

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

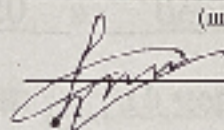
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Бакалаврська кваліфікаційна робота

на тему:

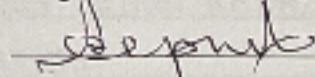
«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА УВ.15.44»»

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



Віталій ГОНЧАР

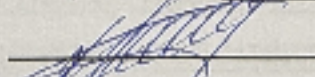
Керівник: к.т.н., доц., професор каф. ТАМ



Олександр ДЕРІБО

« 06 » 06 2025 р.

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

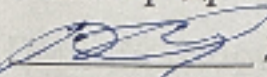


Сергій КЛИМБАЛ

« 13 » 06 2025 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри ТАМ



д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ

« 09 » 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

Д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ

« 20 » 03 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Гончару Віталію Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка УВ.15.44»

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

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

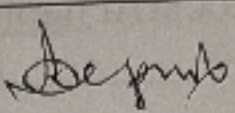
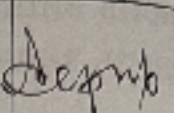
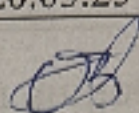
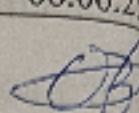
2. Термін подання студентом роботи: 16 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Кришка УВ.15.44»; річна програма випуску 40 000 шт.; довідкова література

4. Зміст текстової частини: анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Диски»; розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка УВ.15.44»; розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка УВ.15.44»; охорона праці; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
деталь «Кришка УВ.15.44» (А2); кришка (випуск) (А2); маршрут механічної обробки (А1); розмірний аналіз технологічного процесу (А1); карта налагоджень (операція 005) (А1); графіки завантаження обладнання (А1)

6. Консультанти розділів роботи

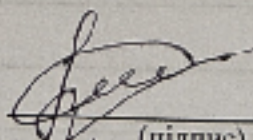
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконав прийняв
Спеціальна частина	Олександр ДЕРІБО, професор кафедри ТАМ	 20.03.25 р.	 06.06.25 р.
Охорона праці	Олег БЕРЕЗЮК, професор кафедри БЖД ПБ	 26.05.25 р.	 06.06.25 р.

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

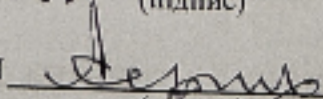
№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Прим.
		початок	закінчення	
1	Формування та затвердження теми бакалаврської кваліфікаційної роботи (БКР)	18.03.25 р.	20.03.24 р.	
2	Виконання спеціальної частини БКР. Перший рубіжний контроль виконання БКР	22.04.25 р.	25.04.25 р.	
3	Виконання спеціальної частини 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)

Віталій ГОНЧАР

Керівник роботи


(підпис)

Олександр ДЕРІБО

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 98 сторінок формату А4, на яких є 11 рисунків, 27 таблиць, список використаних джерел містить 32 найменувань.

Метою роботи є проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка УВ.15.44».

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 98 A4 pages, which have 11 figures, 27 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 «Cover UV.15.44».

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 УВ.15.44»	15
2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі	15
2.2 Вибір способу виготовлення заготовки	19
2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки	19
2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення	20
2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки	27
2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки	28
2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого	29
2.3 Розробка маршруту механічної обробки	31
2.3.1 Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 34H8^{(+0,039)}$	31
2.3.2 Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз	34
2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки	36
2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу	38
2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь	45
2.3.6 Визначення режимів різання	51
2.3.7 Визначення технічних норм часу	61

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА УВ.15.44»	66
3.1 Розрахунок приведеної програми	66
3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	72
3.3 Побудова графіків завантаження обладнання	74
3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці	76
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	78
4.1 Причини виникнення, дія на організм людини та нормування небезпечних та шкідливих виробничих факторів у виробничому приміщенні	78
4.2 Карта умов праці	83
4.3 Пожежна безпека	85
ВИСНОВКИ	87
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	88
ДОДАТКИ	91
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	91
Додаток Б (обов'язковий). Графічна частина	92

ВСТУП

Актуальність. У сучасному світі розвиток машинобудування відіграє важливу роль у промисловому секторі. Забезпечення ефективного виробництва високоякісних машин та обладнання стає першочерговим завданням для галузі. У контексті конкурентної боротьби та підвищених вимог до собівартості та якості виробів, важливо знаходити шляхи оптимізації технологічних процесів (ТП) виготовлення деталей.

Отже, дослідження, спрямовані на вдосконалення технологічних процесів механічної обробки деталей, мають велике значення для розвитку машинобудівної галузі, забезпечення конкурентоспроможності підприємств та задоволення потреб сучасного виробництва.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка УВ.15.44».

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 УВ.15.44»;
- 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

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій за формулою [1, 2]

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

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

$\sum P_i$ – кількість робочих місць на дільниці.

Визначаємо найбільш характерні переходи механічної обробки виключивши дрібні і трудомісткі. Для встановлених переходів розраховуємо основний та штучно-калькуляційний час

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{осн}} \cdot \varphi_{\text{к}}, \quad (1.2)$$

де $T_{\text{осн}}$ – основний час обробки, хв;

$\varphi_{\text{к}}$ – коефіцієнт, що залежить від типу виробництва та типу верстатів, що використовуються для обробки даної партії деталей.

При програмі випуску $N = 40\,000$ шт. і масі деталі – 0,7 кг. Згідно довідкової таблиці [1, 2] попередньо визначаємо, що виробництво великосерійне. Для великосерійного виробництва згідно [1, 2] вибрано $\varphi_{\text{к}}$.

Результати розрахунків показано в табл. 1.1.

Кількість верстатів для виконання кожного переходу механічної обробки визначається за формулою:

$$C_p = \frac{N \cdot T_{\text{шт-к}}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot \eta_{\text{з}}} \quad [\text{шт.}], \quad (1.3)$$

де N – річна програма, $N = 40000$ шт.;

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

F_q – дійсний річний фонд часу, год. ($F_q = 3890$ год.);

η_z – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання.

Таблиця 1.1 – Розрахунок штучно-калькуляційного часу переходів

№	Характерні переходи	$T_{\text{осн}} \cdot 10^{-3}$, хв.	$T_{\text{осн}}$, хв.	φ_k	$T_{\text{шт-к}}$, хв.
1	Розточування попереднє Ø34H8	0,18dl	$0,18 \cdot 34 \cdot 32 \cdot 10^{-3} = 0,195$	2,14	0,419
2	Розточування попереднє Ø34H8	0,2dl	$0,2 \cdot 34 \cdot 32 \cdot 10^{-3} = 0,22$	2,14	0,466
3	Розточування остаточне Ø34H8	0,3dl	$0,3 \cdot 34 \cdot 32 \cdot 10^{-3} = 0,33$	2,14	0,698
4	Розточування однократне Ø40H12	0,18dl	$0,18 \cdot 40 \cdot 7 \cdot 10^{-3} = 0,05$	2,14	0,107
5	Розточування попереднє Ø23H8	0,18dl	$0,18 \cdot 23 \cdot 21 \cdot 10^{-3} = 0,086$	1,84	0,15
6	Розточування остаточне Ø23H8	0,3dl	$0,3 \cdot 23 \cdot 21 \cdot 10^{-3} = 0,145$	1,84	0,27

$$C_{p1} = \frac{40000 \cdot 0,419}{60 \cdot 3890 \cdot 0,85} = 0,08 ;$$

$$C_{p2} = \frac{40000 \cdot 0,466}{60 \cdot 3890 \cdot 0,85} = 0,09 ;$$

$$C_{p3} = \frac{40000 \cdot 0,698}{60 \cdot 3890 \cdot 0,85} = 0,135 ;$$

$$C_{p4} = \frac{40000 \cdot 0,107}{60 \cdot 3890 \cdot 0,85} = 0,021 ;$$

$$C_{p5} = \frac{40000 \cdot 0,15}{60 \cdot 3890 \cdot 0,85} = 0,03 ;$$

$$C_{p6} = \frac{40000 \cdot 0,27}{60 \cdot 3890 \cdot 0,85} = 0,052 .$$

Визначення прийнятої кількості робочих місць. Заокруглюємо кількості верстатів до найбільшого більшого цілого числа.

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = 1 .$$

Розраховуємо фактичний коефіцієнт завантаження.

$$\eta_{\text{вф}} = \frac{C_p}{P}, \quad (1.4)$$

$$\begin{aligned} \eta_{\text{вф}1} &= \frac{0,08}{1} = 0,08 ; & \eta_{\text{вф}2} &= \frac{0,09}{1} = 0,09 ; \\ \eta_{\text{вф}3} &= \frac{0,135}{1} = 0,135 ; & \eta_{\text{вф}4} &= \frac{0,021}{1} = 0,021 ; \\ \eta_{\text{вф}5} &= \frac{0,03}{1} = 0,03 ; & \eta_{\text{вф}6} &= \frac{0,052}{1} = 0,052 . \end{aligned}$$

Визначаємо кількість операції, що виконуються на одному робочому місці.

$$O = \frac{\eta_m}{\eta_{\text{вф}}}, \quad (1.5)$$

$$\begin{aligned} O_1 &= \frac{0,85}{0,08} = 10,63 ; & O_2 &= \frac{0,85}{0,09} = 9,44 ; \\ O_3 &= \frac{0,85}{0,0135} = 6,3 ; & O_4 &= \frac{0,85}{0,021} = 40,5 ; \\ O_5 &= \frac{0,85}{0,03} = 28,3 ; & O_6 &= \frac{0,85}{0,052} = 16,35 . \end{aligned}$$

Якщо при нормуванні штучного часу з'являються значення, які суттєво відрізняються то такі значення потрібно відкинути як нехарактерні. В даному випадку нехарактерних значень немає.

Результати розрахунків $K_{\text{с.о.}}$ показано в табл. 1.2.

$$K_{\text{с.о.}} = \frac{10,63 + 9,44 + 6,3 + 40,5 + 28,3 + 16,35}{1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1} = 18,6 .$$

Отже, $10 < K_{\text{с.о.}} = 18,6 < 20$ – виробництво середньосерійне.

Таблиця 1.2 – Визначення коефіцієнта $K_{\gamma, \sigma}$.

№	Переходи	$T_{\theta},$ хв	φ_k	$T_{ш-к},$ хв	C_p	P	$\eta_{зи}$	$\eta_{зф}$	O	$K_{\gamma \sigma}$
1	Розточування попереднє Ø34H8	0,195	2,14	0,419	0,08	1	0,08	0,85	10,63	18,6
2	Розточування попереднє Ø34H8	0,22	2,14	0,466	0,09	1	0,09	0,85	9,44	
3	Розточування остаточне Ø34H8	0,33	2,14	0,698	0,135	1	0,135	0,85	6,3	
4	Розточування однократно Ø40H12	0,05	2,14	0,107	0,021	1	0,021	0,85	40,5	
5	Розточування попереднє Ø23H8	0,086	1,84	0,15	0,03	1	0,03	0,85	28,3	
6	Розточування остаточне Ø23H8	0,145	1,84	0,27	0,052	1	0,052	0,85	16,35	

1.1.2 Визначення форми організації роботи

Заданий добовий випуск виробів [1, 2]:

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

$$N_{\delta} = \frac{40000}{254} = 257,5 \rightarrow 158 \text{ (шт.)}$$

де 254 – кількість робочих днів у році.

Добова продуктивність потокової лінії:

$$Q_{\delta} = \frac{F_{\delta}}{T_{шт-к_{ср}}} \cdot \eta, \text{ [шт.]}, \quad (1.7)$$

де F_{δ} – добовий фонд часу роботи обладнання (при двозмінному режимі роботи дорівнює 952 хв.); $T_{шт-к_{ср}}$ – середній штучно-калькуляційний час

виконуваних переходів, хв.; $\eta_{\text{д}}$ – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

$$T_{\text{шт} - \text{ср}} = \frac{\sum T_{\text{шт} - \text{ср}_i}}{\sum n_i} \text{ [хв.]}, \quad (1.8)$$

де $T_{\text{шт} - \text{ср}_i}$ – штучно-калькуляційний час виконання i -го переходу, хв.; $\sum n_i$ – сумарна кількість виконуваних переходів.

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{\text{шт} - \text{ср}} = \frac{0,419 + 0,466 + 0,698 + 0,107 + 0,15 + 0,27}{6} = 0,352 \text{ (хв.)}$$

Отже, добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_{\text{д}} = \frac{952}{0,355 \cdot 0,85} = 3181,8 \rightarrow 3182 \text{ (шт.)}$$

Так як $N_{\text{д}} < Q_{\text{д}}$ при умові завантаження її на 85%, то застосування однономенклатурної потокової лінії недоцільно. Тому приймається групова форма організації роботи.

При груповій формі організації роботи визначається кількість деталей в партії для одночасного запуску

$$n = \frac{N \cdot a}{254} \text{ [шт.]}, \quad (1.9)$$

де a – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (6 днів).

$$n = \frac{40000 \cdot 6}{254} = 944,9 \rightarrow 945 \text{ (шт.)}$$

Розрахункова кількість змін, що потрібна на обробку всієї партії деталей

$$C = \frac{T_{\text{шт-к ср}} \cdot n}{476 \cdot 0,85} = \frac{0,352 \cdot 945}{476 \cdot 0,85} = 0,82 ; \quad C_{\text{пр}} = 1 \text{ зміна.}$$

Кількість деталей в партії для завантаження обладнання на протязі цілого числа змін

$$n = \frac{C_{\text{пр}} \cdot 476 \cdot 0,85}{T_{\text{шт-к ср}}} = \frac{1 \cdot 476 \cdot 0,85}{0,352} = 1149,4 \rightarrow 1150 \text{ (шт.)}$$

Прийнято $n = 1150$ шт.

Висновок: тип виробництва – середньосерійний, форма організації роботи – групова, кількість деталей в партії – 1150 штук.

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

Задана деталь «Кришка УВ.15.44» відноситься до класу «Диски» [1-10].

На першій операції необхідно обробляти базові поверхні, торець і внутрішню циліндричну пов. $\varnothing 34H8^{(+0,039)}$, які в подальшому будуть слугувати технологічними базами. Базування заготовки здійснюється по необробленим чорновим базам одноразово з тим щоб уникнути похибки базування на слідуючих операціях.

Після обробки базових поверхонь здійснюється фрезерна, та свердлильна обробка всіх зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталі. Після чистової обробки проводиться доводочні операції: обробка різьбових отворів, канавок, фасок і т. ін. Різьбові отвори обробляють на верстатах з ЧПК.

Фінішною операцією є остаточне розточування. При остаточному точіння можна досягти 8 квалітет точності і чистоту поверхні шорсткістю $Ra\ 1,6-3,2$ мкм.

Типова послідовність побудови маршруту обробки деталі типу «Диски» показана у вигляді таблиці 1.3 [1-10].

Таблиця 1.3 – Технологічна схема виготовлення деталей класу «Диски»

Номер операції	Назва і короткий зміст операції, технологічні бази	Верстат
005	Фрезерно-свердлильно-розточувальна Фрезерування плоских поверхонь, розточування внутрішніх циліндричних поверхонь, що в подальшому використовуються як чистові бази та поверхні, які можливо обробити на цій операції.	Оброблювальний центр
010	Фрезерно-свердлильно-розточувальна Розточування, цекування циліндричних поверхонь, фрезерування торців, точіння канавок. Технологічні бази – поверхні оброблені на операції 005	Оброблювальний центр
015	Свердлильна Свердління, зенкерування та розвертання кріпильних отворів. Технологічні бази – площина і отвір, оброблені на операції 005	Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК
025	Кінцевий контроль	

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КРИШКА УВ.15.44»

2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі

2.1.1 Якісний аналіз технологічності деталі

Деталь «Кришка УВ.15.44» є однією з головних деталей складального вузла пристосування, що входить до складу оптико-механічного пристрою «Нівелір», який використовується в будівництві.

Деталь «Кришка УВ.15.44» (рис. 2.1) призначена для використання в якості опорного елементу. В посадочних отворах $\varnothing 23H8$ кріпиться ніжки нівеліра а центральний отвір $\varnothing 34H8$ мм служить для робочого керування приладом. Деталь середніх габаритних розмірів 150×120 мм, середньої складності, маса деталі $m = 0,37$ кг. Виробництво деталей – 40000 штук на рік, що орієнтовно відповідає середньосерійному типу виробництва. Можливі способи виготовлення заготовки – лиття під тиском та лиття в кокіль.

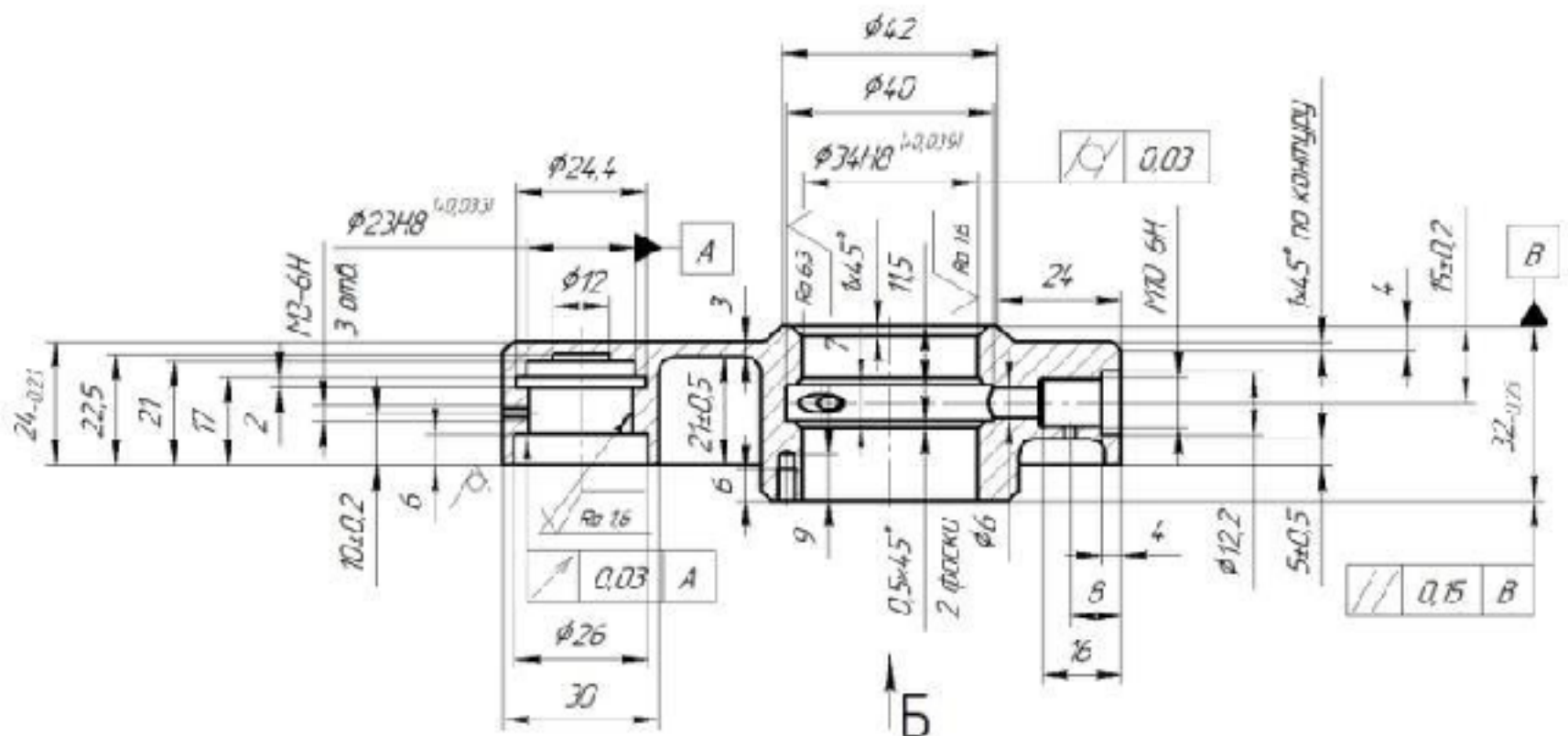


Рисунок 2.1 – Ескіз деталі «Кришка УВ.15.44»

Деталь «Кришка УВ.15.44» виготовляється із матеріалу АЛ2Д і слугує для встановлення і настройки оптичного обладнання. Має трикутну зовнішню

поверхню з вилитими впадинами. Має внутрішній наскрізний циліндричний отвір. Для закріплення в деталі «Кришка УВ.15.44» оптико-механічного обладнання є 3 кріпильні отвори. Деталь не має важкодоступних місць для обробки, тому спрощувати її конструкцію недоцільно.

Основні конструкторські бази деталі – отвори $\varnothing 23H8^{(+0,033)}$, що слугують для правильної орієнтації деталі «Кришка УВ.15.44» в приладі та торцева поверхня $\varnothing 26$, яка обмежує вертикальне переміщення.

Допоміжні конструкторські бази – $\varnothing 34H8^{(+0,039)}$, $\varnothing 26$, М10-6Н, 6 отв. М3-6Н, торцева поверхня $\varnothing 50$.

Вільні поверхні – зовнішній контур деталі, заглиблення в нижній частині.

У відповідності до призначення поверхонь, до них ставляться такі вимоги: найбільш точними є виконавчі, основні та допоміжні конструкторські бази. До них ставиться вимога обробки по 8 квалітету з шорсткістю $R_a = 1,6$ мкм.

Поставлені вимоги щодо взаємного розміщення поверхонь:

- торцеве биття отвору $\varnothing 26$ до бази А – 0,03 мм;
- циліндричність пов $\varnothing 34H8$ – 0,03 мм;
- паралельність нижнього торця до верхнього 0,15 мм.

Аналізуючи креслення деталі, робимо висновок, що деталь має достатньо поверхонь для базування на різних операціях механічної обробки.

Задана деталь – «Кришка УВ.15.44», виготовляється із сплаву алюмінію АЛ2Д. Модуль пружності даного сплаву 71000 МПа, густина $\rho = 2,71$, кг/м³, вміст алюмінію (Al) 99,2%;

- кремнію (Si) 0,3%;
- марганцю (Mn) 0,025%;
- міді (Cu) 0,005%;
- заліза (Fe) 0,3%;
- магнію (Mg) 0,005%;
- титану (Ti) 0,15%;
- цинку (Zn) 0,1%.

З точки зору механічної обробки деталь має слідуючі недоліки по технологічності. Нетехнологічними є отвори невеликого діаметру, на які необхідно витрачати багато часу.

2.1.2 Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі

Визначення коефіцієнта уніфікації конструктивних елементів [1, 2]:

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

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів;

Q_e – загальна кількість елементів.

Дані для визначення коефіцієнта уніфікації показані в табл. 2.1.

Таблиця 2.1– Загальна кількість уніфікованих розмірів

Р о з м і р и				Шорсткість
Лінійні	Діаметри	Різі	Кутові	
Рл	Рд	Рр	Рк	Ш
24*	Ø50 (2)*	М3-Н6 (7)	45° (3)*	1,6 (4)*
22,5	Ø40*	М10-6Н (3)*	120° (3)*	6,3 (30)*
21 (3)*	Ø12 (3)*			
17 (3)*	Ø24,4 (3)			
10 (3)*	Ø23Н8 (3)			
6 (3)*	Ø26 (3)*			
2 (3)*	Ø42*			
21*	Ø40*			
11,5*	Ø34Н8*			
4 (2)*	Ø6*			
5*	Ø12,2			
15*	Ø4*			
32*	Ø2,2*			
8*				
16*				
1*				
0,5 (2)*				
Всього 26	22	10	6	34
Уніф. 25	15	3	6	34

Тоді коефіцієнт уніфікації буде рівним:

$$K_{ye} = \frac{Q_{ye}}{Q_e} = \frac{83}{98} = 0,85 > 0,6 ;$$

умова виконується, отже деталь технологічна.

Визначення коефіцієнта точності механічної обробки [1, 2]:

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

де T_{cp} – середній квалітет точності розмірів;

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

Таблиця 2.2 – Розрахунок коефіцієнта точності механічної обробки

Квалітет	Лінійні розміри	Кількість поверхонь	Розрахунки
8	Ø23; Ø34	4	$8 \cdot 4 = 32$
12	Ø42; 24; 22,5; 17; Ø40 та інші	31	$12 \cdot 31 = 372$
Всього		35	404

$$T_{cp} = \frac{404}{35} = 11,54 ;$$

$$K_r = 1 - \frac{1}{11,54} = 0,913 > 0,8 .$$

Висновок: умова виконується, отже деталь є технологічною.

