

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

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

Бакалаврська дипломна робота

на тему:

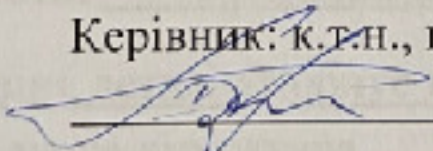
«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ “КОРПУС ПІДШИПНИКА 72М-08-005”»

Виконав: студент 4 курсу, групи 1ПМ-206
спеціальності 131 – Прикладна механіка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

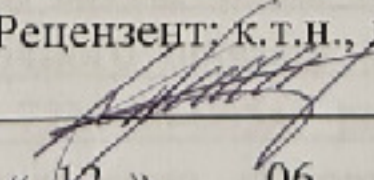
 Назар ТИХОНОВ

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

 Юрій БУРЕННІКОВ

« 06 » 06 2024 р.

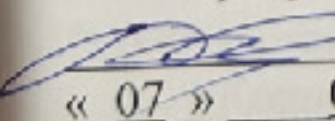
Рецензент: к.т.н., доц., зав. каф. АТМ

 Сергій ЦИМБАЛ

« 12 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри ТАМ

 д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ

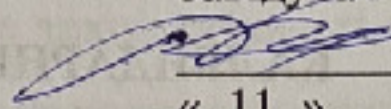
« 07 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 рік

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

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

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

 Тихонову Назару Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу
«Корпус підшипника 72М-08-005»

Керівник роботи Буренніков Юрій Анатолійович, к.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

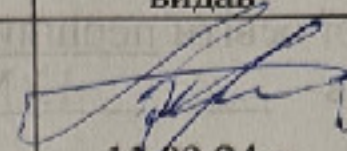
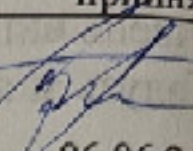
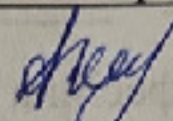
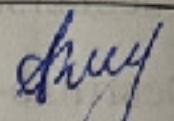
2. Термін подання студентом роботи: 14 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Корпус підшипника 72М-08-005»; річна
програма випуску 7 000 шт.; довідкова література

4. Зміст текстової частини: анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі
типу «Корпус»; розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки
деталі типу «Корпус підшипника 72М-08-005»; розрахунок елементів дільниці
механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 72М-08-005»;
охорона праці; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
деталь «Корпус підшипника 72М-08-005» (А2); 3D-модель деталі (А1); корпус
підшипника (виливок) (А3); маршрут механічної обробки (А1); розмірний аналіз
технологічного процесу (А1); карта налагоджень (операція 010) (А1); графіки
завантаження обладнання (А1)

6. Консультанти розділів роботи

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

(підпис)

Назар ТИХОНОВ

Керівник роботи

(підпис)

Юрій БУРСННІКОВ

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 91 сторінок формату А4, на яких є 15 рисунків, 32 таблиць, список використаних джерел містить 26 найменувань.

Метою роботи є проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 72М-08-005».

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 15 figures, 32 tables, the list of sources used contains 26 items.

The aim of the work is to design a technological process for machining a workpiece of the type «Bearing housing 72M-08-005».

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

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

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

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

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»	7
1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	7
1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Корпус»	12
2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 72М-08-005»	15
2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі	15
2.2 Вибір способу виготовлення заготовки	20
2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки	20
2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення	21
2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки	29
2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки	29
2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого	31
2.3 Розробка маршруту механічної обробки	33
2.3.1 Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 62H7^{(+0,030)}$	33
2.3.2 Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз	35
2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки	39
2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу	41
2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь	47
2.3.6 Визначення режимів різання	57
2.3.7 Визначення технічних норм часу	64

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 72М-08-005»	69
3.1 Розрахунок приведеної програми	69
3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	75
3.3 Побудова графіків завантаження обладнання	77
3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці	78
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	81
4.1 Аналіз умов праці	81
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	82
4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки	86
ВИСНОВКИ	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	89
ДОДАТКИ	92
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	92
Додаток Б (обов'язковий). Графічна частина	93

ВСТУП

Актуальність. Технологія машинобудування – галузь науки і техніки, яка займається теоретичними дослідженнями, проектуванням та удосконаленням технологічних процесів виготовлення деталей машин, технологічного обладнання, оснащення машинобудівних цехів та складання виробів. В умовах ринкових відносин при конкуренції і боротьбі за ринки збуту важливу роль відіграє собівартість і якість випускаючих виробів. Вироби повинні бути конкурентноспроможними. А для цього потрібно домагатися прискорення темпів росту виробництва, удосконалювати організацію виробництва, застосувати комплексну механізацію і автоматизацію виробничих і допоміжних операцій.

Для подальшого розвитку виробництва потрібно покращувати якісний склад обладнання, що випускається, збільшувати випуск верстатів з ЧПК, ріжучого інструменту тощо. При зміні і оновленні продукції велике значення має швидке переналагодження верстатів і підготовка до виробництва. В цьому випадку необхідно застосувати переналагоджувальні лінії на базі багатоцільових верстатів і верстатів з ЧПК, що є досить актуально при вирішенні даного питання.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 72М-08-005».

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 72М-08-005»;
- розмірний аналіз технологічного процесу;
- визначення режимів різання та норм часу технологічного процесу механічної обробки;
- розрахунок приведеної програми, кількості обладнання та працівників на проектуємій ділянці;
- виконання розділу з охорони праці.

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»

1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

Коефіцієнт закріплення операцій [1, 2]:

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

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

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

Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі «Корпус підшипника 72М-08-005» і занесені до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

№ п/п	Зміст технологічних переходів	Формула для розрахунку $T_{осн} \times 10^{-3}$ хв.	Параметри обробки, мм	$T_{осн},$ хв	ϕ_k	$T_{шт.к.},$ хв.	C_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O	$K_{з.о.}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Фрезерувати поверхню основи корпусу підшипника попередньо	$6 \cdot \ell$	$\ell = 170$	1,02	1,51	1,54	0,062	1	0,102	7,35	18,35
2	Фрезерувати поверхню основи корпусу підшипника остаточно	$4 \cdot \ell$	$\ell = 170$	0,68	1,51	1,03	0,04				
3	Розточити отвір корпусу під підшипник попередньо	$0,18 \cdot D \cdot \ell$	$D = 62H7;$ $\ell = 20$	0,223	1,36	0,303	0,012	1	0,0625	12	
4	Розточити отвір корпусу під підшипник попередньо	$0,2 \cdot d \cdot \ell$	$D = 62H7;$ $\ell = 20$	0,248	1,36	0,337	0,0135				

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	Розточити отвір корпусу під підшипник попередньо	$0,25 \cdot D \cdot \ell$	$D = 62\text{H}7;$ $\ell = 20$	0,31	1,36	0,422	0,017				
6	Розточити отвір корпусу під підшипник остаточно	$0,3 \cdot D \cdot \ell$	$D = 62\text{H}7;$ $\ell = 20$	0,37	1,36	0,506	0,02				
7	Фрезерувати 2 поверхні бобишок під головки кріпильних болтів корпуса підшипника	$2 \cdot 6 \cdot \ell$	$\ell = 29$	0,348	1,51	0,525	0,021	1	0,021	35,7	

Для записаних в таблиці 1.1 переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки $T_{\text{осн}}$.

Згідно рекомендацій [1, 2] наближено визначено тип виробництва, як серійний.

Визначено штучно-калькуляційний час

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

де φ_K – коефіцієнт (для верстатів з ЧПК).

Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів

$$C_{\text{рі}} = \frac{N \cdot T_{\text{шт-к}}}{60 F_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{г.м.}}}, \quad (1.3)$$

де $N = 7000$ шт. – річна програма випуску деталі «Корпус підшипника 72М-08-005»;

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

$F_{\text{д}}$ – дійсний фонд роботи обладнання (для верстатів з ЧПК при 2-х змінній роботі $F_{\text{д}} = 3890$ год.);

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

Одержану розрахункову кількість верстатів заокруглено до найближчого більшого числа і одержано прийняту кількість верстатів P .

Визначено фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

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

де C_{pi} – необхідна кількість верстатів для виконання даної операції;

P_i – кількість робочих місць для виконання даної операції.

Встановлено кількість операцій, які виконуються на i -му місці:

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

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

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

Знайдено сумарну кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях

$$\sum O_i = 7,35 + 12 + 35,7 = 55,05.$$

Розраховано сумарну кількість прийнятих верстатів $\sum P = 3$.

Встановлено коефіцієнт закріплення

$$K_{з.о.} = 55,05/3 = 18,35.$$

Згідно отриманого коефіцієнта закріплення операцій, тип виробництва – середньосерійний,

$$10 < K_{\gamma, \sigma} = 18,35 < 20.$$

Форма організації роботи [1, 2].

Добовий випуск виробів:

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

де 254 – кількість робочих днів в році.

Тоді

$$N_{\sigma} = \frac{7000}{254} = 27,56 \approx 28 \text{ (шт.)}$$

Добова продуктивність лінії

$$Q_{\sigma} = \frac{F_{\sigma}}{T_{\text{шт} - \kappa_{\text{ср}}} \cdot \eta_z} \text{ [шт.]}, \quad (1.7)$$

де $T_{\text{шт} - \kappa_{\text{ср}}}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.; η_z – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

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

де $T_{\text{шт} - \kappa_i}$ – штучно-калькуляційний час виконання i -го переходу, хв.;

$\sum n_i$ – сумарна кількість виконуваних переходів.

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{\text{шт} - \kappa_i} = (1,54 + 1,03 + 0,303 + 0,337 + 0,422 + 0,506 + 0,525) / 7 = 0,67 \text{ (хв.)}$$

Отже, добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_o = \frac{3890}{0,67 \cdot 0,75} = 7741,3 \approx 7741 \text{ (шт.)}$$

Оскільки добовий випуск виробів значно менший добової продуктивності лінії, то організація потокової лінії недоцільна і тому обираємо групову форму організації роботи. Тоді визначається кількість деталей в партії для одночасного запуску

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

де a – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (для серійного виробництва – 6 днів);

$$n = \frac{7000 \cdot 6}{254} = 7741,3 \approx 7741 \text{ (шт.)}$$

Розмір партії скорегуємо з урахуванням планування та організації виробництва. Корегування розміру партії полягає у визначенні розрахункової кількості змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях

$$C = \frac{T_{\text{шт-к ср}} \cdot n}{476 \cdot 0,75};$$

$$C = \frac{0,67 \cdot 165}{476 \cdot 0,75} = 0,31 .$$

Розрахункова кількість змін округляється до прийнятого цілого числа $C_{\text{пр}}$ та визначається кількість деталей в партії

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot n_{np}}{T_{\text{маш} - \text{к.сп}}};$$

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{0,67} = 532,8 \approx 533 \text{ (шт.)}$$

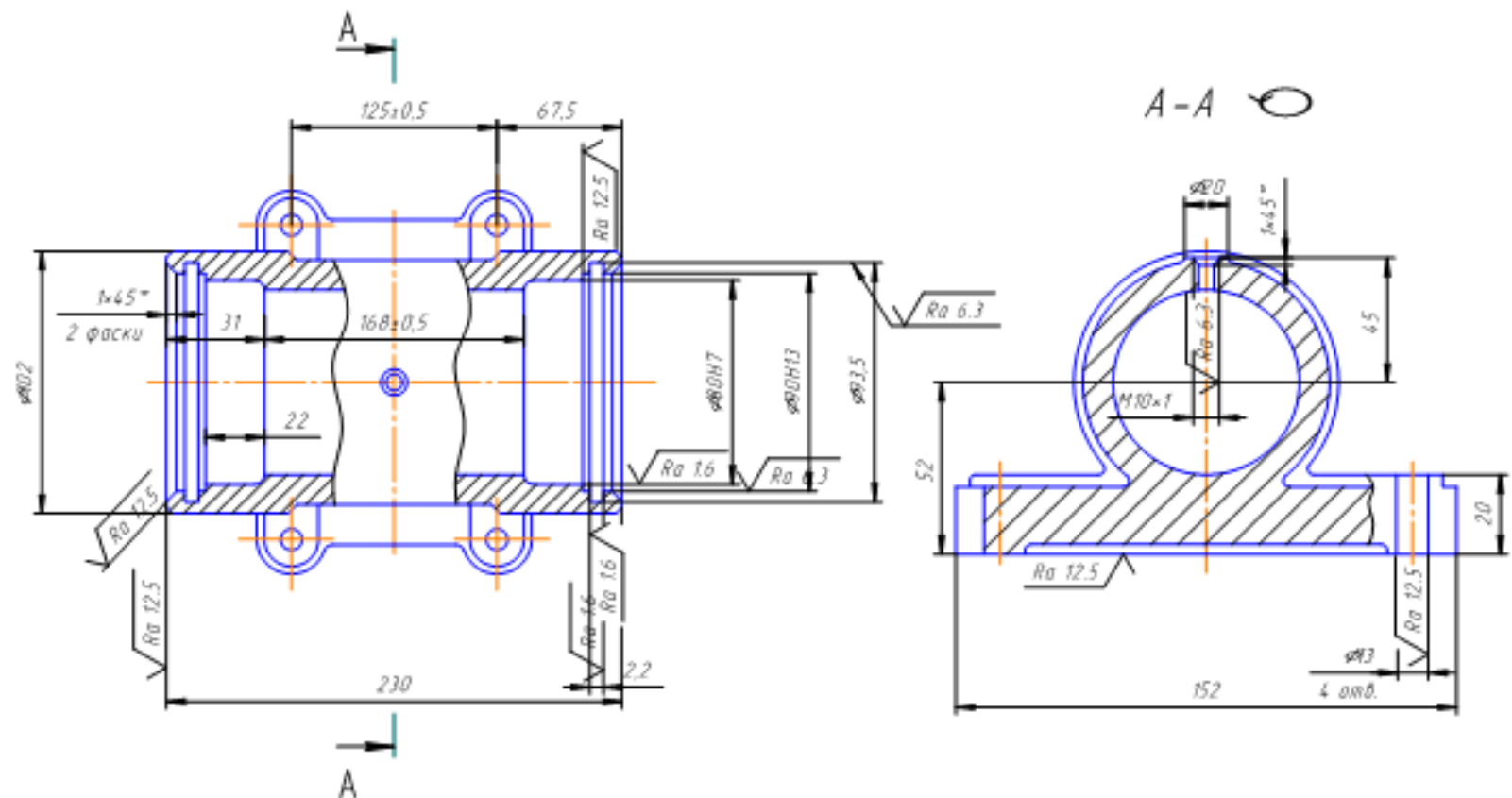
Отже, тип виробництва – середньосерійний, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 533 шт.

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

Технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус підшипника 72М-08-005» розробляємо на основі типових або групових ТП обробки подібних деталей в залежності від типу виробництва. Дана деталь належить до класу «Корпус». Серійний тип виробництва характеризується великою номенклатурою виробів, що обробляються партіями. Отже, в даному технологічному процесі механічної обробки доцільно використовувати універсальне обладнання, спеціальні верстати, гнучкі переналагоджувальні лінії, стандартну і спеціалізовану оснастку, що дозволяє швидко переналагоджувати виробництво на випуск інших виробів.

При розробленні планів і методів обробки поверхонь, розробляємо маршрут механічної обробки користуючись типовим ТП обробки подібних деталей. Типізація технологічного процесу механічної обробки вносить подібність в технологію виготовлення деталей даного класу, скорочує кількість різних варіантів обробки до мінімуму в залежності від типу виробництва, скорочує строки проектування і покращує якість розробленого ТП.

Розглянемо приклад типового маршруту механічної обробки деталі типу «Корпус» (рис. 1.1), що наведений в таблиця 1.2 [1-7].



Заготовка – вилівок.

Матеріал – чавун СЧ 18.

Кількість деталей із заготовки – 1.

Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Корпус»

Таблиця 1.2 – Типовий технологічний процес

Операція	Зміст чи найменування операції	Верстат, обладнання	Оснастка
005 010 015	Лиття Обрубубвання і очищення виливка Фрезерувати поверхню основи попередньо, остаточно. Свердлити чотири отвори $\varnothing 13$ однократно. Фрезерувати поверхню бобишки $\varnothing 20$ однократно, свердлити і нарізати різь M10x1-7H в одному отворі. Фрезерувати торець $\varnothing 102$, витримуючи розмір 230 однократно. Розточити виточки $\varnothing 80H7$; $\varnothing 90H13$ і фаску 1×45^0 попередньо. Фрезерувати канавку $b = 2,2 \pm 0,5$ попередньо. Повернути стіл на 180^0 . Розточити виточки $\varnothing 80H7$; $\varnothing 90H13$ і канавку $b = 2,2 \pm 0,5$ остаточно. Фрезерувати канавку $b = 2,2 \pm 0,5$ однократно.	Багатоцільовий з ЧПУ і інструментальним магазином IP500MФ4	Наладка УСПО
020 025	Притупити гострі кромки. Технічний контроль. Нанести антикорозійне покриття.	Верстак	

Для нашої деталі технологічний процес механічної обробки умовно можна поділити на слідуєчі етапи:

- виготовлення заготовки;
- фрезерування поверхонь;
- чорнова токарна обробка;
- свердління, нарізання різі;
- розточування отворів;
- чистова токарна обробка;
- фрезерна обробка.

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

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 72М-08-005»

2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі

2.1.1 Якісний аналіз технологічності деталі

Деталь «Корпус підшипника 72М-08-005» є базовою опорних вузлів для валів і трансмісій. По посадочній поверхні $\varnothing 62H7^{(+0,030)}$ базуються підшипники, які є опорами для валів. В канавці $b = 4$ мм встановлена манжета. Базується деталь по основі і двом отворам $\varnothing 11H9^{(+0,043)}$. Для точного визначення необхідне складальне креслення.

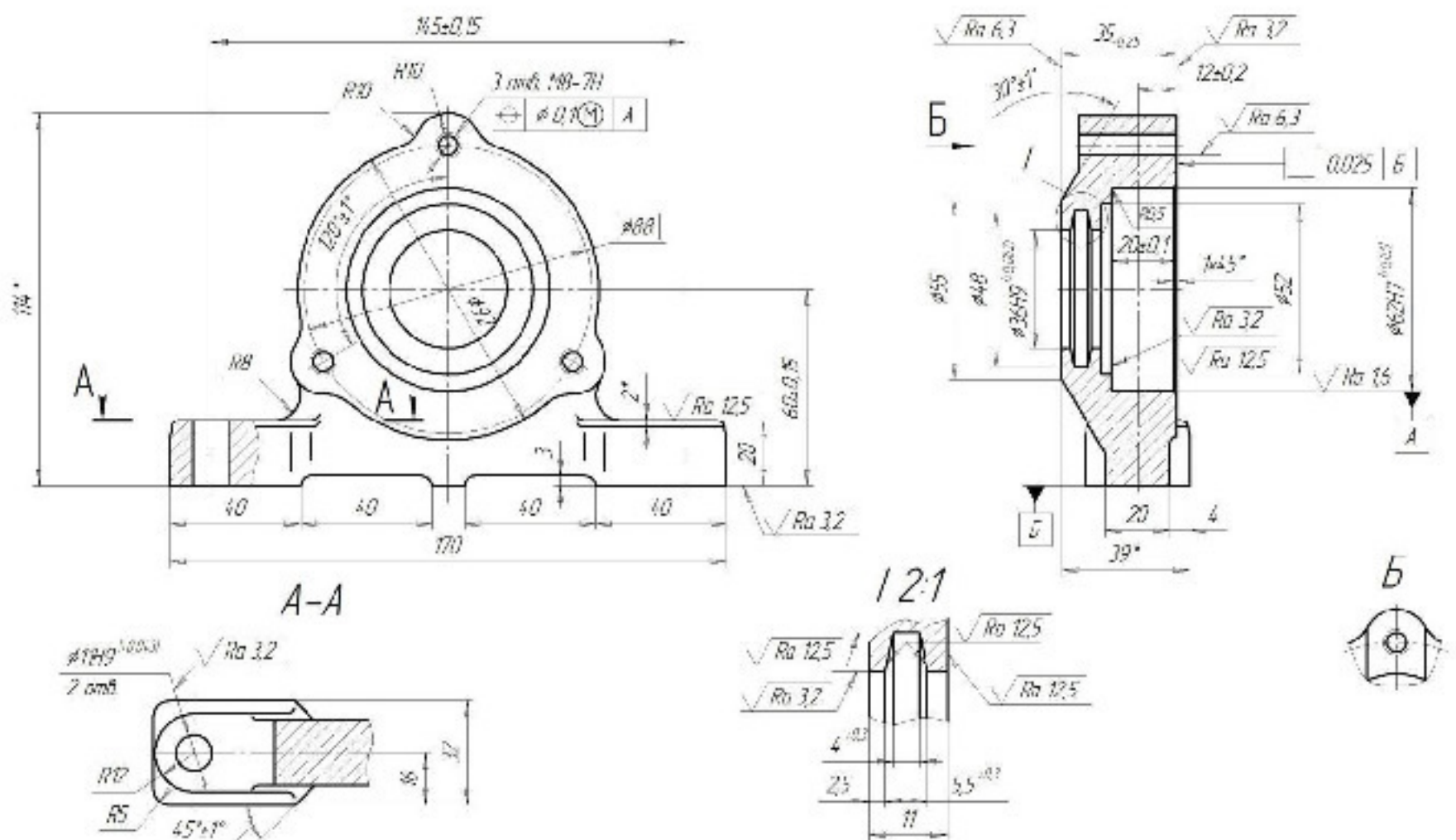


Рисунок 2.1 – Ескіз деталі «Корпус підшипника 72М-08-005»

Основне службове призначення деталі в обмеженні осьового переміщення вала, встановленого на підшипниках. Крім того деталь виконує роль опори – герметизуючи і захищаючи підшипники від зовнішнього середовища і пошкоджень.

Деталь сприймає значні статичні і динамічні навантаження, тому матеріалом вибраний сірий чавун СЧ 15 ГОСТ 1412-85, який дає можливість виготовляти заготовку методом лиття.

По своїй формі конструкції і технологічним ознакам деталь відноситься до складу «Корпусних» з циліндричним отвором – група II [1, 2]. При підготовці до виробництва доцільно орієнтуватися на типові ТП обробки необхідних деталей, що прискорює процес проектування і покращує якість проекту.

Основними поверхнями, якими деталь базується в вузлі, є основа деталі 170×32 і два отвори $\varnothing 11H9^{(+0,043)}$.

Допоміжними поверхнями, якими деталь спрягається із суміжними деталями є отвір $\varnothing 62H7^{(+0,030)}$, правий торець деталі, торець отвору $\varnothing 62H7^{(+0,030)}$, канавка $b = 5,5$ мм, отвір $\varnothing 36H9^{(+0,062)}$.

Кріпильними є три різьбові отвори М8-7Н.

Решта поверхонь є вільними.

Групу конструкційних баз складають основні і допоміжні поверхні, визначені раніше. Бажано, щоб при механічній обробці конструкторська та технологічна бази співпадали. При цьому похибка базування $\varepsilon_b = 0$.

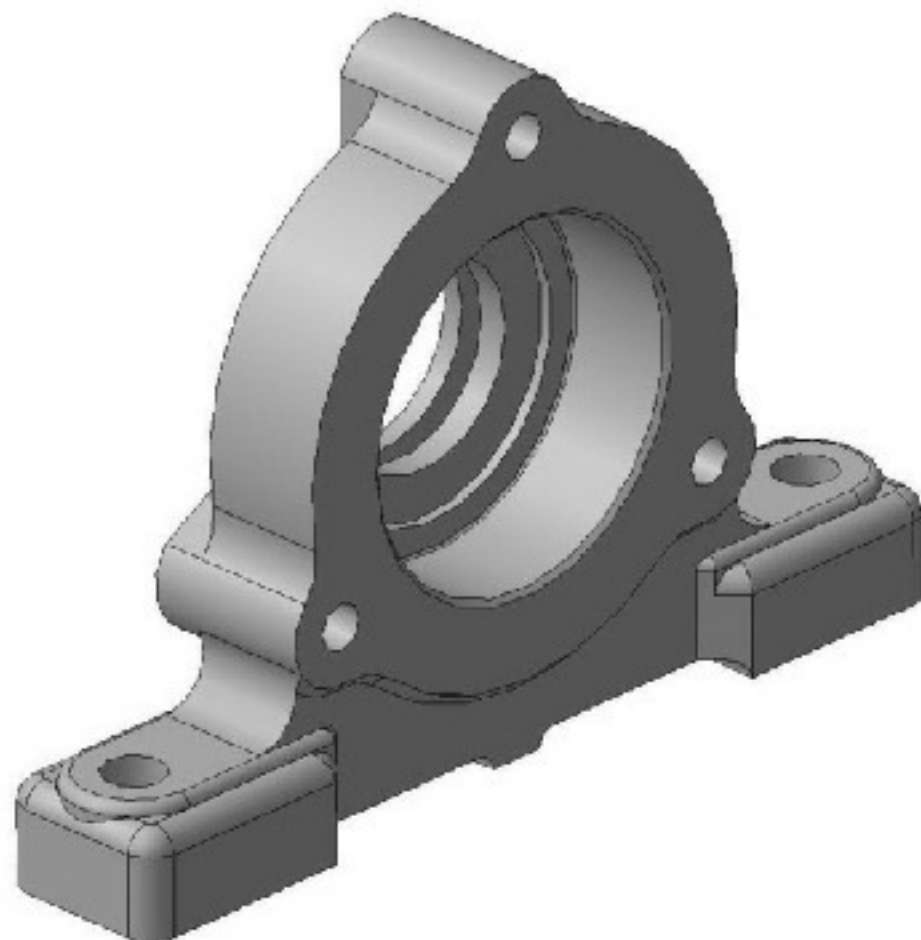


Рисунок 2.2 – 3D-модель деталі «Корпус підшипника 72М-08-005»

Деталь середніх габаритних розмірів 170×116×39 мм. Досить складна конфігурація, наявність бобишок і платиків ускладнюють заготовку.

