

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))

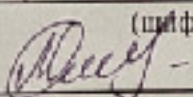
Бакалаврська дипломна робота

на тему:

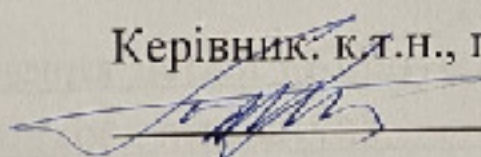
«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ “КОРПУС ПІДШИПНИКА КП.04.401”»

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

(шифр і назви напрямку підготовки, спеціальності)

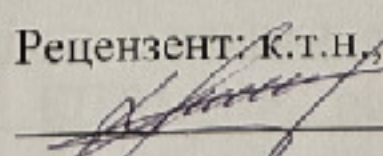
 Максим ЛІЩИШЕН

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

 Юрій БУРЄННІКОВ

« 06 » 06 2024 р.

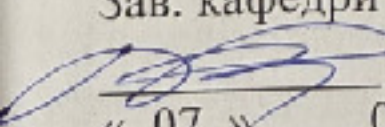
Рецензент: к.т.н., доц., зав. каф. АТМ

 Сергій ЦИМБАЛ

« 12 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри ТАМ

 д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ

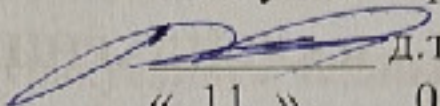
« 07 » 06 2024 р.

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.

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ліщишену Максиму Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника КП.04.401»

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 .

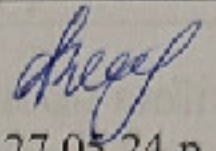
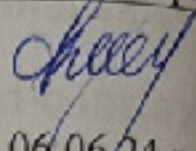
2. Термін подання студентом роботи: 14 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Корпус підшипника КП.04.401»; річна програма випуску 6 000 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 КП.04.401»; розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника КП.04.401»; охорона праці; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
деталь «Корпус підшипника КП.04.401» (A2); корпус підшипника (виліток) (A2); маршрут механічної обробки (A1); розмірний аналіз технологічного процесу (A1); карта налагоджень (операція 010) (A1); графіки завантаження обладнання (A1)

6. Консультанти розділів роботи

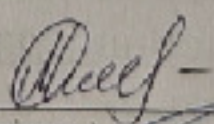
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Юрій БУРЄННІКОВ, професор кафедри ТАМ	 11.03.24 р.	 06.06.24 р.
Охорона праці	Інна ВІШТАК, доцент кафедри БЖД ПБ	 27.05.24 р.	 06.06.24 р.

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

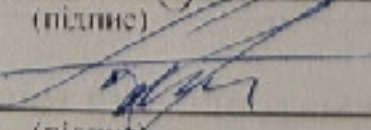
№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	11.03.24 р.	20.03.24 р.	виконано
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	23.04.24 р.	26.04.24 р.	виконано
3	Виконання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

Студент


(підпис)

Максим ЛІЩИЩЕ

Керівник роботи


(підпис)

Юрій БУРЄННІКОВ

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 73 сторінок формату А4, на яких є 15 рисунків, 29 таблиць, список використаних джерел містить 26 найменувань.

Метою роботи є проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника КП.04.401».

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 73 A4 pages, which have 15 figures, 29 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 KP.04.401».

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»	13
2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС ПІДШИПНИКА КП.04.401»	15
2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі	15
2.2 Вибір способу виготовлення заготовки	19
2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки	19
2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення	20
2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки	23
2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки	23
2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого	24
2.3 Розробка маршруту механічної обробки	25
2.3.1 Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 65H8^{(+0,046)}$	25
2.3.2 Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз	27
2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки	29
2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу	31
2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь	38
2.3.6 Визначення режимів різання	45
2.3.7 Визначення технічних норм часу	49

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ПІДШИПНИКА КП.04.401»	54
3.1 Розрахунок приведеної програми	54
3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	56
3.3 Побудова графіків завантаження обладнання	58
3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці	59
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	62
4.1 Аналіз умов праці	62
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	64
4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки	68
ВИСНОВКИ	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	71
ДОДАТКИ	74
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	74
Додаток Б (обов'язковий). Графічна частина	75

ВСТУП

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

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника КП.04.401».

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 КП.04.401»;
- розмірний аналіз технологічного процесу;
- визначення режимів різання та норм часу технологічного процесу механічної обробки;
- розрахунок приведеної програми, кількості обладнання та працівників на проектуємій дільниці;
- виконання розділу з охорони праці.

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»

1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

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.

Визначається основний час обробки п'яти найбільш характерних переходів механічної обробки деталі.

Фрезерування площини основи попередньо, остаточно

$$T_{осн\ 1} = 2 \cdot 6 \cdot L \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 6 \cdot 140 \cdot 10^{-3} = 1,68 \text{ (хв.)}$$

Фрезерування площини роз'єму попередньо, остаточно

$$T_{осн\ 2} = 2 \cdot 6 \cdot L \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 6 \cdot 140 \cdot 10^{-3} = 1,68 \text{ (хв.)}$$

Розточування отвору під підшипник попередньо

$$T_{осн\ 3} = 0,2 \cdot D \cdot L \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 65 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 0,78 \text{ (хв.)}$$

Розточування отвору під підшипник остаточно

$$T_{осн\ 4} = 0,18 \cdot D \cdot L \cdot 10^{-3} = 0,18 \cdot 65 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 0,7 \text{ (хв.)}$$

Розточування отвору під підшипник тонко

$$T_{осм\ 5} = 0,15 \cdot D \cdot L \cdot 10^{-3} = 0,15 \cdot 65 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 0,6 \text{ (хв.)}$$

Розрахунок штучно-калькуляційного часу для п'яти найбільш характерних переходів:

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

де φ_k – коефіцієнт, що залежить від типу виробництва та верстата.

$$T_{шт-к1} = 1,68 \cdot 1,84 = 3,1 \text{ (хв);}$$

$$T_{шт-к2} = 1,68 \cdot 1,84 = 3,1 \text{ (хв);}$$

$$T_{шт-к3} = 0,78 \cdot 2,14 = 1,67 \text{ (хв);}$$

$$T_{шт-к4} = 0,7 \cdot 2,14 = 1,5 \text{ (хв);}$$

$$T_{шт-к5} = 0,6 \cdot 2,14 = 1,3 \text{ (хв).}$$

Розрахунок кількості верстатів, що необхідні для виконання переходів механічної обробки [1, 2]:

$$C_p = \frac{N \cdot T_{шт-к}}{F_d \cdot 60 \cdot \eta_3} \text{ [шт.]}, \quad (1.3)$$

де N – річна програма випуску деталей, шт.;

$T_{шт-к}$ – штучно-калькуляційний час виконання переходу механічної обробки, хв;

F_d – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год.;

η_3 – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання.

Для серійного виробництва $\eta_3 = 0,8$.

$$C_{p_1} = \frac{6000 \cdot 3,1}{3890 \cdot 60 \cdot 0,8} = 0,1 ; \quad \text{приймаємо } C_{p1} = 1$$

$$C_{p_2} = \frac{6000 \cdot 3,1}{3890 \cdot 60 \cdot 0,8} = 0,1 ; \quad \text{приймаємо } C_{p2} = 1$$

$$C_{p_3} = \frac{6000 \cdot 1,67}{3890 \cdot 60 \cdot 0,8} = 0,052 ; \quad \text{приймаємо } C_{p3} = 1$$

$$C_{p_4} = \frac{6000 \cdot 1,5}{3890 \cdot 60 \cdot 0,8} = 0,046 ; \quad \text{приймаємо } C_{p4} = 1;$$

$$C_{p_5} = \frac{6000 \cdot 1,3}{3890 \cdot 60 \cdot 0,8} = 0,04 ; \quad \text{приймаємо } C_{p5} = 1.$$

Визначення фактичного коефіцієнта завантаження обладнання

$$\eta_{\text{зф}} = \frac{C_p}{C_{\text{нр}}}, \quad (1.4)$$

$$\eta_{\text{зф}1} = \frac{0,1}{1} = 0,1 ;$$

$$\eta_{\text{зф}2} = \frac{0,1}{1} = 0,1 ;$$

$$\eta_{\text{зф}3} = \frac{0,052}{1} = 0,052 ;$$

$$\eta_{\text{зф}4} = \frac{0,046}{1} = 0,046 ;$$

$$\eta_{\text{зф}5} = \frac{0,04}{1} = 0,04 .$$

Розрахунок кількості операцій, що виконуються на одному робочому місці:

$$O = \frac{\eta_{\text{м}}}{\eta_{\text{зф}}}, \quad (1.5)$$

$$O_1 = \frac{0,8}{0,1} = 8 ;$$

$$O_2 = \frac{0,8}{0,1} = 8 ;$$

$$O_3 = \frac{0,8}{0,052} = 16 ;$$

$$O_4 = \frac{0,8}{0,046} = 17 ;$$

$$O_5 = \frac{0,8}{0,04} = 20 .$$

Результати розрахунків $K_{з.о.}$ показано в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Визначення коефіцієнта $K_{з.о.}$

№	Переходи	$T_{0, \text{ХВ}}$	φ_K	$T_{ш-к, \text{ХВ}}$	C_p	C_{np}	$\eta_{зф}$	$\eta_{зн}$	O	$K_{зо}$
1	Фрезерування площини основи попередньо та остаточно	1,68	1,84	3,1	0,1	1	0,1	0,8	8	13,8
2	Фрезерування площини роз'єму попередньо та остаточно	1,68	1,84	3,1	0,1	1	0,1	0,8	8	
3	Розточування отвору під підшипник попередньо	0,78	2,14	1,67	0,052	1	0,052	0,8	16	
4	Розточування отвору під підшипник остаточно	0,7	2,14	1,5	0,046	1	0,046	0,8	17	
5	Розточування отвору під підшипник тонко	0,6	2,14	1,3	0,04	1	0,04	0,8	20	

Коефіцієнт закріплення операцій

$$K_{з.о.} = \frac{8 + 8 + 16 + 17 + 20}{5} = 13,8 .$$

Отже, $10 < K_{з.о.} = 13,8 < 20$ – виробництво середньосерійне.

Визначення форми організації роботи

Заданий добовий випуск виробів [1, 2]:

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

$$N_d = \frac{6000}{254} = 23,6 \rightarrow 24 \text{ (шт.)}$$

де 254 – кількість робочих днів у році.