Визначення коефіцієнта шорсткості [1, 2]:

$$K_{ш} = \frac{1}{III_{cp}} , [мкм^{-1}] \quad (2.4)$$

де $Ш_{\text{ср}}$ – середня шорсткість поверхонь;

$$Ш_{\text{ср}} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{n_i} \text{ [мкм]}. \quad (2.5)$$

Таблиця 2.3 – Розрахунок коефіцієнта шорсткості

Шорсткість, мкм	Кількість поверхонь	Розрахунки
Ra 1,6 ø34H8; ø23H8 (3)	4	1,6·4=6,4
Ra 6,3 ø42; 24; 22,5; ø40 та інші	31	6,3·31=195,3
Всього	35	201,7

$$Ш_{\text{ср}} = 201,7/35 = 5,76;$$

$$K_{Ш} = 1/5,76 = 0,17 < 0,32,$$

умова виконується.

Висновок: за кількісними показниками деталь є технологічною.

2.2 Вибір способу виготовлення заготовки

2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Вихідні дані:

Виробництво середньосерійне.

Кількість оброблюваних деталей $N = 40000$ шт.

Маса деталі $m = 0,367$ кг.

Орієнтуючись на робоче креслення деталі, масу та серійність виробництва встановлюємо метод виготовлення заготовки – лиття, так як деталь виготовляється з матеріалу АЛ2Д.

Можливі способи виготовлення заготовки литтям [11-15]:

- в кокіль;

- в оболонковій формі;
- за виплавними моделями;
- під тиском.

Проаналізувавши різні способи виготовлення литих заготовок, обираємо такі способи як: лиття в кокіль і лиття під тиском, оскільки вони є найбільш продуктивні для лиття кольорових металів, а саме алюмінієвого сплаву в умовах серійного виробництва.

2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

Призначення припусків (табличних) на механічну обробку та розрахунок граничних розмірів заготовок [11, 12].

Вибір вихідних параметрів заготовки, що характеризують її точність.

При виборі прийнятих параметрів вхідних даних керуємося примітками до таблиць, де приведені рекомендації по призначенню параметрів точності з врахуванням типу виробництва і складності заготовки. Так як виробництво середньосерійне і виливок середньої складності приймаємо середні наближені до більш точних значень з вибраних діапазонів параметрів точності.

Клас розмірної точності виливка призначаємо враховуючи спосіб лиття, найбільший габаритний розмір виливка (120 мм), тип матеріалу – АЛ 2Д:

- при литті в кокіль: 5 – 9;
- при литті під тиском: 3 – 7т.

Ступінь жолоблення елементів виливка призначаємо згідно відношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка). Найбільший розмір – 120 мм, найменший – 3 мм, отже, відношення – $3/120 = 0,025$. Також враховуємо, що форми багаторазові і відсутня термообробка:

- при литті в кокіль: 5 – 8;
- при литті під тиском: 5 – 8.

Таблиця 2.4 – Вибір вихідних параметрів заготовки

Вихідні дані	Лиття в кокіль		Лиття під тиском	
	Згідно ДСТУ 8981-2020	Прийнято	Згідно ДСТУ 8981-2020	Прийнято
Клас розмірної точності	5-9	7	3-7 _T	5
Ступінь жолоблення елементів виливки	5-8	7	5-8	6
Ступінь точності поверхні виливка	5-10	8	3-7	5
Шорсткість поверхонь виливка	Ra	10,0	Ra	5,0
Клас точності маси	3-10	7	1-7	5
Ряд припусків	2-5	3	1-4	2

Ступінь точності поверхонь виливка призначаємо з врахуванням способу лиття, найбільшого габаритного розміру виливка (120 мм) і матеріал – АЛ2Д:

- при литті в кокіль: 5 – 10;
- при литті під тиском: 3 – 7.

Шорсткість поверхонь виливка призначаємо, враховуючи прийнятого ступеня точності поверхонь виливка:

- при литті в кокіль: 10,0 мкм;
- при литті під тиском: 5,0 мкм.

Клас точності маси виливка призначаємо, враховуючи спосіб лиття, номінальну масу виливка (вибираємо коефіцієнт використання матеріалу для лиття в кокіль $\gamma = 0,72$, а для лиття під тиском $\gamma = 0,96$, маса деталі $Q_{\text{дет}} = 0,37$ кг, тоді маси заготовки будуть відповідно $Q_{\text{заг}} = 0,26$ кг і $Q_{\text{заг}} = 0,35$ кг.) до 1 кг для обох способів і тип матеріалу АЛ 2Д.

- при литті в кокіль: 3 – 10;
- при литті під тиском: 1 – 7.

Доцільно приймати таким же як і клас розмірної точності.

Ряд припусків призначаємо з врахуванням ступеня точності поверхні.

- при литті в кокіль: 2 – 5;
- при литті під тиском: 1 – 4.

Таблиця 2.5 – Кількості переходів механічної обробки (лиття в кокіль)

Лиття в кокіль	$\varnothing 34H8^{(+0,039)}$	$\varnothing 23H8^{(+0,033)}$	$32h12_{(-0,25)}$	$\varnothing 12H12^{(+0,018)}$	$24h12_{(-0,21)}$
Допуски розмірів	0,9	0,8	0,9	0,7	0,8
Допуски форми чи розміщення	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Допуски зміщення по площині роз'єму	-	-	0,64	-	0,64
Допуск на перекіс стержня	0,4	0,32	-	0,4	-
Допуски маси	5%				
Допуски нерівностей	0,12				
Загальний допуск	1,2	1,0	1,2	1,0	1,1
Припуск мінімальний	0,3				
Припуск загальний	1,9	1,7	1,5	1,4	1,4
Кількість переходів механічної обробки					
По точності розмірів	4	4	2	2	2
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	3	-	2	-	-
Прийнята кількість переходів	4	4	2	2	2
Розміри заготовки	$\varnothing 30,2$	$\varnothing 19,6$	35,0	$\varnothing 9,2$	25,4

Вибір допусків

Перед вибором допусків та припусків на механічну обробку поверхонь деталі потрібно уважно вивчити робоче креслення деталі, встановити оброблювані поверхні і розміри, що їх зв'язують та записати їх в розрахункову таблицю.

На тих ділянках виливка, де отвори, впадини, порожнини і тому подібне одержати способами лиття важко або неможливо призначають напуски.

Згідно ДСТУ 8981-2020 призначаємо:

Допуск розмірів, враховуючи клас розмірної точності (лиття в кокіль – 7, під тиском – 5) і номінальний розмір на який призначаємо допуск.

Допуск форми і розміщення – враховуючи ступінь жолоблення (лиття в кокіль – 7, під тиском – 6) і номінальний розмір нормованої ділянки.

Допуск нерівностей – враховуємо ступінь точності поверхні виливка (лиття в кокіль – 8, під тиском – 5).

Допуск маси – залежно від класу точності маси виливка (лиття в кокіль – 7, під тиском – 5) і номінальної маси виливка.

Таблиця 2.6 – Кількість переходів механічної обробки (лиття під тиском)

Лиття в кокіль	$\varnothing 34H8^{(+0,039)}$	$\varnothing 23H8^{(+0,033)}$	$32h12_{(-0,25)}$	$\varnothing 12H12^{(+0,018)}$	$24h12_{(-0,21)}$
Допуски розмірів	0,44	0,40	0,44	0,36	0,40
Допуски форми чи розміщення	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Допуски зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	-
Допуск на перекіс стержня	0,2	0,16	-	0,2	-
Допуски маси	10%				
Допуски нерівностей	0,24				
Загальний допуск	0,7	0,64	0,7	0,64	0,64
Припуск мінімальний	0,2				
Припуск загальний	1,1	1,1	0,9	0,7	0,7
	Кількість переходів механічної обробки				
По точності розмірів	4	4	1	1	1
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	3	-	2	-	-
Прийнята кількість переходів	4	4	2	1	1
Розміри заготовки	$\varnothing 31,8$	$\varnothing 20,8$	33,8	$\varnothing 10,6$	24,7

Допуск зміщення площини роз'єму – для цього необхідно знати де буде проходити площина роз'єму (див. рис. 2.2). При литті в кокіль зміщення впливає на лінійні розміри 32h12, 24h12.

Допуск вибираємо згідно рекомендацій [11, 12], враховуючи клас розмірної точності виливка по номінальному розміру найбільш тонкої зі стінок

виливка, які виходять на роз'єм. Для нашого випадку розмір найбільш тонкої стінки становить 8 мм.

При литті під тиском (див. рис. 2.2) зміщення по площині роз'єднання не впливає на одержувані розміри вилівка.

Допуск на перекіс стержня встановлюється для діаметральних розмірів, що формуються за допомогою стержнів. Призначається на 1, 2 класи точніше класу розмірної точності по номінальному розміру найбільш тонкої зі стінок вилівка, які формуються за участю стержня.

При литті в кокіль допуски на розміри будуть такі:

$\varnothing 23H8^{(+0,033)}$ (найтонша стінка – 3,5 мм) – 0,32 мм

$\varnothing 34H8^{(+0,039)}$ (найтонша стінка – 8 мм) – 0,4 мм

$\varnothing 12H12^{(-0,18)}$ (найтонша стінка – 9 мм) – 0,4 мм

При литті під тиском допуски на розміри будуть такі:

$\varnothing 34H8^{(+0,039)}$ (найтонша стінка – 8 мм) – 0,2 мм

$\varnothing 23H8^{(+0,038)}$ (найтонша стінка – 3,5 мм) – 0,16 мм

$\varnothing 12H12^{(+0,018)}$ (найтонша стінка – 9 мм) буде 0,2 мм

Загальний допуск призначаємо, враховуючи допуск розмірів і допуск форми і розміщення поверхні.

Вибір припусків.

Мінімальний припуск призначаємо залежно від ряду припусків [11, 12]:

- при литті в кокіль мінімальний припуск (для ряду припусків 3) становить 0,3 мм;

- при литті під тиском (для ряду припусків 2) – 0,2 мм.

Загальний припуск на механічну обробку назначають для ліквідації похибки розмірів, форми і розміщення, нерівностей і дефектів оброблюваної поверхні, що формуються при виготовленні вилівка і послідовних переходів її обробки з метою підвищення точності оброблюваного елемента вилівка. Значення загального припуску вибираємо в залежності від кількості переходів

механічної обробки. Тому для вибору загального припуску спочатку потрібно визначити кількість механічної обробки кожної із оброблюваних поверхонь.

Кількість переходів механічної обробки в залежності від необхідної точності розмірів оброблюваної деталі визначаємо згідно [11, 12].

– по точності розмірів вибираємо в залежності від допуску розміру вилівка і співвідношення між допусками розмірів деталі і вилівка:

ЛИТТЯ В КОКІЛЬ:

$$\varnothing 34H8^{(+0,039)} - 0,039/0,9 = 0,043 \rightarrow 4 \text{ переходи (тонка обробка);}$$

$$\varnothing 23H8^{(+0,033)} - 0,033/0,8 = 0,04 \rightarrow 4 \text{ переходи (тонка обробка);}$$

$$32h12_{(-0,25)} - 0,25/0,9 = 0,28 \rightarrow 2 \text{ переходи (напівчистова обробка);}$$

$$\varnothing 12H12^{(+0,18)} - 0,18/0,7 = 0,26 \rightarrow 2 \text{ переходи (напівчистова обробка);}$$

$$24h12_{(-0,21)} - 0,21/0,8 = 0,26 \rightarrow 2 \text{ переходи (напівчистова обробка);}$$

ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ:

$$32h12_{(-0,25)} - 0,25/0,44 = 0,57 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка);}$$

$$\varnothing 34H8^{(+0,039)} - 0,039/0,44 = 0,09 \rightarrow 4 \text{ переходи (тонка обробка);}$$

$$\varnothing 23H8^{(+0,033)} - 0,033/0,4 = 0,083 \rightarrow 4 \text{ переходи (тонка обробка);}$$

$$\varnothing 24h12_{(-0,21)} - 0,21/0,4 = 0,53 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка);}$$

$$\varnothing 12H12^{(+0,18)} - 0,18/0,36 = 0,5 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка);}$$

- по відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь вибираємо в залежності від допуску розміру вилівка і співвідношення між допусками форми і розміщення деталі і вилівка:

- лиття в кокіль для розмірів

$$32h12 (0,15) - 0,15/0,5 = 0,3 \rightarrow 2 \text{ переходи (чистова обробка);}$$

$$\varnothing 34 (0,03) - 0,03/0,5 = 0,06 \rightarrow 3 \text{ переходи (чистова обробка);}$$

- лиття під тиском для розмірів

$$32h12 (0,15) - 0,15/0,4 = 0,38 \rightarrow 2 \text{ переходи (напівчистова обробка);}$$

$$\varnothing 34H8(0,03) - 0,03/0,4 = 0,075 \rightarrow 3 \text{ переходи (чистова обробка).}$$

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

Розрахунок розмірів заготовки для обох способів її виготовлення.

При розрахунку внутрішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і віднімається від розміру готової деталі:

- при литті в кокіль для розміру $\text{Ø}34\text{H}8^{(+0,039)}$ загальний припуск становить 1,9 мм:

$$\text{Ø}34 - (1,9 \cdot 2) = \text{Ø}30,2 \text{ (мм)};$$

- при литті під тиском для розміру $\text{Ø}34\text{H}8^{(+0,039)}$ загальний припуск становить 1,2 мм:

$$\text{Ø}34 - (1,2 \cdot 2) = \text{Ø}31,8 \text{ (мм)}.$$

Аналогічно розраховуємо для інших діаметральних розмірів.

При визначенні лінійних розмірів потрібно вияснити як формується розмір заготовки:

- якщо розмір зв'язує дві поверхні, що обробляються і є охоплюваними, то припуски складаються і додаються до розміру готової деталі:

$$\begin{aligned} \text{- при литті в кокіль} \quad & 32 + 2 \cdot 1,5 = 35 \text{ (мм)}; \\ & 24 + 1,4 = 25,4 \text{ (мм)}; \\ & 32 + 2 \cdot 0,9 = 33,8 \text{ (мм)}; \end{aligned}$$

$$\text{- при литті під тиском} \quad 24 + 0,7 = 24,7 \text{ (мм)}.$$

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

Товщина стінок

Мінімальну товщину стінок вибираємо за рекомендаціями [11, 12] в залежності матеріалу, маси виливка, і від способу лиття.

Для лиття в кокіль – 2,8 мм,

Для лиття під тиском – 1,0 мм.

Радіуси заокруглень

Радіуси заокруглень в значній мірі визначають якість виливка. Дуже малі радіуси призводять до концентрації напружень і можливості виникнення тріщин, якщо надто великі, то можливість виникнення раковин, пустот.

Радіуси заокруглень згідно рекомендацій [11, 12] вибираємо в залежності від співвідношення $(S+S_1)/2$ і від матеріалу виливка – 6 мм.

Нахили

Формовочні нахили призначаються з метою полегшення видалення моделі з форми і стержня. Нахили встановлюються в залежності від розмірів заглиблень, висоти формуютьуючої поверхні, способу лиття і виду модельного комплексу згідно рекомендаціям [11, 12]

При литті в кокіль – $2^{\circ}32'$.

При литті під тиском – 1° .

Мінімальний розмір литих отворів залежить від товщини стінки і може бути визначено по формулі:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1S \text{ [мм]},$$

де d_0 – вихідний діаметр; S – товщина стінки, мм.

Мінімальний діаметр вибирається в залежності від матеріалу виливку (алюміній): $d_0 = 7$ мм. Для розміру $\varnothing 12H12^{(+0,18)}$ мм товщина стінки становить 9 мм, а для $\varnothing 23H8^{(+0,033)}$ мм – 3,5 мм знайдемо $d_{\min}$:

$$d_{\min} = 7 + 0,1 \cdot 9 = 7,9 \text{ (мм) (отвір } \varnothing 10,4 \text{ мм може бути пролитий);}$$

$$d_{\min} = 7 + 0,1 \cdot 3,5 = 7,35 \text{ (мм) (отвір } \varnothing 20,8 \text{ мм може бути пролитий).}$$

2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки

Виконаємо ескіз заготовки виготовленої литтям в кокіль / під тиском.

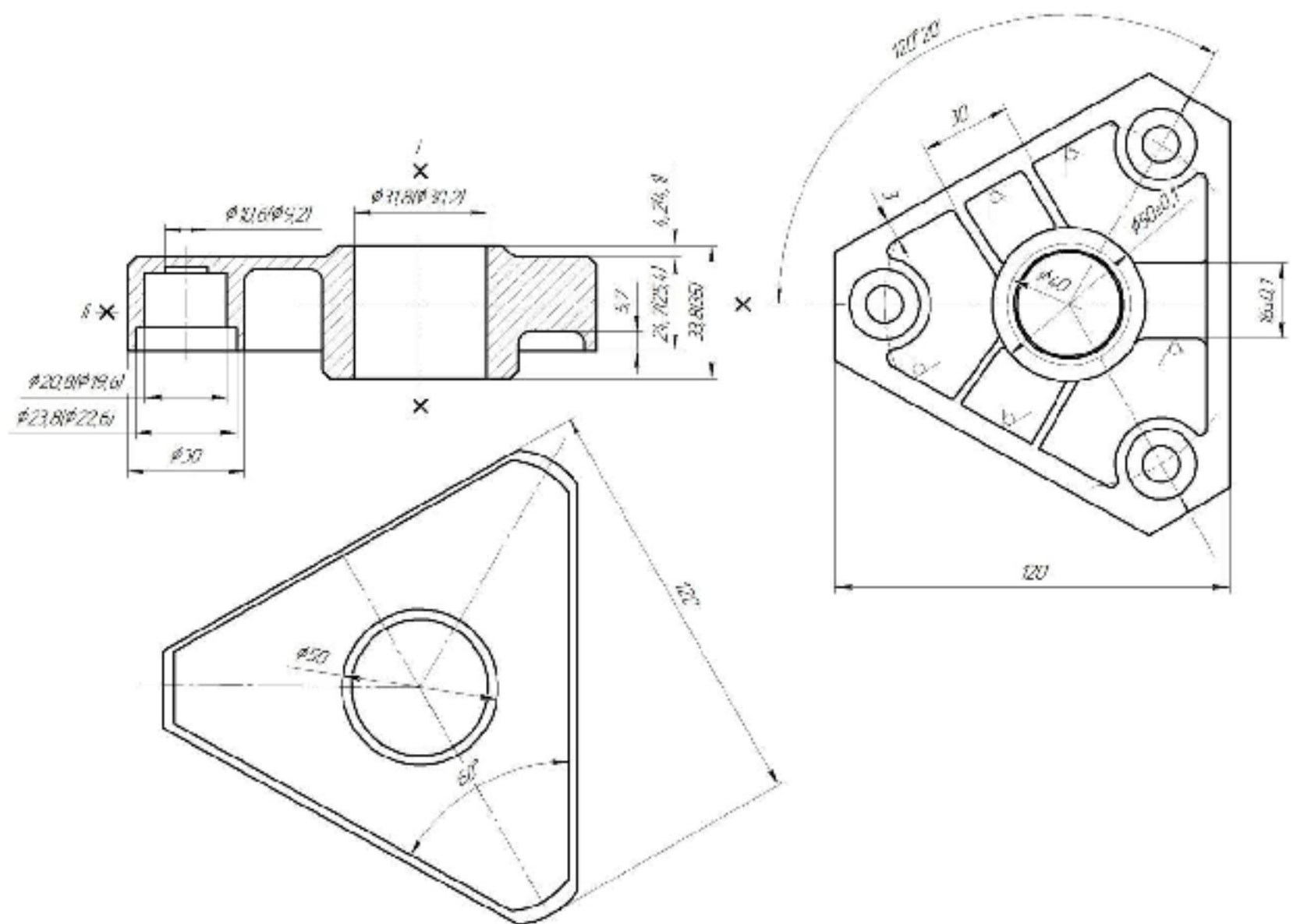


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки при литті в кокіль (при литті під тиском розміри в дужках):

I – розташування площини роз’єднання при литті в кокіль,

II – розташування площини роз’єднання при литті під тиском

2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси для двох варіантів заготовки

Маса заготовки визначаємо за формулою [12]:

$$Q = V_{\text{заг}} \cdot \rho \text{ [кг]}, \quad (2.6)$$

Щоб розрахувати загальний об’єм заготовки використано програму “Компас 3D”.

- Лиття в кокіль:

Деталь

Площа

$$S = 0.196212 \text{ м}^2$$

Об'єм	$V = 0.00264277 \text{ м}^3$
Матеріал	Сплав АЛ2Д ГОСТ 1583-93
Густина	$R_o = 2550 \text{ кг/м}^3$
Маса	$Q_{\text{заг}} = 0,50251 \text{ кг}$

Коефіцієнт точності маси заготовки:

$$\gamma_1 = Q_{\text{дет}}/Q_{\text{заг}} = 0,37/0,5025 = 0,74.$$

- Лиття під тиском:

Деталь	
Площа	$S = 0.200829 \text{ м}^2$
Об'єм	$V = 0.0023225 \text{ м}^3$
Матеріал	Сплав АЛ2Д ГОСТ 1583-93
Густина	$R_o = 2550 \text{ кг/м}^3$
Маса	$Q_{\text{заг}} = 0.42068 \text{ кг}$

Коефіцієнт точності маси заготовки:

$$\gamma_2 = Q_{\text{дет}}/Q_{\text{заг}} = 0,37/0,42068 = 0,88.$$

Отже, коефіцієнт точності маси заготовки при литті під тиском більший ніж при литті в кокіль, тобто менше матеріалу буде йти у стружку

2.2.5 Техніко-економічне порівняння обох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Вартість заготовки визначаємо за формулою [12]:

$$C_{\text{заг.маш}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{1000} \cdot C_{\text{л}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}} - \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}})}{1000} \cdot C_{\text{шду}} \text{ [грн.]}, \quad (2.7)$$

де C_L – базова вартість 1 т заготовок, грн., вибираємо згідно [12], враховуючи спосіб одержання литої заготовки;

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок, вибираємо згідно [12], враховуємо спосіб лиття, матеріал заготовки і клас розмірної точності;

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки, вибираємо згідно [12]. Враховуємо спосіб лиття і марку матеріалу;

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки, вибираємо згідно [12]. Дана деталь не складної конфігурації і можна віднести до 2 групи складності, також враховуємо спосіб лиття і матеріал заготовки;

K_B – коефіцієнт, що враховує масу заготовки, вибираємо згідно [12]. Вибираємо згідно способу лиття, маси виливка, матеріалу виливка;

K_P – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок, вибираємо згідно [12]. Попередньо визначаємо групу серійності в залежності від способу лиття, маси виливків і об'єму виробництва згідно [12]. При литті в кокіль та під тиском – 2 група серійності;

$C_{\text{відх}}$ – вартість 1 т відходів, для алюмінію $C_{\text{відх}} = 30000$ грн./т.

Таблиця 2.7 – Коефіцієнти визначення вартості заготовки

Коефіцієнти	Лиття в кокіль	Лиття під тиском
C_L , грн./т	32300	45800
K_T	1	1
K_M	4,23	1
K_C	1	1
K_B	1	0,9
K_P	0,95	1

Лиття в кокіль:

$$C_{\text{загот. лиття}} = \frac{0,50}{1000} \cdot 32300 \cdot 1 \cdot 4,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,95 - \frac{(0,50 - 0,37)}{1000} \cdot 30000 = 61 \text{ (грн.)}$$

Лиття під тиском:

$$C_{\text{заг. литт}} = \frac{0.42}{1000} \cdot 45800 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 - \frac{(0.42 - 0.37)}{1000} \cdot 30000 = 15,81 \text{ (грн.)}$$

Після розрахунку вартості заготовок бачимо, що вартість литої заготовки під тиском менша ніж в кокіль.

В результаті розрахунків в нас вийшло, що коефіцієнт точності маси заготовки при литті в кокіль менший ніж при литті під тиском (маса стружки при літі в кокіль буде більше ніж при литті під тиском) і вартість заготовки при литті в кокіль вище вартості при литті під тиском. Виходячи з вище сказаного лиття під тиском має дві значні переваги над литтям в кокіль і тому вибираємо основний спосіб виготовлення деталі – лиття під тиском.

