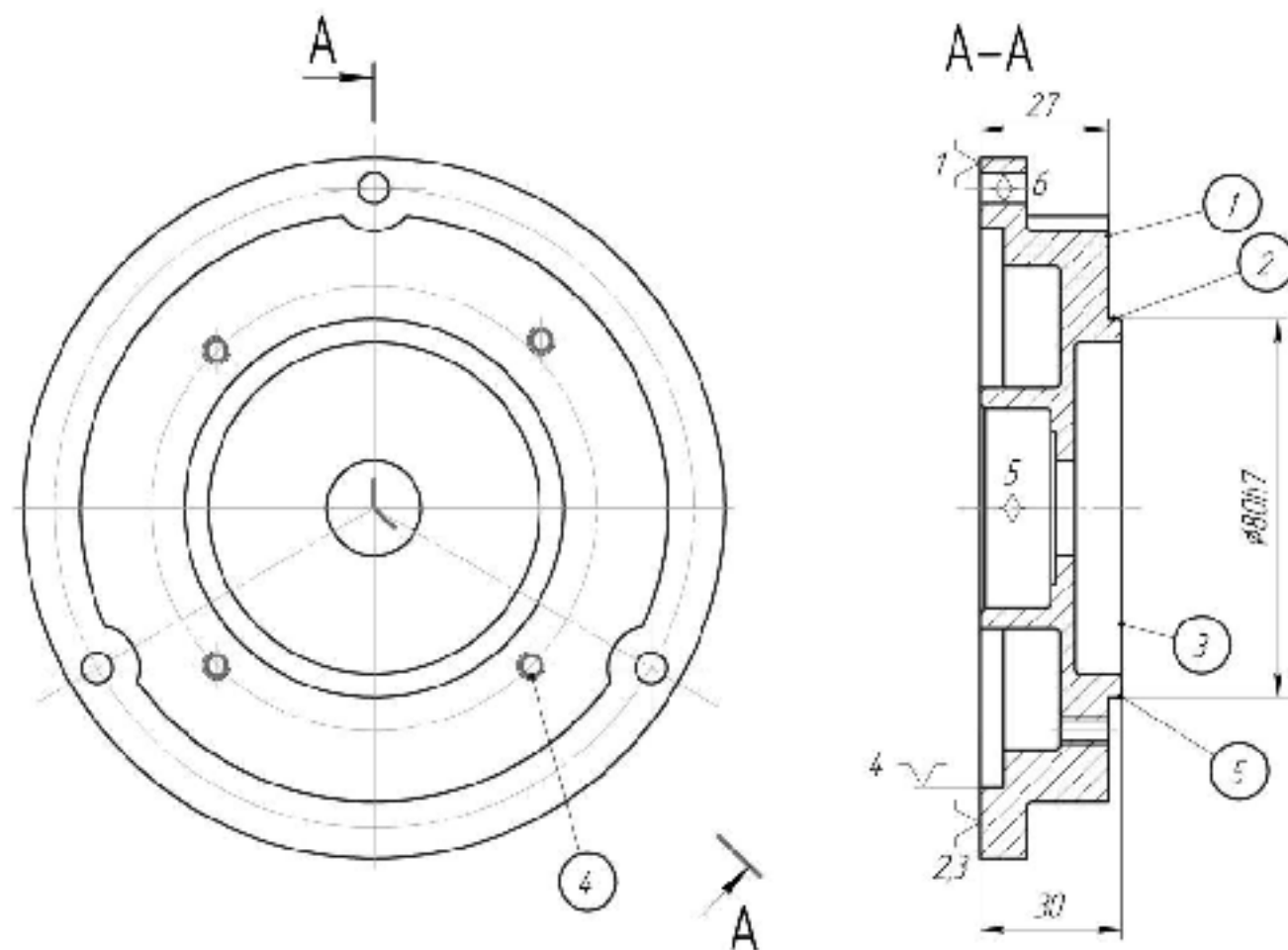


Рисунок 2.5 – Схема базування (чистові бази)

Таблиця 2.9 – Аналіз вибору технологічних баз на операції 010

Розмір чи вимоги точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Розмір 27	Відсутня	Виконання принципу суміщення баз
Розмір 30	Відсутня	Виконання принципу суміщення баз
Радіальне биття отв. Ø118H7 відносно базового Ø80 h7 (база Б)	Відсутня	Виконання принципу суміщення баз

2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки

Таблиця 2.10 – Маршрут механічної обробки

№ пер	Назва і зміст операції	Ескіз обробки зі схемою бланування	Тип і модель верстата
005	Токарна з ЧПК 1. Встановити заготовку 2. Точити поб. 1, 2 попередньо 3. Розточити отвір 3 попередньо, торцеві 4 однакратно 4. Розточити отвір 5 попередньо, торцеві 6, отвір 7, торцеві 8 однакратно 5. Точити поб. 1, по поб. 2 остаточно 6. Розточити отвір 3, отвір 5 попередньо 7. Розточити отвір 3, отвір 5 з поверхнею 11 остаточно 8. Зняти заготовку		Базовий токарно-револьверний верстат з ЧПК модель 1П4.20ПФ30
010	Токарна з ЧПК 1. Встановити заготовку 2. Точити поб. 1, поб. 2 попередньо, поб. 3 однакратно, поб. 5 однакратно 3. Точити поб. 2, поб. 1 попередньо 4. Точити поб. 2, поб. 1 остаточно 5. Зняти заготовку		1П4.20ПФ30
015	Вертикально-сверлильно з ЧПК Установ А 1. Встановити заготовку 2. Центрувати 3 отвір 3. Свердлити 3 отвір 4. Перевстановити заготовку Установ Б 4. Центрувати 4 отвір 5. Свердлити 4 отвір 6. Нарізати різь у 4-х отвірах 7. Зняти деталь		Вертикально-сверлильний верстат з ЧПК модель 2Р135Ф2

2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

2.3.4.1 Вибір розташування технологічних розмірів

Розмірний аналіз виконано для операції 005 та 010, на яких обробка здійснюється вздовж осі обертання деталі (рис. 2.6) [16].

2.3.4.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

З креслення деталі випливає, що частина технологічних розмірів збігається з конструкторськими, тому ці розміри мають однакові допуски. На інші технологічні розміри допуски призначено за $h12$ та $\pm IT12/2$. На розміри заготовки допуски призначено згідно з пунктом 2.2. Вибрані допуски наведені у таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Допуски проміжних технологічних розмірів

Вихідна заготовка			
Розмір	Спосіб виготовлення	Клас розмірної точності	Допуск, мм
$З_1$	Лиття в кокіль	9	1,8
$З_2$			1,8
$З_3$			1,2
$З_4$			1,2
Механічна обробка			
Технологічний розмір	Спосіб обробки	Квалітет точності	Допуск, мм
B_1	Попереднє точіння	12	0,15
B_2	Чистове точіння	12	0,15
B_3	Попереднє точіння	12	0,09
B_4	Чистове точіння	12	0,21
B_5	Одноразове точіння	12	0,09
B_6	Одноразове точіння	12	0,084
B_7	Попереднє точіння	12	0,052
B_8	Чистове точіння	12	

