

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))

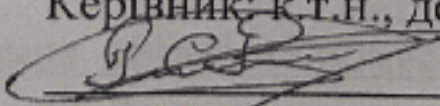
Бакалаврська кваліфікаційна робота

на тему:

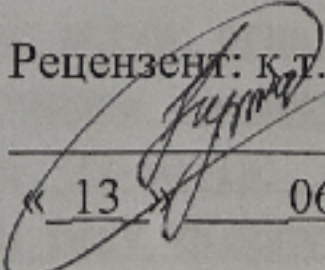
«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 32-8041»»

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

 Віталій КОМАХА

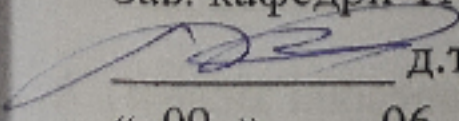
Керівник: к.т.н., доц., доцент каф. ТАМ
 Сергій РЕПІНСЬКИЙ

« 06 » 06 2025 р.

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

« 13 » 06 2025 р.

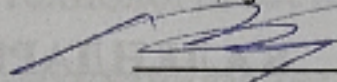
Допущено до захисту
Зав. кафедри ТАМ

 д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ
« 09 » 06 2025 р.

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

 д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ
« 20 » 03 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Комахі Віталію Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 32-8041»

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

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

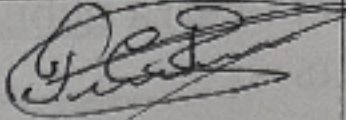
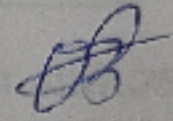
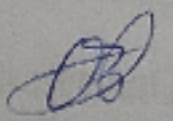
2. Термін подання студентом роботи: 16 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Корпус підшипника 32-8041»; річна програма випуску 2 500 шт.; довідкова література

4. Зміст текстової частини: анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус»; розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 32-8041»; розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 32-8041»; охорона праці; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
деталь «Корпус підшипника 32-8041» (A2); Корпус підшипника (випуск) (A2); маршрут механічної обробки (2A1); розмірний аналіз технологічного процесу (A1); карта налагоджень (операція 015) (2A1); графіки завантаження обладнання (A1)

6. Консультанти розділів роботи

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

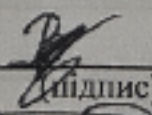
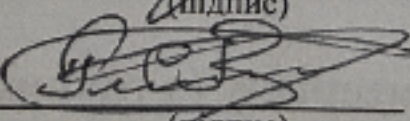
7. Дата видачі завдання « 20 » 03 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Приміт
		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

Керівник роботи


(підпис)

(підпис)

Віталій КОМАХА

Сергій РЕПІНСЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 91 сторінок формату А4, на яких є 12 рисунків, 22 таблиці, список використаних джерел містить 29 найменувань.

Метою роботи є проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 32-8041».

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

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

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

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

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 91 A4 pages, which have 12 figures, 22 tables, the list of sources used contains 29 items.

The aim of the work is to design a technological process for machining a workpiece of the type «Bearing housing 32-8041».

In the general part of the work, a review of the technology for manufacturing a part of the «Housing» 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 «КОРПУС»	8
1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	8
1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Корпус»	13
2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 32-8041»	17
2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі	17
2.2 Вибір способу виготовлення заготовки	23
2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки	23
2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення	23
2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки	29
2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки	30
2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого	32
2.3 Розробка маршруту механічної обробки	33
2.3.1 Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 90H7^{(+0,035)}$	33
2.3.2 Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз	35
2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки	37
2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу	39
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	57

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 32-8041»	61
3.1 Розрахунок приведеної програми	61
3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	63
3.3 Побудова графіків завантаження обладнання	65
3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці	66
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	69
4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників у виробничому приміщенні	69
4.2 Карта умов праці	74
4.3 Пожежна безпека	76
ВИСНОВКИ	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	79
ДОДАТКИ	82
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	82
Додаток Б (обов'язковий). Графічна частина	83

ВСТУП

Актуальність. В наш час 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 «Корпус підшипника 32-8041».

Завдання, що вирішуються в роботі:

- проведення огляду технології виготовлення деталі типу «Корпус»;
- встановлення типу виробництва та форми організації роботи;
- якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки;
- проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 32-8041»;
- розмірний аналіз технологічного процесу;
- визначення режимів різання та норм часу технологічного процесу механічної обробки;
- розрахунок приведеної програми, кількості обладнання та працівників на проектуємій дільниці;
- виконання розділу з охорони праці.

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»

1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

1.1.1 Визначення типу виробництва

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

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

де $\sum O$ – сумарна кількість операцій, що виконуються на одному робочому місці;

$\sum P$ – сумарна кількість верстатів.

Для визначення типу виробництва спочатку необхідно скласти таблицю, куди ввійдуть: формули для визначення норм часу на 5-6 найбільш характерних технологічних переходів механічної обробки; основний час обробки; штучний час; кількість верстатів; число операцій на робочому місці.

Як приклад розглянуто один із переходів механічної обробки. Всі решта розрахунків виконуються аналогічно і зводяться до табл. 1.1.

Перехід – розточування

Вихідні дані $d = 90$ мм; $l = 28,5$ мм.

Визначимо основний технологічний час T_o , хв за формулою:

$$T_o = 0,00018 \, dl; \quad T_o = 0,00018 \cdot 90 \cdot 28,5 = 46,17 \text{ (хв.)}$$

Визначимо $T_{ш.к.}$ за формулою:

$$T_{ш.к.} = \varphi_k \cdot T_o \text{ [хв.]},$$

де φ_k – коефіцієнт дорівнює 1,5;

$$T_{ш.к.} = 46,17 \cdot 2,14 = 98,8 \text{ (хв.)}.$$

Таблиця 1.1 – Дані для розрахунку коефіцієнта закріплення операцій

Зміст переходів	Розрахункова формула T_0 , хв	Параметри обробки, мм	T_0 , хв.	φ_k	$T_{ш.к.}$, хв.	C_p	P , шт.	$\eta_{з.ф.}$	Число операцій на роб-му місці Q
Розточити поверхню $\varnothing 90H7^{(+0,035)}$	$0,00018d \cdot l$	$d=90$ $l=28,5$	0,4617	2,14	0,988	0,014	1	0,014	55,2
Підрізати торець попередньо	$0,000037x \cdot (D^2 - d^2)$	$D=135$	0,64	2,14	1,38	0,019	1	0,019	39,48
Підрізати торець остаточно	$0,000052x \cdot (D^2 - d^2)$	$D=135$ $d=90$	0,91	2,14	1,94	0,027	1	0,027	27,8
Фрезерувати площину основи	$0,006 \cdot l$	$l=210$	1,26	1,84	2,32	0,032	1	0,032	23,44
Фрезерувати площину основи	$0,004 \cdot l$	$l=210$	0,84	1,84	1,55	0,0415	1	0,0415	34,8

Визначимо кількість верстатів за формулою:

$$C_p = \frac{N \cdot T_{ш.к.}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (1.2)$$

де $N = 2500$ (річна програма випуску деталей);

$F_d = 4029$ – річний фонд часу;

$\eta_{з.н.} = 0,7 \dots 0,8$ – коефіцієнт завантаження обладнання, приймаємо 0,75 [2].

Звідси:

$$C_p = \frac{2500 \cdot 0,988}{60 \cdot 4029 \cdot 0,75} = 0,022, \text{ (прийнято 1 верстат).}$$

Визначаємо $\eta_{з.ф.}$ – коефіцієнт фактичного завантаження за формулою:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_p}{C_{пр}}, \quad (1.3)$$

де $C_{пр}$ – прийнята кількість робочих місць;

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,044}{1} = 0,04 .$$

Визначаємо число операцій на робочому місці за формулою:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}; \quad (1.4)$$

$$O = \frac{0,75}{0,044} = 17,05 .$$

Інші дані зводимо в табл. 1.1.

Визначимо

$$K_{з.о.} = \frac{55,2 + 39,48 + 27,8 + 23,41 + 34,8}{5} = 36,14 .$$

$K_{з.о.} > 36,14$ – виробництво дрібносерійне ($20 < K_{з.о.} < 40$).

Висновок: тип виробництва дрібносерійний $20 < K_3 \leq 40$.

1.1.2 Визначимо форму організації технологічного процесу

Форми організації технологічних процесів залежать від встановленого порядку виконання операцій технологічного процесу, розміщення технологічного обладнання, кількості виробів і напрямку їх руху в процесі

виготовлення. Встановлені дві форми організації технологічних процесів – групова і поточна.

Визначаємо добовий випуск деталей, добову продуктивність потокової лінії і порівнюємо між собою.

Добовий випуск виробів [2]:

$$N_c = N/254 \text{ [шт.]}; \quad (1.5)$$

$$N_c = \frac{2500}{254} = 9,85 \approx 10 \text{ (шт.)}$$

Добова продуктивність:

$$Q_c = \frac{F_c}{T_{\text{op}}} \cdot \eta_z, \text{ [шт.]}$$

де F_c – добовий фонд часу роботи обладнання (при двохзмінному режимі роботи дорівнює 952 хв.);

T_{op} – середня трудомісткість основних операцій;

η_z – коефіцієнт завантаження обладнання, дорівнює $0,65 \div 0,75$, прийнято $0,75$;

$$T_{\text{op}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{опі}}}{n}; \text{ [хв.]} \quad (1.6)$$

$$T_{\text{op}} = \frac{0,988 + 1,38 + 1,94 + 2,32 + 1,55}{5} = 1,64 \text{ (хв.)}$$

$$Q_c = \frac{952 \cdot 0,75}{1,64} = 435,4 \approx 436 \text{ (шт.)}.$$

Звідси $10 \leq 436$ шт. тобто $N_c < Q_c$.

Якщо заданий добовий випуск виробів менше добової продуктивності лінії при умові завантаження останньої не менше 60 %, то застосування

однономенклатурної поточної лінії недоцільно. Тому приймаємо групову форму організації технологічного процесу.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску допускається визначати спрощеним способом, за формулою:

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

де a – періодичність запуску в днях (3, 6, 12, 14), приймаємо 6.

Маємо:

$$n = \frac{2500 \cdot 6}{254} = 59 \text{ (шт.)}$$

Корегування розміру партії, полягає у визначенні розрахункового числа змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях:

$$C = \frac{T_{\text{м.к.}} \cdot n}{476 \cdot 0,75}; \quad (1.8)$$

$$C = \frac{1,64 \cdot 59}{476 \cdot 0,75} = 0,29 \approx 0,3 \text{ (прийнято 1 зміну)}.$$

Висновок: тип виробництва – дрібносерійний, форма організації роботи – групова, кількість деталей в партії – 59 шт., обробляється партія деталей на протязі 1 зміни.

Остаточна кількість деталей в партії:

$$n = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot C_{\text{пр}}}{T_{\text{шт-к ср}}} \text{ [шт.]}; \quad (1.9)$$

$$n = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{1,64} = 217,7 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо кількість деталей в партії 218 штук.

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

Поставлена задача проектування технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Корпус підшипника 32-8041» у відповідності з вимогами сучасних напрямків в технології машинобудування.

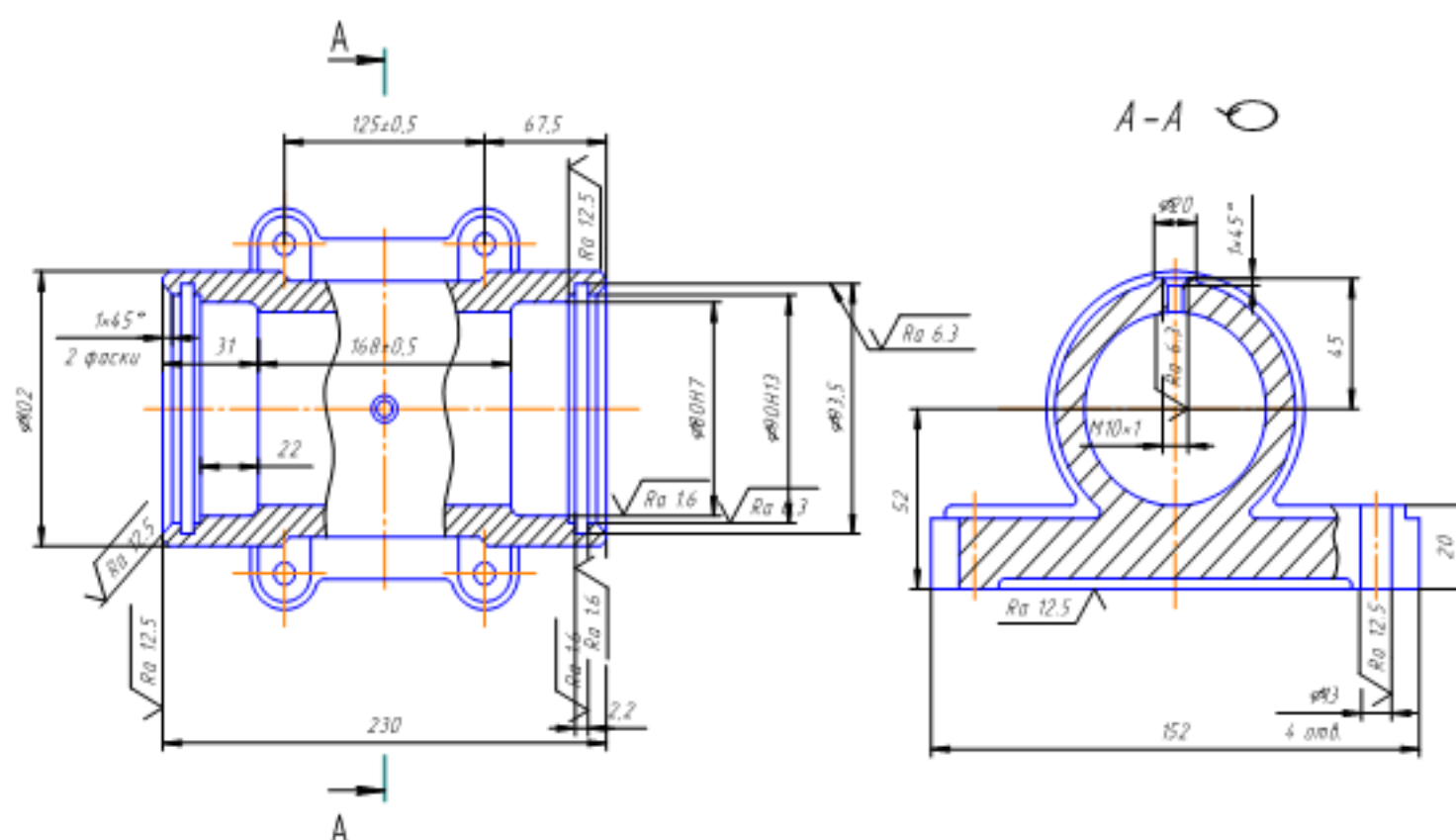
Не дивлячись на різноманітність конструктивного виконання корпусних деталей, відмінності їх геометричних форм, розмірів і технічних вимог в розробці і побудові технологічного процесу обробки різанням існують певні загальні закономірності. Ці закономірності відносяться до задач вибору технологічних баз, до визначення послідовності обробки поверхонь у відповідності з наміченими базами, до визначення необхідної кількості переходів обробки певних поверхонь деталей, до вибору обладнання і формування операцій.

Для корпусних деталей технологічний процес обробки різанням зазвичай включає наступні етапи:

- чорнова і чистова обробка плоских поверхонь або площини і двох отворів, що використовуватимуться надалі у якості технологічних баз;
- обробка інших зовнішніх поверхонь;
- чорнова і чистова обробка головних отворів;
- обробка дрібних і різьбових отворів;
- доводочна обробка плоских поверхонь і головних отворів;
- контроль точності обробленої деталі.

В залежності від технічних вимог між етапами чорнової і чистової обробки можуть бути передбачені природне або штучне старіння для зняття внутрішніх напружень.

Розглянемо приклад типового маршруту механічної обробки деталі типу «Корпус», що наведений в таблиці 1.2 [2-7].



Заготовка - виливок.

Матеріал - чавун СЧ 18.

Кількість деталей із заготовки - 1.

Рисунок 1.1 – Ескіз деталі типу «Корпус»

Таблиця 1.2 – Типовий технологічний процес

Операція	Зміст чи найменування операції	Верстат, обладнання	Оснастка
005 010 015	Лиття Обрубкування і очищення виливка Фрезерувати поверхню основи остаточно. Свердлити чотири отвори $\varnothing 13$ остаточно. Фрезерувати поверхню бобишки $\varnothing 20$ остаточно, свердлити і нарізати різь $M10 \times 1-7H$ в одному отворі остаточно. Фрезерувати торець $\varnothing 102$, витримуючи розмір 230 остаточно. Розточити виточки $\varnothing 80H7$; $\varnothing 90H13$ і фаску $1 \times 45^\circ$ попередньо. Фрезерувати канавку $b=2,2 \pm 0,5$ попередньо. Повернути стіл на 180° . Розточити виточки $\varnothing 80H7$; $\varnothing 90H13$ і канавку $b=2,2 \pm 0,5$ остаточно. Фрезерувати канавку $b=2,2 \pm 0,5$ остаточно. Притупити гострі кромки.	Багатоцільовий з ЧПУ і інструментальним магазином IP500MФ4	Наладка УСПО
020	Технічний контроль.		
025	Нанести антикорозійне покриття.	Верстак	

Виконаємо аналіз можливості використання рішень типового технологічного процесу для модернізації базового.

Аналіз проведемо в такій послідовності:

- порівняння конструктивної подібності деталі;
- порівняння точності оброблюваних поверхонь;
- порівняння шорсткості оброблюваних поверхонь;
- аналіз використання обладнання типового технологічного процесу.

Деталь типового технологічного процесу і розглядувана є корпусами підшипників. Внутрішній отвір типової деталі має досить велику довжину – 230 мм і відповідно два точних отвори $\varnothing 80H7$ (з двох сторін), довжиною 22 мм, що свідчить про те, що вал встановлюється на двох підшипниках. Передбачені канавки під ущільнювальні кільця $\varnothing 93,5$. Кріпиться корпус підшипника у виробі за допомогою гвинтів, для чого передбачені 4 отвори $\varnothing 13$, які розміщені на спеціально виготовлених припливах, зовнішня конфігурація яких не обробляється. Для змащення пари тертя передбачений різьбовий отвір $M10 \times 1$.

В розглядуваній деталі вал встановлюється на одному підшипнику, так як отвір має загальну довжину лише 50 мм, а під підшипник передбачено отвір $\varnothing 90H7$ довжиною 28,5 мм. Для установки манжети передбачено отвір $\varnothing 65H8$. Таким чином, отвір теж ступінчастий.

Кріпиться деталь у вузлі за допомогою гвинтів, для чого передбачені два отвори. Корпус підшипника закривається кришкою, яка кріпиться за допомогою 4-х гвинтів. Тому в конструкції деталі є 4 різьбових отвори $M8-7H$. Для змащення пари тертя теж передбачений різьбовий отвір $M10 \times 1-7H$ для установки прес-масльонки. Але для зручності її установки передбачена лиска на зовнішньому контурі деталі, де розміщений даний отвір. Бобишки під головки гвинтів для кріплення деталі у вузлі теж підлягають обробці (чого немає в типовій деталі). По зовнішньому контуру деталь, як і типова, не обробляється.

В загальному можна зробити висновок, що розглядувана деталь дещо складніша по конструкції.

По точності поверхонь – у типовій деталі одна поверхня 7 квалітету, одна – 13 квалітету, різьбовий отвір 7 квалітету, всі решта поверхонь обробляються по 14 квалітету.

У розглядуваної деталі одна поверхня 7 квалітету, одна – 8 квалітету, дві – 10 квалітету, 5 різьбових отворів – 7 квалітету. Всі решта поверхонь обробляються по 14 квалітету.

По шорсткості – типова деталь має 6 поверхонь з шорсткістю $R_a \sqrt{1,6}$ мкм, 5 поверхонь з шорсткістю $R_a \sqrt{6,3}$ мкм, 11 поверхонь з шорсткістю $R_a \sqrt{12,5}$ мкм.

В розглядуваній деталі 3 поверхні з шорсткістю $R_a 1,6$ мкм, 8 поверхонь з шорсткістю $R_a 3,2$ мкм, 1 поверхня з шорсткістю $R_a 6,3$ мкм, 9 поверхонь з шорсткістю $R_a 12,5$ мкм.

Таким чином, в загальному можна зробити висновок, що «Корпус підшипника 32-8041» (розглядувана деталь) буде дещо складнішою в обробці, тобто технологічний процес механічної обробки буде складнішим.

Аналіз типового технологічного процесу механічної обробки деталі «Корпус підшипника 32-8041» дозволяє зробити наступні висновки:

- схема обробки може бути прийнята за основу;
- враховуючи тип виробництва доцільно застосовувати верстати з ЧПК;
- в типовому технологічному процесі застосовано багатоцільовий верстат з ЧПК, що містить в своєму магазині 72 інструменти. Для даного підприємства такий верстат застосовувати недоцільно, так як він коштує дуже дорого і особливої необхідності в ньому немає. Його можна замінити на більш прості та дешеві.

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 32-8041»

2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі

2.1.1 Якісний аналіз технологічності

Деталь «Корпус підшипника 32-8041» входить до складу складальної одиниці «Підшипниковий вузол», який є одним із досить поширених вузлів машин та механізмів. Деталь «Корпус підшипника 32-8041» є однією з основних деталей вузла, що зумовлює високі вимоги точності до ряду її поверхонь.

До складу деталі входить ступінчастий отвір, в який садиться підшипник, та двох лапок з отворами, призначений для закріплення корпусу на відповідній поверхні. Конструкція деталі визначає вимоги точності до її поверхонь.

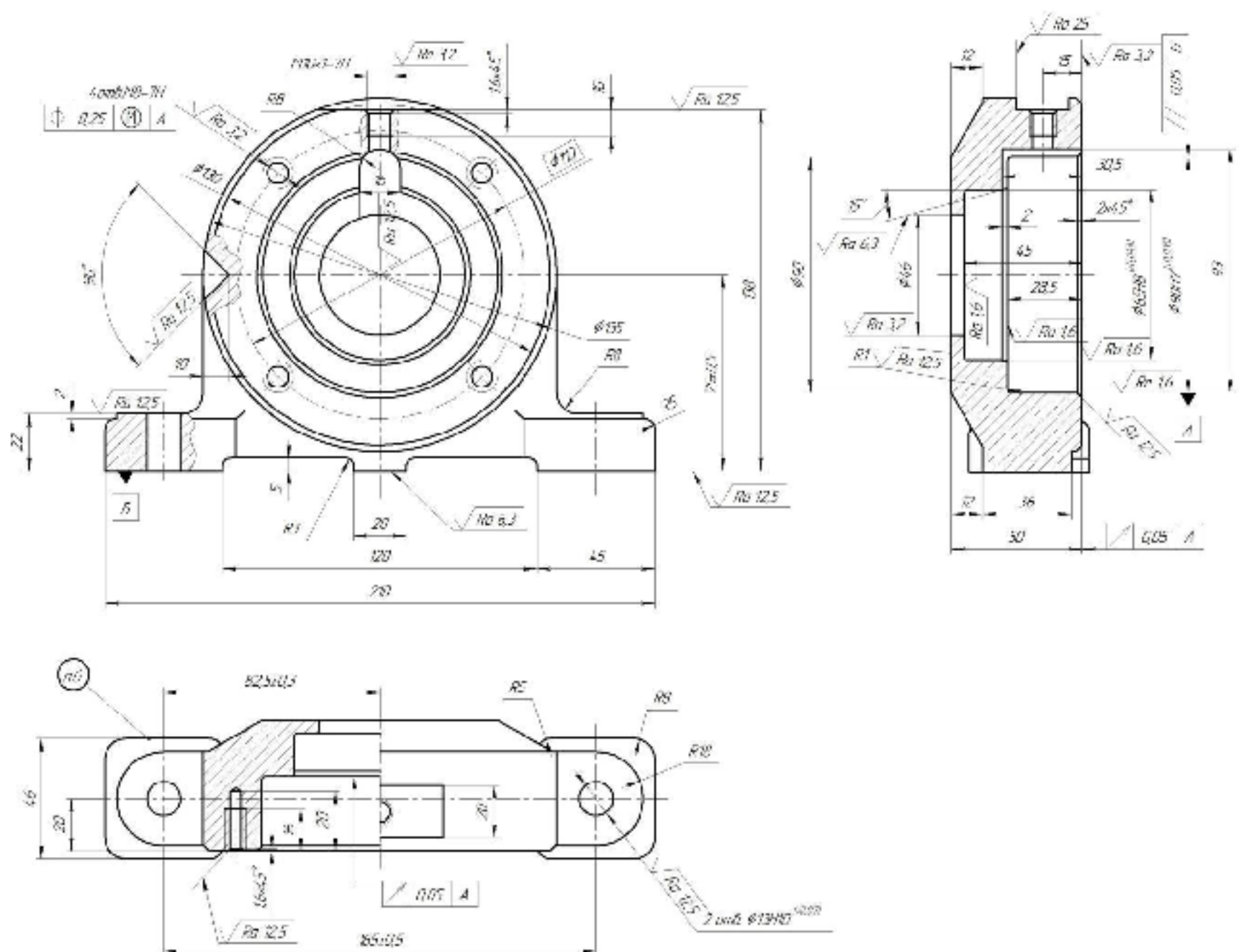


Рисунок 2.1 – Ескіз деталі «Корпус підшипника 32-8041»

Отвір $\varnothing 90H7^{(+0,035)}$ виконується по 7 квалітету з шорсткістю не більше 1,6 мкм і є найвідповідальнішою поверхнею деталі. Це зумовлено тим, що дана поверхня буде спряжена з зовнішнім кільцем підшипника і повинна мати відповідну точність. Отвір $\varnothing 65H8^{(+0,046)}$ призначений для розміщення в ньому ущільнення, що зумовлює виготовлення поверхні по 8 квалітету із шорсткістю 1,6 мкм. Отвір $\varnothing 46$ призначений для розміщення шийки валу, який виходить з підшипника, і тому необхідна шорсткість складає 3,2 мкм.