При цьому економічний ефект:

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

$$E = (61 - 15,81) \cdot 40000 = 1807600 \text{ (грн.)}$$

2.3 Розробка маршруту механічної обробки

2.3.1 Вибір способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності

Визначення кількості ступенів механічної обробки виконується на основі розрахунків за формулою [1-3]:

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

де ε_i – окремі ступені уточнення. Для першого переходу чорнової обробки $\varepsilon_{\text{чор}} \leq 6$; для переходів напівчистої обробки $\varepsilon_{\text{нчист}} = 3 \dots 4$; для чистої

обробки (IT 8 - IT 10) $\varepsilon_{\text{чист}} = 2...2,5$; для фінішної обробки (IT 5 - IT 7) $\varepsilon_{\text{фін}} = 1,5...2$.

Для розміру $\varnothing 34\text{H}8^{(+0,039)}$ загальне уточнення буде рівне:

$$\varepsilon = \frac{440}{39} = 11,28 \text{ .}$$

Приймаємо $n = 2$ ступені механічної обробки, призначивши $\varepsilon_1 = 5,0$; $\varepsilon_2 = 2,25$

$$T_1 = \frac{440}{5} = 88 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{IT}10);$$

$$T_2 = \frac{88}{2,25} = 39 \text{ (мкм)} \quad (\text{IT}8).$$

Остаточно приймаємо наступні переходи механічної обробки даної поверхні:

- розточування попереднє;
- розточування остаточне.

Для усіх поверхонь визначимо кількість переходів і способи та методи попередньої та остаточної механічної обробки.

Згідно креслення деталі та прийнятої заготовки необхідно обробити такі поверхні: три отвори $\varnothing 26\text{H}12$, $\varnothing 23\text{H}8$, $\varnothing 12\text{H}12$ торці $\varnothing 50 \pm 0,1$, сім отворів МЗ-6Н і та нарізати різьбу в цих отворах, також необхідно обробити отвір $\varnothing 34^{(+0,039)}$, торці в розмір $32\text{h}12$, канавку $\varnothing 40\text{H}12$, отвори $\varnothing 6\text{H}12$, $\varnothing 12,2\text{H}12$, нарізати різьбу М10-6Н.

Для забезпечення цих параметрів точності розмірів деталі, які вказані на кресленні, будемо обробляти ці поверхні наступним чином:

- сім отворів МЗ-6Н – центрувати, свердлити, і нарізати різь;
- розточувати отвори $\varnothing 26\text{H}12$ однократно, $\varnothing 23\text{H}8$ попередньо, остаточно;
- підрізати однократно торець $50 \pm 0,1$ (розмір $32\text{h}12$);

- підрізати однократно торець в розмір 24h12;
- фрезерувати однократно торець $50 \pm 0,1$;
- фрезерувати однократно торець 24h12;
- розточити отв. $\varnothing 34H8^{(+0,039)}$ попередньо, остаточно;
- розточити канавку $\varnothing 40H12$ однократно;
- зенкерувати заглиблення $\varnothing 12$ однократно;
- свердлити отв. $\varnothing 6$;
- отвір M10-6H мм – центрувати, свердлити, і нарізати різь;
- розточити отвір $\varnothing 12,2H12$ однократно;
- центрувати, свердлити отвір $\varnothing 2,2$;
- цекувати отвір $\varnothing 4$.

Кількість переходів і способи та методи попередньої та остаточної механічної обробки прийняті враховуючи допуски заготовки, та допуски готової деталі (за кресленням деталі), попередньо за таблицями визначивши квалітет на розміри деталі.

Розраховано кількість переходів механічної обробки і призначено їх послідовність. Результати занесені до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Поверхневий розмір	Загальне уточнення	Кількість ступенів механічної обробки	Допуск, мкм	Квалітет	Вид механічної обробки
1	2	3	4	5	6
$\varnothing 34H8$	$\varepsilon=440/39$ $=11,28$	$\varepsilon_1=5$ $\varepsilon_2=2,25$	$T_1=88$ $T_2=39$	10 8	Розточування попер. Розточування остат.
$\varnothing 23H8$	$\varepsilon=400/33$ $=12,12$	$\varepsilon_1=5$ $\varepsilon_2=2,42$	$T_1=80$ $T_2=33$	10 8	Розточування попер. Розточування остат.
$\varnothing 12H12$				12	Розточування однократне
$\varnothing 22,5H12$				12	Розточування однократне
$\varnothing 26H12$				12	Розточування однократне
$\varnothing 6H12$				12	Свердління
$\varnothing 12H12$				12	Цекування

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6
M3-6H (7 пов.)				12	Свердління Нарізання різьби
M10-6H				12	Зенкерування Нарізання різьби
Ø2,2H12				12	Свердління
Ø3H12				12	Свердління
Ø4H12				12	Свердління
24h12				12	Підрізання торцю
32h12				12	Фрезерування (підрізання торцю)
1×45°				12	Розточування фаски
0,5×45° (2 пов.)				12	Розточування фаски

2.3.2 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

На першій операції обробляються чистові бази [1-3], тобто ті технологічні бази, які будуть використовуватись на наступних операціях. Тому важливо визначити насамперед чистові технологічні бази. Ними в даній деталі є поверхня Ø34 мм та зовнішній торець (шорсткість $Ra=3,2$ мкм) (рис. 2.3).

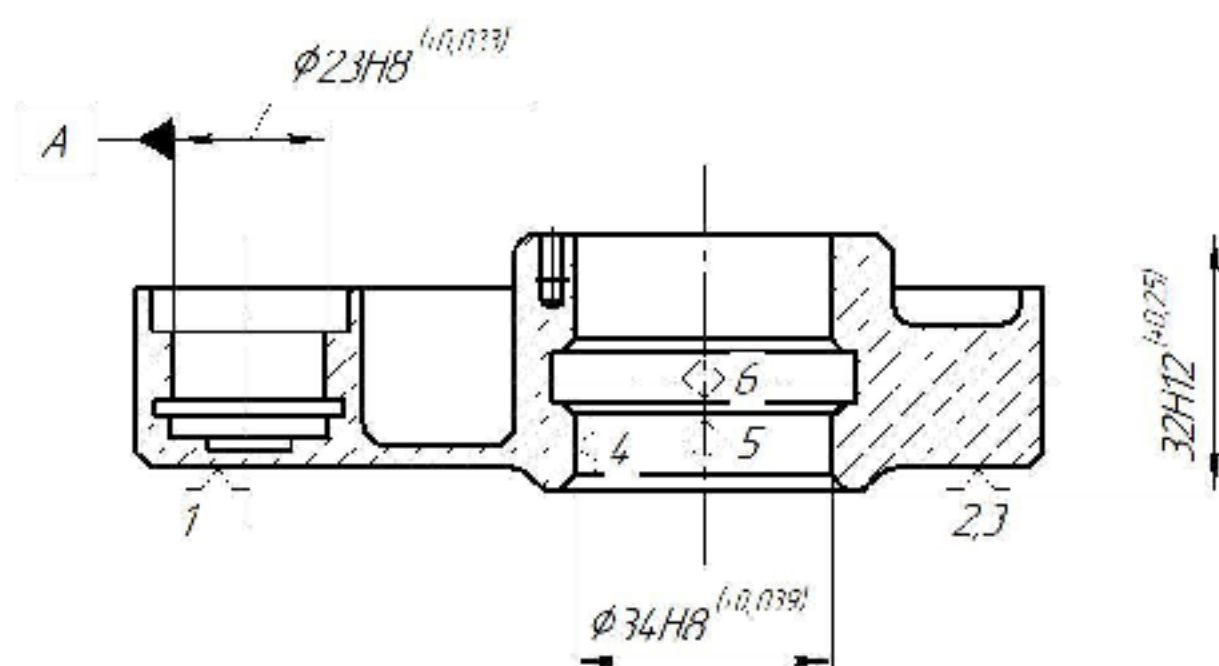


Рисунок 2.3 – Схема чистових технологічних баз

Проведемо аналіз похибки базування, що може виникати під час обробки:

$\varepsilon_{\phi 23H8}=0$; $\varepsilon_{\phi 6H12}=0$; $\varepsilon_{\phi 12,2H12}=0$; $\varepsilon_{\phi 2,2H12}=0$; $\varepsilon_{\phi 3H12}=0$; $\varepsilon_{\phi 4H12}=0$; $\varepsilon_{\phi 12H12}=0$;
 $\varepsilon_{\phi 24,4}=0$; $\varepsilon_{\phi 26H12}=0$; $\varepsilon_{\phi 50}=0$ – обробка діаметральних розмірів;
 $\varepsilon_{\phi 15\pm 0,2}=0$; $\varepsilon_{24h12}=0$ – суміщення баз;
 $\varepsilon_{22,5}=0$; $\varepsilon_{21}=0$; $\varepsilon_{17}=0$; $\varepsilon_{10\pm 0,2}=0$ – обробка з одного установова;
 $\varepsilon_{32h12}\neq 0$; $\varepsilon_{32h12}=T_{24h12}$.

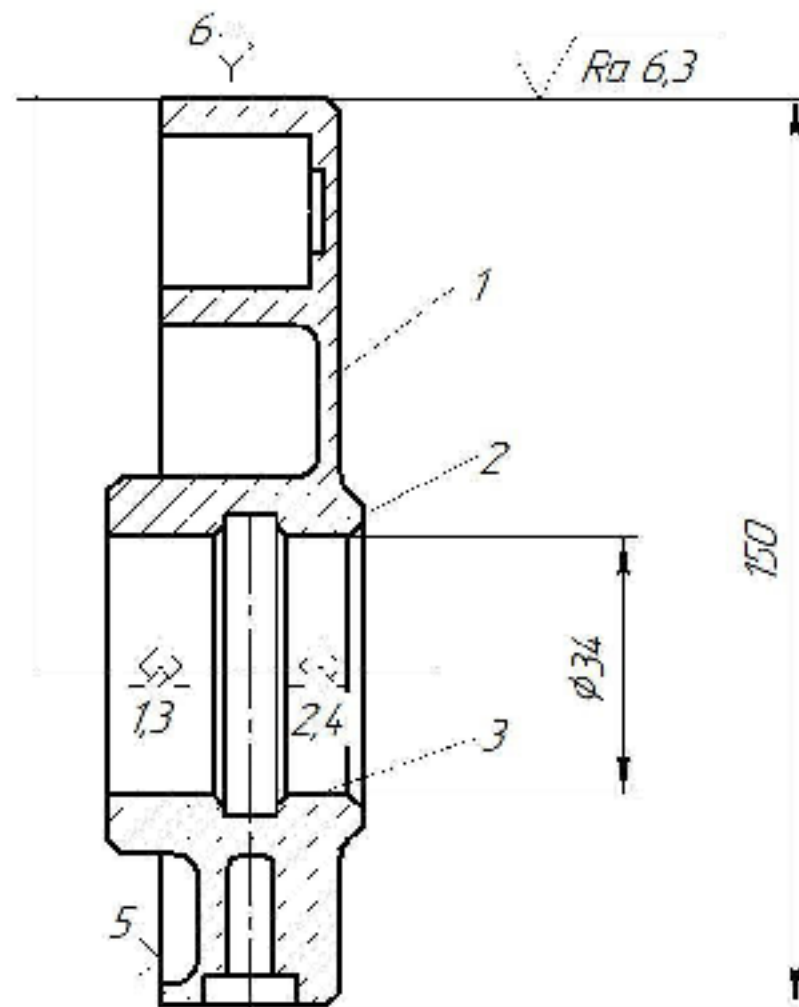


Рисунок 2.4 – Чорнові технологічні бази

В нашому випадку при виборі чорнових баз [1-3] вирішуються дві задачі – це забезпечення розмірної прив'язки оброблених поверхонь з необробленими та зняття мінімального рівномірного припуску при виконанні розмірів 24h12 та 32h12.

Для реалізації вибраної схеми базування може бути використана цангова розжимна оправка, тому на першій операції в якості чорнових технологічних баз будемо використовувати зовнішню поверхню правильного трикутника з описаним колом $\phi 150$ мм. Деталь закріплюємо в трьохкулачковому патроні.

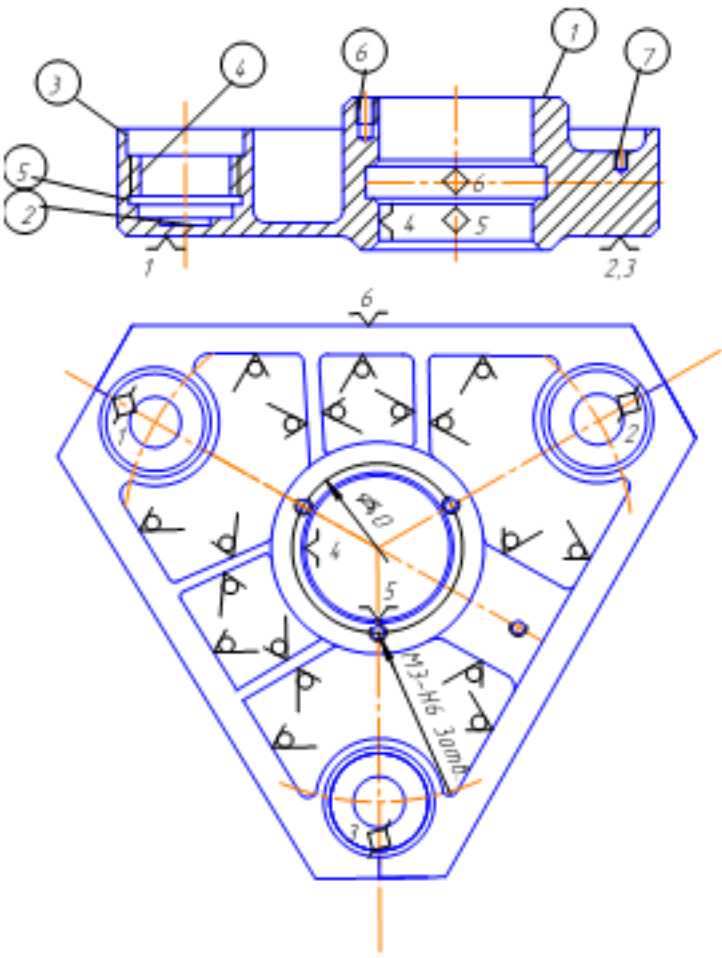
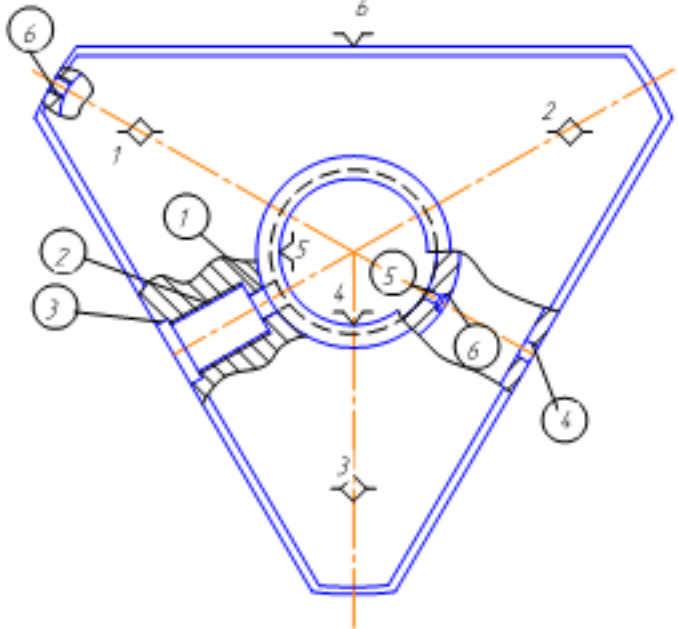
2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки

Маршрут механічної обробки заданої деталі показано в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Маршрут механічної обробки (варіант 1)

№ опер.	Назва і зміст операції, переходи	Ескіз деталі і схема базування	Тип верстата
1	2	3	4
005	<u>Токарна з ЧПК</u> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Підрізати торець 1 однократно. 3. Розточити фаску 2 однократно, поверхню 3 попередньо. 4. Розточити поверхню 3 остаточно. 5. Розточити канавку 4. 6. Розточити фаску 5 однократно. 7. Розточити фаску 6 однократно. 8. Підрізати торець 7 однократно. 9. Зняти заготовку.		Токарно-револьверний з ЧПК 16К20Ф3

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4
010	<u>Свердлильно-фрезерно-розточувальна</u> 1. ВВЗ. 2. Фрезерувати поверхню 1 однократно. 3. Розточити 3 отв. 2 з підрізанням торцю однократно. 4. Розточити 3 отв. 3 з підрізанням торцю однократно, 3 отв. 4 попередньо. 5. Розточити 3 отв. 4 остаточно. 6. Розточити 3 канавки 5 однократно. 7. Центрувати 3 отв. 6, отв. 7. 8. Свердлити 3 отв. 6, отв. 7. 9. Нарізати різь в 3 отв. 6, отв. 7. 10. Зняти заготовку.		Фрезерно-свердлильно-розточувальний верстат 6902ПМФ2
015	<u>Свердлильна</u> 1. ВЗЗ. 2. Центрувати отв. 1. 3. Свердлити отв. 1. 4. Зенкерувати отв. 2. 5. Цекувати отв. 3. 6. Нарізати різь в отв. 2. 7. Пов. деталь на 60°. 8. Центрувати отв. 4. 9. Свердлити отв. 4. 10. Центрувати отв. 5. 11. Свердлити отв. 5. 12. Цекувати отв. 6. 13. Пов. деталь на 120°. 14. Центрувати 3 отв. 6. 15. Свердлити 3 отвори 6. 16. Нарізати різьбу в 3 отворах 6. 17. Зняти деталь.		Вертикально-свердлильний верстат 2118ПМФ2

2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

2.3.4.1 Вибір розташування технологічних розмірів

Розмірний аналіз будемо виконувати для операції 000, 005, 010 [1, 16].

Технологічний розмір Z_1 розміщений таким чином, що він пов'язує між собою основу деталі, та виступ за рахунок якого деталь фіксується в вузлі, таким чином, мінімізує похибку базування та дозволяє досить зручно його контролювати (наприклад, штангенциркулем). Технологічний розмір Z_2 розміщений таким чином, що він пов'язує між собою основу деталі, та вісь отвору у вихідній заготовці, таким чином, мінімізує похибку базування та дозволяє досить зручно його контролювати (наприклад, штангенциркулем).

Технологічні розміри відповідно B_1 , B_2 відкладені від однієї поверхні, що дозволяє виключити похибку базування на ці розміри взагалі, оскільки вони виконуються з одного установу, мінімальна похибка відносного розташування поверхонь, а також забезпечується зручність їх вимірювання.

Технологічні розміри відповідно B_3 , B_4 , B_5 , B_6 відкладені від одного торця, що дозволяє виключити похибку базування на ці розміри взагалі, оскільки вони виконуються з одного установу, мінімальна похибка відносного розташування поверхонь, а також забезпечується зручність їх вимірювання.

Розміри заготовки розташовані таким чином, щоб забезпечити легкість їх контролю універсальним інструментом.

При розташуванні усіх розмірів, враховувалося те, що технологічні розмірні ланцюги мають бути найкоротші, це у свою чергу мінімізує похибку базування. Розміщення технологічних розмірів показана на рис. 2.5.

2.3.4.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуски на технологічні розміри призначаються згідно довідника, для відповідного розміру за відповідним квалітетом.

- Конструкторські розміри і їх допуски:

$K_1=24h12 \text{ мм}; T(K_1)=0,21 \text{ мм};$

$K_2=21 \text{ мм}; T(K_2)=0,21 \text{ мм};$

$K_3=6 \text{ мм}; T(K_3)=0,12 \text{ мм};$

$K_4=32h12 \text{ мм}; T(K_4)=0,25 \text{ мм};$

$K_5=15 \text{ мм}; T(K_5)=0,2 \text{ мм};$

$K_6=4 \text{ мм}; T(K_6)=0,12 \text{ мм}.$

- Допуски заготовки (IT 16)

$T(3_1)= T(37)=1,5 \text{ мм};$

$T(3_2)= T(25,5)=1,5 \text{ мм};$

$T(3_3)= T(12)=1,0 \text{ мм};$

$T(3_4)= T(7,5)=1,5 \text{ мм}.$

Допуски технологічних розмірів показані в табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Допуски технологічних розмірів

Технологічний розмір	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6
Квалітет точності	14	14	12	8	14	12
Попереднє значення допуску, мм	1,0	1,0	0,7	0,7	1,0	0,7

2.3.4.3 Розмірна схема технологічного процесу

Розмірна схема технологічного процесу показана на рис. 2.5.

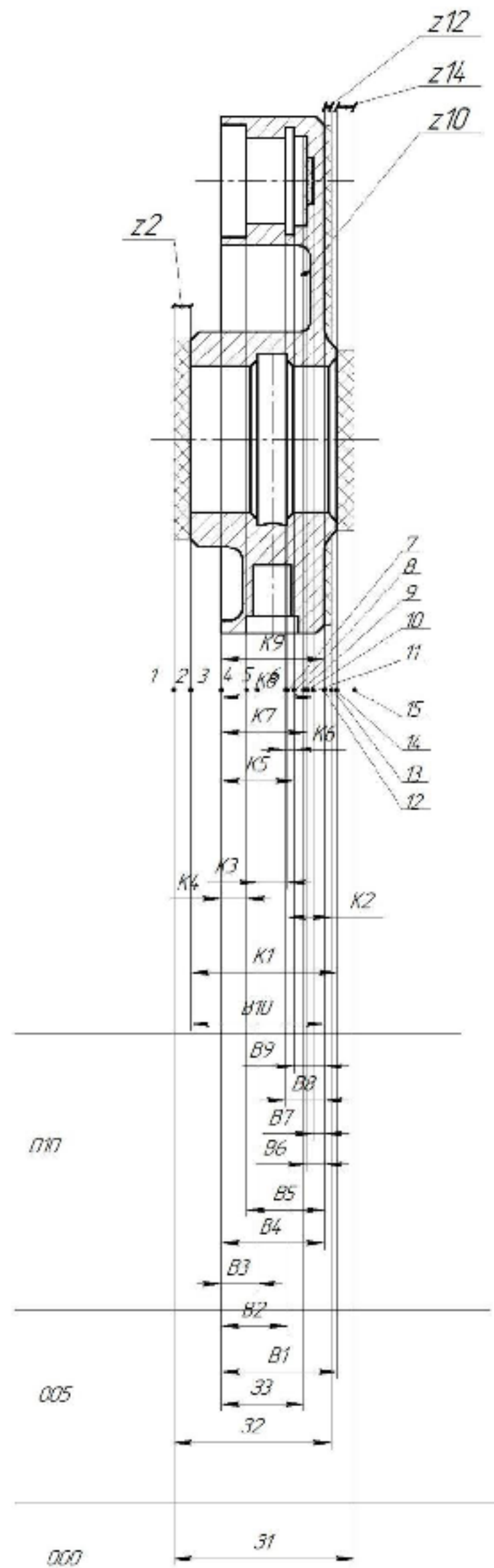


Рисунок 2.5 – Розмірна схема технологічного процесу

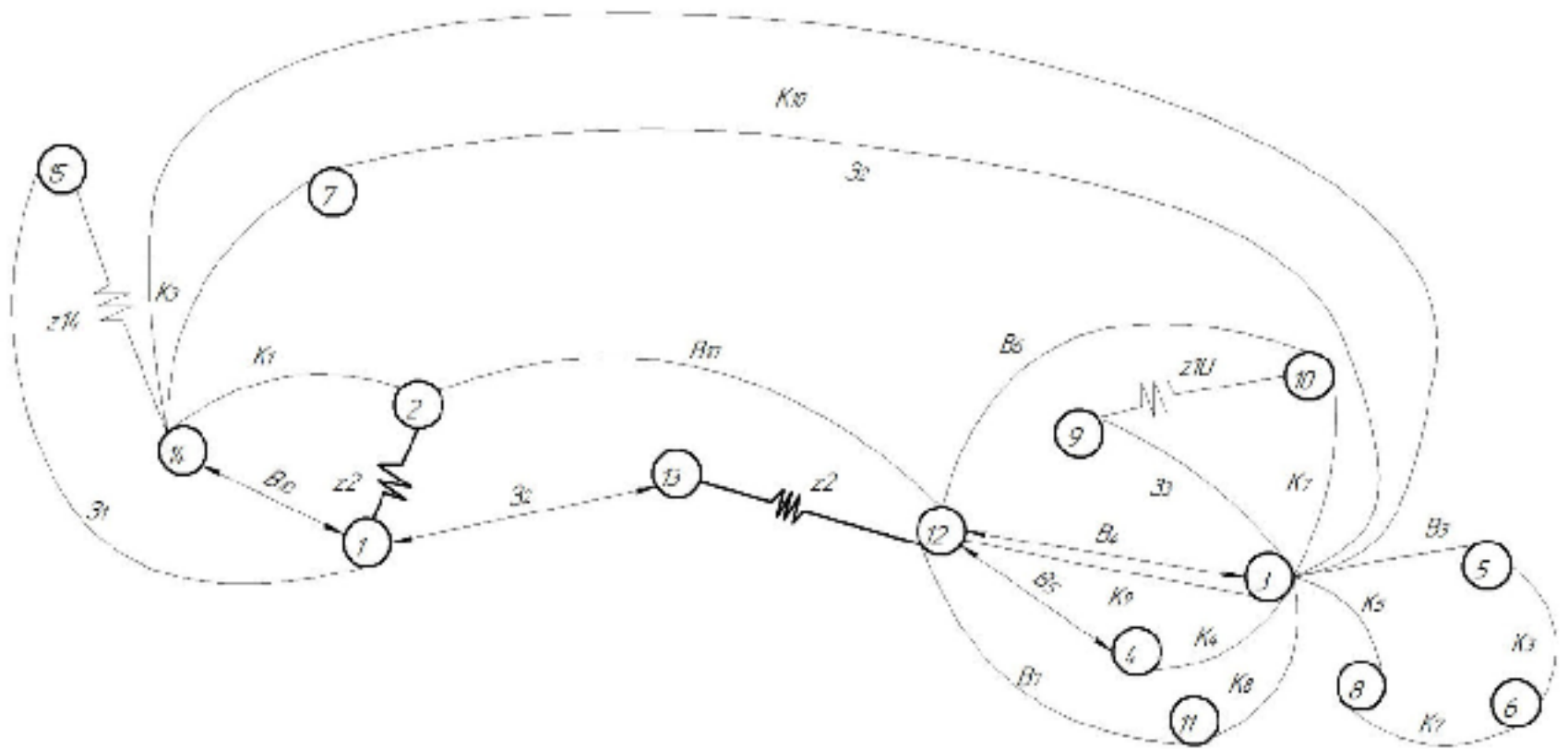


Рисунок 2.8 – Суміщений граф

2.3.4.5 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Для проведення необхідних розрахунків в подальшому необхідно визначити проміжні мінімальні припуски за довідником [17].