2.3.4.3 Розмірна схема технологічного процесу

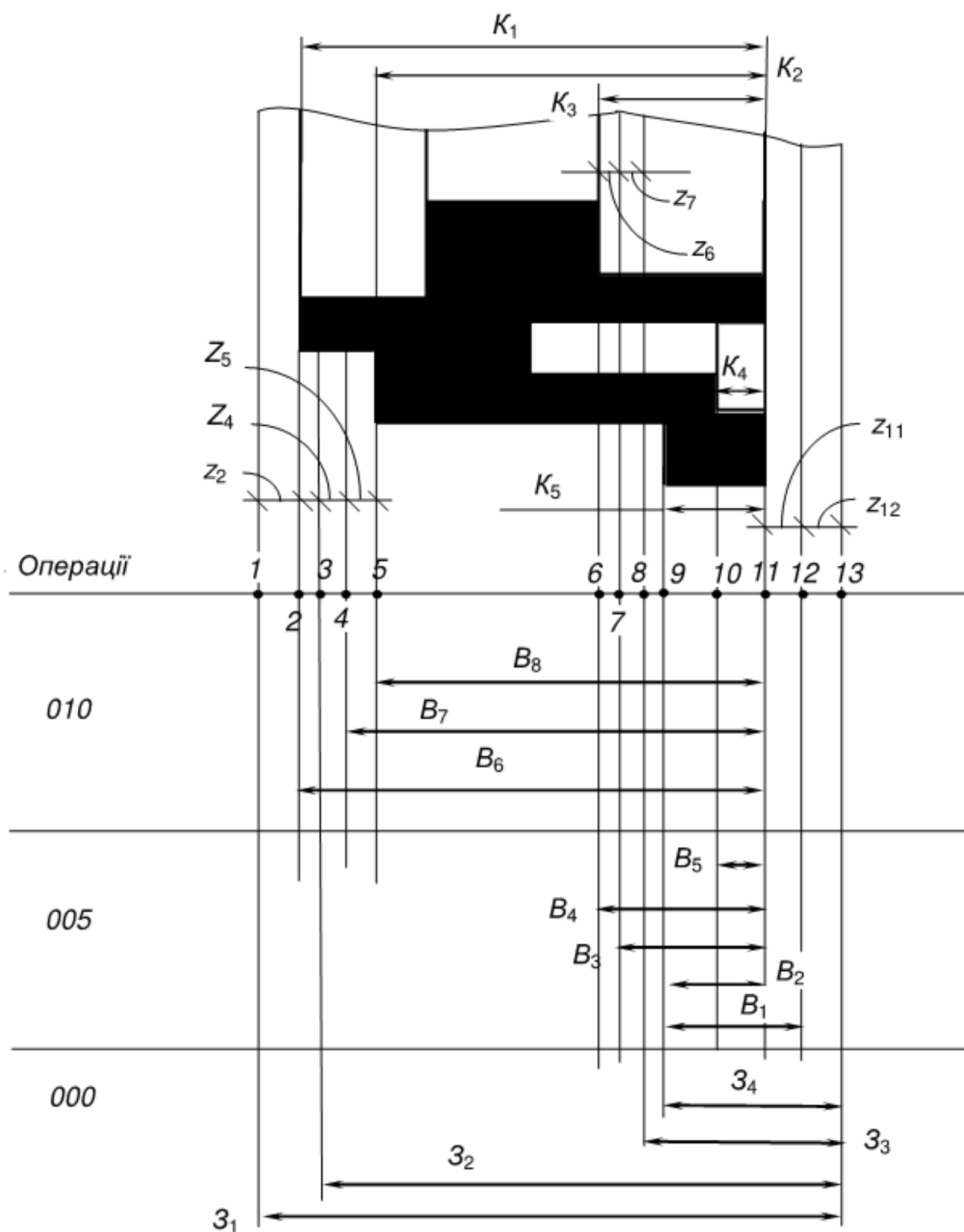


Рисунок 2.6 – Розмірна схема технологічного процесу

2.3.4.4 Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

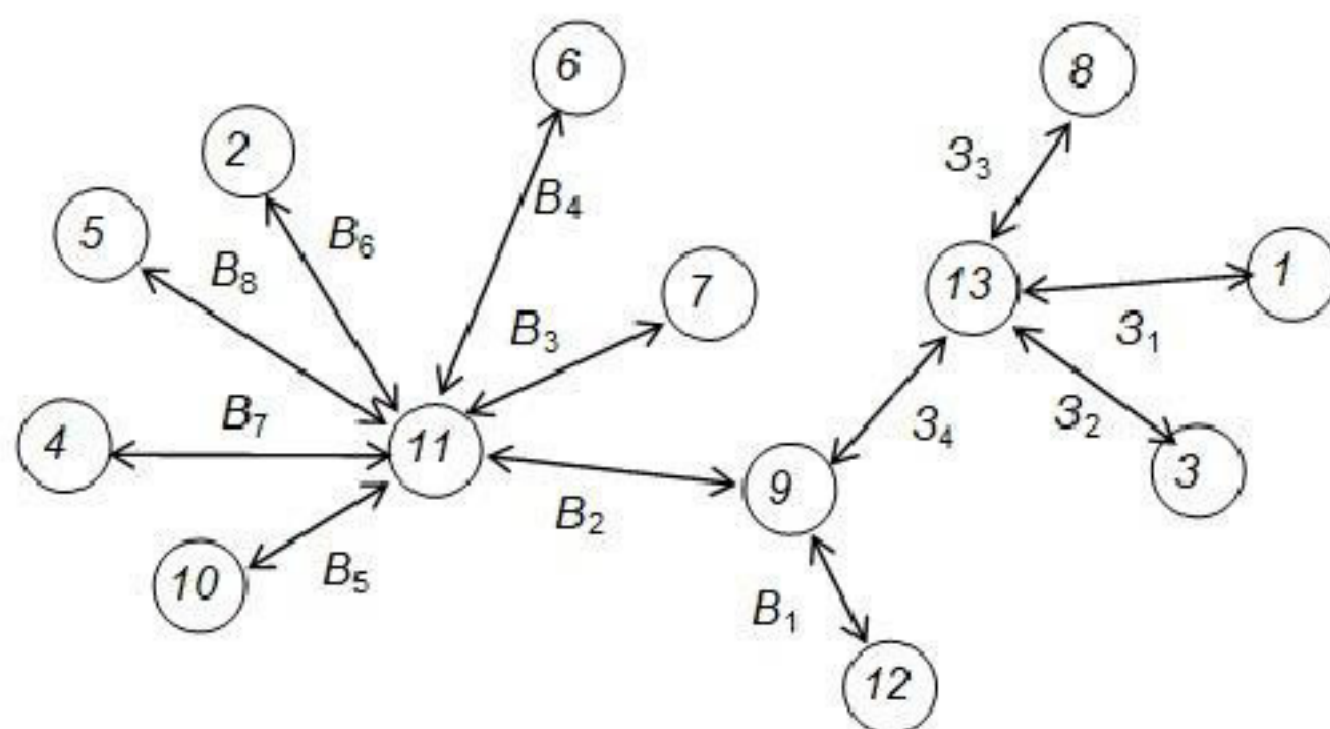


Рисунок 2.7 – Похідний граф-дерево

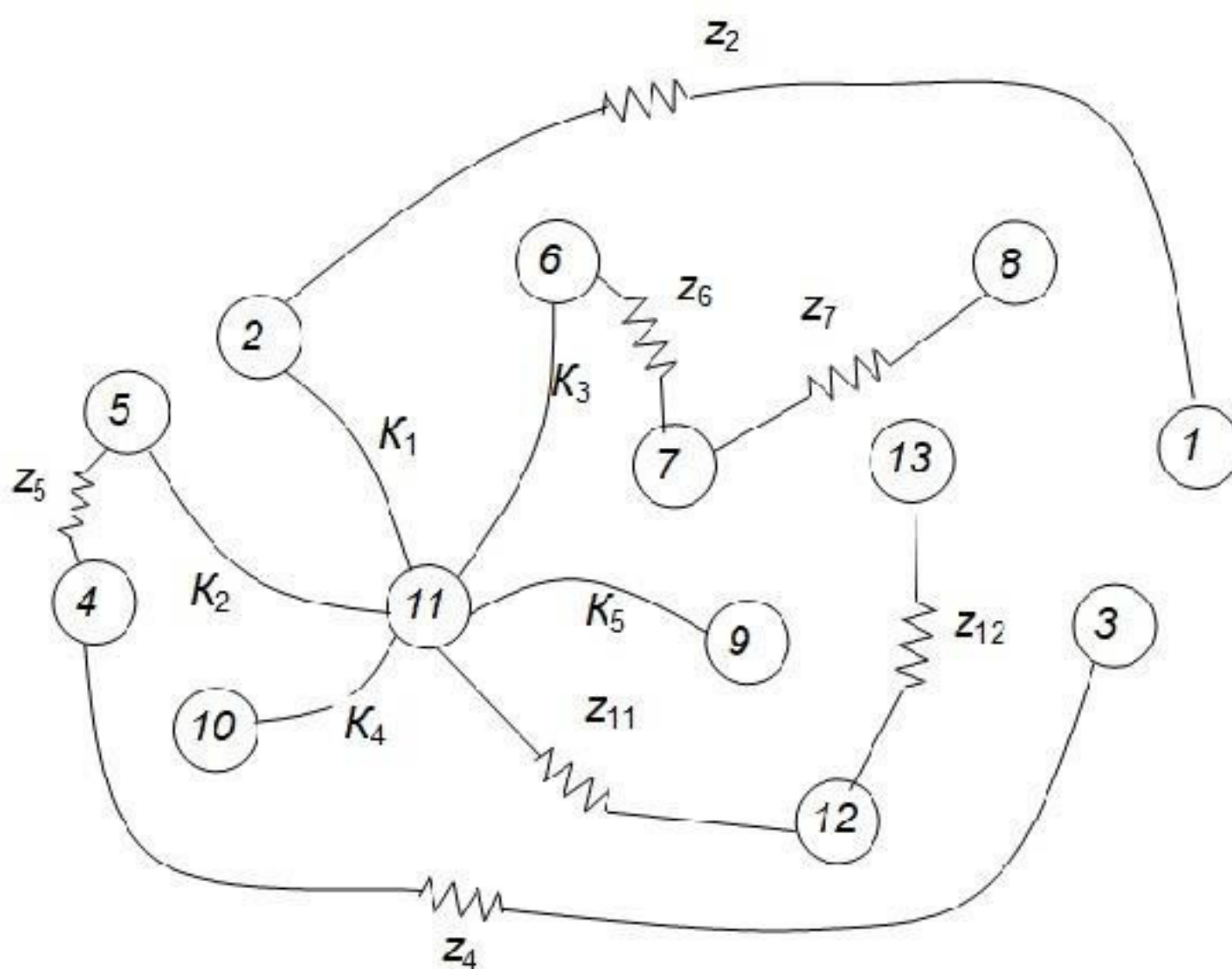


Рисунок 2.8 – Вихідний граф-дерево

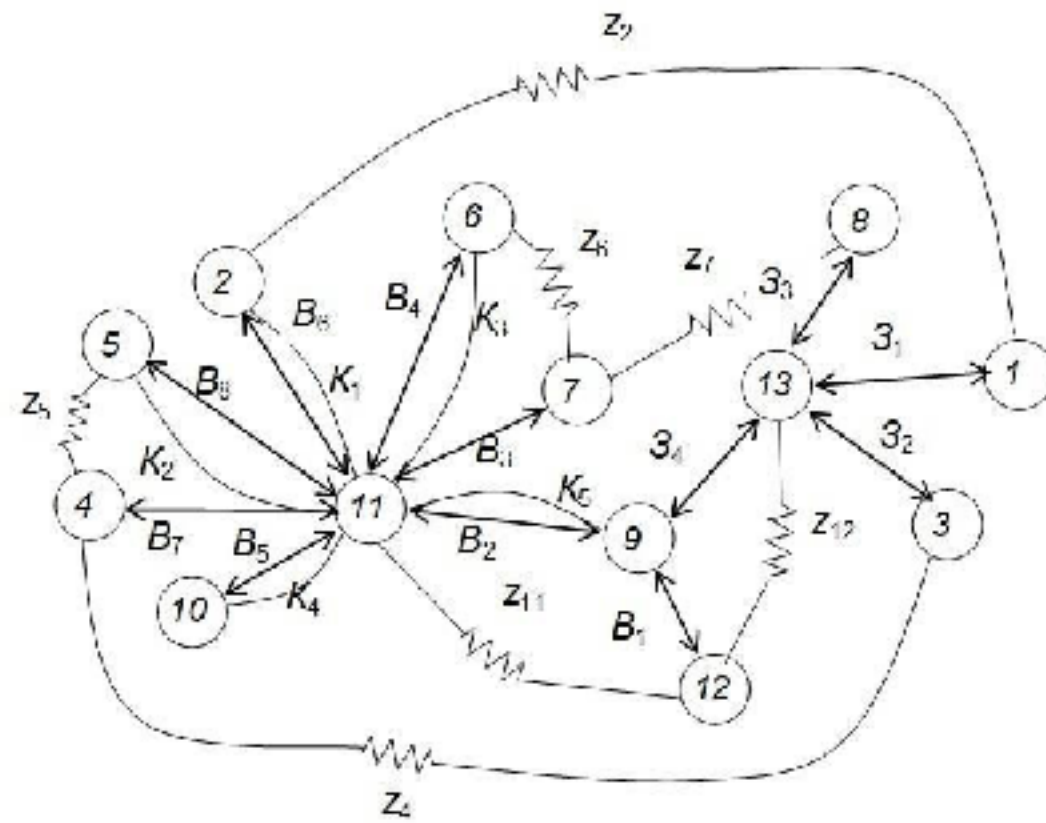


Рисунок 2.9 – Суміщений граф

2.3.4.5 Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

Встановлені відповідно до суміщеного графа рівняння технологічних розмірних ланцюгів показано у таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

№ рівн яння	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K_1 + B_6 = 0$	$K_1 = B_6$	B_6
2	$-K_2 + B_8 = 0$	$K_2 = B_8$	B_8
3	$-K_3 + B_4 = 0$	$K_3 = B_4$	B_4
4	$-K_4 + B_5 = 0$	$K_4 = B_5$	B_5
5	$-K_5 + B_2 = 0$	$K_2 = B_2$	B_2
6	$-z_5 + B_7 - B_8 = 0$	$z_5 = B_7 - B_8$	B_7
7	$-z_6 + B_4 - B_3 = 0$	$z_6 = B_4 - B_3$	B_3
8	$-z_{11} - B_2 + B_1 = 0$	$z_{11} = B_1 - B_2$	B_1
9	$-z_{12} - B_1 + 3_4 = 0$	$z_{12} = 3_4 - B_1$	3_4
10	$-z_7 + B_3 - B_2 + 3_4 + 3_3 = 0$	$z_7 = B_3 - B_2 + 3_4 + 3_3$	3_3
11	$-z_2 + 3_1 - 3_4 + B_2 - B_6 = 0$	$z_2 = 3_1 - 3_4 + B_2 - B_6$	3_1
12	$-z_4 + 3_2 - 3_4 + B_2 - B_7 = 0$	$z_{10} = 3_3 - B_4 + B_2$	3_2

2.3.4.6 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Мінімальні проміжні припуски на обробку плоских поверхонь визначено за посібником [17]. Прийняті величини припусків наведено у таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Мінімальні проміжні припуски на обробку плоских поверхонь

Позначення припуску	Спосіб обробки, в ході виконання якої знімається припуск	Кількісне значення мінімального припуску, мм
z_2	Одноразове точіння	1,1
z_4	Попереднє точіння	1,1
z_5	Чистове точіння	0,2
z_6	Чистове точіння	0,2
z_7	Попереднє точіння	1,1
z_{11}	Чистове точіння	0,2
z_{12}	Попереднє точіння	1,1

2.3.4.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків

Всю інформацію про вихідні дані та результати розрахунків розмірних ланцюгів зводимо до таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Результати розрахунку рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Розміри заготовки і технологічні розміри	z_1	z_2	z_3	z_4	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8
Квалітет точності	—	—	—	—	h_{12}	h_{12}	$\pm \frac{IT_{12}}{2}$	$\pm \frac{IT_{12}}{2}$	$\pm \frac{IT_{12}}{2}$	h_{12}	h_{12}	h_{12}
Допусків розмірів, мм	1,2	0,8	0,8	1,0	0,25	0,25	0,12	0,18	0,1	0,21	0,21	0,21
Номінальні розміри і граничні відхилення, мм	$32,6_{-0,12}$	$6,09_{\pm 0,4}$	$11,675_{-0,8}$	$15,41_{\pm 0,5}$	$30,90_{-0,25}$	$30,45_{-0,25}$	$5_{\pm 0,06}$	$15_{\pm 0,09}$	$16,19_{\pm 0,05}$	$30_{-0,21}$	$27,41_{-0,21}$	$27_{-0,21}$

Таблиця 2.15 – Припуски для механічної обробки площин

Припуски, мм		z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7
Граничні розміри	$z_{\min}$	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2
	$z_{\max}$	1,95	0,7	0,43	1,13	0,66	0,16	0,62

Висновки. Розрахункові рівняння в більшості випадків відповідають 2-3 ланковим ланцюгам і вони дозволяють досить просто визначити технологічні розміри, розміри вихідної заготовки і максимальні припуски. Лише 2 ланцюга є 4-х ланковими, що декілька збільшують трудомісткість розрахунків. Але вважаємо, що взагалі технологічний процес є задовільним, корекція допусків технологічних розмірів і маршруту обробки не потрібна.

2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

2.3.5.1 Визначення розрахунково-аналітичним методом мінімальних проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 118H7^{(+0,035)}$.

Якість поверхні заготовки, вилитої у кокіль [1]:

$$R_z = 200 \text{ мкм}, T = 300 \text{ мкм}.$$

Параметри поверхні обробки після відповідних переходів:

$R_z = 50 \text{ мкм}, T = 50 \text{ мкм}$ — після першого попереднього розточування;

$R_z = 40 \text{ мкм}, T = 40 \text{ мкм}$ — після другого попереднього розточування;

$R_z = 20 \text{ мкм}, T = 25 \text{ мкм}$ — після остаточного розточування.