Мінімальна товщина стінок $s_{\min} = 15$ мм, металоємкість деталі $m = 1,5$ кг. Центральний отвір $\varnothing 36H9^{(+0,062)}$ і три різьбові отвори обробляються на прохід, що полегшує їх обробку. Глухий отвір $\varnothing 62H7^{(+0,030)}$ і торець обробити важче, збільшується трудоемкість обробки.

Матеріал деталі сірий чавун СЧ15 ГОСТ 1412-85 добре піддається обробці різанням, має добрі ливарні якості, відносно недорогий. Використовується для виготовлення складної форми деталей.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад СЧ 15 ГОСТ 1412-85, %

C	Si	Mn	Ni	Cr	P	S
					не більше	
2-3,6%	до 2%	0,3-0,8%	0,25%	0,2-0,3%	0,2-0,6%	0,2-0,8%

Таблиця 2.2 – Механічні властивості СЧ15 ГОСТ 1412-85

Твердість HB	σ_p , МПа (кгс/мм ²)	$\sigma_{зг}$, МПа (кгс/мм ²)	Відносне видовження, %	Ударна в'язкість, кгс·м/см ²
160-210	150(15)	360(36)	0,25-1,2	0,2-0,6

2.1.2 Кількісний аналіз технологічності деталі

Кількісна оцінка технологічності оцінюється слідуючи ми показниками [1, 2].

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів розраховується за формулою:

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

де Q_y , Q_e – відповідна кількість уніфікованих елементів і загальна кількість типорозмірів конструктивних елементів (різьба, отвори, фаски і т. ін.)

(табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Визначення коефіцієнта уніфікації

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткість	Різь метрична
1	2	3	4	5
145±0,15 20* (2 розм.) 18* (2 розм.) 60±0,15* 10±0,2* 4 ^{+0,3} * 5,5 ^{+0,3} * 11* 39 114* 35 _{-0,25} 30 _{-0,33} 12±0,2* 20±0,1* 3* (2 розм.)	ø11H9 ^(+0,043) * (2 отв.) ø62H7 ^(+0,030) ø52 ø36H9 ^(+0,062) * ø48*	120°±1°* (3 розм.)	Ra 12,5* (6 пов.) Ra 6,3* (4 пов.) Ra 3,2 (6 пов.) Ra 1,6 (1 пов.)	M8-7H (3 пов.)
$\Sigma_{\text{заг}} = 18$ $\Sigma_{\text{уніф}} = 15$	$\Sigma_{\text{заг}} = 6$ $\Sigma_{\text{уніф}} = 4$	$\Sigma_{\text{заг}} = 3$ $\Sigma_{\text{уніф}} = 3$	$\Sigma_{\text{заг}} = 17$ $\Sigma_{\text{уніф}} = 17$	$\Sigma_{\text{заг}} = 3$ $\Sigma_{\text{уніф}} = 3$

Примітка. «*» – уніфікований розмір.

Отже,

$$K_y = \frac{42}{47} = 0,89 > 0,6 \text{ — деталь технологічна.}$$

Розрахунок коефіцієнта точності

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

де T_φ – середній квалітет точності розмірів;

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

Таблиця 2.4 – Визначення коефіцієнта точності обробки

Квалітет точності (розміри)	Кількість поверхонь	Розрахунок
7 – $\varnothing 62\text{H}7^{(+0,030)}$	1	$1 \cdot 7 = 7$
9 – $\varnothing 11\text{H}9^{(+0,043)}$ (2 отв.); $\varnothing 36\text{H}9^{(+0,062)}$	3	$3 \cdot 9 = 27$
12 – $145 \pm 0,15$; $60 \pm 0,15$; $35_{-0,25}$; $20 \pm 0,1$; M8-7H	5	$5 \cdot 12 = 60$
13 – $30_{-0,33}$	1	$1 \cdot 13 = 13$
14 – всі інші	8	$8 \cdot 14 = 112$
Сума	Σ 18	Σ 219

Отже,

$$T_{\text{ср}} = \frac{7 \cdot 1 + 9 \cdot 3 + 12 \cdot 5 + 13 \cdot 1 + 14 \cdot 7}{18} = 12,17 ;$$

$$K_{\tau} = 1 - \frac{1}{12,17} = 0,92 > 0,8 \text{ — деталь технологічна.}$$

Коефіцієнт шорсткості поверхні

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{\text{ш}_{\text{ср}}}, \quad (2.4)$$

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

$$\text{ш}_{\text{ср}} = \frac{\sum \text{ш}_i \cdot n_i}{n_i} \text{ [мкм]}. \quad (2.5)$$

Таблиця 2.5 – Визначення коефіцієнта шорсткості поверхонь

Шорсткість Ra, мкм (розміри)	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6 – $\varnothing 62H7^{(+0,030)}$	1	$1,6 \cdot 1 = 1,6$
3,2 – 18 (2 розм.); $35_{-0,25}$; $20 \pm 0,1$; $\varnothing 11H9^{(+0,043)}$ (2 отв.); $\varnothing 36H9^{(+0,062)}$	7	$3,2 \cdot 7 = 22,4$
6,3 – $35_{-0,25}$; M8-7H (3 пов.)	4	$6,3 \cdot 4 = 25,2$
12,5 – 2* (2 пов.); $5,5^{+0,3}$ (2 пов.); $\varnothing 52$; $\varnothing 48$	6	$12,5 \cdot 6 = 75$
Сума	Σ 18	Σ 124,2

Отже,

$$Ш_{cp} = \frac{1,6 \cdot 1 + 3,2 \cdot 7 + 6,3 \cdot 4 + 12,5 \cdot 6}{18} = 6,9 ;$$

$$K_{ш} = \frac{1}{6,9} = 0,14 < 0,32 \text{ — деталь технологічна.}$$

Висновок. $K_y = 0,89 > 0,6$; $K_r = 0,92 > 0,8$; $K_{ш} = 0,14 < 0,32$ – отже деталь за кількісними показниками є технологічною. Розглянувши всі позитивні і негативні фактори з урахуванням кількісних показників можна зробити висновки, що деталь досить технологічна, але для обробки необхідні спеціальні пристосування, що збільшує трудомісткість механічної обробки.

2.2 Вибір способу виготовлення заготовки

2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Вихідними даними для проектування заготовки являються: креслення деталі, річна програма випуску деталей $N = 7000$ шт., тип виробництва – середньосерійний.

Заготовка деталі «Корпус підшипника 72М-08-005» може бути виготовлена литтям [8-12]:

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

- в облицьований кокіль.

Для вказаних способів виготовлення заготовки деталі «Корпус підшипника 72М-08-005» проведено розрахунки розмірів [8, 9].

2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

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

Вихідна інформація:

- тип виробництва – середньосерійний;
- річна програма випуску деталей – 7000 шт.;
- креслення деталі – «Корпус підшипника 72М-08-005»;
- матеріал деталі – сірий чавун СЧ 15 ГОСТ 1412-82.
- маса деталі – 1,5 кг;
- термічна обробка – відсутня;
- густина – $\rho = 7,2 \text{ г/см}^3$;
- габаритні розміри – 170×116×39 мм.

Вихідні параметри заготовки, що визначають її точність, вибираються за [8, 9].

- Вибір класу розмірної точності виконується згідно розглядуваного способу лиття, найбільшого габаритного розміру, наявності термічної обробки та типу сплаву.

Для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші досягаємі класи розмірної точності 7-12, прийнято 9 клас для серійного виробництв, для лиття в оболонкові форми – 18-13 класи, прийнято – 10 клас.

- Ступінь жолоблення елементів виливка залежить від співвідношення мінімальної товщини та максимальної довжини ($20/117 = 0,12$), типу форм (разові), наявності термічної обробки (відсутня). При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші діапазон значень ступеня жолоблення 4-7, прийнято 6 ступінь, при литті в оболонкові форми 4-7, прийнято 5.

- Ступінь точності поверхонь виливків залежить від тих же факторів, що і

клас розмірної точності. Для названих способів лиття можливі значення 10-7, прийнято 13; 8-17 – прийнято 11.

- Шорсткість поверхонь виливків залежить від ступеня точності поверхонь виливка. Для лиття в піщано-глинисті форми $Ra = 32$ мкм, для лиття в оболонкові форми $Ra = 20$ мкм.

- Клас точності маси виливків вибирається згідно вибраних способів лиття, номінальній маси виливків, типу сплаву, наявності термічної обробки. Маса виливків знаходиться в межах від 1 до 4 кг, відповідно вибираємо 6-13 класи точності маси. Прийнято для першого способу 9 клас, для другого – 10 клас точності маси.

- Ряд припусків залежить від ступеня точності поверхонь виливків. Для лиття в піщано-глинисті форми діапазон значень 5-8; прийнято 6, для лиття в оболонкові форми 4-7, прийнято 5.

Вибрані параметри занесені до таблиць 3.3-3.6.

Наступним етапом в розрахунку розмірів заготовок є вибір допусків.

- Допуски розмірів вибрані у відповідності з прийнятими класами розмірної точності.

- Допуски форми та розміщення вибрані у відповідності з прийнятими ступенями жолоблення.

- Допуск зміщення по площині роз'єднання прийнято в залежності від розташування площини роз'єднання (див. рис. 3.1) та мінімальної товщини стінки, що виходить на лінію роз'єднання згідно класу розмірної точності. В обох випадках лиття лінія роз'єднання розташована однаково і мінімальна товщина стінки, що виходить на неї складає $56 - 31 = 25$ (мм). Впливає зміщення на лінійні розміри $60 \pm 0,15; 2^*$.

- Зміщення із-за переносу стержня вибирається в залежності від мінімальної товщини стінки, що утворюється даним стержнем на 1 клас розмірної точності (для серійного виробництва) точніше.

Для $\varnothing 62H7^{(+0,03)}$ товщина стінки $46 - 31 = 15$ (мм); для $\varnothing 36H9^{(+0,062)}$ – $46 - 18 = 28$ (мм); для $\varnothing 11H9^{(+0,043)}$ – $12 - 5,5 = 6,5$ (мм). При литті в піщано-

глинисті форми вибір виконується по 8 квалітету розмірної точності, при литті в оболонкові форми – по 9т класу.

- Допуски нерівностей вибрано згідно призначених ступеней точності поверхонь виливків.

- Допуски маси призначені у відповідності до класу точності маси виливків.

- Загальні допуски розмірів виливків прийнято в залежності від допусків розмірів, форми та розміщення.

Дані занесені до таблиць 2.6-2.9.

Вибір припусків.

- Мінімальний припуск залежить від ряду припусків, який вибрано для відповідного способу лиття.

- Загальний припуск залежить від вибраного загального допуску та від кількості ступенів механічної обробки, призначеного ряду припусків.

- Кількість ступенів механічної обробки за точністю виконуваних розмірів призначається за допуском відповідного розміру та співвідношення допусків відповідних розмірів деталі та виливка ($T_{розм.дет.} / T_{розм.вил.}$).

Таблиця 2.6 – Вихідні дані для розрахунку розмірів заготовки [8, 9]

Вихідні дані	Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші	
	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності виливка	7-12	9
Ступінь жолоблення елементів виливка	4-7	6
Ступінь точності поверхонь виливка	10-17	13
Шорсткість поверхонь виливка	$Ra = 32$ мкм	
Клас точності маси виливка	6-13	9
Ряд припусків на обробку поверхонь виливка	5-8	6

Таблиця 2.7 – Розрахунок розмірів заготовки

Розрахункові розміри, мм	60±0,15	20±0,1	20	35 _{-0,25}	ø62H7 ^(+0,030)	ø36H9 ^(+0,062)	ø11H9 ^(+0,043)
Допуски: розмірів, мм	2,0	1,6	1,6	1,8	2,0	1,8	1,4
форми чи розміщення, мм	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
зміщення по площині роз'єму, мм	1,9	-	1,9	-	-	-	-
зміщення із-за перекосу стержня, мм	-	-	-	-	0,9	1,1	0,8
нерівностей, мкм	0,8						
маси, %	12						
Загальний допуск	3,2	1,6	2,8	2,0	2,4	2,4	1,8
Припуски: мінімальний, мкм	0,6						
Кількість переходів механічної обробки							
за точністю розмірів	2	2	1	2	4	4	4
за відхиленнями форми і взаємного розміщення поверхонь	-	-	-	2	-	-	-
прийнята кількість переходів	2	2	1	2	4	4	4
загальний припуск, мм	3,4	2,2	2,3	2,5	3,6	3,6	2,8
Розміри заготовки, мм	63,4	20,3	4,3	40	ø54,8	ø28,8	ø5,4

Таблиця 2.8 – Вихідні дані для розрахунку розмірів заготовки [8, 9]

Вихідні дані	Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші	
	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності виливка	8-13т	10
Ступінь жолоблення елементів виливка	4-7	5
Ступінь точності поверхонь виливка	8-14	11
Шорсткість поверхонь виливка	$Ra = 20$ мкм	
Клас точності маси виливка	6-13	10
Ряд припусків на обробку поверхонь виливка	4-7	5

Таблиця 2.9 – Розрахунок розмірів заготовки

Розрахункові розміри, мм	60±0,15	20±0,1	20	35 _{-0,25}	ø62H7 ^(+0,030)	ø36H9 ^(+0,062)	ø11H9 ^(+0,043)
Допуски: розмірів, мм	2,4	2,0	2,0	2,2	2,4	2,2	1,8
форми чи розміщення, мм	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
зміщення по площині роз'єму, мм	2,0	-	2,0	-	-	-	-
зміщення із-за перекосу стержня, мм	-	-	-	-	1,1	1,4	1,0
нерівностей, мкм	0,5						
маси, %	16						
Загальний допуск	3,6	2,0	3,2	2,4	2,8	3,2	2,4
Припуски: мінімальний, мкм	0,5						
Кількість переходів механічної обробки							
за точністю розмірів	2	2	1	2	4	3	4
за відхиленнями форми і взаємного розміщення поверхонь	-	-	-	2	-	-	-
прийнята кількість переходів	2	2	1	2	4	3	4
загальний припуск, мм	3,6	2,4	2,4	2,8	3,8	3,9	3,4
Розміри заготовки, мм	63,6	20,4	26	40,6	ø54,4	ø28,2	ø4,2

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші кількість переходів механічної обробки для розраховуваних розмірів складає:

$$60 \pm 0,15 - 0,3/2,0 = 0,15 - 2 \text{ переходи};$$

$$20 \pm 0,1 - 0,2/2,0 = 0,1 - 2 \text{ переходи};$$

$$35_{-0,25} - 0,25/1,8 = 0,14 - 2 \text{ переходи};$$

$$\phi 36H9^{(+0,062)} - 0,062/1,8 = 0,034 - 4 \text{ переходи};$$

$$\phi 11H9^{(+0,043)} - 0,043/1,4 = 0,031 - 4 \text{ переходи};$$

$$\phi 62H7^{(+0,03)} - 0,03/2,0 = 0,015 - 4 \text{ переходи};$$

$$20 - 0,52/1,6 = 0,325 - 1 \text{ перехід}.$$

При литті в оболонкові форми

$$60 \pm 0,15 - 0,3/2,4 = 0,125 - 2 \text{ переходи};$$

$$20 \pm 0,1 - 0,2/2,0 = 0,1 - 2 \text{ переходи};$$

$$35_{-0,25} - 0,25/2,2 = 0,11 - 2 \text{ переходи};$$

$$\varnothing 36H9^{(+0,062)} - 0,062/2,2 = 0,028 - 3 \text{ переходи};$$

$$\varnothing 11H9^{(+0,043)} - 0,043/1,8 = 0,024 - 4 \text{ переходи};$$

$$\varnothing 62H7^{(+0,03)} - 0,03/2,4 = 0,0125 - 4 \text{ переходи};$$

$$20 - 0,52/2,0 = 0,26 - 1 \text{ перехід}.$$

Кількість ступенів механічної обробки за точністю форми та розміщення вибрано згідно допусків розмірів та співвідношення між допусками форм, розміщення поверхонь деталі та вилівка ($T_{\text{форм.розм.дет.}}/T_{\text{форм.розм.вл.}}$).

Згідно робочого креслення вимога до виконаного розміру $35_{-0,25}$ – допуск перпендикулярності 0,025 мм відносно бази Б. Вимога до отворів М8-7Н – залежний позиційний допуск (пов'язаний з дійсним розміром розглядуваного елементу) $\varnothing 0,1$ мм відносно бази А – не розглядається, так як ці отвори не проливаються.

При литті в піщано-глинисті форми: розмір $35_{-0,25} - 0,025/0,4 = 0,0625 - 2$ переходи.

При литті в оболонкові форми: розмір $35_{-0,25} - 0,025/0,32 = 0,078 - 2$ переходи.

- За визначеною кількістю переходів механічної обробки, загальним допуском та рядом припусків встановлені загальні припуски розмірів, які внесені до табл. 2.3-2.6.

Отримані припуски дають можливість розрахувати розміри заготовки.

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

$$60 \pm 0,15 - 60 + 3,4 = 63,4 \text{ (мм)};$$

$$20 \pm 0,1 - 20 + 2,5 - 2,2 = 20,3 \text{ (мм)};$$

$$20 - 20 + 3,4 + 2,3 = 25,7 \text{ (мм)};$$

$$\begin{aligned}
35_{-0,25} - 35 + 2 \cdot 2,5 &= 40 \text{ (мм)}; \\
\varnothing 36\text{H}9^{(+0,062)} - \varnothing 36 - 2 \cdot 3,6 &= \varnothing 28,8 \text{ (мм)}; \\
\varnothing 11\text{H}9^{(+0,043)} - \varnothing 11 - 2 \cdot 2,8 &= \varnothing 5,4 \text{ (мм)}; \\
\varnothing 62\text{H}7^{(+0,03)} - \varnothing 62 - 2 \cdot 3,6 &= \varnothing 54,8 \text{ (мм)}; \\
39 - 39 + 2,5 &= 41,5 \text{ (мм)}; \\
30_{-0,33} - 30 + 2,5 &= 32,5 \text{ (мм)}; \\
18 - 18 + 3,4 &= 21,4 \text{ (мм)}; \\
12 \pm 0,2 - 12 + 2,5 &= 14,5 \text{ (мм)}; \\
2 - 2 - 2,5 &= 0,5 \text{ (мм)}; \\
3 + 3,4 &= 6,4 \text{ (мм)}.
\end{aligned}$$

При литті в оболонкові форми:

$$\begin{aligned}
60 \pm 0,15 - 60 + 3,6 &= 63,6 \text{ (мм)}; \\
20 \pm 0,1 - 20 + 2,8 - 2,4 &= 20,4 \text{ (мм)}; \\
20 - 20 + 3,6 + 2,4 &= 26 \text{ (мм)}; \\
35_{-0,25} - 35 + 2 \cdot 2,8 &= 40,6 \text{ (мм)}; \\
\varnothing 36\text{H}9^{(+0,062)} - \varnothing 36 - 2 \cdot 3,9 &= \varnothing 28,2 \text{ (мм)}; \\
\varnothing 11\text{H}9^{(+0,043)} - \varnothing 11 - 2 \cdot 3,4 &= \varnothing 4,2 \text{ (мм)}; \\
\varnothing 62\text{H}7^{(+0,03)} - \varnothing 62 - 2 \cdot 3,8 &= \varnothing 54,4 \text{ (мм)}; \\
39 - 39 + 2,8 &= 41,8 \text{ (мм)}; \\
30_{-0,33} - 30 + 2,8 &= 32,8 \text{ (мм)}; \\
18 - 18 + 3,6 &= 21,6 \text{ (мм)}; \\
12 \pm 0,2 - 12 + 2,8 &= 14,8 \text{ (мм)}; \\
2 - 2 - 2,8 &= 0,2 \text{ (мм)}; \\
3 + 3,6 &= 6,6 \text{ (мм)}.
\end{aligned}$$

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

При розробці креслення заготовки слід оцінити її технологічність. Для

цього необхідно уважно вивчити конструкцію деталі, при можливості спростити її форму.

Заготовка середніх габаритів $170 \times 116 \times 39$ мм, в наявності: внутрішні ступінчасті отвори, що ускладнює заготовку.

В цілому заготовка технологічна і може бути отримана методом лиття в піщаноглинясті і оболонкові форми.

Мінімальна товщина стінок залежить від габаритних розмірів заготовки. Зведений габаритний розмір складає

$$N = \frac{(l + b + h)}{3} = \frac{(170 + 116 + 39)}{3} = 110 \text{ (мм)} = 0,11 \text{ (м)},$$

де l, b, h – габаритні розміри в мм.

Товщину стінок згідно довідникових таблиць $S_{\min} = 3-4$ мм.

Мінімальний діаметр отворів, одержуваних в заготовках

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

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

S – товщина стінки, мм.

Згідно виконаних розрахунків найбільший діаметр кріпильного отвору $\varnothing 11H9^{(+0,043)}$ не може бути пролитий (див. табл. 3.3-3.6). Також не можуть бути пролиті і менші за розмірами кріпильні отвори М8-7Н, тобто вони є напуском у виливках.

Формувальні нахили назначають на всіх вертикальних стінах з метою полегшення виймання моделі із стержневого ящика. Нахили встановлюються ГОСТ 3212-80. Для нашої заготовки висота стінок для $H = 20$ мм, $\alpha = 2^\circ 40'$ (лиття в піщано-глинисті форми), $\alpha = 0^\circ 57'$ (лиття в оболонкові форми).

Радіуси заокруглень в суміжних поверхнях заготовки в залежності від матеріалу, товщини стінок і кута між ними $\alpha = 90^\circ$ вибирають згідно

довідникових графіків або таблиць $R = 3...5$ мм.

2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки

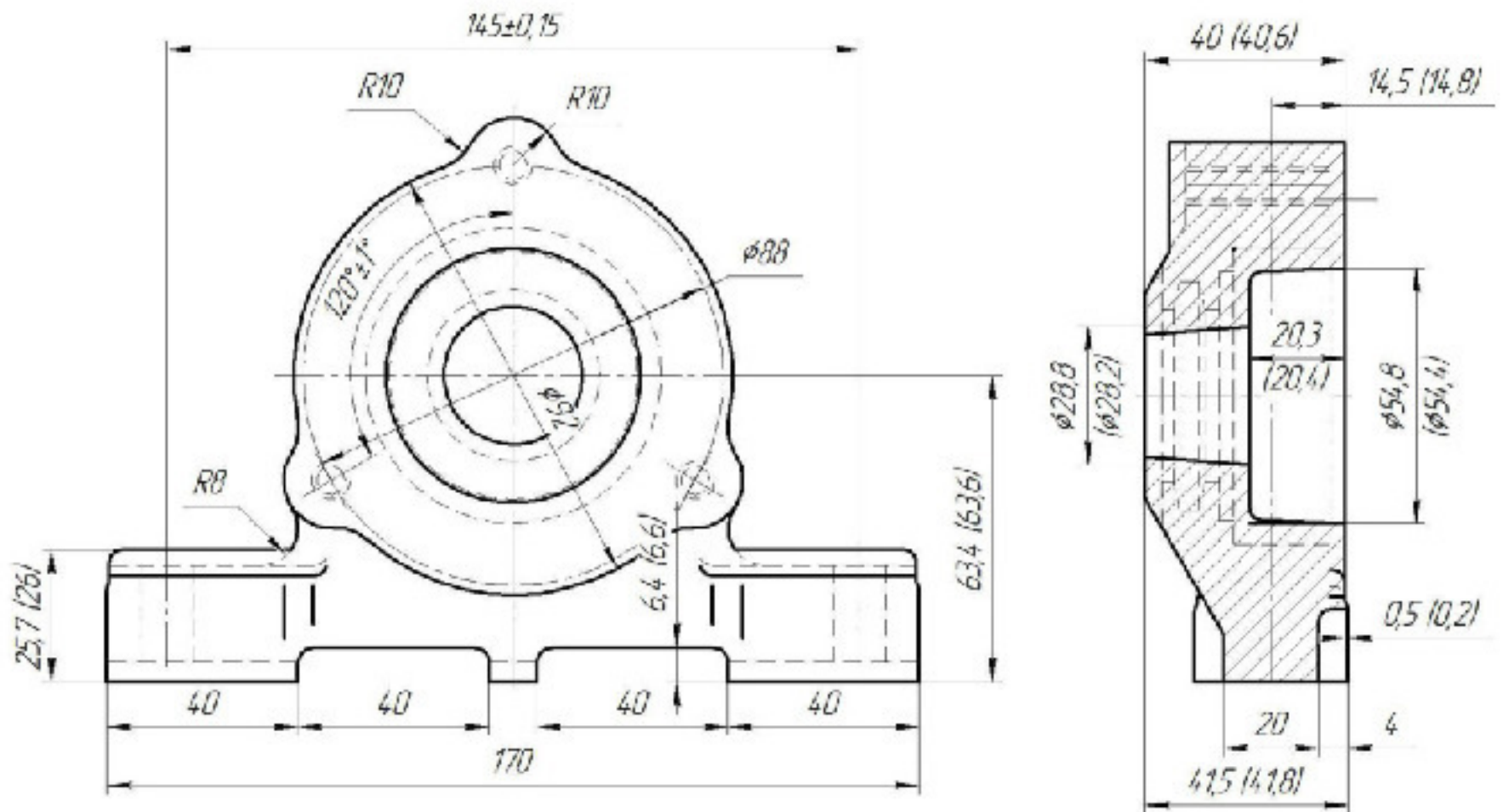


Рисунок 2.3 – Ескіз заготовки, виготовленої литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші (оболонкові форми)

2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки

Коефіцієнт точності маси визначається за формулою

$$K_{T.M.} = \frac{Q_{det}}{Q_{zag}}, \quad (2.6)$$

де Q_{det} – маса деталі; Q_{zag} – маса заготовки.