Внутрішні оброблювані поверхні $\varnothing 90H7^{(+0,035)}$ і $\varnothing 65H8^{(+0,046)}$ повинні бути виконані в межах вказаних відхилень і з необхідною точністю.

До одного з торців деталі призначена вимога торцевого биття відносно отвору $\varnothing 90H7^{(+0,035)}$ і шорсткість 3,2 мкм. Це зумовлено тим, що до цього торцю прилягатиме кришка підшипника. Чотири різьбових отвори М8 в цьому торці призначені для закріплення кришки підшипника.

Два отвори $\varnothing 13H10$ призначені для закріплення деталі на корпусі відповідного вузла за допомогою різьбових з'єднань.

Вимоги точності і шорсткості для всіх інших поверхонь невисокі, що дозволяє у більшості випадків використовувати однократну обробку.

Технічні умови на виготовлення деталі:

- непаралельність осі отвору $\varnothing 90H7^{(+0,035)}$ відносно площини основи Б не більше 0,05 мм;
- неперпендикулярність торцевої поверхні корпусу під кришку до осі отвору $\varnothing 90H7^{(+0,035)}$ не більше 0,05 мм;
- неперпендикулярність торцевої поверхні отвору $\varnothing 90H7^{(+0,035)}$ до осі не більше 0,05 мм;
- позиційний допуск 0,25 мм на розташування кріпильних отворів відносно отвору $\varnothing 90H7^{(+0,035)}$.

Ці вимоги можуть бути забезпечені за рахунок вибору відповідних схем базування або обробкою поверхонь з одного установа.

Деталь «Корпус підшипника 32-8041» виготовляється з сірого чавуну СЧ 15 ГОСТ 1412–79 литтям в піщано-глинисті форми, тому формування зовнішнього контуру деталі і внутрішніх поверхонь не складе значних труднощів під час отримання заготовки. Проте даний метод передбачає застосування стрижнів, що значно ускладнює процес отримання заготовки. Отвори $\varnothing 13H10$ і М8 не виливаються, вони є напуском і отримуються за рахунок подальшої механічної обробки. Це є нетехнологічним, проте отримати їх під час формування заготовки неможливо.

Таблиця 2.1 – Механічні характеристики чавуну СЧ15

Межа міцності, МПа		Стріла прогину, мм, при відстані між опорами, мм		Твердість НВ
розтяг	згин	600	300	163-229
150	320	8	2,5	

Таблиця 2.2 – Хімічна характеристика чавуну СЧ15

Масова частка, %				
Вуглець	Кремній	Марганець	Фосфор	Сірка
3,5-3,7	2,0-2,4	0,5-0,8	до 0,2	до 0,15

Нетехнологічними в даній конструкції є отвори $\varnothing 13H10$ і відповідні бобишки, так як не передбачається вільний доступ інструменту до цих місць, що затрудняє їх обробку. Проте розташування цих поверхонь викликане конструктивними міркуваннями і не може бути змінено.

Нетехнологічними також є глухі отвори М8-7Н для кріплення кришки.

В усьому іншому деталь досить технологічна, що допускає застосування високопродуктивних режимів обробки, має добрі базові поверхні для початкових операцій і досить проста по конструкції. Розміщення кріпильних отворів, як різьбових, так і гладких, допускає багатоінструментальну обробку.

2.1.2 Кількісний аналіз технологічності

Для визначення кількісної характеристики технологічності конструкції деталі проведемо наступні розрахунки [1, 2].

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів :

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

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі;

Q_e – загальна кількість елементів.

Таблиця 2.3 – Визначення коефіцієнту уніфікації

Кількість лінійних розмірів	Кількість діаметральних розмірів	Кількість кутових розмірів	Шорсткість
$Q_{заг} = 11$	$Q_{заг} = 15$	$Q_{заг} = 3$	$Q_{заг} = 24$
$Q_{уніф} = 11$	$Q_{уніф} = 13$	$Q_{уніф} = 3$	$Q_{уніф} = 24$

$$K_y = \frac{51}{53} = 0,96 > 0,6 .$$

Визначимо коефіцієнт точності поверхонь, користуючись формулою:

$$K = 1 - \frac{1}{T_{сер}} \geq 0,8 , \quad (2.2)$$

де $T_{сер}$ – середнє значення квалітету усіх поверхонь деталі.

Якщо умова (2.2) виконується, то конструкція деталі технологічна.

Значення $T_{сер}$ визначимо з формули:

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^I T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.3)$$

де T_i – квалітет i -тої поверхні,

n_i – кількість поверхонь.

Таблиця 2.4 – Розрахунок коефіцієнту точності обробки

Квалітет, IT	Кількість поверхонь, шт.	Розрахунок
7	1	$7 \cdot 1 = 7$
8	2	$8 \cdot 2 = 16$
9	1	$9 \cdot 1 = 9$
10	2	$10 \cdot 2 = 20$
14	45	$14 \cdot 45 = 630$
Сума	51	682

З креслення визначаємо

$$T_{\text{ср}} = \frac{7 \cdot 1 + 8 \cdot 2 + 9 \cdot 1 + 10 \cdot 2 + 14 \cdot 45}{1 + 2 + 1 + 2 + 45} = 13,37.$$

Тоді

$$K = 1 - \frac{1}{13,37} = 0,925 \geq 0,8.$$

Умова виконується, отже конструкція технологічна.

Визначимо коефіцієнт шорсткості поверхонь деталі:

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{\text{Ш}_{\text{ср}}} \leq 0,32 \text{ [мкм}^{-1}\text{]}, \quad (2.4)$$

де $\text{Ш}_{\text{ср}}$ – середнє значення шорсткості усіх поверхонь деталі.

Значення $Ш_{сер}$ визначимо з формули:

$$Ш_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^k Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} \text{ [мкм]}, \quad (2.5)$$

де $Ш_i$ – шорсткість i -тої поверхні.

Таблиця 2.5 – Розрахунок коефіцієнта шорсткості поверхонь

Шорсткість, мкм	Кількість поверхонь, шт.	Розрахунок
1,0	1	$1,0 \cdot 1 = 1,0$
1,6	3	$1,6 \cdot 3 = 4,8$
2,5	1	$2,5 \cdot 1 = 2,5$
3,2	4	$3,2 \cdot 4 = 12,8$
6,3	1	$6,3 \cdot 1 = 6,3$
25	16	$25 \cdot 16 = 400$
Сума	26	427,4

З креслення визначаємо

$$Ш_{сер} = \frac{1 \cdot 1 + 1,6 \cdot 3 + 2,5 \cdot 1 + 3,2 \cdot 4 + 6,3 \cdot 1 + 25 \cdot 16}{1 + 3 + 1 + 4 + 1 + 16} = 16,43 \text{ (мкм)}.$$

Тоді

$$K_{ш} = \frac{1}{16,43} = 0,06 < 0,32 .$$

Умова виконується, деталь «Корпус підшипника 32-8041» за кількісними показниками є технологічною.

2.2 Вибір способу виготовлення заготовки

2.2.1 Вибір альтернативних способів виготовлення заготовки

Заготовка деталі «Корпус підшипника 32-8041» може бути виготовлена литтям [8-12]:

- в піщано-глинисті форми (з ручним та машинним формуванням суміші);
- в оболонкові форми;
- в облицьований кокіль.

Приведемо кількісну і якісну характеристики лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші та лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші.

2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

Призначення припусків (табличних) на механічну обробку та розрахунок граничних розмірів заготовки [8, 9]

Вихідні параметри заготовки, що визначають її точність, вибираються за ДСТУ 8981-2020. Зокрема, це такі параметри:

- клас розмірної точності виливка;
- ступінь жолоблення елементів виливка;
- ступінь точності поверхонь виливка;
- шорсткість поверхонь виливка;
- клас точності маси виливка;
- ряд припусків.

Вибрані параметри зводимо у таблицю 2.6, в якій вказуємо діапазон цих параметрів згідно ДСТУ 8981-2020 і остаточно вибрані значення кожного з параметрів.

Таблиця 2.6 – Вихідні параметри заготовки

Вихідні дані	Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші		Лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші	
	згідно ДСТУ 8981-2020	прийнято	згідно ДСТУ 8981-2020	прийнято
Клас розмірної точності	8-13т	11т	9т-13	12
Ступінь жолоблення елементів	3-6	5	3-6	6
Ступінь точності поверхонь виливка	8-14	11	12-19	16
Шорсткість поверхонь виливка	Ra = 20 мкм	Ra = 20 мкм	Ra = 63 мкм	Ra = 63 мкм
Клас точності маси виливка	6-13	11т	7-15	12
Ряд припусків	4-7	5	7-10	8

Перед вибором допусків та припусків на механічну обробку поверхонь заготовки необхідно уважно вивчити робоче креслення деталі, встановити оброблювані поверхні і розміри, що їх зв'язують, та записати їх до розрахункової таблиці 2.6.

На тих ділянках виливка, де отвори і порожнини неможливо одержати за допомогою лиття, призначаємо напуски. В нашому випадку напуски призначимо на отвори Ø13H10, різьбові отвори M8 і M10, паз шириною 16 мм, проточку під отвір M10, а також отвір 90°.

Визначаємо допуски:

- допуски розмірів;
- допуски форми та розміщення елементів виливка;
- допуски круглості, співвісності, симетричності, перетину вісей, позиційні допуски;
- допуски зміщення виливка по площині роз'єму;
- допуск нерівностей;
- допуск маси;
- загальні допуски.

За ДСТУ 8981-2020 визначаємо наступні припуски:

- мінімальний ливарний припуск на сторону.

Загальний припуск на механічну обробку назначають для ліквідації похибки розмірів, форми і розміщення, нерівностей і дефектів оброблюваної поверхні, що формуються при виготовленні виливка і послідовних переходах її обробки з метою підвищення точності оброблюваного елемента виливка.

Значення загального припуску вибирається в залежності від кількості переходів механічної обробки. Тому для вибору загального припуску спочатку потрібно визначити кількість переходів механічної обробки кожної із оброблюваних поверхонь, а саме:

- кількість переходів механічної обробки в залежності від необхідної точності розмірів оброблюваної деталі;
- кількість переходів механічної обробки в залежності від необхідної точності форми, розміщення поверхонь оброблюваної деталі;
- остаточно кількість переходів механічної обробки встановлюється за більшим із значень згідно з рекомендаціями;

Загальний припуск признається на сторону.

Вибрані припуски також зведемо до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Розрахунок розмірів литої заготовки

Розрахункові розміри, мм								
Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші								
Допуски:	Ø46	Ø65H8	Ø90H7	50	28,5	45	22	2
Розмірів	3,2	3,6	3,6	3,2	2,8	3,2	2,4	1,6
форми чи розміщення	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
зміщення по площині роз'єму	-	-	1,8	-	-	-	1,8	1,8
зміщення через перекіс стержня	1,8	1,8	1,8	-	-	-	-	-
Маси	16%							
Нерівностей	0,5							
загальний допуск	4	5	5	3,2	3,2	3,2	3,6	2,8

Продовження таблиці 2.7

Припуски: мінімальний	0,5							
загальний припуск	2,8	6	6	2,4	3,4	2,4	2,6	3
	Кількість переходів механічної обробки							
по точності розмірів	1	4	4	1	1	1	1	2
по відхиленнях форми, розміщення поверхонь					2			
прийнята кількість переходів	1	4	4	1	2	1	1	2
Розміри заготовки	Ø40,4	Ø53	Ø78	52,4	27,5	45	27,6	5
Розрахункові розміри, мм								
Лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші								
Допуски:	Ø46	Ø65H8	Ø90H7	50	28,5	45	22	2
розмірів	5,0	5,6	5,6	5,0	4,4	5,0	4,0	2,0
форми чи розміщення	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
зміщення по площині	-	-	2,8	-	-	-	2,8	2,8
роз'єму								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
зміщення через перекіс стержня	2,8	2,8	2,8	-	-	-	-	-
маси	32 %							
нерівностей								
загальний допуск	6,4	8,0	8,0	5,0	5,0	5,0	5,6	4,4
Припуски: мінімальний	1,0							
загальний припуск	4,1	9,3	9,3	3,8	5,3	3,8	4,1	4,8
	Кількість переходів механічної обробки							
по точності розмірів	1	4	4	1	1	1	1	2
по відхиленнях форми, розміщення поверхонь					2			
прийнята кількість переходів	1	4	4	1	2	1	1	2
Розміри заготовки	Ø37,8	Ø46,4	Ø71,4	53,8	27	45	30,9	6,8

При розрахунку зовнішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і додається до розміру готової деталі. При розрахунку внутрішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і віднімається від розміру готової деталі. При розрахунку лінійних розмірів аналізують креслення деталі і вивчають, як формується

розмір.

В нашому випадку розміри Ø46, Ø65H8, Ø90H7 належать до внутрішніх діаметральних розмірів, тому розміри заготовки визначаються:

- лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші:

$$46 - 2 \cdot 2,8 = 40,6 \text{ (мм);}$$

$$65 - 2 \cdot 6 = 53 \text{ (мм);}$$

$$90 - 2 \cdot 6 = 78 \text{ (мм).}$$

- лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші:

$$46 - 2 \cdot 4,1 = 37,8 \text{ (мм);}$$

$$65 - 2 \cdot 9,3 = 46,4 \text{ (мм);}$$

$$90 - 2 \cdot 9,3 = 71,4 \text{ (мм).}$$

Розмір 50 охоплює поверхні, з яких оброблюється лише одна, тому розмір заготовки:

- лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші:

$$50 + 2,4 = 52,4 \text{ (мм).}$$

- лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші:

$$50 + 3,8 = 53,8 \text{ (мм).}$$

Розміри 28,5 і 45 зв'язують дві поверхні, що обробляються, але одна з них охоплювана, а інша – охоплююча, при цьому одна з цих поверхонь спільна з розміром 50, тому:

- лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші:

$$28,5 + 2,4 - 3,4 = 27,5 \text{ (мм)};$$

$$45 + 2,4 - 2,4 = 45 \text{ (мм)}.$$

- лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші:

$$28,5 + 3,8 - 5,3 = 27 \text{ (мм)};$$

$$45 + 3,8 - 3,8 = 45 \text{ (мм)}.$$

Розмір 2 зв'язує дві поверхні, лише одна з яких обробляється, тому:

- лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші:

$$2 + 3 = 5 \text{ (мм)}.$$

- лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші:

$$2 + 4,8 = 6,8 \text{ (мм)}.$$

Розмір 22 зв'язує дві поверхні, що обробляються, цей розмір охоплюючий, при цьому одна з цих поверхонь спільна з розміром 2, тому:

- лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші:

$$22 + 2,6 + 3 = 27,6 \text{ (мм)}.$$

- лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші:

$$22 + 4,1 + 4,8 = 30,9 \text{ (мм)}.$$

Вибір конструктивних елементів заготовки (радіусів заокруглень, нахилів, товщини стінок тощо) [8, 9]

Найменшу допустиму товщину стінок визначаємо наступним чином. За формулою обраховуємо величину N :

$$N = \frac{2l + b + h}{3} \text{ [м]}, \quad (2.6)$$

де l , b , h – габарити заготовки в метрах.

$$N = \frac{2 \cdot 0,21 + 0,1375 + 0,053}{3} = 0,203 \text{ (м)}.$$

За номограмою [8, 9] визначаємо найменшу допустиму товщину стінок $S_{\min} = 7 \text{ мм}$.

Мінімальний діаметр отворів, що виливаються за [8, 9] складає $d_{\min} = 15 \text{ мм}$.

Мінімальний радіус заокруглень згідно [8, 9] складає $R_{\min} = 3 \text{ мм}$ для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші і $R_{\min} = 5 \text{ мм}$ для лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші.

Ливарні нахили згідно [8, 9] складають $0^{\circ}23'$ для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші і 2° для лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші.

2.2.3 Оформлення ескізу заготовки

З урахуванням отриманих розмірів заготовок та обраних конструктивних параметрів показано ескіз заготовки виготовленої литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші.

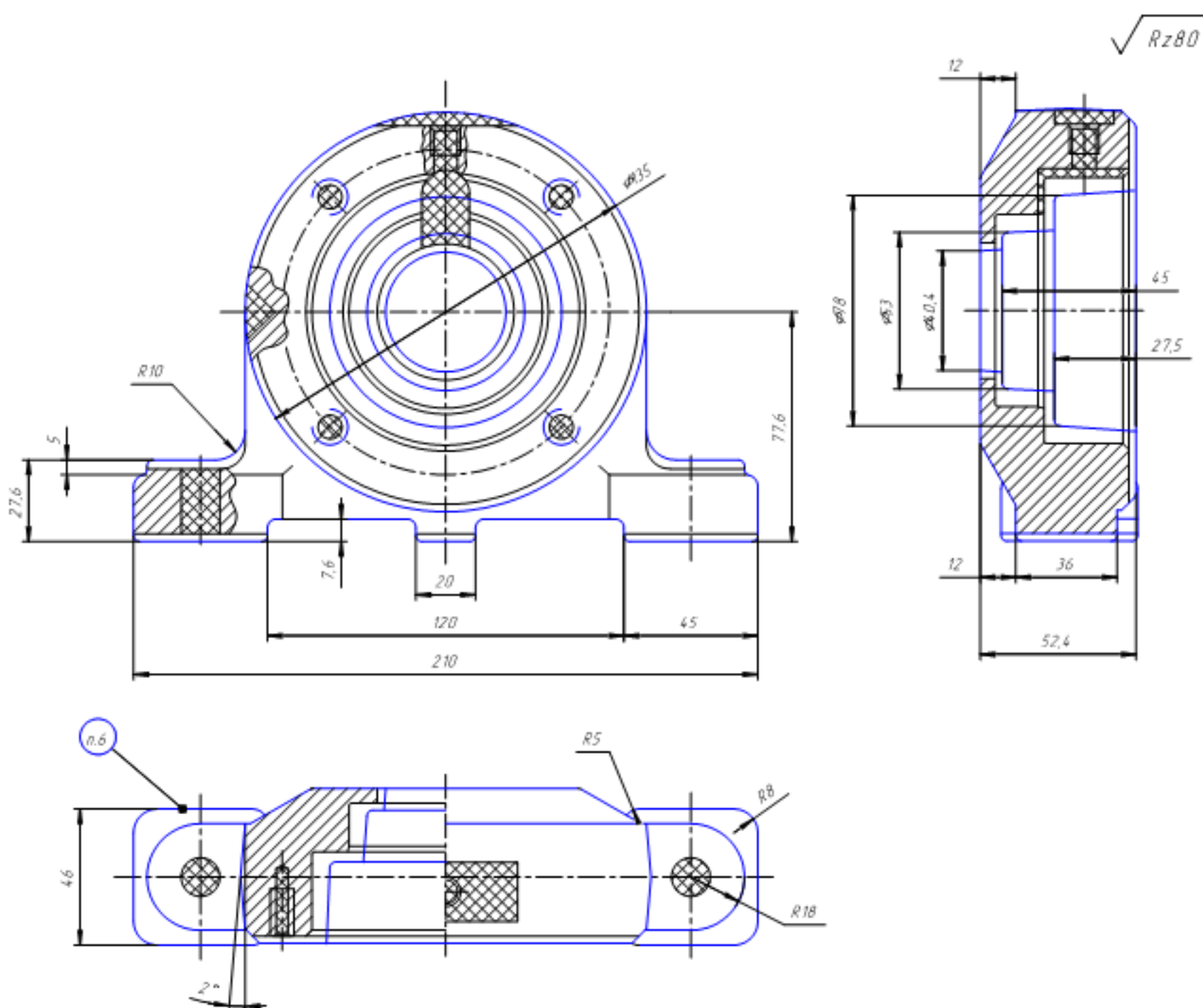


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші

2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші:
Розрахуємо масу припусків на механічну обробку.

$$V_{\text{пр}} = 3,14 \cdot 7,4/4(46^2 - 40,4^2) + 3,14 \cdot 14,5/4(65^2 - 46^2) + 3,14 \cdot 28,5/4(90^2 - 78^2) + 3,14 \cdot 2,4/4(135^2 - 78^2) + 3,14 \cdot 3,4/4(78^2 - 53^2) + 3,14 \cdot 2,4/4(53^2 - 40,4^2) + 2,6 \cdot 2 \cdot 46 \cdot 45 + 5 \cdot 2 \cdot 36 \cdot 20 = 115826,78 \text{ (мм}^3\text{)}.$$

$$G_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} \cdot \rho = 115826,78 \cdot 7 \cdot 10^{-6} = 0,81 \text{ (кг)}.$$

Маса напусків складе:

$$G_{\text{нап}} = V_{\text{нап}} \cdot \rho = (2 \cdot \pi \cdot 13^2 / 4 \cdot 22 + 4 \cdot \pi \cdot 8^2 / 4 \cdot 24 + \pi \cdot 10^2 / 4 \cdot 15 + 30,5 \cdot 16 \cdot 14) \cdot 7 \cdot 10^{-6} = 0,13 \text{ (кг)}.$$

Отже, маса виливка складає

$$G_{\text{в}} = G_{\text{д}} + G_{\text{пр}} + G_{\text{нап}} = 3,6 + 0,81 + 0,13 = 4,54 \text{ (кг)}.$$

При литті в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші:

Розрахуємо масу припусків на механічну обробку.

$$V_{\text{пр}} = 3,14 \cdot 7,4 / 4 (46^2 - 37,8^2) + 3,14 \cdot 14,5 / 4 (65^2 - 46,4^2) + 3,14 \cdot 28,5 / 4 (90^2 - 71,4^2) + 3,14 \cdot 2,4 / 4 (135^2 - 71,4^2) + 3,14 \cdot 3,4 / 4 (71,4^2 - 46,4^2) + 3,14 \cdot 2,4 / 4 (46,4^2 - 37,8^2) + 2,6 \cdot 2 \cdot 46 \cdot 45 + 6,8 \cdot 2 \cdot 36 \cdot 20 = 200457,6 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

$$G_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} \cdot \rho = 200457,6 \cdot 7 \cdot 10^{-6} = 1,4 \text{ (кг)}.$$

Маса напусків складе:

$$G_{\text{нап}} = V_{\text{нап}} \cdot \rho = (2 \cdot \pi \cdot 13^2 / 4 \cdot 22 + 4 \cdot \pi \cdot 8^2 / 4 \cdot 24 + \pi \cdot 10^2 / 4 \cdot 15 + 30,5 \cdot 16 \cdot 14) \cdot 7 \cdot 10^{-6} = 0,13 \text{ (кг)}.$$

Отже, маса виливка складає

$$G_{\text{в}} = G_{\text{д}} + G_{\text{пр}} + G_{\text{нап}} = 3,6 + 1,4 + 0,13 = 5,13 \text{ (кг)}.$$

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = \frac{Q_{\text{дет}}}{Q_{\text{заг}}}, \quad (2.7)$$

де $Q_{\text{дет}}$, $Q_{\text{заг}}$ – маса, відповідно, деталі, заготовки, кг;

- для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші:

$$\gamma_1 = \frac{3,6}{4,54} = 0,8 ;$$

- для лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші:

$$\gamma_2 = \frac{3,6}{5,13} = 0,7 .$$

2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Одержані попередньо дані дають можливість виконати техніко-економічне порівняння варіантів одержання заготовки за коефіцієнтом використання матеріалу заготовки та собівартістю [8]:

$$C_{\text{заг}} = \left(\frac{S_i}{1000} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{п}} \right) - (Q_{\text{заг}} - Q_{\text{відх}}) \frac{S_{\text{відх}}}{1000} \text{ [грн.]}, \quad (2.8)$$

де S_i – базова вартість однієї тонни заготовок, грн.;

$K_{\text{т}}$, $K_{\text{с}}$, $K_{\text{в}}$, $K_{\text{м}}$, $K_{\text{п}}$ – коефіцієнти, що залежать, відповідно, від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу і обсягу виробництва заготовок;

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

Таким чином, вказані показники:

- при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші

$$C_{\text{зар}1} = \left(\frac{15260}{1000} \cdot 5,13 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 0,84 \right) - (5,13 - 3,6) \frac{1560}{1000} = 115,98 \text{ (грн.)}$$

- при литті в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші

$$C_{\text{зар}2} = \left(\frac{18840}{1000} \cdot 4,54 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 0,78 \right) - (4,54 - 3,6) \frac{1560}{1000} = 76,06 \text{ (грн.)}$$

Так як собівартість заготовки при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші нижча, а коефіцієнт використання матеріалу вищий, то приймаємо цей варіант виготовлення заготовки. При цьому економічний ефект за рахунок зниження собівартості заготовки буде:

$$E_{\text{соб}} = (C_{\text{зар}1} - C_{\text{зар}2}) \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (2.9)$$

$$E_{\text{соб}} = (115,98 - 76,06) \cdot 2500 = 99800 \text{ (грн.)}$$

2.3 Розробка маршруту механічної обробки

2.3.1 Вибір способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності

Виберемо способи механічної обробки і визначимо кількість ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 65\text{H}8^{(+0,046)}$

Вибір кількості переходів механічної обробки базується на понятті уточнення. Це кількісна величина, що визначається за формулою [1, 2]:

$$\varepsilon_i = \frac{T_{i-1}}{T_i}, \quad (2.10)$$

де ε_i – уточнення, що забезпечується i – тим ступенем механічної обробки;

T_{i-1} – допуск, що мала заготовка на попередньому ступені;

T_i – допуск, що забезпечується i – тим ступенем.