Добова продуктивність потокової лінії:

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{\text{шт}} - K_{\text{оп}}} \cdot \eta_d \text{ [шт.]}, \quad (1.7)$$

де F_d – добовий фонд часу роботи обладнання (при двозмінному режимі роботи дорівнює 952 хв.); $T_{\text{шт}} - K_{\text{оп}}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.; η_d – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

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

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

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{\text{шт}} - K_{\text{оп}} = \frac{3,1 + 3,1 + 1,67 + 1,5 + 1,3}{5} = 2,134 \text{ (хв.)}$$

Отже, добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_o = \frac{952 \cdot 0,8}{2,134} = 356,8 \rightarrow 357 \text{ (шт.)}$$

Так як заданий добовий випуск виробів N_o менший за добову продуктивність потокової лінії Q_o ($N_o < Q_o$) при умові завантаження її на 80%, то застосування однономенклатурної потокової лінії недоцільно. Тому приймається групова форма організації роботи.

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

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

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

$$n = \frac{6000 \cdot 6}{254} = 141,7 \rightarrow 142 \text{ (шт.)}$$

Розрахункова кількість змін, що потрібна на обробку всієї партії деталей

$$C = \frac{T_{\text{шт-к ср}} \cdot n}{476 \cdot 0,85} = \frac{2,134 \cdot 142}{476 \cdot 0,8} = 0,8; \quad C_{\text{пр}} = 1 \text{ зміна.}$$

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

$$n = \frac{C_{\text{пр}} \cdot 476 \cdot 0,85}{T_{\text{шт-к ср}}} = \frac{1 \cdot 476 \cdot 0,8}{2,134} = 178,4 \rightarrow 179 \text{ (шт.)}$$

Прийнято $n = 179$ шт.

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4
020	Фрезерувати поверхню прилягання попередньо	Вертикально-фрезерний 6Т13	Пристосування
025	Фрезерувати торець отвору Ø35Н7 попередньо, розточити отвір Ø35Н7 попередньо	Багатоцільовий з ЧПК та інструментальним магазином ИР320МФ4	Наладка УСП двомісна
030	Притупити гострі кромки	Машина для зняття заусенців	
035	Термічна обробка		
040	Фрезерувати торець отвору Ø35Н7 остаточно, розточити і розвернути отвір Ø35Н7 остаточно, свердли, зенкерувати і розвернути отвір Ø8Н7 остаточно	Багатоцільовий з ЧПК та інструментальним магазином ИР320МФ4	Наладка УСП
045	У першій позиції: фрезерувати поверхню прилягання і паз В = 35 (15+20) остаточно, свердли чотири отвори Ø7, два отвори Ø6, свердли і нарізати різьбу в двох отворах М6 – 7Н. В другій позиції: зенкувати чотири отвори Ø7 до Ø11 остаточно, розточити два отвори Ø6 до Ø11 остаточно, центрувати, свердли і нарізати різьбу М10 – 7Н остаточно	Багатоцільовий з ЧПК та інструментальним магазином ИР320МФ4	Наладка УСП двопозиційна
050	Притупити гострі кромки	Машина для зняття заусенців	
055	Технічний контроль		
060	Консервація		

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

Користуючись типовими технологічними процесами механічної обробки, створимо технологічний процес механічної обробки заданої деталі.

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС ПІДШИПНИКА КП.04.401»

2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі

2.1.1 Якісний аналіз технологічності деталі

Деталь «Корпус підшипника КП.04.401» відноситься до класу «Корпусні деталі». Виконавчою поверхнею деталі є $\varnothing 65\text{H}8$. За допомогою цієї поверхні, на яку встановлюється підшипник з валом, деталь виконує службове призначення. Відповідно до поверхні $\varnothing 65$ ставляться підвищені вимоги по точності – восьмий квалітет і порівняно низька шорсткість $R = 1,25$ мкм.

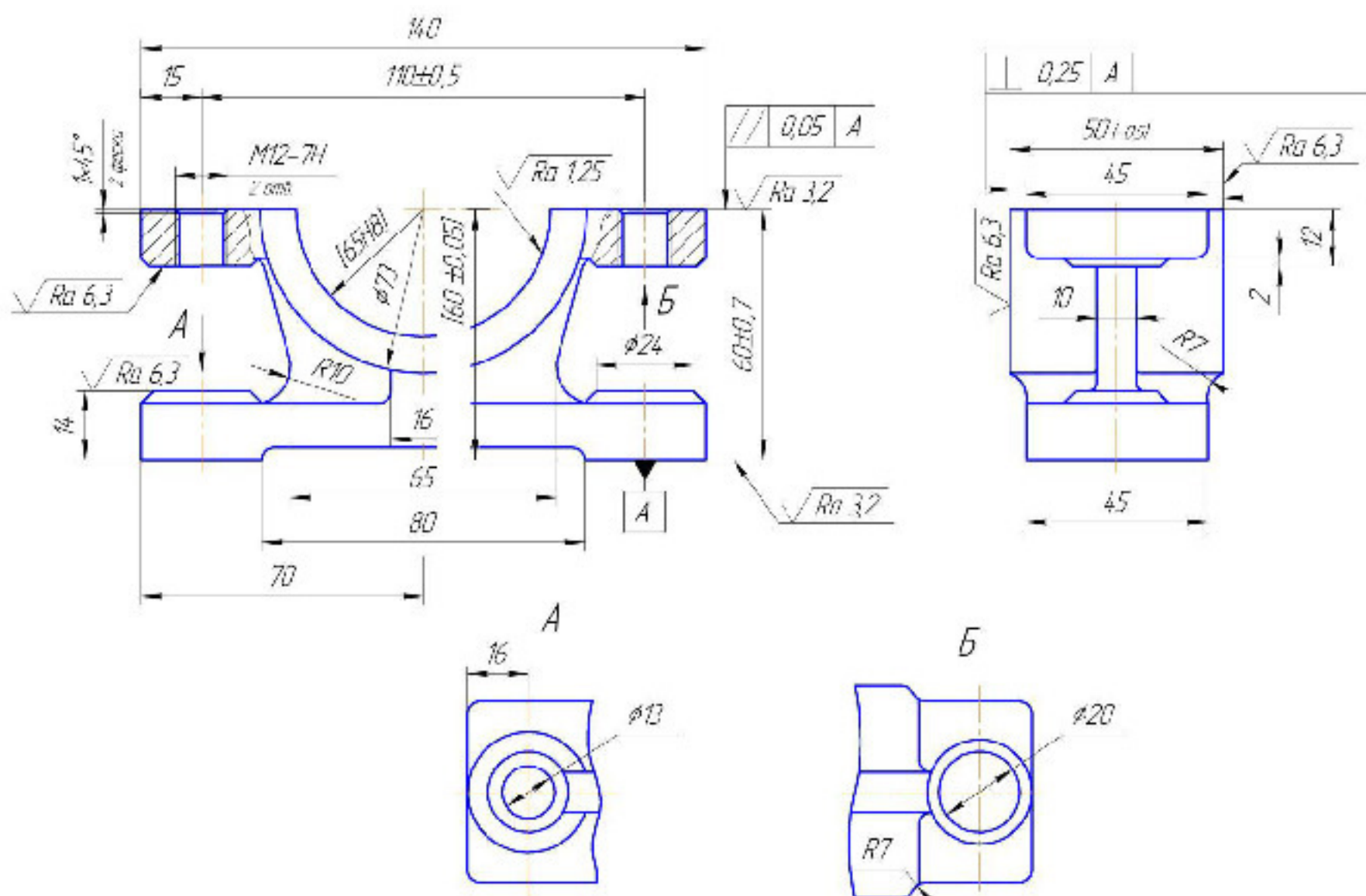


Рисунок 2.1 – Креслення деталі «Корпус 46.90.001»

Основні базуючі поверхні – площина основи та отвори $\varnothing 13\text{H}9^{(+0,03)}$. Деталь встановлюється в конструкції машини на площину основи і кріпиться гвинтами чи болтами через отвори $\varnothing 13\text{H}9^{(+0,03)}$.

Допоміжні базуючі поверхні – це отвір Ø65H8, верхня площина з різьбовими отворами M12-7H, площина бобишок отворів Ø13 та нижня поверхня площини для кріплення кришки, бокові поверхні, з'єднані розміром 50_{-0,5}.

Всі решта поверхонь вільні.

Деталь порівняно нескладна по конструкції і достатньо технологічна у виготовленні. Задані квалітети точності, технологічні вимоги можуть бути забезпечені без труднощів.

Для досягнення 8 квалітету точності і $R_a = 1,25$ мкм отвору Ø65 достатньо попереднього чистового та тонкого (остаточного) розточування (або однократного шліфування). Кріпильні отвори обробляються свердлінням, площини – фрезеруванням. Торцеві поверхні в розмір 50_{-0,5} можуть бути оброблені на тій же операції, що і розточування отвору Ø65 на токарному верстаті. При цьому буде забезпечена їх паралельність між собою, перпендикулярність осі отвору Ø65H8 і перпендикулярність до площини основи, так як при токарній обробці потрібно базувати на дану поверхню. Паралельність площини під кришку до площини основи забезпечується при фрезеруванні за рахунок базування на площину основи.

В цілому деталь:

- допускає обробку поверхонь на високопродуктивних верстатах;
- має вільний доступ інструменту до оброблюваних поверхонь;
- достатньо жорстка, що не обмежує режимів різання;
- має добрі базові поверхні.

Обробку отвору Ø65H8 потрібно проводити після складання з кришкою.

Деталь виготовлена із матеріалу сталь 35Л. Хімічний склад приведений нижче в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 35Л

C	Mn	Si	S	P	Cr, Ni, Cu не більше
0,15-0,55	0,3-0,9	0,2-0,4	0,045-0,06	0,04-0,08	0,3

Для забезпечення потрібних механічних властивостей або зняття внутрішніх напруг виливки потрібно піддавати термічній обробці.

2.1.2 Кількісний аналіз технологічності деталі

Коефіцієнт уніфікації ($K_{уніф}$) [2]:

$$K_{уніф} = Q_{ел. уніф} / Q_{ел. заг.}, \quad (2.1)$$

де $Q_{ел. уніф}$ – кількість уніфікованих елементів;

$Q_{ел. заг.}$ – загальна кількість елементів.

Таблиця 2.2 – Визначення коефіцієнта уніфікації

Розміри					
Лінійні	Діаметральні	Радіуси	Кути	Різьбові	Шорсткість
$\sum_{уніф} = 16$	$\sum_{уніф} = 12$	$\sum_{уніф} = 2$	$\sum_{уніф} = 1$	$\sum_{уніф} = 2$	$\sum_{уніф} = 26$
$\sum_{заг.} = 20$	$\sum_{заг.} = 14$	$\sum_{заг.} = 5$	$\sum_{заг.} = 1$	$\sum_{заг.} = 2$	$\sum_{заг.} = 26$

$$K_{уніф} = (16+2+12+1+2+26)/(20+5+14+1+2+26) = 0,86.$$

Більшість розмірів уніфіковано $K_{уніф} = 0,86 > 0,6$, тому деталь можна вважати технологічною.