Масу заготовки визначасмо за допомогою створених 3D-моделей.

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші згідно масо-центрувальних характеристик маса заготовки складає 2,42 кг.

Масо-центрувальні характеристики

Матеріал	СЧ15 ГОСТ 1412-85
Густина матеріалу	$R_o = 0,007200 \text{ г/мм}^3$
Розрахункові параметри	
Маса	$M = 2421,867324 \text{ г}$
Площа	$S = 110032,202689 \text{ мм}^2$
Об'єм	$V = 336370,461667 \text{ мм}^3$
Центр мас	$X_c = 0,620615 \text{ мм}$
	$Y_c = 37,068567 \text{ мм}$
	$Z_c = -1,655095 \text{ мм}$

При литті в оболонкові форми згідно масо-центрувальних характеристик маса заготовки складає 2,5 кг.

Масо-центрувальні характеристики

Матеріал	СЧ15 ГОСТ 1412-85
Густина матеріалу	$R_o = 0,007200 \text{ г/мм}^3$
Розрахункові параметри	
Маса	$M = 2502,772603 \text{ г}$
Площа	$S = 111513,986088 \text{ мм}^2$
Об'єм	$V = 347607,305972 \text{ мм}^3$
Центр мас	$X_c = 0,663958 \text{ мм}$
	$Y_c = 37,749270 \text{ мм}$
	$Z_c = -1,667635 \text{ мм}$

Коефіцієнт точності маси при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші

$$K_{г.м.1} = \frac{1,5}{2,42} = 0,62 \text{ .}$$

Коефіцієнт точності маси при литті в оболонкові форми

$$K_{T.M.2} = \frac{1,5}{2,5} = 0,6.$$

Призначення технічних вимог на литі заготовки.

Технічні вимоги записуються на кресленні заготовки над штампом.

Для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням.

1. Точність вилівка 9-6-13-9 Зм. 1,9 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 1,5-0,32-0,62-2,42 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані ливарні радіуси – R3...5 мм, нахили – 0°26'.
4. Допускаються раковини, пустоти ø2,0 мм на глибині 2,2 мм.

Для лиття в оболонкові форми.

1. Точність вилівка 10-5-11-10 Зм. 2,0 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 1,5-0,36-0,64-2,5 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані ливарні радіуси – R3...5 мм, нахили – 0°23'.
4. Допускаються раковини, пустоти ø2,2 мм на глибині 2,4 мм.

2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Собівартість заготовок розраховується за формулою [8]:

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

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

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

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

Для лиття в оболонкові форми приймаємо базову вартість 1 т заготовок –

52520 грн; для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням – 25600 грн.

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

Коефіцієнти K_m , що враховує матеріал заготовок для лиття в оболонкові форми – 1,0; для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням – 1,0.

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

Коефіцієнт K_b , що враховує масу заготовок для лиття в оболонкові форми – 1,0; для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням – 1,0.

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

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

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

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

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

$$C_{\text{мел}} = \frac{(25600 \cdot 2,42 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0)}{1000} - \frac{(2,42 - 1,5) \cdot 2000}{1000} = 76,22 \text{ (грн.)}$$

Собівартість заготовки для лиття в оболонкові форми:

$$C_{\text{мг.2}} = \frac{(52520 \cdot 2,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 1,1)}{1000} - \frac{(2,5 - 1,5) \cdot 2000}{1000} = 162,65 \text{ (грн.)}$$

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

$$E = (C_{\text{мг.2}} - C_{\text{мг.1}}) \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (2.8)$$

$$E = (162,65 - 76,22) \cdot 7000 = 605010 \text{ (грн.)}$$

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

2.3 Розробка маршруту механічної обробки

2.3.1 Вибір способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності

Визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 62\text{H}7^{(+0,030)}$.

Заготовка – лиття в піщано-глинисті форми, допуск заготовки на розмір $\varnothing 62\text{H}7^{(+0,030)}$ $T_{\text{заг}} = 2800 \text{ мкм}$ ($Ra = 1,6 \text{ мкм}$), допуск деталі $T_{\text{дет}} = 30 \text{ мкм}$.

Коефіцієнт уточнення складає [1, 2]:

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

$$\varepsilon = \frac{2000}{30} = 66,67 \text{ ,}$$

де ε_i – окремі ступені уточнення. Для першого переходу чорнової обробки $\varepsilon_{\text{чор}} \leq 6$; для переходів напівчистої обробки $\varepsilon_{\text{чист}} = 3...4$; для чистої обробки (ІТ 8 - ІТ 10) $\varepsilon_{\text{чист}} = 2...2,5$; для фінішної обробки (ІТ 5 - ІТ 7) $\varepsilon_{\text{фін}} = 1,5...2$.

Отже, приймаємо 4 переходи механічної обробки. Тоді

$$\varepsilon_1 = 5; \varepsilon_2 = 4; \varepsilon_3 = 2,5; \varepsilon_4 = 1,33.$$

Допуски на проміжні технологічні розміри:

$$T_1 = \frac{2000}{5} = 400 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{ІТ } 13);$$

$$T_2 = \frac{400}{4} = 100 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{ІТ } 10);$$

$$T_3 = \frac{100}{2,5} = 40 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{ІТ } 8);$$

$$T_4 = \frac{40}{1,33} = 30 \text{ (мкм)} \quad (\text{ІТ } 7).$$

Остаточно приймаємо 4 переходи механічної обробки:

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

Методи обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності зведені до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Методи обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності

Поверхня	Уточнення $\varepsilon = \frac{T_{\text{роз}}}{T_{\text{дет}}}$	Розподіл ε	Методи обробки
$\varnothing 62\text{H}7^{(+0,030)}$	$\varepsilon = \frac{2,0}{0,03} = 66,67$	$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4 =$ $= 5 \cdot 4 \cdot 2,5 \cdot 1,33 =$ $= 66,67$	Розточити - попередньо (ІТ 13); - попередньо (ІТ 10); - попередньо (ІТ 8); - остаточно (ІТ 7)
$\varnothing 36\text{H}9^{(+0,062)}$	$\varepsilon = \frac{1,8}{0,062} = 29$	$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 =$ $= 5 \cdot 4 \cdot 1,45 = 29$	Розточити - попередньо (ІТ 13); - попередньо (ІТ 10); - остаточно (ІТ 9)
$\varnothing 11\text{H}9^{(+0,043)}$	$\varepsilon = \frac{0,8}{0,043} = 4,2$ в заготовці отвір не проливається, тому допуск 0,18 мм відповідає 12 квалітету точності розміру після свердління	$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 =$ $= 3 \cdot 1,4 = 4,2$	Свердлити (ІТ 12); зенкерувати (ІТ 10); розвернути (ІТ 9)
$60 \pm 0,15$	$\varepsilon = \frac{2,0}{0,3} = 6,67$	$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 =$ $= 5 \cdot 1,3 = 6,67$	Фрезерувати - попередньо (ІТ 13); - остаточно (ІТ 12)
$20 \pm 0,1$ права сторона, ліва сторона	$\varepsilon = \frac{1,6}{0,2} = 8$	$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 =$ $= 5 \cdot 1,6 = 8$	Фрезерувати (точити) - попередньо (ІТ 13); - остаточно (ІТ 12)
$35_{-0,25}$ правий торець, лівий торець	$\varepsilon = \frac{1,8}{0,25} = 7,2$	$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 =$ $= 5 \cdot 1,44 = 7,2$	Фрезерувати (точити) - попередньо (ІТ 13); - остаточно (ІТ 12) Фрезерувати (точити) - однократно (ІТ 12)
$\text{M}8\text{-}7\text{H}$ в заготовці не проливається			Свердлити (ІТ 12), нарізати різь (7H)

2.3.2 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

2.3.2.1 Вибір чистових технологічних баз

Основними конструкторськими базами деталі є площина основи деталі

170×32 і два отвори $\varnothing 11H9^{(+0,043)}$. Оптимальним варіантом вибору баз є варіант з мінімальною похибкою базування ($\varepsilon_b = 0$), коли конструкторська та технологічна бази співпадають.

З метою вибору кращих варіантів необхідно провести аналіз схем базування (установок) на всіх операціях механічної обробки.

На операції 010 обробляються торці, отвір $\varnothing 62H7^{(+0,030)}$, $\varnothing 36H9^{(+0,062)}$, канавку та ін. Базування заготовки здійснюється по раніше обробленим основі і двом отворах $\varnothing 11H9^{(+0,043)}$ (рис. 2.4).

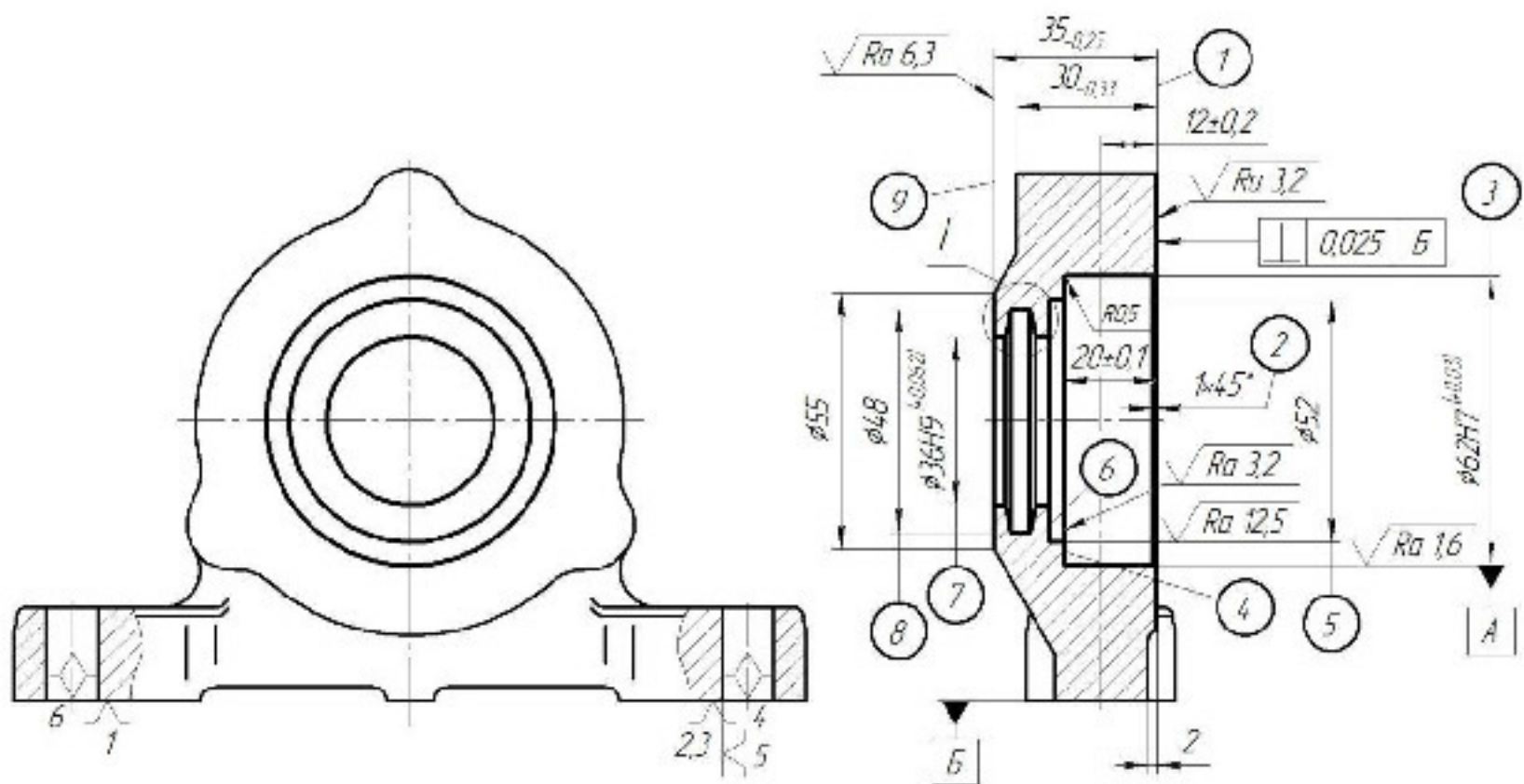


Рисунок 2.4 – Чистові технологічні бази

Таблиця 2.11 – Аналіз вибору технологічних баз

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
1	2	3	4
010 Токарна (або багатоцільова)	$\varnothing 62H7^{(+0,030)}$	відсутня	діаметральний розмір
	$1 \times 45^\circ$	-	обробка з одного установа
	$\varnothing 36H9^{(+0,062)}$	-	діаметральний розмір
	$\varnothing 52$	-	діаметральний розмір

Продовження таблиці 2.11

1	2	3	4
	$\varnothing 48$	-	діаметральний розмір
	$60 \pm 0,15$	-	виконання принципу суміщення баз
	$20 \pm 0,1$	-	обробка торцевих поверхонь в розмір з одного установа
	$5,5; 4^{+0,3}$	-	обробка з одного установа
	$35_{-0,25}$, якщо багатоцільова операція; $35_{-0,25}$, якщо токарна з 2 установами	присутня	обробка з одного установа неспівпадання баз
	допуск перпендикулярності площини $0,025$ мм відносно бази Б	-	виконання принципу суміщення баз
015 Фрезерна (або багатоцільова 010)	M8-7H	-	обробка мірним інструментом
	залежний позиційний допуск $\varnothing 0,1$ мм відносно бази А; якщо багатоцільова операція; якщо на окремому верстаті 015	присутня	обробка з одного установа неспівпадання баз
	20	-	виконання принципу суміщення баз

Для розміру $30_{-0,33}$ при установці на два пальці (один циліндричний, другий зрізаний) виникає похибка базування у вигляді зміщення осі заготовки (перекосу) внаслідок зазору між пальцем і отвором.

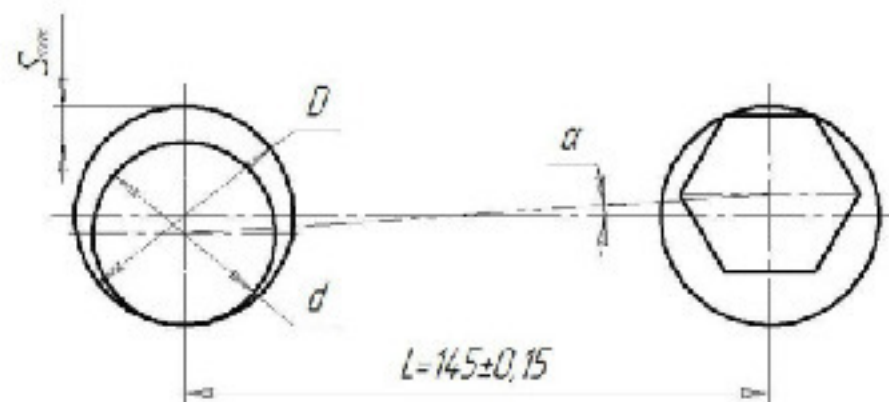


Рисунок 2.5 – Розрахунок похибки базування

Отвір $\varnothing 11H9^{(+0,043)}$, палець $\varnothing 11g7^{(-0,006)}_{(-0,014)}$, тоді

$$S_{\max} = T_D + T_d + S_{\min} = 0,043 + 0,08 + 0,15 = 0,273 \text{ (мм)}$$

Кут переносу незначний.

Допуск розміру $30_{-0,33}$ згідно 13 квалітету складає 0,33 мм, а похибка базування 0,273 мм, що менше 0,33 мм, тому схема базування допустима.

При фрезеруванні платиків в розмір 2^* мм заготовку базуємо аналогічно по основі 2 отворів $\varnothing 11H9^{(+0,043)}$ з установкою на два пальці (рис. 2.6).

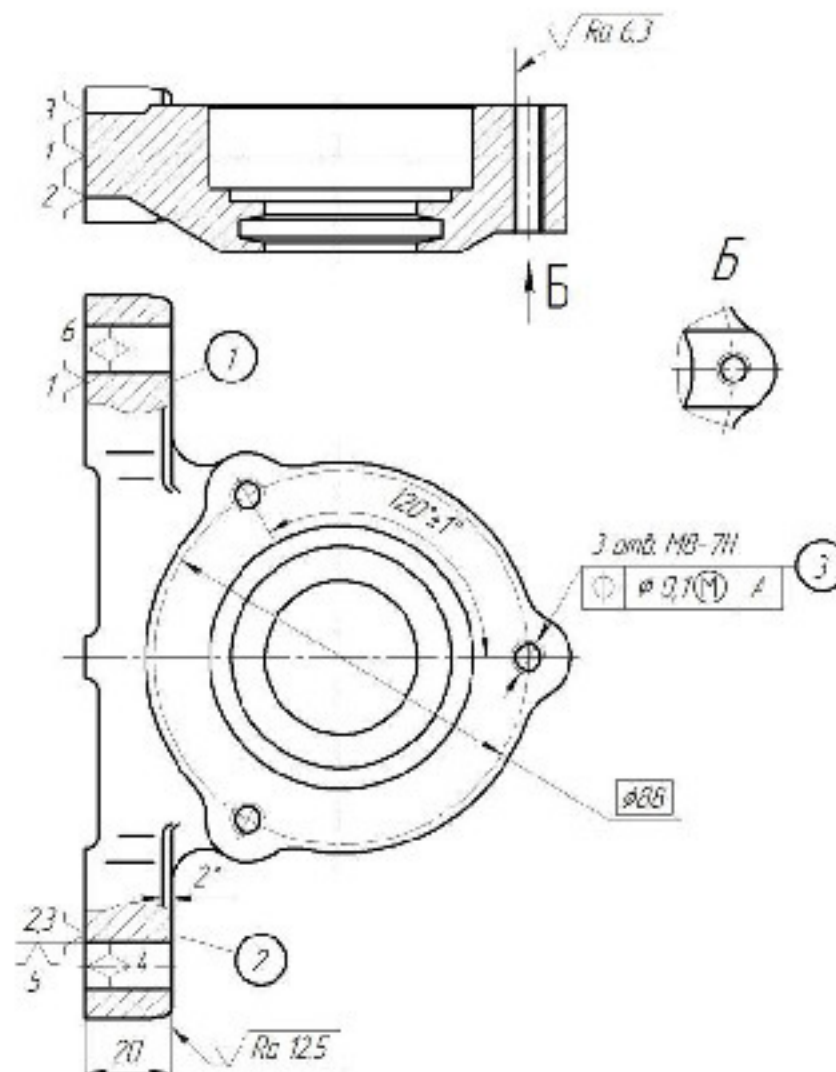


Рисунок 2.6 – Чистові технологічні бази

Похибка базування для розміру $\varepsilon_{62^*} \neq 0$, тому що конструкторська та технологічна бази не співпадають.

2.3.2.2 Вибір чорнових технологічних баз

На першій (перших) операціях ми обробляємо технологічні бази-основу і 2 отвори $\varnothing 11H9^{(+0,043)}$. Базування заготовки здійснюємо по необроблюваним (чорновим) базовим поверхням основи двом боковим поверхням.

При виборі чорнових баз вирішується дві задачі:

- зняття рівномірного припуску з найбільш відповідальної поверхні;
- зв'язок необроблених поверхонь з обробленими.

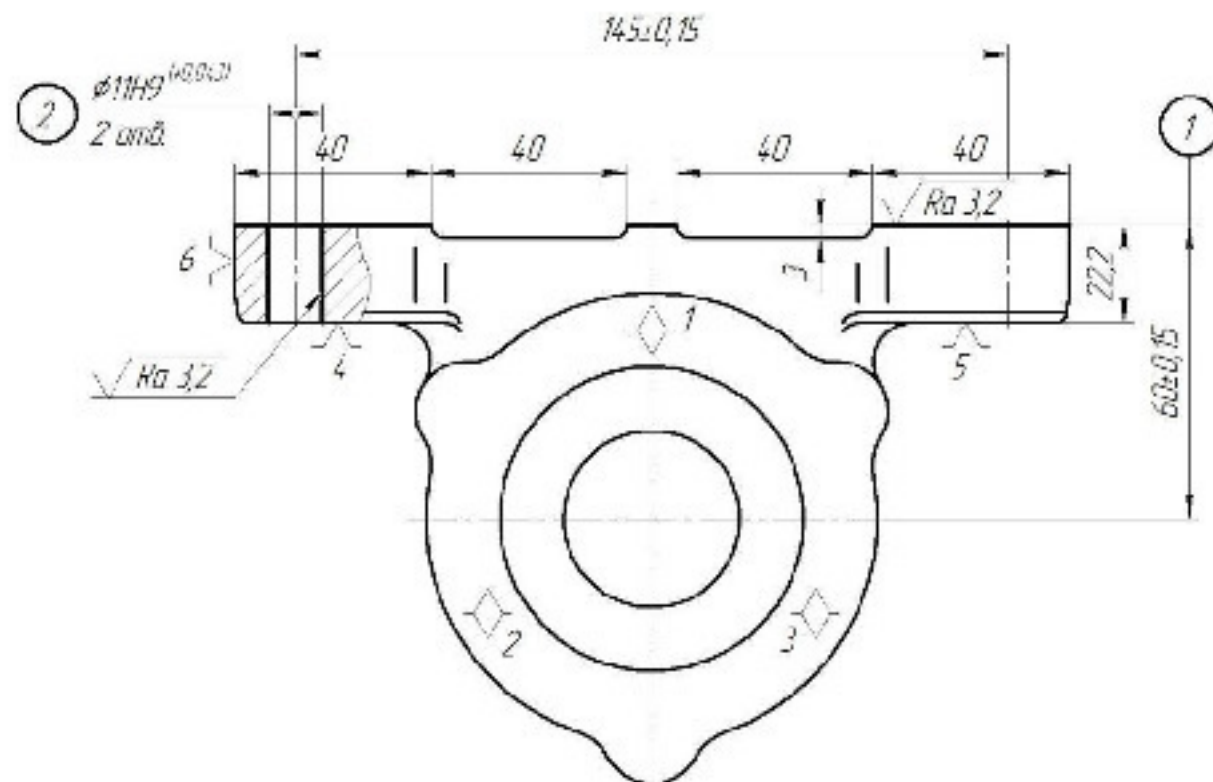


Рисунок 2.7 – Чорнові технологічні бази (І варіант)

За схемою, що приведена на рис. 2.7 вирішується друга задача, її приймаємо до розгляду.

2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки

Маршрут механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 72M-08-005» показано в табл. 2.12.

2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

2.3.4.1 Вибір розташування технологічних розмірів

Розмірна схема технологічного процесу показана на рис. 2.8.

2.3.4.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуски технологічних розмірів призначаємо попередньо, враховуючи задану точність механічної обробки.

При чорновій обробці ми отримуємо 12 квалітет точності, при чистовій – 9-10 квалітети, при шліфуванні 6-7 квалітети.

Попередньо призначені допуски в подальшому необхідно корегувати в залежності від допуску замикаючої ланки $K_1, K_2 \dots$.

Допуски розмірів зводимо в таблицю 2.13.

Таблиця 2.13 – Допуски розмірів

Технологічні розміри	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8
Квалітет	14	14	12	12	10	12	12	14
Допуск, мм	0,4	0,42	0,36	0,12	0,11	0,24	0,33	0,3

2.3.4.3 Розмірна схема технологічного процесу

Розмірна схема технологічного процесу показана на рис. 2.8.