Якщо обробка здійснюється за декілька ступенів, то загальне уточнення складає добуток всіх уточнень

$$\varepsilon_{\Sigma} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_n, \quad (2.11)$$

де n – кількість ступенів механічної обробки.

Розрахуємо кількість ступенів механічної обробки для поверхні $\varnothing 65H8$.

Загальне уточнення складе:

$$\varepsilon_{\Sigma} = T_{\text{заг}}/T_{\text{дет}} = 3600/46 = 78,26.$$

Припустимо, що це уточнення забезпечується за 4 ступені обробки.

Для чорнової механічної обробки $\varepsilon = 5 \dots 6$;

напівчистої $3 \dots 4$;

чистої $1 \dots 2$.

Приймаємо

$$\varepsilon_1 = 6, \varepsilon_2 = 4, \varepsilon_3 = 3.$$

Тоді

$$\varepsilon_4 = 78,26/(6 \cdot 4 \cdot 3) = 1,086.$$

Таким чином $T_1 = T_{\text{заг}} / \varepsilon_1 = 3600 / 6 = 600$ мкм ($\approx$ IT 14);

$$T_2 = T_1 / \varepsilon_2 = 600 / 4 = 150 \text{ мкм } (\approx \text{IT } 11);$$

$$T_3 = T_2 / \varepsilon_3 = 150 / 3 = 50 \text{ мкм } (\approx \text{IT } 9);$$

$$T_{\text{дет}} = T_3 / \varepsilon_4 = 50 / 1,086 = 46 \text{ мкм } (\approx \text{IT } 8).$$

Аналогічно розраховуємо кількість переходів механічної обробки для поверхні $\varnothing 90H7^{(+0,035)}$. Результати розрахунків зводимо до таблиці 2.8.

Вибір способу механічної обробки поверхонь $\varnothing 65H8$ і $\varnothing 90H7$ здійснюємо з наступних міркувань.

Розточування на верстаті з ЧПК дозволяє отримати необхідну точність за одну операцію. Отже, остаточно вибираємо розточування на верстаті з ЧПК.

Таблиця 2.8 – Кількість переходів механічної обробки

Розмір поверхні	Допуск заготовки $T_{\text{заг}}$, мкм	Допуск деталі $T_{\text{дет}}$, мкм	Уточнення ε	Кількість переходів	Метод обробки поверхні
$\varnothing 65H8^{(+)}_{0,046}$	3600	46	108,69	4	розточування чорнове, напівчистове, чистове (тонке)
$\varnothing 90H7^{(+)}_{0,035}$	3600	35	142,85	4	розточування чорнове, напівчистове, чистове (тонке)

2.3.2 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

Чистові бази – це технологічні бази, які використовуються для базування заготовки під час її механічної обробки на всіх операціях, крім першої. Під час вибору чистових баз розв’язується задача мінімізації похибки базування.

Для даної деталі «Корпус КП-03-001» за чистові технологічні бази використовується площина основи і два отвори $\varnothing 13H10$. Базування здійснюється на площину основи і два пальці, один з яких циліндричний, а другий – зрізаний.

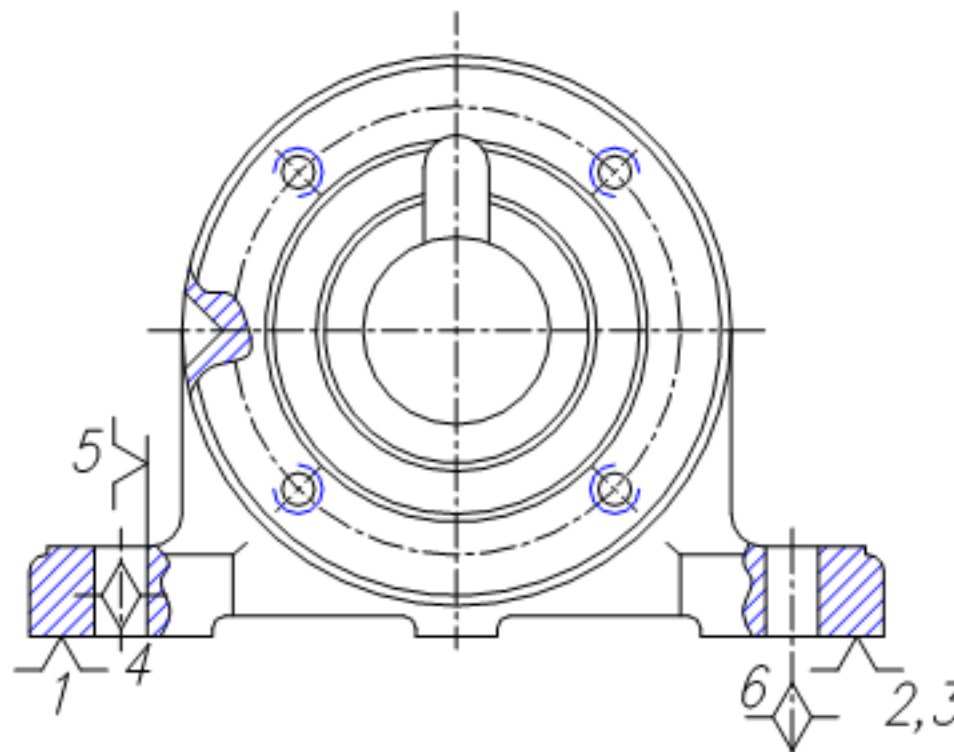


Рисунок 2.3 – Чистові технологічні бази

Вибрані базові поверхні забезпечують жорсткість установки заготовки, вони не деформуються під дією сили різання, закріплення, мають досить високу точність розмірів і геометричних форм. При використанні цього комплекту баз виконується принцип співпадання баз, що виключає або зводить до мінімуму похибки базування. Виконується принцип постійності баз, тобто на більшості операцій технологічного процесу механічної обробки використовується один комплект чистових баз. Вибраний спосіб базування забезпечує просту конструкцію пристосування, зручну установку і зняття оброблюваної деталі.

Чорнові технологічні бази – це бази, що використовуються для базування на першій операції технологічного процесу під час механічної обробки чистових технологічних баз.

У нашому випадку при виборі чорнових баз розв'язується задача забезпечення розмірної прив'язки оброблених поверхонь до необроблених, а також зняття рівномірного припуску з найбільш відповідальної поверхні $\varnothing 90H7^{(+0,035)}$ під установку підшипника. В якості чорнових баз використаємо необроблену зовнішню циліндричну поверхню, торець і поверхні бобишок.

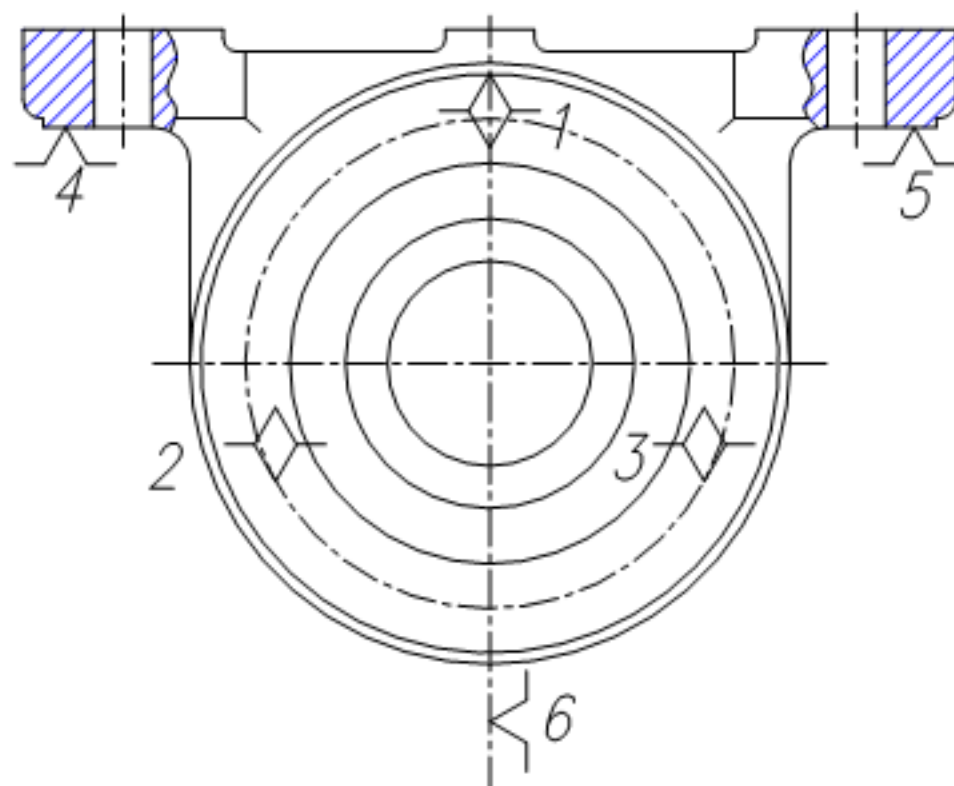
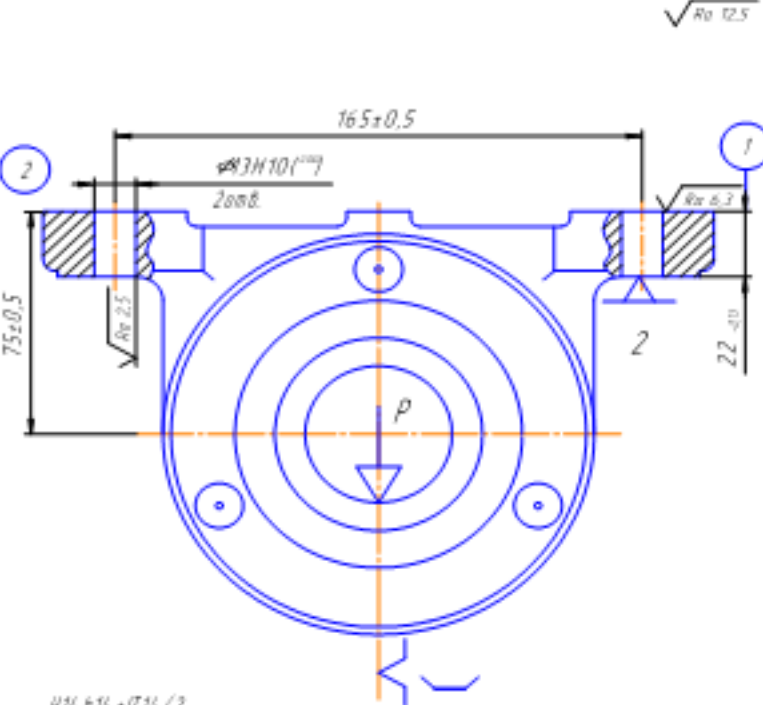
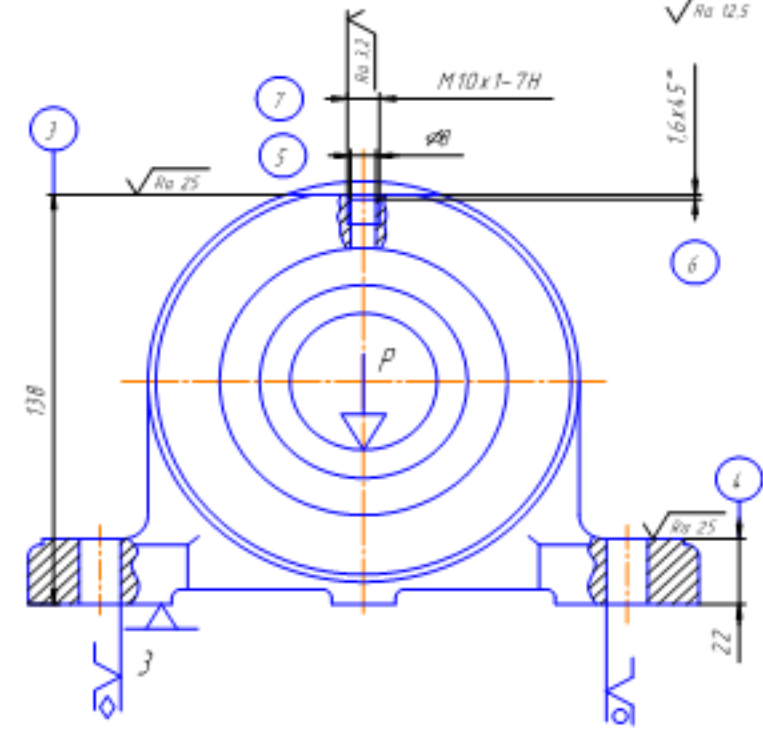


Рисунок 2.4 – Чорнові технологічні бази

2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки

Таблиця 2.9 – Маршрут механічної обробки

N опер.	Зміст операції	Схема установки	Тип верстату
005	Фрезерна з ЧПК 1. Встановити заготовку. 2. Фрезерувати площину 1 попередньо в розмір 22,5-мм. 3. Фрезерувати площину 1 остаточна в розмір. 4. Центрувати отвори, дотримувчись розміру 165±0,5. 5. Свердлити два отвори 2 в розмір $\varnothing 15^{+0,021}_{-0,017}$. 6. Зенкувати два отвори 2 в розмір $\varnothing 25^{+0,021}_{-0,017}$. 7. Розвернути два отвори в розмір 2.		Верстат верти- кально- фрезерний з ЧПК 6P13PФЗ
010	Фрезерна з ЧПК 8. Переустановити заготовку. 9. Фрезерувати поверхню в розмір 3. 10. Фрезерувати площину в розмір 4. 11. Центрувати отвір 5. 12. Свердлити отвір в розмір 5. 13. Зенкувати фаску в розмір 6. 14. Нарізати різь в розмір 7. 15. Зняти заготовку.		Верстат верти- кально- фрезерний з ЧПК 6P13PФЗ

Продовження таблиці 2.9

N опер.	Зміст операції	Схема установки	Тип верстату
015	Багатоцільова з ЧПК 1. Встановити заготовку. 2. Фрезерувати торець попередньо в розмір 50,5_{-0,16}. 3. Фрезерувати торець остаточно в розмір 1. 4. Точити поверхні 4 8 6 9 7, додержуватись розмірів $\varnothing 9,45^{+0,05}_{-0,05}$, $28 \pm 0,11$, $\varnothing 3,3$, $44,5 \pm 0,11$, $\varnothing 5,4^{+0,05}_{-0,05}$. 5. Точити поверхні 4 8 6 9 7, попередньо, додержуватись розмірів $\varnothing 9,76^{+0,05}_{-0,05}$, $28,2^{+0,05}_{-0,05}$, $\varnothing 4,2^{+0,05}_{-0,05}$, $44,7 \pm 0,05$, $\varnothing 5,9^{+0,05}_{-0,05}$. 6. Точити поверхні 4 8 6 9 попередньо, додержуватись розмірів $\varnothing 9,9^{+0,05}_{-0,05}$, $28,4 \pm 0,026$, $\varnothing 4,7^{+0,05}_{-0,05}$, поверхні 7 в розмір $44,9 \pm 0,03$. 7. Точити поверхні в розміри 2 4 8 5 6 9 8. Фрезерувати паз в розмір 3 9. Центрувати 4 отвори, додержуватись розміру $\varnothing 10$. 10. Свердлити отвори в розмір 10 11. Зенкувати поверхні, додержуватись розміру 12 12. Нарізати різь в отворах, додержуватись розміру 11 13. Центрувати отвір в розмір 13 14. Зняти заготовку.	H14, h14, ±IT 14/2	Верстат багато- цільовий з ЧПК 6906ПМФ3

2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

2.3.4.1 Вибір розташування технологічних розмірів

Розташування технологічних розмірів вибираємо таким чином, щоб забезпечити розмірну прив'язку поверхонь, що обробляються на даній операції з поверхнями, що не обробляються, або визначити взаємне розташування оброблюваних поверхонь між собою. В нашому випадку доцільно розташувати технологічні розміри таким чином, щоб визначити взаємне розташування оброблюваних поверхонь між собою, адже всі лінійні розміри, що розглядаються, утворюються на одній операції. Варіант простановки технологічних розмірів наведений на рис. 2.5 [1, 13].

Розміри Z_1 , B_1 , B_2 зв'язують необроблюваний лівий торець деталі і відповідно правий торець заготовки, цей же торець після попередньої і остаточної обробки.

Розміри B_3 , B_4 , B_5 , B_6 , B_7 зв'язують оброблений правий торець деталі з поверхнями, що утворюються в процесі чотирикратної обробки торця $\varnothing 90$.

Розміри B_8 , B_9 , B_{10} , B_{11} , B_{12} зв'язують оброблений правий торець деталі з поверхнями, що утворюються в процесі чотирикратної обробки торця $\varnothing 65$.

2.3.4.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Запишемо значення допусків на технологічні розміри відповідно до квалітету, який забезпечує відповідний ступінь обробки або згідно кресленню.

$$T(B_1) = 0,25 \text{ мм};$$

$$T(B_2) = 0,1 \text{ мм};$$

$$T(B_3) = 0,52 \text{ мм};$$

$$T(B_4) = 0,21 \text{ мм};$$

$$T(B_5) = 0,084 \text{ мм};$$

$$T(B_6) = 0,052 \text{ мм};$$

$$T(B_7) = 0,033 \text{ мм};$$

$$T(B_8) = 0,62 \text{ мм};$$

$$T(B_9) = 0,25 \text{ мм};$$

$$T(B_{10}) = 0,1 \text{ мм};$$

$$T(B_{11}) = 0,062 \text{ мм};$$

$$T(B_{12}) = 0,039 \text{ мм};$$

$$T(Z_1) = 1,6 \text{ мм}.$$

2.3.4.3 Розмірна схема технологічного процесу

Одним із перших етапів розмірного аналізу є побудова розмірної схеми технологічного процесу [1, 13].

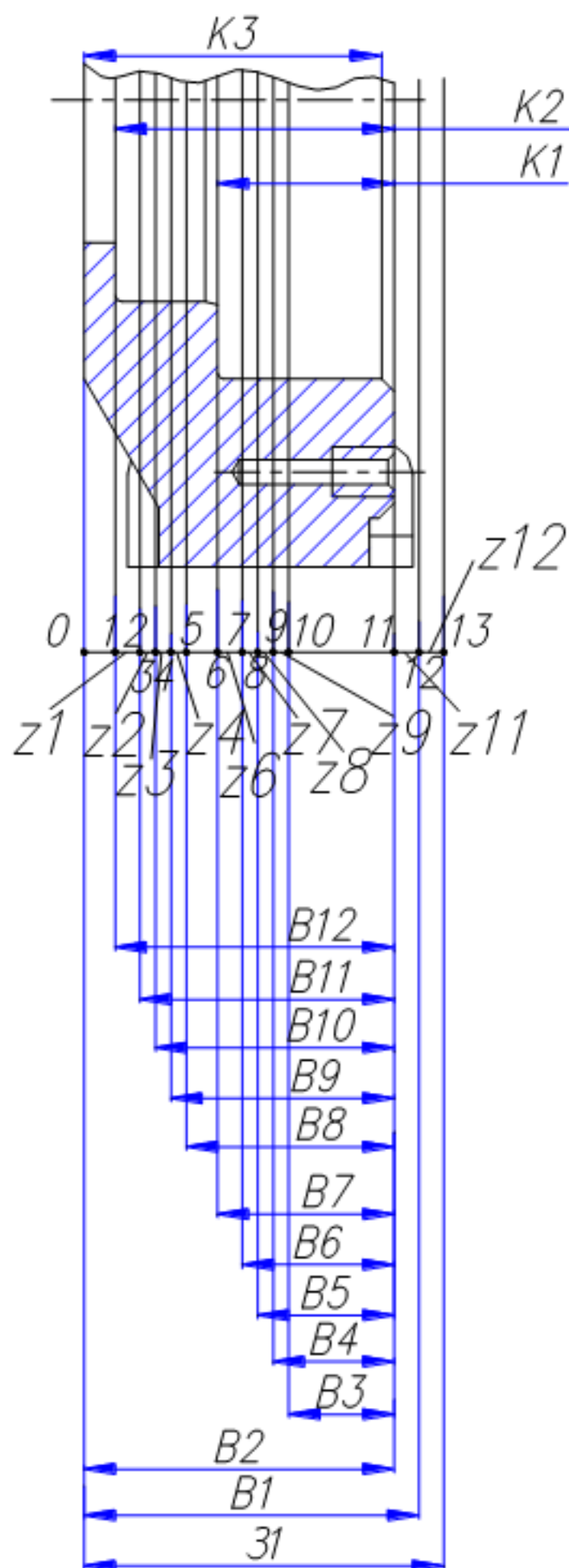


Рисунок 2.5 – Розмірна схема технологічного процесу

2.3.4.4 Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

Граф складений із розмірів $B_1, B_2 \dots B_{10}$ і розмірів Z_1, Z_2, Z_3 називається похідним графом-деревом (рис. 2.6).

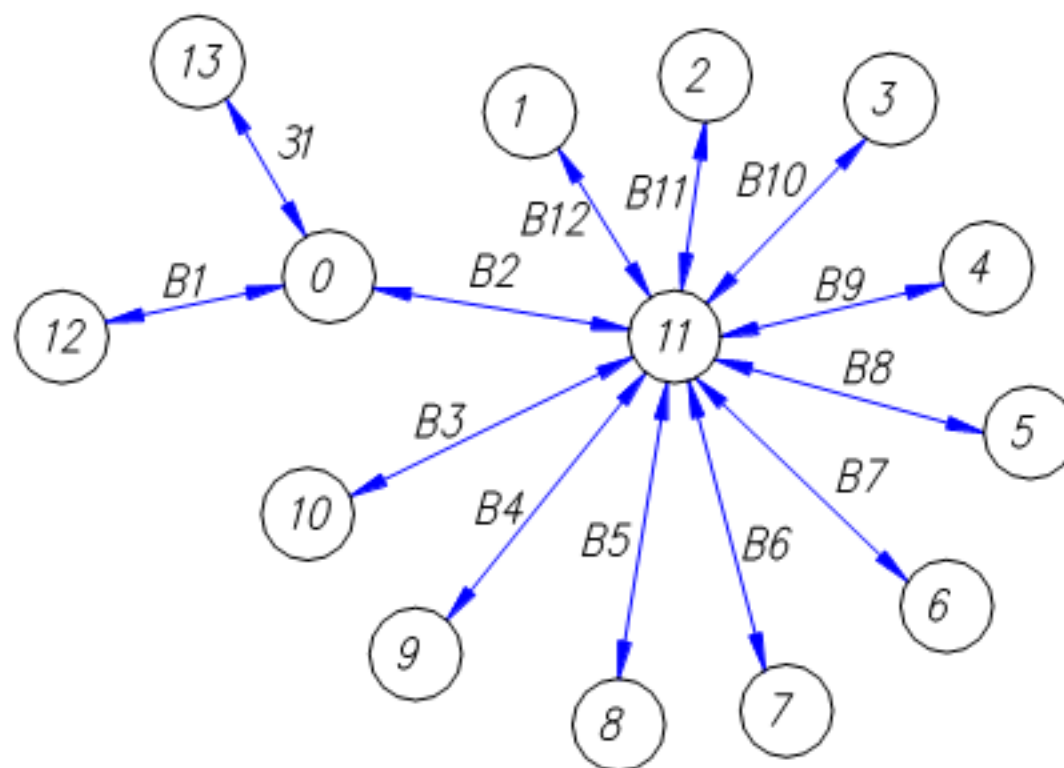


Рисунок 2.6 – Похідний граф-дерево

Граф, складений із технологічних розмірів $K_1, K_2, \dots$, припусків $Z_1, Z_2, \dots$ називається вихідним графом-деревом (рис. 2.7).