Таблиця 2.11 – Значення мінімальних припусків

Спосіб обробки	Підрізання торця	Підрізання торця	Підрізання торця	Фрезерування однок.
Мінімальний припуск ($Z_{\min}$)	$Z_{1\min}$	$Z_{2\min}$	$Z_{3\min}$	$Z_{4\min}$
Значення $Z_{\min}$, мм	1,0	1,0	1,0	0,7

2.3.4.6 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Розмірні ланцюги показано в табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

№	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$K_1 - B_2 = 0$	$K_1 = B_2$	B_2
2	$-B_2 - K_2 + B_4 = 0$	$B_4 = B_2 + K_2$	B_4
3	$K_2 + Z_3 - Z_4 = 0$	$Z_3 = -K_2 + Z_4$	Z_3
4	$K_6 - K_4 + B_5 = 0$	$B_5 = -K_6 + K_4$	B_5
5	$B_5 - K_5 + B_6 = 0$	$B_6 = -B_5 + K_5$	B_6
6	$K_1 - B_3 + K_3 = 0$	$B_3 = -K_3 + K_1$	B_3
7	$K_3 + B_3 - B_5 - Z_3 + Z_4 = 0$	$Z_4 = -K_3 - B_3 + B_5 + Z_3$	Z_4
8	$Z_2 - Z_4 - B_4 - K_2 = 0$	$Z_2 = Z_4 + B_4 + K_2$	Z_2
9	$Z_2 - Z_4 + K_6 - B_1 = 0$	$B_1 = Z_2 - Z_4 + K_6$	B_1
10	$B_1 + Z_2 - Z_3 + Z_4 = 0$	$Z_3 = B_1 + Z_2 + Z_4$	Z_3

2.3.4.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків

$$1. K_1 - B_2 = 0 ;$$

$$K_1 = B_2 = 24 - 0,21 \text{ (мм)};$$

$$B_{2\max} = 24 \text{ мм}; B_{2\min} = 23,76 \text{ мм};$$

$$2. -B_2 - K_2 + B_4 = 0;$$

$$B_4 = B_2 + K_2 ;$$

$$B_{4\max} = B_{2\min} + K_{2\min} = 23,76 + 21 = 44,76 \text{ (мм)};$$

$$B_{4\min} = B_{2\max} + K_{2\max} = 24 + 21 = 45 \text{ (мм)};$$

$$3. K_2 + Z_3 + Z_4 = 0;$$

$$Z_3 = -K_2 + Z_4;$$

$$Z_{3\max} = -K_{2\min} + Z_4 = -21 + 0,7 = -20,3 \text{ (мм)};$$

$$Z_{3\min} = -K_{2\max} + Z_4 = -21,21 + 0,7 = -20,49 \text{ (мм)};$$

$$4. K_6 - K_4 + B_5 = 0;$$

$$B_5 = -K_6 + K_4 ;$$

$$B_{5\max} = -K_{6\min} + K_{4\min} = -4 + 33,75 = 29,25 \text{ (мм)};$$

$$B_{5\min} = -K_{6\max} + K_{4\max} = -4,12 + 34 = 29,82 \text{ (мм)};$$

$$5. B_5 - K_5 + B_6 = 0;$$

$$B_6 = -B_5 + K_5 ;$$

$$B_{6 \max} = -B_{5 \min} + K_{5 \min} = -29,82 + 14,8 = -15,02 \text{ (мм)};$$

$$B_{6 \min} = -B_{5 \max} + K_{5 \max} = 29,25 + 15,2 = 14,05 \text{ (мм)};$$

$$6. K_1 - B_3 + K_3 = 0;$$

$$B_3 = -K_3 + K_1 ;$$

$$B_{3 \max} = -K_{3 \min} + K_{1 \min} = -6 + 24 = 18 \text{ (мм)};$$

$$B_{3 \min} = -K_{3 \max} + K_{1 \max} = -6,12 + 24,21 = 18,9 \text{ (мм)};$$

$$7. K_3 + B_3 - B_5 - Z_3 + 3_4 = 0;$$

$$3_4 = -K_3 - B_3 + B_5 + Z_3 ;$$

$$3_{4 \max} = -K_{3 \min} - B_{3 \min} + B_{5 \max} + Z_3 = -6 - 18,9 + 29,25 + 1 = 5,35 \text{ (мм)};$$

$$3_{4 \min} = -K_{3 \max} - B_{3 \max} + B_{5 \min} = -6,12 - 18 + 29,82 + 1 = 6,7 \text{ (мм)};$$

$$8. 3_2 - Z_2 - B_4 - K_2 = 0 ;$$

$$3_2 = Z_2 + B_4 + K_2 ;$$

$$3_{2 \max} = Z_{2 \max} + B_{4 \min} + K_{2 \min} = 1 + 45 + 21 = 67 \text{ (мм)};$$

$$3_{2 \min} = Z_{2 \min} + B_{4 \max} + K_{2 \max} = 1 + 44,76 + 21,21 = 66,91 \text{ (мм)};$$

$$9. 3_2 - Z_2 + K_6 - B_1 = 0;$$

$$B_1 = 3_2 - Z_2 + K_6 ;$$

$$B_{1 \max} = 3_{2 \min} - Z_{2 \min} + K_{6 \min} = 66,91 - 1 + 4 = 69,91 \text{ (мм)};$$

$$B_{1 \min} = 3_{2 \max} - Z_{2 \max} + K_{6 \max} = 67 - 1 + 4,2 = 70,2 \text{ (мм)};$$

$$10. B_1 + Z_2 - 3_1 + 3_4 = 0 ;$$

$$3_1 = B_1 + Z_2 + 3_4 ;$$

$$3_{1 \max} = B_{1 \min} + Z_{2 \max} + 3_{4 \min} = 70,2 + 1 + 6,7 = 77,9 \text{ (мм)};$$

$$3_{1 \min} = B_{1 \max} + Z_{2 \min} + 3_{4 \max} = 69,91 + 1 + 5,35 = 76,26 \text{ (мм)}.$$

Висновок. Знайдені розміри заготовки і припуски входять в поле допуску раніше порохованих припусків і розмірів заготовки. Отже, вибраний спосіб отримання заготовки є доцільним і відповідає поставленим вимогам точності на розміри.

2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

2.3.5.1 Визначення розрахунково-аналітичним методом припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 38\text{H}8^{(+0,039)}$

Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 34\text{H}8^{(+0,039)}$.

Вихідні дані.

Заготовка – лиття під тиском;

Технологічний маршрут обробки: розточування попереднє; розточування остаточне. Обробка виконується за один установ.

Базування виконується по зовнішньому торцеві $\varnothing 150$.

Розрахунок припусків на обробку отвору $\varnothing 34\text{H}8^{(+0,039)}$ наведено в табл. 2.13, в якій послідовно записано технологічний маршрут обробки і всі значення елементів припуску.

Визначення значень R_z і T проводимо відповідно до рекомендацій [1, 3], для заготовки при литті під тиском $R_z + T = 200$ мкм. При попередньому розточуванні приймаємо $R_z = T = 50$ мкм, при чистовому розточуванні приймаємо – $R_z = 30$ мкм, $T = 30$ мкм.

Сумарне значення просторових відхилень визначається [1, 3]:

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.10)$$

де $\rho_{\text{жол}}$ – просторові відхилення спричинені жолобленням;

$\rho_{\text{зм}}$ – відхилення за рахунок зміщення поверхні з якої знімається припуск, під час самої обробки, відносно технологічних баз.

Жолоблення отвору необхідно враховувати як в діаметральному, так і основному його перерізі, тому:

$$\rho_{кор} = \sqrt{(\Delta K_1 d)^2 + (\Delta K_1 l)^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.11)$$

$$\rho_{кор} = \sqrt{(0,7 \cdot 31,8)^2 + (0,7 \cdot 33,8)^2} = 33 \text{ (мкм)},$$

де $\Delta K_1 = 0,7$ мм – питоме жолоблення виливка;

$d = 31,8$ мм; $l = 33,8$ мм (відповідно діаметр і довжина отвору) – за кресленням;

$\rho_{зм} = 0,2$ мм (згідно довідникових даних).

Таблиця 2.13 – Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору $\varnothing 34H8^{(+0,039)}$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 34H8^{(+0,039)}$	Елементи припуску, мкм				Розра- хунко- вий при- пуск $2Z_{min}$, мкм	Розра- хунко- вий розмір d_p , мм	До- пуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничне значення припусків, мкм	
	R_z	T	ρ	ε_y				D_{min}	D_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Заготовка	200		200			32,994	440	32,557	32,997		
Розточування											
попереднє	50	50	12	60	818	33,815	100	33,715	33,815	818	1158
остаточне	30	30	0,6	0	224	34,039	39	34	34,039	224	285
Σ										1042	1443

Таким чином, сумарне значення просторового відхилення заготовки

$$\rho_s = \sqrt{33^2 + 200^2} = 200,08 \text{ (мкм)} \approx 200 \text{ (мкм)}.$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\begin{aligned}\rho_n &= k \cdot \rho_{n-1} \text{ [мкм]}, \\ \rho_1 &= 0,06 \cdot \rho_3 = 0,06 \cdot 200 = 12 \text{ (мкм)}, \\ \rho_2 &= 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 12 = 0,6 \text{ (мкм)}.\end{aligned}\tag{2.12}$$

Похибка установки ε_y на переході, що виконується при визначенні проміжного припуску характеризується зміщенням оброблюваної поверхні, яке повинно компенсуватися додатковою складовою, що входить до складу проміжного припуску:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} \text{ [мкм]},\tag{2.13}$$

де $\varepsilon_{\text{б}}$ – похибка базування;

$\varepsilon_{\text{з}}$ – похибка закріплення;

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – похибка пристосування.

Похибка базування в даному випадку для $\varnothing 34\text{H}8^{(+0,039)}$ дорівнює 0.

Похибка закріплення заготовки $\varepsilon_{\text{з}} = 50$ мкм [1, 3].

Похибка пристосування

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{6} \right) T.$$

Приймаємо $1/3 \cdot T = 1/3 \cdot 100 = 33$ (мкм).

Тоді похибка установки при попередньому розточуванні (чорновому):

$$\varepsilon_{y1} = \sqrt{0^2 + 50^2 + 33^2} = 60 \text{ (мкм)}.$$

Так, як попереднє і остаточне розточування виконується з одного установа, то $\varepsilon_{\text{інд}} = 0$.

На основі отриманих вище даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, користуючись формулою [1, 3]:

$$2Z_{i \min} = 2 \cdot (R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ [мкм]}, \quad (2.14)$$

Мінімальний припуск під розточування:

Попереднє розточування:

$$2Z_{1 \min} = 2 \cdot (200 + \sqrt{200^2 + 60^2}) = 818 \text{ (мкм)}.$$

Остаточне розточування:

$$2Z_{2 \min} = 2 \cdot (50 + 50 + 12) = 224 \text{ (мкм)}.$$

При остаточному точінні маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$d = 34,039 \text{ мм.}$$

Наступні розміри отримуємо послідовним відніманням розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу, отримуємо:

- для попереднього розточування:

$$d_2 = 34,039 - 0,224 = 33,815 \text{ (мм)};$$

- для заготовки:

$$d_3 = 33,812 - 0,818 = 32,997 \text{ (мм)}.$$

Значення допусків кожного переходу приймаються по таблицям у відповідності з квалітетом того чи іншого виду обробки.

Так, для остаточного розточування значення допуску складає 39 мкм, для попереднього розточування – 100 мкм (10 квалітет), для заготовки – 440 мкм.

Таким чином:

- для остаточного розточування найбільший граничний розмір – 34,039 мкм;
- найменший $34,039 - 0,039 = 34$ (мм);
- для попереднього розточування найбільший граничний розмір – 33,815 мм; найменший $33,815 - 0,100 = 33,715$ (мм);
- для заготовки найбільший граничний розмір – 33,994 мм, найменший – $33,994 - 0,44 = 32,557$ (мм).

Тоді, для остаточного розточування:

$$2Z_{\min 4}^{\text{сп}} = 34,039 - 33,815 = 0,224 \text{ мм} = 224 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 4}^{\text{сп}} = 34 - 33,715 = 0,285 \text{ мм} = 285 \text{ (мкм)}.$$

Для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 2}^{\text{сп}} = 33,815 - 32,997 = 0,818 \text{ мм} = 818 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2}^{\text{сп}} = 33,715 - 32,557 = 1,158 \text{ мм} = 1158 \text{ (мкм)}.$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 2.13.

Загальні припуски $Z_{0\min}$ і $Z_{0\max}$ визначаємо сумуючи проміжні припуски:

$$2Z_{0\min} = 224 + 818 = 1042 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{0\max} = 285 + 1158 = 1443 \text{ (мкм)}.$$

Схема графічного розміщення розмірів і припусків на обробку $\varnothing 34\text{H}8^{(+0,039)}$ показана на рис. 2.9.

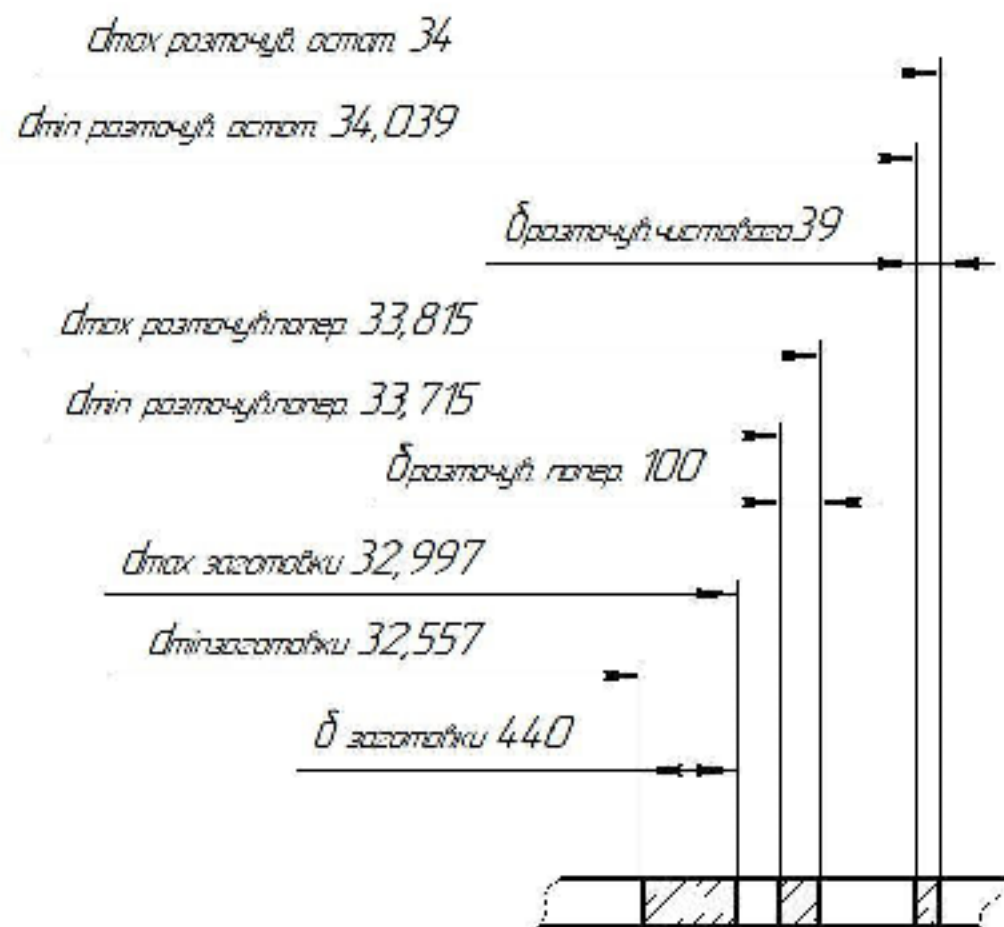


Рисунок 2.9 – Схема графічного розміщення розмірів і припусків на обробку циліндричної поверхні $\varnothing 34H8^{(+0,039)}$

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 1158 - 818 = 340 \text{ (мкм);}$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 440 - 100 = 340 \text{ (мкм);}$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 285 - 224 = 61 \text{ (мкм);}$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 100 - 39 = 61 \text{ (мкм).}$$

Отже, всі проведені розрахунки є правильними і не потребують уточнення.

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

Визначимо припуски на циліндричні поверхні нашої деталі. Більшість з них обробляються однократно і на них не буде проміжних технологічних розмірів, тому їх враховувати не будемо. Оскільки на поверхню $\varnothing 34H8^{(+0,039)}$ проміжні припуски та технологічні розміри розраховані в попередньому пункті,

то в цьому пункті залишається визначити проміжні припуски і технологічні розміри на поверхні $\varnothing 23H8^{(+0,033)}$.

За нормативами [17] призначаємо проміжні припуски на обробку циліндричної поверхні $\varnothing 23H8^{(+0,033)}$ і розраховуємо технологічні розміри і максимальні припуски. Дані заносимо в таблицю 2.14.

Таблиця 2.14 – Припуски на циліндричні поверхні

Розмір деталі	Стадія обробки	Припуск на перехід, мм	Отримуваний розмір, мм
$\varnothing 23H8^{(+0,033)}$	Заготовка	-	20,8
	Попереднє розточування	2·0,8	22,4
	Остаточне розточування	2·0,3	23

2.3.6 Визначення режимів різання

Приведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для свердління отворів, фрезерування однократного площини, та розточування попереднього отвору.

Наведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для обробки на верстаті з ЧПК на прикладі виконання операцій – свердління отвора $\varnothing 6$ [18-20].

Зміст переходу обробки: свердлити отвір $\varnothing 10$.

Виконуємо вибір різального інструмента [18-20].

Вибираємо свердло спіральне з циліндричним хвостовиком 035-2300-1263 по ОСТ 2120-1-80 з $\psi = 55^\circ$, $2\phi = 118^\circ$, $L = 125$ мм, $l_0 = 80$ мм, $\omega = 30^\circ$. Матеріал – Р6М5.

Визначаємо глибину різання t :

$$t = \frac{D_{отв}}{2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ (мм)}, \quad (2.15)$$

де $D_{отв} = 6$ мм – діаметр отвору, що обробляється.

Визначаємо величину подачі S , мм/об.: $S = 0,24 \dots 0,31$ 3 мм/об.

Приймаємо $S = 0,3$ мм/об.

З врахуванням поправних коефіцієнтів:

- на глибину отвору – $K_{Is} = 0,9$;
- на досягнення більш високої якості в зв'язку з наступною операцією нарізання різі – $K_{os} = 1,0$;
- на недостатню жорсткість системи ВПД – $K_{жс} = 0,75$ (середня жорсткість).

$$S = 0,3 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 0,20 \text{ (мм/об.)}$$

Величина швидкості різання при свердлінні може бути розрахована із залежності:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \text{ [м/хв.]}, \quad (2.16)$$

$$V = \frac{14,7 \cdot 6^{0,25}}{35^{0,125} \cdot 0,20^{0,55}} \cdot 1,0 = 39,6 \text{ (м/хв.)}$$

де $C_v = 14,7$; $q = 0,25$; $y = 0,55$; $m = 0,125$ [18-20];

T – стійкість свердла, $T = 35$ хв.;

K_v – поправний коефіцієнт:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv}, \quad (2.17)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки:

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v} = \left(\frac{190}{190} \right)^{1,3} = 1,0. \quad (2.18)$$

K_{iv} – поправний коефіцієнт, що враховує марку різальної частини інструмента, $K_{iv} = 1,0$;

K_{lv} – поправний коефіцієнт, що враховує довжину обробки, $K_{lv} = 1,0$.

За формулою (2.17):

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1.$$

Визначаємо частоту обертання n :

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ [об/хв.]}, \quad (2.19)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 39,6}{3,14 \cdot 6} = 2100 \text{ (об/хв.)}$$

За паспортними даними верстата мод. 2118ПМФ2: $n_e = 1250$ об/хв.

Тобто, фактичне значення швидкості різання: $V_\phi = V = 23,55$ м/хв.

Крутний момент при свердлінні визначається за формулою [18-20]:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \text{ [Н·м]}, \quad (2.20)$$

де $C_M = 0,021$; $q = 2,0$; $y = 0,8$.

K_p – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, в даному випадку залежить тільки від матеріалу заготовки і визначається виразом:

$$K_p = K_{mp}, \quad (2.21)$$

де

$$K_{mp} = \left(\frac{190}{HB} \right)^n = \left(\frac{190}{190} \right)^{0,6} = 1,0. \quad (2.22)$$

де $n = 0,6$.

Чисельне значення $M_{кр}$ складає:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,021 \cdot 6^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1 = 4,7 \text{ (Н·м)}.$$

Величина основної сили P_0 розраховується із залежності:

$$P_0 = 10 \cdot C_{po} \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_{po} \text{ [H]}, \quad (2.23)$$

де $C_{po} = 42,7$; $q = 1,0$; $y = 0,8$; $K_{po} = K_p = 1,0$.

Визначаємо P_0 :

$$P_0 = 10 \cdot 42,7 \cdot 6^1 \cdot 0,2^{0,8} = 1061 \text{ (H)}.$$

Потужність різання визначаємо за формулою:

$$N_{\epsilon} = \frac{M_{sp} \cdot n}{9750} \text{ [кВт]}, \quad (2.24)$$

$$N_{\epsilon} = \frac{4,7 \cdot 1250}{9750} = 0,6 \text{ (кВт)}.$$

Визначаємо потужність, яку необхідно витратити приводу верстата на різання:

$$N_p = \frac{N_{\epsilon}}{\eta} = \frac{0,67}{0,8} = 0,75 \text{ (кВт)}, \quad (2.25)$$

$\eta = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує втрати на тертя у вузлах верстата.

$N_p < N_{\epsilon}$ ($0,75 < 7,5$) – обробка є можливою ($N_{\epsilon} = 2,2$ кВт – потужність приводу головного руху верстата мод. 2118ПМФ2).

Визначаємо величину основного часу, що витрачаються на обробку:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{24 + 5}{1250 \cdot 0,2} = 0,12 \text{ (хв)}, \quad (2.26)$$

де $L = l + l_1 + l_2 = 24 + 5 = 29 \text{ мм}$; $l_1 + l_2 = 5 \text{ мм}$.

- Наведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для розточування попереднього для розміру $\varnothing 23 \text{ H } 8^{(+0,033)}$.

Визначаємо глибину різання: для чорнового розточування припуск $t = 1,8$ мм, оскільки загальний припуск дорівнює 1,9 мм, а даний отвір ми розточуємо два рази.