Сумарне значення просторових відхилень для даної заготовки:

$$\rho_{\varnothing 118} = \sqrt{\rho_{\text{ж.о.л.}}^2 + \rho_{\text{з.м.}}^2}, [\text{мкм}], \quad (2.10)$$

де $\rho_{ж.о.з.}$ – жолоблення отвору

$$\begin{aligned}\rho_{ж.о.з.} &= \sqrt{(\Delta_{ж.о.з.} \cdot L)^2 + (\Delta_{ж.о.з.} \cdot D)^2}; [\text{мкм}] \\ \rho_{ж.о.з.} &= \sqrt{(0,8 \cdot 5,7)^2 + (0,8 \cdot 115,2)^2} = \sqrt{20,7936 + 8493,4656} = \\ &= \sqrt{8514,2592} = 92,27 \approx 92 \text{ (мкм)}\end{aligned}$$

$\rho_{з.м.}$ – зміщення отвору відносно зовнішньої поверхні:

$$\rho_{з.м.} = \delta_{5,7} = 800 \text{ мкм},$$

(заготовка встановлюється у самоцентрувальному патроні по діаметру зовнішньої поверхні Ø148 мм з притисканням до торця цієї поверхні).

$$\begin{aligned}\rho_{\varnothing 118} &= \sqrt{92^2 + 800^2} = \sqrt{8464 + 640000} = \\ &= \sqrt{648464} \approx 805 \text{ (мкм)}\end{aligned}$$

Залишкові просторові відхилення:

- $\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_{\varnothing 118} = 0,05 \cdot 805 = 40,25 \text{ мкм}$ — після першого попереднього розточування;

- $\rho_2 = 0,04 \cdot 805 = 32,2 \text{ мкм}$ — після другого попереднього розточування;

Похибка встановлення:

- при першому попередньому розточуванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_z^2}, [\text{мкм}] \quad (2.11)$$

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

ε_z – похибка затискання, $\varepsilon_z = 400 \text{ мкм}$

$$\varepsilon_1 = \sqrt{400^2} = 400 \text{ (мкм)}$$

Залишкова похибка встановлення при другому попередньому розточуванні:

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_1 = 0,05 \cdot 400 = 20 \text{ (мкм)}.$$

На основі отриманих даних (див. таблицю 2.16) виконуємо розрахунок мінімальних міжопераційних припусків, користуючись основною формулою [1]:

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot \left(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \text{ [мкм]} \quad (2.12)$$

- мінімальний припуск на перше попереднє розточування:

$$\begin{aligned} 2 \cdot Z_{\min_1} &= 2 \cdot \left(200 + 300 + \sqrt{40,25^2 + 400^2} \right) = 2 \cdot \left(200 + 300 + \sqrt{1620,06 + 160000} \right) = \\ &= 2 \cdot (200 + 300 + 402) = 2 \cdot 902 \text{ (мкм)} \end{aligned}$$

- мінімальний припуск на друге попереднє розточування:

$$\begin{aligned} 2 \cdot Z_{\min_2} &= 2 \cdot \left(50 + 50 + \sqrt{32,2^2 + 20^2} \right) = 2 \cdot \left(50 + 50 + \sqrt{1036,84 + 400} \right) = \\ &= 2 \cdot (50 + 50 + 38) = 2 \cdot 138 \text{ (мкм)} \end{aligned}$$

- мінімальний припуск на остаточне розточування:

$$2 \cdot Z_{\min_3} = 2 \cdot (40 + 40) = 2 \cdot 80 \text{ (мкм)}.$$

Таблиця 2.16 – Результати розрахунку припусків і технологічних розмірів

Технологічні переходи обробки пов. $\varnothing 118H7^{(+0,035)}$	Елементи припуска, мкм				припуск Розрахунковий $2Z_{\min}$, мкм	розмір d_p , Розрахунковий мм	Допуск δ , мм	Граничний розмір, мкм		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z	T	ρ	ε				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}^{zp}$	$2Z_{\max}^{zp}$
Заготовка	200	300	805	–	–	115,8	1600	114,2	115,8	–	–
Розточування попереднє	50	50	40,25	400	2×902	117,6	87	117,51	117,6	1800	3310
Розточування попереднє	40	40	32,2	20	2×138	117,88	54	117,83	117,88	280	320
Розточування остаточне	20	25	–	–	2×80	118,035	35	118,0	118,035	155	170
Всього:										2235	3800

Визначаємо розрахунковий розмір d_p :

- для остаточного розточування:

$$d_{p_3} = 118,035 \text{ мм} ;$$

- для другого попереднього розточування:

$$d_{p_2} = 118,035 - 0,16 = 117,875 \text{ (мм)} ;$$

- для першого попереднього розточування:

$$d_{p_1} = 117,875 - 0,276 = 117,599 \text{ (мм)} ;$$

- для заготовки:

$$d_{p_0} = 117,599 - 1,804 = 115,795 \text{ (мм)} .$$

Визначаємо граничні розміри d_{min} та d_{max} :

- для остаточного розточування:

$$d_{max} = 118,035 \text{ мм}; d_{min} = 118,035 - 0,035 = 118 \text{ мм};$$

- для другого попереднього розточування:

$$d_{max} = 117,88 \text{ мм}; d_{min} = 117,88 - 0,054 = 117,826 \approx 117,83 \text{ (мм)};$$

- для першого попереднього розточування:

$$d_{max} = 117,60 \text{ мм}; d_{min} = 117,60 - 0,087 = 117,513 \approx 117,51 \text{ (мм)};$$

- для заготовки:

$$d_{max} = 115,80 \text{ мм}; d_{min} = 115,80 - 1,6 = 114,2 \text{ (мм)}.$$

Визначаємо граничні значення припусків $2Z_{min}^{ip}$ та $2Z_{max}^{ip}$:

- для остаточного розточування:

$$2Z_{min_1}^{ip} = 118,035 - 117,88 = 0,155 \text{ мм} = 155 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{max_1}^{ip} = 118,00 - 117,83 = 0,17 \text{ мм} = 170 \text{ (мкм)}$$

- для другого попереднього розточування:

$$2Z_{min_2}^{ip} = 117,88 - 117,60 = 0,28 \text{ мм} = 280 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{max_2}^{ip} = 117,83 - 117,51 = 0,32 \text{ мм} = 320 \text{ (мкм)}$$

- для першого попереднього розточування:

$$2Z_{\min,1}^{zp} = 117,60 - 115,80 = 1,8 \text{ мм} = 1800 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max,1}^{zp} = 117,51 - 114,20 = 3,31 \text{ мм} = 3310 \text{ (мкм)}.$$

2.3.5.2 Визначення за нормативами проміжних мінімальних припусків на механічну обробку решти точних циліндричних поверхонь, розрахунок технологічних розмірів, максимальних припусків і розмірів вихідної заготовки

Таблиця 2.17 – Припуски і проміжні технологічних розмірів на пов. Ø42H7 та Ø80h7

Поверхня	Розміри, мм	Допуск, мкм	Технологічні переходи, технологічні проміжні розміри, максимальні припуски,
Отвір Ø42H7	38	25	1. Попереднє розточування, $z_{\max} = 1 \text{ мм}$, $D = 40 \text{ мм}$ 2. Попереднє розточування, $z_{\max} = 0,85 \text{ мм}$, $D = 41,7 \text{ мм}$ 3. Остаточне розточування, $z_{\max} = 0,15 \text{ мм}$, $D = 42 \text{ мм}$
Пов. Ø80h7	84,6	30	1. Точіння попереднє, $z_{\max} = 1,2 \text{ мм}$, $D = 82,2 \text{ мм}$ 2. Точіння попереднє, $z_{\max} = 0,7 \text{ мм}$, $D = 80,8 \text{ мм}$ 3. Точіння остаточне, $z_{\max} = 0,1 \text{ мм}$, $D = 80 \text{ мм}$

2.3.6 Визначення режимів різання

Визначимо режими різання для попереднього розточування отвору Ø115,2 мм [18-20].

Операція 005: 3-й перехід «Розточування отв. 3 попереднє»

Обладнання: токарно-револьверний верстат з ЧПК мод. 1П420ПФ30, N = 30 кВт.

Інструмент: різець розточувальний державочний швидкорізучий для прямого закріплення 2142-0570 за ГОСТ 10044-73, ВК8.

Матеріал заготовки: алюмінієвий сплав АК7 ГОСТ 1583-93, НВ 60.

Розмір отвору $\varnothing 115,2$ мм.

Глибина різання:

$$t = \frac{116,8 - 115,2}{2} = 0,8 \text{ (мм)}.$$

Подача:

$$S_0 = 0,2 \div 0,3 \text{ мм/об. (рекомендовано);}$$

$$S_{0_{вр}} = 0,25 \text{ мм/об. (прийнято).}$$

Швидкість різання:

$$v = \frac{C_v}{T_m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \text{ [м/хв.]} \quad (2.13)$$

де $C_v = 328$; $x = 0,12$; $y = 0,50$; $m = 0,28$; $T = 40$ хв.;

$$K_v = K_{M_v} \cdot K_{n_v} \cdot K_{n_t} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,08 ;$$

$$v = \frac{328}{40^{0,28} \cdot 0,8^{0,12} \cdot 0,25^{0,5}} \cdot 1,08 = \frac{328}{2,809 \cdot 0,973 \cdot 0,5} \cdot 1,08 = 259,2 \text{ (м/хв.)}$$

З урахуванням рекомендації

$$v_k = v \cdot 0,9 = 259,2 \cdot 0,9 = 233,28 \text{ (м/хв.)}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v_k}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 233,28}{3,14 \cdot 116,8} = 636 \text{ (об/хв.)} \quad (2.14)$$

Приймаємо: $n_{пр} = 650$ об/хв.

Сила різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p \text{ [Н]}, \quad (2.15)$$

де $C_p = 40$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = 0$;

$$K_p = K_{\varphi_p} \cdot K_{\tau_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{r_p} \cdot K_{M_p} = 1,0 \cdot 0,98 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,87 = 0,8526 ;$$

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 0,8^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 238,39^0 \cdot 0,8526 = 400 \cdot 40 \cdot 0,8 \cdot 0,353 \cdot 1 \cdot 0,8526 = 96,3 \text{ (Н)} .$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{96,3 \cdot 238,39}{1020 \cdot 60} = 0,375 \text{ (кВт)}, \quad (2.16)$$

$N_a > N$ (30 кВт > 0,375 кВт) – обробка даної поверхні можлива.

Таблиця 2.18 – Результати визначення технічних норм часу

№ операції та зміст переходів обробки	t , мм	S_o , мм/об.	n , об/хв.	V , м/хв.
1	2	3	4	5
005 Токарна з ЧПК				
2. Точіння пов. 1 попереднє,	1,0	1,07	1000	465
точіння пов. 2 попереднє.	1,0	0,63	2000	320
3. Розточування отв. 3 попереднє,	0,8	0,24	1200	440
торця 4 однократне.	0,7	0,54	600	220
4. Розточування отв. 5 попереднє,	1,0	0,22	2000	251,2
торця 6 однократне,	1,6	0,37	2000	251,2
отв. 7 однократне;	0,8	0,24	2000	125,6
торця 8 однократне.	0,2	0,45	2000	125,6
5. Точіння пов. 1 остаточне;	0,6	0,1	1800	500
пов. 2 остаточне.	0,6	0,45	2000	320
6. Розточування отв. 3 попереднє,	0,4	0,2	2000	500
отв. 5 попереднє.	0,6	0,12	2000	258,7
7. Розточування отв. 3 остаточне	0,2	0,1	2000	500
отв. 5 остаточне,	0,4	0,38	2000	263,8
пов. 11 остаточне.	1,0	0,4	2000	263,8

Продовження таблиці 2.18

1	2	3	4	5
010 Токарна з ЧПК				
2. Точіння пов. 3 однократне,	1,2	0,46	1000	265,6
3 Точіння пов. 1 попереднє	1,0	0,46	650	253,1
обточування пов. 2 попереднє	1,2	0,46	1000	258,1
4. Точіння пов. 1 остаточне,	0,6	0,54	650	253,1
обточування пов. 2 попереднє	0,7	0,54	900	228,3
5. Точіння пов. 5 однократне,	0,5	0,54	900	226,1
обточування пов. 2 остаточне.	0,4	0,54	900	226,1
015 Вертикально-свердлильна з ЧПК				
Установ А				
2. Центрування 3 отв. 1	3,0	0,105	1100	34,54
3. Свердління 3 отв. 1	3,25	0,105	1700	34,7
Установ Б				
4. Центрування 4 отв. 2	3,0	0,105	1100	34,54
5. Свердління 4 отв. 2	2,5	0,105	2000	31,4
6. Нарізання різі у 4-х отв. 2	1,0	1,0	250	4,71

2.3.7 Визначення технічних норм часу

Технічні норми часу визначались за емпіричними формулами, наведеними в [18-20].