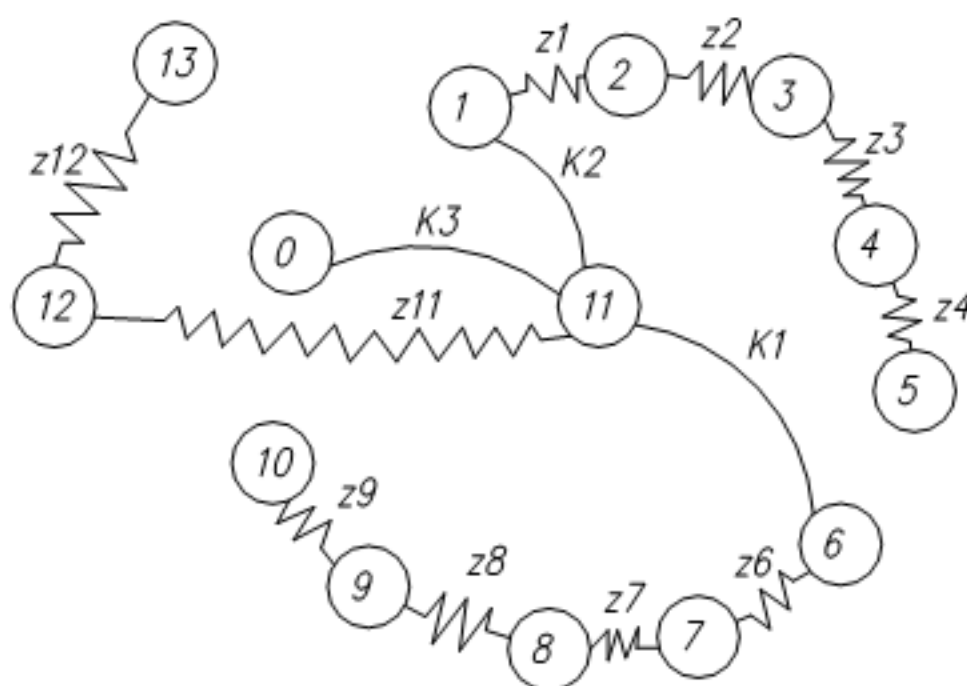


Рисунок 2.7 – Вихідний граф-дерево

Суміщений граф являє собою графічне зображення ТП (рис. 2.8).

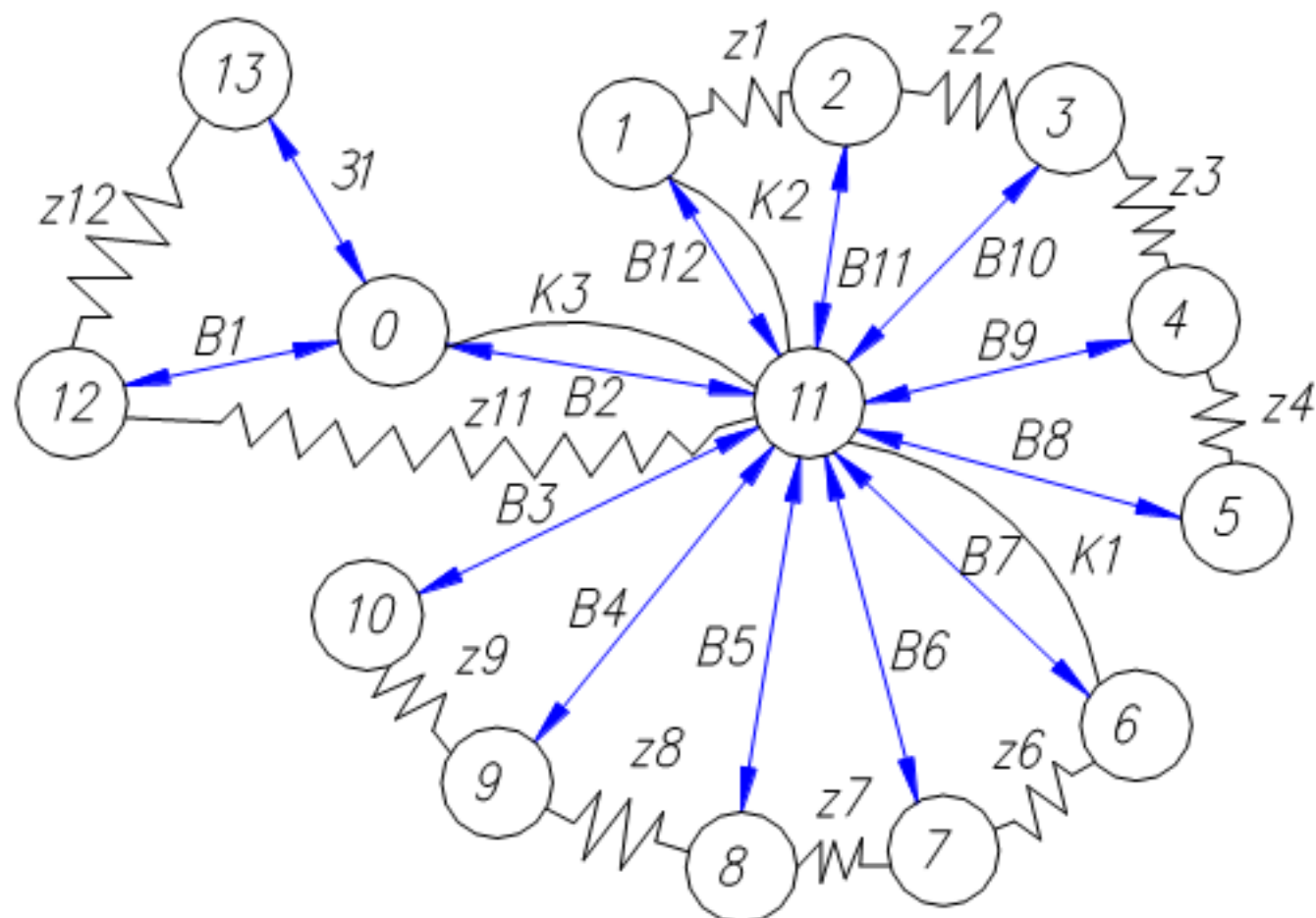


Рисунок 2.8 – Суміщений граф

2.3.4.5 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Проміжні мінімальні припуски на механічну обробку призначаємо згідно довідникових даних [1, 14].

$$Z_4 = Z_9 = Z_{12} = 1 \text{ мм (чорнова обробка);}$$

$$z_3 = z_8 = z_{11} = 0,7 \text{ мм (напівчистова обробка);}$$

$$z_2 = z_7 = 0,5 \text{ мм (чистова обробка);}$$

$$z_1 = z_6 = 0,3 \text{ мм (тонкая обработка).}$$

2.3.4.6 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Використовуюючи граф-дерева, записано розрахункові рівняння для розрахунку значень всіх розмірів, які занесені до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

№ рівняння	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Шуканий розмір
1	$-K_2 + B_{12} = 0$	$K_2 = B_{12}$	B_{12}
2	$-K_1 + B_7 = 0$	$K_1 = B_7$	B_7
3	$-z_1 + B_{12} - B_{11} = 0$	$z_1 = B_{12} - B_{11}$	B_{11}
4	$-z_2 + B_{11} - B_{10} = 0$	$z_2 = B_{11} - B_{10}$	B_{10}
5	$-z_3 + B_{10} - B_9 = 0$	$z_3 = B_{10} - B_9$	B_9
6	$-z_4 + B_9 - B_8 = 0$	$z_4 = B_9 - B_8$	B_8
7	$-z_6 + B_7 - B_6 = 0$	$z_6 = B_7 - B_6$	B_6
8	$-z_7 + B_6 - B_5 = 0$	$z_7 = B_6 - B_5$	B_5
9	$-z_8 + B_5 - B_4 = 0$	$z_8 = B_5 - B_4$	B_4
10	$-z_9 + B_4 - B_3 = 0$	$z_9 = B_4 - B_3$	B_3
11	$-K_3 + B_2 = 0$	$K_3 = B_2$	B_2
12	$-z_{11} - B_2 + B_1 = 0$	$z_{11} = B_1 - B_2$	B_1
13	$-z_{12} - B_1 + 3_1 = 0$	$z_{12} = 3_1 - B_1$	3_1

2.3.4.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків

Користуючись приведеними в таблиці 2.10 рівняннями, визначимо технологічні розміри, розміри вихідної заготовки і максимальні припуски.

1. $B_{12} = K_2 = 45 \pm 0,31$ мм.

2. $B_7 = K_1 = 28,5 \pm 0,26$ мм.

3. $z_{1 \min} = B_{12 \min} - B_{11 \max}$;

$B_{11 \max} = B_{12 \min} - z_{1 \min} = 44,69 - 0,3 = 44,39$ (мм);

$B_{11 \min} = B_{11 \max} - T(B_{11}) = 44,39 - 0,062 = 44,328$ (мм);

$z_{1 \max} = B_{12 \max} - B_{11 \min} = 45,31 - 44,328 = 0,928$ (мм).

4. $z_{2 \min} = B_{11 \min} - B_{10 \max}$;

$B_{10 \max} = B_{11 \min} - z_{2 \min} = 44,328 - 0,5 = 43,828$ (мм);

$B_{10 \min} = B_{10 \max} - T(B_{10}) = 43,828 - 0,1 = 43,728$ (мм);

$$z_{2\max} = B_{11\max} - B_{10\min} = 44,39 - 43,728 = 0,662 \text{ (MM)}.$$

$$5. z_{3\min} = B_{10\min} - B_{9\max};$$

$$B_{9\max} = B_{10\min} - z_{3\min} = 43,728 - 0,7 = 43,028 \text{ (MM)};$$

$$B_{9\min} = B_{9\max} - T(B_9) = 43,028 - 0,25 = 42,778 \text{ (MM)};$$

$$z_{3\max} = B_{10\max} - B_{9\min} = 43,828 - 42,773 = 1,05 \text{ (MM)}.$$

$$6. z_{4\min} = B_{9\min} - B_{8\max};$$

$$B_{8\max} = B_{9\min} - z_{4\min} = 42,778 - 1 = 41,778 \text{ (MM)};$$

$$B_{8\min} = B_{8\max} - T(B_8) = 41,778 - 0,62 = 41,158 \text{ (MM)};$$

$$z_{4\max} = B_{9\max} - B_{8\min} = 43,028 - 41,158 = 1,87 \text{ (MM)}.$$

$$7. z_{6\min} = B_{7\min} - B_{6\max};$$

$$B_{6\max} = B_{7\min} - z_{6\min} = 28,27 - 0,3 = 27,94 \text{ (MM)};$$

$$B_{6\min} = B_{6\max} - T(B_6) = 27,94 - 0,052 = 27,888 \text{ (MM)};$$

$$z_{6\max} = B_{7\max} - B_{6\min} = 28,76 - 27,888 = 0,872 \text{ (MM)}.$$

$$8. z_{7\min} = B_{6\min} - B_{5\max};$$

$$B_{5\max} = B_{6\min} - z_{7\min} = 27,888 - 0,5 = 27,388 \text{ (MM)};$$

$$B_{5\min} = B_{5\max} - T(B_5) = 27,388 - 0,084 = 27,304 \text{ (MM)};$$

$$z_{7\max} = B_{6\max} - B_{5\min} = 27,94 - 27,304 = 0,636 \text{ (MM)}.$$

$$9. z_{8\min} = B_{5\min} - B_{4\max};$$

$$B_{4\max} = B_{5\min} - z_{8\min} = 27,304 - 0,7 = 26,604 \text{ (MM)};$$

$$B_{4\min} = B_{4\max} - T(B_4) = 26,604 - 0,21 = 26,394 \text{ (MM)};$$

$$z_{8\max} = B_{5\max} - B_{4\min} = 27,388 - 26,394 = 0,994 \text{ (MM)}.$$

$$10. z_{9\min} = B_{4\min} - B_{3\max};$$

$$B_{3\max} = B_{4\min} - z_{9\min} = 26,394 - 1 = 25,394 \text{ (MM)};$$

$$B_{3\min} = B_{3\max} - T(B_3) = 25,394 - 0,52 = 24,914 \text{ (MM)};$$

$$z_{9 \max} = B_{4 \max} - B_{3 \min} = 26,604 - 24,914 = 1,69 \text{ (мм)}.$$

$$11. B_2 = K_3 = 50 \pm 0,31 \text{ мм}.$$

$$12. z_{11 \min} = B_{1 \min} - B_{2 \max};$$

$$B_{1 \min} = B_{2 \max} + z_{11 \min} = 50,31 + 0,7 = 51,01 \text{ (мм)};$$

$$B_{1 \max} = B_{1 \min} + T(B_1) = 51,01 + 0,25 = 51,26 \text{ (мм)};$$

$$z_{11 \max} = B_{1 \max} - B_{2 \min} = 51,26 - 49,69 = 1,57 \text{ (мм)}.$$

$$13. z_{12 \min} = 3_{1 \min} - B_{1 \max};$$

$$3_{1 \min} = B_{1 \max} + z_{12 \min} = 51,26 + 1 = 52,26 \text{ (мм)};$$

$$3_{1 \max} = 3_{1 \min} + T(3_1) = 52,26 + 1,6 = 53,86 \text{ (мм)};$$

$$z_{12 \max} = 3_{1 \max} - B_{1 \min} = 53,86 - 51,01 = 2,85 \text{ (мм)}.$$

2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

2.3.5.1 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 90H7^{(+0,035)}$

Значення розрахованих проміжних припусків на механічну обробку і проміжних граничних розмірів по технологічним переходам для циліндричної поверхні $\varnothing 90H7$ зведені до таблиці 2.11.

Значення R_z і h , які характеризують якість поверхні литої заготовки визначаємо згідно [1], вони складають 40 і 260 мкм відповідно.

Після першого технологічного переходу значення h для деталей з чавуна не враховується. Тому для наступних переходів визначаємо лише значення R_z за [1], а для останнього переходу – згідно креслення деталі, і заносимо їх до таблиці.

Сумарне значення просторових відхилень заготовки даного типу визначається згідно формули:

За [1, 8] для поверхонь, що мають форму тіл обертання, величину $\rho_{\text{кор}}$ можна визначити як

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_k D \text{ [мм]}, \quad (2.14)$$

де Δ_k – питома кривизна заготовок на 1 мм довжини, визначається за [1, 8];

D – діаметр поверхні.

В нашому випадку для заготовки $\rho_{\text{кор}} = 1 \cdot 90 = 90$ (мкм);

- для першого переходу $\rho_{\text{кор}} = 0,06 \cdot 90 = 5,4$ (мкм);

- для всіх інших переходів цією величиною можна знехтувати.

Похибка установки визначається як

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_{\text{закр}}^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.15)$$

де $\varepsilon_{\text{б}}$, $\varepsilon_{\text{закр}}$, $\varepsilon_{\text{пр}}$ – відповідно похибка базування, закріплення і пристосування.

В даному випадку $\varepsilon_{\text{б}} = 0$, так як виконується оброблювана поверхня діаметральна.

За [1] визначаємо, що для даної схеми установки $\sqrt{\varepsilon_{\text{закр}}^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} = 140$ мкм.

Таким чином на першому переході $\varepsilon_y = 140$ мкм, на другому – $\varepsilon_y = 0,05 \cdot 140 = 7$ мкм, на наступних переходах цією величиною можна знехтувати.

На основі вищенаведених даних проводимо розрахунок значень мінімальних припусків на механічну обробку за формулою:

$$2z_{\text{min}} = 2 \cdot (R_{z\ i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ [мкм]}, \quad (2.16)$$

Мінімальний припуск при чорновому розточуванні складає:

$$2z_{\min} = 2 \cdot (40 + 260 + \sqrt{90^2 + 140^2}) = 2 \cdot 426 \text{ (мкм)};$$

- при напівчистовому розточуванні

$$2z_{\min} = 2 \cdot (30 + 0 + \sqrt{6^2 + 7^2}) = 2 \cdot 40 \text{ (мкм)};$$

- при чистовому розточуванні

$$2z_{\min} = 2 \cdot (20 + 0 + \sqrt{0^2 + 0^2}) = 2 \cdot 20 \text{ (мкм)};$$

- при тонкому розточуванні

$$2z_{\min} = 2 \cdot (10 + 0 + \sqrt{0^2 + 0^2}) = 2 \cdot 10 \text{ (мкм)}.$$

Розрахунковий розмір D_p отримуємо з кінцевого розміру шляхом послідовного віднімання мінімального припуску відповідного технологічного переходу:

$$D_{p1} = 90,035 - 2 \cdot 0,01 = 90,015 \text{ (мм)};$$

$$D_{p2} = 90,015 - 2 \cdot 0,02 = 89,975 \text{ (мм)};$$

$$D_{p3} = 89,975 - 2 \cdot 0,04 = 89,895 \text{ (мм)};$$

$$D_{p\text{заг}} = 89,895 - 2 \cdot 0,226 = 89,443 \text{ (мм)}.$$

Значення допусків для поверхні вихідної заготовки приймаємо згідно табл. 2.11, і на кожному переході приймаємо відповідно до квалітету отримуваної поверхні (відповідно 12, 10, 8 і 7 квалітет).

Найбільші граничні розміри $D_{\max}$ для кожного технологічного переходу визначаємо, заокруглюючи значення D_p в меншу сторону з точністю, яка відповідає точності квалітету.

Найменші граничні розміри $D_{\min}$ для кожного технологічного переходу визначаємо, віднімаючи від значення $D_{\max}$ величину T_D :

$$\begin{aligned} D_{\min \text{ заг}} &= 89,4 - 5 = 84,4 \text{ (мм)}; \\ D_{\min 1} &= 89,8 - 0,35 = 89,45 \text{ (мм)}; \\ D_{\min 2} &= 89,9 - 0,14 = 89,76 \text{ (мм)}; \\ D_{\min 3} &= 90,01 - 0,054 = 89,956 \text{ (мм)}; \\ D_{\min 4} &= 90,035 - 0,035 = 90 \text{ (мм)}. \end{aligned}$$

Граничні значення припусків:

$$\begin{aligned} 2z_{\min}^{\text{пр}} 1 &= 89,8 - 89,4 = 0,4 = 400 \text{ (мкм)}; \\ 2z_{\min}^{\text{пр}} 2 &= 89,9 - 89,8 = 0,1 = 100 \text{ (мкм)}; \\ 2z_{\min}^{\text{пр}} 3 &= 90,01 - 89,9 = 0,11 = 110 \text{ (мкм)}; \\ 2z_{\min}^{\text{пр}} 4 &= 90,035 - 90,01 = 0,025 = 25 \text{ (мкм)}. \\ 2z_{\max}^{\text{пр}} 1 &= 89,45 - 84,4 = 5,05 = 5050 \text{ (мкм)}; \\ 2z_{\max}^{\text{пр}} 2 &= 89,76 - 89,45 = 0,31 = 310 \text{ (мкм)}; \\ 2z_{\max}^{\text{пр}} 3 &= 89,956 - 89,76 = 0,196 = 196 \text{ (мкм)}; \\ 2z_{\max}^{\text{пр}} 4 &= 90 - 89,956 = 0,044 = 44 \text{ (мкм)}. \end{aligned}$$

Загальний мінімальний припуск складає

$$2z_{\min}^{\text{пр}} = 400 + 100 + 110 + 25 = 635 \text{ (мкм)}.$$

Загальний максимальний припуск

$$2z_{\max}^{\text{пр}} = 5050 + 310 + 196 + 44 = 5600 \text{ (мкм)}.$$

Проводимо перевірку правильності виконаних розрахунків за умовою:

$$2z_{\max}^{\text{np}} - 2z_{\min}^{\text{np}} = T_{i-1} - T_i.$$

$$2z_{\max}^{\text{np}} - 2z_{\min}^{\text{np}} = 44 - 25 = 19 \text{ (мкм)};$$

$$2z_{\max}^{\text{np}} - 2z_{\min}^{\text{np}} = 196 - 110 = 86 \text{ (мкм)};$$

$$2z_{\max}^{\text{np}} - 2z_{\min}^{\text{np}} = 310 - 100 = 210 \text{ (мкм)};$$

$$2z_{\max}^{\text{np}} - 2z_{\min}^{\text{np}} = 5050 - 400 = 4650 \text{ (мкм)};$$

$$T_3 - T_4 = 54 - 36 = 19 \text{ (мкм)};$$

$$T_2 - T_3 = 140 - 54 = 86 \text{ (мкм)};$$

$$T_1 - T_2 = 350 - 140 = 210 \text{ (мкм)};$$

$$T_{\text{заг}} - T_1 = 5000 - 350 = 4650 \text{ (мкм)}.$$

Результати співпадають, отже, розрахунки виконані вірно.

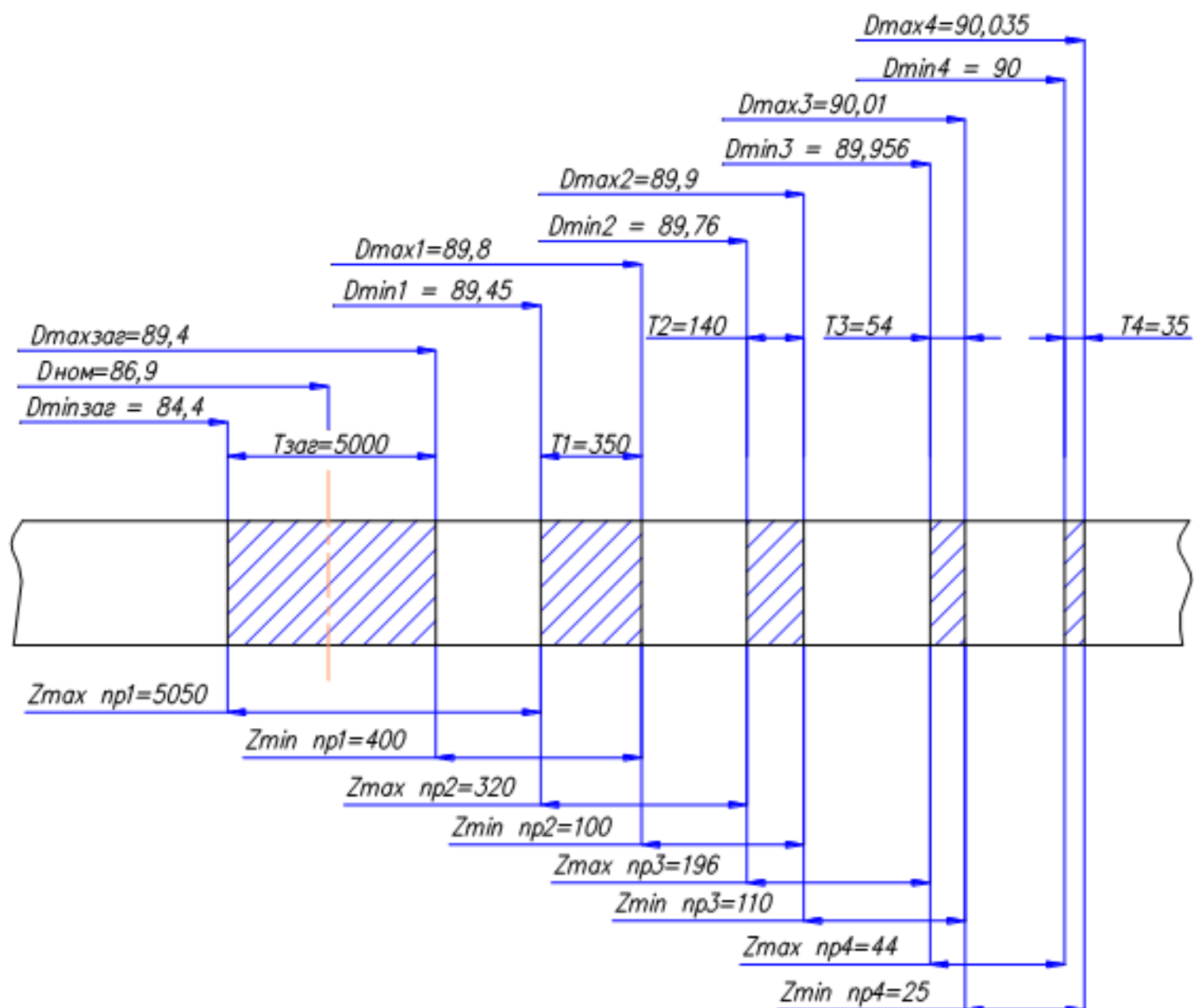


Рисунок 2.9 – Схема розміщення припусків і допусків на обробку Ø90H7

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

Визначені за нормативами проміжні припуски і розраховані технологічні розміри зведемо у таблицю 2.12.