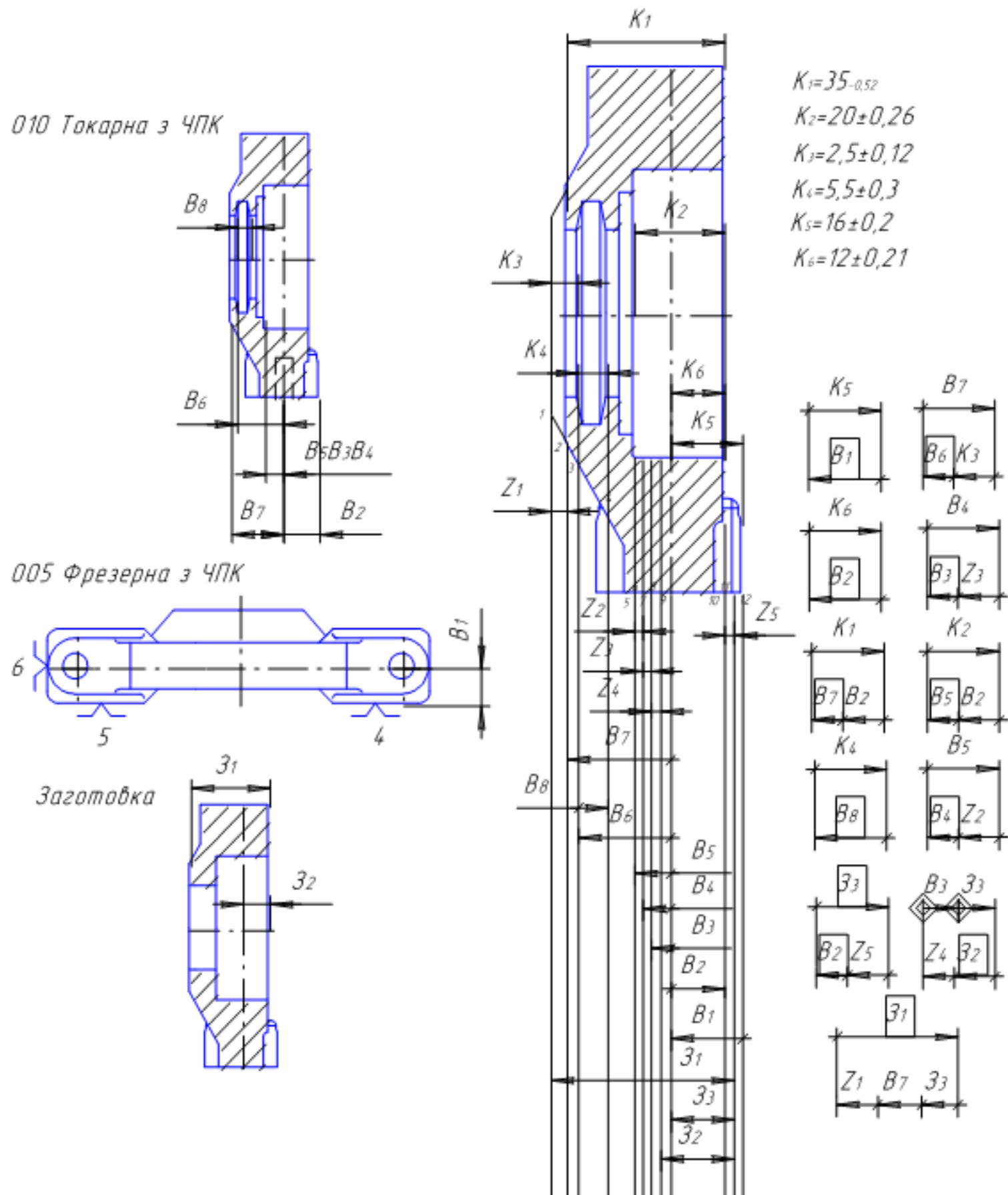


Рисунок 2.8 – Розмірна схема технологічного процесу

2.3.4.4 Похідний, вихідний графі-дерева, суміщений граф

Вихідний граф-дерево показаний на рис. 2.9. Похідний граф-дерево показаний на рис. 2.10, суміщений граф – на рис. 2.11.

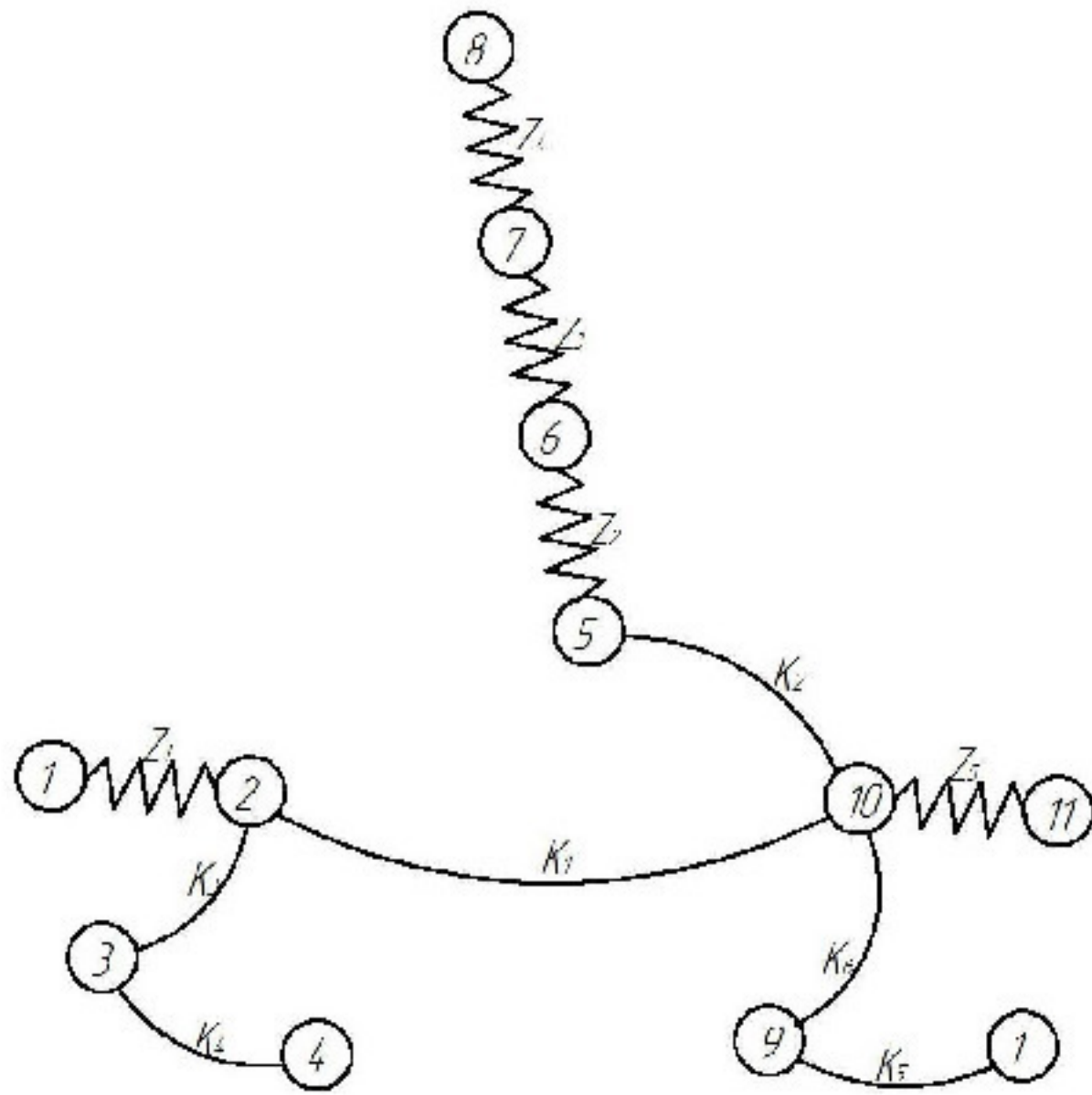


Рисунок 2.9 – Вихідний граф-дерево

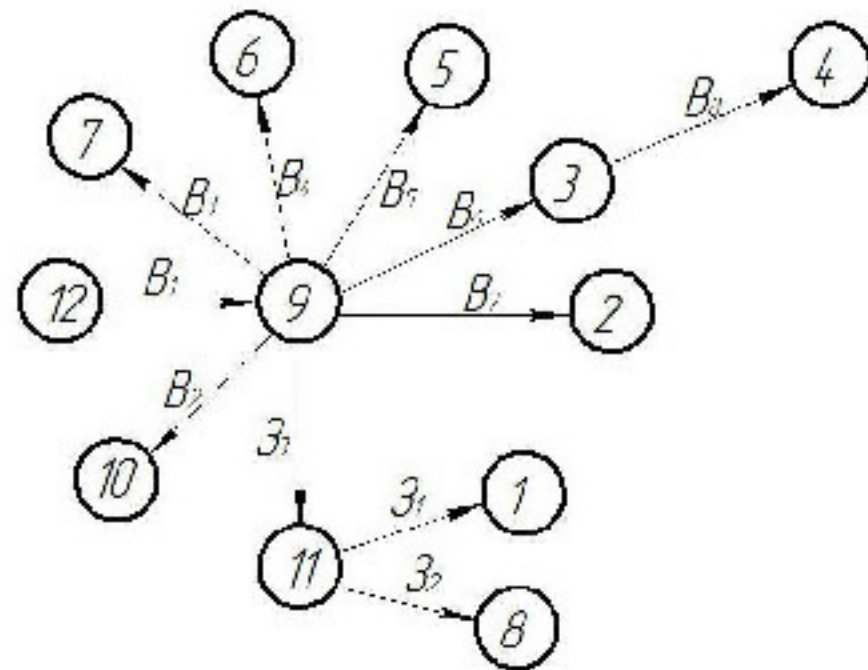


Рисунок 2.10 – Похідний граф-дерево

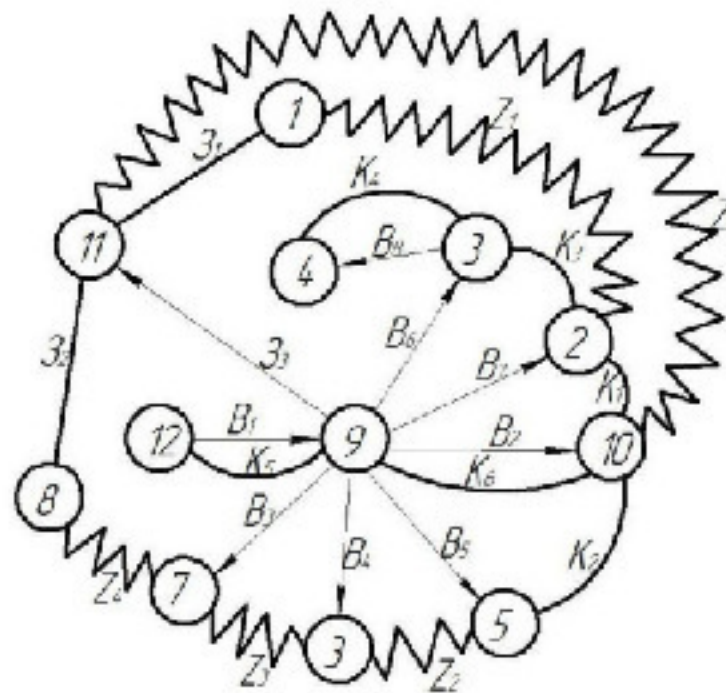


Рисунок 2.11 – Суміщений граф

2.3.4.5 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку

Проміжні мінімальні припуски визначають аналітичним і нормативним способом згідно таблиць [13].

Таблиця 2.14 – Дані припусків

Припуски	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
$Z_{\min}$	2,5	0,4	0,6	2	2,1

2.3.4.6 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Таблиця 2.15 – Технологічні розмірні ланцюги

№	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Невідома ланка
1	$-K_5 + B_1 = 0$	$K_5 = B_1$	B_1
2	$-K_6 + B_2 = 0$	$K_6 = B_2$	B_2
3	$-K_1 + B_7 + B_2 = 0$	$K_1 = B_7 + B_2$	B_7
4	$-K_4 + B_8 = 0$	$K_4 = B_8$	B_8
5	$-K_2 + B_5 + B_2 = 0$	$K_2 = B_5 + B_2$	B_5
6	$-B_5 + B_4 + Z_2 = 0$	$Z_2 = B_5 - B_4$	B_4
7	$-B_4 + B_3 + Z_3 = 0$	$Z_3 = B_4 - B_3$	B_3
8	$-3_3 + B_2 + Z_5 = 0$	$Z_5 = 3_3 - B_2$	3_3
9	$-B_3 - 3_3 + Z_4 + 3_2 = 0$	$Z_4 = B_3 + 3_3 - 3_2$	3_2
10	$-3_1 + Z_1 + B_7 + 3_3 = 0$	$Z_1 = 3_1 - B_7 - 3_3$	3_1
11	$-B_7 + B_6 + K_3 = 0$	$K_3 = B_7 - B_6$	B_6

2.3.4.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція допусків і ТП

$$1. K_5=B_1; \quad B_1=K_5=16\pm0,2; \quad \text{допуск } 0,4 \text{ мм.}$$

$$2. K_6=B_2; \quad B_2=K_6=12\pm0,21; \quad \text{допуск } 0,42 \text{ мм.}$$

$$3. K_1^{\min}=B_7^{\min} + B_2^{\min};$$

$$B_7^{\min}=K_1^{\min} - B_2^{\min}=34,48-11,79=22,69 \text{ (мм);}$$

$$B_7^{\max}=22,69+0,33=23,02 \text{ (мм).}$$

Перевірка

$$K_1^{\max}=B_7^{\max} + B_2^{\max}=23,02+12,21=35,23 \text{ [35] (мм);}$$

$$B_7^{\max}=K_1^{\max} - B_2^{\max}=35-12,21=22,79 \text{ (мм).}$$

$$\text{Допуск } 22,79-22,69=0,1 \text{ (мм);}$$

$$B_7=22,79_{-0,1} \text{ мм.}$$

$$4. K_4=B_8; \quad B_8=K_4=5,5\pm0,3; \quad \text{допуск } 0,3 \text{ мм.}$$

$$5. K_2^{\min}=B_5^{\min} + B_2^{\min};$$

$$B_5^{\min}=K_2^{\min} - B_2^{\min}=19,74-11,79=7,95 \text{ (мм);}$$

$$B_5^{\max}=7,95+0,21=8,16 \text{ (мм);}$$

$$K_2^{\max}=B_5^{\max} + B_2^{\max}=8,16+12,21=20,37 \text{ [20,26] (мм);}$$

$$B_5^{\max}=K_2^{\max} - B_2^{\max}=20,26-12,21=8,1 \text{ (мм).}$$

$$\text{Допуск } 8,1-7,95=0,15 \text{ (мм);}$$

$$B_5=8,1_{-0,15} \text{ мм.}$$

$$6. Z_2^{\min}=B_5^{\min} - B_4^{\min};$$

$$B_4^{\max}=B_5^{\min} - Z_2^{\min}=7,95-0,4=7,55 \text{ (мм);}$$

$$B_4^{\min}=7,55-0,12=7,43 \text{ (мм);}$$

$$B_4=7,55_{-0,12} \text{ мм;}$$

$$Z_2^{\max}=B_5^{\max} - B_4^{\min}=8,1-7,55=0,55 \text{ (мм).}$$

$$7. Z_3^{\min}=B_4^{\min} - B_3^{\min};$$

$$B_3^{\max}=B_4^{\min} - Z_3^{\min}=7,43-0,6=6,83 \text{ (мм);}$$

$$B_3^{\min}=6,83-0,36=6,47 \text{ (мм);}$$

$$B_3 = 6,83_{-0,36} \text{ мм};$$

$$Z_3^{\max} = B_4^{\max} - B_3^{\min} = 7,55 - 6,47 = 1,08 \text{ (мм)}.$$

$$8. Z_5^{\min} = 3_3^{\min} - B_2^{\max};$$

$$3_3^{\min} = B_2^{\max} + Z_5^{\min} = 12,21 + 2,1 = 14,31 \text{ (мм)};$$

$$3_3^{\max} = 16,51_{-1,2} \text{ мм};$$

$$Z_5^{\max} = 3_3^{\max} - B_2^{\min} = 16,51 - 11,79 = 4,72 \text{ (мм)}.$$

$$9. Z_4^{\min} = B_3^{\min} + 3_3^{\min} - 3_2^{\max};$$

$$3_2^{\max} = B_3^{\min} + 3_3^{\min} - Z_4^{\min} = 6,47 + 14,31 - 2 = 18,78 \text{ (мм)};$$

$$3_2^{\min} = 18,78 - 2,2 = 16,58 \text{ (мм)};$$

$$3_2 = 18,78_{-2,2} \text{ мм};$$

$$Z_4^{\max} = B_3^{\max} + 3_3^{\max} - 3_2^{\min} = 6,83 + 15,51 - 18,78 = 3,76 \text{ (мм)}.$$

$$10. Z_1^{\min} = 3_1^{\min} - B_7^{\max} - 3_3^{\min};$$

$$3_1^{\min} = B_7^{\max} + 3_3^{\min} + Z_1^{\min} = 22,79 + 14,31 + 2,5 = 39,6 \text{ (мм)};$$

$$3_1^{\max} = 39,6 + 2,4 = 41,0 \text{ (мм)};$$

$$3_1 = 42_{-2,4} \text{ мм};$$

$$Z_1^{\max} = 3_1^{\max} - B_7^{\min} - 3_3^{\min} = 42 - 22,69 - 14,31 = 5,0 \text{ (мм)}.$$

$$11. K_3^{\min} = B_7^{\min} - B_6^{\max};$$

$$B_6^{\max} = B_7^{\min} - K_3^{\min} = 22,69 - 2,38 = 20,31 \text{ (мм)};$$

$$B_6^{\min} = 20,31 - 0,24 = 20,07 \text{ (мм)};$$

$$K_3^{\max} = B_7^{\max} - B_6^{\min} = 22,79 - 20,07 = 2,72 \text{ [2,6] (мм)};$$

$$B_6^{\min} = B_7^{\max} - K_3^{\max} = 22,79 - 2,62 = 2,17 \text{ (мм)}.$$

$$\text{Допуск } 2,31 - 2,17 = 0,14 \text{ (мм)};$$

$$B_6 = 20,31_{-0,14} \text{ мм}.$$

Дані розрахунків зводимо в таблиці 2.16-2.17.

Таблиця 2.16 – Дані розрахунків припусків

Припуски		Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
Граничні значення	$Z_{\min}$	2,5	0,4	0,6	2,0	2,5
	$Z_{\max}$	5,0	0,7	1,2	3,76	4,72

Таблиця 2.17 – Дані розрахунків технологічних розмірів та розмірів заготовки, мм

Технологічні розміри, розміри заготовки	$З_1$	$З_2$	$З_3$	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8
Попередні значення допусків	2,4	2,2	1,2	0,4	0,42	0,36	0,12	0,15	0,14	0,33	0,3
Квалітет	10	10	10	14	14	12	12	10	12	12	14
Остаточні значення допусків	2,4	2,2	1,2	0,4	0,42	0,36	0,12	0,15	0,14	0,1	0,3
Номінальні розміри	42	18,78	16,51	16	12	6,83	7,55	8,1	20,31	22,79	5,5

Висновок. Технологічні рівняння складаються з 2-3 ланок за винятком розмірів заготовок $З_1$, $З_2$, $З_3$ (3-4 ланок), що є недоліком. В результаті збільшуються максимальні припуски. В цілому ТП механічної обробки є задовільним.

2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

2.3.5.1 Визначення розрахунково-аналітичним методом припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 62H7^{(+0,030)}$ [1]

Заготовкою для даної деталі є виливок. Обробка проводиться в спеціальному пристосуванні. Маршрут механічної обробки поверхні $\varnothing 62H7^{(+0,030)}$ складається з таких переходів:

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

Мінімальний проміжний припуск для обробки циліндричної поверхні із

застосуванням розрахунково-аналітичного методу визначається за формулою [1]:

$$2Z_{i\min} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{ai}^2}) \text{ [мкм]}. \quad (2.10)$$

де $R_{z_{i-1}}$, h_{i-1} , ρ_{i-1} – відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та просторові відхилення оброблюваної поверхні; ε_{ai} – похибка встановлення заготовки у верстатний пристрій, яка виникає на виконуваному технологічному переході.

Сумарне значення просторових відхилень R_z і h згідно [1] складає 600 мкм. Після першого технологічного переходу h для деталей з чавуну виключається з розрахунків. Згідно [1] вибрано значення R_z для подальших переходів і записано до табл. 2.18.

Сумарне значення просторових відхилень

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

де $\rho_{\text{жол}}$ – відхилення поверхні вихідної заготовки від правильної геометричної форми (циліндричності), спричинені жолобленням, мкм;

$\rho_{\text{зм}}$ – зміщення осі отвору поверхні вихідної заготовки відносно технологічних баз, мкм.

Жолоблення отвору слід враховувати як в діаметральному, так і в осьовому напрямку, тому

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta_{\text{ж}} \cdot D)^2 + (\Delta_{\text{ж}} \cdot L)^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.12)$$

де $\Delta_{\text{ж}}$ – питоме жолоблення;

D і L – відповідно діаметр та довжина отвору готової деталі.

Згідно [1] $\Delta_{\text{ж}} = 0,7 \dots 1,0$ мкм/мм. Приймаємо $\Delta_{\text{ж}} = 0,7$ мкм/мм.

Таким чином,

$$\rho_{\text{зв}} = \sqrt{(0,7 \cdot 62)^2 + (0,7 \cdot 20)^2} = 47 \text{ (мкм)}.$$

Для визначення величини $\rho_{\text{зи}}$ розглянемо операційний ескіз механічної обробки заготовки на першій операції. Схема базування на першій операції відповідає розв'язанню задачі забезпечення розмірного зв'язку оброблених поверхонь з необробленими (рис. 2.12).

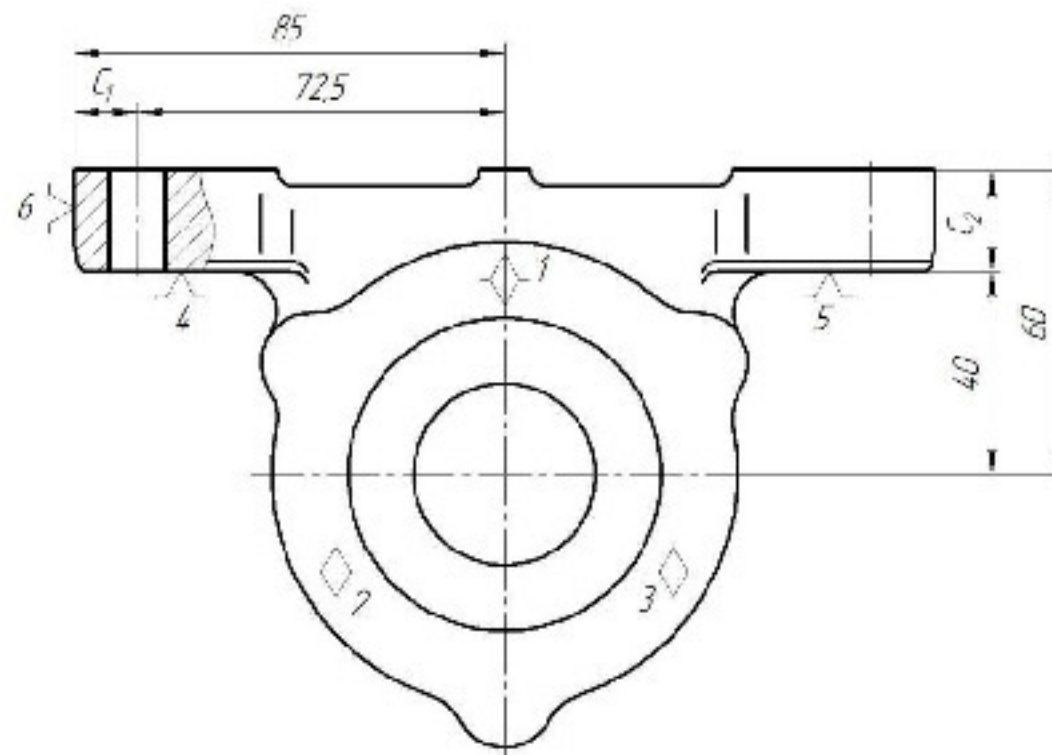


Рисунок 2.12 – Ескіз зі схемою базування на операції обробки чистових баз (перша операція)

Вісь отвору у вихідній заготовці пов'язана з чистовими технологічними базами (площиною основи і розглядуваним отвором) розмірами $(A_{72,5})_{\Sigma}$ і $(A_{60})_{\Sigma}$. Тому знайдемо $\rho_{\text{зи}}$ як середньоквадратичне значення сумарних похибок механічної обробки цих розмірів, тобто

$$\rho_{\text{зи}} = \sqrt{(\varepsilon_{\Sigma 72,5})^2 + (\varepsilon_{\Sigma 60})^2} \text{ [мкм]}. \quad (2.13)$$

Визначимо величини $\varepsilon_{\Sigma 72,5}$ та $\varepsilon_{\Sigma 60}$ за спрощеною формулою визначення сумарної похибки механічної обробки [1]:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \sqrt{\varepsilon_{\phi}^2 + \omega^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.14)$$

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

Знайдемо похибки базування на розміри $A_{72,5}$ і A_{60} , побудувавши відповідні розмірні ланцюги (див. рис. 2.12).

Похибка базування на розмір $A_{72,5}$ складе

$$\varepsilon_{\phi 72,5} = T(A_{85}) + T(C_1).$$

Оскільки величина $T(C_1)$ є фактично похибкою настроєння і враховується в ω , то можна прийняти $T(C_1) = 0$. Розмір A_{85} з'єднує необроблені поверхні і тому величину допуску цього розміру визначаємо за [1]. Для заготовки 9 класу розмірної точності $T(A_{85}) = 2200$ мкм.

Отже, $\varepsilon_{\phi 72,5} = T(A_{85}) = 2200$ мкм.

Значення $\omega_{72,5}$ (зміщення осі отвору після свердління відносно технологічних баз) згідно з [1] складає 180 мкм.