Результати визначення технічних норм часу показано у таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 – Результати визначення технічних норм часу

Назва операції, зміст переходів	S_0 , мм/об	$S_{\text{св.}}$, мм/хв.	V , м/хв.	n , об./хв.	l , мм	l_1 , мм	l_2 , мм	L , мм	T_0 , хв.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005 Токарна з ЧПК									
2. Точіння пов. 1 попереднє	1,07	1070	465	1000	16,4	5	2	23,4	0,0218
точіння пов. 2 попереднє	0,63	1260	320	2000	6,5	5	2	13,5	0,0107
3. Розточування отв. 3 попереднє,	0,24	288	440	1200	5	3	0	8	0,0278
торця 4 однократне	0,54	324	220	600	32,9	0,7	1	34,6	0,1068
4. Розточування отв. 5 попереднє,	0,22	440	251,2	2000	15	3	0	18	0,0409
торця 6 однократне,	0,37	740	251,2	2000	10	1,6	1	12,6	0,0170
отв. 7 однократне	0,24	480	125,6	2000	1	—	—	1	0,0021
торця 8 однократне	0,45	900	125,6	2000	6	—	—	6	0,0066
5. Точіння пов. 1 остаточне	0,1	180	837	1800	15,6	5	2	22,6	0,1256
пов. 2 остаточне	0,45	900	320	2000	5,5	5	2	12,5	0,013

Продовження таблиці 2.19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6. Розточування отв. 3 попередне, отв. 5 попередне	0,2	400	738,5	2000	5 15	3 3	0 0	8	9 0,02
7. Розточування отв. 3 остаточне отв. 5 остаточне	0,12 0,1	240 200	258,7 741	2000 2000	5 15	3 3	0 0	18 8	0,075 0,04
пов. 11 остаточне	0,38 0,4	760 800	263,8 263,8	2000 2000	1	—	3	18 4	0,0237 0,005
Всього по операції									0,537
010 Токарна з ЧПК									
2. Точіння пов. 3 однократне	0,46	460	265,6	1000	7,3	5	1	13,3	0,0289
3. Точіння пов. 1 попередне, обточування пов. 2 попередне	0,46 0,46	299 460	253,1 258,1	650 1000	20,9 1,6	3 3	0 1	23,9 5,6	0,0799 0,0122
4. Точіння пов. 1 остаточне обточування пов. 2 попередне	0,54 0,54	351 486	253,1 228,3	650 900	16,8 0,6	3 —	0 1	19,8 1,6	0,0564 0,0033
5. Точіння пов. 5 однократне обточування пов. 2 остаточне	0,54 0,54	486 486	226,1 226,1	900 900	0,5 1,0	— —	3 1	3,5 2	0,0072 0,0041
Всього по операції									0,192
015 Вертикально-свердлильна з ЧПК									
Установ А									
2. Центрування 3-х отв. 1,	0,105	115,5	34,54	1100	3	—	4 мм	7	0,183
3. Свердління 3-х отв. 1	0,105	178,5	34,7	1700	10	—	5 мм	15	0,252
Установ Б									
4. Центрування 4-х отв. 2	0,105	115,5	34,54	1100	3	—	4 мм	7	0,244
5. Свердління 4-х отв. 2	0,105	210	31,4	2000	17	—	5 мм	22	0,42
6. Нарізання різі у 4-х отв. 2	1,0	250	4,71	250	17	—	4 мм	21	0,336
Всього по операції									1,435

Штучно-калькуляційний час [18-20]:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n} \text{ [хв.]}, \quad (2.17)$$

де $T_{п-з}$ – підготовчо-заклучний час, хв.; $T_{шт}$ – штучний час, хв.; n – кількість деталей в партії, шт.

Норма штучного часу для верстатів з ЧПК:

$$T_{шт} = (T_{па} + T_{дон} \cdot K_{м.д.}) \cdot \left(1 + \frac{a_{обсз.} + a_{дін.}}{100}\right) \text{ [хв.]} \quad (2.18)$$

де $T_{\text{за}} = T_0 + T_{\text{мд}}$ – час автоматичної роботи за програмою, хв.; T_0 – основний технологічний час, хв.; $T_{\text{мд}}$ – машинно-допоміжний час, хв.; $T_{\text{доп}}$ – допоміжний час, хв.; $a_{\text{обсл.}}$ – час на технічне і організаційне обслуговування робочого місця, хв.; $a_{\text{відп.}}$ – час на відпочинок і фізичні потреби робітника, хв.

Загальні результати нормування часу на операціях зведено до таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 – Зведена таблиця норм часу, хв.

№ опер.	$\sum T_0$	$T_{\text{за}}$	$T_{\text{мд}}$	$T_{\text{мд}}$	$T_{\text{п-з}}$	$T_{\text{мд-к}}$
005	0,537	1,337	1,05	2,577	25,1	2,61
010	0,192	0,592	0,75	1,449	25,1	1,482
015	1,435	2,507	1,84	4,69	26,3	4,73

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ ДА-03.026»

3.1 Розрахунок приведеної програми

Згідно [2, 21] приведена програма може визначатися за формулою:

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

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

Коефіцієнт приведення

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

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

Коефіцієнт приведення по масі

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

де m_i – маса розглядуваної деталі; m_{np} – маса розрахункового представника.

Коефіцієнт приведення по програмі випуску

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

Коефіцієнт приведення по складності

$$K_3 = \left(\frac{\overline{R_{ai}}}{\overline{R_{ap}}} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\overline{T_{Ti}}}{\overline{T_{Tp}}} \right)^{\alpha_2}, \quad (3.5)$$

де $\overline{R_{ai}}$ – середній коефіцієнт шорсткості розглядуваної деталі; $\overline{R_{ap}}$ – середній коефіцієнт шорсткості розрахункового представника; $\overline{T_{Ti}}$ – середній квалітет точності розглядуваної деталі; $\overline{T_{Tp}}$ – середній квалітет точності розрахункового представника; α_1, α_2 – коефіцієнти.

Таблиця 3.1 – Характеристика підібраних деталей для приведення

Номер деталі	m , кг	N , шт.
Деталь № 1	0,5	10000
Деталь № 2	0,4	8000
Деталь № 3	0,6	8000

Деталі підібрані згідно з рекомендаціями [2, 21]:

- співвідношення маси m і річного обсягу виготовлення N об'єкта представника та інших об'єктів виробництва, які входять до групи приведення:

$$\begin{aligned} 0,5 m_{max} &\leq m \leq 2 m_{min}, \\ 0,1 N_{max} &\leq N \leq 10 N_{min} \end{aligned} \quad (3.6)$$

Прийнято, що деталь «Кришка передня ДА-03.026» є деталлю-представником:

$$m_{пр} = 0,447 \text{ кг}; N_{пред} = 16\,000 \text{ шт.}$$

Визначені значення вказаних коефіцієнтів заносимо до таблиць 3.2-3.3.

Таблиця 3.2 – Значення коефіцієнтів приведення

Номер деталі	K_m	K_N	K_Σ
Деталь № 1	0,937	1,098	1,0288
Деталь № 2	0,808	1,148	0,9276
Деталь № 3	1,058	1,148	1,285

Таблиця 3.3 – Значення приведених програм по кожній деталі

Номер деталі	$N_{прив. i}$, шт.
Деталь № 1	10288
Деталь № 2	7421
Деталь № 3	10280
$N_{прив}$	$\Sigma 27989$

Таким чином, сумарна приведена програма становить:

$$N_{прив} = N_{пр} + N_{прив} = 16000 + 27989 = 43989 \text{ (шт.)}$$

Прийнято $N_{прив} = 45000$ шт.

3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Розрахункова кількість верстатів [2, 21]:

$$C_p = \frac{T_{шт-к} \cdot N_{пр}}{60 \cdot \Phi_d} \quad (3.7)$$

Кількість верстатів (з урахуванням річної приведеної програми).

Операція 005-010:

$$C_{p 005-010} = \frac{45000 \cdot 4,092}{60 \cdot 3890} = 0,7889 ;$$

приймаємо $C_{p 005-010} = 1$ верстат.

Операція 015:

$$C_{p\ 015} = \frac{45000 \cdot 4,73}{60 \cdot 3890} = 0,9119 \ ;$$

приймаємо $C_{np\ 015} = 1$ верстат.

Коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_z = \frac{C_p}{C_{np}}; \quad (3.8)$$

$$\eta_{z\ 005-010} = \frac{0,789}{1} = 0,7889 \ ;$$

$$\eta_{z\ 015} = \frac{0,9119}{1} = 0,9119 \ .$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{зср} = \frac{0,7889 + 0,9119}{2} = 0,8504 \ (85,04\%).$$

Коефіцієнт використання за основним часом:

$$\eta_{осн} = \frac{T_{осн}}{T_{мш - к}}; \quad (3.9)$$

$$\eta_{осн\ 005-010} = \frac{0,537 + 0,192}{2,61 + 1,482} = \frac{0,729}{4,092} = 0,178 \ ;$$

$$\eta_{осн\ 015} = \frac{1,435}{4,73} = 0,303 \ .$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання за основним часом:

$$\eta_{\text{оснор}} = \frac{0,178 + 0,303}{2} = \frac{0,481}{2} = 0,2405 \quad (24,05\%).$$

3.3 Побудова графіків завантаження обладнання

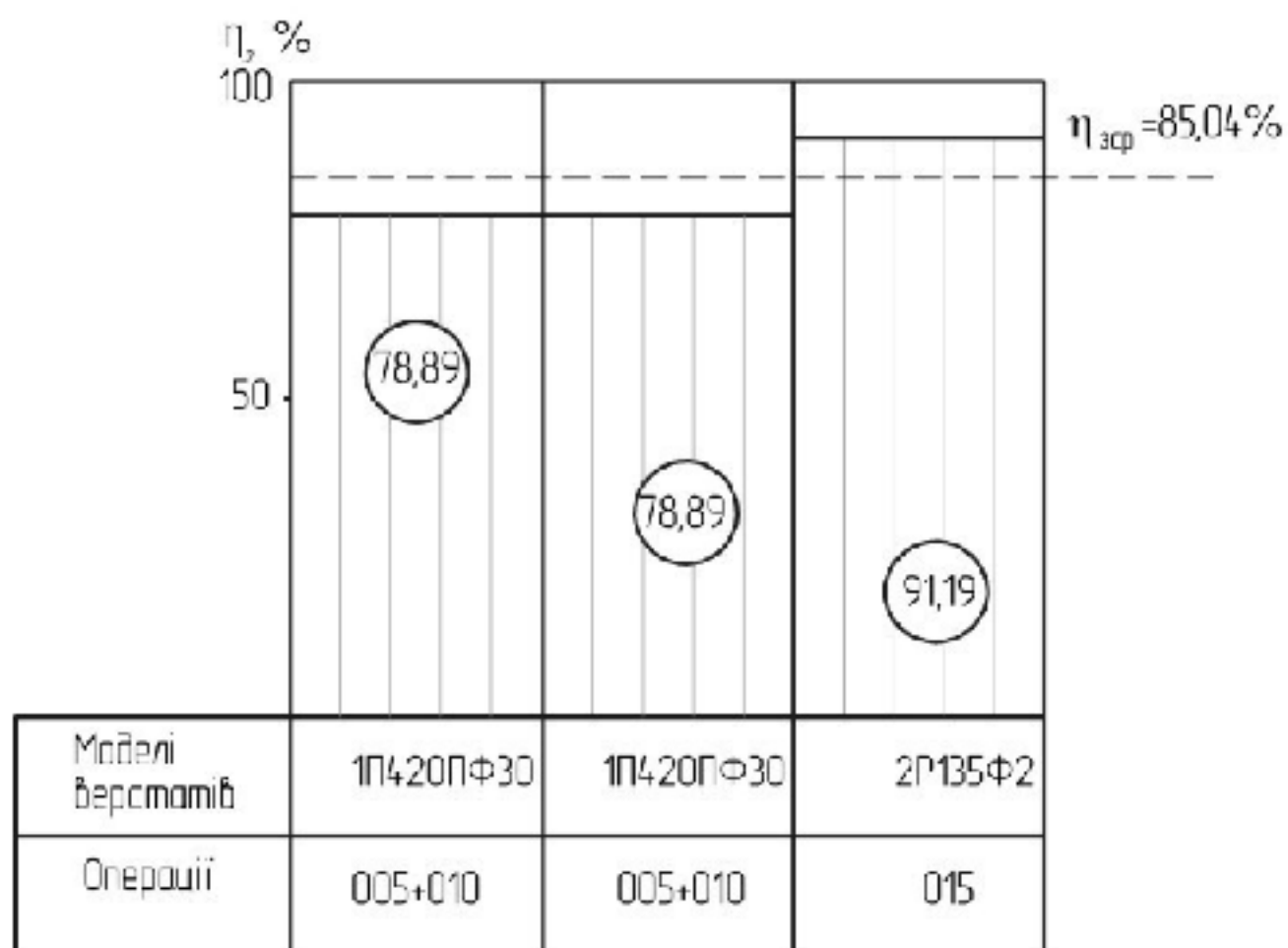


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

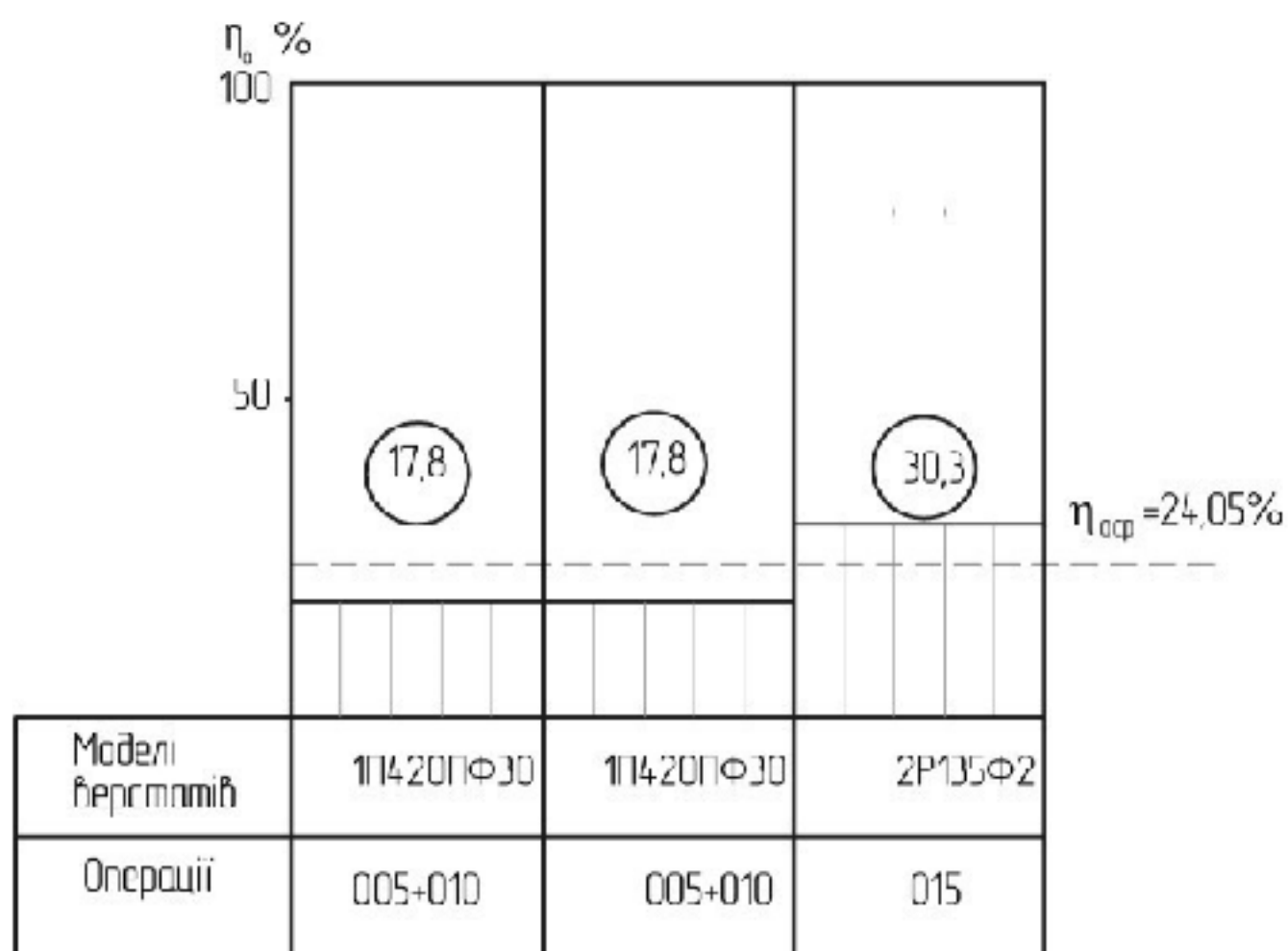


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

3.4 Розрахунок кількості працівників на ділянці

Кількість робітників-верстатників [2, 21]:

$$P_i = \frac{\Phi_d \cdot C_{np} \cdot \eta_z \cdot \eta_o}{\Phi_v \cdot K_v}, \quad (3.10)$$

де C_{np} – кількість верстатів, шт.;

Φ_v – ефективний річний фонд роботи верстатника, $\Phi_v = 1840$ год. [2];

Φ_d – ефективний фонд роботи верстата, $\Phi_d = 3890$ год. [2];

K_v – коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування, $K_v = 1,0 \dots 2,2$ [2];

η_z, η_o – коефіцієнти завантаження.

$$P_{005-010} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,7889 \cdot 0,178}{1840 \cdot 1} = 0,297 ; \quad P_{np\ 005-010} = 1;$$

$$P_{015} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,9119 \cdot 0,303}{1840 \cdot 1} = 0,584 ; \quad P_{np\ 015} = 1.$$

Кількість основних робітників – 2 чол.

Кількість допоміжних робітників:

$$P_{доп} = (0,2 \dots 0,25) \cdot 2 = 0,4 \dots 0,5.$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника.

Кількість ІТР:

$$P_{итр} = (0,16 \dots 0,22) \cdot 2 = 0,32 \dots 0,44.$$

Приймаємо 1 чоловіка ІТР.

Кількість службовців:

$$P_{СКП} = (0,009...0,019) \cdot 2 = 0,018...0,038.$$

Приймаємо 1 службовця.

Кількість МОП:

$$P_{МОП} = (0,01...0,02) \cdot 5 = 0,05...0,10.$$

Приймаємо 1 людину МОП.

Працівники, які мають неповне завантаження на даній ділянці мають обслуговувати інші ділянки.

Результати занесено до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Працівники ділянки

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість, чол.
Основні робітники-верстатники	розрахунок	2	2
Допоміжні робітники	20...25%	1,0...1,25	1
ІТР	16...22%	0,64...0,88	1
СКП	0,9...1,9%	0,045...0,095	1
МОП	1-2%	0,08...0,16	1

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

У даному розділі з використанням нормативної літератури здійснюється аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників у виробничому приміщенні; заповнюється карта умов праці (обґрунтування вибору нормованих значень шкідливих та небезпечних виробничих факторів, оцінка чинників виробничого і трудового процесів, гігієнічна оцінка умов праці, оцінка технічного і організаційного рівня, атестація робочого місця); вказуються заходи стосовно покращення умов праці, а також розглядаються норми пожежної безпеки.

4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів у виробничому приміщенні

При роботі в даному приміщенні, виникають ряд небезпечних та шкідливих виробничих чинників, які регламентуються [22].

4.1.1 Класифікація потенційно небезпечних та шкідливих факторів

Вказане приміщення характеризується небезпечними та шкідливими виробничими факторами фізичної, хімічної, біологічної та психофізіологічної груп [22, 23], які розподіляються так:

1) Фізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: високий рівень інфразвуку, шуму, ультразвуку та вібрації; високий рівень електромагнітних випромінювань; понижена або підвищена температура, вологість і рухливість повітря робочої зони; підвищена інтенсивність теплового випромінювання; відсутність або недостатність природного освітлення; недостатня освітленість робочої зони.

2) Хімічні небезпечні і шкідливі фактори – шкідливі хімічні речовини.

3) Біологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори – відсутні.

4) Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

а) фізичні перевантаження – немає.

б) нервово-психічні перевантаження: перенапруження аналізаторів; монотонність праці.

Вкажемо імовірні підстави виникнення вказаних факторів і стисло опишемо їхню дію на організм працівника.

4.1.2 Можливі причини виникнення небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Високий рівень шуму і вібрації робочої зони може бути спричинений наявністю рухомих частин технологічного обладнання.

Високий рівень інфразвуку може бути спричинений інфразвуковими складовими, що як правило, присутні у спектрі шуму, який генерується промисловими установками і транспортними засобами.

Високий рівень ультразвуку може бути викликаний обладнанням, у якому генеруються ультразвукові коливання для виконання технологічних операцій, а також обладнання, при експлуатації якого ультразвук виникає як побічний фактор.

Високий рівень електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону може бути спричинений вимірювальними та контролюючими пристроями, дослідницькими установками, а також ЕОМ.

Високий рівень електромагнітних випромінювань промислової частоти може бути спричинений будь-якими електроустановками та струмоведучими частинами промислової частоти.

Понижена або підвищена температура повітря робочої зони може бути спричинена тим, що при роботі ЕОМ утворене тепле повітря видують назовні із системного блоку спеціальні вентилятори. Це приводить до підвищення температури в приміщенні.

Понижена або підвищена відносна вологість повітря робочої зони може бути спричинена тим, що при роботі ПК утворене тепле повітря видують

назовні із системного блоку спеціальні вентилятори, що приводить до зниження вологості повітря.

Понижена або підвищена рухливість повітря робочої зони може бути спричинена нераціональними параметрами системи вентиляції або її відсутністю.

Підвищена інтенсивність теплового випромінювання може бути спричинена теплом, яке надходить до приміщення від системи опалювання, в результаті сонячної радіації та від інших джерел.

Відсутність або недостатність природного освітлення може бути спричинена наявністю конфронтуючих будинків та споруд.

Недостатня освітленість робочої зони може бути спричинена нераціональним розташуванням ламп та світильників штучного освітлення.

Шкідливі хімічні речовини в повітрі робочої зони можуть бути спричинені виділенням такої речовини, як оксид азоту в процесі роботи за комп'ютером. Потенційним джерелом оксидів азоту на робочому місці є вихлопи двигунів внутрішнього згорання, які можуть потрапити в приміщення через відкриті квартирки, вікна тощо.

Перенапруження аналізаторів може бути спричинене інтенсивною роботою за ЕОМ.

Монотонність праці може бути спричинена розвитком напіваавтоматичного виробництва і автоматизованих систем керування.

4.1.3 Дія небезпечних та шкідливих виробничих факторів на організм людини

Високий рівень шуму і вібрації робочої зони може спровокувати психічні та фізіологічні порушення, що знижують працездатність і створюють передумови для загальних та професійних захворювань і виробничого травматизму.

Високий рівень інфразвуку супроводжується відчуттям обертання, розхитування, почуттям тривоги, страху, біллю у вухах, порушенням роботи органів рівноваги.

Високий рівень ультразвуку може спровокувати функціональні порушення нервової системи, головний біль, зміну тиску, складу і властивостей крові, втрату слухової чутливості, підвищену втомлюваність.

Високий рівень електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону може спровокувати при постійному впливові стійкі функціональні зміни у центральній нервовій та серцево-судинній системах, а при тривалому впливі – сонливість, порушення сну, зниження кров'яного тиску, зміну температури тіла та інше.

Високий рівень електромагнітних випромінювань промислової частоти може спровокувати злоякісні пухлини. Найбільш сильна дія цих полів виявляється на відстані до 30 см від екрана.

Понижена або підвищена температура повітря робочої зони може спровокувати тепловий удар, який супроводжується втратою свідомості, блювотою, судомами.

Понижена або підвищена відносна вологість повітря робочої зони може спровокувати зменшення або збільшення тепловіддачі організмом людини, що сприяє його перегріванню або переохолодженню.

Понижена або підвищена рухливість повітря робочої зони може спровокувати порушення реакції терморегуляції організму працівника.

Підвищена інтенсивність теплового випромінювання може спровокувати перегрівання організму людини.

Відсутність або недостатність природного освітлення ускладнює виконання роботи, може призвести до нещасного випадку і захворюванню органів зору працюючого.

Недостатня освітленість робочої зони може стати причиною багатьох важких і смертельних випадків на виробництві.

Шкідливі хімічні речовини в повітрі робочої зони діють таким чином. Оксиди азоту чинять подразливу дію на органи дихання, викликаючи блювоту, кашель, часом головний біль. Іонізація повітря може викликати невелике підвищення температури тіла під час роботи за комп'ютером.

Перенапруження аналізаторів призводить до різкої втоми органів зору працівника, а часом до погіршення зору.

Монотонність викликає у працюючого переоцінку тривалості робочого часу (зміна здається значно довшою), а також підвищує аварійність і травматизм, призводить до плинності кадрів.

4.1.4 Обґрунтування вибору нормованих значень шкідливих та небезпечних виробничих чинників

Відповідно до [24] для такої шкідливої речовини, як оксид азоту, встановлюємо, що вона відноситься до 2-го класу небезпеки і має ГДК = 5 мг/м³.

Враховуючи вид вібрації – загальна, встановлюємо нормований еквівалентний рівень віброприскорення 33 дБ [25].

Після врахування призначення приміщення – виготовлення і вид шуму – постійний, вибираємо нормований еквівалентний рівень шуму 80 дБА [26].

Відповідно до рекомендацій [30] нормований загальний рівень інфразвуку 110 дБ, нормований рівень ультразвуку 110 дБ.

Для частоти електричного поля радіочастотного діапазону 280,589 МГц нормована напруженість електричного поля восьмигодинного робочого дня складає 10 В/м відповідно до [27].

Допустима напруженість електричного поля промислової частоти для 8-ми годинного робочого дня складає 5 кВ/м [27].

За величиною енерговитрат 264 Вт відповідно до [28] встановлюємо категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – Пб, для якої в холодний період року для постійних робочих місць допустима температура повітря складає 15...21 °С, допустима швидкість руху повітря 0,4 м/с, а допустима

відносна вологість повітря не повинна перевищувати 75 %. Інтенсивність теплового випромінювання не повинна перевищувати 140 Вт/м².

За найменшим розміром об'єкта розрізнення 0,89 мм, вибираємо розряд зорових робіт – 4, для якого нормоване КПО для бокового освітлення становить 1,5 % [29].

Так як приміщення знаходиться у м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а вікна орієнтовані за азимутом 55°, то для таких умов нормоване КПО перераховуватиметься за формулою [29]:

$$e_N = e_n m_N [\%]; \quad (4.1)$$

$$e_n = 1,5 \cdot 0,9 = 1,4 (\%),$$

де e_n – табличне значення КПО для бокового освітлення, %;

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – порядковий номер групи забезпеченості природним світлом.

Враховуючи співвідношення контрасту (малий) та фону (темний), встановлюємо підрозряд зорових робіт – а, в межах якого встановлюємо нормовану освітленість для загального штучного освітлення – 300 лк.

4.2 Карта умов праці

Карта умов праці потрібна для здійснення атестації робочого місця за умовами праці. Атестацію робочих місць виконують за наслідками всебічного обстеження і оцінки умов та характеру праці.

4.2.1 Оцінка факторів виробничого і трудового процесів

Таблиця 4.1 містить оцінку чинників виробничого і трудового процесів [30].