Таблиця 2.12 – Проміжні припуски і технологічні розміри

Поверхні	$2z_{\max}$, мм	Розраховані розміри	Допуск, мм	Проміжні розміри і допуск, мм
$\phi 65H8^{(+0,046)}$				
заготовка $\phi 53 \pm 2,5$			5	$\phi 53 \pm 2,5$
розточув. чорнове	$2 \cdot 1,5$	63,386	0,3	$\phi 63,3^{+0,3}$
напівчистове	$2 \cdot 0,45$	64,286	0,19	$\phi 64,2^{+0,19}$
чистове	$2 \cdot 0,25$	64,786	0,074	$\phi 64,7^{+0,074}$
тонке	$2 \cdot 0,13$	65,046	0,046	$\phi 65^{+0,046}$
$\phi 46$				
заготовка $\phi 40,4 \pm 2$				$\phi 40,4 \pm 2$
розточув. чорнове	$2 \cdot 1,6$	45,47	0,62	$\phi 45,4^{+0,62}$
напівчистове	$2 \cdot 0,25$	45,97	0,39	$\phi 45,9^{+0,39}$
чистове	$2 \cdot 0,14$	46,25	0,25	$\phi 46^{+0,25}$

2.3.6 Визначення режимів різання

Розрахунок режимів різання будемо виконувати аналітичним способом для точіння остаточного поверхні $\phi 46$ мм [1, 15-17].

Для даного виду обробки ми вибираємо верстата 6906ВМФ3. Інструмент, що використовується для обробки – різець розточний ГОСТ 1888-73, ріжуча частина якого виготовлена з матеріалу ВК6 ГОСТ 3231-71. Кути: $\gamma=0$; $\alpha=10^\circ$; $\varphi=60^\circ$; $\varphi_1=30^\circ$; $\omega=30^\circ$.

Глибина різання становить: $t=0,99$ мм.

Подача при такому виді обробки варіюється в межах $0,1 \div 1,1$ мм/об. приймаємо 0,1 м/об.

Обраховуємо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v \text{ [м/хв.]}, \quad (2.17)$$

де C_v – коефіцієнт;

q, m, x, y – показники степенів;

K_v – поправковий коефіцієнт, визначається за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv}, \quad (2.18)$$

де K_{mv} – залежить від матеріалу заготовки;

K_{nv} – залежить від стану поверхні;

K_{uv} – залежить від матеріалу інструменту;

K_{lv} – враховує фактичні умови обробки.

Числові значення даних коефіцієнтів вибираємо з [1, 15-17]. Підставивши їх в формулу отримаємо:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} = 1,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 1,12.$$

Значення коефіцієнта C_v та показників степенів:

$$C_v = 18; q = 0,6; x = 0,2; y = 0,3; m = 0,25.$$

Підставивши усі значення отримаємо:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v = \frac{18 \cdot 43^{0,6}}{60^{0,25} \cdot 0,99^{0,2} \cdot 0,1^{0,3}} \cdot 1,12 = 70 \text{ (м / хв)}.$$

Знаходимо крутний момент $M_{кр}$ та осьову силу P_x . Вони визначаються за формулами:

$$M_{кр} = 10 C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_p \text{ [Н·м]}, \quad (2.19)$$

$$P_x = 10 C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_p \text{ [H]}, \quad (2.20)$$

де C_m, C_p – коефіцієнти;

q, x, y – показники степенів.

Вибираємо значення даних коефіцієнтів:

$$C_m=0,09; x=0,9; y=0,8; q=1,0; C_p=67; x=1,2; y=0,65; K_p=K_{mp}=0,74.$$

Підставивши в формулу отримаємо:

$$M_{кр} = 10 C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,09 \cdot 43^1 \cdot 0,99^{0,9} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,74 = 38,1 \text{ (Н·м)};$$

$$P_x = 10 C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_p = 10 \cdot 67 \cdot 0,99^{1,2} \cdot 0,1^{0,65} \cdot 0,74 = 924 \text{ (H)}.$$

Знаходимо частоту обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 77,5}{3,14 \cdot 43} = 572,9 \text{ (хв}^{-1}\text{)}.$$

Частота обертання двигуна верстату даного типу варіюється в межах 45÷2000об/хв, отже приймаємо $n=600$ об/хв.

Визначаємо потужність двигуна верстата:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{38,1 \cdot 600}{9750} = 2,3 \text{ (кВт)}. \quad (2.21)$$

За паспортними даними максимальна потужність двигуна становить 6,2 кВт, тобто ми вірно вибрали модель верстата для даного виду обробки.

За нормативами та довідниковими даними визначаємо режими різання на обробку поверхонь деталі та зводимо їх до таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Режими різання на обробку

№	Операції, переходи	T _{доп} , хв	T _о , хв	T _{шт-к} , хв	При- пуск, мм	Режими різання			
						v, мм/хв	t, мм	n, об/хв	S, мм/об
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005 Фрезерна з ЧПК									
1	Встановити заготовку	2,6		7,8					
2	Фрезерувати площину попередньо в розмір 22,5 _{-0,33} .		2,52		2,1	47,1	2,1	500	0,2
3	Фрезерувати площину остаточно в розмір 1		1,69		0,5	47,1	0,5	500	0,1
4	Центрувати отвори, до-тримуючись розміру 165±0,5.		0,07		-	25,1	5	800	0,06
5	Свердлити два отвори в розмір Ø11,5 ^{+0,18} .		0,29		5,75	28,8	5,75	800	0,06
6	Зенкерувати два отвори в розміри Ø12,5 ^{+0,11} .		0,12		0,5	31,4	0,5	800	0,06
7	Розвернути два отвори в розмір 2.		0,49		0,25	5,1	0,25	125	0,1
8	Зняти заготовку								
010 Фрезерна з ЧПК									
1	Встановити заготовку	0,52		1,56					
2	Фрезерувати поверхню в розмір 2		0,36		4,5	78,5	4,5	500	0,2
3	Центрувати отвір		0,01		4	20,1	4	800	0,05

Продовження таблиці 2.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	Свердлити отвір в розмір 3		0,08		4	20,1	4	800	0,05
5	Нарізати різь в розмір 4		0,04		1	1,9	1	60	1
6	Зенкувати фаску в розмір 5		0,003		1,6	50,2	1,6	800	0,05
7	Фрезерувати площину в розмір 1		0,55		3	78,5	3	500	0,2
8	Зняти заготовку								
015 Багатоцільова з ЧПК									
1	Встановити заготовку	3,75		11,25					
2	Фрезерувати торець попередньо в розмір 50,5 _{-0,25} .		2,1		1,9	81,6	1,9	650	0,08
3	Фрезерувати торець остаточно в розмір 50.		1,4		0,5	100,4	0,5	800	0,06
4	Точити поверхні попередньо в розміри Ø45,4 ^{+0,62}		0,89		2,5	55	2,5	400	0,06
	44,5±0,13				0,5	55	0,5	400	0,06
	Ø63,3 ^{+0,3}	5,35		55	5,35	275	0,06		
	28±0,11	0,5		55	0,5	275	0,06		
	Ø89,45 ^{+0,35}	5,7		55	5,7	200	0,06		

Продовження таблиці 2.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	Точити поверхні попередньо в розміри $\varnothing 45,9^{+0,39}$		0,86		0,75	55	0,75	400	0,06
	44,7 $\pm$ 0,05				0,2	55	0,2	400	0,06
	$\varnothing 64,2^{+0,19}$				0,45	55	0,45	275	0,06
	28,2 $\pm$ 0,05				0,2	55	0,2	275	0,06
	$\varnothing 89,76^{+0,14}$				0,15	55	0,15	200	0,06
6	Точити поверхні попередньо в розміри $\varnothing 89,9^{+0,054}$		0,65		0,1	55	0,1	200	0,06
	44,9 $\pm$ 0,03				0,1	55	0,1	400	0,06
	$\varnothing 64,7^{+0,074}$				0,25	55	0,25	275	0,06
	28,4 $\pm$ 0,026				0,1	55	0,1	275	0,06
	остаточно в розмір $\varnothing 46$				0,25	55	0,25	400	0,3
7	Точити поверхні однократно в розміри 2x45°		0,66		2	55	2	200	0,3
	2x15°				0,51	55	0,51	275	0,3
	остаточно в розміри $\varnothing 90^{+0,035}$				0,05	55	0,05	200	0,3
	45				0,05	55	0,05	400	0,3
	$\varnothing 65^{+0,048}$				0,15	55	0,15	275	0,3
	28,5				0,05	55	0,05	275	0,3
8	Фрезерувати паз в розмір 93		0,15		8	35	8	690	0,03
9	Центрувати 4 отвори		0,03		4	35	4	800	0,04
10	Свердлити 4 отвори в розмір 20		0,39		4	55	4	800	0,06

Продовження таблиці 2.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	Нарізати різь М8-7Н в розмір 16		0,2		0,5	4	0,5	160	1,25
12	Зенкувати фаски в розмір 1,6x45°		0,014		1,6	59,3	1,6	630	0,1
13	Центрувати отвір в розмір 10		0,084		10	75,4	10	800	0,05
14	Зняти заготовку								

2.3.7 Визначення технічних норм часу для операцій

Скористаємось методом технічного розрахунку за нормативами. Детально покажемо визначення норм часу для операції 015. Для решти операцій покажемо норми часу і їх складові у вигляді підсумкової таблиці 2.14.

Норма штучно-калькуляційного часу визначається для серійного виробництва за формулою [1, 15-17]:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{п-з}}/n + T_{\text{шт}} [\text{хв.}], \quad (2.22)$$

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

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

n – розмір партії деталей;

$T_{\text{шт}}$ – штучний час, хв.

Визначимо за нормативами [1, 15-17] кожен складову штучно-калькуляційного часу.

До складу підготовчо-заклучного часу входять:

- час на налагодження верстата і встановлення пристосування – 14 хв.;
- час на встановлення інструменту – 16 хв.;
- час на допоміжні прийоми (отримання інструменту і пристосувань до початку і здача їх після обробки партії деталей) – 7 хв.

$$T_{п-3} = 14 + 16 + 7 = 37 \text{ (хв.)}$$

Приймаємо розмір партії $n = 218$ шт.

Норму штучного часу можна визначити за формулою:

$$T_{шт} = T_o + T_{доп} + T_{обсл} + T_{відп} \text{ [хв.]}, \quad (2.23)$$

де T_o – основний час;

$T_{доп}$ – допоміжний час;

$T_{обсл}$ – час на обслуговування робочого місця;

$T_{відп}$ – час на відпочинок.

Основний час при виконанні маршруту механічної обробки.

Операція 015.

Основний технологічний час $T_o \cdot 10^{-3}$ хв.:

- фрезерування торця чорнове $T_{\phi} = 6\pi(D + d)/2 = 6 \cdot 3,14(135+90) = 2119,5$;
- фрезерування торця чистове $T_{\phi} = 4\pi(D + d)/2 = 4 \cdot 3,14(135+90) = 1413$;
- чорнове точіння $T_T = 0,17 \text{ dl} = 0,17 (1 \cdot 90 + 28,5 \cdot 90 + 2 \cdot 65 + 15 \cdot 65 + 5 \cdot 46) + 0,037(90^2 - 65^2) + 0,037(65^2 - 46^2) = 899,7$;
- чорнове точіння $T_T = 0,17 \text{ dl} = 0,17 (28,5 \cdot 90 + 15 \cdot 65 + 5 \cdot 46) + 0,037(90^2 - 65^2) + 0,037(65^2 - 46^2) = 862,3$;
- чорнове точіння $T_T = 0,17 \text{ dl} = 0,17 (28,5 \cdot 90 + 15 \cdot 65) + 0,037(90^2 - 65^2) + 0,037(65^2 - 46^2) = 655,3$;
- чистове точіння $T_T = 0,1 \text{ dl} = 0,1 (28,5 \cdot 90 + 15 \cdot 65) + 0,052(90^2 - 65^2) + 0,052(65^2 - 46^2) = 665$;
- фрезерування паза $T_{\phi} = 6 \text{ l} = 6 \cdot 25 = 150$;
- центрування 4-х отворів $T_{ц} = 0,52 \text{ dl} = 4 \cdot 0,52 \cdot 8 \cdot 2 = 33,28$;
- свердління 4-х отворів $T_c = 0,52 \text{ dl} = 4 \cdot 0,52 \cdot 8 \cdot 24 = 399,36$;
- різьбонарізання 4-х отворів $T_p = 0,4 \text{ dl} = 4 \cdot 0,4 \cdot 8 \cdot 16 = 204,8$;
- зенкування 4-х фасок $T_z = 0,21 \text{ dl} = 4 \cdot 0,21 \cdot 10,2 \cdot 1,6 = 14$;

- свердління отвору $T_c = 0,52 \text{ dl} = 0,52 \cdot 20 \cdot 10 = 84$.

Сумарний час $T_o = 2119,5 + 1413 + 899,7 + 862,3 + 655,3 + 665 + 150 + 33,28 + 399,36 + 204,8 + 14 + 84 = 7500,24$.

$$T_o = 7500,24 \cdot 10^{-3} = 7,50024 \text{ (хв.)} \approx 7,5 \text{ (хв.)}$$

Допоміжний час

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{в.з}} + T_{\text{з.р}} + T_{\text{упр}} + T_{\text{вим}} \text{ [хв.]}, \quad (2.24)$$

де $T_{\text{в.з}} + T_{\text{з.р}} = 0,089 \text{ хв.}$ – час на встановлення і зняття деталі, її закріплення і розкріплення [1, 15-17];

$T_{\text{упр}}$ – час на прийоми управління. Ввімкнення і вимикання верстата кнопкою – 0,01 хв., повертання револьверної головки в наступну позицію – $12 \cdot 0,015 = 0,18 \text{ хв.}$, підвести інструмент – $12 \cdot 0,016 = 0,192 \text{ хв.}$

Тоді

$$T_{\text{упр}} = 0,01 + 0,18 + 0,192 = 0,382 \text{ (хв.)};$$

$T_{\text{вим}} = 0,22 \cdot 13 \cdot 30 / 100 = 0,86 \text{ хв}$ – час на вимірювання деталі для 13 контрольованих розмірів і 30% контрольованих деталей [1, 15-17].

Тоді

$$T_{\text{доп}} = 1,85 \cdot (0,089 + 0,382 + 0,86) = 2,46 \text{ (хв.)},$$

враховуючи $k = 1,85$ – поправковий коефіцієнт, що враховує серійність виробництва.

Час на обслуговування робочого місця:

$$T_{\text{обсл}} = T_{\text{тех.обсл}} + T_{\text{орг.обсл}} \text{ [хв.]},$$

Час на технічне обслуговування робочого місця складає:

$$T_{\text{тех.обсл}} = 0,06 T_o [\text{хв.}],$$

$$T_{\text{тех.обсл}} = 0,06 \cdot 7,5 = 0,45 (\text{хв.})$$

Час на організаційне обслуговування:

$$T_{\text{орг.обсл}} = 0,03 \cdot T_{\text{опер}} = 0,03 \cdot (T_o + T_{\text{доп}}) [\text{хв.}],$$

$$T_{\text{орг.обсл}} = 0,03(7,5 + 2,46) = 0,31 (\text{хв.}).$$

Час на відпочинок:

$$T_{\text{відп}} = 0,05 T_{\text{опер}} = 0,05(7,5 + 2,46) = 0,5 (\text{хв.})$$

Отже,

$$T_{\text{шт}} = 7,5 + 2,46 + 0,45 + 0,31 + 0,5 = 11,22 (\text{хв.})$$

Тоді штучно-калькуляційний час складає:

$$T_{\text{шт-к}} = 37/218 + 11,22 = 11,59 (\text{хв.})$$

Для інших операцій дані приведені у таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Технічні норми часу, хв. на операції механічної обробки

Операції	T_o	$T_{\text{доп}}$			$T_{\text{оп}}$	$T_{\text{обсл}}$		$T_{\text{відп}}$	$T_{\text{шт}}$	$T_{\text{п-з}}$	n, шт.	$T_{\text{шт-к}}$
		$T_{\text{вз+}} + T_{\text{зр}}$	$T_{\text{уп}}$	$T_{\text{вм}}$		$T_{\text{то}}$	$T_{\text{оо}}$					
005 Фрезерна з ЧПК	5,2	0,01	0,16	0,08	5,67	0,31	0,17	0,28	6,43	29	218	6,72
010 Фрезерна з ЧПК	1,04	0,01	0,16	0,08	1,29	0,06	0,04	0,06	1,45	29	218	1,74
015 Багато- цільова з ЧПК	7,5	0,01	0,18	0,19	9,96	0,45	0,31	0,5	11,22	37	218	11,59

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 32-8041»

3.1 Розрахунок приведеної програми

Проектування дільниці ведеться для умов дрібносерійного виробництва. Тому необхідно визначити величину приведеної програми і вести подальші розрахунки дільниці з її урахуванням [2, 18].

Для визначення приведеної програми $N_{\text{прив}}$. Скористаємося коефіцієнтом приведення

$$N_{\text{прив}} = N_i \cdot K_{\text{пр}} \text{ [шт.]}, \quad (3.1)$$

де N_i – програма випуску i -ї деталі; $K_{\text{пр}}$ – коефіцієнт приведення

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

де K_1 – коефіцієнт приведення за масою; K_2 – коефіцієнт приведення за серійністю; K_3 – коефіцієнт приведення за складністю.

Коефіцієнт, що враховує різницю в масі оброблюваних деталей, визначається за формулою [2, 18]:

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

де m_i , $m_{\text{пр}}$ – відповідно маси i -го виробу та розрахункового представника.

Коефіцієнт приведення по серійності K_2 визначається за емпіричною формулою

$$K_2 = \left(\frac{N_{\text{пр}}}{N_i} \right)^{\alpha}, \quad (3.4)$$

Таким чином, попередньо приймаємо величину приведеної програми $N_{пр} = 18500$ штук. Величина цієї програми може бути збільшена при необхідності підвищення коефіцієнта завантаження обладнання.

3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Необхідна кількість металорізальних верстатів по операціях технологічного процесу механічної обробки визначається за формулою [2, 18]:

$$C = \frac{T_{шт-к}}{60 \cdot F_g \cdot m}, \quad (3.6)$$

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

N – річна програма випуску деталей, шт.;

F_g – фонд роботи обладнання [2, 18] при роботі в 1 зміну;

m – кількість робочих змін.

Розрахункова та прийнята кількість верстатів на ділянці механічної обробки корпусу:

Операція 005 – фрезерна, верстат 6Р13Ф3

$$C_{р\ 005} = \frac{6,72 \cdot 18500}{60 \cdot 4029} = 0,514 .$$

Приймаємо 1 верстат 6Р13Ф3

Операція 010 – фрезерна, верстат 6Р13Ф3

$$C_{р\ 010} = \frac{1,74 \cdot 18500}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,133 .$$

Приймаємо 1 верстат 6P13Ф3

Операція 015 – багатоцільова, верстат 6906ВМФ3

$$C_{p_{015}} = \frac{11,59 \cdot 18500}{60 \cdot 4029} = 0,89 .$$

Приймаємо 1 верстат 6906ВМФ3

Коефіцієнт завантаження верстатів по операціях технологічного процесу:

$$\eta_3 = \frac{C_p}{C_{np}}, \quad (3.7)$$

де C_p – розрахункова кількість верстатів;

$$\begin{aligned} \eta_{3_{005}} &= \frac{0,514}{1} = 0,514 ; & \eta_{3_{010}} &= \frac{0,133}{1} = 0,133 ; \\ \eta_{3_{015}} &= \frac{0,89}{1} = 0,89 ; & \eta_{3_{ср}} &= \frac{0,514 + 0,133 + 0,89}{2} = 0,769 . \end{aligned}$$

Коефіцієнт використання за основним часом:

$$\begin{aligned} \eta_{осн} &= \frac{t_{осн}}{T_{осн} - \kappa} ; \\ \eta_{осн_{005}} &= \frac{5,2}{6,72} = 0,77 ; & \eta_{осн_{015}} &= \frac{7,5}{11,59} = 0,65 ; & \eta_{осн_{010}} &= \frac{1,04}{1,74} = 0,6 ; \\ \eta_{осн_{ср}} &= \frac{0,77 + 0,65}{2} = 0,71 . \end{aligned}$$

Коефіцієнт завантаження верстатів з урахуванням довантаження іншими деталями (N = 50000 шт.)

$$\eta_{3005} = 0,75; \quad \eta_{3010} = 0,56; \quad \eta_{3015} = 0,95; \quad \eta_{3\text{cp}} = 0,75.$$

3.3 Побудова графіків завантаження обладнання

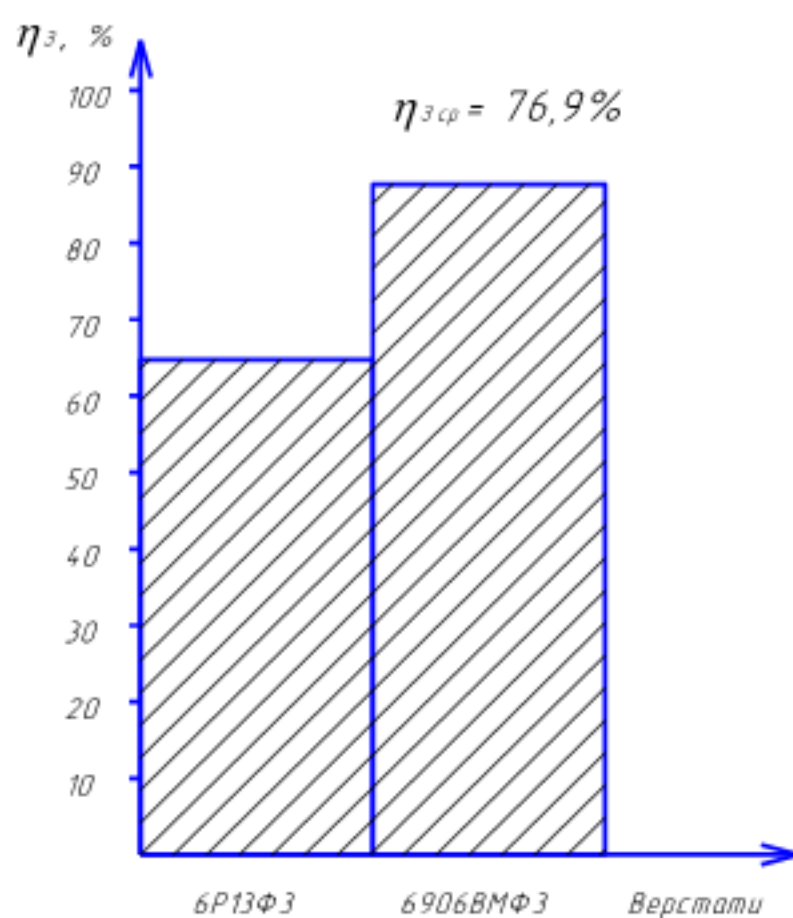


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

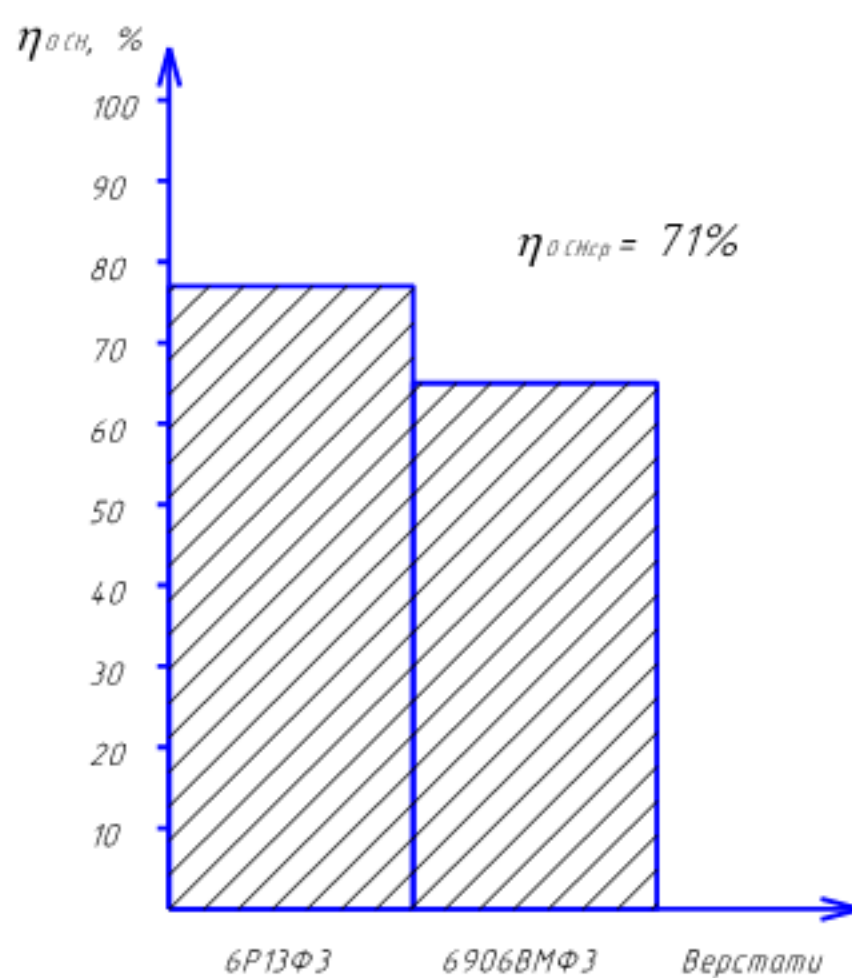


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Аналіз завантаження обладнання дозволяє зробити такі висновки:

- коефіцієнт завантаження верстатів досить низький. Лише 18% часу верстати завантажені обробкою підібраних деталей. Тому для завантаження верстатів до необхідної норми (80%) на них необхідно планувати обробку ще ряду деталей, що є подібними за конструкцією;
- коефіцієнт використання верстатів за основним часом є досить високим на усіх верстатах. Це підтверджує вірність рішень щодо нормування та вибору вказаних типів верстатів;
- для достатнього завантаження верстатів дільниці необхідно щоб приведена програма складала $N_{\text{пр}} \approx 50000-60000$ штук деталей.