Таким чином,

$$\varepsilon_{\Sigma 72,5} = \sqrt{2200^2 + 180^2} = 2207 \text{ (мкм)}.$$

Аналогічно знаходимо $\varepsilon_{\phi 60}$

$$\varepsilon_{\phi 60} = T(A_{40}) + T(C_2)$$

і, відповідно, $T(C_2) = 0$; $\varepsilon_{\phi 60} = T(A_{40}) = 2000$ мкм.

Фрезерування площини основи виконується дворазово, забезпечує 10 квалітет точності [1] (заготовка лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші), точність розміру 60 для 10 квалітету складає 120 мкм.

Таким чином,

$$\varepsilon_{\Sigma 60} = \sqrt{2000^2 + 120^2} = 2004 \text{ (мкм)}.$$

Тоді

$$\rho_{\Sigma 60} = \sqrt{2207^2 + 2004^2} = 2981 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_{\Sigma 60'} = \sqrt{47^2 + 2981^2} = 2981,4 \text{ (мкм)} \approx 2981 \text{ (мкм)}.$$

Залишкове значення просторового відхилення після попереднього розточування (першого переходу) складе

$$\rho_1 = 0,05 \cdot 2981 = 149,05 \text{ (мкм)} \approx 149 \text{ (мкм)};$$

- після попереднього розточування (другого переходу)

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 149 = 7,45 \text{ (мкм)} \approx 8 \text{ (мкм)};$$

- після попереднього розточування (третього переходу)

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

- після остаточного розточування

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

Похибка встановлення [1]

$$\varepsilon_e = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{\gamma}^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.15)$$

де ε_{δ} – похибка базування, мкм;

ε_z – похибка закріплення, мкм.

Визначимо похибку базування $\varepsilon_{\delta X}$ у напрямку осі X

$$\varepsilon_{\delta X} = \sqrt{\varepsilon_{\delta X}^2 + \varepsilon_{zX}^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.16)$$

де $\varepsilon_{\delta X}$ – похибка базування в напрямку осі X , мкм;

ε_{zX} – похибка закріплення в напрямку осі X , мкм.

Так як заготовка деталі при обробленні отвору $\varnothing 62H7^{(+0,030)}$ встановлюється на два пальці (циліндричний і зрізаний) та площину основи, то похибка базування в напрямку осі X дорівнює максимальному зазору [1]:

$$\varepsilon_{\delta X} = D_{\max} - d_{\min} \text{ [мкм]}, \quad (2.17)$$

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

Отвір $11H8^{(+0,027)}$, круглий палець $\varnothing 11q7^{(-0,006/-0,024)}$.

Тоді

$$\varepsilon_{\delta X} = 11,027 - 11,976 = 0,051 \text{ (мм)} = 51 \text{ (мкм)}.$$

Сила закріплення при обробленні отвору $\varnothing 62H7^{(+0,030)}$ за прийнятої схеми встановлення спрямована у напрямі осі Y , то похибка закріплення у напрямі осі X відсутня, отже

$$\varepsilon_{zX} = \varepsilon_{\delta X} = 51 \text{ мкм}.$$

Похибка встановлення у напрямку осі Y включає похибку базування в напрямку осі Y та похибку закріплення в напрямку осі Y

$$\varepsilon_{\delta Y} = \sqrt{\varepsilon_{\delta Y}^2 + \varepsilon_{zY}^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.18)$$

$\varepsilon_{\delta Y} = 0$, так як вона вже врахована в ρ_{Σ} (сумарна похибка механічної обробки розміру 60).

Оскільки сили закріплення направлені паралельно осі Y , то відповідно до [1] похибка закріплення у напрямі цієї осі складе 90 мкм.

Отже,

$$\varepsilon_{\delta Y} = \varepsilon_{\Sigma Y} = 90 \text{ мкм.}$$

Похибка встановлення на попередньому розточуванні (перший перехід)

$$\varepsilon_{\delta 1} = \sqrt{51^2 + 90^2} = 103,4 \text{ (мкм)} \approx 103 \text{ (мкм);}$$

- на попередньому розточуванні (другий перехід)

$$\varepsilon_{\delta 2} = 0,05 \cdot 103,4 = 5 \text{ (мкм);}$$

- на попередньому розточуванні (третій перехід)

$$\varepsilon_{\delta 3} = 0,05 \cdot 5 = 0,25 \text{ (мкм)} \approx 0.$$

Мінімальний проміжний припуск при попередньому розточуванні (перший перехід)

$$2Z_{\min 1} = 2 \cdot (600 + \sqrt{2981^2 + 103^2}) = 2 \cdot 3583 \text{ (мкм).}$$

При попередньому розточуванні (другий перехід)

$$2Z_{\min 2} = 2 \cdot (50 + \sqrt{149^2 + 5^2}) = 2 \cdot 199 \text{ (мкм).}$$

При попередньому розточуванні (третій перехід)

$$2Z_{\min 3} = 2 \cdot (30 + \sqrt{8^2 + 0^2}) = 2 \cdot 38 \text{ (мкм)}.$$

При остаточному розточуванні

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

Розрахунковий розмір після останнього переходу (максимальний)

$$D_{p4} = 62,03 \text{ мм}.$$

Для інших переходів отримуємо:

- після розточування попереднього (третього переходу)

$$D_{p3} = 62,03 - 2 \cdot 0,02 = 61,99 \text{ (мм)};$$

- після розточування попереднього (другого переходу)

$$D_{p2} = 61,99 - 2 \cdot 0,038 = 61,914 \text{ (мм)};$$

- після розточування попереднього (першого переходу)

$$D_{p1} = 61,914 - 2 \cdot 0,199 = 61,516 \text{ (мм)};$$

- для заготовки

$$D_{\text{нов. max}} = 61,516 - 2 \cdot 3,583 = 54,35 \text{ (мм)}.$$

Мінімальні розміри:

- після розточування остаточного

$$D_{p4} = 62,03 - 0,03 = 62 \text{ (мм)};$$

- після розточування попереднього (третього переходу)

$$D_{p3} = 61,99 - 0,046 = 61,944 \text{ (мм)};$$

- після розточування попереднього (другого переходу)

$$D_{p2} = 61,914 - 0,12 = 61,794 \text{ (мм)};$$

- після розточування попереднього (першого переходу)

$$D_{p1} = 61,516 - 0,46 = 61,056 \text{ (мм)};$$

- для заготовки

$$D_{\text{заг. min}} = 54,35 - 2,0 = 52,35 \text{ (мм)}.$$

Мінімальні проміжні значення припусків

$$Z_{\text{min } 1}^{\text{сп}} = 61,516 - 54,35 = 7,166 \text{ (мм)} = 7166 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{\text{min } 2}^{\text{сп}} = 61,914 - 61,516 = 0,398 \text{ (мм)} = 398 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{\text{min } 3}^{\text{сп}} = 61,99 - 61,914 = 0,076 \text{ (мм)} = 76 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{\text{min } 4}^{\text{сп}} = 62,03 - 61,99 = 0,04 \text{ (мм)} = 40 \text{ (мкм)}.$$

Максимальні проміжні значення припусків

$$Z_{\text{max } 1}^{\text{сп}} = 61,056 - 52,35 = 8,706 \text{ (мм)} = 8706 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{\text{max } 2}^{\text{сп}} = 61,794 - 61,056 = 0,738 \text{ (мм)} = 738 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{\text{max } 3}^{\text{сп}} = 61,944 - 61,794 = 0,15 \text{ (мм)} = 150 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{\max 4}^{cp} = 62 - 61,944 = 0,056 \text{ (мм)} = 56 \text{ (мкм)}.$$

Таблиця 2.18 – Розраховані припуски на обробку отвору $\varnothing 62H7^{(+0,030)}$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 62H7^{(+0,030)}$	Елементи припуска, мм				Розрахункові елементи		До- пуск δ , мкм	Граничні значення технолог. розмірів, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z	h	ρ	ε_e	$2Z_{\min}$, мкм	d_p , мм		$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\min}^{cp}$	$2Z_{\max}^{cp}$
Заготовка	600		2981	-	-	54,35	2000	52,35	54,35	-	-
розточування попереднє	50	-	149	103	2·3583	61,516	460	61,056	61,516	7166	8706
розточування попереднє	30	-	8	5	2·199	61,914	120	61,794	61,914	398	738
розточування попереднє	20	-	-	-	2·38	61,99	46	61,944	61,99	76	150
розточування остаточне	3	-	-	-	2·20	62,03	30	62	62,03	40	56
Всього										7680	9650

Перевірка правильності розрахунків припусків:

$$2Z_{\max}^{cp} - 2Z_{\min}^{cp} = \delta_{i-1} - \delta_i;$$

$$2Z_{\max 4}^{cp} - 2Z_{\min 4}^{cp} = 56 - 40 = 16 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 46 - 30 = 16 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 3}^{cp} - 2Z_{\min 3}^{cp} = 150 - 76 = 74 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 120 - 46 = 74 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2}^{cp} - 2Z_{\min 2}^{cp} = 738 - 398 = 340 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 460 - 120 = 340 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 1}^{cp} - 2Z_{\min 1}^{cp} = 8706 - 7166 = 1540 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_{\text{заг}} - \delta_1 = 2000 - 460 = 1540 \text{ (мкм)}.$$

Отже, розрахунок припусків виконано вірно.

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

Нормативний вибір припусків та між операційних розмірів на інші поверхні показано в табл. 2.19.

Таблиця 2.19 – Нормативний вибір припусків та міжопераційних розмірів на інші діаметральні поверхні

Поверхні	$2Z_{\min}$, мм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мм	Проміжні розміри і допуск, мм
$\varnothing 36H9^{(+0,062)}$				
Заготовка	-	30,462	2,0	28,462
Розточування попереднє	2·1,5	33,462	0,39	33,072
Розточування попереднє	2·1,0	35,462	0,1	35,362
Розточування остаточне	2·0,3	36,062	0,062	36,0

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

2.3.6 Визначення режимів різання

Проведемо аналітичний розрахунок режимів різання для різних видів обробки [1, 14-16].

Операція 005 Вертикально-фрезерна з ЧПК.

Модель верстата – ЛТ260МФ.

Пристосування: спеціальне

Фрезерувати поверхню 1 попередньо.

Ріжучий інструмент: фреза торцева.

1. Призначаємо глибину різання $t = 2,4$ мм.

Припуск знімаємо за 1 прохід.

2. Подачу визначаємо за нормативами. Для фрези з заданими параметрами рекомендується подача $S = 0,15-0,3$ мм/об.

Керуючись по паспорту верстата приймаємо $S = 0,2$ мм/об.

3. Назначаємо період стійкості фрез. Для багато інструментальної наладки

приймаємо $T = 180$ хв.

4. Швидкість різання, допустима ріжучими властивостями різця
 $V_{\text{табл}} = 90$ м/хв.

Матеріал без кірки $K_{\text{nv}} = 1$; матеріал фрези ВК8, $K_{\text{uv}} = 0,85$;

$$V_{\text{різ}} = V_{\text{таб}} \cdot K_{\text{nv}} \cdot K_{\text{uv}} \text{ [м/хв.]}, \quad (2.19)$$

$$V_{\text{різ}} = 90 \cdot 1 \cdot 0,85 = 76,5 \text{ (м/хв.)}$$

5. Частота обертання шпинделя складає

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ [об/хв.]}, \quad (2.20)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 76,5}{3,14 \cdot 45} = 541,4 \text{ (об/хв.)}$$

Коректуючи по паспорту, приймаємо $n = 550$ об/хв.

Дійсна швидкість різання складає:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ [м/хв.]}, \quad (2.21)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 45 \cdot 550}{1000} = 77,7 \text{ (м/хв.)}$$

6. Потужність різання при фрезеруванні складає $N_{\text{таб}} = 2,2$ кВт.

Ефективна потужність верстата на шпинделі:

$$N_{\text{в}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta \text{ [кВт]}; \quad (2.22)$$

$$N_{\text{в}} = 5,5 \cdot 0,8 = 4,5 \text{ (кВт)};$$

$$N_{\text{різ}} = 2,2 \text{ кВт} < N_{\text{в}} = 4,5 \text{ кВт.}$$

Умови по обробці фрезеруванням (потужності) виконуються.

7. Основний (машинний) час по переходам складає:

$$I = \xi_{p.x.} i/n \cdot s = 210 \cdot 1/550 \cdot 0,2 = 1,91 \text{ (хв.)}$$

Свердлити 2 отворів $\varnothing 9$.

Ріжучий інструмент: свердло спіральне ГОСТ 10903-77; $2\varphi = 118^\circ$; $\alpha = 11^\circ$.

Форма підточки – Н.

1. Глибина різання складає:

$$t = d/2 = 9/2 = 4,5 \text{ (мм)}.$$

2. Назначаємо подачу для HB<190, матеріал СЧ15

I – група подач: $S_0 = 0,36-0,57 \text{ мм/об.}$

Глибина свердління: $l/d = 20/9 < 3 \quad K_l = 1,0$.

$$S_0 = S_{\text{таб}} \cdot K_{ls} = 0,36 \cdot 1,0 = 0,36 \text{ (мм/об)}$$

Корегуючи по паспорту верстата, приймаємо $S_0 = 0,4 \text{ мм/об.}$

3. Назначаємо період стійкості свердла. В налазці 8 інструментів, $T = 20 \text{ хв.}$

Допустимий знос: $h_3 = 0,3-0,45 \text{ мм.}$

4. Визначаємо швидкість різання, допустиму ріжучими властивостями інструмента, $V_{\text{таб}} = 16 \text{ м/хв.}, K_{lv} = 1$.

$$V = V_{\text{таб}} \cdot K_{lv} = 16 \cdot 1 = 16 \text{ (м/хв.)}$$

5. Частота обертання складає:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 16}{3,14 \cdot 9} = 566 \text{ (об/хв.)}$$

Згідно паспортних даних приймаємо $n=600^{\text{об}}/\text{хв.}$

Дійсна швидкість різання складає:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 600}{1000} = 16,9 \text{ (м/хв.)}$$

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

Ефективна потужність на шпинделі верстата складає

$$N_{\text{в}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,8 = 4,4 \text{ (кВт);}$$

$$N_{\text{в}} = 4,4 \text{ кВт} > N_{\text{таб}} = 1,1 \text{ кВт.}$$

Умови обробки по потужності виконуються.

7. Основний (маршрутний) час, складає:

$$T = \frac{L_{\text{р.х}} \cdot i}{n \cdot S} = \frac{26 \cdot 1}{600 \cdot 0,4} = 0,11 \text{ (хв.)}$$

для двох отворів $t_{\text{аб}} = 0,11 \cdot 2 = 0,22 \text{ (хв.)}$

Зенкерувати 2 отворів $\varnothing 10,5$

Ріжучий інструмент: зенкер ГОСТ 12489-67; $\gamma = 8^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $\varphi = 60^\circ$,
 $\varphi_0 = 30^\circ$, $\omega = 10^\circ$, $f = 1 \text{ мм.}$

1. Глибина різання складає:

$$t = (D-d)/2 = (10,5-9)/2 = 0,75 \text{ (мм).}$$

2. Назначаємо подачу для HB<190, матеріал СЧ15

I – група подач: $S_0 = 0,7-0,9 \text{ мм/об.}$

Глибина свердління: $l/d = 20/10,5 < 3$ $K_1 = 1,0$

$$S_0 = S_{\text{таб}} \cdot K_{1s} = 0,7 \cdot 1,0 = 0,7 \text{ (мм/об)}$$

Корегуючи по паспорту верстата, приймаємо $S_0 = 0,8$ мм/об.

3. Назначаємо період стійкості свердла. В налазці 8 інструментів, $T = 20$ хв.

Допустимий знос: $h_3 = 0,3-0,45$ мм.

4. Визначаємо швидкість різання, допустиму ріжучими властивостями інструмента, $V_{\text{таб}} = 18$ м/хв.; $K_{lv} = 1$.

$$V = V_{\text{таб}} \cdot K_{lv} = 18 \cdot 1 = 18 \text{ (м/хв.)}$$

5. Частота обертання складає:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 18}{3,14 \cdot 10,5} = 546 \text{ (об/хв.)}$$

Згідно паспортних даних приймаємо $n = 600$ об/хв.

Дійсна швидкість різання складає:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10,5 \cdot 600}{1000} = 19,7 \text{ (м/хв.)}$$

6. Визначаємо потужність різання при заданих режимах різання, $N_{\text{таб}} = 1,8$ кВт.

Ефективна потужність на шпинделі верстата складає

$$N_v = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,8 = 4,4 \text{ (кВт);}$$

$$N_B = 4,4 \text{ кВт} > N_{\text{таб}} = 1,8 \text{ кВт.}$$

Умови обробки по потужності виконуються.

7. Основний (маршрутний) час, складає:

$$T = f_{p,x} \cdot i / n \cdot S = 26 \cdot 1 / 600 \cdot 0,8 = 0,055 \text{ (хв.)}$$

для двох отворів $t_{\text{таб}} = 0,055 \cdot 2 = 0,11 \text{ (хв.)}$

Розвернути 2 отвора $\varnothing 11$

Ріжучий інструмент: Розвертка ГОСТ 1672-62; $D = 11 \text{ мм}$, $L = 150 \text{ мм}$,
 $l = 17 \text{ мм}$.

1. Глибина різання складає:

$$t = (D - d) / 2 = (11 - 10,5) / 2 = 0,25 \text{ (мм).}$$

2. Назначаємо подачу для $HB < 190$, матеріал СЧ15

I – група подач: $S_0 = 2,4 \text{ мм/об.}$

Глибина свердління: $l/d = 20/11 < 3$ $K_1 = 1,0$

$$S_0 = S_{\text{таб}} \cdot K_{1s} = 2,4 \cdot 1,0 = 2,4 \text{ (мм/об.)}$$

Корегуючи по паспорту верстата, приймаємо $S_0 = 2,4 \text{ мм/об.}$

3. Назначаємо період стійкості свердла. В наладці 1 інструментів, $T = 20$
 хв.

Допустимий знос: $h_3 = 0,3 - 0,45 \text{ мм}$.

4. Визначаємо швидкість різання, допустиму ріжучими властивостями
 інструмента, $V_{\text{таб}} = 17 \text{ м/хв.}$, $K_{lv} = 1$.

$$V = V_{\text{таб}} \cdot K_{lv} = 17 \cdot 1 = 17 \text{ (м/хв.)}$$

5. Частота обертання складає:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 17}{3,14 \cdot 11} = 492 \text{ (об/хв.)}$$

Згідно паспортних даних приймаємо $n = 500$ об/хв.

Дійсна швидкість різання складає:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 11 \cdot 500}{1000} = 17,2 \text{ (м/хв.)}$$

6. Визначаємо потужність різання при заданих режимах різання,
 $N_{\text{таб}} = 1,6$ кВт.

Ефективна потужність на шпинделі верстата складає

$$N_{\text{в}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,8 = 4,4 \text{ (кВт);}$$

$$N_{\text{в}} = 4,4 \text{ кВт} > N_{\text{таб}} = 1,6 \text{ кВт.}$$

Умови обробки по потужності виконуються.

7. Основний (маршрутний) час, складає:

$$T = \frac{L_{\text{р.х}} \cdot i}{n \cdot S} = \frac{26 \cdot 1}{500 \cdot 2,4} = 0,022 \text{ (хв.)}$$

для двох отворів $t_{\text{аб}} = 0,022 \cdot 2 = 0,044$ (хв.)

Аналогічно визначимо режими різання для інших операцій.

Дані розрахунків зводимо до таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 – Режими різання

Операції та переходи	Розрахункові розміри, мм		При- пуск t , мм	Режими різання		
	D/B	L		S , мм/об	V , м/хв	n , об/хв
1	2	3	4	5	6	7
005 Вертикально-фрезерна з ЧПК						
2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо.	32	170	4,3	0,2	77,7	550
3. Фрезерувати поверхню 1 остаточно.	32	170	1,5	0,1	77,7	850
4. Центрувати 2 отв. 2.	ø5	6	1,5	0,4	9,42	600
5. Свердлити 2 отв. 2.	ø9	20	4,5	0,4	16,9	600
6. Зенкерувати 2 отв. 2.	ø10,5	20	0,75	0,8	19,7	600
7. Розвернути 2 отв. 2.	ø11	20	0,25	2,4	17,2	500
010 Токарно-револьверна з ЧПК						
2. Точити торець 1 попередньо.	ø102	102	3,5	0,4	256	800
3. Точити торець 1 остаточно.	ø102	102	1,0	0,15	307	960
4. Розточити фаску 2 однократно, отвір 3, торець 4 попередньо, отвір 5, торець 6 однократно, отвір 7 попередньо.	1×45°	1	1,0	0,5	37	400
	ø62	20	1,2	0,5	77	400
	ø36	11	1,5	0,5	45	400
5. Розточити отвір 3 попередньо, торець 4 остаточно, отвір 7 попередньо.	ø62	20	0,2	0,25	123	630
	ø36	11	1,0	0,25	71	630
6. Розточити канавку 8 однократно.	ø48	5,5	6	0,35	47	315
7. Розточити отвір 3 попередньо, отвір 7 остаточно.	ø62	20	0,06	0,15	153	800
8. Розточити отвір 3 остаточно.	ø62	20	0,02	0,1	187	960
9. Переустановити заготовку.	-	-	-	-	-	-
10. Точити торець 9 однократно.	ø55	55	3,5	0,4	138	800
015 Вертикально-фрезерна з ЧПК						
2. Фрезерувати поверхні бобишок 1, 2 однократно.	24	80	3,5	0,2	110	1250
3. Центрувати 3 отв. 3.	ø5	5	2,5	0,36	14	900
4. Свердлити 3 отв. 3.	ø7	30	3,2	0,36	18	900
5. Нарізати різь в 3 отв. 3.	M8	30	0,8	0,06	16	640

2.3.7 Визначення технічних норм часу [1, 16]

Операція 005 Вертикально-фрезерна з ЧПК.

Модель верстата: ЛТ260МФ3.

Пристосування – спеціальне поворотне.

Маса заготовки $m_3 = 2,42$ кг.Основний час $t_0 = 1,294$ хв.

В серійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу $T_{шт-к}$:

$$T_{\text{мв-к}} = \frac{T_{\text{п-з}}}{n} + T_o + T_d + T_{\text{обс, відв}} \quad [\text{хв.}], \quad (2.23)$$

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

n – кількість деталей в партії настройки, шт.;

T_o – основний час, хв.;

T_d – допоміжний час, хв.;

$T_{\text{обс, відв}}$ – час обслуговування та відпочинку, хв.

Основний час визначається на основі прийнятих режимів різання.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} \quad [\text{хв.}], \quad (2.24)$$

де L – довжина робочого ходу супорта;

i – число перебігу;

S – подача;

n – частота обертання.

Основний час на виконання переходів.

Перехід 2. Фрезерувати поверхню 1 поперечно

$$T_{o2} = \frac{210 \cdot 1}{0,2 \cdot 550} = 1,91 \quad (\text{хв.})$$

Перехід 3. Фрезерувати поверхню 1 остаточно

$$T_{o3} = \frac{210 \cdot 1}{0,1 \cdot 850} = 2,47 \quad (\text{хв.})$$

Перехід 4. Центрувати 2 отв. 2

$$T_{o4} = 2 \cdot \frac{26 \cdot 1}{0,4 \cdot 600} = 0,22 \text{ (хв.)}$$

Перехід 5. Свердлити 2 отв. 2

$$T_{o5} = 2 \cdot \frac{8 \cdot 1}{0,4 \cdot 600} = 0,03 \text{ (хв.)}$$

Перехід 6. Зенкерувати 2 отв. 2

$$T_{o5} = 2 \cdot \frac{26 \cdot 1}{0,8 \cdot 600} = 0,11 \text{ (хв.)}$$

Перехід 7. Розвернути 2 отв. 2

$$T_{o5} = 2 \cdot \frac{26 \cdot 1}{2,4 \cdot 500} = 0,044 \text{ (хв.)}$$

Основний час

$$\Sigma T_{o05} = 1,91 + 2,47 + 0,22 + 0,03 + 0,11 + 0,044 = 4,78 \text{ (хв.)}$$

Допоміжний час

$$T_{д} = t_{уст.} + t_{закр.} + t_{упр.} \text{ [хв.]}, \quad (2.25)$$

де $t_{уст.} = 0,07$ хв. – час установлення, закріплення, розкріплення, зняття деталі;

$t_{закр.} = 0,024$ хв. – час закріплення, відкріплення заготовки;

$t_{упр.}$ – час на управління верстатом – включення, виключення верстата;

підведення, відведення інструменту; заміну інструменту;

$$t_{\text{упр.}} = t_{\text{скл. - скл.}} + t_{\text{відв. - відв.}} + t_{\text{зам. інструм.}} = 2 \cdot 0,01 + 4 \cdot 0,04 + 4 \cdot 0,01 + 6 \cdot 0,015 = 0,31 \text{ (хв.)}$$

Тоді

$$T_{\text{д}} = 0,07 + 0,024 + 0,31 = 0,4 \text{ (хв.)}$$

Оперативний час

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{о}} + T_{\text{д}} \text{ [хв.]}, \quad (2.26)$$

$$T_{\text{оп}} = 4,78 + 0,4 = 5,18 \text{ (хв.)}$$

Час на обслуговування та відпочинок $T_{\text{обс. відп.}}$ складає 7% від $T_{\text{оп}}$

$$T_{\text{обс. відп.}} = 0,07 \cdot T_{\text{оп}} = 0,07 \cdot 5,18 = 0,36 \text{ (хв.)}$$

Підготовчо-заклучний час

$$T_{\text{п-з}} = T_{\text{п-з1}} + T_{\text{п-з2}} = 16 + 10 = 26 \text{ (хв.)},$$

де $T_{\text{п-з1}} = 17$ хв. – підготовчо-заклучний час на налагодження інструменту, пристосування;

$T_{\text{п-з2}} = 17$ хв. – підготовчо-заклучний час на одержання інструменту, документації, пристосування.