Визначаємо величину подачі S : в залежності від вильоту різця або оправки (виліт різця 100 мм), від вище прийнятого припуску і матеріалу деталі чавун приймаємо подачу: $S=0,3$ мм/об.

Величина швидкості різання при розточуванні може бути розрахована із залежності:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v \text{ [м/хв.]}, \quad (2.27)$$

де T – середнє значення стійкості інструменту, $T = 30-60$ хв., приймаємо $T = 50$ хв.

C_v , x , y , m – коефіцієнти і показники степені в формулі для розрахунку швидкості різання.

Згідно з [18-20] вони рівні:

$$C_v=292 \cdot 0,9=262,8; \quad x=0,15 \cdot 0,9=0,135; \quad y=0,2 \cdot 0,9=0,18; \quad m=0,2 \cdot 0,9=0,18;$$

K_v – загальний поправковий коефіцієнт, який є добутком цілого ряду коефіцієнтів, які враховують реальні умови механічної обробки:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{nv}, \quad (2.28)$$

Всі складові відображають вплив певного фактора на швидкість різання:

Поправковий коефіцієнт K_{mv} , який враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання:

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v}, \quad (2.29)$$

де $n_v = 1,25$ – показник степені при обробці.

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{190} \right)^{1,25} = 1.$$

Поправковий коефіцієнт $K_{pv} = 0,85$, який враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання.

Поправковий коефіцієнт $K_{iv} = 1,0$, який враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання.

Отже, загальний поправковий коефіцієнт:

$$K_v = 1 \cdot 0,85 \cdot 1 = 0,85.$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{262,8}{50^{0,18} \cdot 1,8^{0,135} \cdot 0,3^{0,18}} \cdot 0,85 = 120,48 \text{ (м/хв.)}$$

Визначаємо частоту обертання n :

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 120,48}{3,14 \cdot 42} = 913,56 \text{ (об/хв.)} \quad (2.30)$$

За паспортними даними верстата моделі 16К20Ф3: $n_e = 800$ об/хв.

Тобто, фактичне значення швидкості різання: $V_\phi = V = 84,9$ м/хв.

Визначаємо силу різання:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \text{ [Н]}, \quad (2.31)$$

де t – глибина різання, $t = 1,8$ мм.

Коефіцієнти, та показники степені згідно з [18-20] вони рівні:

$$C_p = 92 ; x = 1; y = 0,75; n = 0 .$$

Поправковий коефіцієнт K_p для алюмінієвого сплаву, який враховує фактичні умови різання:

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\tau P} , \quad (2.32)$$

$$\text{де } K_{MP} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{190}{190} \right)^{0,4 / 0,55} = 1 ;$$

$$K_{\varphi P} = 1,08 ;$$

$$K_{\gamma P} = 1,25 ;$$

$$K_{\lambda P} = 1,0 ;$$

$$K_{\tau P} = 0,87 .$$

$$K_{pz} = 1 \cdot 1,08 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 0,87 = 1,17 .$$

Сила різання буде дорівнювати:

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 1,8^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 120,48^0 \cdot 1,17 = 1090 \quad (\text{Н}).$$

Потужність різання визначаємо за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad [\text{кВт}], \quad (2.33)$$

де V – швидкість різання.

$$N = \frac{1090 \cdot 84,9}{1020 \cdot 60} = 1,5 \quad (\text{кВт}).$$

Визначаємо потужність, яку необхідно витратити приводу верстата на різання:

$$N_p = \frac{N}{\eta} = \frac{1,5}{0,8} = 1,9 \text{ (кВт)}, \quad (2.34)$$

де $\eta = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує втрати на тертя у вузлах верстата.

$N_p < N_e$ ($2,69 < 6,3$) – обробка є можливою ($N_e = 10,0$ кВт – потужність приводу головного руху верстата моделі 16K20Ф3).

- Для операції підрізання торця поверхні $\varnothing 50^{+0,2}_{+0,2}$ вибираємо марку сплаву для ріжучої частини різця Т5К6. Різець підрізний, $\alpha=12^\circ$; $r=2,4$; $\varphi=45^\circ$; $\varphi_1=45^\circ$; $\lambda=0$; $Ra=3,2$ (мкм).

При точінні $t = 0,9$ мм; $T = 60$ хв.

За таблицею [18-20] вибираємо подачу $S = 0,5-1,3$. Приймаємо $S = 0,5$.

Знаходимо швидкість різання за формулою [18-20]:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} \cdot K_v \text{ [м/хв]}, \quad (2.35)$$

де $C_v=340$; $x=0,15$; $y=0,45$; $m=0,20$ [18-20].

Поправковий коефіцієнт K_v складається з:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИБ} \cdot K_\varphi \cdot K_{\varphi 1},$$

де K_{MV} – коефіцієнт, що враховує матеріал

$$K_{MV} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{190}{190} \right)^{0,4 / 0,55} = 1, \quad (2.36)$$

$K_{ПВ}=1$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні.

$K_{ИБ}=1$ – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструменту.

$K_\phi=1$, $K_{\phi 1}=0,87$ – коефіцієнти, що враховують кути в плані.

$$K_v = 1,0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,87.$$

Отже:

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 0,9^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 0,87 = 154,63 \left(\frac{м}{хв} \right).$$

Частоти обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ [об/хв]}, \quad (2.37)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 154,63}{3,14 \cdot 50} = 984,9 \left(\frac{об}{хв} \right).$$

Приймаємо $n = 800$ об/хв.

Розраховуємо дійсну швидкість різання за формулою:

$$V_s = \frac{\pi d n}{1000} \text{ [м/хв]}, \quad (2.38)$$

$$V_s = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 800}{1000} = 125,6 \left(\frac{м}{хв} \right).$$

Сила різання

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \text{ [Н]}, \quad (2.39)$$

де $C_p=300$, $x=1$, $y=0,75$, $n=-0,15$ [18-20];

$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,0$ – поправковий коефіцієнт [18-20].

Отже:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,9^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 125,6^{-0,15} \cdot 1,0 = 303,5 \text{ (Н)}.$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \text{ [кВт]}, \quad (2.40)$$

$$N = \frac{303,5 \cdot 125,6}{1020 \cdot 60} = 0,62 \text{ (кВт)};$$

$$N = \frac{0,62}{0,8} = 0,78 \text{ (кВт)}.$$

Висновок: Потужність різання складає $N_{\max} = 0,78$ кВт, а потужність попередньо вибраного верстата 16K20Ф3 – $N = 10$ кВт. Оскільки потужність різання менша, ніж вибраного попередньо верстата $N_{\max} = 0,78$ кВт $<$ $N = 10$ кВт, то верстат може бути використаний для обробки.

Режими різання для всіх операцій маршруту механічної обробки зведено до таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Результати визначення (за нормативами) [18-20] режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів

Операції, переходи	Режими різання			
	s , мм/об	n , об/хв	v , м/хв	t , мм
1	2	3	4	5
005 Токарна з ЧПК				
Перехід 2	0,5	800	125,6	0,9
Перехід 3	0,3	800	67,3	1,8
Перехід 4	0,1	1000	85,4	0,1
Перехід 5	0,25	400	52,8	3,0
Перехід 6	0,25	400	50,2	0,5
Перехід 7	0,25	400	50,2	0,5
Перехід 8	0,2	630	296	0,7
010 Свердлильно-фрезерно-розточувальна з ЧПК				
Перехід 2	1,25	850	130	0,9
Перехід 3	1,75	850	130	1,1
Перехід 4	0,15	630	109	0,7
Перехід 5	0,15	630	109	0,5

Продовження таблиці 2.15

1	2	3	4	5
Перехід 6	0,05	1000	109	0,05
Перехід 7	0,2	500	85	1,0
Перехід 8	0,2	500	85	1,5
Перехід 9	0,2	500	70	1,5
Перехід 10	0,2	500	70	0,5
015 Вертикально-свердлильна з ЧПК				
Перехід 2	0,2	500	72,5	1,5
Перехід 3	0,2	500	80	3,0
Перехід 4	0,15	600	92,5	1,5
Перехід 5	0,25	500	130	0,61
Перехід 6	0,5	400	70	0,5
Перехід 8	0,2	500	72,5	0,05
Перехід 9	0,2	500	80	1,0
Перехід 10	0,2	500	72,5	0,5
Перехід 11	0,2	500	80	0,6
Перехід 12	0,25	500	84	
Перехід 14	0,2	500	72,5	0,5
Перехід 15	0,2	500	83	0,5
Перехід 16	0,5	400	84	0,5

2.3.7 Визначення технічних норм часу

Для визначення загальної норми часу на механічну обробку однієї деталі попередньо визначають окремо по кожній операції норму штучного часу. Норма штучного часу розраховується по залежності [1, 18-20]:

$$T_{шт} = T_0 + T_{доп} + T_{обс} + T_{відп} \text{ [хв]}, \quad (2.41)$$

де T_0 – основний технологічний час, хв.,

$T_{доп}$ – допоміжний час, хв.,

$T_{обс}$ – час на технічне і організаційне обслуговування робочого місця, хв.,

$T_{відп}$ – час на відпочинок і фізичні потреби робітника, хв.

Величину $T_{відп}$ визначають за нормативами.

Після визначення штучного часу визначається штучно-калькуляційний час:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n} \text{ [хв]}, \quad (2.42)$$

де $T_{п-з}$ – підготовчо-заключний час, хв.; підготовчо-заключний час витрачається на знайомство з кресленням, наладку обладнання і пристроїв, одержання їх зі складу і здачу після закінчення роботи і визначається за нормативами;

n – величина партії запуску, шт.; $n = 27$ шт.

Для токарної операції з ЧПК 005 наведемо повний розрахунок технічної норми часу.

Операція 005 – Токарна з ЧПК.

Вихідні дані:

Деталь – «Кришка УВ.15.44». Матеріал – алюміній АЛ2Д Заготовка – виливок. Маса заготовки – 0,42 кг.

Обладнання – Токарний верстат моделі 16К20Ф3.

Пристосування – пневмопатрон. Обробка – без охолодження.

Партія – 472 шт.

Організаційні умови.

- Отримання і здача інструмента виконується самим робітником.
- Заточування інструмента – централізоване.
- Планування робочого місця відповідає вимогам наукової організації праці.

Вимірювальний інструмент - штангенциркуль ЩЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80.

Основний час визначаємо в залежності від виду механічної обробки, для операції 005:

- точити попередньо поверхню основи:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} \text{ [хв]}, \quad (2.43)$$

де L – довжина робочого ходу, мм;

$$L = l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{обр}} \text{ [мм]}, \quad (2.44)$$

де $l_{\text{вр}}, l_{\text{пер}}$ – довжина врізання, перебігу інструмента, мм;

$l_{\text{обр}}$ – довжина обробки, мм;

i – кількість проходів;

n – частота обертання, об/хв.;

S – подача, мм/об.

Визначимо час по переходам механічної обробки:

- Підрізати торець 1 однократно

$$T_{o2} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{9,1 + 5}{800 \cdot 0,5} = 0,4 \text{ (хв.)}$$

$$l_{\text{обр}} = \frac{50 - 31,8}{2} = 9,1 \text{ (мм)}$$

$$l_{\text{вр}} = 0;$$

$$l_{\text{пер}} = 5 \text{ мм.}$$

- Розточити фаску 2 однократно, поверхню 3 попередньо

$$T_{o3} = \frac{1}{800 \cdot 0,3} + \frac{31,9 + 5}{800 \cdot 0,3} = 1,6 \text{ (хв.)}$$

- Розточити поверхню 3 остаточно

$$T_{o4} = \frac{31,9 + 5}{1000 \cdot 0,1} = 0,67 \text{ (хв.)}$$

- Розточити канавку 4 однократно

$$T_{os} = \frac{\left(\frac{42 - 34}{2} \right)}{400 \cdot 0,25} = \frac{4}{400 \cdot 0,25} = 0,4 \text{ (хв.)}$$

- Розточити фаску 5, 6 однократно

$$T_{os,6} = 2 \cdot \frac{0,5}{400 \cdot 0,25} = 0,1 \text{ (хв.)}$$

- Підрізати торець 7 однократно

$$T_{o7} = \frac{\left(\frac{150 - 50}{2} \right)}{630 \cdot 0,2} = \frac{50}{630 \cdot 0,2} = 0,35 \text{ (хв.)},$$

$$\Sigma T_o = 0,04 + 0,16 + 0,37 + 0,04 + 0,01 + 0,4 = 3,52 \text{ (хв.)}$$

Допоміжний час $T_{дон}$ визначається для кожного переходу по елементам [1, 18-20]:

- допоміжний час на установку і зняття деталі $t_{уст} = 0,07$ хв.;
- допоміжний час на включення та виключення верстату – 0,02 хв.;
- час на підведення або відведення інструменту $0,05 \cdot 6 = 0,3$ хв.;
- поставити і зняти захисний щиток огороження від стружки (шарнірний) – 0,07 хв.;

- час на контрольні вимірювання – 0,12 хв., відсоток контролю 30;
 $t_k = 0,12/3 = 0,04$ (хв.)

Всього

$$T_{дон} = 0,07 + 0,02 + 0,3 + 0,04 = 0,43 \text{ (хв.)}$$

Час на технічне, організаційне обслуговування робочого місця, відпочинок та фізичні потреби 6,5% від $T_{оп}$

$$T_{оп} = T_{осн} + T_{доп} = 3,52 + 0,43 = 3,95 \text{ (хв.)},$$

$$T_{обс.відп} = 3,95 \cdot 0,065 = 0,1 \text{ (хв.)}$$

Величина підготовчо-заключного часу складе:

- на налагодження верстата, інструмента і пристосування – 9 хв.;
- на отримання інструмента і пристосування до початку і здачу їх після закінчення обробки – 10 хв.

Всього: $T_{п.з.} = 10+9 = 19 \text{ (хв.)}$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу:

$$T_{шт-к} = T_{оп} + \frac{T_{п-з}}{n} = 4,05 + \frac{19}{472} = 4,1 \text{ (хв.)}$$

Аналогічно визначено час на операції 010, 015 та занесено до таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Технічні норми часу, хв

№ оп.	Найменування операції	T_o	T_v	$T_{оп}$	$T_{об.от}$	$T_{шт}$	$T_{п-з}$	n	$T_{шт-к}$
005	Токарна з ЧПК	3,52	0,43	3,95	0,1	4,05	19	472	4,2
010	Свердлильно-фрезерно-розточна з ЧПК	1,84	0,87	2,71	0,22	2,93	30	472	2,79
015	Вертикально-свердлильна з ЧПК	1,69	0,76	2,45	0,2	2,65	15	472	2,68

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА УВ.15.44»

3.1 Розрахунок приведеної програми

Приведена програма може бути розрахована за залежністю [2, 21]:

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

Для визначення коефіцієнтів K_1 , K_2 , K_3 скористаємося даними таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Дані для розрахунку приведеної програми

Деталі	Маса, кг	Програма, шт.	Параметри квалітет ІТ / шорсткість Ra , мкм								
			6	7	8	11	12	14	13	-	-
Кришка УВ.15.44	0,37	40000	6	7	8	11	12	14	13	-	-
			-	-	4	-	31	20	-	-	-
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	4	39	-	-	44	-	-	-
Корпус	0,5	6000	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	2	1	2	2	-	-	-	12
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	2	-	12	3	2	-	-
Кришка	0,45	7500	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			2	-	2	-	6	-	15	-	-
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			2	-	-	8	10	4	-	-	-
Маховик	0,28	4500	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	2	4	2	-	-	-	-	-
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			2	-	4	-	-	2	-	-	-
Опора	0,25	3000	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	2	3	-	3	-	-	-	-
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			3	-	2	-	1	2	-	-	-

Розрахуємо коефіцієнт K_1 для кожного з найменувань виробів. Оскільки в групу об'єднані подібні деталі, то K_1 може бути розрахований за формулою:

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{p.пр.}}\right)^2}, \quad (3.2)$$

де m_i – маса деталі розглядуваного виробу;

$m_{p.пр.}$ – маса розрахункового представника.

Таким чином коефіцієнт K_1 складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника):

- для корпусу: $K_{1K} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_K}{m_{p.пр.}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{0,5}{0,37}\right)^2} = 1,22;$
- для кришки: $K_{1K2} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_{K2}}{m_{p.пр.}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{0,45}{0,37}\right)^2} = 1,139;$
- для маховика: $K_{1B} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_B}{m_{p.пр.}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{0,28}{0,37}\right)^2} = 0,83;$
- для опори: $K_{1B4} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_{B4}}{m_{p.пр.}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{0,25}{0,37}\right)^2} = 0,77.$

Для визначення коефіцієнта K_2 скористаємося залежністю:

$$K_{2i} = \left(\frac{N_{p.пр.}}{N_i}\right)^\alpha, \quad (3.3)$$

де $\alpha=0,15$ – середнє машинобудування.

Таким чином коефіцієнт K_2 складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника):

- для корпусу: $K_{2K} = \left(\frac{N_{p.нр}}{N_m} \right)^\alpha = \left(\frac{40000}{6000} \right)^{0,15} = 1,32$;
- для кришки: $K_{2K2} = \left(\frac{N_{p.нр}}{N_{B2}} \right)^\alpha = \left(\frac{40000}{7500} \right)^{0,15} = 1,23$;
- для маховика: $K_{2B3} = \left(\frac{N_{p.нр}}{N_{B3}} \right)^\alpha = \left(\frac{40000}{4500} \right)^{0,15} = 1,39$;
- для опори: $K_{2B4} = \left(\frac{N_{p.нр}}{N_{B4}} \right)^\alpha = \left(\frac{40000}{3000} \right)^{0,15} = 1,47$.

K_3 – коефіцієнт, що враховує точність, шорсткість, складність конструкції деталі та конструктивні показники. Для технологічно подібних деталей визначається за формулами (3.6-3.8).

Знайдемо значення коефіцієнта $K_{3,1}$ для кожної деталі:

$$K_{3,1} = \left(\frac{\overline{K_T^i}}{K_{Tp.нр}} \right)^{\alpha_1}, \quad (3.4)$$

де $\alpha_1=1,0$.

- для розрахункового представника:

$$\overline{K_{Tp.нр}^B} = \frac{\sum K_{\phi} \cdot n_{\kappa\phi}}{\sum n_{\kappa\phi}} = \frac{8 \cdot 4 + 12 \cdot 31 + 14 \cdot 20}{4 + 39 + 44} = 7,86 \approx 8;$$

- для корпусу:

$$\overline{K_T^K} = \frac{\sum K_{\text{в}} \cdot n_{\text{кв}}}{\sum n_{\text{кв}}} = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 2 + 10 \cdot 2 + 14 \cdot 12}{1 + 12 + 3 + 2} = 12,66 \approx 13;$$

$$K_{3,1} = \left(\frac{\overline{K_T^K}}{K_{\text{Тр.нр}}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{13}{8} \right)^{1,0} = 1,625;$$

- для кришки:

$$\overline{K_{\text{Тр.нр}}^{B2}} = \frac{\sum K_{\text{в}} \cdot n_{\text{кв}}}{\sum n_{\text{кв}}} = \frac{6 \cdot 2 + 8 \cdot 2 + 10 \cdot 6 + 12 \cdot 15}{2 + 8 + 10 + 4} = 11,16 \approx 11;$$

$$K_{3,1} = \left(\frac{\overline{K_{\text{Тр.нр}}^{B2}}}{K_{\text{Тр.нр}}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{11}{8} \right)^{1,0} = 1,375;$$

- для маховика:

$$\overline{K_{\text{Тр.нр}}^{B3}} = \frac{\sum K_{\text{в}} \cdot n_{\text{кв}}}{\sum n_{\text{кв}}} = \frac{2 \cdot 7 + 4 \cdot 8 + 2 \cdot 9}{8} \approx 11;$$

$$K_{3,1} = \left(\frac{\overline{K_{\text{Тр.нр}}^{B3}}}{K_{\text{Тр.нр}}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{11}{8} \right)^{1,0} = 1,375;$$

- для опори:

$$\overline{K_{\text{Тр.нр}}^{B4}} = \frac{\sum K_{\text{в}} \cdot n_{\text{кв}}}{\sum n_{\text{кв}}} = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 3 + 10 \cdot 3}{8} = 12,4 \approx 11;$$

$$K_{3,1} = \left(\frac{\overline{K_{\text{Тр.нр}}^{B4}}}{K_{\text{Тр.нр}}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{11}{8} \right)^{1,0} = 1,375 .$$

Знайдемо значення коефіцієнта $K_{3,2}$ для кожної деталі:

$$K_{3.2} = \left(\frac{\overline{R_a^{p.np.}}}{R_a^i} \right)^{\alpha_2}, \quad (3.5)$$

де $\alpha_2=1,0$.

- для розрахункового представника:

$$\overline{R_a^{p.np.}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{1.25 \cdot 4 + 1.6 \cdot 39 + 6.4 \cdot 44}{4 + 39 + 44} = 4.01 \approx 4;$$

- для корпуса:

$$\overline{R_a^{III}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{1.6 \cdot 2 + 3.2 \cdot 12 + 6.3 \cdot 3 + 12.5 \cdot 2}{2 + 12 + 3 + 2} = 4.5 \approx 5;$$

$$K_{3.2} = \left(\frac{\overline{R_a^{p.np.}}}{R_a^{III}} \right)^{\alpha_2} = \left(\frac{4}{5} \right)^{1.0} = 0.8 ;$$

- для кришки

$$\overline{R_a^{B2}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{0.8 \cdot 2 + 2.5 \cdot 8 + 3.2 \cdot 10 + 6.3 \cdot 4}{2 + 10 + 10 + 4} = 3.03 \approx 3;$$

$$K_{3.2} = \left(\frac{\overline{R_a^{p.np.}}}{R_a^{B2}} \right)^{\alpha_2} = \left(\frac{4}{3} \right)^{1.0} = 1.33 ;$$

- для маховика:

$$\overline{R_a^{B3}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{0.8 \cdot 2 + 1.6 \cdot 4 + 6.3 \cdot 2}{2 + 4 + 2} = 2.575 \approx 3;$$

$$K_{3.2} = \left(\frac{\overline{R_a^{p.np.}}}{R_a^{B3}} \right)^{\alpha_2} = \left(\frac{4}{3} \right)^{1.0} = 1.33 ;$$

- для опори:

$$\overline{R_a^{B4}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{нов}}{\sum n_{нов}} = \frac{0.8 \cdot 3 + 1.6 \cdot 2 + 3.2 \cdot 1 + 6.3 \cdot 2}{8} = 2.675 \approx 3;$$

$$K_{3.2} = \left(\frac{\overline{R_a^{p, np}}}{\overline{R_a^{B4}}} \right)^{\alpha_2} = \left(\frac{4}{3} \right)^{1.0} = 1.333 .$$

Знайдемо значення коефіцієнта K_3 для кожної деталі:

$$K_{3i} = K_{3.1}^{\alpha_1} \cdot K_{3.2}^{\alpha_2}, \quad (3.6)$$

- для корпусу: $K_{3K} = K_{3.1}^{\alpha_1} \cdot K_{3.2}^{\alpha_2} = 1.625 \cdot 0.8 = 1.3;$

- для кришки: $K_{3B2} = K_{3.1}^{\alpha_1} \cdot K_{3.2}^{\alpha_2} = 1.375 \cdot 1.33 = 1.83;$

- для маховика: $K_{3B3} = K_{3.1}^{\alpha_1} \cdot K_{3.2}^{\alpha_2} = 1.375 \cdot 1.33 = 1.83;$

- для опори: $K_{3B3} = K_{3.1}^{\alpha_1} \cdot K_{3.2}^{\alpha_2} = 1.375 \cdot 1.33 = 1.83 .$

Знайдемо значення коефіцієнта $K_{пр}$ для кожного виробу:

$$K_{прi} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (3.7)$$

- для корпусу: $K_{прIII} = 1.22 \cdot 1.320 \cdot 1.3 = 2.09;$

- для кришки: $K_{прB2K} = 1.139 \cdot 1.23 \cdot 1.83 = 2.56;$

- для маховика: $K_{прB3} = 0.83 \cdot 1.39 \cdot 1.83 = 2.37;$

- для опори: $K_{прB4} = 0.77 \cdot 1.47 \cdot 1.83 = 2.07 .$

На основі приведених вище розрахунків приведена програма становитиме:

$$N_{пр} = 40000 \cdot 1.0 + 6000 \cdot 2.09 + 7500 \cdot 2.56 + 4500 \cdot 2.37 + 3000 \cdot 2.07 = 88615 \quad (\text{шт.})$$

Таблиця 3.2 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма
			по масі	по серійності	по складності	загальний	на річний випуск
Кришка УВ.15.44	40000	0,37	1,0	1,0	1,0	1,0	40000
Корпус	6000	0,5	1,22	1,32	1,3	2,09	12540
Кришка	7500	0,45	1,139	1,23	1,83	2,56	19200
Маховик	4500	0,28	0,83	1,39	1,83	2,37	10665
Опора	3000	0,25	0,77	1,47	1,83	2,07	6210
Всього		-	-	-	-	-	88615

3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Кількість верстатів розраховується по формулі [2, 21]:

$$C_p = \frac{N_{пр} \cdot T_{ис}}{60 \cdot F_{\phi} \cdot m} \text{ [шт.]} \quad (3.8)$$

Таблиці 3.3 – Розрахунок кількості верстатів

№	Переходи	T _{шк} , хв.	Кількість верстатів	Прийн. кількість
1	2	3	4	5
	Операція 005 – токарна з ЧПК			
1	Підрізати торець 1 однократно	17,687	$C_p = \frac{88615 \cdot 4,2}{60 \cdot 3890} = 1,25$	2
2	Розточити фаску 2			
3	Розточити пов. 3 попередньо			
4	Розточити пов. 3 попередньо			
5	Розточити пов. 3 остаточно			
6	Розточити канавку 4 однократно			
7	Розточити фаску 5			
8	Розточити фаску 6			
9	Точити пов. 7			

Продовження таблиці 3.3

№	Переходи	$T_{шк}, \text{хв.}$	Кількість верстатів	Прийн. кількість
1	2	3	4	5
	Операція 010 – свердлильно-фрезерно-розточна з ЧПК			
1	Розточити 3отв. 1	1,36	$C_p = \frac{88615 \cdot 2,79}{60 \cdot 3890} = 0,85$	1
2	Цекувати 3пов. 2			
3	Розточити 3 отв. 3 попередньо			
4	Розточити 3 отв. 4.			
5	Розточити 3отв. 3 ост.			
6	Розточити канавку 5			
7	Нарізати різьбу 3отв. 3			
9	Фрезерувати пов. 7			
10	Свердлити 3 отв. 6			
11	Свердлити отв. 8			
	Операція 015 – свердлильна з ЧПК			
1	Свердлити отв. 1	0,63	$C_p = \frac{88615 \cdot 2,68}{60 \cdot 3890} = 0,82$	1
2	Свердлити отв. 2			
3	Свердлити отв. 3			
4	Цекувати отв. 1			
5	Цекувати отв. 2			
6	Нарізати різьбу в отв. 2			
7	Свердлити отв. 4			
8	Свердлити отв. 5			
9	Свердлити отв. 6			
10	Нарізати різь в отв. 6			

Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_z = \frac{C_p}{C_{пр}}, \quad (3.9)$$

де C_p – кількість розрахункового обладнання;

$C_{пр}$ – кількість прийнятого обладнання.