Коефіцієнт точності обробки (K_T) [2]:

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{мсп}}, \quad (2.2)$$

де $T_{мсп}$ – середній квалітет точності

$$T_{\text{вс}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^m T_i \cdot n_i \right)}{\sum_{i=1}^m n_i}, \quad (2.3)$$

де T_i – квалітет поверхні;

n – кількість поверхонь, що мають даний квалітет.

Таблиця 2.3 – Визначення коефіцієнта точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
7	1	$7 \times 1 = 7$
8	2	$8 \times 2 = 16$
9	1	$9 \times 1 = 9$
14	23	$14 \times 23 = 322$
Всього	27	354

$$T_{\text{вс}} = \frac{(7 \cdot 1 + 8 \cdot 2 + 9 \cdot 1 + 14 \cdot 21)}{27} = 13,11.$$

Деталь вважаємо технологічною, бо $K_T = 0,92 > 0,8$.

Коефіцієнт шорсткості ($K_{\text{ш}}$) [2]:

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

де $\text{Ш}_{\text{ср}}$ – середня шорсткість.

$$\text{Ш}_{\text{ср}} = \frac{\left(\sum_{j=1}^n \text{Ш}_j \cdot n_j \right)}{\sum_{j=1}^n n_j}, \quad (2.5)$$

де Ш_j – шорсткість поверхні;

n_j – кількість поверхонь, що мають дану шорсткість.

Таблиця 2.4 – Визначення коефіцієнта шорсткості деталі

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,25	1	$1,25 \times 1 = 1,25$
6,3	6	$6,3 \times 6 = 37,8$
12,5	20	$12,5 \times 20 = 250$
Всього	27	289,05

$$Ш_{\text{ср}} = \frac{(1,25 \cdot 1 + 6,3 \cdot 6 + 12,5 \cdot 20)}{27} = 10,71 ;$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{10,71} = 0,09 .$$

Так як коефіцієнт шорсткості $K_{\text{ш}} = 0,15 < 0,32$ – то деталь вважається технологічною.

Отже, деталь за кількісними показниками технологічна.

2.2 Вибір способу виготовлення заготовки

2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Згідно кресленню деталь виготовляється із сталі 35Л, що визначає метод її виготовлення – лиття, так як літера «Л» вказує, що сталь ливарна.

Виробництво серійне, тому можливі способи лиття – в піщано-глинисті, оболонкові форми, облицьований кокіль, за виплавними моделями [8-12]. Лиття в піщано-глинисті, оболонкові форми, за виплавними моделями – це лиття в разові форми. Лиття в облицьований кокіль – це лиття в постійні форми.

Заготовку можна виготовляти литтям в піщано-глинисті форми. Плануючи технологічний процес механічної обробки деталі з використанням верстатів з ЧПК, необхідно мати більш високу точність заготовки. Тому пропонується

розглянути також варіант виготовлення заготовки литтям за виплавними моделями.

2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

Розрахунки для 2-х варіантів виготовлення заготовки виконано за методикою [8, 9] і занесено до таблиць 2.5 та 2.6.

Розміри заготовки, мм:

При литті за виплавними моделями		При литті в піщано-глинисті форми
Ø65H8	$65-2 \cdot 2,1=60,8$	$65-11,2=60,8$
$50_{-0,5}$	$50+2 \cdot 1,2=52,4$	$50+2 \cdot 4,1=68,2$
$60 \pm 0,07$	$60+2 \cdot 1,1=10,8$	$60+2 \cdot 2,2=68,2$
Ø13	$13-2 \cdot 1,1=10,8$	$13-2 \cdot 2,2=8,6$
14	$14+1,2+1,1=16,3$	$14-2 \cdot 2,2=9,6$
12	$12+1,2+1,1=14,3$	$12+4,1+2,2=18,3$
M12-7H	$12-2 \cdot 1,1=9,8$	$12-2 \cdot 2,2=7,6$

Згідно з [8] мінімально можливий діаметр отвору, що проливається в сталіних виливках:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1 \cdot S = 10 + 0,1 \cdot 14 = 11,4 \text{ (мм)};$$

$$d_{\min} = d_0 + 0,1 \cdot S = 10 + 0,1 \cdot 12 = 11,2 \text{ (мм)}.$$

Таким чином, отвори під Ø13 і різьбу проливати не будемо, так як $11,4 > 10,8$ (Ø13); $11,2 > 9,8$ (M12-7H), $11,4 > 8,6$ (Ø13), $11,2 > 7,6$ (M 12-7H).

Таблиця 2.5 – Параметри заготовки при литті за виплавними моделями

Параметри точності заготовки	Згідно нормативів [8, 9]				Прийнято		
Клас розмірної точності	7т-11т				7		
Ступінь жолоблення	5-8				6		
Ступінь точності поверхонь виливка	7-12				8		
Шорсткість повеохонь	Ra = 10 мкм						
Клас точності маси	5-12				7		
Ряд припусків	2-5				4		
Розрахункові розміри	65H8 (+0,046)	50 _(-0,5)	60± 0,07	Ø13	14	12	M12-7H
Допуски: Розмірів	1,1	1	1	0,7	0,7	0,7	0,7
Форми та розміщення	0,4						
Зміщення по площині роз'єму	—						
Нерівностей	0,24						
Маси	0,8						
Загальні допуски	1,4	1,1	1,1	0,9	0,9	0,9	0,9
Припуски:	0,4						
мінімальний							
Кількість переходів механічної обробки							
по точності розмірів	0,046/1,1= 0,05, 3 перехода	0,5/1,0=0,5 1 перехід	0,14/1,0 =0,14, 2 пере-хо ди	0,7/0,43 =1,6, 1 пере-х ід	0,7/0, 43 = 1,6, 1 пере-х ід	0,7/0, 43 = 1,6, 1 пере-х ід	0,7/0,43= 1,6, 1 перехід
по точності взаємного розташування поверхонь	0,03/0,4= 0,075, 3 перехода	0,2/0,4=0,5, 1 перехід		—		—	—
Загальний припуск	2,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1
Розміри заготовки	Ø60,8	52,4	62,4	Ø10,8	16,3	14,3	9,8

Таблиця 2.6 – Параметри заготовки при литті в піщано-глинисті форми

Параметри точності заготовки	Згідно нормативів [8, 9]				Прийнято	
Клас розмірної точності	8-13т				11т	
Ступінь жолоблення	5-8				7	
Ступінь точності поверхонь виливка	10-17				14	
Шорсткість поверхонь	Ra = 40 мкм					
Клас точності маси	7 _т -14				11т	
Ряд припусків	5-8				7	
Розрахункові розміри	Ø65H8(+0,046)	50 (-0,5)	60 ±0,07	013	14	M12-7H
Допуски: Розмірів	3,6	3,2	3,2	2,2	2,2	2,2
Форми та розміщення	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Зміщення по площині роз'єму	—	—	2,2	—	2,2	—
Зміщення із-за перекосу стержня	1,2			1,2		
Нерівностей	1,0					
Маси	20%					
Загальний допуск	4,4	3,2	4,4	2,8	4	2,8
Припуски:	0,8					
мінімальний						
Кількість переходів механічної обробки						
по точності розмірів	0,046/ 3,6 = 0,013, 4 пере- ходи	0,5/3,2 = 0,16 1 пере- хід	0,14/ 3,2 = 0,044, 3 пере- ходи	0,7/2, 2 0,32, 1 пере- хід	0,7/2,2 0,32, 1 пере- хід	0,7/2,2 0,2, 1 пере- хід
по точності взаємного розташування поверхонь	0,03/0, 5 = 0,06, 2 переходи	0,2/0,5 0,4, 1 перехід	—		—	—
Загальний припуск	5,6	2,6	4,1	2,2	2,2	2,2
Розміри заготовки	Ø53,8	55,2	68,2	8,6	9,6	7,6

2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки

З урахуванням отриманих розмірів заготовок та обраних конструктивних параметрів показано ескіз заготовки, виготовленої литтям за виплавними моделями (див. рис. 2.2).

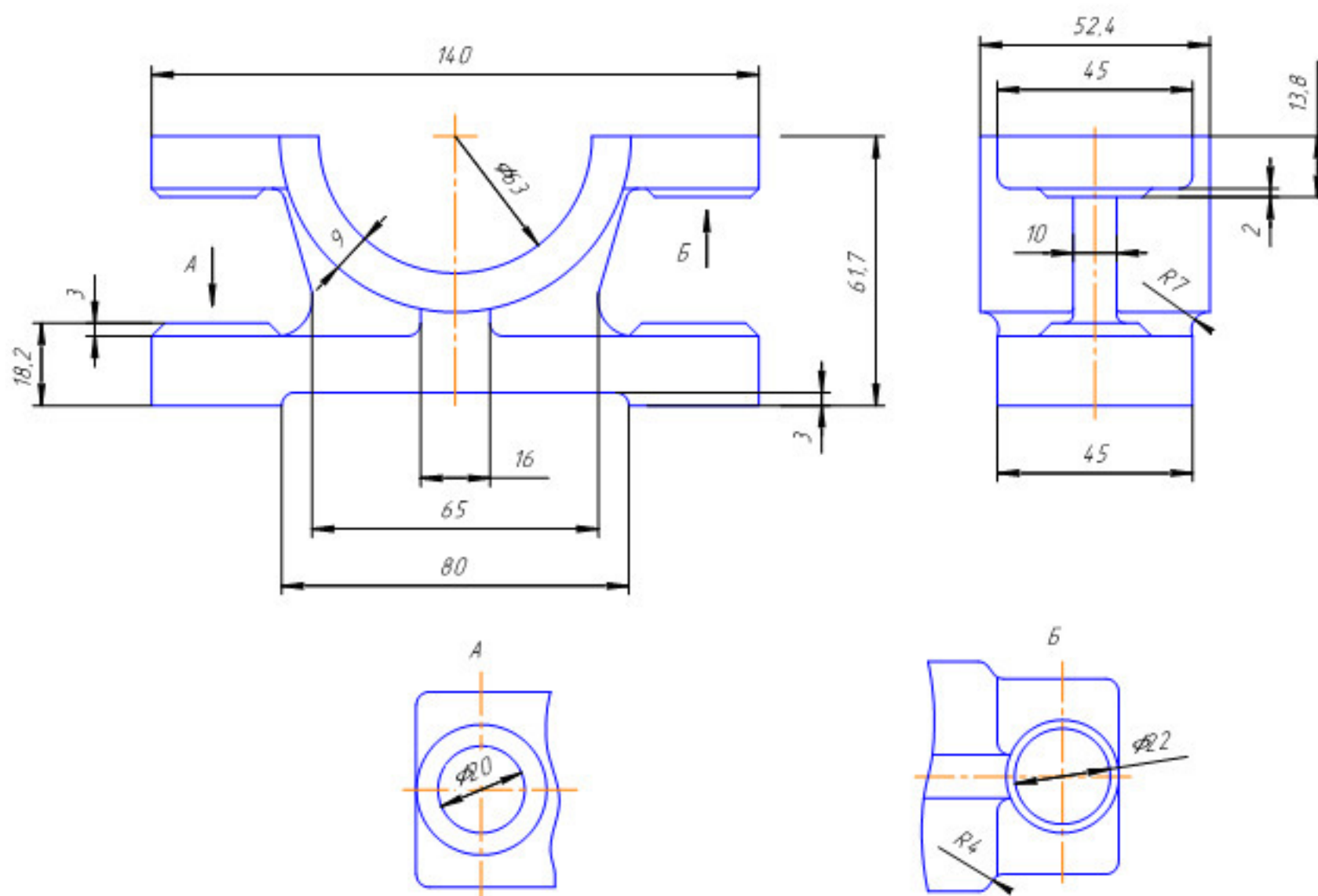


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки, виготовленої литтям за виплавними моделями