3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці

Визначаємо необхідну кількість основних робітників на дільниці за формулою [2, 18]:

$$P_i = \frac{\Phi_d \cdot C_{\text{пр}} \cdot K_z \cdot K_o}{\Phi_v \cdot K_m}, \quad (3.8)$$

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

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

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

K_m – коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування, $K_m=1,0 \dots 2,2$;

K_z – коефіцієнт завантаження;

K_o – коефіцієнт використання обладнання за основним часом.

Розрахуємо кількість робітників на фрезерному верстаті 6Р13РФ3:

$$P_i = \frac{3890 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 0,77}{1840 \cdot 1} = 1,22 \text{ (робітників).}$$

Отже, для виконання робіт на даному обладнанні необхідно два основних робітника.

На операціях 005, 010 використовується одна і та ж модель верстата, тому приймаємо, що 1 робітник обслуговує 2 верстата.

Всього їх буде 2, один в I зміні, один – в II зміні.

Згідно проведених розрахунків загальна кількість основних робітників становить – 3 робітника.

Аналогічно проводимо розрахунки для інших операцій.

Дані розрахунків зводимо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Кількість робітників-верстатників

Назви верстатів	Прийнята кількість верстатів $C_{\text{пр}}$	$\Phi_{\text{д}}$, год	K_3	$K_{\text{м}}$	P , робітників	$P_{\text{пр}}$, робітників
Фрезерний з ЧПК 6P13PФ3	1	3890	0,75	2	1,22	2
Фрезерний з ЧПК 6P13PФ3	1		0,56	2	0,59	
Багатоцільовий з ЧПК 6906BMФ3	1		0,95	2	1,0	1

Кількість допоміжних робітників визначається за формулою:

$$P_{\text{др}} = (0,2 \dots 0,25) \cdot P_{\text{ор}}, \quad (3.9)$$

$$P_{\text{др}} = 0,25 \cdot 3 = 0,75 \text{ (робітників).}$$

Приймаємо одного допоміжного робітника, проте потрібно зазначити, що він обслуговуватиме сусідні дільниці, оскільки його робоча ставка на даній дільниці завантажена лише на 75%.

Кількість ІТР приймається рівною 16...22% від кількості основних робітників. Тобто:

$$P_{\text{ІТР}} = (0,16 \dots 0,22) \cdot P_{\text{ор}}, \quad (3.10)$$

$$P_{\text{ІТР}}=0,2 \cdot 3=0,6 \text{ (робітника).}$$

Приймаємо одного ІТР, який також обслуговуватиме інші ділянки.

При середньосерійному виробництві кількість службовців (СКП) приймається рівною 0,9-1,9% від загальної кількості основних робітників. Тобто:

$$P_{\text{СКП}}=(0,009 \dots 0,019) \cdot P_{\text{ор}}, \quad (3.11)$$

$$P_{\text{СКП}}=0,01 \cdot 3=0,03 \text{ (робітника).}$$

Приймаємо одного службовця, який також працюватиме на сусідніх ділянках.

До категорії молодшого обслуговуючого персоналу відносять прибиральників конторських та побутових приміщень. Їх кількість визначають за нормою 2% від кількості усіх працівників. Тобто:

$$P_{\text{МОП}}=0,02 \cdot (P_{\text{ор}}+P_{\text{др}}+P_{\text{ІТР}}+P_{\text{СКП}}), \quad (3.12)$$

$$P_{\text{МОП}}=0,02 \cdot (3+1+1+1)=0,12 \text{ (робітник).}$$

Приймаємо одного робітника, який обслуговуватиме сусідні ділянки також.

Отримані дані заносимо до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Відомість складу працюючих ділянки

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість, шт.
Основні робітники-верстатники	$\Phi_{\text{д}} \cdot C_{\text{пр}} \cdot K_{\text{з}} / \Phi_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}}$	2,38	3
Допоміжні робітники	$(20 \dots 25\%) \cdot P_{\text{ор}}$	0,5	1
ІТР	$(16 \dots 22\%) \cdot P_{\text{ор}}$	0,4	1
СКП	$(0,9 \dots 1,9\%) \cdot P_{\text{ор}}$	0,02	1
МОП	$2\% \cdot (P_{\text{ор}}+P_{\text{др}}+P_{\text{СКП}}+P_{\text{ІТР}})$	0,1	1

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Важливим компонентом підготовки майбутніх спеціалістів з вищою освітою є виконання випускних робіт, в процесі чого закріплюються, поглиблюються та узагальнюються знання, одержані протягом часу навчання. Застосовуючи ці знання до вирішення конкретного фахової задачі, студент набуває практичних навичок та досвіду самостійного вирішення інженерних завдань, уміння застосовувати в роботі сучасні досягнення техніки і науки.

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

4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників у виробничому приміщенні

При роботі в даному приміщенні, виникає низка небезпечних та шкідливих виробничих чинників, які класифікуються за [19].

4.1.1 Класифікація потенційно небезпечних та шкідливих факторів

Дане приміщення характеризується небезпечними та шкідливими виробничими факторами фізичної, хімічної, біологічної та психофізіологічної груп [19, 20], які розподіляються так:

- 1) Фізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: високий рівень інфразвуку, шуму, ультразвуку та вібрації; високий рівень електромагнітних випромінювань; понижена або підвищена температура, вологість і 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 – відсутні.

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

Вкажемо імовірні підстави виникнення цих чинників та коротко опишемо їхню дію на організм працівника.

4.1.2 Можливі причини виникнення шкідливих та небезпечних виробничих факторів

Високий рівень шуму і вібрації робочої зони спричиняється роботою 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.

Високий рівень інфразвуку спричиняється вентиляторами та іншими рухомими елементами обладнання з частотою рухів менше 20 Гц або 1200 об/хв.

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

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

Високий рівень електромагнітних випромінювань промислової частоти спричиняється струмоведучими частинами працюючих електроустановок.

Понижена або підвищена температура повітря робочої зони спричиняється різкою зміною температури повітря навколишнього середовища, наявністю або відсутністю опалення робочого приміщення тощо.

Понижена або підвищена відносна вологість повітря робочої зони спричиняється тим, що при роботі ПК утворене тепле повітря видують назовні із системного блоку спеціальні вентилятори, що приводить до зниження вологості повітря.

Понижена або підвищена швидкість руху повітря робочої зони спричиняється нераціональними параметрами системи вентиляції або її відсутністю.

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

Відсутність або недостатність природного освітлення спричиняється наявністю конфронтуючих будинків та споруд.

Недостатня освітленість робочої зони спричиняється відсутністю або недостатністю природного освітлення.

Шкідливі хімічні речовини в повітрі робочої зони спричиняються виділенням такої речовини, як оксид азоту під час роботи за ПК. Імовірним джерелом оксидів азоту на робочому місці є вихлопи автомобільного транспорту, які можуть потрапити в приміщення через відкриті кватирки, вікна тощо.

Перенапруження аналізаторів спричиняється інтенсивною роботою за ЕОМ.

Монотонність праці спричиняється розвитком напівавтоматичного 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.

4.1.3 Дія небезпечних та шкідливих виробничих факторів на організм працівника

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

Високий рівень інфразвуку може викликати нездужання типу морської хвороби, нервову втому.

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

Високий рівень електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону може спровокувати при постійному впливові стійкі функціональні зміни у центральній нервовій та серцево-судинній системах, а при тривалому впливі – підвищену стомлюваність, дратівливість, головний біль та інше.

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

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

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

Підвищена інтенсивність теплового випромінювання може спровокувати підвищення температури повітря в приміщенні вище допустимих меж.

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

Недостатня освітленість робочої зони може стати причиною низької продуктивності праці, оскільки очі працівника перенапружуються, при цьому стає складно відрізнити оброблювані предмети.

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

Перенапруження аналізаторів призводить до різкої втоми очей працюючого, а часом до погіршення зору.

Монотонність праці призводить до швидкого розвитку втоми в зв'язку з локалізацією м'язових і нервових навантажень, незадоволення роботою і зниження творчої активності працівника.

4.1.4 Обґрунтування вибору нормованих значень небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Згідно [21] для такої шкідливої речовини, як оксид азоту, встановлюємо, що вона відноситься до 2-го класу небезпеки, а її ГДК = 5 мг/м³.

Враховуючи вид вібрації – загальна, встановлюємо нормований еквівалентний рівень віброприскорення 33 дБ [22].

Після врахування призначення приміщення – виготовлення і вид шуму – постійний, встановлюємо нормований еквівалентний рівень шуму 80 дБА [23].

Згідно рекомендацій [27] нормований загальний рівень інфразвуку 110 дБ, нормований рівень ультразвуку 110 дБ.

При частоті електричного поля радіочастотного діапазону 117,703 МГц нормована напруженість електричного поля 8-ми годинного робочого дня становить 10 В/м згідно з [24].

Нормована напруженість електричного поля промислової частоти для 8-ми годинного робочого дня становить 5 кВ/м [24].

За величиною енерговитрат 190 Вт згідно з [25] встановлюємо категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – Па, для якої в холодний період року для постійних робочих місць допустима температура повітря становить 17...23 °С, допустима швидкість руху повітря 0,3 м/с, а допустима відносна вологість повітря не повинна перевищувати 75 %. Інтенсивність теплового випромінювання допускається не більше ніж 140 Вт/м².

За найменшим розміром об'єкта розрізнення 0,72 мм, вибираємо розряд зорових робіт – 4, для якого нормоване КПО для бокового освітлення становить 1,5 % [26].

Оскільки приміщення знаходиться у м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а вікна розташовані за азимутом 300°, то для таких умов нормоване КПО перераховуватиметься за формулою [26]:

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

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

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

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – порядковий номер групи забезпеченості природним світлом.

За співвідношенням контрасту (середній) та фону (середній), встановлюємо підрозряд зорових робіт – в, в межах якого встановлюємо нормовану освітленість для загального штучного освітлення – 200 лк.

4.2 Карта умов праці

Карта умов праці потрібна з метою проведення атестації робочого місця за умовами праці. Атестацію робочих місць проводять за наслідками комплексного обстеження і оцінки характеру та умов праці.

4.2.1 Оцінка чинників трудового та виробничого процесів

Оцінку стану робочого місця за умовами праці виконують з урахуванням впливу на працюючих усього комплексу чинників виробничого середовища і трудового процесу, передбачених Гігієнічною класифікацією праці [27].

В таблиці 4.1 наведено оцінку факторів трудового та виробничого процесів.

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів трудового та виробничого процесів

Номер	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення (ГДР, ГДК)		Фактичне значення	Ступінь 3-го класу: шкідливі умови і характер праці		
		нижнє	верхнє		I	II	III
1	Шкідливі хімічні речовини:						
1.1	1-й клас небезпеки						
1.2	2-й клас небезпеки		5	22,37		I	
1.3	3-й, 4-й класи небезпеки						
2	Вібрація		33	59			
3	Шум		80	61			
4	Інфразвук		110	52			
5	Ультразвук		110	60			
6	Неіонізуючі випромінювання:						
6.1	– радіочастотний діапазон		10	136	+		
6.2	– діапазон промислової частоти		5	2,35			
6.3	– оптичний діапазон		0	0			
7	Мікроклімат у приміщенні:						
7.1	– температура повітря, °C	17	23	33			
7.2	– швидкість руху повітря, м/с		0,3	1,8		+	
7.3	– відносна вологість повітря, %		75	80			
7.4	– інтенсивність теплового випромінювання, Вт/м ²		140	1708		I	
8	Виробниче освітлення:						
8.1	розряд зорових робіт	4		4			
8.2	КПО для природного освітлення, %	1,4		1,6			
8.3	– освітленість для штучного освітлення, лк	200		1078			
	Кількість факторів	–	–	–	1	3	1

4.2.2 Гігієнічна оцінка умов праці

Підвищена концентрація шкідливої хімічної речовини 2-го класу небезпеки – 2 ст. Підвищений рівень вібрації – 3 ст. Підвищений рівень неіонізуючих випромінювань радіочастотного діапазону – 1 ст. Підвищена швидкість руху повітря в холодний період року – 2 ст. Підвищена інтенсивність теплового випромінювання – 2 ст.

4.2.3 Оцінка технічного й організаційного рівня

Технічний рівень робочого місця не відповідає нормативним вимогам.

4.2.4 Атестація робочого місця

Робоче місце атестовано за третім ступенем шкідливості.

4.2.5 Рекомендації щодо покращення умов праці

З метою забезпечення чистоти повітря робочої зони потрібно доповнити природну вентиляцію механічною.

Для забезпечення допустимих параметрів вібрації в приміщенні потрібно використати відбудування від режиму резонансу за допомогою раціонального вибору маси та жорсткості системи, що коливається.

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

З метою забезпечення допустимих параметрів інтенсивності теплового випромінювання в приміщенні доцільно застосувати механічну загальнообмінну вентиляцію.

4.3 Пожежна безпека

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

Таблиця 4.2 – Мінімальні межі вогнестійкості приміщення [28]

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
4	REI 30	REI 15	E 15	EI 15	R 30	R 15	REI 15	нн	нн
	M 1	M 1	M 1	M 1	M 1	M 1	M 1	нн	нн

Примітка. R – втрати несучої здатності; E – втрати цілісності; I – втрати теплоізолювальної спроможності; M – показник здатності будівельної конструкції поширювати вогонь (межа поширення вогню); M0 – межа поширення вогню дорівнює 0 см; M1 – $M \leq 25$ см – для горизонтальних конструкцій; $M \leq 40$ см – для вертикальних і похилих конструкцій; нн – не нормується.

Таблиця 4.3 – Протипожежні норми проектування будівель і споруд [29]

Об'єм приміщення, тис. м ³	Категорія пожежної небезпеки	Ступінь вогнестійкості			Відстань, м, при щільності людського потоку в загальному проході, осіб/м ²	Кількість людей на 1 м ширини евакуиходу	Відстань між будівлями та спорудами, м, для ступеня їх вогнестійкості			Найбільша кількість поверхів	Максимально допустима площа поверху, м ² , для числа поверхів		
		до 1	2-3	4-5			I,II	III	IV,V		1	2	3 і більше
до 15	B	4	70	40	30	75	12	15	18	2	2600	2000	–

4.4 Висновки

Під час написання цього розділу було розглянуто такі аспекти охорони праці, як аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні; карта умов праці; рекомендації стосовно покращення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки.

ВИСНОВКИ

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

В роботі спроектовано технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 32-8041». При цьому згідно заданої програми випуску ($N = 2500$ шт.) розрахункового представника визначено тип виробництва – дрібносерійний, форма організації роботи – групова, виконано аналіз технологічності конструкції деталі, розглянуті можливі методи та способи виготовлення заготовки та вибрано оптимальний (лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші) 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 $\varnothing 90H7^{(+0,035)}$, режими різання, норми часу.

Для визначення необхідної кількості верстатів для виконання механічної обробки та забезпечення їх нормального завантаження підібрані аналогічні (за технологією обробки) деталі та розраховано приведену програму, яка складає $N_{\text{пр}} = 18500$ шт. Встановлено кількість працюючих (основних робітників-верстатників – 3 чол., всіх працівників – 7 чол.), які забезпечать роботу верстатів на ділянці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 32-8041».

Розроблені заходи з охорони праці у виробничому приміщенні.

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

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. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. К. : Вища школа, 1993. 414 с.
4. Рудь В. Д. Курсове проектування з технології машинобудування. К. : ІСДО, 1996. 300 с.
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. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення : ДСТУ 8981–2020. [Чинний від 2021-05-01] К. : ДП «УкрНДЦН» 2021. 77 с.

10. Добрянський С. С., Малафєєв Ю. М., Пуховський Є. С. Проектування і виробництво заготовок : підручник. К. : НТУУ «КПІ», 2014. 353 с.
11. Руденко П. О., Харламов Ю. О., Шустик О. Г. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин. К. : ІСДО, 1993. 304 с.
12. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів : Світоч, 1996. 348 с.
13. 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>.
14. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Сухоруков С. І. Основи технології машинобудування. Частина 2: практикум. Вінниця: ВНТУ, 2015. 116 с.
15. Булига Ю. В., Веселовська Н. Р., Міськов В. П. Теорія різання. Розрахунок режимів різання : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2019. 67 с.
16. 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.
17. 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.
18. Джур Є. О., Бондаренко О. В. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина: навч. посіб. Д. : «Інновація», 2011. 109 с.
19. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни і визначення.
20. Віштак І. В., Березюк О. В. Охорона праці в галузях механічної інженерії та транспорту : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2023. 195 с.
21. МОЗ України. Наказ № 1596 від 14.07.2020 "Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони". 81 с.

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

23. ДСН 3.3.6-037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

24. ДСанПіН 3.3.6-096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів.

25. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

26. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

27. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи "Атестація робочих місць за умовами праці" з дисципліни "Охорона праці в галузі" для студентів усіх спеціальностей. Уклад. О. В. Березюк, М. С. Лемешев. Вінниця: ВНТУ, 2010. 21 с.

28. ДБН В.1.1.7–2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

29. 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 «Корпус підшипника 32-8041»

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 23,02 %

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)