Операція 005:

$$\eta_{\text{с}} = \frac{1,25}{2} = 0,625 \text{ .}$$

Операція 010:

$$\eta_{\text{с}} = \frac{0,85}{1} = 0,85 \text{ .}$$

Операція 015:

$$\eta_{\text{с}} = \frac{0,82}{1} = 0,82 \text{ .}$$

Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання за основним часом

$$\eta_{\text{оз}} = \frac{t_{\text{осн}}}{T_{\text{шт.к}}} \text{ ,} \quad (3.10)$$

де $t_{\text{осн}}$ – основний час;

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

Операції 005:

$$\eta_{\text{оз}} = \frac{8,2651}{17,687} = 0,46 \text{ .}$$

Операції 010:

$$\eta_{\text{оз}} = \frac{0,73154}{1,36} = 0,54 \text{ .}$$

Операція 015:

$$\eta_{\text{оз}} = \frac{0,367}{0,632} = 0,58 \text{ .}$$

3.3 Побудова графіків завантаження обладнання

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

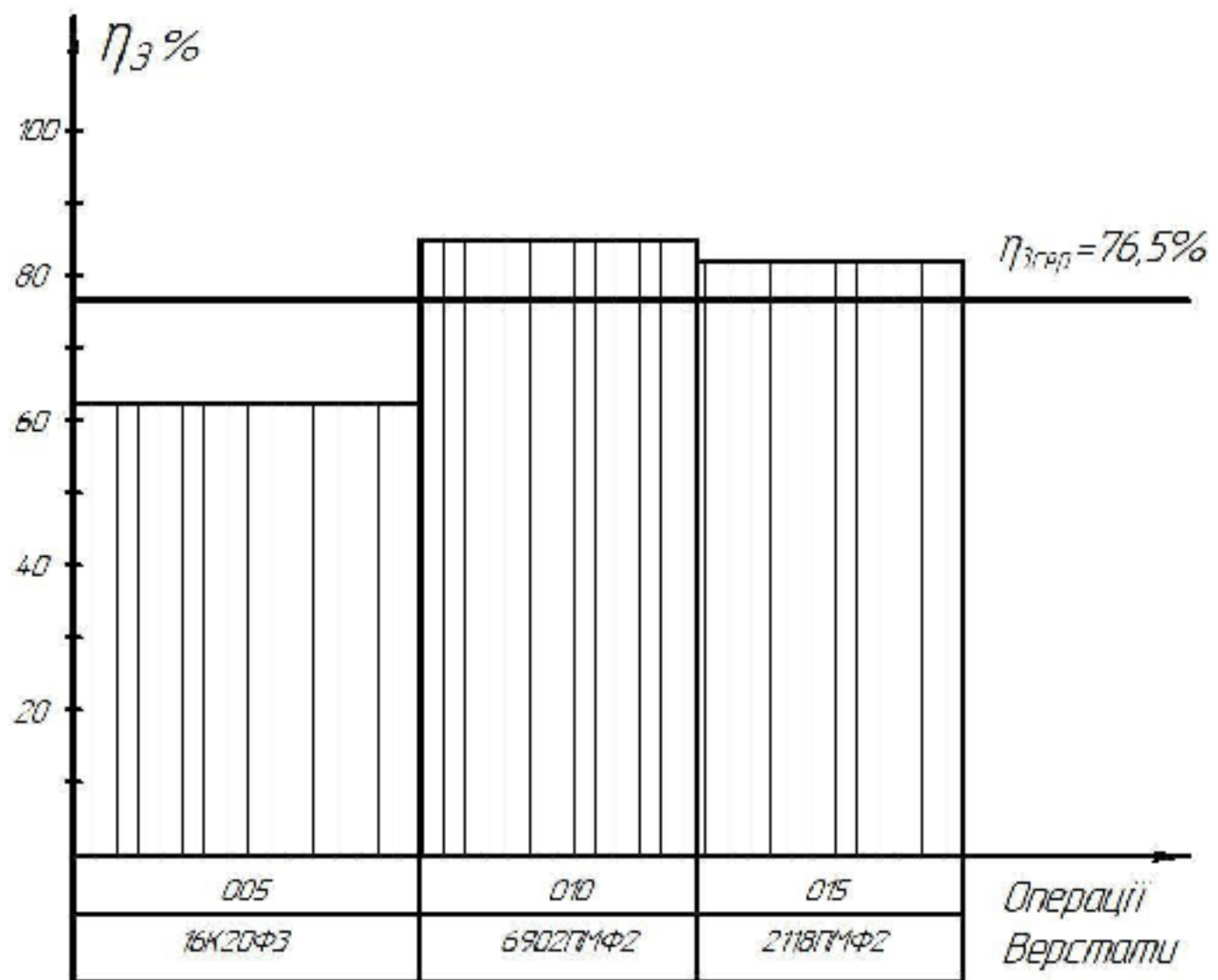


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

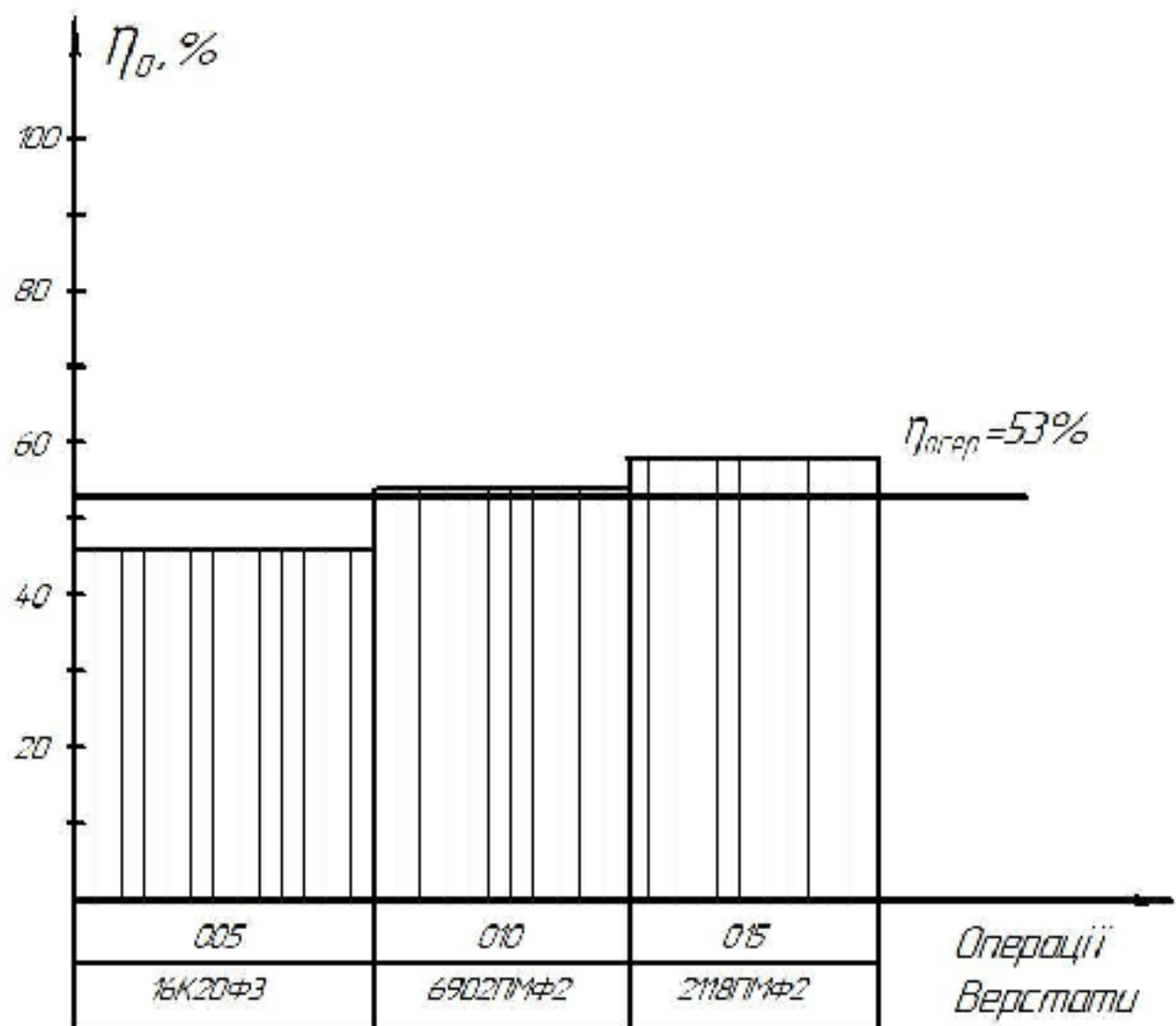


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Висновок. Середній коефіцієнт завантаження $\eta_3 = 76,5\%$ відповідає умовам серійного виробництва (75...85%).

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

3.4 Розрахунок кількості працівників на ділянці

Визначимо необхідну кількість працюючих на кожній операції окремо [2, 21]:

$$P_i = \frac{T_{шт.к.} \cdot N_{прив.}}{F_{др.} \cdot 60 \cdot K_{б.обсл.}} \text{ [чол.],} \quad (3.11)$$

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

$F_{др.}$ – фонд часу робітника, хв.;

$K_{б.обсл.}$ – коефіцієнт, який враховує кількість верстатів, які обслуговує 1 робітник;

$N_{прив.}$ – приведена програма.

Визначимо кількість основних робітників на кожній операції окремо:

операція 005:

$$P_1 = \frac{17,687 \cdot 74545}{3890 \cdot 60 \cdot 3} = 1;$$

операція 010:

$$P_2 = \frac{1,37 \cdot 74545}{3890 \cdot 60 \cdot 1} = 1;$$

операція 015:

$$P_3 = \frac{0,632 \cdot 74545}{3890 \cdot 60 \cdot 1} = 1.$$

Тоді загальна кількість основних робітників складає:

$$P_{oc.} = P_1 + P_2 + P_3 = 1 + 1 + 1 = 3.$$

Визначимо необхідну кількість допоміжних робітників. Їх кількість може бути визначена у відсотках (20-25%) від сумарної кількості основних робітників ($P_{oc.}$):

$$P_{д.} = P_{oc.} \cdot 0,2 = 3 \cdot 0,2 = 1 \text{ робітник}$$

Визначимо необхідну кількість інженерно-технічних робітників. Для механічних цехів їх кількість може бути визначена у відсотках (15-24%) від сумарної кількості прийнятих верстатів ($C_{пр.}$):

$$P_{i.т.} = C_{пр.} \cdot 0,15 = 5 \cdot 0,15 = 1.$$

Визначимо необхідну кількість службовців. Їх кількість може бути визначена у відсотках (0,1-2%) від сумарної кількості основних робітників ($P_{oc.}$):

$$P_{с.} = P_{oc.} \cdot 0,01 = 3 \cdot 0,01 = 1.$$

Загальна кість працюючих зведемо у відомість працюючих (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Відомість працюючих

Працюючі (категорія)	Загальна кількість	Розподіл по професіям	Розподіл по змінам
Основні робітники	3	1 – токар; 1 – свердлильника; 1 – фрезерувальник	3 (1-ша зміна) 3 (2-га зміна)
Допоміжні робітники	1	1 – контролера	1 (1-ша зміна)
Інженерно- технічні робітники	1	1 – технолог	1 (1-ша зміна)
Службовці	1	1 – бухгалтер	1 (1-ша зміна)
Молодший обслуг. персонал	1		

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Визначним елементом підготовки майбутніх спеціалістів є виконання випускних робіт, в процесі чого зафіксовуються, поглиблюються та узагальнюються знання, отримані за час навчання. Реалізуючи ці знання стосовно розв'язання конкретного фахового завдання, студент набуває практичних навичок та досвіду самостійного розв'язання інженерних завдань, уміння застосовувати в роботі новітні досягнення техніки і науки.

В даному розділі при використанні нормативної документації проводиться аналіз шкідливих та небезпечних виробничих чинників у виробничому приміщенні (описання і класифікація потенційно небезпечних та шкідливих чинників, визначення можливих причини виникнення цих чинників і короткий опис їхньої дії на організм працівника); заповнюється карта умов праці; вказуються рекомендації стосовно поліпшення умов праці, а також розглядаються норми пожежної безпеки.

4.1 Причини виникнення, дія на організм людини та нормування небезпечних та шкідливих виробничих факторів у виробничому приміщенні

Під час роботи в даному приміщенні, виникає низка небезпечних та шкідливих виробничих чинників, що регламентуються [22].

Дане приміщення характеризується небезпечними та шкідливими виробничими факторами фізичної, хімічної, біологічної та психофізіологічної груп [22, 23], які класифікуються 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 швидкість руху 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 чинників та стисло опишемо їхній вплив на організм людини, оформивши їх в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Причини виникнення НШВФ та їхня дія на організм людини

НШВФ	Причини виникнення	Дія на організм людини
1	2	3
Високий рівень шуму і вібрації	робота таких елементів комп'ютерів, як жорсткий диск, вентилятори блоку живлення, охолодження мікропроцесора, швидкісні пристрої для зчитування та запису інформації з оптичних носіїв, механічні сканери, пересувні механічні частини принтера	психічні та фізіологічні порушення, що знижують працездатність і створюють передумови для загальних та професійних захворювань і виробничого травматизму
Високий рівень інфразвуку	інфразвукові складові, що як правило, присутні у спектрі шуму, який генерується промисловими установками і транспортними засобами	супроводжується відчуттям обертання, розхитування, почуттям тривоги, страху, біллю у вухах, порушенням роботи органів рівноваги
Високий рівень ультразвуку	обладнанням, у якому генеруються ультразвукові коливання для виконання технологічних операцій, а також обладнання, при експлуатації якого ультразвук виникає як побічний фактор	зсуви у стані нервової, серцево-судинної, дихальної, ендокринної системах організму, у обміні речовин та терморегуляції працівника

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
Високий рівень електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону	лабораторні та вимірювальні прилади різного призначення, персональні комп'ютери та інше	може спровокувати катаракту, при якій помутніння розвивається на мембрані кришталіка, підвищену частоту захворювання глаукомою, а під дією підвищеної концентрації пилу поблизу екрана дисплея підвищується імовірність виникнення дерматитів обличчя (прищі, екземи, свербіж шкіри)
Високий рівень електромагнітних випромінювань промислової частоти	струмоведучі частини працюючих електроустановок	може спровокувати злоякісні пухлини. Найбільш сильна дія цих полів виявляється на відстані до 30 см від екрана. Не меншої інтенсивності досягають ці поля із задньої сторони дисплея (джерело рядковий трансформатор) – їхній шкідливий вплив поширюється на відстань до 0,7-1 м
Понижена або підвищена температура повітря робочої зони	може бути спричинена різкою зміною температури повітря навколишнього середовища, наявністю або відсутністю опалення робочого приміщення тощо.	тепловий удар, який супроводжується втратою свідомості, блювотою, судомами
Понижена або підвищена відносна вологість повітря робочої зони	при роботі ПК утворене тепле повітря видують назовні із системного блоку спеціальні вентилятори, що приводить до зниження вологості повітря	зменшення або збільшення тепловіддачі організмом працівника, що сприяє його перегріванню або переохолодженню
Понижена або підвищена швидкість руху повітря робочої зони	нераціональні параметри системи вентиляції або її відсутність	порушення реакції терморегуляції організму працівника

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
Підвищена інтенсивність теплового випромінювання	тепло, яке надходить до приміщення від системи опалювання, в результаті сонячної радіації та від інших джерел	підвищення температури повітря в приміщенні вище допустимих меж
Відсутність або недостатність природного освітлення	наявність конфронтуючих будинків та споруд	ускладнює виконання роботи, може призвести до нещасного випадку і захворюванню органів зору працюючого
Недостатня освітленість робочої зони	відсутність або недостатність природного освітлення, мала потужність світильників та ламп штучного освітлення та ін	низька продуктивність праці, оскільки очі працівника перенапружуються, при цьому стає складно відрізнити оброблювані предмети
Шкідливі хімічні речовини в повітрі робочої зони	в приміщеннях із ПК оператори піддаються впливу пилу, який притягається до працюючого та сильно наелектризованого обладнання	пил, що осідає в легенях викликає захворювання – пневмоконіоз
Перенапруження аналізаторів	інтенсивна робота за ЕОМ	різка втома органів зору працівника і навіть погіршення зору
Монотонність праці	розвиток напіваавтоматичного виробництва і автоматизованих систем керування, оскільки основними функціями працівника за таких умов стають нескладні, одноманітні рухи, які повторюються тисячі разів за зміну, або функції спостереження, керування і контролю за роботою системи	призводить до швидкого розвитку втоми в зв'язку з локалізацією м'язових і нервових навантажень, незадоволення роботою і зниження творчої активності працівника

Обґрунтуємо вибір нормованих значень небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Відповідно до [24] для такої шкідливої речовини, як пил зерновий, встановлюємо, що вона відноситься до 2-го класу небезпеки і має $\Gamma_{\text{ДК}} = 4 \text{ мг/м}^3$.

Для виду вібрації – локальна, вибираємо нормований еквівалентний рівень віброприскорення 76 дБ [25].

Після врахування призначення приміщення – виготовлення і вид шуму – непостійний, вибираємо нормований еквівалентний рівень шуму 75 дБА [26].

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

Для частоти електричного поля радіочастотного діапазону 12,326 МГц нормована напруженість електричного поля 8-ми годинного робочого дня складає 30 В/м відповідно до [27].

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

За величиною енерговитрат 161 Вт відповідно до [28] вибираємо категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – Іб, для якої в теплий період року для постійних робочих місць допустима температура повітря складає 21...28 °С, допустима швидкість руху повітря 0,1...0,3 м/с, а допустима відносна вологість повітря не повинна перевищувати 60 %. Інтенсивність теплового випромінювання допускається не більше ніж 140 Вт/м².

Враховуючи найменший розмір об'єкта розрізнення 0,76 мм, встановлюємо розряд зорових робіт – 4, для якого нормоване КПО для бокового освітлення складає 1,5 % [29].

Оскільки приміщення знаходиться у м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а вікна орієнтовані за азимутом 158°, то для таких умов нормоване КПО перераховуватиметься за формулою [8]:

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

$$e_s = 1,5 \cdot 0,85 = 1,28 (\%),$$

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

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – номер групи забезпеченості природним світлом.

Враховуючи співвідношення контрасту (великий) та фону (світлий), вибираємо підрозряд зорових робіт – г, в межах якого вибираємо нормовану освітленість для загального штучного освітлення – 200 лк.

4.2 Карта умов праці

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

4.2.1 Оцінка факторів виробничого і трудового процесів

Оцінку стану робочого місця за умовами праці здійснюють з урахуванням впливу на працюючих усього комплексу факторів виробничого середовища і трудового процесу, що передбачаються Гігієнічною класифікацією праці [30]. Таблиця 4.2 містить оцінку факторів виробничого і трудового процесів.

4.2.2 Гігієнічна оцінка умов праці

Підвищений рівень інфразвуку – 1 ст. Підвищений рівень неіонізуючих випромінювань радіочастотного діапазону – 1 ст. Підвищений рівень неіонізуючих випромінювань промислової частоти – 1 ст. Підвищена швидкість руху повітря в теплий період року – 1 ст. Підвищена відносна вологість повітря в теплий період року – 1 ст. Підвищена інтенсивність теплового випромінювання – 2 ст.

4.2.3 Оцінка технічного й організаційного рівня

Технічний рівень робочого місця не відповідає нормам.

Таблиця 4.2 – Оцінка факторів виробничого і трудового процесів

Номер	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення (ГДР, ГДК)		Фактичне значення	Ступені 3-го класу: шкідливі умови і характер праці		
		нижнє	верхнє		I	II	III
1	Шкідливі хімічні речовини:						
	1-й клас небезпеки		–	–			
	2-й клас небезпеки		4	0,29			
	3-й, 4-й класи небезпеки		–	–			
2	Вібрація		76	15			
3	Шум		75	56			
4	Інфразвук		110	118	–		
5	Ультразвук		110	107			
6	Неіонізуючі випромінювання:						
	- радіочастотний діапазон		30	110	–		
	- діапазон промислової частоти		5	6,49	–		
	- оптичний діапазон		0,0	0			
7	Мікроклімат у приміщенні:						
	- температура повітря, °C	21	28	17			
	- швидкість руху повітря, м/с	0,1	0,3	0,8	–		
	- відносна вологість повітря, %		60	82	–		
	- інтенсивність теплового випромінювання, Вт/м ²		140	2718		+	
8	Виробниче освітлення:						
	- розряд зорових робіт	4		4			
	- КПО для природного освітлення, %	1,28		1,9			
	- освітленість для штучного освітлення, лк	200		328			
	Кількість факторів	–	–	–	5	1	0

4.2.4 Атестація робочого місця

Робоче місце атестовано за другим ступенем шкідливості.

4.2.5 Рекомендації щодо покращення умов праці

Для забезпечення допустимих параметрів інфразвуку в приміщенні потрібно виключити або ослабити його генерування в самому джерелі виникнення.

Для забезпечення допустимих параметрів неіонізуючих випромінювань радіочастотного діапазону в приміщенні потрібно екранувати джерела випромінювання.

З метою забезпечення нормованих параметрів неіонізуючих випромінювань прочастоти необхідно застосувати захист відстанню.

Для забезпечення нормованих параметрів швидкості руху повітря в приміщенні потрібно зменшити число обертів вентилятора.

Для забезпечення нормованих параметрів відносної вологості повітря в приміщенні потрібно застосувати систему кондиціювання повітря.

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

4.3 Пожежна безпека

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій приміщення, що розглядається наведені в таблиці 4.3. В таблиці 4.4 наведено протипожежні норми проектування будівель і споруд.