2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки

Коефіцієнт точності маси заготовки:

$$\gamma = \frac{Q_{\text{дет}}}{Q_{\text{заг}}}, \quad (2.6)$$

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

Таким чином, коефіцієнт точності маси заготовки:

- при литті в піщано-глинисті форми

$$\gamma_1 = \frac{Q_{\text{дем}}}{Q_{\text{заг. 1}}} = \frac{1,9}{3,2} = 0,73 ;$$

- при литті за виплавними моделями

$$\gamma_2 = \frac{Q_{\text{дем}}}{Q_{\text{заг. 2}}} = \frac{1,9}{2,24} = 0,825 .$$

Маса припуску при литті за виплавними моделями буде менше ніж при литті в піщано-глинисті форми.

2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Одержані дані дають можливість виконати техніко-економічне порівняння варіантів одержання заготовки за собівартістю [8]:

$$C_{\text{заг.}} = \left(\frac{S_i}{1000} \cdot Q_{\text{заг.}} \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_n \right) - (Q_{\text{заг.}} - Q_{\text{дем}}) \frac{S_{\text{відх.}}}{1000} \text{ [грн.],} \quad (2.7)$$

де S – базова вартість однієї тони заготовок, грн.;

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

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

Таким чином, вказаний показник:

- при литті в піщано-глинисті форми

$$C_{\text{заг. 1}} = \left(\frac{20600}{1000} \cdot 3,2 \cdot 1,5 \cdot 1,22 \cdot 0,93 \cdot 0,5 \right) - (3,2 - 1,9) \frac{2200}{1000} = 53,24 \text{ (грн.);}$$

- при литті за виплавними моделями

$$C_{\text{заг 2}} = \left(\frac{65850}{1000} \cdot 2,24 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,86 \cdot 0,5 \cdot 0,83 \right) - (2,24 - 1,9) \frac{2200}{1000} = 51,9 \text{ (грн.)}$$

Так як коефіцієнт використання матеріалу заготовки при литті за виплавними моделями вищий, а собівартість нижча, то доцільно прийняти, як остаточний варіант лиття за виплавними моделями. При цьому економічний ефект за рахунок зниження собівартості заготовки буде:

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

$$E_{\text{соб}} = (53,24 - 51,9) \cdot 6000 = 8040 \text{ (грн.)}$$

2.3 Розробка маршруту механічної обробки

2.3.1 Вибір способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності

Визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\emptyset 65\text{H}8^{(+0,046)}$.

Коефіцієнт уточнення складає [1, 2]:

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

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

В якості прикладу виконаємо розрахунки на найбільш точну поверхню – отвір $\emptyset 65\text{H}8^{(+0,046)}$:

$$\varepsilon = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дем}}} = \frac{1100}{46} = 23,9 \approx 24.$$

Приймаємо $\varepsilon_1 = 5$; $\varepsilon_2 = 3$; $\varepsilon_3 = 1,6$.

Тоді

$$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 = 5 \cdot 3 \cdot 1,6 = 24.$$

Розподіл допусків по переходах механічної обробки:

$$T_1 = \frac{T_{\text{заг}}}{\varepsilon_1} = \frac{1100}{5} = 220 \text{ (мкм)} \quad (\text{IT12});$$

$$T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{220}{3} = 73,3 \text{ (мкм)} \quad (\text{IT9});$$

$$T_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{73,3}{1,6} = 45,8 \approx 46 \text{ (мкм)} \quad (\text{IT8}).$$

Призначені такі методи обробки отвору $\text{Ø}65\text{H}8^{(+0,046)}$ – розточування попереднє, попереднє, остаточне (тонке).

Аналогічним чином виконуються розрахунки для інших поверхонь. Вони зведені до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Кількість переходів механічної обробки

Розмір (поверхня)	$\varepsilon = T_{\text{заг}}/T_{\text{дет}}$	Розподіл по переходах механічної обробки	Способи механічної обробки поверхонь деталі
$\text{Ø}65\text{H}8^{(+0,046)}$	$\varepsilon = 1100/46=24$	$5 \cdot 3 \cdot 1,6$	Розточування: попереднє, попереднє, остаточне
$50_{-0,5}$	$\varepsilon = 1000/500=2,0$	2,0	Точити однократно
$60 \pm 0,7$	$\varepsilon = 1000/140=7,14$	$6 \cdot 1,19$	Фрезерувати попередньо, остаточно
$\text{Ø}13$		Напуск	Свердління
14	$\varepsilon = 700/430$	1,6	Фрезерувати однократно
12	$\varepsilon = 700/430$	1,6	Фрезерувати однократно
M12-7H		Напуск	Свердли, нарізати різьбу

2.3.2 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

Чистові бази – обробляються на першій або перших операціях механічної обробки. Такими поверхнями бажано вибирати основні конструкторські бази деталі. Для нашої корпусної деталі чистовими базами повинні бути: площина основи і 2 отвори $\varnothing 13$.

Схема базування на більшості операцій технологічного процесу – рис. 2.3.

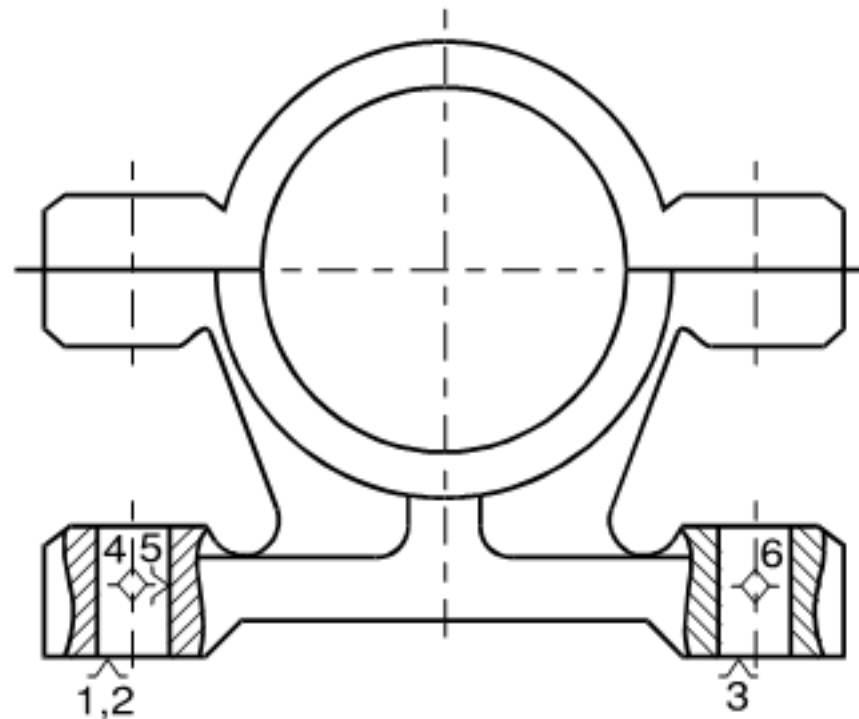


Рисунок 2.3 – Чистові технологічні бази

Вибір чистових баз повинен бути виконаний таким чином, щоб похибка базування на всі одержувані розміри або на більшість була рівною 0. Проаналізуємо, чому дорівнює e_6 .

- $e_{\varnothing 65H8} = 0$; $e_{\varnothing 13} = 0$; $e_{\varnothing 13} = 0$ – діаметральні розміри не залежать від схеми базування, забезпечуються інструментом.

- $e_{60 \pm 0,07} = 0$; $e_{14} = 0$; $e_6 = 0$; $e_6 = 0$ – виконується принцип спів падання баз.

- $e_{12} = 0$ – обробка з одного установу. Спочатку обробляється площина під установку кришки в розмір $60 \pm 0,07$, а після цього відносно розміра $60 \pm 0,07$ обробляється площина в розмір 12.

Таким чином, всі оброблювані розміри мають похибку базування при запропонованій схемі рівною 0.

Чорнові бази – це поверхні, які використовуються для базування на першій (их) операціях технологічного процесу механічної обробки при підготовці чистових баз.

Можливі варіанти – рис. 2.4-2.7.

При виборі чорнових баз вирішуються дві основні задачі:

- зв'язок оброблюваних поверхонь з необроблюваними;
- зняття рівномірного припуску з оброблюваних поверхонь.

Перших 2 схеми (рис. 2.4 і рис. 2.5) вирішують задачу зняття рівномірного припуску з площини, що оброблюється для кріплення кришки і зв'язок необроблюваних бокових поверхонь, з'єднаних розмірами 140 і 45, з оброблюваними.

Третя та четверта схеми (рис. 2.6-2.7) забезпечують також зняття рівномірного припуску з отвору $\varnothing 65H8$, але конструктивно такі схеми реалізувати набагато важче, ніж перших дві.