Таким чином

$$T_{\text{опт. - к}} = 34/533 + 4,78 + 0,4 + 0,36 = 5,6 \text{ (хв.)}$$

Аналогічно виконуються розрахунки по решті операцій. Результати

розрахунків представлені в таблиці 2.21.

Таблиця 2.21 – Технічні норми часу по операціях, хв.

№ і назва операції	Основний час T_o , хв.	Коефіцієнт φ_k	Штучно- калькуляційний час $T_{шт-к}$, хв.
005 Вертикально- свердлильна з ЧПК	4,78	1,2 (фактичний) 1,4 (табличний)	5,6
010 Токарно- револьверна з ЧПК	1,29	1,3	1,68
015 Вертикально- свердлильна з ЧПК	0,774	1,4	1,08

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 72М-08-005»

3.1 Розрахунок приведеної програми

Приведена програма визначається за формулою [2, 17]:

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

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

Коефіцієнт приведення

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

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

Коефіцієнт приведення по масі

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

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

Коефіцієнт приведення по програмі випуску

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

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

Коефіцієнт приведення по складності

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

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

Таблиця 3.1 – Дані для розрахунку приведеної програми

Деталі	Маса, кг	Програма, шт.	Параметри IT / Ra								
			6	7	8	9	10	11	12	13	14
Корпус підшипника 72М-08-005 (розрахунковий представник)	1,5	7000	-	1	-	3	-	-	5	1	8
			0,63	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	1	-	7	4	6	-	-
			6	7	8	9	10	11	12	13	14
Корпус підшипника 420.008-01	3,51	7500	-	1	-	3	-	-	3	-	23
			0,63	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	1	-	4	14	11	-	-
			6	7	8	9	10	11	12	13	14
Корпус підшипника 420.002-01	7,5	750	-	2	2	4	2	-	2	-	26
			0,63	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	2	2	6	2	26	-	-
			6	7	8	9	10	11	12	13	14
Корпус підшипника 420.003-01	1,5	75000	1	-	3	-	4	-	4	-	18
			0,63	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			1	-	-	3	4	4	18	-	-
			6	7	8	9	10	11	12	13	14

- Для деталі «Корпус підшипника 420.008-01».

Коефіцієнт приведення по масі

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{3,51}{1,5}\right)^2} = 1,75 .$$

Коефіцієнт приведення по програмі випуску

$$K_2 = \left(\frac{7500}{7000}\right)^{0,15} = 0,984 .$$

Середня шорсткість розрахункового представника

$$\overline{R}_{a \text{ р.пр.}} = \frac{1,6 \cdot 1 + 3,2 \cdot 7 + 6,3 \cdot 4 + 12,5 \cdot 6}{18} = 6,9 \text{ (мкм)}.$$

Середня точність розрахункового представника

$$\overline{T}_{\text{р.пр.}} = \frac{7 \cdot 1 + 9 \cdot 3 + 12 \cdot 5 + 13 \cdot 1 + 14 \cdot 8}{18} = 12,17 .$$

Середня шорсткість розглядуваної деталі

$$\overline{R}_{a \text{ р.пр.}} = \frac{1,6 \cdot 1 + 3,2 \cdot 4 + 6,3 \cdot 14 + 12,5 \cdot 11}{30} = 8,0 \text{ (мкм)}.$$

Середня точність розглядуваної деталі

$$\overline{T}_{\text{р.пр.}} = \frac{7 \cdot 1 + 9 \cdot 3 + 12 \cdot 3 + 14 \cdot 23}{30} = 13,07 .$$

Коефіцієнт приведення по складності

$$K_3 = \frac{(8,0)^{\alpha_1}}{(6,9)^{\alpha_1}} \cdot \frac{(13,07)^{\alpha_2}}{(12,17)^{\alpha_2}} = \frac{0,998}{0,98} \cdot \frac{0,8}{0,898} = 0,907 \text{ .}$$

Коефіцієнт приведення

$$K_{np} = 1,75 \cdot 0,984 \cdot 0,907 = 1,56 \text{ .}$$

- Для деталі «Корпус підшипника 420.002-01».

Коефіцієнт приведення по масі

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{7,5}{1,5}\right)^2} = 2,93 \text{ .}$$

Коефіцієнт приведення по програмі випуску

$$K_2 = \left(\frac{7000}{750}\right)^{0,15} = 0,99 \text{ .}$$

Середня шорсткість розглядуваної деталі

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

Середня точність розглядуваної деталі

$$\overline{T_2} = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 2 + 9 \cdot 4 + 10 \cdot 2 + 12 \cdot 2 + 14 \cdot 26}{38} = 12,47 \text{ .}$$

Коефіцієнт приведення по складності

$$K_3 = \frac{(9,6)^{\alpha_1}}{(6,9)^{\alpha_1}} \cdot \frac{(12,47)^{\alpha_2}}{(12,17)^{\alpha_2}} = \frac{0,97}{0,98} \cdot \frac{0,847}{0,898} = 0,93 .$$

Коефіцієнт приведення

$$K_{np} = 2,93 \cdot 0,99 \cdot 0,93 = 2,71 .$$

- Для деталі «Корпус підшипника 420.003-01».

Коефіцієнт приведення по масі

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

Коефіцієнт приведення по програмі випуску

$$K_2 = \left(\frac{7000}{75000}\right)^{0,15} = 0,697 .$$

Середня шорсткість розглядуваної деталі

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

Середня точність розглядуваної деталі

$$\overline{T_3} = \frac{6 \cdot 1 + 8 \cdot 3 + 10 \cdot 4 + 12 \cdot 4 + 14 \cdot 18}{30} = 12,13 .$$

Коефіцієнт приведення по складності

$$K_s = \frac{(9,04)^{\alpha_1}}{(6,9)^{\alpha_1}} \cdot \frac{(12,13)^{\alpha_2}}{(12,71)^{\alpha_2}} = \frac{0,94}{0,98} \cdot \frac{0,89}{0,898} = 0,95 .$$

Коефіцієнт приведення

$$K_{np} = 1,0 \cdot 0,697 \cdot 0,95 = 0,66 .$$

Отже, приведена програма

$$N_{прив} = 7000 + 7500 \cdot 1,56 + 750 \cdot 2,71 + 75000 \cdot 0,66 = 88525 \quad (\text{шт.})$$

Таблиця 3.2 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт.	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма, шт.
			по масі	по серійності	по складності	загальний	на річний випуск
Корпус підшипника 72М-08-005	7000	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	7000
Корпус підшипника 420.008-01	7500	1,35	1,75	0,984	0,907	1,56	11700
Корпус підшипника 420.002-01	750	7,5	2,93	0,99	0,93	2,71	20325
Корпус підшипника 420.003-01	75000	1,5	1,0	0,697	0,95	0,66	49500

Σ88525 шт.

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

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

3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

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

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

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

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

$$\text{операція 005} \quad C_{p005} = \frac{5,6 \cdot 7000}{60 \cdot 3890} = 0,22 ;$$

$$\text{операція 010} \quad C_{p010} = \frac{1,68 \cdot 7000}{60 \cdot 3890} = 0,07 ;$$

$$\text{операція 015} \quad C_{p015} = \frac{1,4 \cdot 7000}{60 \cdot 3890} = 0,06 .$$

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

$$\text{операція 005} \quad C_{p005} = \frac{5,6 \cdot 88525}{60 \cdot 3890} = 2,12 ; \quad C_{\text{пр } 005} = 3;$$

$$\text{операція 010} \quad C_{p010} = \frac{1,68 \cdot 88525}{60 \cdot 3890} = 0,64 ; \quad C_{\text{пр } 010} = 1;$$

операція 015 $C_{p\ 015} = \frac{1,4 \cdot 88525}{60 \cdot 3890} = 0,53$; $C_{np\ 015} = 1$.

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

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

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

Операція 005: $\eta_{z\ 005} = \frac{2,12}{3} = 0,71$.

Операція 010: $\eta_{z\ 010} = \frac{0,64}{1} = 0,64$.

Операція 015: $\eta_{z\ 015} = \frac{0,53}{1} = 0,53$.

Середній коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{z\text{ср}} = \frac{0,71 + 0,64 + 0,53}{3} = 0,63$$
 .

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

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

Операція 005: $\eta_{o\ 005} = \frac{4,78}{5,6} = 0,85$.

Операція 010: $\eta_{010} = \frac{1,29}{1,68} = 0,77 \text{ .}$

Операція 015: $\eta_{015} = \frac{0,774}{1,4} = 0,55 \text{ .}$

Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом:

$$\eta_{\text{ср}} = \frac{0,85 + 0,77 + 0,55}{3} = 0,72 \text{ .}$$

3.3 Побудова графіків завантаження обладнання

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

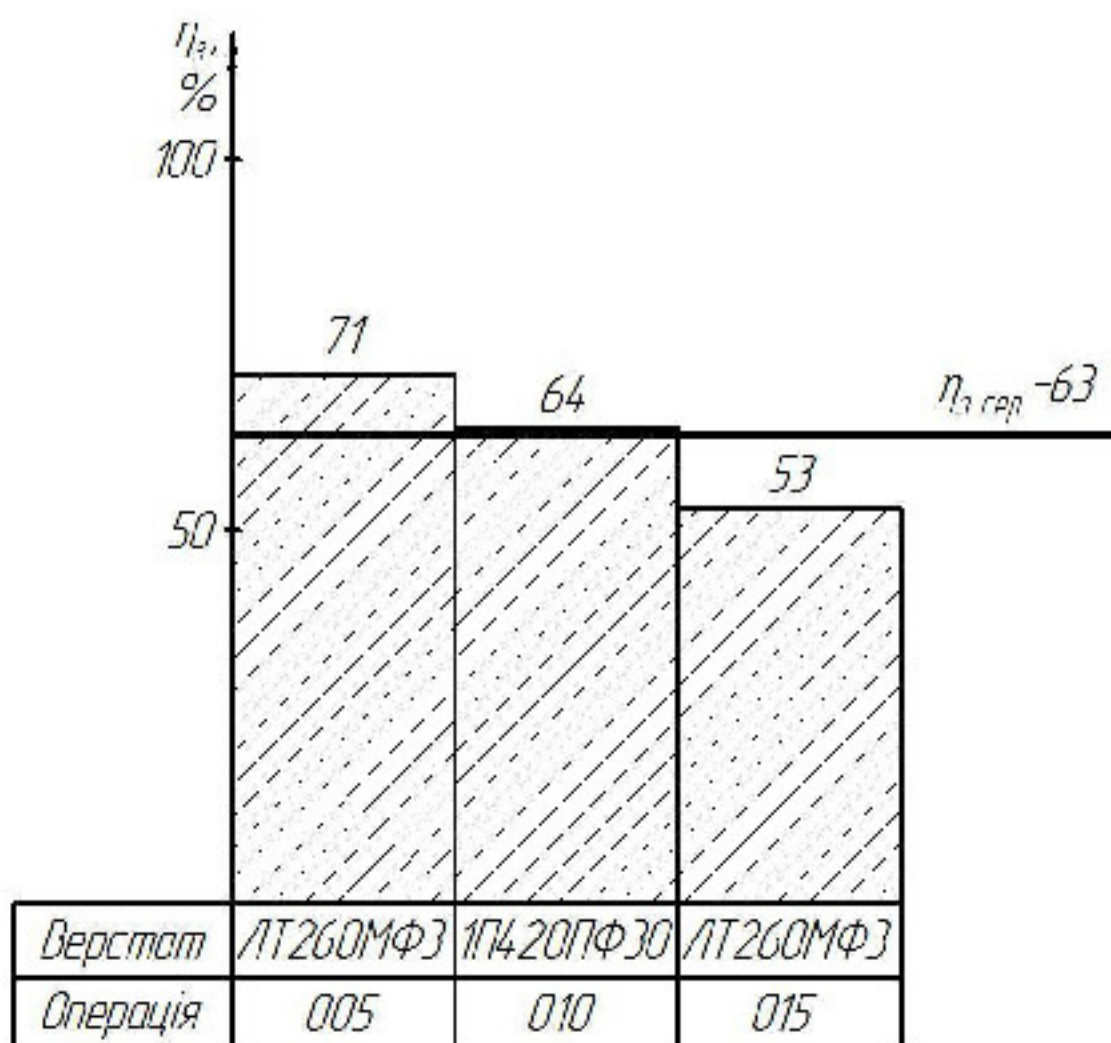


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

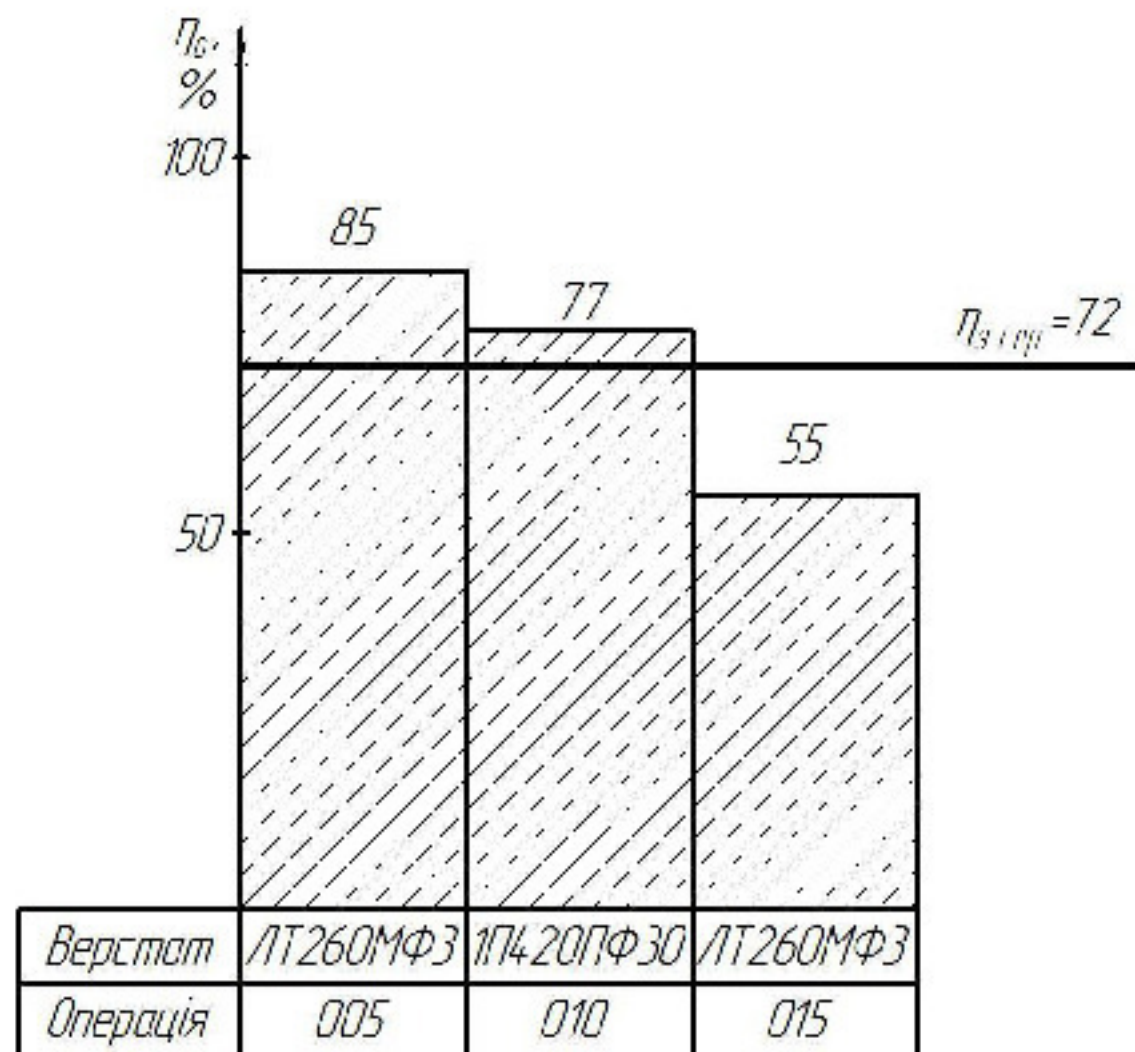


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

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

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

3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці

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

$$P_i = \frac{\Phi_o \cdot C_{np} \cdot \eta_z \cdot \eta_o}{\Phi_n \cdot K_n}, \quad (3.9)$$

де C_{np} – прийнята кількість верстатів, шт.;

Φ_e – ефективний річний фонд роботи верстатника, $\Phi_e = 1840$ год.;

Φ_o – ефективний фонд роботи верстата, $\Phi_o = 3890$ год.;

K_n – коефіцієнт багатоверстатного обслуговування, $K_n = 1,0 \dots 2,2$;

η_z, η_o – коефіцієнти завантаження.

$$P_{005} = \frac{3 \cdot 3890 \cdot 0,71 \cdot 0,85}{1840 \cdot 1} = 3,83 ; \quad P_{np\ 005} = 4;$$

$$P_{010} = \frac{2 \cdot 3890 \cdot 0,64 \cdot 0,77}{1840 \cdot 1} = 1,04 ; \quad P_{np\ 010} = 1;$$

$$P_{015} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,53 \cdot 0,55}{1840 \cdot 1} = 0,62 ; \quad P_{np\ 015} = 1.$$

Кількість основних робітників складає 6 чоловік. На операції 010 можливе довантаження основного робітника обробкою інших деталей, так як він не в повній мірі завантажений роботою.

Кількість допоміжних робітників складає 20-25% від кількості верстатників, відповідно:

$$P_{доп} = (0,2 \dots 0,25) \cdot 6 = 1,2 \dots 1,5.$$

Приймаємо 2 допоміжних робітника.

Кількість ІТР:

$$P_{ИТР} = (0,16 \dots 0,22) \cdot 5 = 0,8 \dots 1,1.$$

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

Кількість службовців:

$$P_{СКП} = (0,009...0,019) \cdot 6 = 0,054...0,11.$$

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

Кількість МОП

$$P_{МОП} = (0,01...0,02) \cdot 10 = 0,1...0,2.$$

Приймаємо 1 чоловіка (з обслуговуванням інших ділянок).

Отримані дані занесемо до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Відомість складу працюючих ділянки

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники	розрахунок	5,49	6
Допоміжні робітники	20...25%	1,2...1,5	2
ІТР	16...22%	0,8...1,1	1
СКП	0,9...1,9%	0,054...0,11	1
МОП	1-2%	0,1...0,2	1

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз умов праці

При виконанні робіт під час технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 72М-08-005», що відбувається на ділянці в механічному цеху виникають небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- фізичні: рухомі машини та механізми; розлиті на підлогу рідини; підвищена температура поверхонь агрегатів; гострі кромки та шорсткість поверхні; підвищена запиленість; загазованість повітря; мікроклімат, який не відповідає нормативам; недостатня освітленість; підвищений рівень шуму і вібрації в приміщенні; ультрафіолетове випромінювання при проведенні короткочасного підварювання безпосередньо на робочих постах; враження електричним струмом;
- хімічні: відпрацьовані гази та розчинники;
- психо-фізіологічні: монотонність праці.

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

В зоні виробництва технологічне обладнання, пристосування підлягають технологічному періодичному огляду. Особи, що працюють віком старше 18 років, які пройшли спеціальне навчання та інструктажі з ТБ та ПБ.

Залежно від кількості змін робочі місця можуть бути однозмінними, багатозмінними.

Якщо на робочих місцях безпосередньо здійснюється діяльність, спрямована на досягнення мети діяльності підприємства, вони належать до основних, у протилежному разі – до допоміжних.

За характером трудової діяльності розрізняють місця робітників і службовців. Крім цього, робочі місця можуть належати до найрізноманітніших сфер діяльності: виробництва, управління, постачання, збуту, наукових

досліджень тощо.

Незважаючи на різноманіття їх, вони всі мають бути відповідним чином організовані. Менеджеру необхідно добре знати. Що таке робоче місце, які його складові, яким чином його організувати як для себе самого, так і для підлеглих. Робоче місце – це така структура, в якій поєднуються в єдине ціле формальні елементи організації та особисті, людські риси працівника, утворюючи систему "людина – робота".

Загалом роботу характеризують конкретні завдання, обов'язки працівника і відповідна сфера його відповідальності. Для здійснення всіх визначених при цьому операцій працівнику необхідні відповідні знання, навички, здібності. Розглянемо проблему знань, навичок і здібностей з погляду організації робочого місця на підприємстві.

Електробезпека.

Приміщення дільниці відноситься до приміщень з особливою небезпекою.

Характеризується: наявністю струмопровідної підлоги, можливість одночасного дотику працівника до металевих конструкцій приміщення, які мають з'єднання із землею та із металевими корпусами обладнання.

Для захисту працівника від ураження електричним струмом передбачаємо:

- занулення всіх неструмоведучих частин обладнання;
- встановлення захисного вимикання;
- ізоляція та прокладка всіх електрокабелів в металевих трубах;
- використання інструментів з ручками із ізолюючого матеріалу.

Для колективного захисту від дії електричного струму напругою 280/220 В передбачено занулення (захисне заземлення), ізоляція та недоступність струмонесучих частин.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Дана зона виробництва відноситься до категорії робіт – Пб відповідно до

вимог [18]. В зоні виробництва на машинах з гідроімпульсним приводом оптимальні та допустимі значення параметрів мікроклімату наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Значення параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість		Швидкість повітря	
		діюча	допусти ма	діюча	допусти ма	діюча	допусти ма
холодний	II б	15-20	15-21	55-65	<75	0,2-0,4	<0,4
теплий	II б	15-20	15-21	60-75	<75	0,2-0,4	0.2-0.5

Теплове опромінення не перевищує нормативне 100 Вт/м² – при опроміненні не більше 25% поверхні тіла людини.

Максимальна допустима для роботи температура поверхонь $\leq 45^{\circ}\text{C}$.

Вентиляція зони приточно-витяжна з механічним та природним сполуканням. Система вентиляції дозволяє підтримувати концентрацію шкідливих речовин в межах, які не перевищують гранично-допустимі [19].

Система опалення виконується з умов забезпечення температури повітря в приміщенні в холодний і перехідні періоди року на рівні $+16^{\circ}\text{C}$.

Опалення централізоване, в якості теплоносія – гаряча вода з температурою $+80\dots+95^{\circ}\text{C}$. Джерелом теплопостачання є ТЕС. Опалення здійснюється трубами $d = 100$ мм, система опалення – двухтрубна з верхньою розводною, тупікова.

4.2.2 Виробниче освітлення

В приміщенні зони є природне та штучне освітлення.

Нормативне значення штучного освітлення $E = 200$ лк (для загального освітлення) згідно з [20]. Згідно норм і правил роботи по виготовленню пристроїв в механічному цеху відносяться до IV розряду зорових робіт і нормативні значення приведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Значення кількісних показників освітлення

Характер зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення	Характеристика фону	Штучне освітлення	Періодне освітлення
					Лк	КПО, %
						Бічне
Середня робота	0,5-1	IVб	Великий	Світлий	500	1,5

Штучне освітлення проводиться світильниками з лампами розжарення. Вони забезпечують усунення сліпучої дії джерела світла. Освітленість проходів в виробничому приміщенні повинна складати – 75 Лк. Світильники місцевого освітлення живляться від мережі напругою 36 В, загального 220 В. Всі світильники повинні мати заземлення і бути герметичними по ступені захисту IP65. Отже вибираємо лампи ЛБ 20-4 з потужністю 20 Вт і світловим потоком $\Phi = 1180$ тривалістю горіння $10 \cdot 10^3$ годин.

4.2.3 Виробничий шум

В робочій зоні має місце широкополосний шум, що виходить від роботи обладнання. Для широкополосного шуму встановлені допустимі рівні звукового тиску в активних полосах частот, рівні звукового тиску на робочих наведені в таблиці 4.3 [21]. Для ослаблення шуму, який поширюється з приміщення назовні, використаємо звукоізоляцію огорожуючих конструкцій.

Таблиця 4.3 – Допустимі рівні шуму на робочих місцях

Рівні звукового тиску в дБ в активних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звуку ДБ/А	
									нормат.	діючий
31,5	62	125	250	500	103	2 103	4103	8 103	80	70 А
107	90	87	82	78	75	73	71	69		

Працівник підпадає під дію шкідливих вібрацій не всю зміну, а тільки коли працюють обладнання та інструмент. В середньому загальній технологічній

вібрації підлягає на протязі 150 хв, а локальний – 100 хв.

4.2.4 Виробничі вібрації

Від роботи інструменту, систем вентиляції та іншого виробничого обладнання на працюючих може виникати вібрація. Вібрація характеризується такими показниками як віброшвидкість, віброприскорення, рівень віброшвидкості, рівень віброприскорення [22].

Вібрації знижуються при використанні амортизаторів, змащувальних матеріалів та реактивних гасників пульсації. Особливе значення в боротьбі з вібрацією мають фундаменти виробничих будівель, а також фундаменти під устаткуванням. На робітників може діяти локальна і загальна вібрація. Локальна передається через руки, загальна через підшви ніг.