Таблиця 4.3 – Мінімальні межі 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
5	нн	нн	нн	нн	нн	нн	нн	нн	нн
	нн	нн	нн	нн	нн	нн	нн	нн	нн

Примітка. нн – не нормується.

Таблиця 4.4 – 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 евакуивходу	Протипожежні розриви, м, для ступеня їх вогнестійкості			Найбільша кількість поверхів	Площа поверху в межах пожежного відсіку, м ² , для кількості поверхів		
			до 1	2-3	4-5		I,II	III	IV,V		1	2	3 і більше
до 15	A	5	40	25	15	45	12	15	18	1	5200	–	–

4.4 Висновки до розділу

Під час виконання даного розділу опрацьовано такі аспекти охорони праці, як аналіз шкідливих та небезпечних виробничих чинників у виробничому приміщенні; карта умов праці; рекомендації стосовно поліпшення умов праці, а також розглянуто протипожежні норми.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській кваліфікаційній роботі спроектовано технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка УВ.15.44». При цьому згідно заданої програми випуску ($N = 40\,000$ шт.) розрахункового представника визначено тип виробництва – середньосерійний, форма організації роботи – групова, виконано огляду технології виготовлення деталі типу «Диски», проведено аналіз технологічності конструкції деталі, розглянуті можливі методи та способи виготовлення заготовки та вибрано оптимальний (лиття під тиском) 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 $\varnothing 34H8^{(+0,039)}$, 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 $N_{пр} = 88615$ шт.; дільниця механічної обробки повинна містити 3 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 3 чол., допоміжних працівників на дільниці – 3 чол.

Розроблені заходи з охорони праці на дільниці механічної обробки заданої деталі «Кришка УВ.15.44».

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 005 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. Міністерство охорони здоров'я 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. Державні санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.
26. ДСН 3.3.6-037-99. 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 УВ.15.44»

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 31,99 %

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)

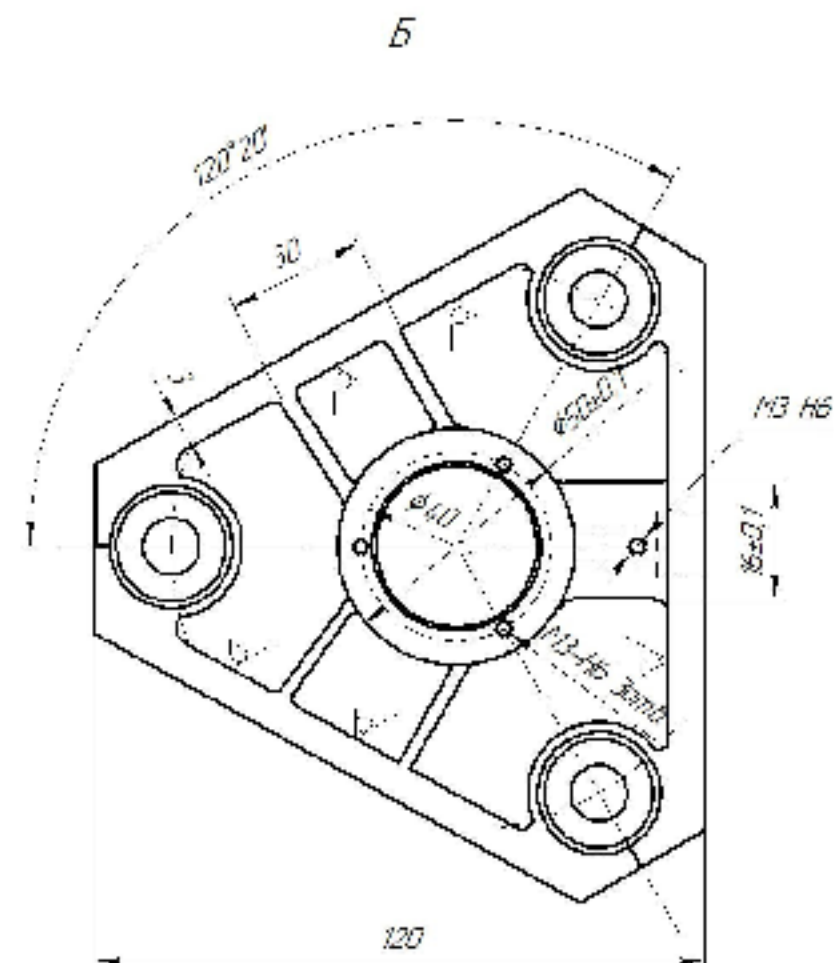
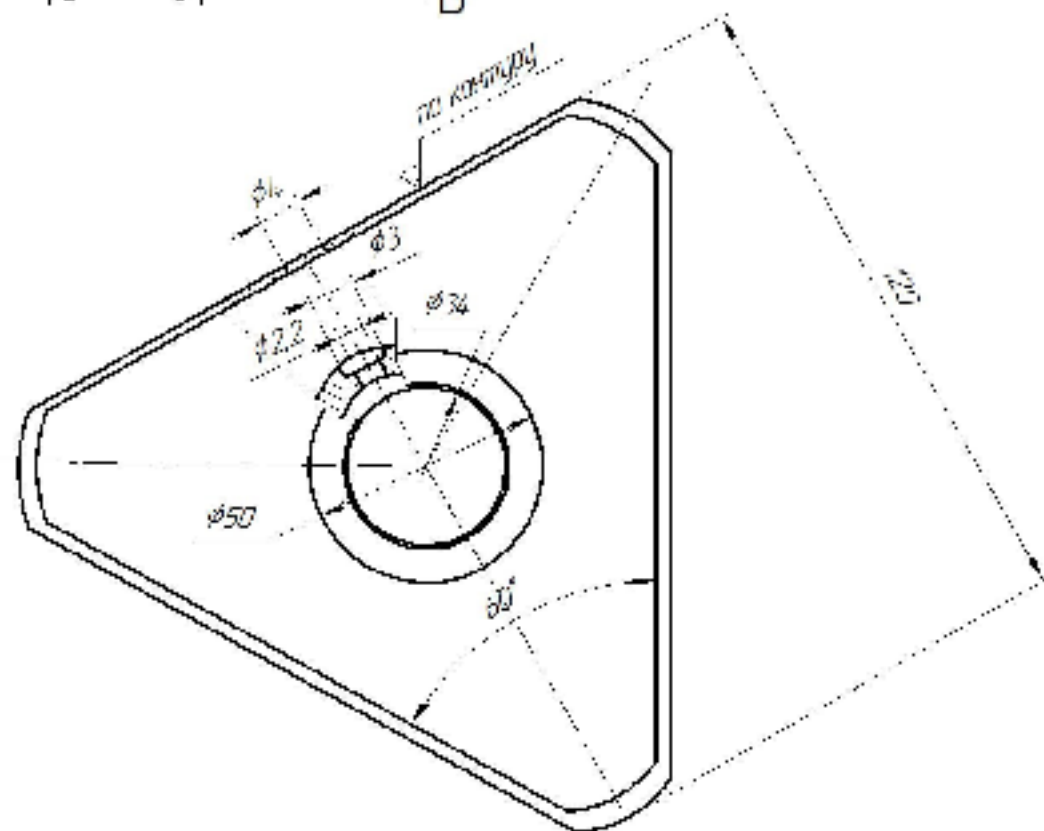
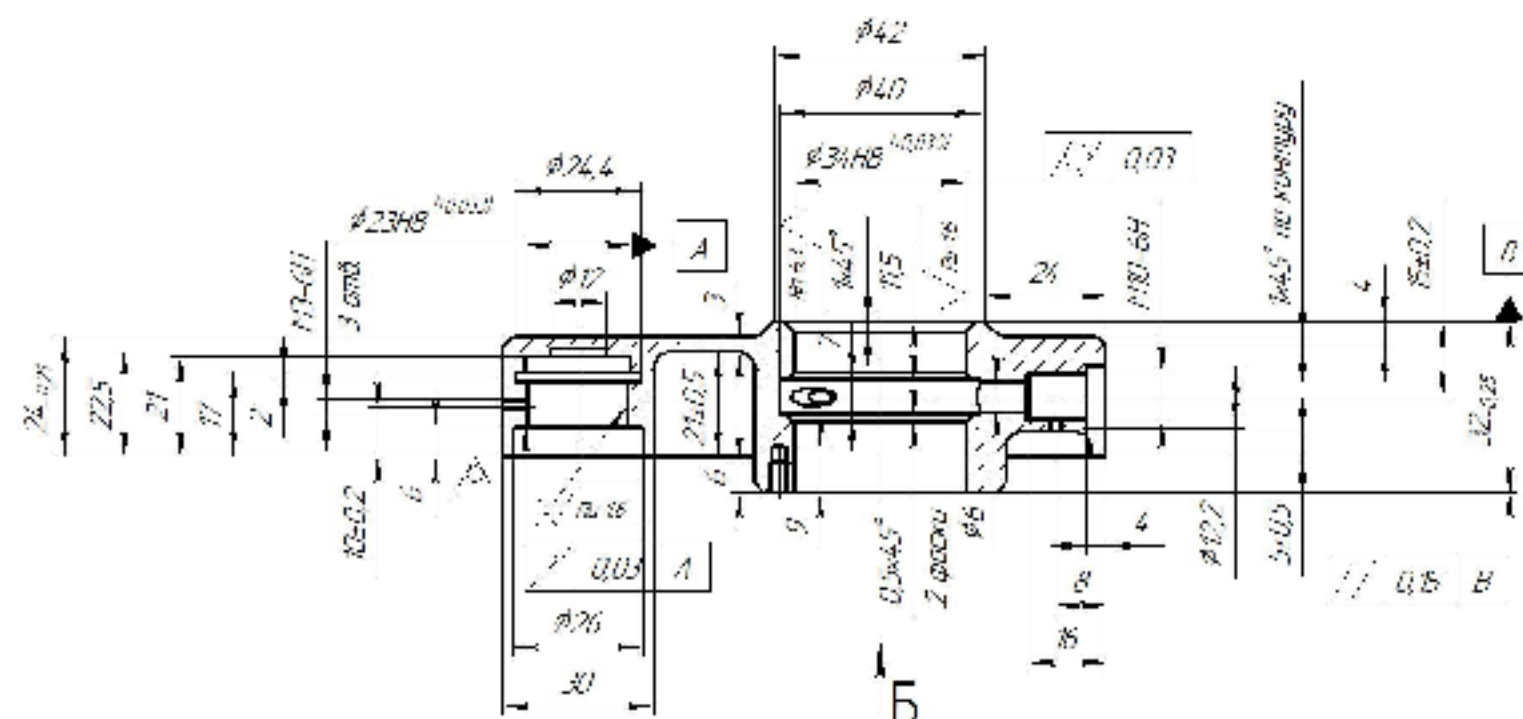
Керівник (підпис) Олександр ДЕРІБО, професор кафедри ТАМ
(ім'я, прізвище, посада)

Здобувач (підпис) Віталій ГОНЧАР
(ім'я, прізвище)

Додаток Б
(обов'язковий)

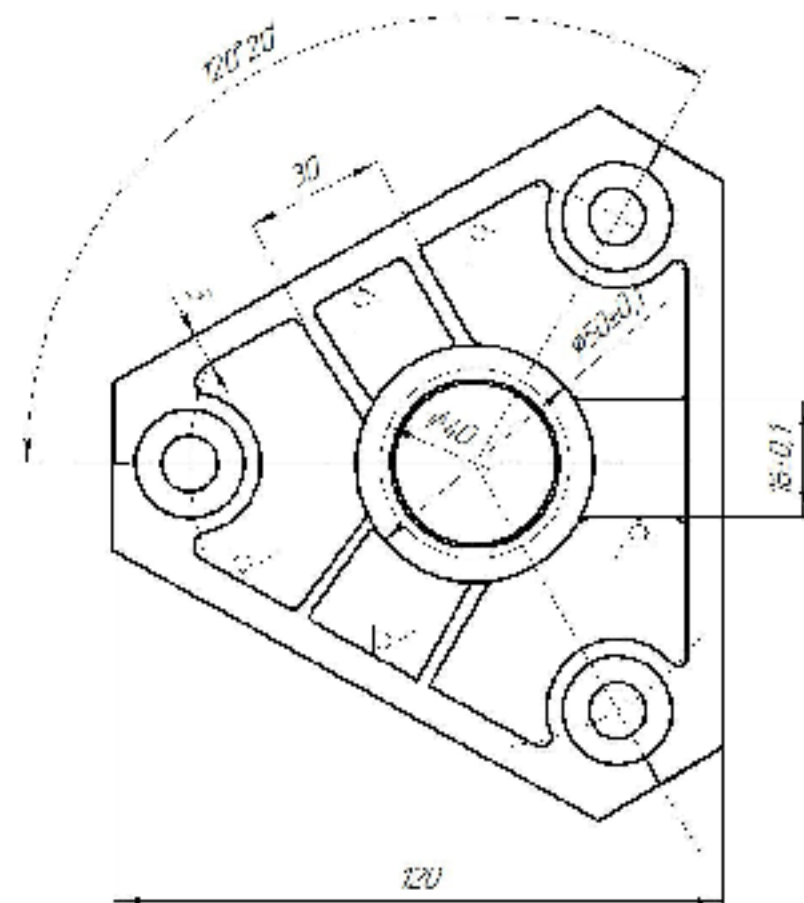
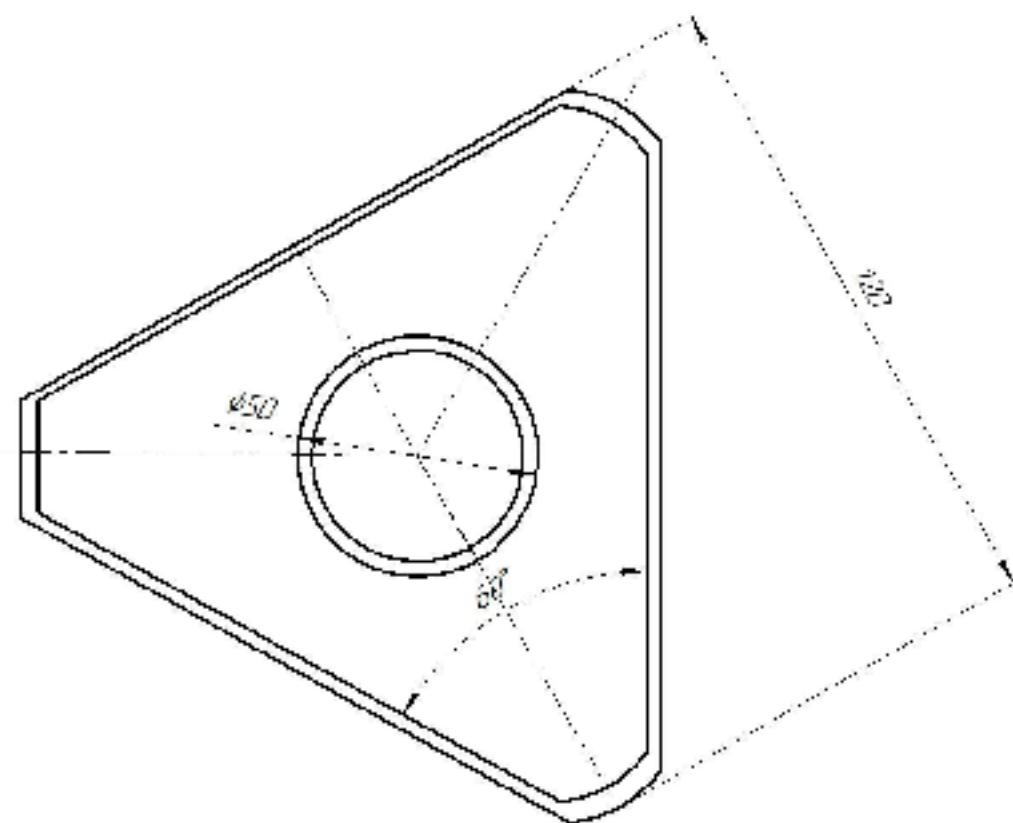
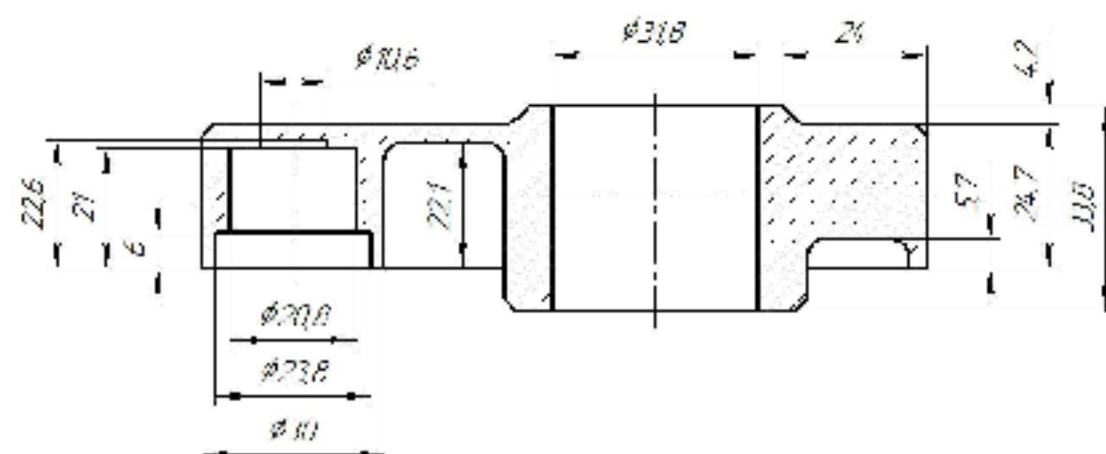
ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ
ТИПУ «КРИШКА УВ.15.44»



1. Невказані зразки вказаних розмірів: Н12; н12; -Н12/2.
2. Листові розміри не вказані на кресленні не більшіє 2 мм.
3. Шліфуються сліди та вирублювання.

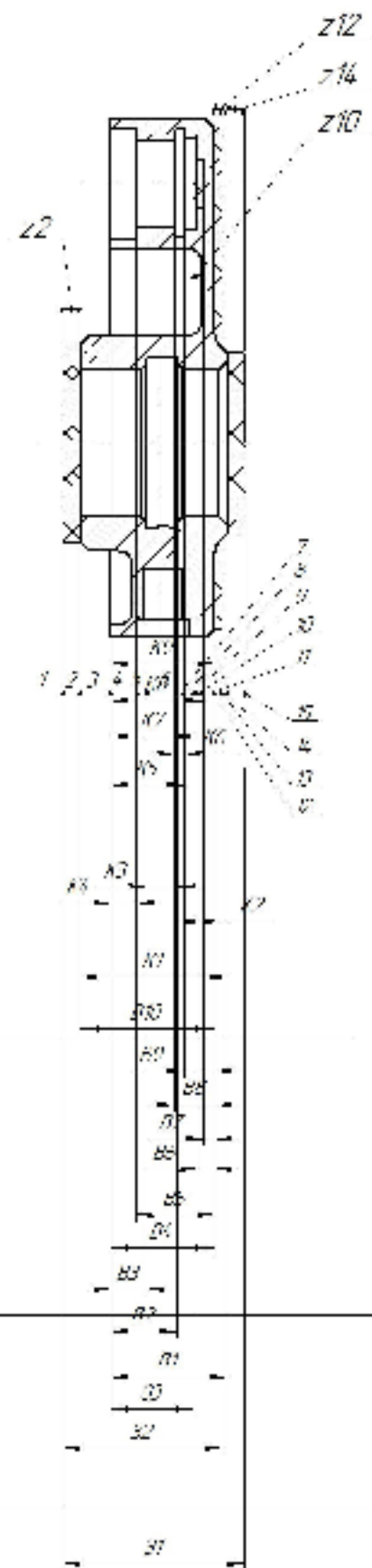
08-64.БKP.008.00.001					
Вид	Деталь	ІФ Деталь	Лист	Лист	
Вид	Деталь	ІФ Деталь	Лист	Лист	
Вид	Деталь	ІФ Деталь	Лист	Лист	
Вид	Деталь	ІФ Деталь	Лист	Лист	
Кришка УВ.15.44				Лист	Лист
АЛ 2Д ГОСТ 2685-75				Лист	Лист
ВНТЛ				Лист	Лист
см. ар. 11/1 215				Лист	Лист



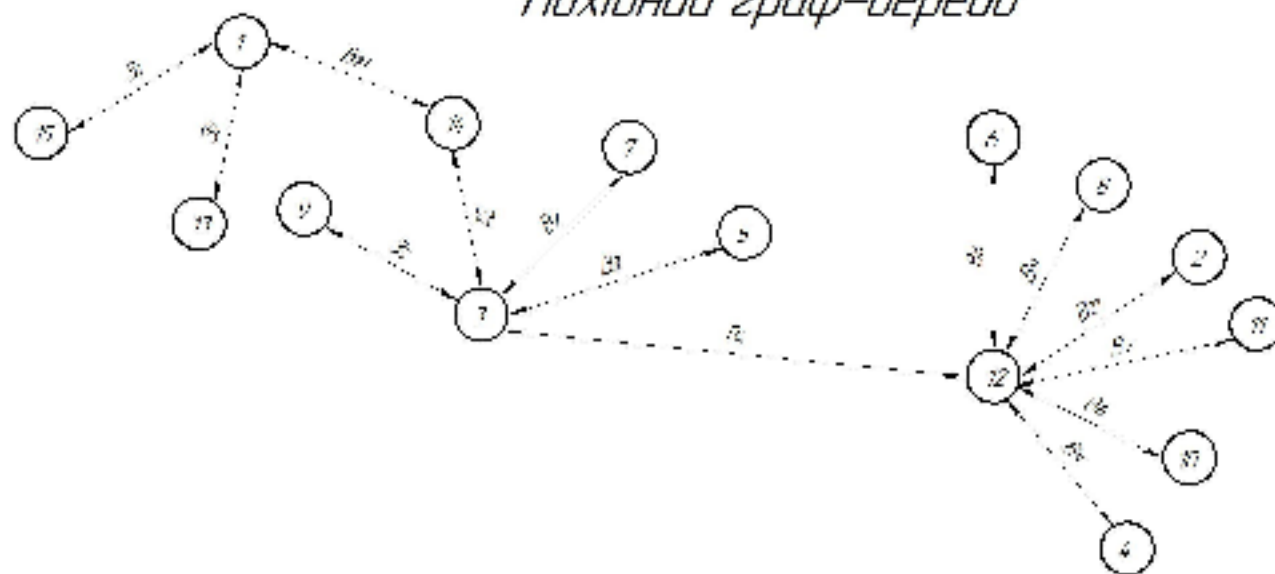
1. Точность вилка 6 6 5 5 ЗнО. ДСТУ 8981 2020.
2. Мат. 0,37-0,02-0,01-0,42 ДСТУ 8981-2020.
3. Невисокі радіуси закруглень 0 мм, фіксовані нахили 1-2°.
4. Шліфувальна шорсткість поверхні R0,3 мм на глибині 0,7 мм.