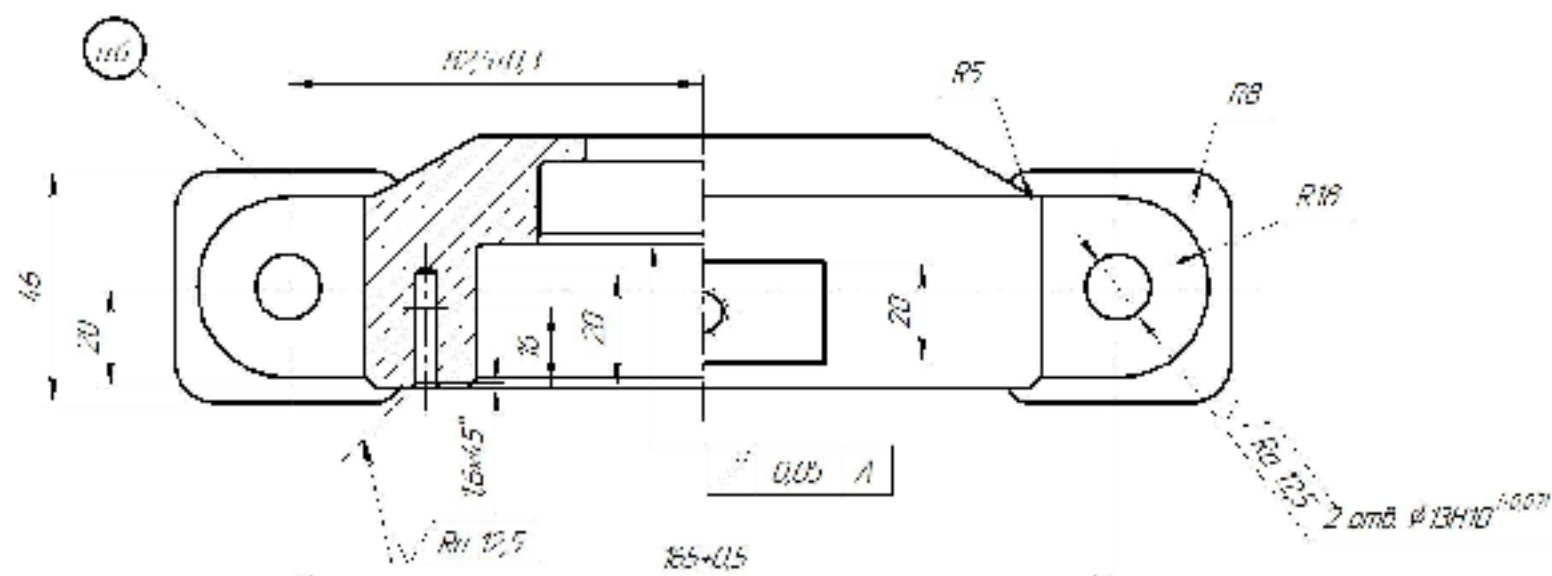
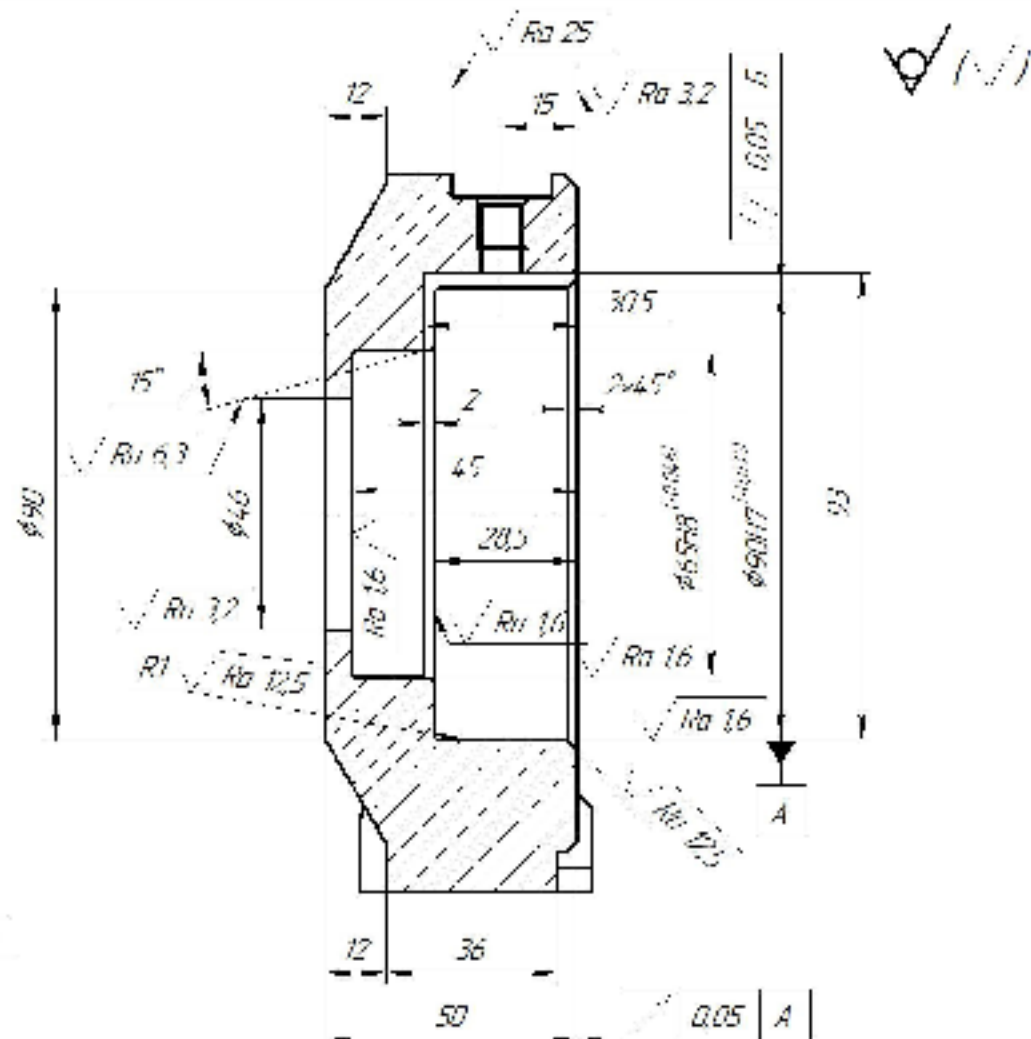
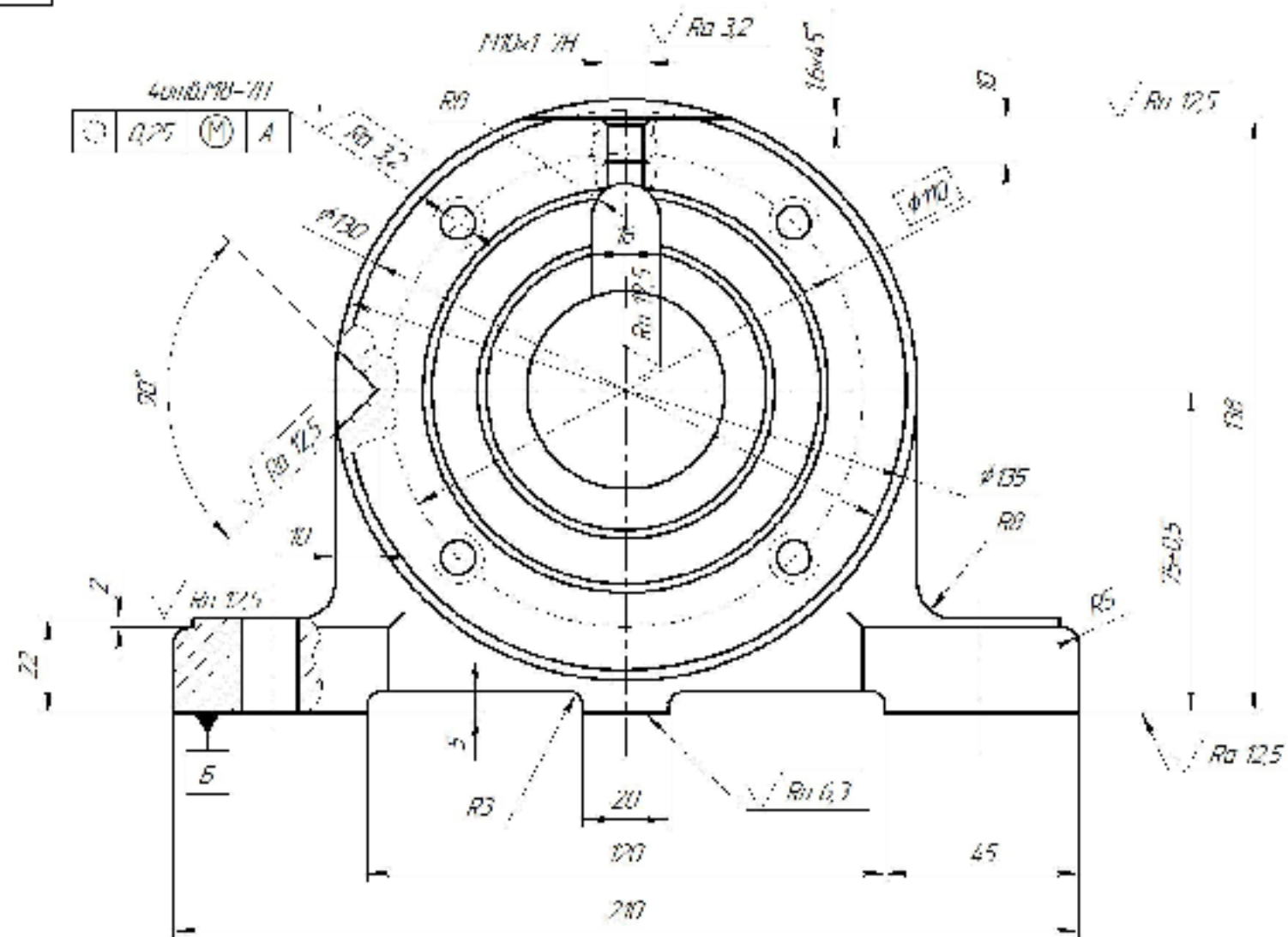
Керівник (підпис) Сергій РЕПІНСЬКИЙ, доцент кафедри ТАМ
(ім'я, прізвище, посада)

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

Додаток Б
(обов'язковий)

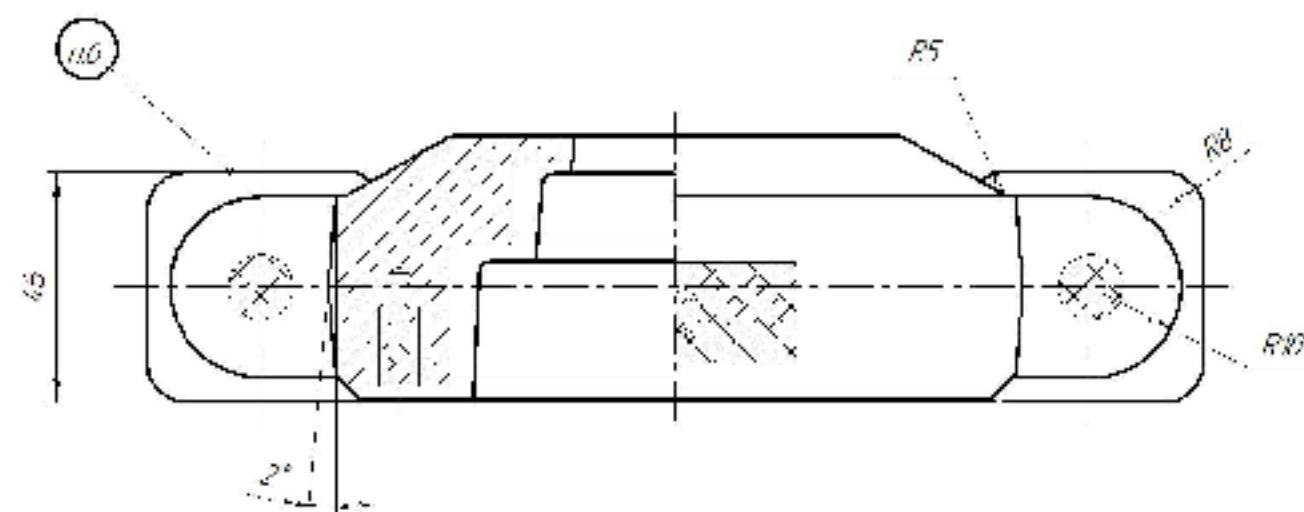
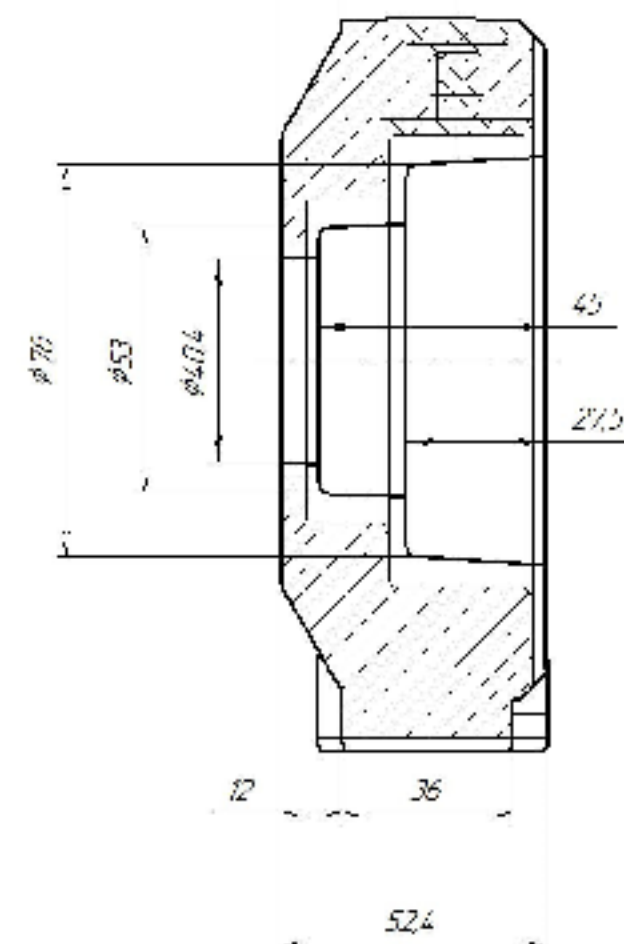
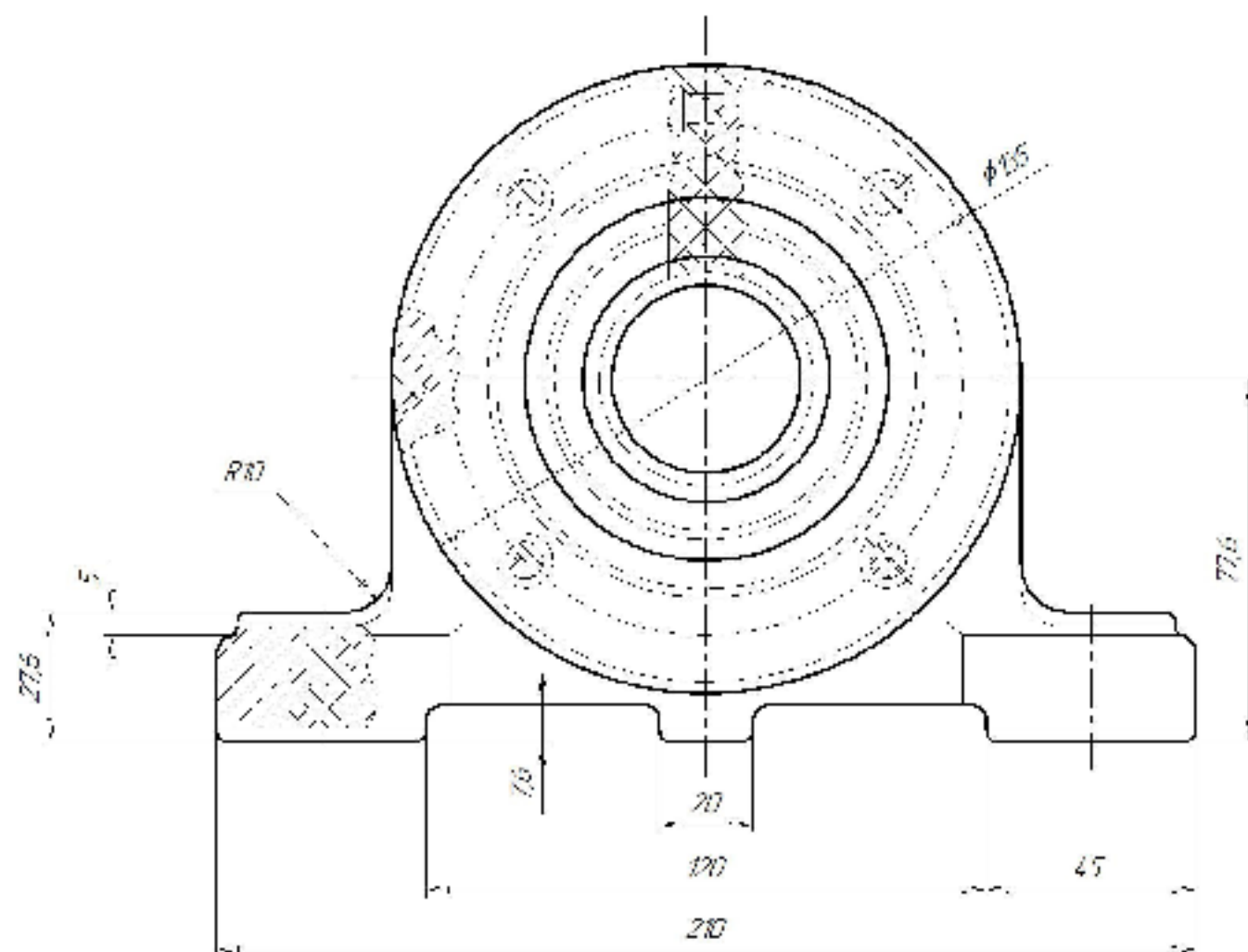
ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ
ТИПУ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 32-8041»



1. Ісхность диваїка Пт - 5 - 11 - 10 34 18 19 0901-2020
2. Нависл едрмуданна І ОЛ 3212 80
3. Ісхность диваїка Пт - 5 - 11 - 10 34 18 19 0901-2020
4. Удіванна едрмуданна І ОЛ 3212 80
5. Нависл едрмуданна І ОЛ 3212 80
6. Ісхность диваїка Пт - 5 - 11 - 10 34 18 19 0901-2020

[illegible]



1. Товщина вилки 11т - 5 - 11 - 10 Зм 18 ДСТУ 8981:2020.
2. Маса 16 - 0,01 - 0,15 - 4,54 ДСТУ 8981:2020
3. Нейлоном на кресленні робули закручений 2 мм фіртубульні нитки 0°77'.
4. Твердість матеріалу зготовки 165 НВ.
5. Висота кавалера (жовтий) і креслення (жовтий) 0,5 мм на жовтий 0,5 мм.
6. Матеріал: шпигунок з ДСТУ 2930-62.

					08-64.5KP.015.00.002		
					Корпус підшипника		
					(випинок)		
					Діаг.	Маса	Кількість
						4,24	11
					Діаг. 1	Маса 1	Кількість 1
					С415 ГОСТ 1412-85		
					ВНТУ		
					ар. 1711 215		
					Корпус		
					Сторінка 4		

Технологічний процес механічної обробки

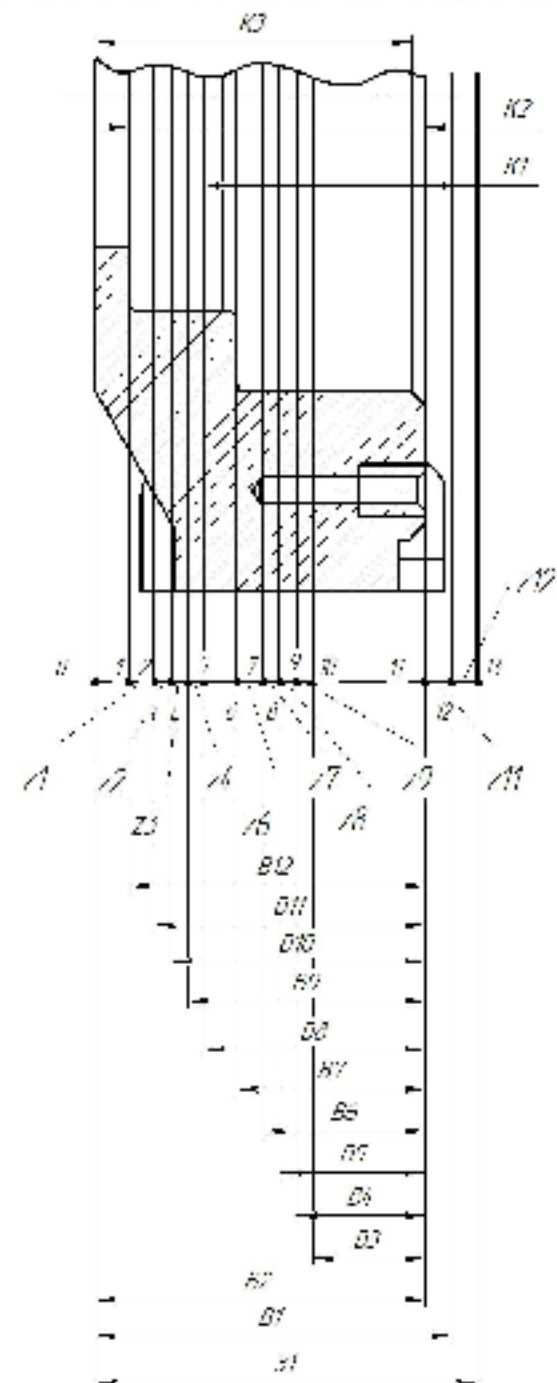
№ опер.	Зміст операції	Схема установки	Тип верстату
005	Фрезерни з ЧПК 1. Встановити заготовку 2. Фрезерувати площину (1) попередньо в розмір 22,5 мм. 3. Фрезерувати площину (1) остаточно в розмір. 4. Центрувати отвори, затримку вчесь розміру 165±0,5. 5. Вердлити два отвори в розмір $\phi 11,5^{+0,05}_{-0,05}$. 6. Зенкерувати два отвори в розмір $\phi 12,5^{+0,05}_{-0,05}$. 7. Розвернути два отвори в розмір (2)	165±0,5 $\phi 13H10(^{\circ}9)$ 2отб. 75±0,5 22±0,05 Ra 12,5 Ra 6,3 1 2 H14, h14, ±IT14/2	Верстат верти- кально- фрезерний з ЧПК 6Р13РФ3
010	Фрезерна з ЧПК 8. Переустановити заготовку. 9. Фрезерувати поверхню в розмір (3) 10. Фрезерувати площину в розмір (4) 11. Центрувати отвір (5). 12. Свєрдлити отвір в розмір (5) 13. Зенкерувати фланц в розмір (6) 14. Нарізати різь в розмір (7) 15. Зняти заготовку.	138 22 16x45° Ra 3,2 Ra 2,5 M10x1 7H $\phi 8$ 3 4 5 6 7 H14, h14, ±IT14/2	Верстат верти- кально- фрезерний з ЧПК 6Р13РФ3

Технологічний процес механічної обробки (продовження)

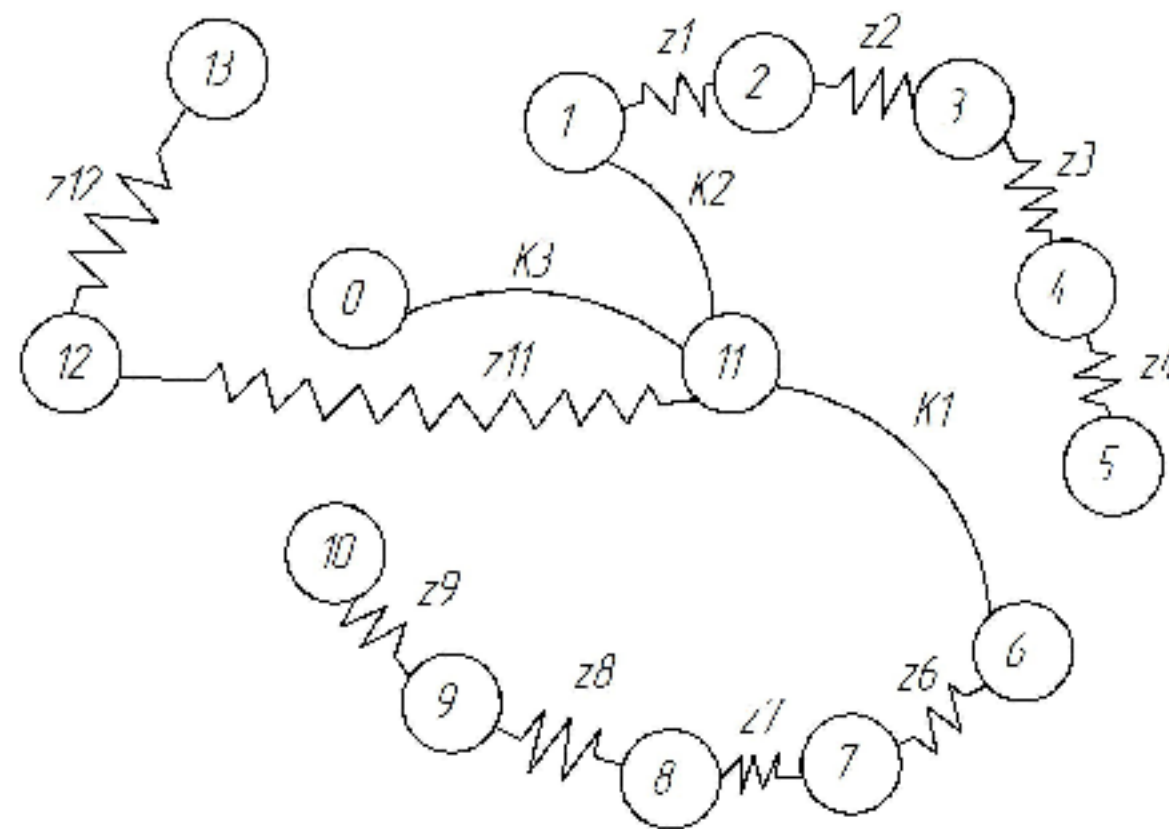
№ опер.	Зміст операції	Схема установки	Тип верстату
015	Багатоцільова з ЧПК 1. Вилучити загнуту. 2. Фрезерувати торці, попередньо в розмір $50,5 \pm 0,2$. 3. Фрезерувати торці, огрунтовно в розмір 1. 4. Точити поверхні 4 8 6 9 7. Дотримуючись розмірів $\phi 89,45^{+0,02}_{-0,01}$, $28,2 \pm 0,11$, $\phi 63,3$, $44,5 \pm 0,13$, $\phi 45,4^{+0,02}_{-0,01}$. 5. Точити поверхні 4 8 6 9 7. попередньо, дотримуючись розмірів $\phi 89,76^{+0,03}_{-0,02}$, $28,2^{+0,03}_{-0,02}$, $\phi 64,2^{+0,03}_{-0,02}$, $44,7 \pm 0,05$, $\phi 45,9^{+0,03}_{-0,02}$. 6. Точити поверхні 4 8 6 9 попередньо, дотримуючись розмірів $\phi 89,9^{+0,03}_{-0,02}$, $28,4 \pm 0,026$, $\phi 64,7^{+0,03}_{-0,02}$, поверхні 7 в розмір $44,9 \pm 0,03$. 7. Точити поверхні в розмір 2 4 8 5 6 9 8. Фрезерувати паз в розмір 3 9. Центрувати 4 штири, дотримуючись розміру $\phi 110$. 10. Гверділити отвори в розмір 10 11. Зенкувати поверхні, дотримуючись розміру 12 12. Нарізати різь в отворах, дотримуючись розміру 11 13. Центрувати отвір в розмір 13 14. Зігнати загнуту.	Technical drawing showing a top view and a cross-section A-A of a mechanical part. The top view shows a circular part with concentric circles and various dimensions. The cross-section A-A shows a rectangular part with a central hole and various dimensions. The drawing includes surface texture symbols and material specifications.	Верстат багато- цільовий з ЧПК 6906BMФЗ