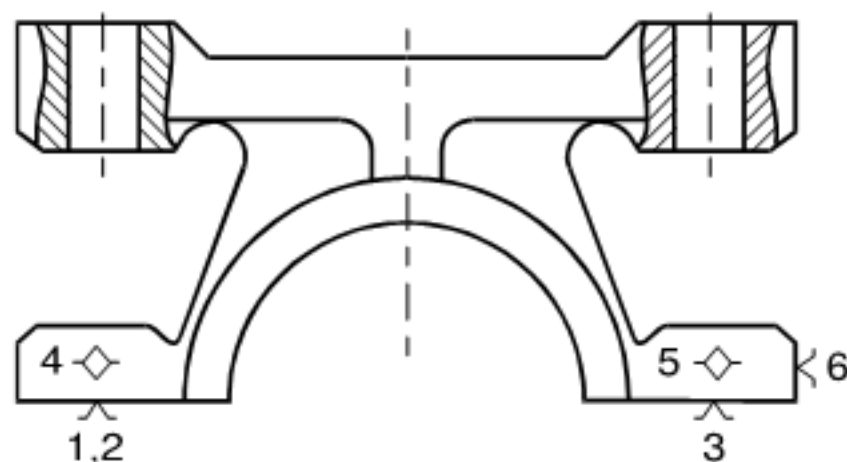


Рисунок 2.4 – Чорнові технологічні бази

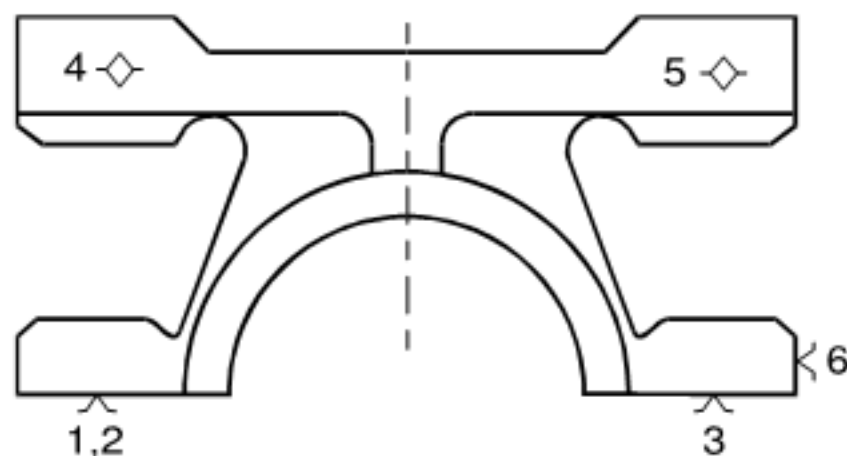


Рисунок 2.5 – Чорнові технологічні бази (2 варіант)

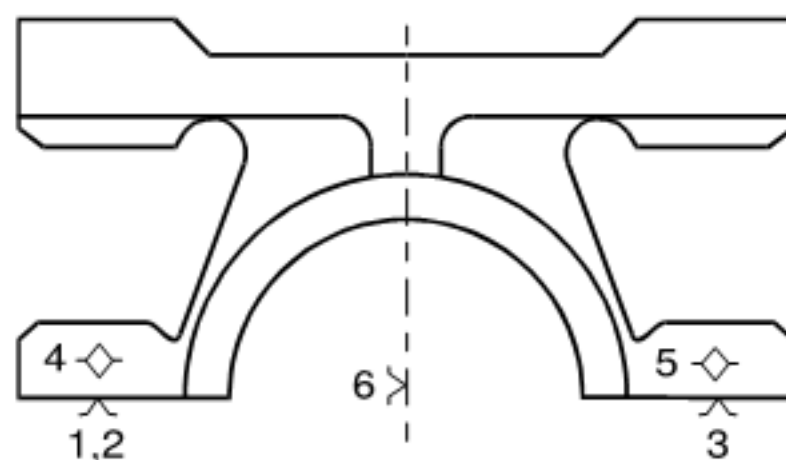


Рисунок 2.6 – Чорнові технологічні бази (3 варіант)

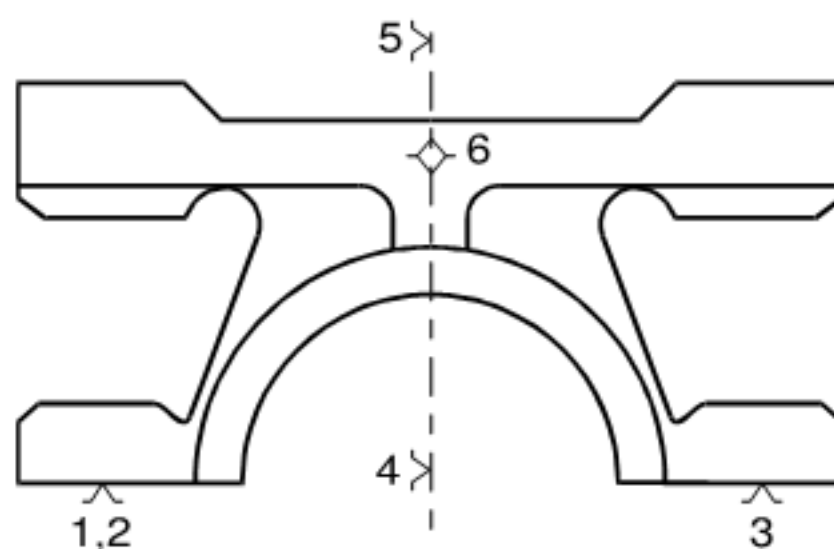


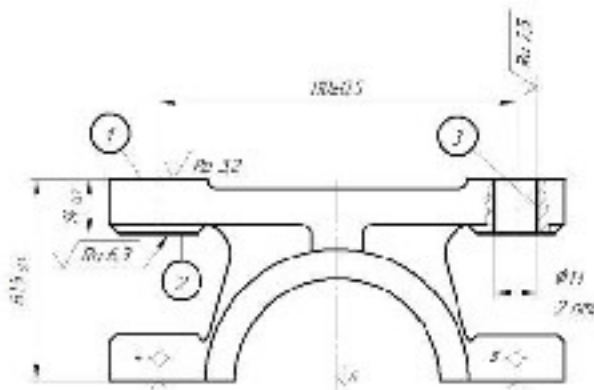
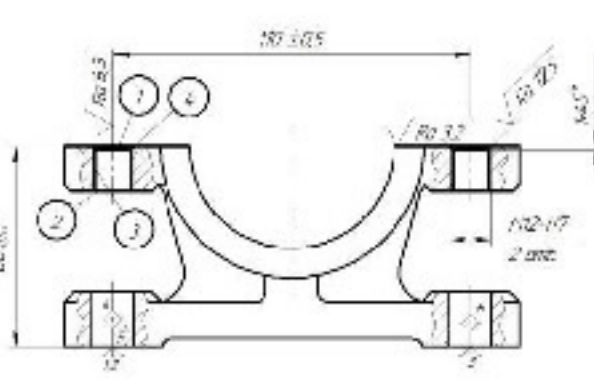
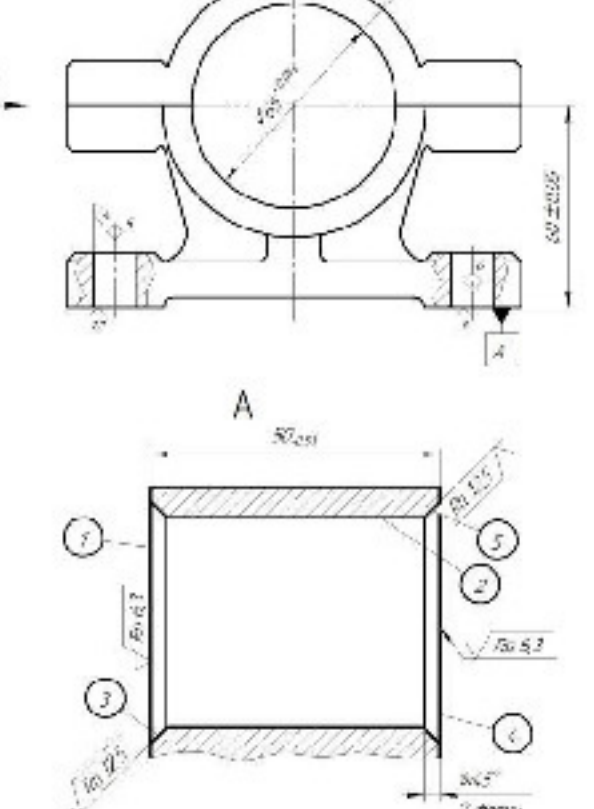
Рисунок 2.7 – Чорнові технологічні бази (4 варіант)

Остаточно приймаємо варіант по рис. 2.6, який реалізувати неважко і при цьому вирішуються вказані задачі (при використанні схеми по рис. 2.7 опори 4, 5 будуть заважати фрезеруванню площин).

2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки

Маршрут механічної обробки деталі типу «Корпус підшипника КП.04.401» показано в таблиці 2.5.

Таблиця 2.8 – Маршрут механічної обробки

№ операції	Назва операції, зміст переходів	Технічний ескіз обробки, слесні позначення	Обладнання
005	Вертикально-фрезерний з ЧПК 1. Встановити, зняти деталь 2. Фрезерувати пов. 1 попередньо в розмір $61,6_{-0,04}^{+0,04}$ 3. Фрезерувати пов. 1 згідно ескизу 4. Фрезерувати пов. 2 згідно ескизу 5. Центрувати 2 отв. 3 6. Сферилити 2 отв. 3 діаметр $\varnothing 12,5_{-0,01}^{+0,01}$ 7. Розвернути 2 отв. 3 в розмір $\varnothing 12,6_{-0,01}^{+0,01}$ 8. Розвернути 2 отв. 3 згідно ескизу		Вертикально-фрезерний з ЧПК 6P13Pp3
010	Вертикальний фрезерний з ЧПК 1. Встановити, зняти деталь 2. Фрезерувати пов. 1 попередньо в розмір $60,34_{-0,01}^{+0,01}$ 3. Фрезерувати пов. 1 згідно ескизу 4. Фрезерувати пов. 2 згідно ескизу 5. Центрувати 2 отв. 3 6. Сферилити 2 отв. 3 діаметр $\varnothing 11_{-0,01}^{+0,01}$ 7. Зенкерувати 2 фраски 4 згідно ескизу 8. Навізати різьбу згідно ескизу		Вертикально-фрезерний з ЧПК 6P13Pp3
015	Складальна		
020	Токарна з ЧПК 1. Встановити, зняти деталь 2. Точити пов. 1 в розмір $51,2_{-0,02}^{+0,02}$ 3. Розточити пов. 2 в розмір $64,45_{-0,02}^{+0,02}$ 4. Розточити пов. 2 в розмір $64,85_{-0,02}^{+0,02}$ 5. Розточити пов. 2 згідно ескизу 6. Точити фаску 3 7. Точити пов. 4 згідно ескизу 8. Точити фаску 5		Токарний верстат з ЧПК 16K20T1

2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

- Вибір розташування технологічних розмірів

Розміщення технологічних розмірів залежить від вибраної схеми базування.

При розробці схеми базування необхідно зводити похибку базування до мінімуму, а краще, щоб вона була рівною 0. Цього можна досягти тоді, коли співпадають конструкторські і технологічні бази, а також при обробці поверхонь, які оброблюються з одного установа. Тому технологічні розміри також необхідно проставляти від поверхонь, які в подальшому будуть використовуватися, як конструкторські бази.