Таблиця 4.1 – Оцінка чинників виробничого і трудового процесів

Номер	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення (ГДР, ГДК)		Фактичне значення	Ступінь 3-го класу: шкідливі умови і характер праці		
		ни-жче	вер-хне		I	II	III
1	Шкідливі хімічні речовини:						
1.1	1-й клас небезпеки						
1.2	2-й клас небезпеки		5	24,57		+	
1.3	3-й, 4-й класи небезпеки		—	—			
2	Вібрація		33	15			
3	Шум		80	27			
4	Інфразвук		110	41			
5	Ультразвук		110	42			
6	Неіонізуючі випромінювання:						
6.1	радіочастотний діапазон		10	114	+		
6.2	– діапазон промислової частоти		5	5,67	+		
6.3	– оптичний діапазон		0	0			
7	Мікроклімат у приміщенні:						
7.1	– температура повітря, °C	15	21	25			
7.2	– швидкість руху повітря, м/с		0,4	0,7	+		
7.3	– відносна вологість повітря, %		75	83			
7.4	– інтенсивність теплового випромінювання, Вт/м ²		140	1909		+	
8	Виробниче освітлення:						
8.1	розряд зорових робіт	4		4			
8.2	– КПО для природного освітлення, %	1,4		1	+		
8.3	– освітленість для штучного освітлення, лк	300		803			
	Кількість факторів				4	2	0

4.2.2 Гігієнічна оцінка умов праці

Підвищена концентрація шкідливої хімічної речовини 2-го класу небезпеки – 2 ст.

Підвищений рівень неіонізуючих випромінювань радіочастотного діапазону – 1 ст.

Підвищений рівень неіонізуючих випромінювань промислової частоти – 1 ст.

Підвищена швидкість руху повітря в холодний період року – 1 ст.

Підвищена інтенсивність теплового випромінювання – 2 ст.

Недостатня освітленість робочої зони природнім освітленням – 1 ст.

4.2.3 Оцінка технічного й організаційного рівня

Технічний рівень робочого місця не відповідає нормативним вимогам.

4.2.4 Атестація робочого місця

Робоче місце атестовано за другим ступенем шкідливості.

4.2.5 Рекомендації щодо покращення умов праці

Для забезпечення чистоти повітря робочої зони потрібно використовувати систему витяжної вентиляції.

З метою забезпечення нормованих параметрів неіонізуючих випромінювань радіочастотного діапазону в приміщенні необхідно застосувати захист часом або відстанню.

З метою забезпечення нормованих параметрів неіонізуючих випромінювань промислової частоти в приміщенні необхідно застосувати захист відстанню.

Для забезпечення нормованих параметрів інтенсивності теплового випромінювання в приміщенні потрібно використати кондиціонування повітря.

З метою забезпечення допустимих параметрів КПО для природного освітлення в приміщенні доцільно застосувати необхідні архітектурно-будівельні рішення – положенням світлових проїм (вікон) в стінах.

4.3 Пожежна безпека

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій розглядуваного приміщення наведені в таблиці 4.2. В таблиці 4.3 приведено протипожежні норми проектування будівель і споруд.

Таблиця 4.2 – Значення мінімальних меж вогнестійкості приміщення [31]

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Східчасті майданчики	Плити та інші несучі конструкції	Елементи покриття	
	Несучі та східчасті клітки	Самонесучі	Зовнішні несучі	Перегородки				Плити, прогони	Балки, ферми
2	REI 120	REI 60	E 15	EI 15	R 120	R 60	REI 45	REI 15	R 30
	M 0	M 0	M 0	M 0	M 0	M 0	M 0	M 0	M 0

Примітка. R – втрати несучої здатності; E – втрати цілісності; I – втрати теплоізолювальної спроможності; M – показник здатності будівельної конструкції поширювати вогонь (межа поширення вогню); M0 – межа поширення вогню дорівнює 0 см.

Таблиця 4.3 – Протипожежні норми проектування будівель і споруд [32]

Об'єм приміщення, тис. м ³	Категорія пожежної небезпеки	Ступінь вогнестійкості	Відстань, м, при щільності людського потоку в загальному проході, осіб/м ²			Кількість людей на 1 м ширини евакуиходу	Відстань між будівлями та спорудами, м, при ступені їх вогнестійкості			Найбільша кількість поверхів	Площа поверху в межах пожежного відсіку, м ² , для числа поверхів		
			до 1	2-3	4-5		I,II	III	IV,V		1	2	3 і більше
до 15	A	2	40	25	15	45	9	9	12	6	н.о.	–	–

Примітки: н.о. – не обмежується.

4.4 Висновки

В результаті виконання цього розділу було розглянуто такі аспекти охорони праці, як аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні (описання і класифікація потенційно небезпечних та шкідливих чинників, визначення можливих причини виникнення цих факторів і короткий опис їхньої дії на організм людини); карта умов праці; рекомендації стосовно покращення умов праці, а також наведено норми пожежної безпеки.

ВИСНОВКИ

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

В роботі спроектовано технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ДА-03.026». При цьому згідно заданої програми випуску ($N = 16\,000$ шт.) розрахункового представника визначено тип виробництва – середньосерійний, форма організації роботи – групова, виконано аналіз технологічності конструкції деталі, розглянуті можливі методи та способи виготовлення заготовки та вибрано оптимальний (лиття у кокіль) 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 циліндричної поверхні $\varnothing 118H7^{(+0,035)}$, визначено режими різання та норми часу по операціях.

Для визначення необхідної кількості верстатів для виконання механічної обробки та забезпечення їх нормального завантаження підібрані аналогічні (за технологією обробки) деталі та розраховано приведену програму, яка складає $N_{\text{пр}} = 45000$ шт. Встановлено кількість працюючих (основних робітників-верстатників – 2 чол., всіх працівників – 6 чол.), які забезпечать роботу верстатів на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ДА-03.026».

Розроблені заходи з охорони праці на дільниці механічної обробки заданої деталі «Кришка передня ДА-03.026».

У графічній частині представлено робочі креслення деталі, заготовки, графічне зображення маршруту механічної обробки деталі, схеми з таблицями, що пояснюють розмірний аналіз технологічного процесу, карта налагоджень на 015 операцію та графіки завантаження верстатів на дільниці.

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., Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Сухоруков С. І. Основи технології машинобудування. Частина 2: Самостійна та індивідуальна робота студентів. Вінниця : ВНТУ, 2021. 90 с.
4. Дерібо О. В., Лозінський Д. О., Сердюк О. В. Технології для верстатів з числовим програмним керуванням: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання. Вінниця : ВНТУ, 2023. – 116 с. Електронний ресурс : https://iq.vntu.edu.ua/method/getfile.php?fname=5927.pdf&card_id=1949&id=5927.
5. Іванов М. І., Дусанюк Ж. П., Дусанюк С. В. та ін. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування : навчальний посібник. Вінниця: Глобус-Прес, 2011. 200 с.
6. Мельничук П. П., Боровик А. І., Лінчевський П. А., Петраков Ю. В. Технологія машинобудування: підручник. Житомир : ЖДТУ, 2005. 882 с.
7. Якимов О. В., Гусарев В. С., Якимов О. О., Лінчевський П. А. Технологія автоматизованого машинобудування. – К. 1994. – 400 с
8. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. К. : Вища школа, 1993. 414 с.
9. Рудь В. Д. Курсове проектування з технології машинобудування. К. : ІСДО, 1996. 300 с.
10. 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.

11.Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення : ДСТУ 8981–2020. [Чинний від 2021-05-01] К. : ДП «Укр НДЦН» 2021. 77 с.

12.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.

13.Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів : Світоч, 1996. 348 с.

14.Добрянський С. С., Малафєєв Ю. М., Пуховський Є. С. Проектування і виробництво заготовок : підручник. К. : НТУУ «КПІ», 2014. 353 с.

15.Руденко П. О., Харламов Ю. О., Шустик О. Г. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин. К. : ІСДО, 1993. 304 с.

16.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>.

17.Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Сухоруков С. І. Основи технології машинобудування. Частина 2: практикум. Вінниця: ВНТУ, 2015. 116 с.

18.Булига Ю. В., Веселовська Н. Р., Міськов В. П. Теорія різання. Розрахунок режимів різання : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2019. 67 с.

19.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.

20.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.

21. Джур Є. О., Бондаренко О. В. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина: навч. посіб. Д. : «Інновація», 2011. 109 с.
22. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни і визначення.
23. Віштак І. В., Березюк О. В. Охорона праці в галузях механічної інженерії та транспорту : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2023. 195 с.
24. МОЗ України. Наказ № 1596 від 14 липня 2020 "Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони". 81 с.
25. ДСН 3.3.6.039-99. Санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.
26. ДСН 3.3.6-037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
27. ДСанПіН 3.3.6-096-2002. Санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів.
28. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
29. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.
30. Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці (Затверджено постановою КМУ від 1 серпня 1992 року № 442).
31. ДБН В.1.1.7–2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
32. СНиП 2.09.02-85. Протипожежні норми проектування будівель і споруд.

ДОДАТКИ

Додаток А (обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки
деталі типу «Кришка передня ДА-03.026»

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ кафедра ТАМ, ФМТ, гр. 1ПМ-216
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі
системою StrikePlagiarism 18,11 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- ☐ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту.
- ☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Леонід КОЗЛОВ, завідувач кафедри ТАМ, гарант ОПП
(ім'я, прізвище, посада) (підпис)

Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ, доцент кафедри ТАМ
(ім'я, прізвище, посада) (підпис)

Особа, відповідальна за перевірку (підпис) Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ
(ім'я, прізвище)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник (підпис) Олександр ДЕРІБО, професор кафедри ТАМ
(ім'я, прізвище, посада)

Здобувач (підпис) Олександр ВАЛЬЧИШЕН
(ім'я, прізвище)

Додаток Б
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ
ТИПУ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ ДА-03.026»

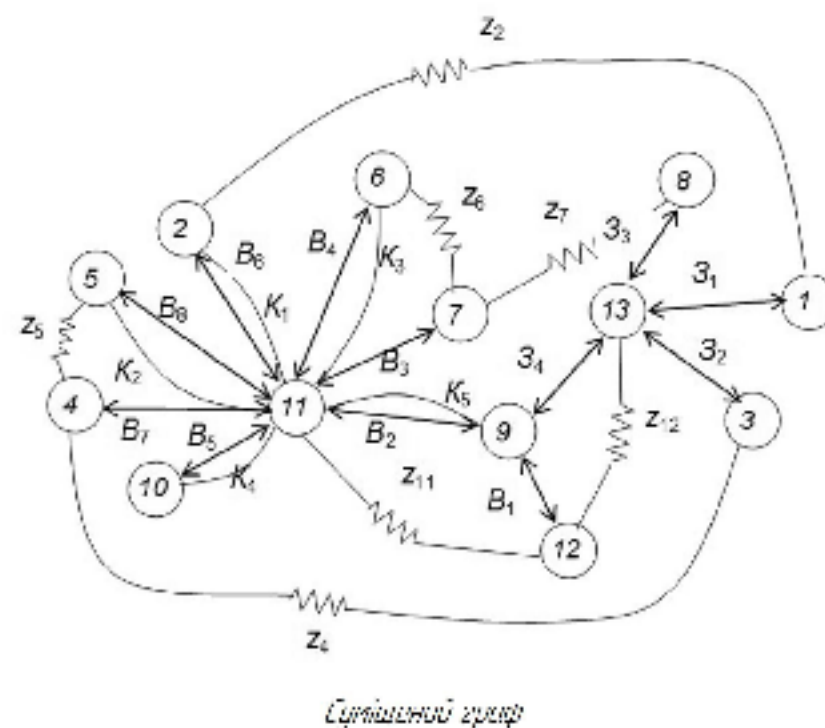
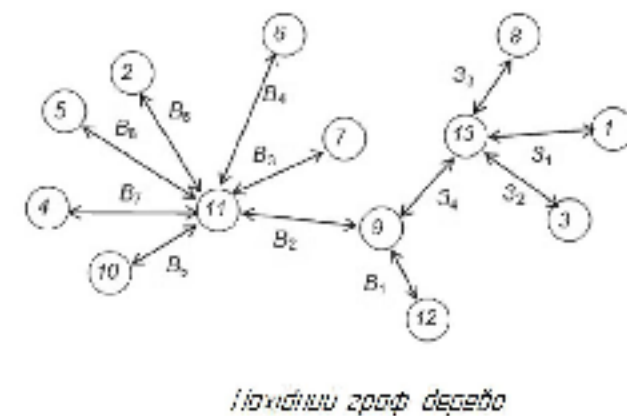
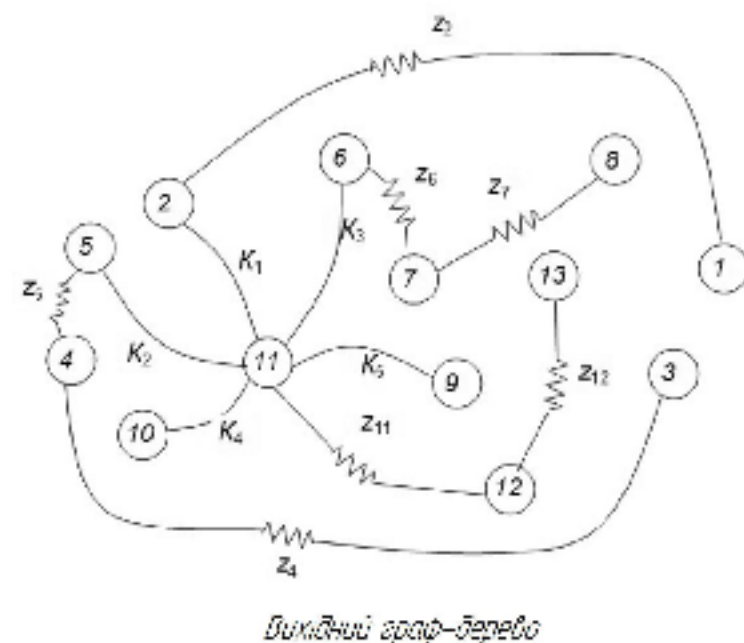
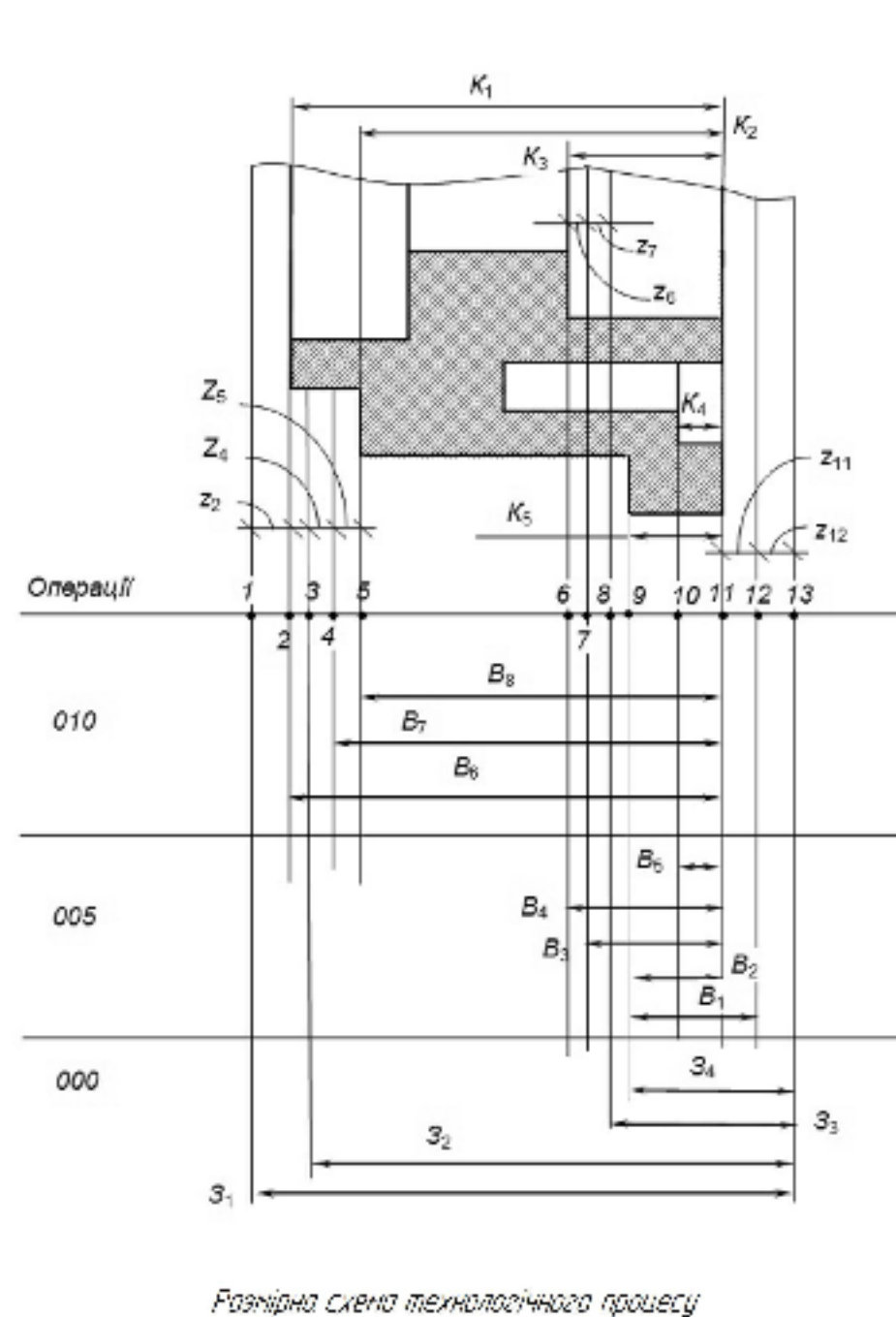
ΦΥΛΛΟ 13