Розмірний аналіз технологічного процесу

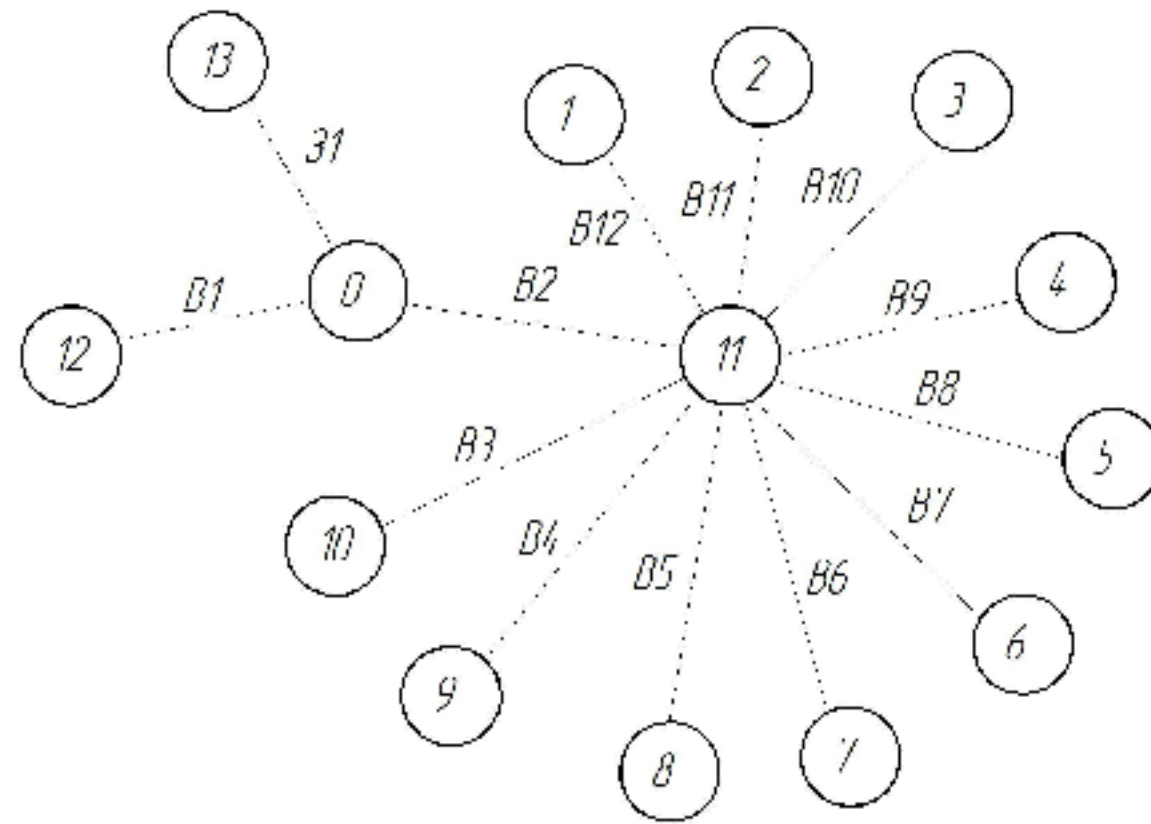
Розмірна схема технологічного процесу



Вихідні граф-діаграми



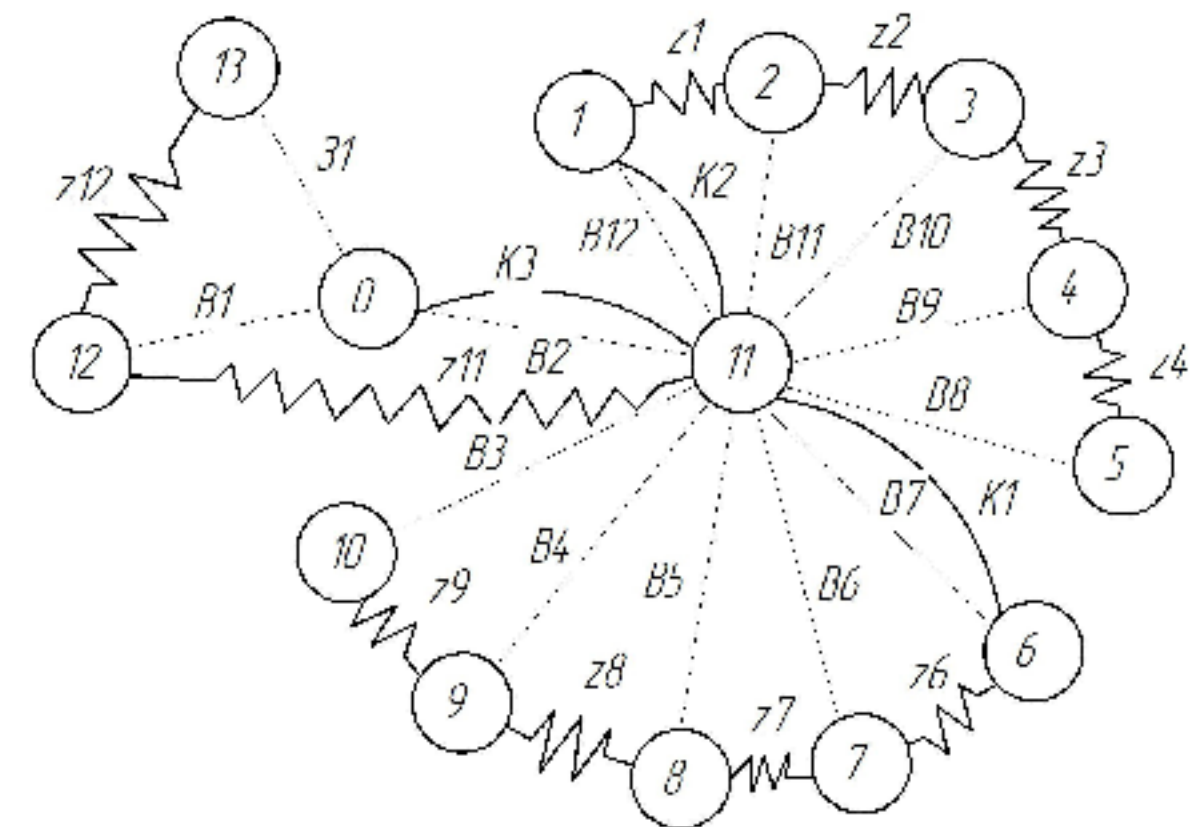
Похідне граф-дерево

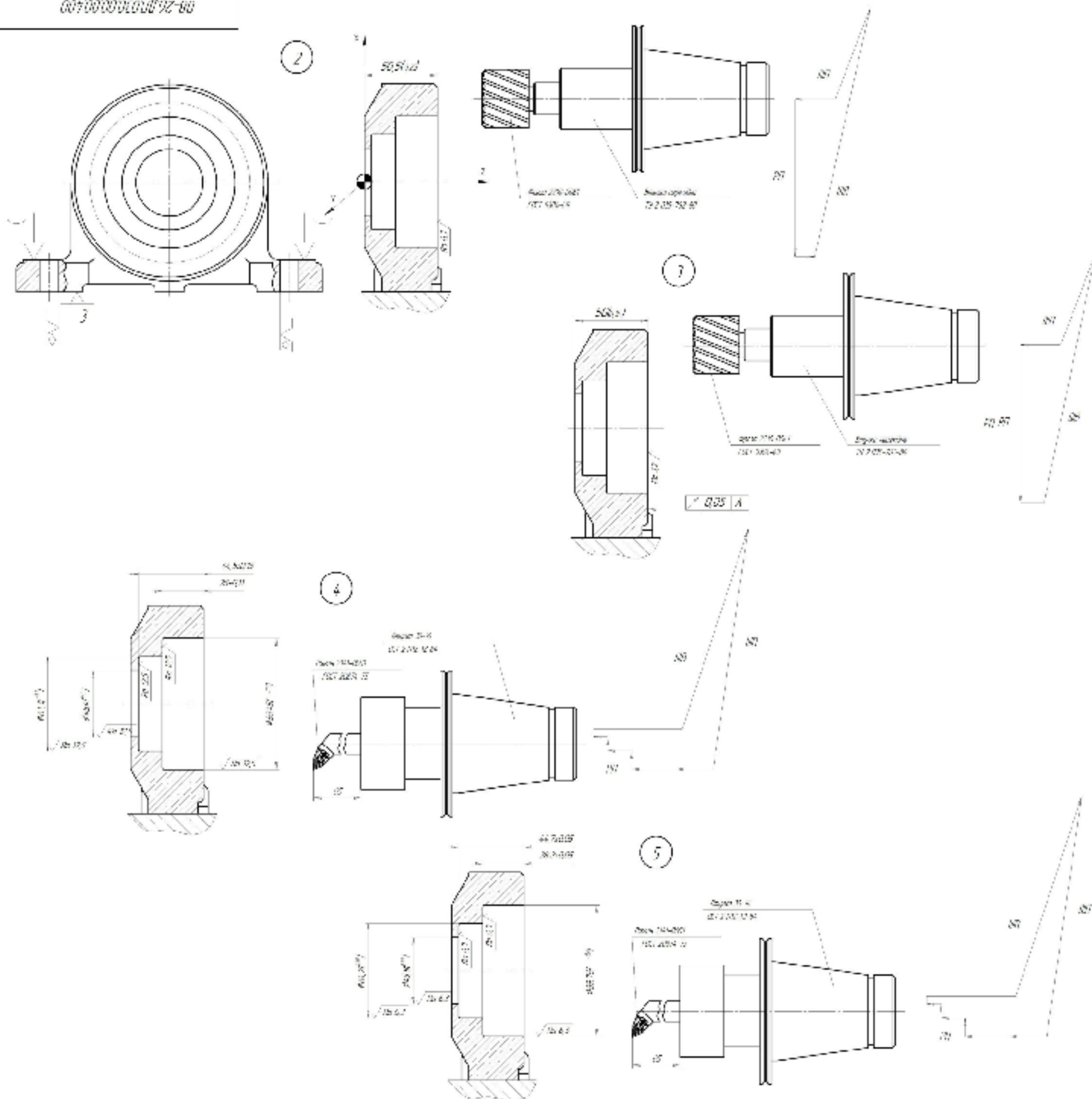


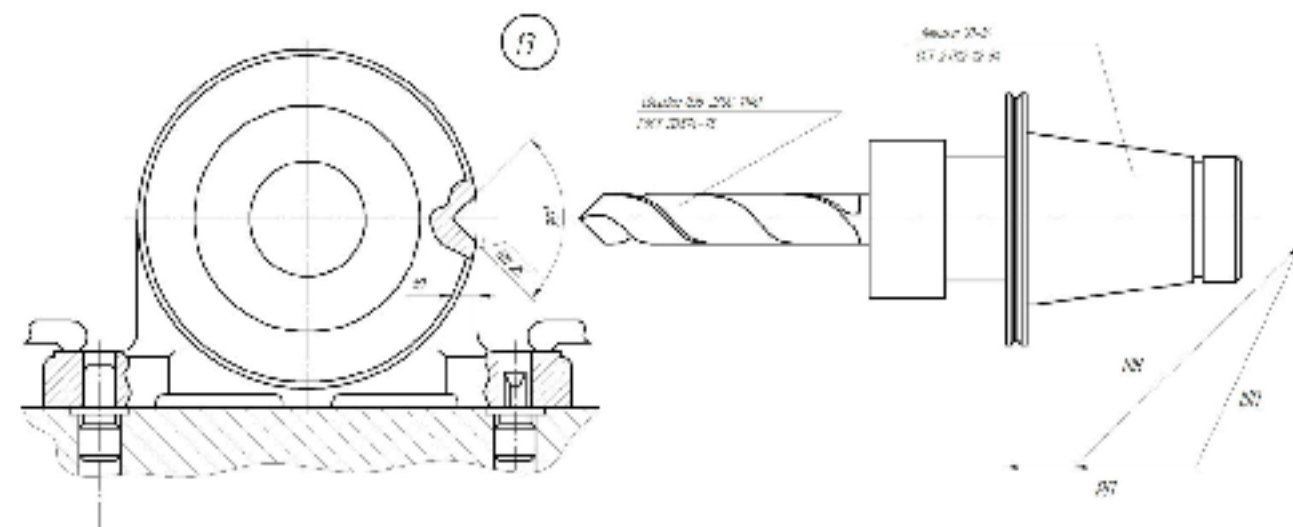
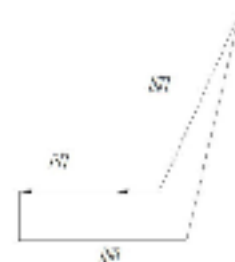
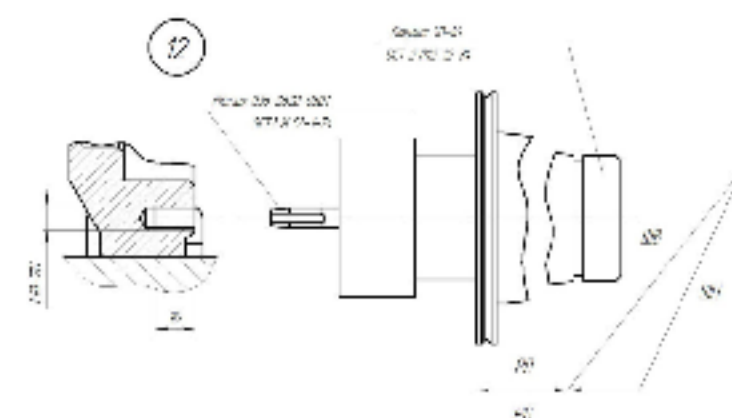
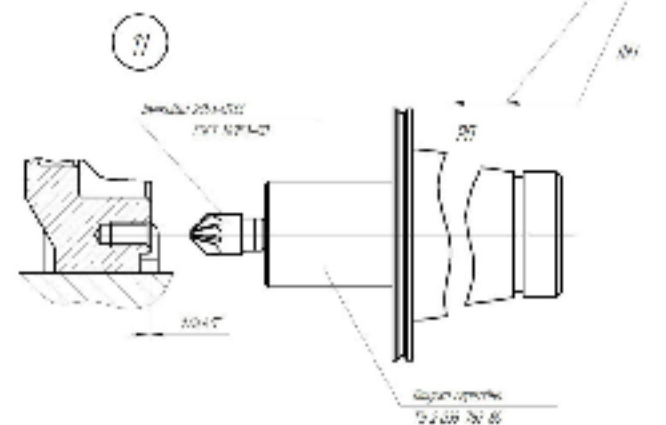
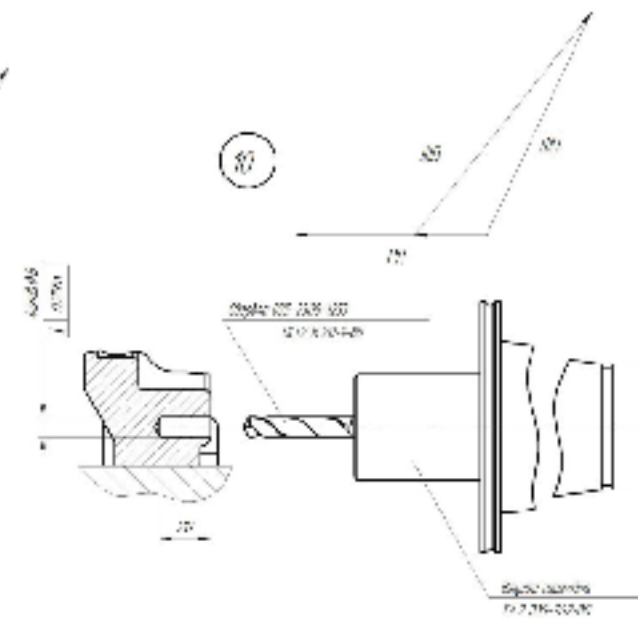
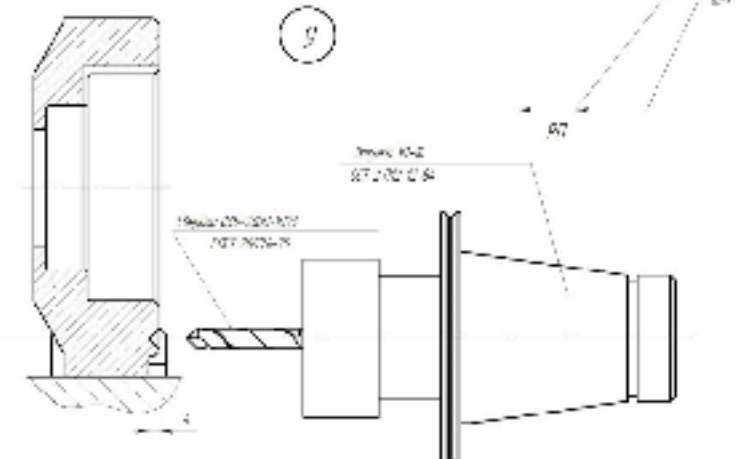
Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

№ ланцюга	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Шуканий розмір
1	$-K_1 - B_{12} = 0$	$K_1 - B_{12}$	B_{12}
2	$-K_1 - B_2 = 0$	$K_1 - B_2$	B_2
3	$-K_1 - B_{12} - B_1 = 0$	$K_1 - B_{12} - B_1$	B_{11}
4	$-K_1 - B_{12} - B_{13} = 0$	$K_1 - B_{12} - B_{13}$	B_{10}
5	$-K_1 - B_{12} - B_2 = 0$	$K_1 - B_{12} - B_2$	B_1
6	$-K_2 - B_1 - B_2 = 0$	$K_2 - B_1 - B_2$	B_2
7	$-K_2 - B_1 - B_3 = 0$	$K_2 - B_1 - B_3$	B_3
8	$-K_2 - B_1 - B_4 = 0$	$K_2 - B_1 - B_4$	B_4
9	$-K_2 - B_1 - B_5 = 0$	$K_2 - B_1 - B_5$	B_5
10	$-K_2 - B_1 - B_6 = 0$	$K_2 - B_1 - B_6$	B_6
11	$-K_2 - B_1 = 0$	$K_2 - B_1$	B_1
12	$-K_2 - B_1 - B_7 = 0$	$K_2 - B_1 - B_7$	B_7
13	$-K_2 - B_1 - B_8 = 0$	$K_2 - B_1 - B_8$	B_8

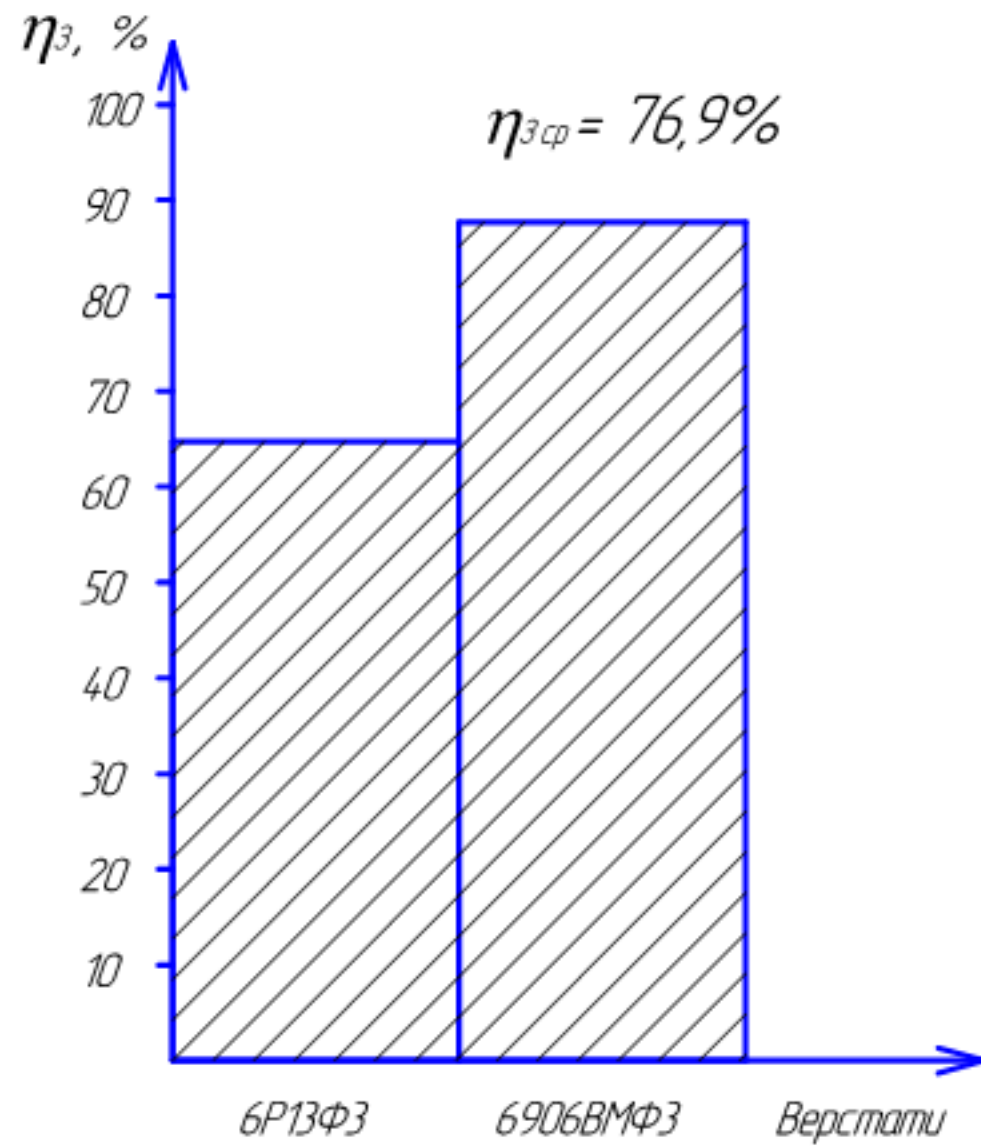
Групувальний граф



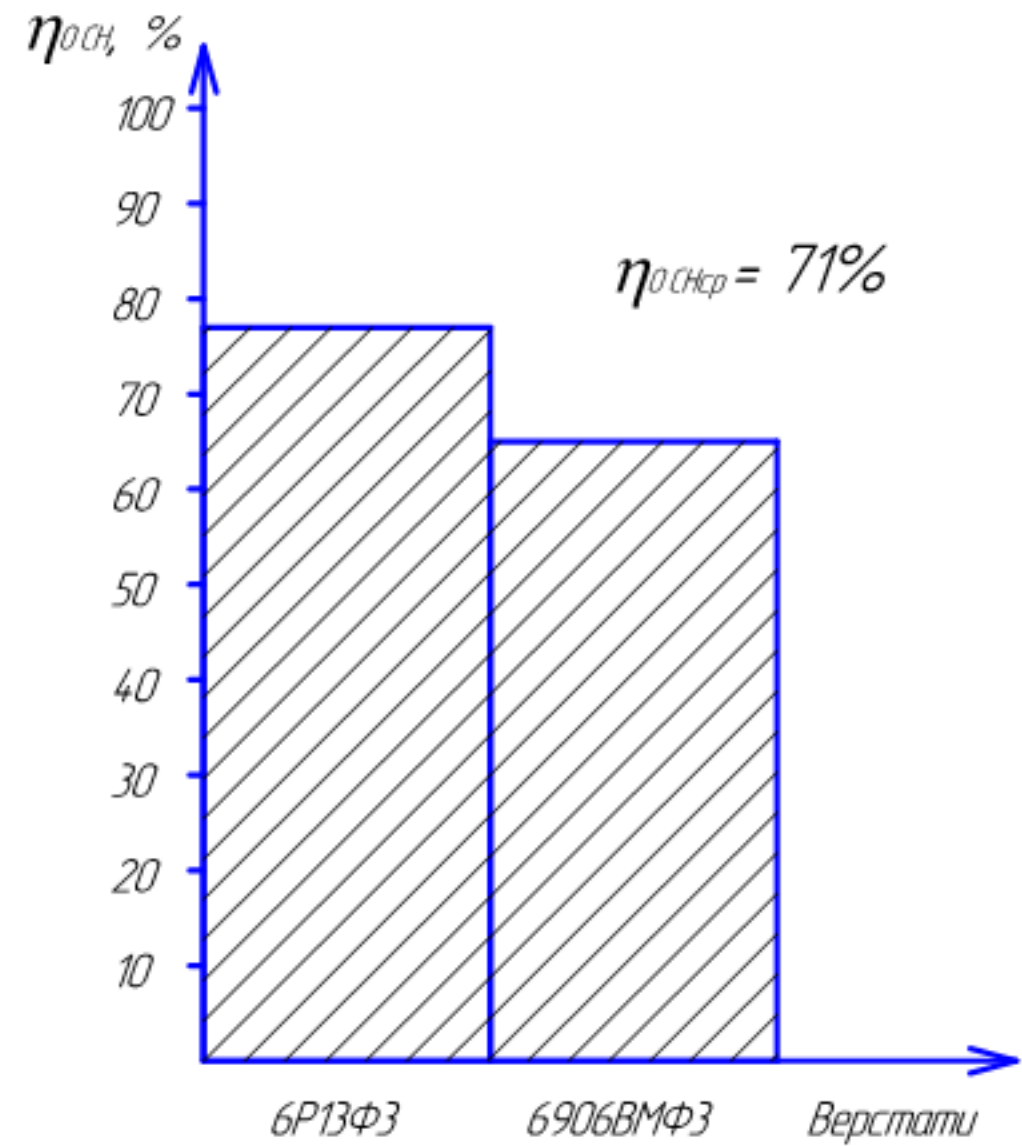
[illegible]



Графіки завантаження обладнання



Графік завантаження обладнання



Графік використання обладнання за основним часом