- Попереднє визначення допусків технологічних розмірів.

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

При чорновій обробці отримуємо 12 квалітет точності, при чистовій 9-10 квалітет. При шліфування 6-7 квалітет.

Допуски розмірів заготовки визначаємо по ГОСТ 7505-89.

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

Значення допусків технологічних розмірів зводимо в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Допуски технологічних розмірів

Технологічний розмір	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Допуск, мм	0,19	0,074	0,055	0,19	0,074	0,055
	11 кв.	9 кв.	9 кв.	11 кв.	9 кв.	9 кв.

B6'	B7	B8
0,13	0,074	0,046
11 кв.	9 кв.	8 кв.

- Розмірна схема технологічного процесу

Розмірна схема технологічного процесу показана на рис. 2.8.

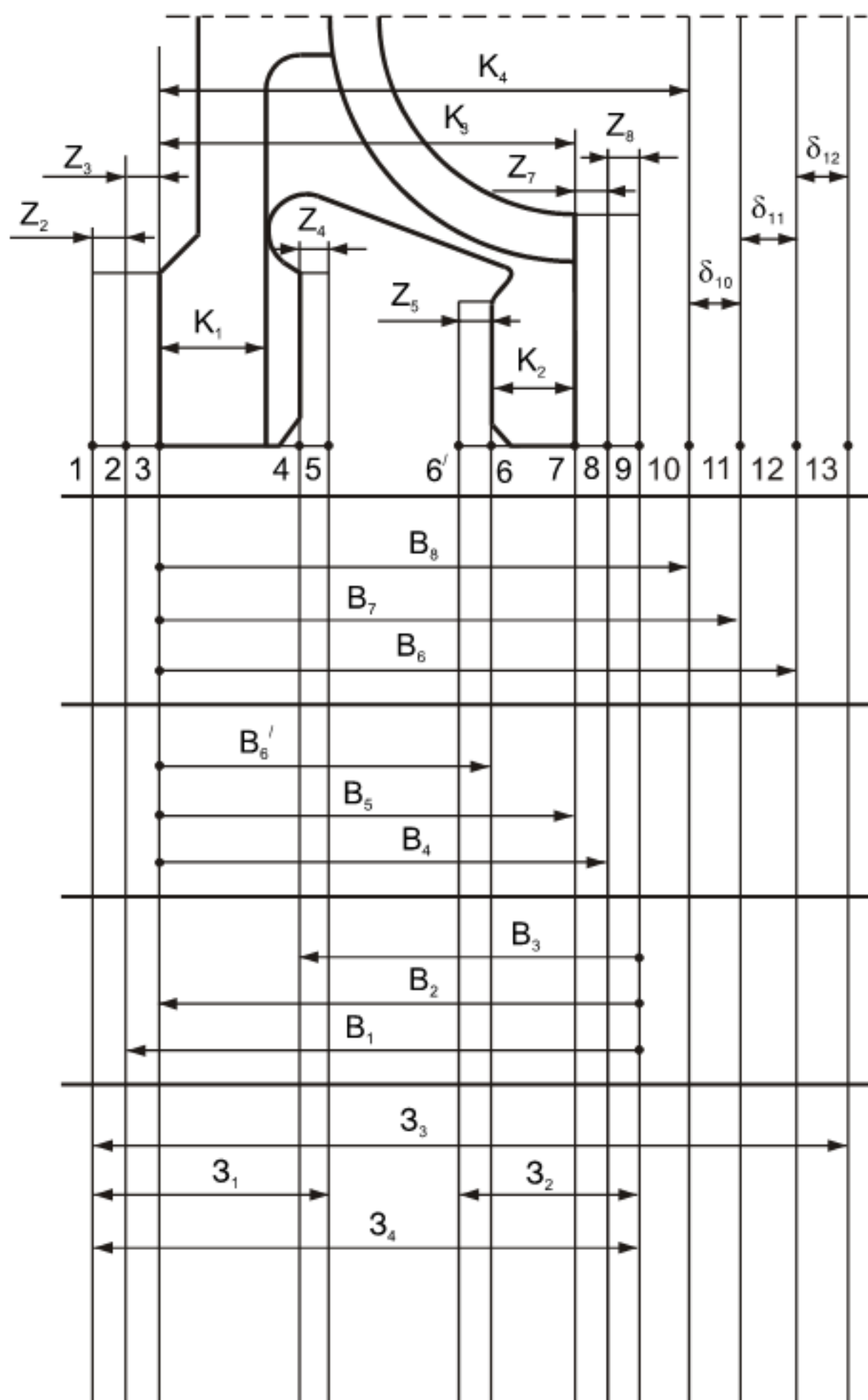


Рисунок 2.8 – Розмірна схема технологічного процесу

- Похідний, вихідний, суміщений графи. Побудова графів технологічного процесу

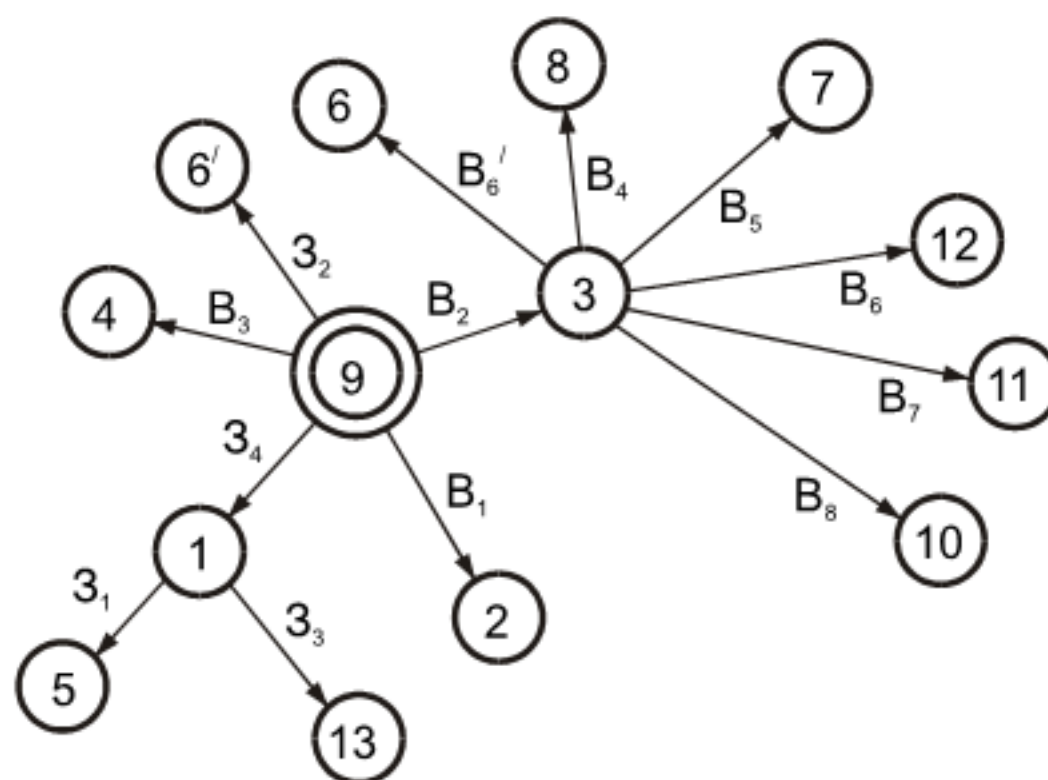


Рисунок 2.9 – Похідний граф-дерево

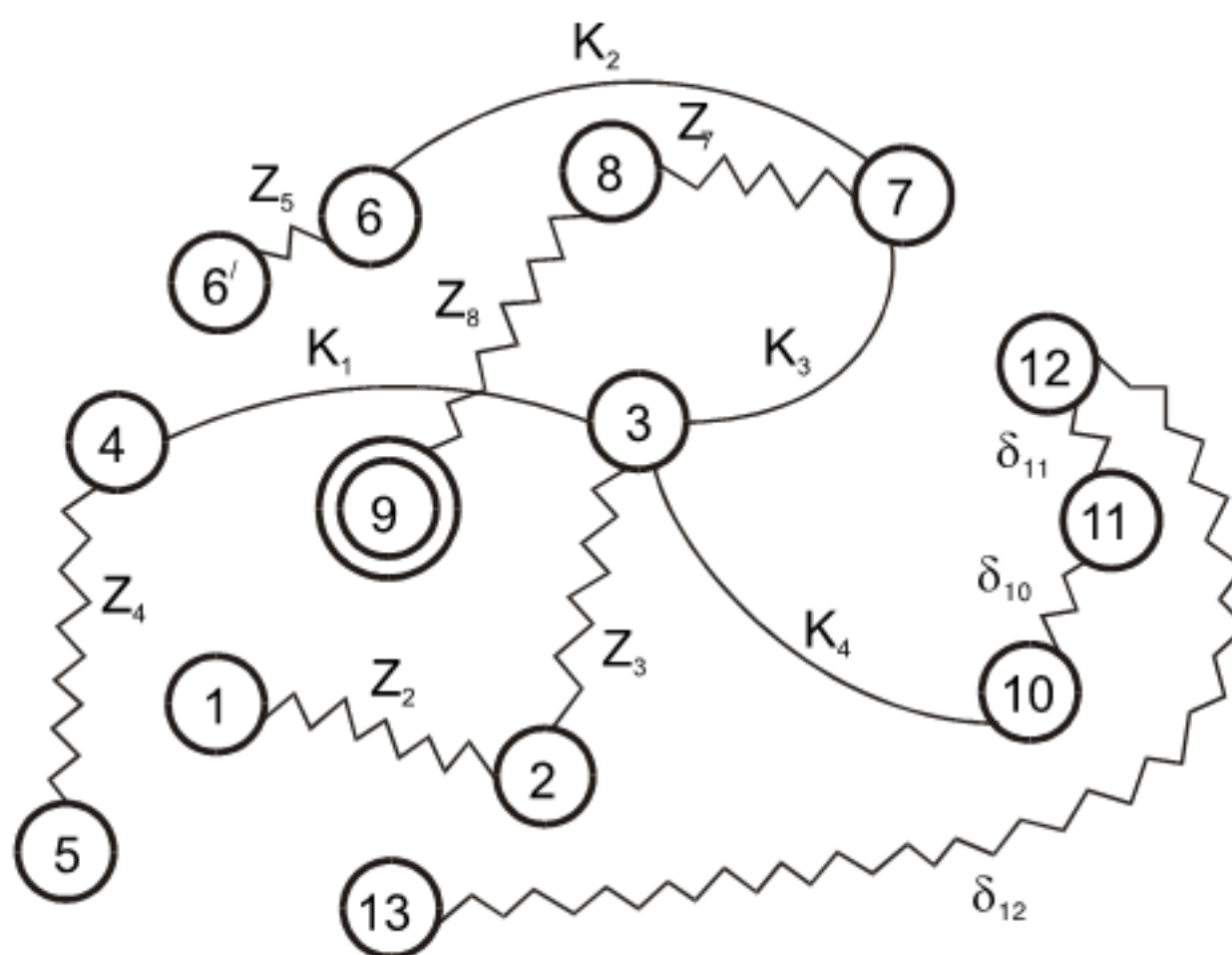


Рисунок 2.10 – Вихідний граф-дерево

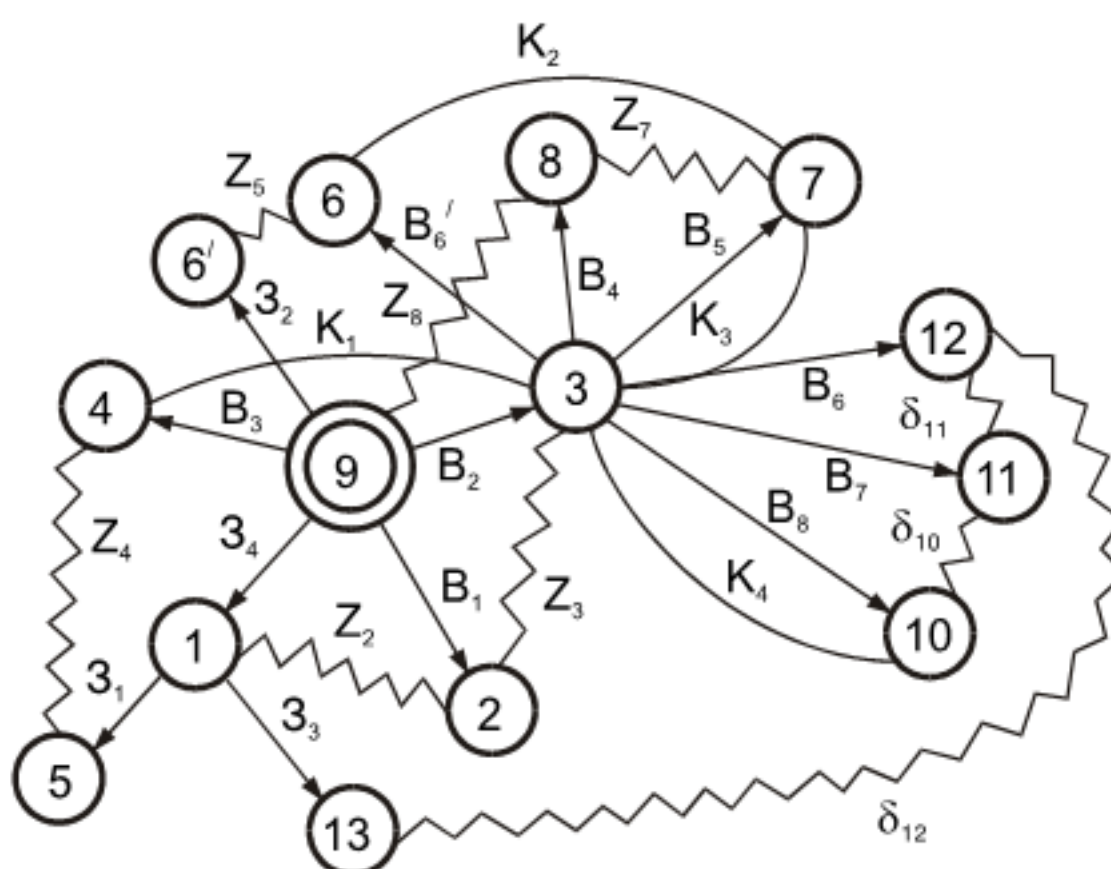


Рисунок 2.11 – Суміщений граф

- Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Таблиця 2.10 – Мінімальні припуски на механічну обробку [13]

Розмір (поверхня)		Zmin	Методи обробки
60±0,07	верхня площина	1	Попереднє фрезерування
		0,2	Остаточне фрезерування
	нижня площина	1	Попереднє фрезерування
		0,2	Остаточне фрезерування
14	верхня площина	1,2	Попереднє фрезерування Остаточне фрезерування
	нижня площина	1,1	Однократне фрезерування
12	верхня площина	1,2	Попереднє фрезерування Остаточне фрезерування
	нижня площина	1,1	Однократне фрезерування
60±0,05		1,2	Розточування попереднє
		0,7	Розточування попереднє
		0,3	Розточування остаточно

- Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Рівняння технологічних розмірних ланцюгів показані в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідомий розмір
1	$B_8 - K_4 = 0$	$K_4 = B_8$	B_8
2	$B_7 - B_8 + \delta_{10} = 0$	$\delta_{10} = -B_8 + B_7$	B_7
3	$B_7 + \delta_{11} - B_6 = 0$	$\delta_{11} = B_6 - B_7$	B_6
4	$K_2 - B'_6 - K_3 = 0$	$B'_6 = K_3 - K_2$	B'_6
5	$K_3 - B_5 = 0$	$K_3 = B_5$	B_5
6	$B_5 + Z_7 - B_4 = 0$	$Z_7 = B_4 - B_5$	B_4
7	$B_4 + Z_8 - B_2 = 0$	$Z_8 = B_2 - B_4$	B_2
8	$B_2 - K_1 - B_3 = 0$	$K_1 = B_2 - B_3$	B_3
9	$Z_3 + B_2 - B_1 = 0$	$Z_3 = B_1 - B_2$	B_1
10	$Z_2 + B_1 - Z_4 = 0$	$Z_2 = Z_4 - B_1$	Z_4
11	$B_6 + \delta_{12} - Z_3 = 0$	$\delta_{12} = Z_3 - B_6$	Z_3
12	$Z_4 - B_3 - Z_1 + Z_4 = 0$	$Z_4 = Z_1 - Z_4 + B_3$	Z_1
13	$K_2 - B_5 - Z_2 + B_2 = 0$	$K_2 = Z_2 - B_2 + B_5$	Z_2

- Визначення технологічних розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків

Використовуючи суміщений граф (рис. 2.11) і рівняння технологічних ланцюгів (табл. 2.6) виконуємо розрахунки. Згідно креслення деталі конструкторські розміри K_1, K_2, K_3, K_4 .