A technical drawing of a circular part, likely a cross-section of a shaft or a flange. The drawing features several concentric circles. The outermost circle is solid. Inside it is a dashed circle, followed by a solid circle, and then another dashed circle. The center is marked with a small solid circle. A vertical centerline passes through the center, and a horizontal centerline also passes through the center. There are several small circles, possibly representing holes or rivets, located on the concentric circles. One small circle is on the outermost solid circle at the top. Another is on the dashed circle inside it, also at the top. There are two small circles on the solid circle inside that, one on the left and one on the right. There are also two small circles on the dashed circle inside that, one on the left and one on the right. A surface texture symbol is located in the top right corner, consisting of a triangle with a checkmark inside, followed by the text "Ra 16". The letter "A" is located at the top center of the drawing.

Графічне зображення маршруту механічної обробки

№ опер	Назва і зміст операції	Ескіз обробки зі схемою устаткування	Лист / номер деталі
1	2	3	4
005	Токарний з ЧПК 1. Встановити заготовку 2. Точити под 1 под 2 3. Розточити отвір з діаметром $\varnothing 111,6$ попередньо шліфувати, 4. обдирати 4. Розточити отвір з діаметром $\varnothing 40$ попередньо, тоді 5. камір, 7. шліфувати, 8. обдирати 5. Точити под 1 под 2, 7. шліфувати 6. Розточити отвір з діаметром $\varnothing 117,05$ та $\varnothing 41,7$ попередньо 7. Розточити отвір з діаметром $\varnothing 1$ попередньо 8. Зняти заготовку		Базовим є малюнок деталі з ЧПК модель 174.2017Ф30
010	Токарна з ЧПК 1. Встановити заготовку 2. Точити под 1 под 2, обдирати діаметр $\varnothing 117,05$ шліфувати, 4. обдирати 3. Точити под 2, обдирати діаметр $\varnothing 117,05$ под 1 попередньо 4. Точити под 2 под 1 попередньо 5. Зняти заготовку		Базовим є малюнок деталі з ЧПК модель 174.2017Ф30
015	Вертикальний гвердуболит з ЧПК Установ А 1. Встановити заготовку 2. Проточити 1 отвір 3. Обдирати 3 отвір 4. Передвстановити заготовку Установ Б 5. Центрувати 4 отвір 6. Обдирати 4 отвір 7. Шліфувати 4 отвір 8. Зняти деталь		Базовим є малюнок деталі з ЧПК модель 2P135Ф2

Розмірний аналіз технологічного процесу

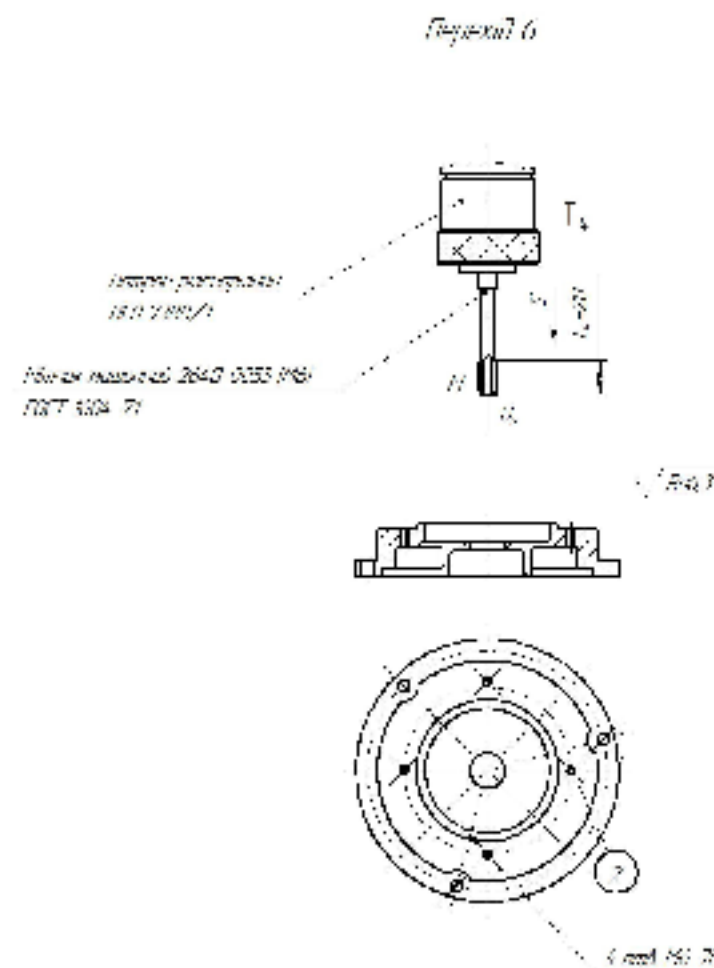
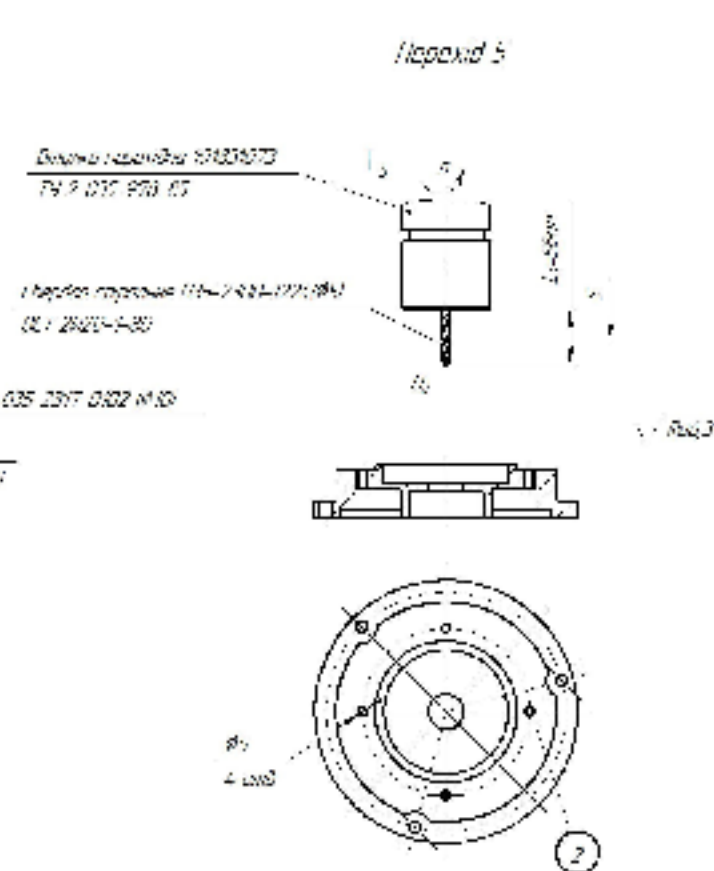
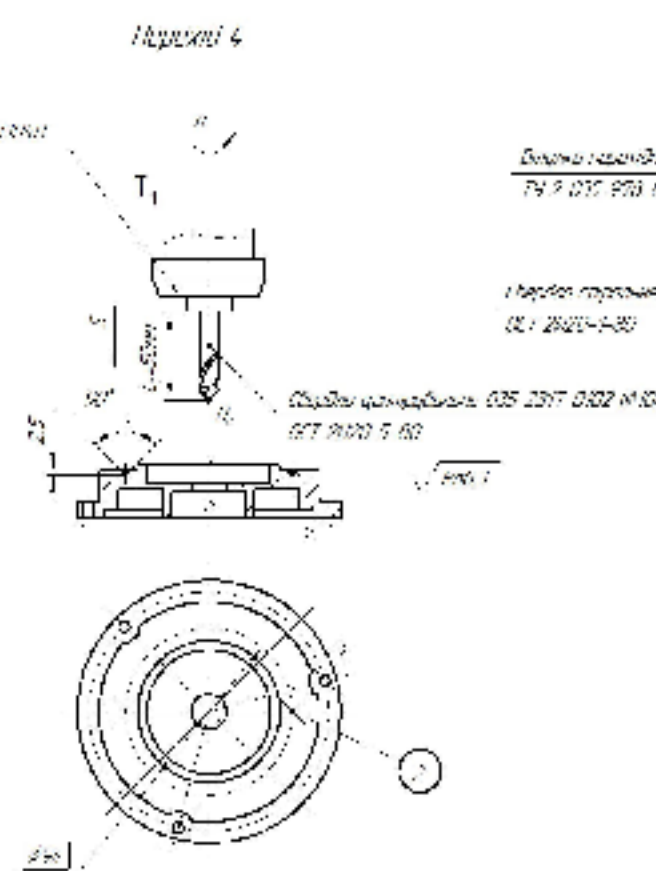
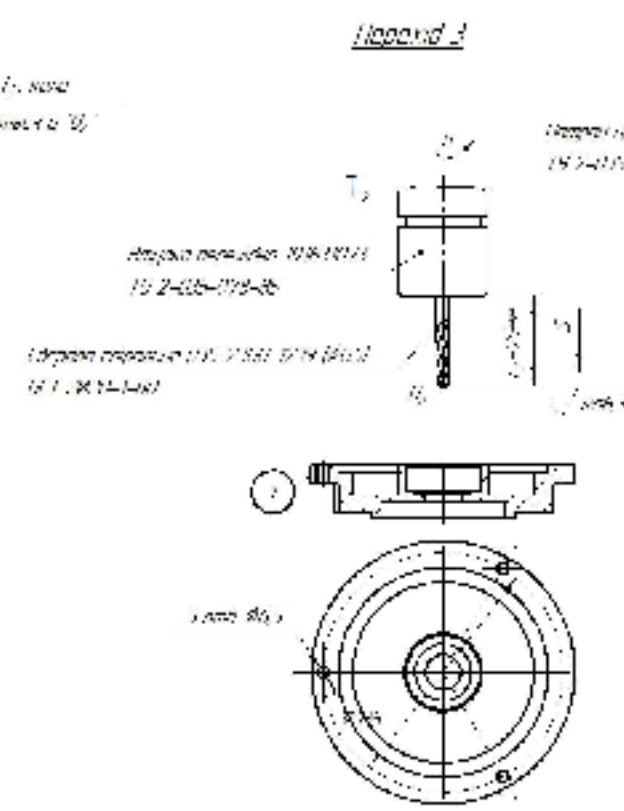
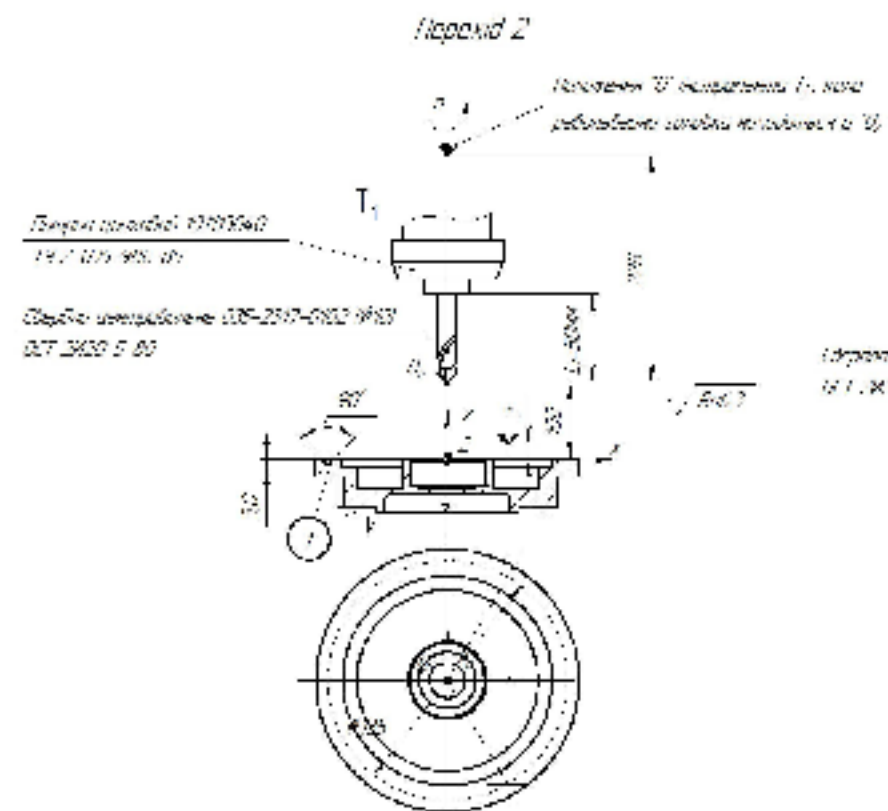


Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та їх допусків, мм

Розміри заготовки і технологічні розміри	z ₁	z ₂	z ₃	z ₄	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈
Квалітет точності	—	—	—	—	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12
Допуски розмірів, мм	1,2	0,8	0,8	1,0	0,25	0,25	0,12	0,18	0,1	0,21	0,21	0,21
Номинальні розміри і граничні відхилення, мм	32,6 _{+0,12}	6,09 _{+0,4}	11,675 _{+0,3}	15,4 _{+0,5}	30,90 _{+0,25}	30,45 _{+0,25}	5 _{+0,05}	15 _{+0,09}	16,19 _{+0,05}	30 _{+0,21}	27,41 _{+0,21}	27,4 _{+0,21}

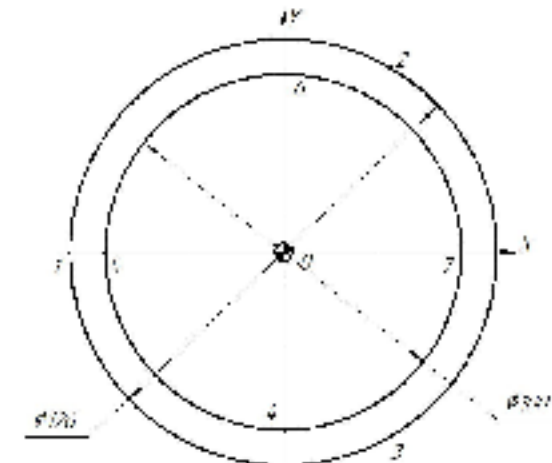
Значення припусків, мм

Припуски, мм	z ₁	z ₂	z ₃	z ₄	z ₅	z ₆	z ₇
Граничні розміри	z _{min}	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5
	z _{max}	1,95	0,7	0,43	1,13	0,66	0,62

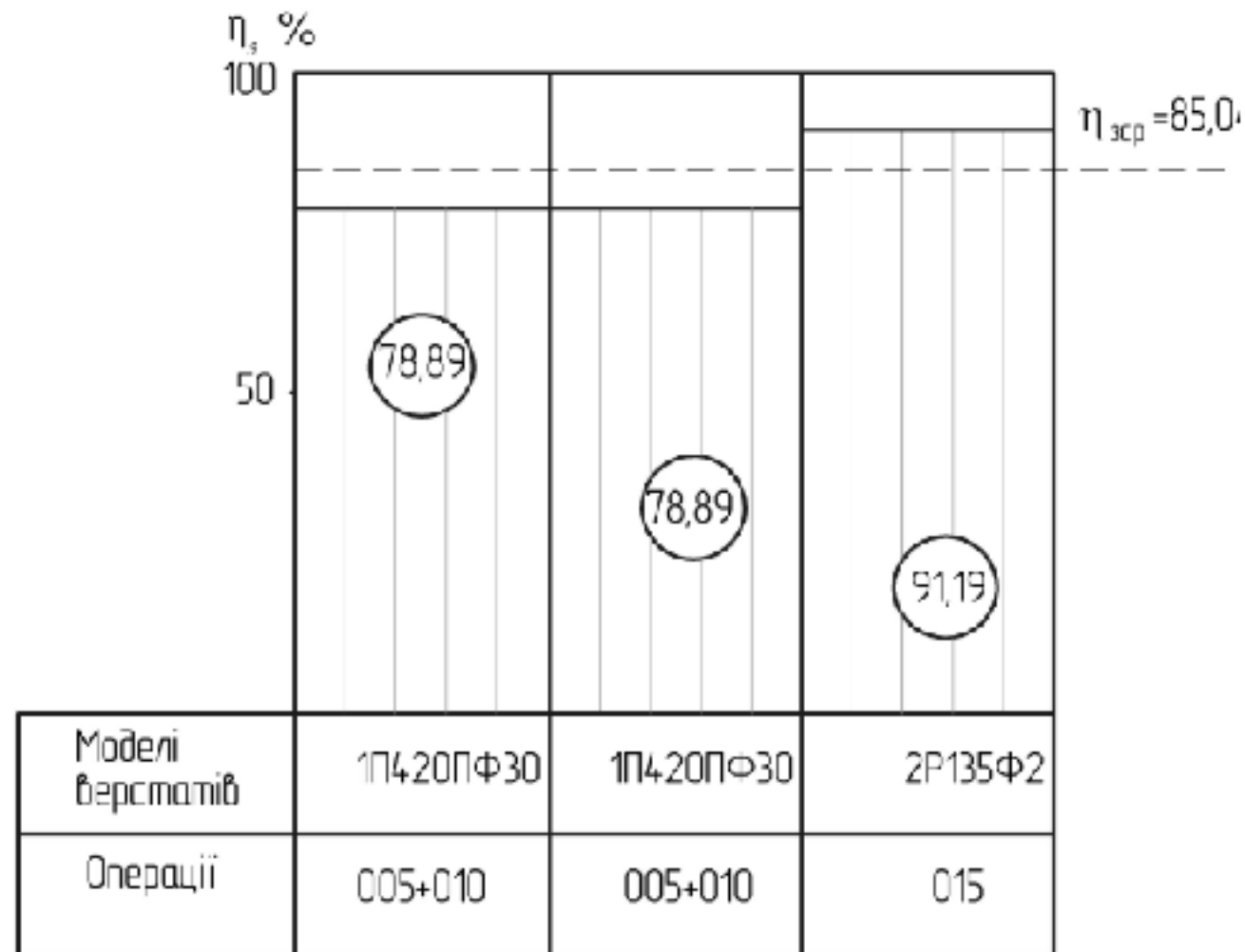


శ్రీమద్వేదాంగ వాచానమి శాస్త్రి

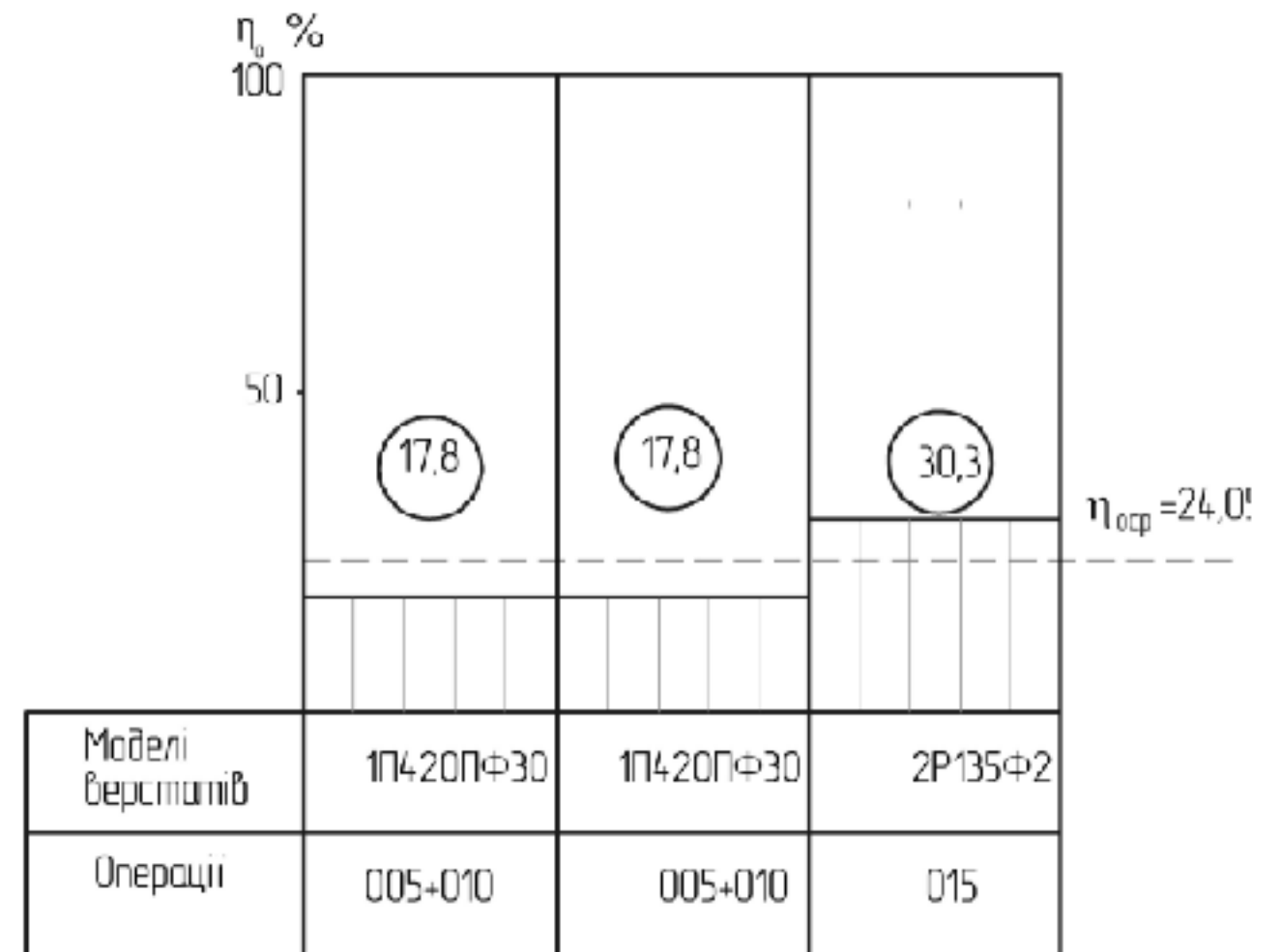
Алгоритм	Исходные данные	X	Y
Алгоритмический Умножения (T ₁)	1	-20	0
	2	315	3245
	3	115	1245
Алгоритм сложения	0	0	0
	1	-20	0
	2	315	3245
	3	115	1245
Алгоритм сложения	0	0	0
	5	-20	0
	6	0	30
	7	20	0
Алгоритм сложения	0	0	-20
	5	20	0
	6	0	30
	7	20	0
Алгоритм сложения	0	0	30
	5	20	0
	6	0	30
	7	20	0
Алгоритм сложения	0	0	0
	5	20	0
	6	0	30
	7	20	0
Алгоритм сложения	0	0	-30
	5	20	0
	6	0	30
	7	20	0

[illegible]

Графіки завантаження обладнання



Графік завантаження обладнання



Графік використання обладнання за основним часом