08-64.БКР.008.00.002					Лист		
Кришка (вилубок)					0,42		
АЛ 2Д ГОСТ 2685-75					ВНТЛ		
ср. гр. 11/1 215					ср. гр. 11/1 215		

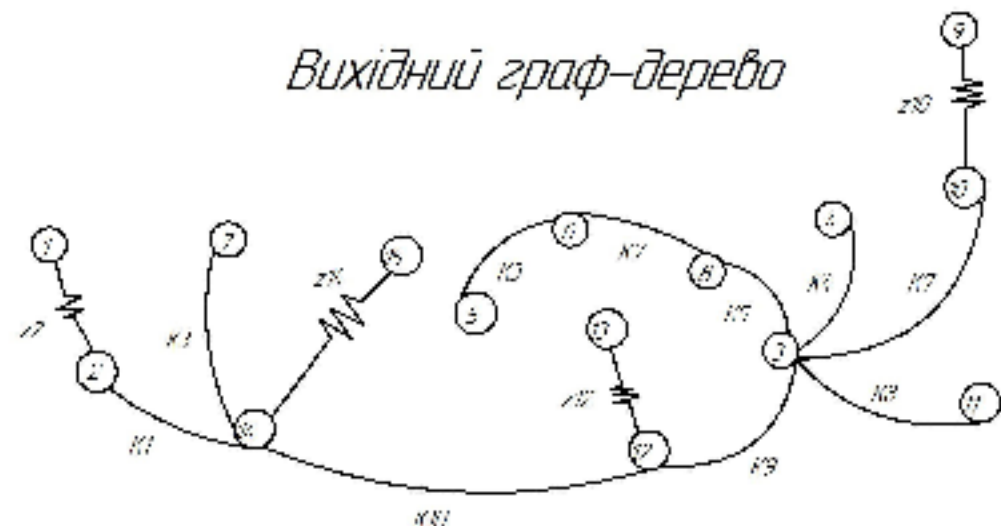
Розмірний аналіз технологічного процесу



Похідний граф-дерево



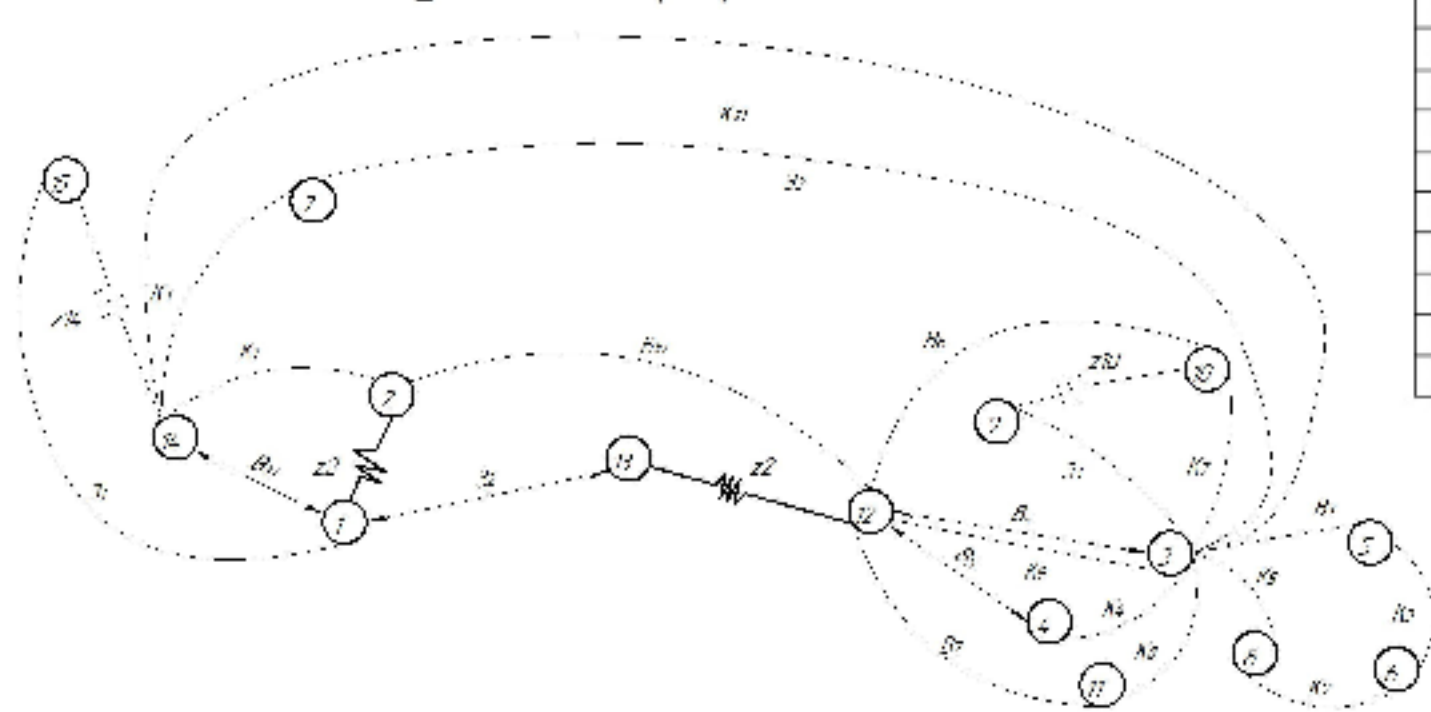
Вихідний граф-дерево

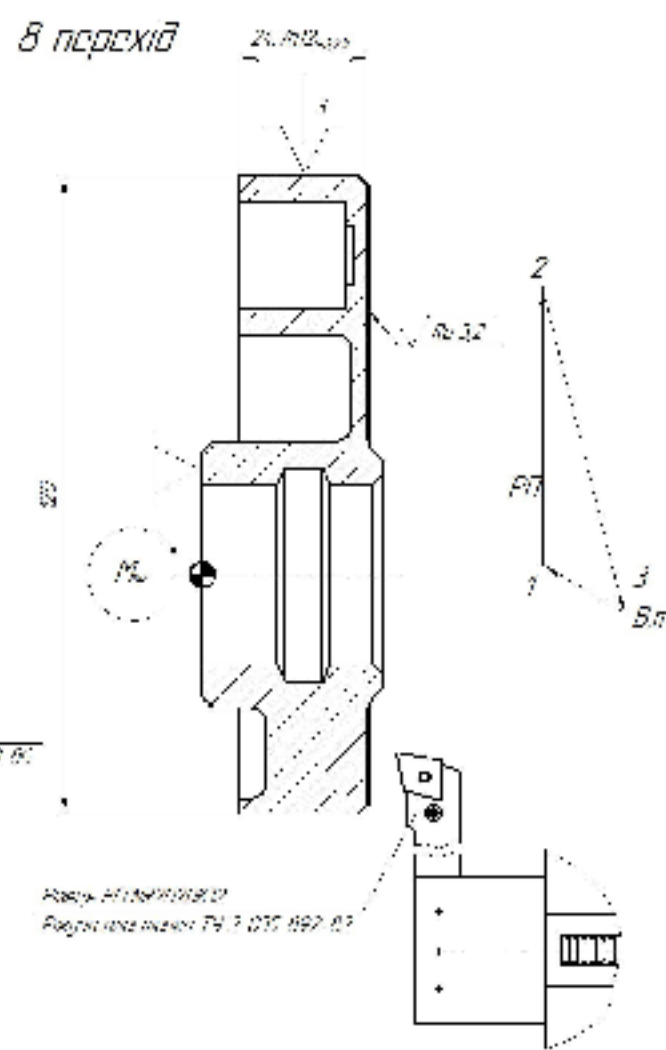
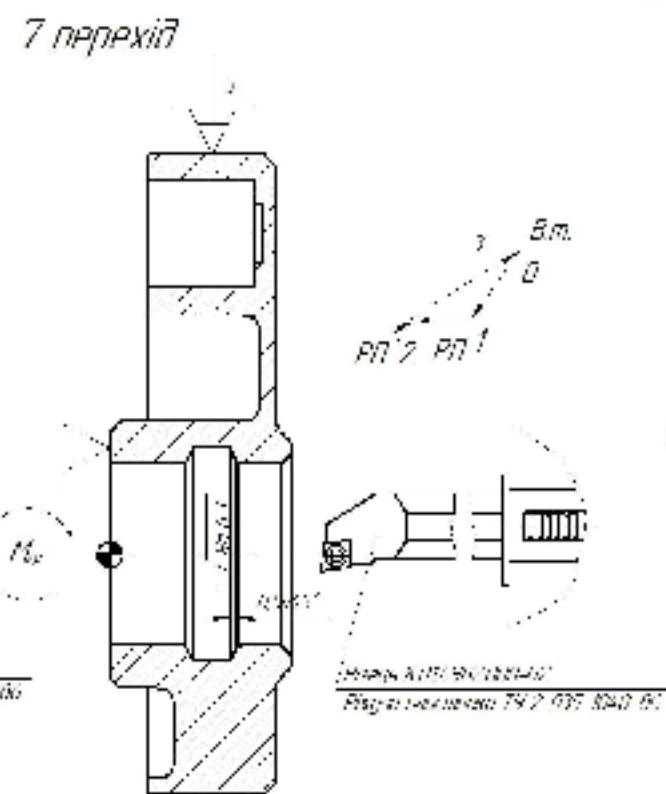
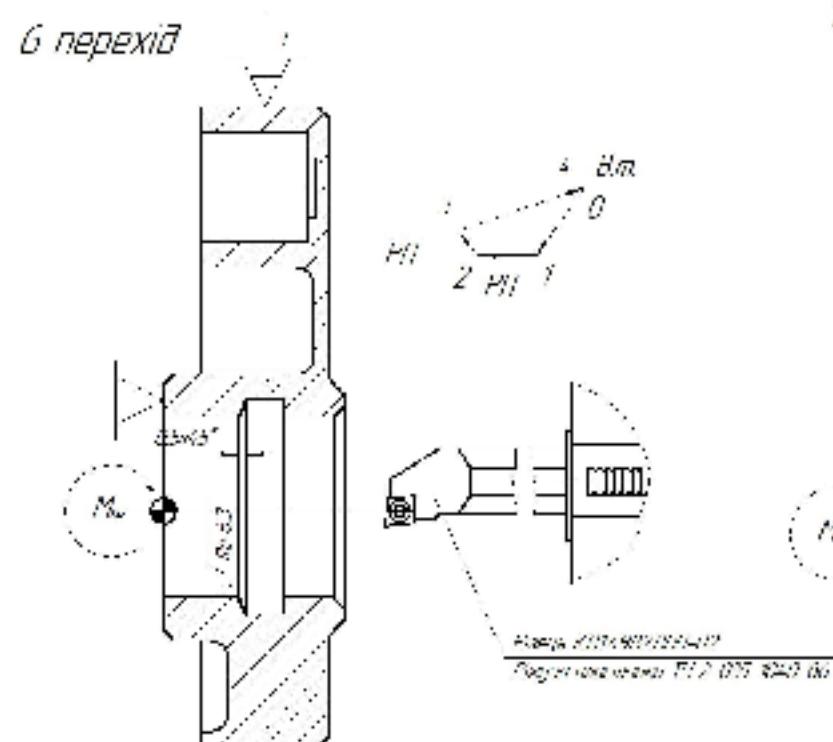
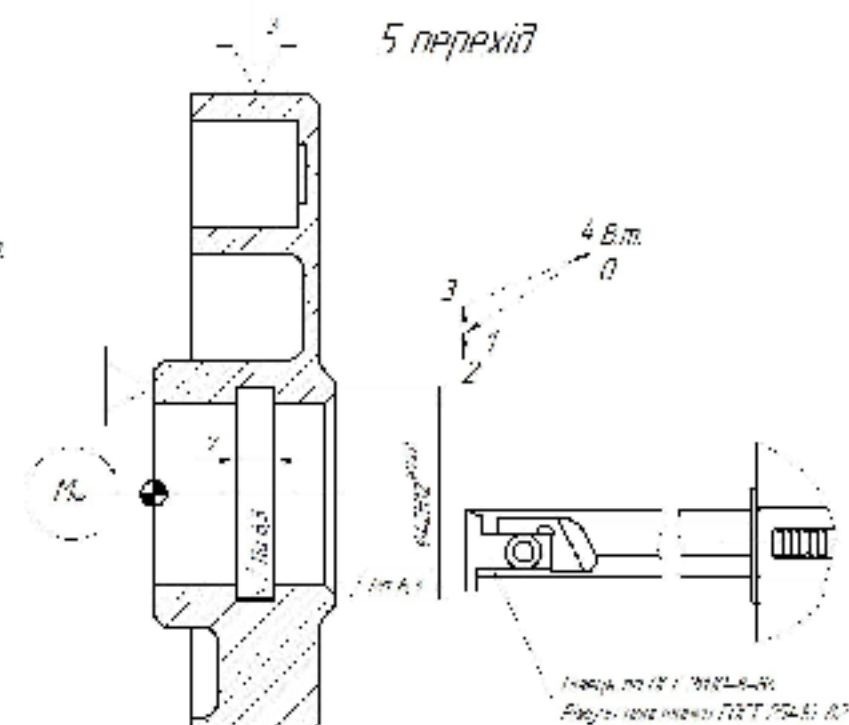
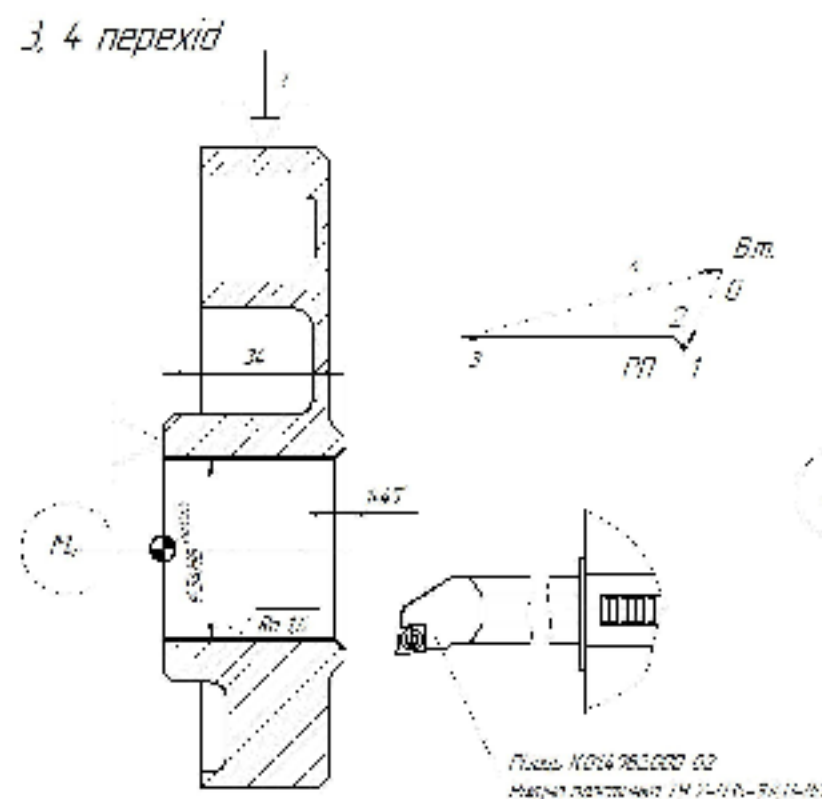
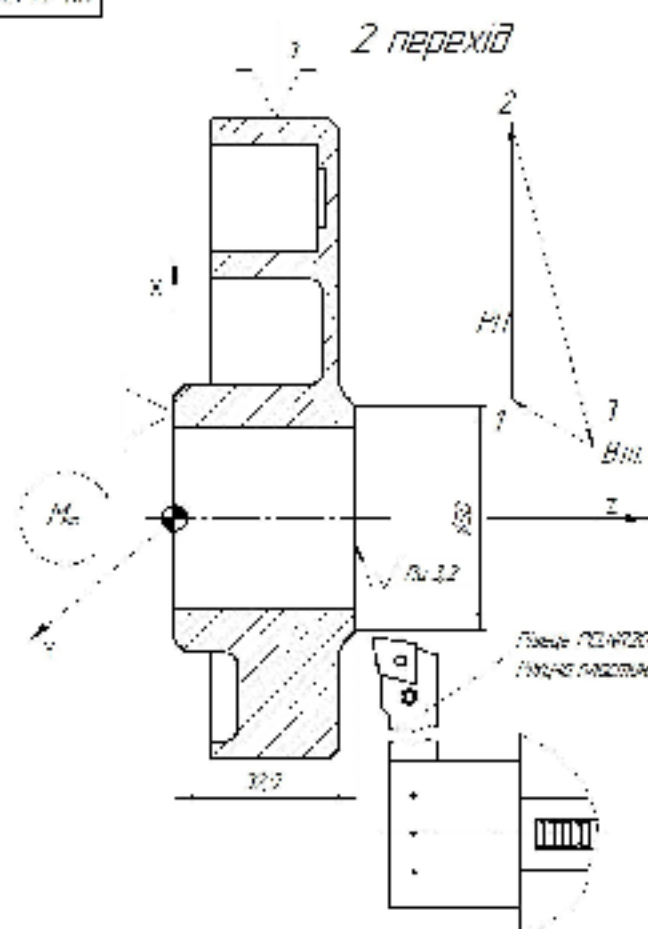


Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

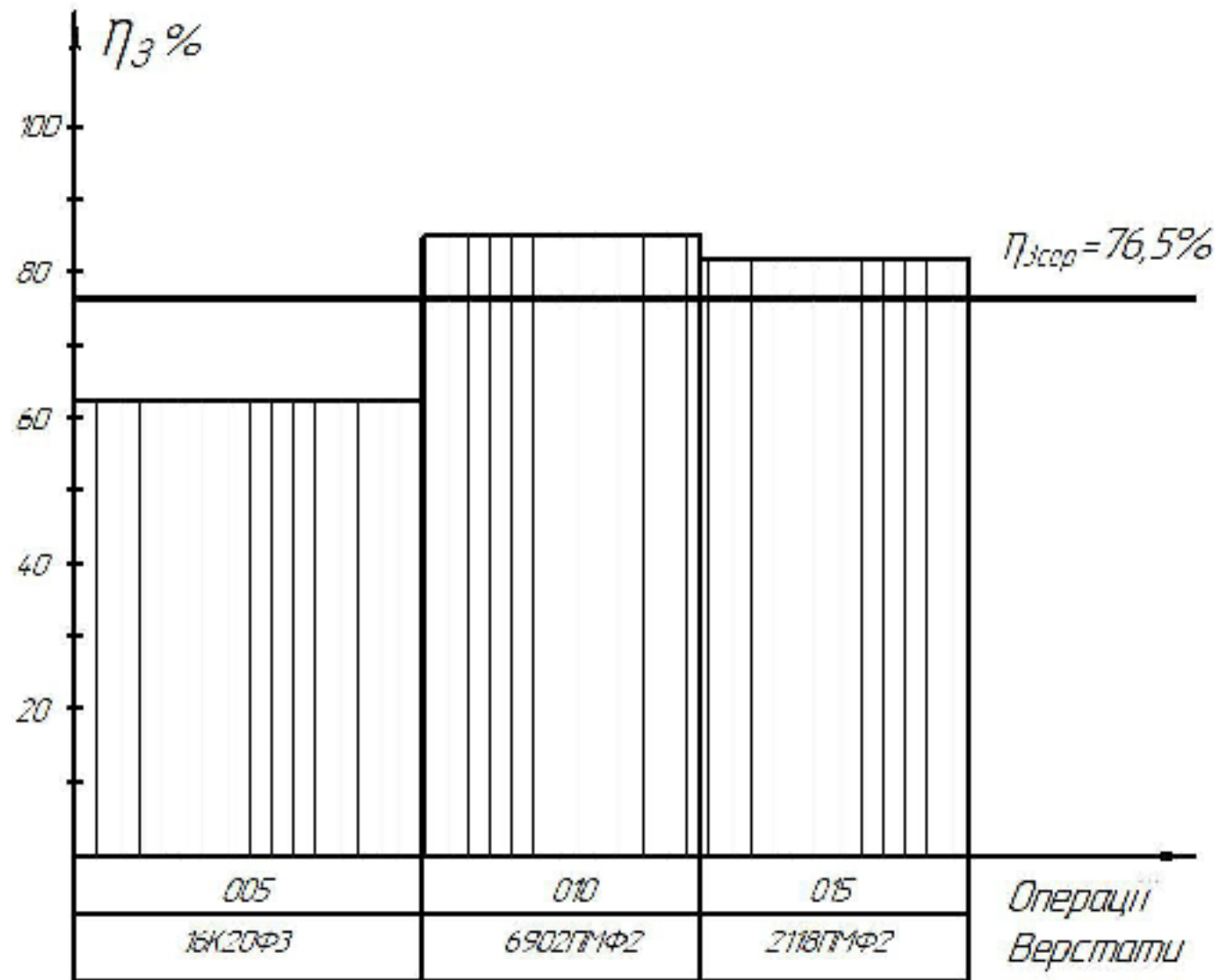
№	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$K_1 - B_2 = 0$	$K_1 = B_2$	B_2
2	$-B_2 - K_2 + B_4 = 0$	$B_4 = B_2 + K_2$	B_4
3	$K_2 + 3_3 - Z_4 = 0$	$3_3 = -K_2 + Z_4$	3_3
4	$K_6 - K_4 + B_5 = 0$	$B_5 = -K_6 + K_4$	B_5
5	$B_5 - K_5 + B_6 = 0$	$B_6 = -B_5 + K_5$	B_6
6	$K_1 - B_3 + K_3 = 0$	$B_3 = -K_3 + K_1$	B_3
7	$K_3 + B_3 - B_5 - Z_3 + 3_4 = 0$	$3_4 = -K_3 - B_3 + B_5 + Z_3$	3_4
8	$3_2 - Z_2 - B_4 - K_2 = 0$	$3_2 = Z_2 + B_4 + K_2$	3_2
9	$3_2 - Z_2 + K_6 - B_1 = 0$	$B_1 = 3_2 - Z_2 + K_6$	B_1
10	$B_1 + Z_2 - 3_1 + 3_4 = 0$	$3_1 = B_1 + Z_2 + 3_4$	3_1

Суміщений граф

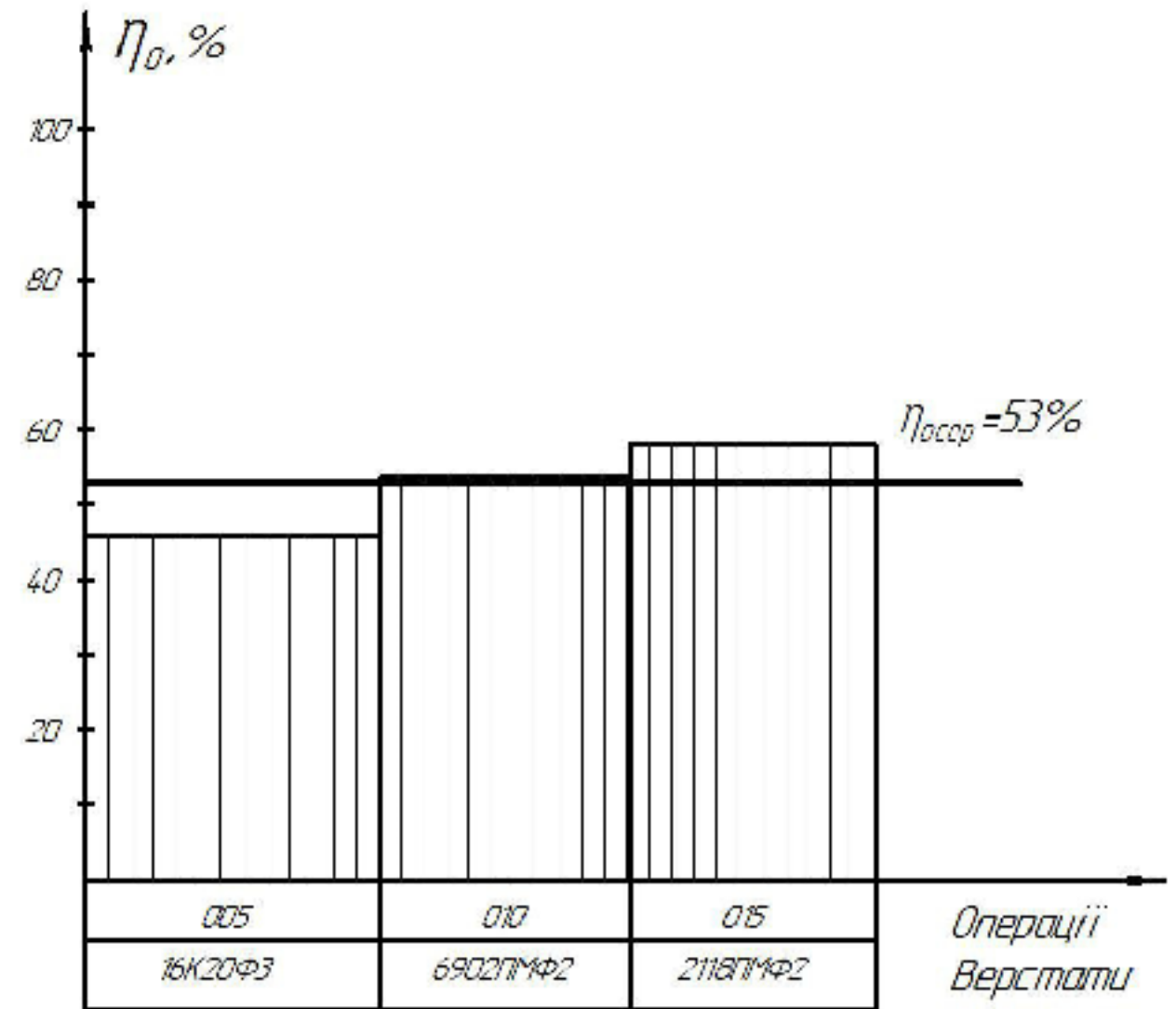


[illegible]

Графіки завантаження обладнання



Графік завантаження обладнання



Графік використання обладнання за основним часом