$$K_1 = 14_{-0,43}; K_2 = 12_{-0,43}; K_3 = 60 \pm 0,07; K_4 = 60 \pm 0,05.$$

$$1. B_8^{\min} = K_4^{\min} = 59,95 \text{ мм};$$

$$B_8^{\max} = K_4^{\max} = 60,05 \text{ мм};$$

$$B_8 = 60 \pm 0,05 \text{ мм}.$$

$$2. \delta_{10}^{\min} = B_7^{\min} - B_8^{\max}$$

$$\delta_{10}^{\max} = B_7^{\max} - B_8^{\min} = 60,087 - 59,95 = 0,137 \text{ (мм)};$$

$$B_7^{\min} = \delta_{10}^{\min} + B_8^{\max} = 0 + 60,05 = 60,05 \text{ (мм)};$$

$$B_7^{\max} = 60,05 + 0,074 = 60,124 \text{ (MM)};$$

$$B_7 = 60,087 \pm 0,037 \text{ MM};$$

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

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

$$B_6^{\min} = \delta_{11}^{\min} + B_7^{\max} = 0 + 60,124 \text{ (MM)};$$

$$\delta_{11}^{\max} = 60,674 - 60,05 = 0,642 \text{ (MM)};$$

$$B_6 = 60,4 \pm 0,275 \text{ MM.}$$

$$4. B_6^{\prime \min} = K_3^{\min} - K_2^{\max};$$

$$B_6^{\prime \max} = K_3^{\max} - K_2^{\min};$$

$$B_6^{\prime \min} = K_3^{\min} - K_2^{\max} = 59,03 - 12 = 47,03 \text{ (MM)};$$

$$B_6^{\prime \max} = K_3^{\max} - K_2^{\min} = 60,07 - 11,57 = 48,5 \text{ (MM)};$$

$$B_6' = 47,765 \pm 0,735 \text{ MM.}$$

$$5. B_5^{\min} = K_3^{\min} = 59,95 \text{ MM};$$

$$B_5^{\max} = K_3^{\max} = 60,07 \text{ MM};$$

$$B_5 = 60 \pm 0,07 \text{ MM.}$$

$$6. Z_7^{\min} = B_4^{\min} - B_5^{\max};$$

$$Z_7^{\max} = B_4^{\max} - B_5^{\min};$$

$$B_4^{\min} = Z_7^{\min} + B_5^{\max} = 0,2 + 60,07 = 60,27 \text{ (MM)};$$

$$B_4^{\max} = 60,27 + 0,074 = 60,344 \text{ (MM)};$$

$$Z_7^{\max} = 60,344 - 59,93 = 0,414 \text{ (MM)};$$

$$B_5 = 60,344_{-0,074} \text{ MM.}$$

$$7. Z_8^{\min} = B_2^{\min} - B_4^{\max};$$

$$Z_8^{\max} = B_2^{\max} - B_4^{\min};$$

$$B_2^{\min} = Z_8^{\min} + B_4^{\max} = 1,0 + 60,344 = 61,344 \text{ (MM)};$$

$$B_2^{\max} = 61,344 + 0,074 = 61,418 \text{ (MM)};$$

$$Z_8^{\max} = 61,418 - 60,27 = 1,148 \text{ (MM)};$$

$$B_2 = 60,5_{-0,074} \text{ MM.}$$

$$8. K_1^{\max} = B_2^{\max} - B_3^{\min} ;$$

$$K_1^{\min} = B_2^{\min} - B_3^{\max} ;$$

$$B_3^{\min} = B_2^{\max} - K_1^{\max} = 61,418 - 14 = 47,418 \text{ (MM)};$$

$$B_3 = 47,45 \pm 0,0275 \text{ MM.}$$

$$9. Z_3^{\min} = B_1^{\min} - B_2^{\max} ;$$

$$Z_3^{\max} = B_1^{\max} - B_2^{\min} ;$$

$$B_1^{\min} = Z_3^{\min} + B_2^{\max} = 0,2 + 61,418 \text{ (MM)};$$

$$B_1^{\max} = 61,618 - 0,19 = 61,808 \text{ (MM)};$$

$$Z_3^{\max} = 61,808 - 61,344 = 0,464 \text{ (MM)};$$

$$B_1 = 61,808_{-0,19} \text{ MM.}$$

$$10. Z_2^{\min} = 3_4^{\min} - B_1^{\max} ;$$

$$Z_2^{\max} = 3_4^{\max} - B_1^{\min} ;$$

$$3_4^{\min} = B_1^{\max} + Z_2^{\min} = 61,808 + 1,0 = 62,808 \text{ (MM)};$$

$$3_4^{\max} = 62,808 + 1,0 = 63,808 \text{ (MM)};$$

$$Z_2^{\max} = 63,808 - 61,618 = 2,19 \text{ (MM)};$$

$$3_4 = 63,808_{-0,1} \text{ MM.}$$

$$11. \delta_{12}^{\min} = 3_3^{\min} - B_6^{\max} ;$$

$$\delta_{12}^{\max} = 3_3^{\max} - B_6^{\min} ;$$

$$3_3^{\min} = \delta_{12}^{\min} + B_6^{\max} = 0 + 60,674 = 60,674 \text{ (MM)};$$