Таблиця 4.4 – Нормативні рівні звукового тиску на ділянці

Робочі місця	Рівні звукового тиску в дБ у октавних смугах із середньгеометричними частинами Гц									Еквівалентний рівень звуку дБ(А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виконання всіх видів робіт на постійних місцях у виробничих заходах	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Загальна вібрація категорії “а”, критерій оцінки – границя зниження продуктивності. Норми вібрацій приведено в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Норми вібрацій

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дій	Нормативні коректовані по частоті та еквівалентні значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			$a_H \text{ м/с}^2$	$L_{aH} \text{ дБ}$	$V_H \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$	$L_{vH} \text{ дБ}$
Локальн		X_n, Y_n, Z_n	2,0	125	2,0	112
Загальна	3 типа		0,1	100	0,2	90

Для зниження вібрації використовуємо спеціальні звукопоглинаючі кожухи і конструкції коло робочого місця, заключаємо у звукопоглинаючі кожухи шумні вузли агрегатів(редуктора. цепні передачі).

Для зменшення вібрації машини і верстати встановлюють на фундаменті, заглибленому нижче фундамента стін, ізолюваному від землі повітряними розривами, чи на спеціальних амортизаторах із сталевих пружин.

Для зниження вібрації при роботі з пневматичними і електричними машинами використовуємо рукоятки з вібропоглинаючими чи автоматизуючими пристроями.

В приміщенні зони є медична настінна аптечка з необхідною кількістю ліків, бинтів, вати та жгута. Робітники отримують: бавовняний комбінезон, рукавиці, черевики, засоби індивідуального захисту та миючі аптечні засоби.

4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки

Приміщення механічної дільниці відноситься до категорії В [26]. Будівельні конструкції та елементи приміщення виготовлені з негорючих матеріалів і мають II ступінь вогнестійкості.

Основні причини можливих пожеж:

- відкритий вогонь та іскри, коли не передбачено спец. засобів захисту;
- паління на робочих місцях;
- самозапалення промасляних обтирочних матеріалів;
- короткі замикання в електромережах;
- негерметичність систем живлення автомобілів;
- короткі замикання акумуляторних батарей;
- загоряння бензину при відкритих пробках бензобаку;
- порушення правил ПБ;
- розряди блискавки на приміщення.

Запобігання виникнення пожежі досягається наступними шляхами:

- запобігання заборони застосування відкритого вогню та паління на робочих місцях;
- встановлення в електромережах струмового захисту (плавкі вставки, автомати);
- прокладенням електропроводки в металевих трубах;
- ремонтом систем живлення двигунів у відповідних місцях;
- відключенням або зняттям з авто акумуляторної батареї;
- виконанням правил ПБ;
- спорожненням ящиків від промасляного ганчір'я кожної зміни;
- встановленням на території блискавкозахисту II категорії.

У приміщенні передбачено такі первинні засоби пожежогасіння:

- вогнегасники хімічні пінні ОХП-10 2;
- вогнегасники порошкові ОП-5 2;
- ящики з піском (0,5 м³) і лопатою 2;
- пожежні крани, продуктивність 3,3 л/с 1.

На території підприємства витримуються протипожежні розриви між будівлями, спорудами та групами автомобілів в зоні їх зберігання.

Для пожежогасіння на території підприємства передбачені пожежні гідранти, продуктивністю 15 л/с і пожежні резервуари.

ВИСНОВКИ

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

В роботі спроектовано технологічний процес механічної обробки деталі типу «Корпус підшипника 72М-08-005». При цьому згідно заданої програми випуску розрахункового представника визначено тип та форму організації виробництва, виконано аналіз технологічності конструкції деталі, розглянуті можливі методи та способи виготовлення заготовки та вибрано оптимальний на основі техніко-економічних розрахунків, вибрані методи обробки поверхонь деталі, чорнові та чистові бази для виконання операцій механічної обробки, проведено розмірний аналіз технологічного процесу, розраховані припуски (аналітичним способом) на обробку отвору, режими різання, норми часу.

Для визначення необхідної кількості верстатів для виконання механічної обробки та забезпечення їх нормального завантаження підібрані аналогічні (за технологією обробки) деталі та розраховано приведену програму. Встановлено кількість працюючих, які забезпечать роботу верстатів на дільниці механічної обробки деталі типу «Корпус підшипника 72М-08-005».

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

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Савуляк В. В., Сердюк О. В. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2015. 148 с.
2. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Пурдик В. П. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2013. 123 с.
3. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Сухоруков С. І. Основи технології машинобудування. Частина 2: Самостійна та індивідуальна робота студентів. Вінниця : ВНТУ, 2021. 90 с.
4. Дерібо О. В., Лозінський Д. О., Сердюк О. В. Технології для верстатів з числовим програмним керуванням: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання. Вінниця : ВНТУ, 2023. – 116 с. Електронний ресурс : https://iq.vntu.edu.ua/method/getfile.php?fname=5927.pdf&card_id=1949&id=5927.
5. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. К. : Вища школа, 1993. 414 с.
6. Рудь В. Д. Курсове проектування з технології машинобудування. К. : ІСДО, 1996. 300 с.
7. 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.
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. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів : Світоч, 1996. 348 с.

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

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

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

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

15. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

16. Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. Під заг. ред. В. А. Кириловича. – Житомир : ЖІТІ, 2001. – 600 с.

17. Джур Є. О., Бондаренко О. В. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина: навч. посіб. Д. : «Інновація», 2011. 109 с.

18. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/vie>.

19. ДБНВ.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013.

20. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL : http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885.

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

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

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

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

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

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

ДОДАТКИ

Додаток А (обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу
«Корпус підшипника 72М-08-005»

Тип роботи: БДР
(БДР, МКР)

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

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 91,4 Схожість 8,6

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☐ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

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

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

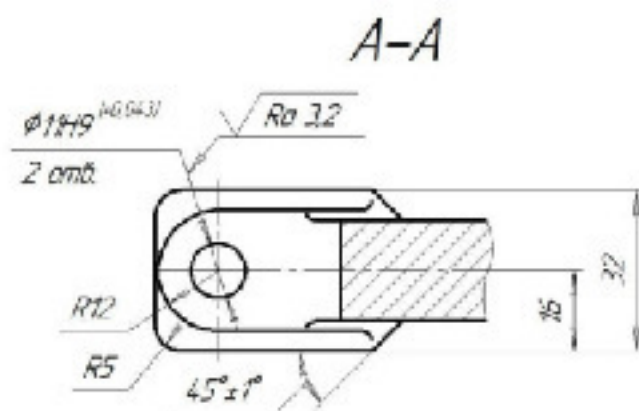
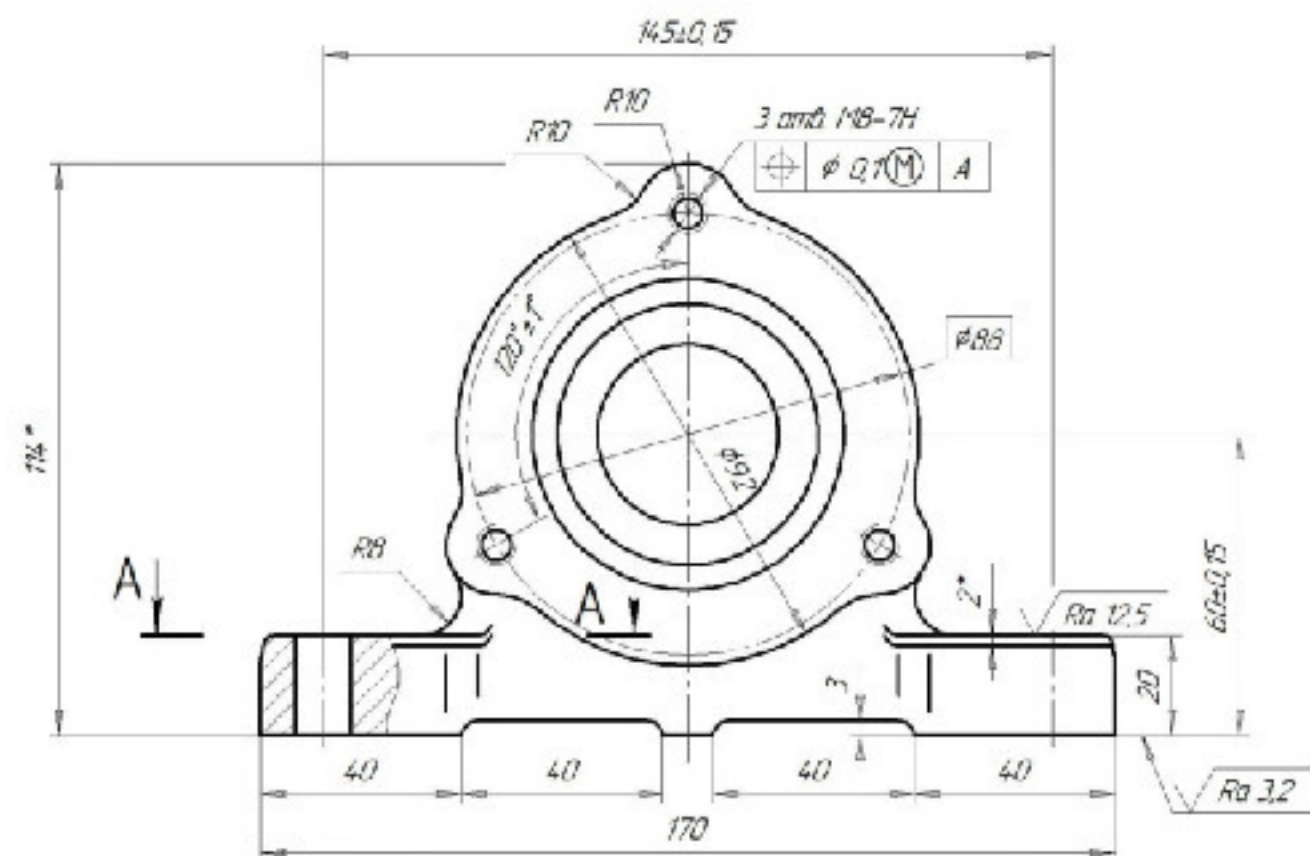
Автор роботи (підпис) Тихонов Н. О.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи (підпис) Буренніков Ю. А.
(прізвище, ініціали)

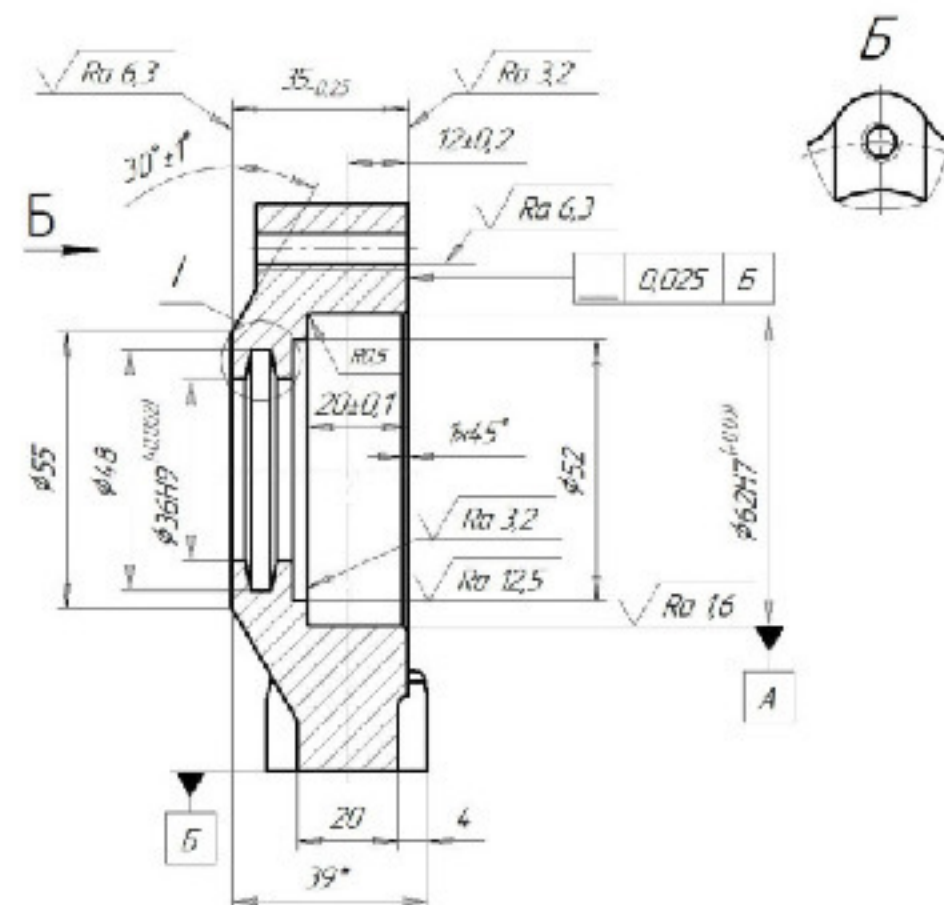
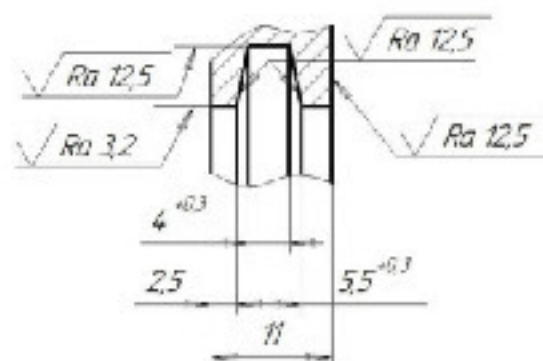
Додаток Б
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 72М-08-005»



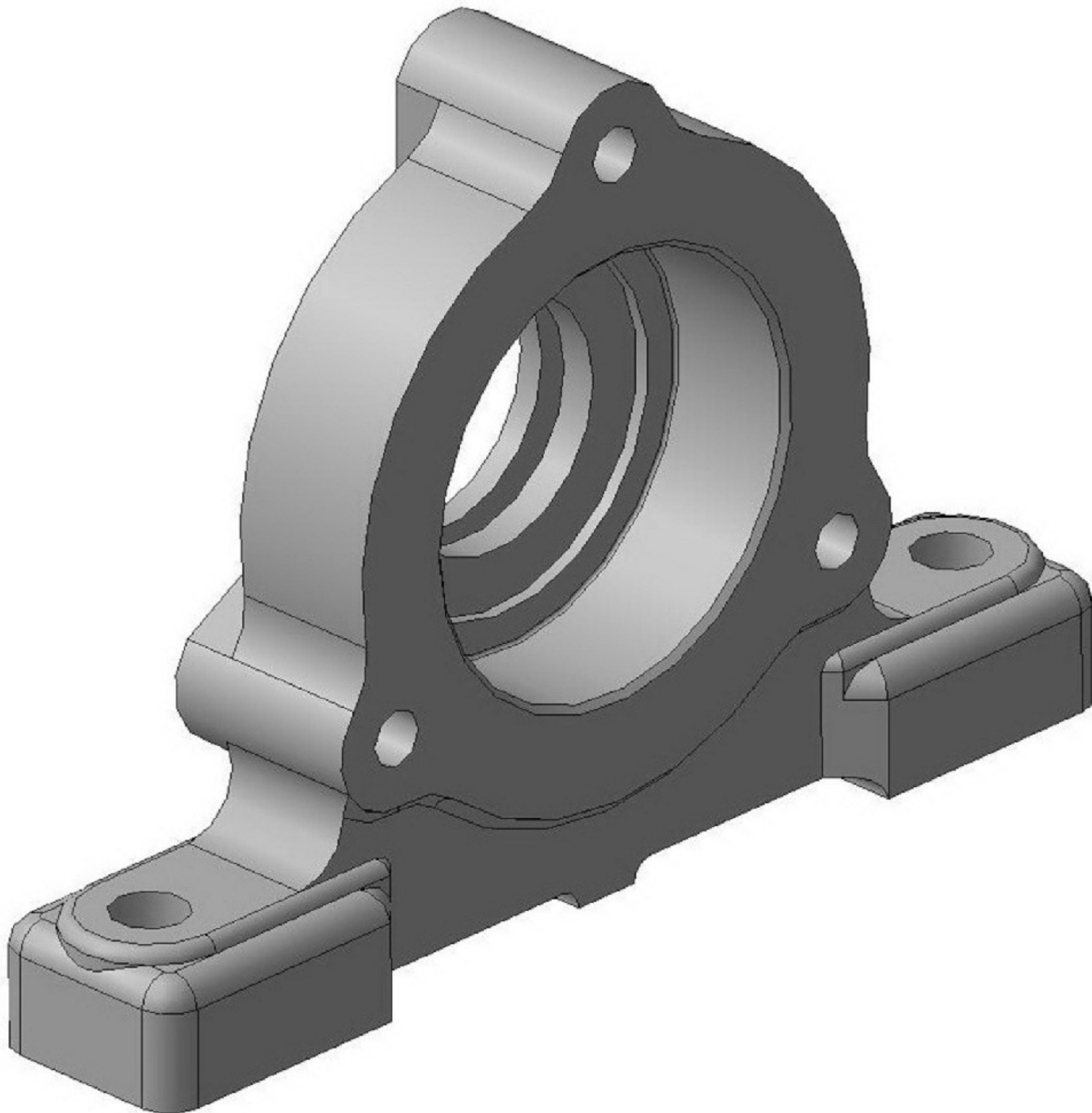
1:2



1. Невказані лицьові радіуси 3.5 мм.
2. Невказані лицьові нахили 0°26'.
3. Невказані шліфувальні відхилення 1/14, H14, ±IT14/2.
4. * Розміри для довідок.

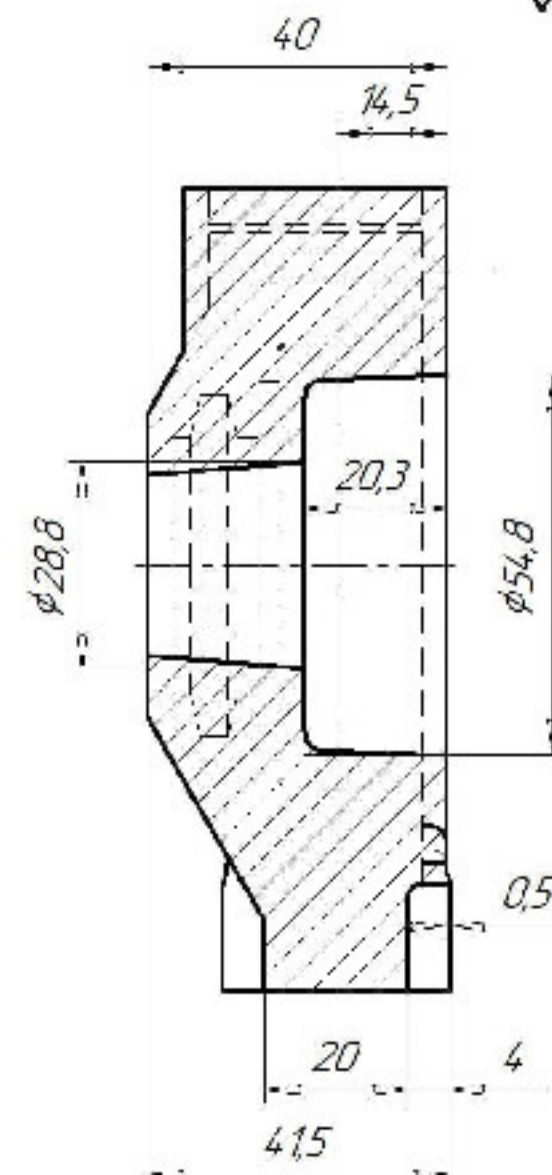
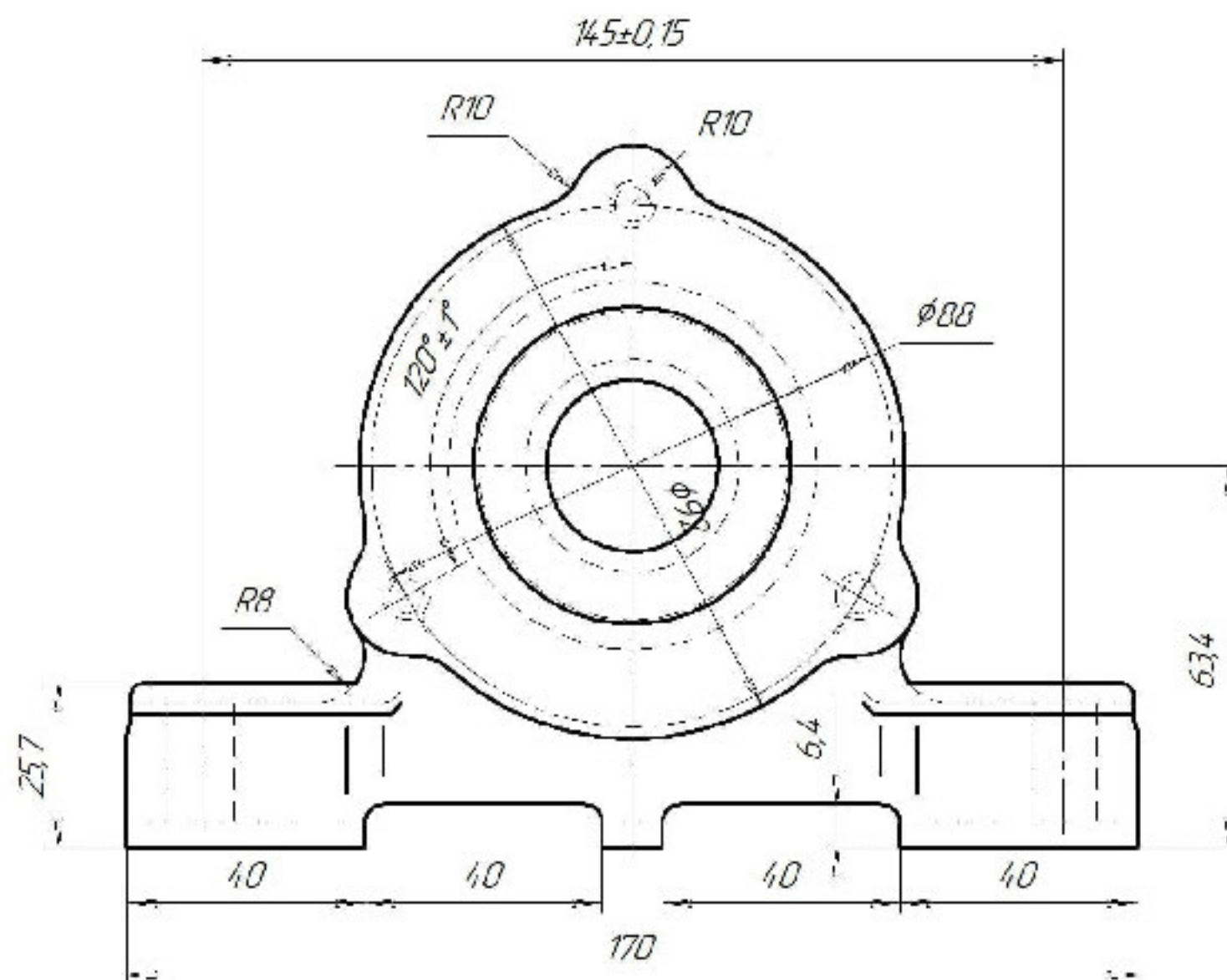
					08-64.БДР.027.00.001		
Вид	Діаг.	ІР	Діаг.	Лист	Лист	Корпус підшипника	
Розроб.	Технік	НД				72M-08-005	
Лист	Бухгалтер	В.А.				ВНТ	
Лист						ст. гр. ВП 1-205	
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	СЧ 15 ГОСТ 1412-85	
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	ВНТ	
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	ст. гр. ВП 1-205	
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Корпус	
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	

3D-модель деталі "Корпус підшипника 72М-08-005"



08-64.БДР.027.00.002

✓ Ra 32 (✓)



1. Точність виливки 9-6-13-9 зм. 19 ГОСТ 26645-85.
2. Милу 15-0,32-0,62-242 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані ливарні радіуси R3..5 мм, нахили 0°26'.
4. Допускаються раковини, пористості $\phi 2,0$ мм на глибині 2,2 мм.

08-64.БДР.027.00.002					Корпус подшипника (виливок)		
Исполн	Н° докум	Подп	Визн		Лист	Масса	Масштаб
Разработ	Тихонов Н.О.					2,42	1:1
Проект	Бирюков И.А.				Лист 1	Листов 1	
Технотр					СЧ15 ГОСТ 1412-85		
Никонтр	Литвиненко И.О.				ВНТУ,		
Унв	Київ ЛП				ст. гр. 1П/1-206		

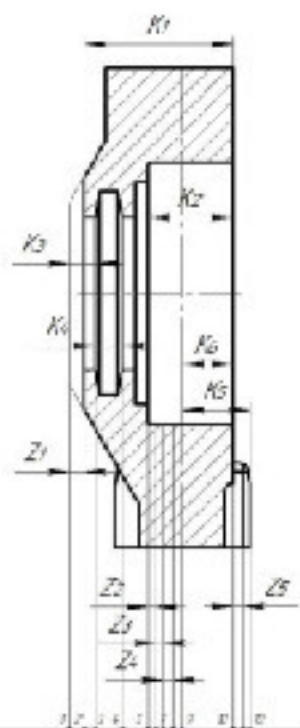
Корпус подшипника

Формат А3

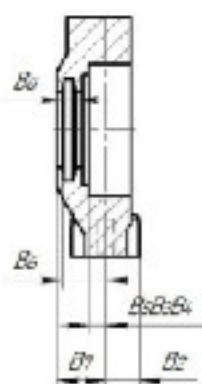
Розмірний аналіз технологічного процесу

Розмірна схема технологічного процесу

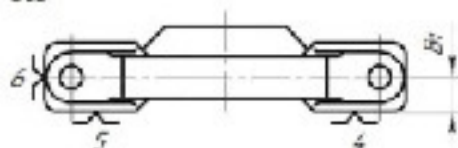
$K=35_{-0,12}^{+0,12}$
 $K=20 \pm 0,25$
 $K=2,5 \pm 0,12$
 $K=5,5 \pm 0,3$
 $K=8 \pm 0,2$
 $K=12 \pm 0,21$



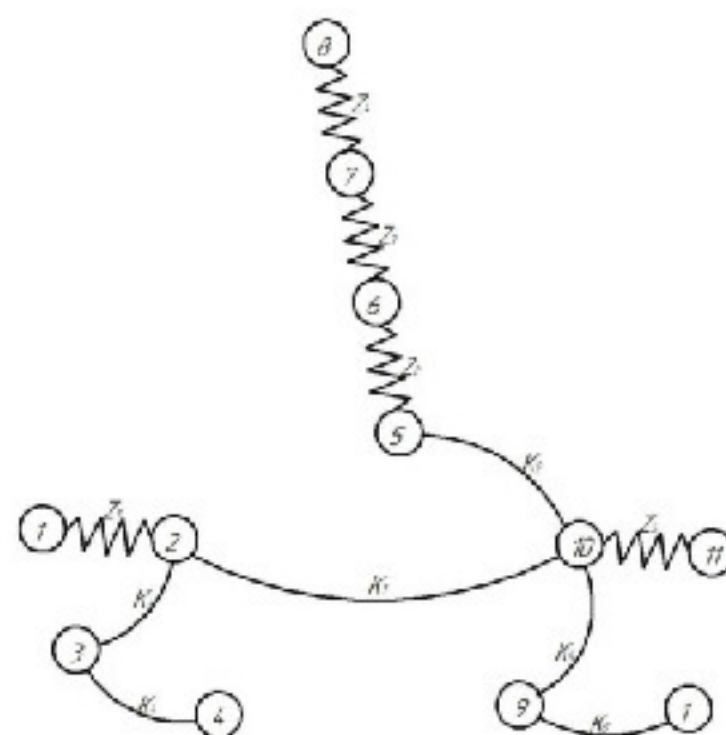
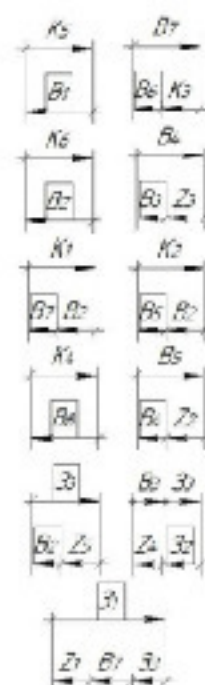
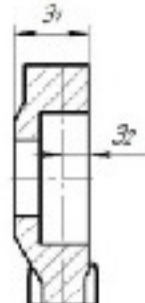
001



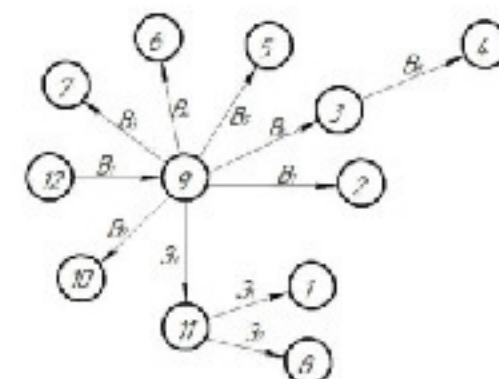
005



Заготовка



Вихідний граф-дерево



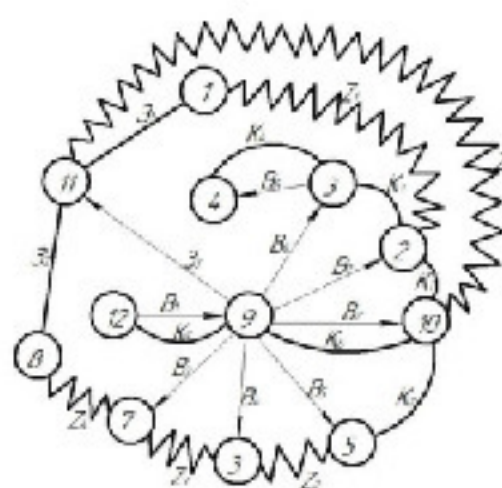
Похідний граф-дерево

Дані розрахунків технологічних розмірів та розмірів заготовки

Технологічні розміри, розміри заготовки	3 ₁	3 ₂	3 ₃	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈
Попередні значення допусків	2,4	2,2	1,2	0,4	0,42	0,36	0,12	0,15	0,14	0,33	0,3
Квалітет	10	10	10	14	14	12	12	10	12	12	14
Остаточні значення допусків	2,4	2,2	1,2	0,4	0,42	0,36	0,12	0,15	0,14	0,1	0,3
Номінальні розміри	42	18,78	16,51	16	12	6,83	7,55	8,1	20,31	22,79	5,5

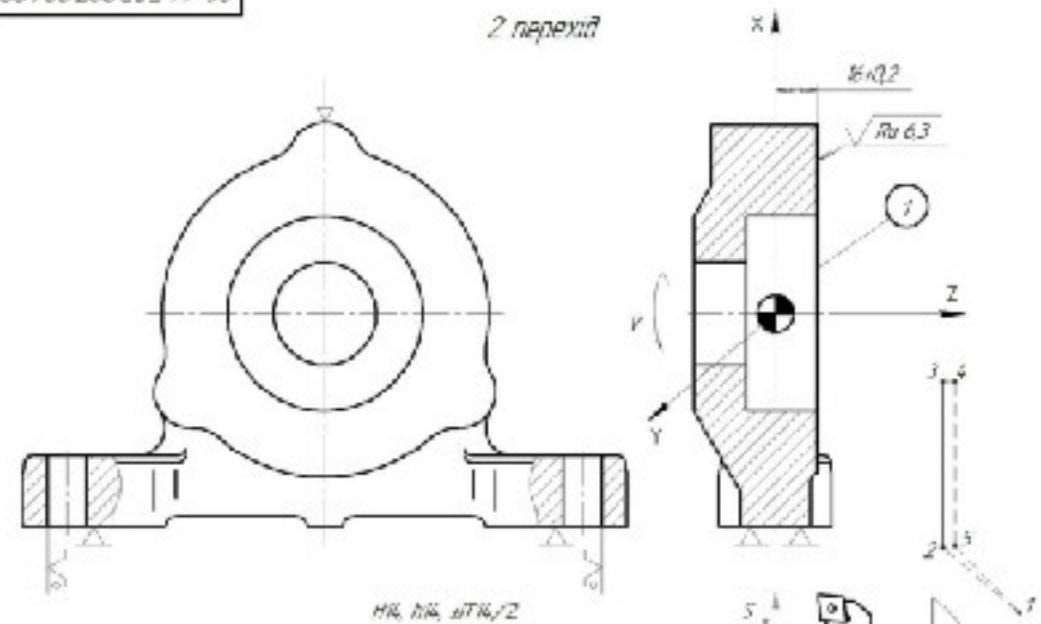
Значення припусків, мм

Припуски		Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
Граничні значення	Z_{max}	2,5	0,4	0,6	2,0	2,5
	Z_{min}	5,0	0,7	1,2	3,76	4,72



Суміщений граф

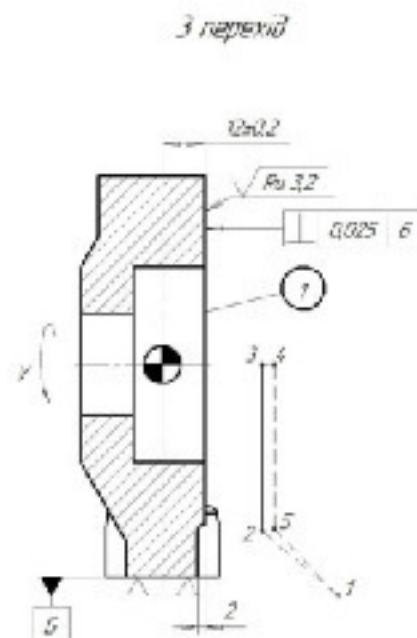
2 перехід



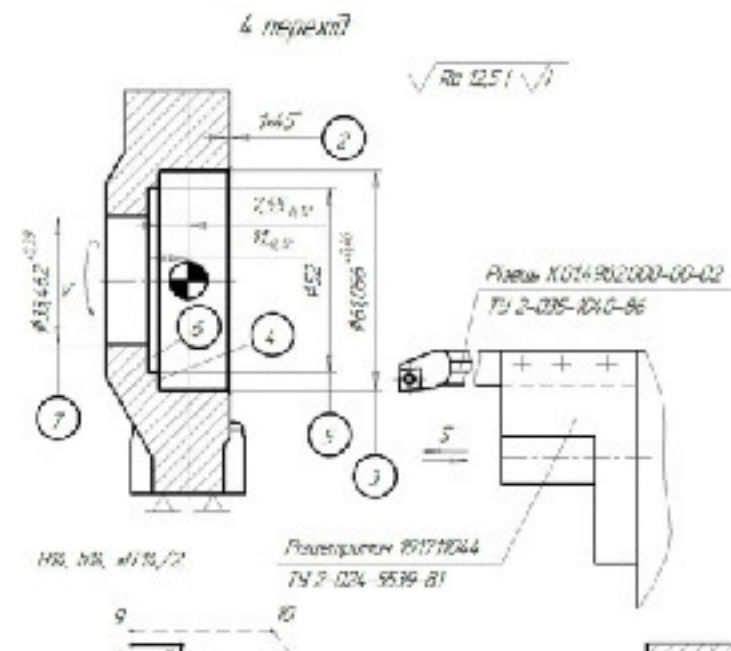
H8, h8, dT14/2

Рис. 151109
ТУ 2-025-840-86Рис. 151109
ТУ 2-024-5539-81

3 перехід

Рис. 151109
ТУ 2-025-840-86Рис. 151109
ТУ 2-024-5539-81

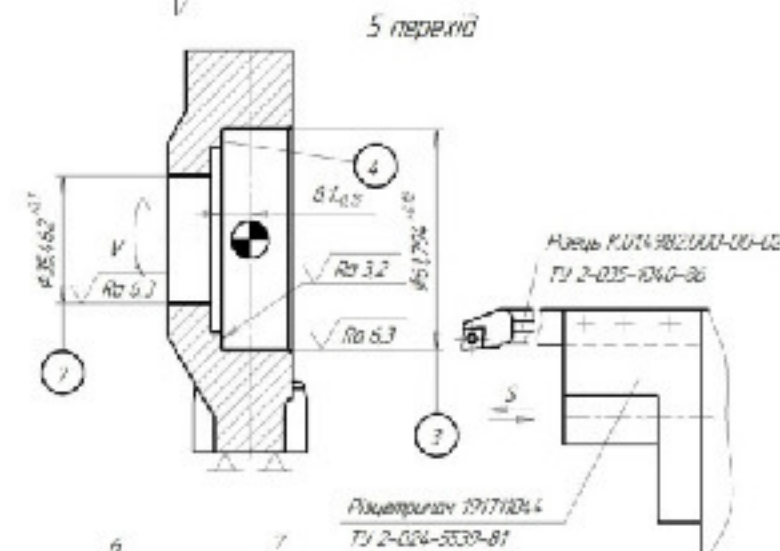
4 перехід



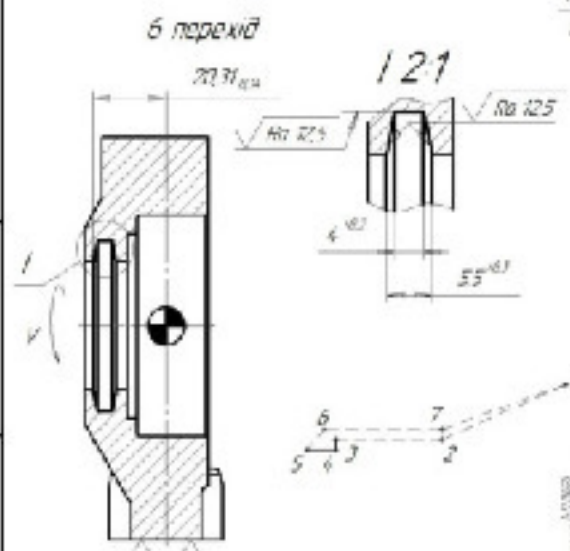
H8, h8, dT14/2

Рис. 151109
ТУ 2-024-5539-81

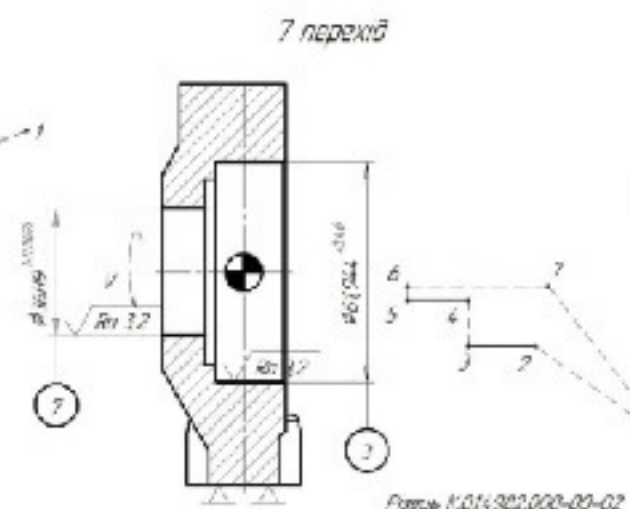
5 перехід

Рис. 151109
ТУ 2-024-5539-81

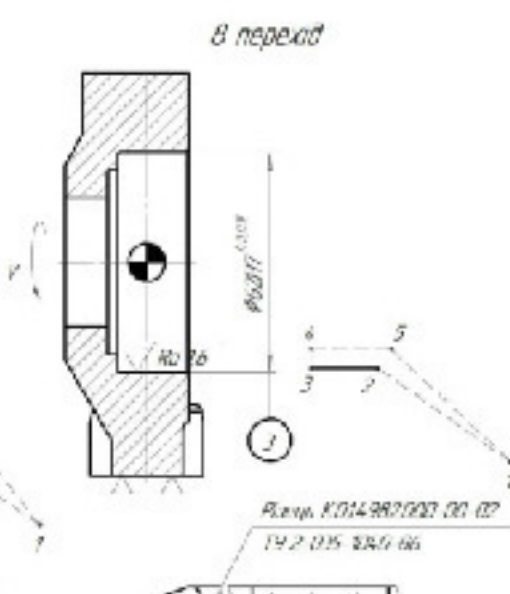
6 перехід

Рис. 151109
ТУ 2-025-840-86

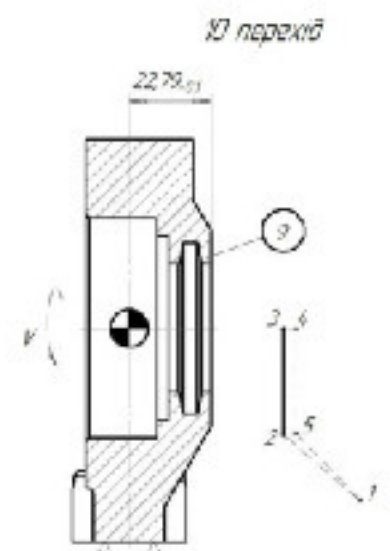
7 перехід

Рис. 151109
ТУ 2-025-840-86

8 перехід

Рис. 151109
ТУ 2-025-840-86

10 перехід

Рис. 151109
ТУ 2-025-840-86Рис. 151109
ТУ 2-024-5539-81

№	Наименование	Материал	Масса	Длина	Ширина	Высота
10	Точки перегиба 9 раз	100	15	800	0.4	
9	Полоски металла	-	-	-	-	-
8	Размеры отбор 3 раз	107	0.02	900	0.1	
7	Размеры отбор 1 раз	103	0.06	800	0.15	
6	Размеры отбор 6 раз	47	6.0	315	0.25	
5	Размеры отбор 3 раз	123	0.2	630	0.25	
4	Размеры отбор 4 раз	71	10	630	0.25	
3	Размеры отбор 2 раз	37	10	400	0.15	
2	Размеры отбор 1 раз	77	12	400	0.15	
1	Размеры отбор 1 раз	45	15	400	0.15	
10	Точки перегиба 9 раз	307	10	960	0.15	
9	Точки перегиба 8 раз	256	15	800	0.4	
8	Точки перегиба 7 раз	107	0.02	900	0.1	
7	Точки перегиба 6 раз	103	0.06	800	0.15	
6	Точки перегиба 5 раз	47	6.0	315	0.25	
5	Точки перегиба 4 раз	123	0.2	630	0.25	
4	Точки перегиба 3 раз	71	10	630	0.25	
3	Точки перегиба 2 раз	37	10	400	0.15	
2	Точки перегиба 1 раз	77	12	400	0.15	
1	Точки перегиба 0 раз	45	15	400	0.15	

08-64.50P.027.004.00

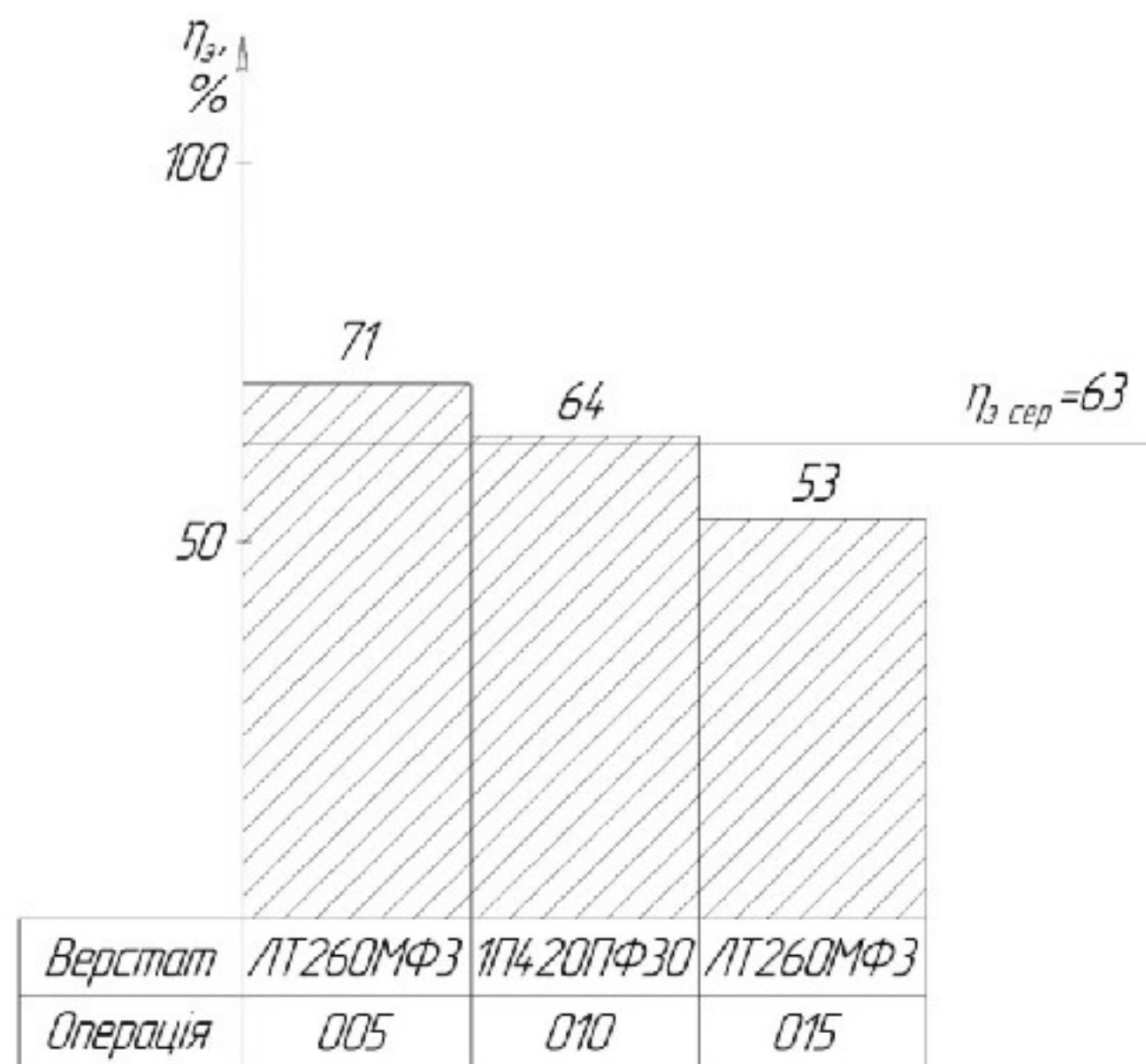
Карта наладки

Лист 1 из 1

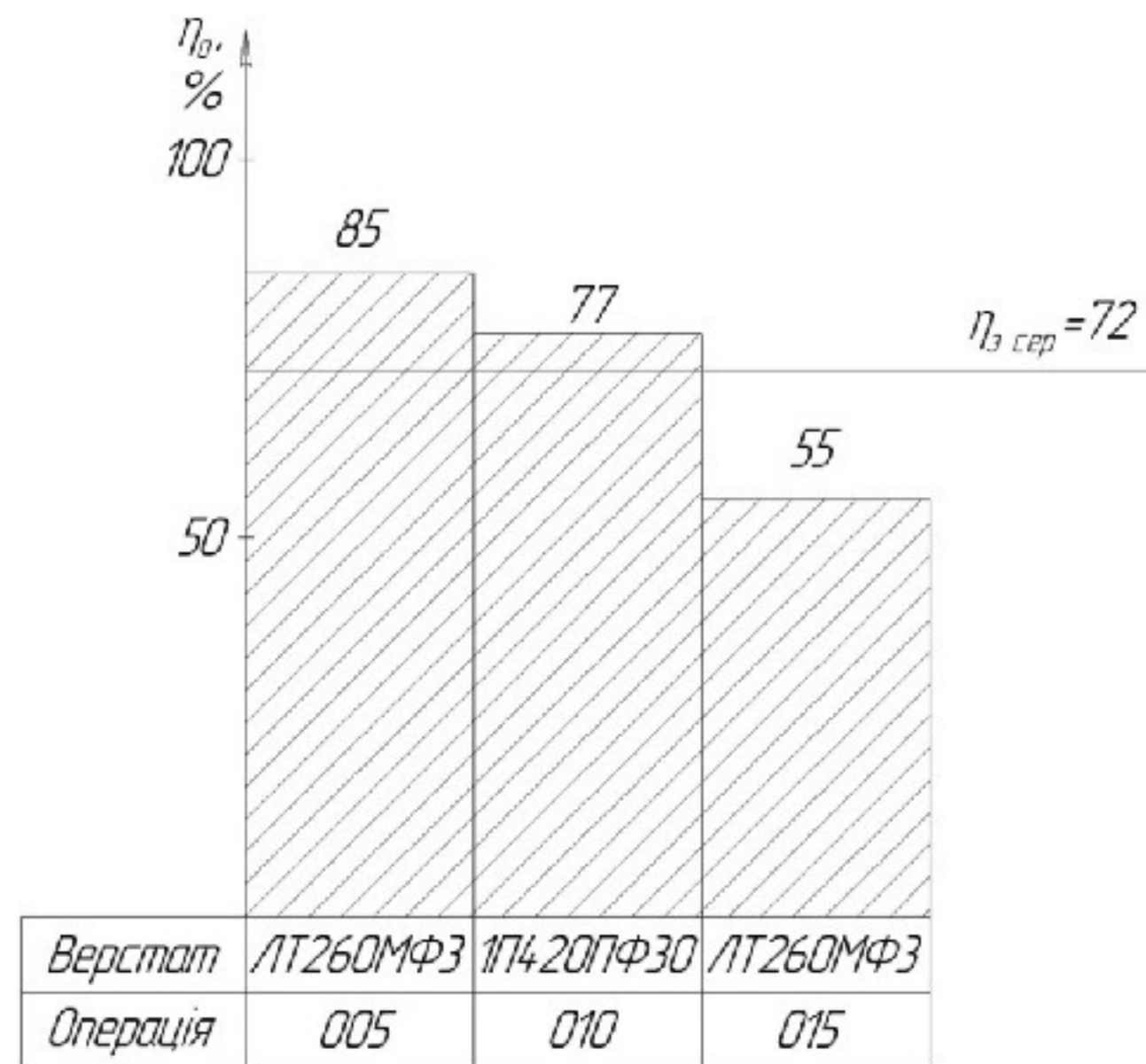
ВНТ

от 01.01.2016

Графіки завантаження обладнання



Графік завантаження обладнання



Графік використання обладнання за основним часом