$$3_3^{\max} = 60,674 + 1,0 = 61,674 \text{ (MM)};$$

$$\delta_{12}^{\max} = 61,15 - 60,000 = 0,07 \text{ (MM)};$$

$$3_3 = 61,674_{-1,0} \text{ MM.}$$

$$12. Z_4^{\min} = 3_1^{\min} - 3_4^{\max} + B_3^{\min} ;$$

$$Z_4^{\max} = 3_1^{\max} - 3_4^{\min} + B_3^{\max} ;$$

$$3_1^{\min} = Z_4^{\min} + 3_4^{\max} - B_3^{\min} = 1,1 + 63,808 - 47,418 = 17,49 \text{ (MM)};$$

$$3_1^{\max} = 17,49 + 0,7 = 18,19 \text{ (MM)};$$

$$Z_4^{\max} = 18,19 - 62,808 + 47,473 = 2,855 \text{ (MM)};$$

$$Z_1 = 18,19_{-0,7} \text{ мм.}$$

$$13. K_2^{\min} = Z_2^{\min} - B_2^{\max} + B_5^{\min};$$

$$K_2^{\max} = Z_2^{\max} - B_2^{\min} + B_5^{\max};$$

$$Z_2^{\min} = K_2^{\min} + B_2^{\max} - B_5^{\min} = 11,57 + 61,418 - 59,93 = 13,058 \text{ (мм);}$$

$$Z_2^{\max} = 13,058 + 0,7 = 13,758 \text{ (мм);}$$

$$Z_2 = 13,758_{-0,7} \text{ мм.}$$

Одержані результати заносимо до таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Значення припусків та допусків

Припуски		Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_7	Z_8	δ_{10}	δ_{11}	δ_{12}
Грвничні значення	Zmin	1,0	0,2	1,1	1,1	0,2	1,0	0	0	0
	Zmax	2,2	0,46	2,86	2,7	0,414	1,15	0,14	0,624	2,7

Висновки. В результаті розрахунку розмірних ланцюгів визначені значення максимальних припусків, технологічні розміри, а також допуски технологічних розмірів, що забезпечують виконання конструкторських розмірів згідно креслення деталі.

2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

Визначення розрахунково-аналітичним методом припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 65\text{H}8^{(+0,046)}$.

Для розрахунків використовуємо методику, приведену в [1].

Переходи механічної обробки поверхні $\varnothing 65\text{H}8^{(+0,046)}$:

- попереднє розточування;
- попереднє розточування;
- остаточне (тонке) розточування.

Записуємо значення R_z і T [1].

Таблиця 2.13 – Значення R_z і T

	R_z , мкм	T , мкм
Попереднє розточування	50	50
Попереднє розточування	30	30
Остаточне розточування	3	–
Заготовка (лиття за виплавними моделями)	30	170

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

де $\rho_{\text{кор}}$ – жолоблення поверхні виливка;

$\rho_{\text{зм}}$ – зміщення осі отвору заготовки відносно осі зовнішнього контура $\varnothing 73$ мм.

Жолоблення в осьовому напрямку

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_K \cdot L \text{ [мкм]}, \quad (2.11)$$

$$\Delta_K = 0,7 \div 1 \text{ мкм/мм};$$

$$\rho_{\text{кор}1} = 1 \cdot 52,4 = 52,4 \text{ (мкм)}.$$

Жолоблення в діаметральному напрямку

$$\rho_{\text{кор}2} = \Delta_K \cdot d = 1 \cdot 65 = 65 \text{ (мкм)}; \quad (2.12)$$

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{кор}1}^2 + \rho_{\text{кор}2}^2} = \sqrt{52,4^2 + 65^2} = 83,4 \text{ (мкм)}. \quad (2.13)$$

$\rho_{\text{зм}} = 0,4 \text{ мм} = 400 \text{ мкм}$ ($\rho_{\text{зм}}$ визвано перекосом, зміщенням стержня) [1, 8].

$$\rho = \sqrt{83,4^2 + 400^2} \approx 400,7 = 0,4007 \text{ (мм)}. \quad (2.14)$$

$$\rho_{\text{чорн. розточ.}} = K_y \cdot \rho_{\text{зм}} \text{ [1]};$$

$$\rho_{\text{чорн. розточ.}} = 0,06 \cdot 400 = 24 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_{\text{чист. розточ.}} = 0,04 \cdot 24 = 1 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_{\text{тонк. розточ.}} = 0,04 \cdot 1 = 0,04 \text{ (мкм)}.$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2} \text{ [мкм]}. \quad (2.15)$$

Похибка базування в даному випадку виникає за рахунок перекосу заготовки в горизонтальній площині при встановленні її на штирі пристосування. Перекос при цьому відбувається через наявність зазорів між найбільшим діаметром установочних отворів і найменшим діаметром штирів.

Найбільший зазор між отворами і штирями

$$S_{\max} = d_A + d_B + S_{\min} \text{ [мм]}, \quad (2.16)$$

де d_A – допуск на отвір: $d_A = 15 \text{ мкм} = 0,015 \text{ мм}$;

d_B – допуск на діаметр штиря: $d_B = 15 \text{ мкм} = 0,015 \text{ мм}$;

$S_{\min}$ – мінімальний зазор між діаметрами штиря і отвору:

$$S_{\min} = 13 \text{ мкм} = 0,013 \text{ мм}.$$

Тоді найбільший кут повороту заготовки на штирях може бути знайдений з співвідношення найбільшого зазору при повороті в одну сторону від середнього положення до відстані між базовими отворами:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,015 + 0,015 + 0,013}{\sqrt{70^2 + 80^2}} = 0,0004.$$

Похибка базування на довжині оброблюваного отвору 1

$$\varepsilon_6 = 1 \cdot \operatorname{tg} \alpha = 50 \cdot 0,0004 = 0,02 = 20 \text{ (мкм)}.$$

При чорновому розточуванні $\varepsilon_{6 \text{ } \phi 65H8} = 20 \text{ мкм}$.

При установці на опорні пластинки і 2 пальці по чисто обробленій поверхні основи:

$$\varepsilon_3 = 60 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{10} \right) T [7]; \quad (2.17)$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{1}{6} \cdot T = \frac{1}{6} \cdot 220 = 36,6 \text{ (мкм)}.$$

де $T = 220$ мкм по 12-13 квалітету, що буде забезпечений при чорновому розточуванні.

$$\varepsilon_y = \sqrt{20^2 + 60^2 + 36,6^2} = 73 \text{ (мкм)}.$$

ε_y на чистовому і тонкому розточуванні дорівнює 0, тому що обробка в подальшому ведеться з того ж установу (операція 015). Одержані значення записуємо в таблицю 2.14.

Таблиця 2.14 – Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічних переходах на обробку отвору $\varnothing 65\text{H}8^{(+0,046)}$

Технологічні переходи обробки $\varnothing 65\text{H}8^{(+0,046)}$	Елементи припуска, мкм				Допуск d , мм	Розрахун-ковий припуск, $2Z_{\text{min}}$, мкм	Розрахун-ковий розмір, мм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мм	
	R_z	T	ρ	ε				d_{max}	d_{min}	$2Z_{\text{min}}$	$2Z_{\text{max}}$
Заготовка	30	170	400	—	1100		63,464	63,464	62,364		
Розточування											
чорнове	50	50	24	73	220	1212	64,676	64,676	64,456	1,212	2,092
чистове	30	30	1	—	74	248	64,924	64,924	64,85	0,248	0,394
тонке	3	—	—	—	46	122	65,046	65,046	65,00	0,122	0,15

Визначаємо розрахункові мінімальні припуски на обробку по всіх технологічних переходах:

$$2Z_{\text{min}} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ [мкм]}, \quad (2.18)$$

При попередньому розточуванні:

$$2Z_{\min} = 2(30 + 170 + \sqrt{400^2 + 73^2}) = 1212 \text{ (мкм)}.$$

При попередньому розточуванні:

$$2Z_{\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{24^2 + 0^2}) = 248 \text{ (мкм)}.$$

При остаточному розточуванні:

$$2Z_{\min} = 2(30+30+1) = 122 \text{ (мкм)}.$$

Максимальні розрахункові розміри

- остаточне розточування: 65,046 мм;
- попереднє розточування: 65,046–0,122 = 64,924 (мм);
- попереднє розточування: 64,924–0,248 = 64,676 (мм);
- заготовка: 64,676–1,212 = 63,464 (мм).

Мінімальні граничні розміри

- попереднє розточування: 64,676–1,1 = 62,364 (мм);
- попереднє розточування: 64,676–0,22 = 64,456 (мм);
- остаточне розточування: 65,046–0,46 = 65 (мм).

Значення припусків.

Попереднє розточування:

$$Z_{\max} = 64,456 - 62,364 = 2,092 \text{ (мм)};$$

$$Z_{\min} = 64,676 - 63,464 = 1,212 \text{ (мм)}.$$

Попереднє розточування:

$$Z_{\max} = 64,85 - 64,456 = 0,394 \text{ (мм)};$$

$$Z_{\min} = 64,924 - 64,676 = 0,248 \text{ (мм)}.$$

Остаточне розточування:

$$Z_{\max} = 65,00 - 64,85 = 0,15 \text{ (мм)};$$

$$Z_{\min} = 65,046 - 64,924 = 0,122 \text{ (мм)}.$$

Перевірка

$$2Z_{i\max} - 2Z_{i\min} = \delta_{i-1} - \delta_i.$$

Попереднє розточування:

$$2,092 - 1,212 = 1,1 - 0,22;$$

$$0,88 = 0,88.$$

Попереднє розточування:

$$0,394 - 0,248 = 0,22 - 0,074;$$

$$0,146 = 0,146.$$

Остаточне розточування:

$$0,15 - 0,122 = 0,074 - 0,046;$$

$$0,028 = 0,028.$$

Перевірка показала вірність виконаних розрахунків.

Будуємо схему графічного розміщення припусків і допусків на обробку отвору $\varnothing 65H8^{(+0,046)}$ (рис. 2.12).

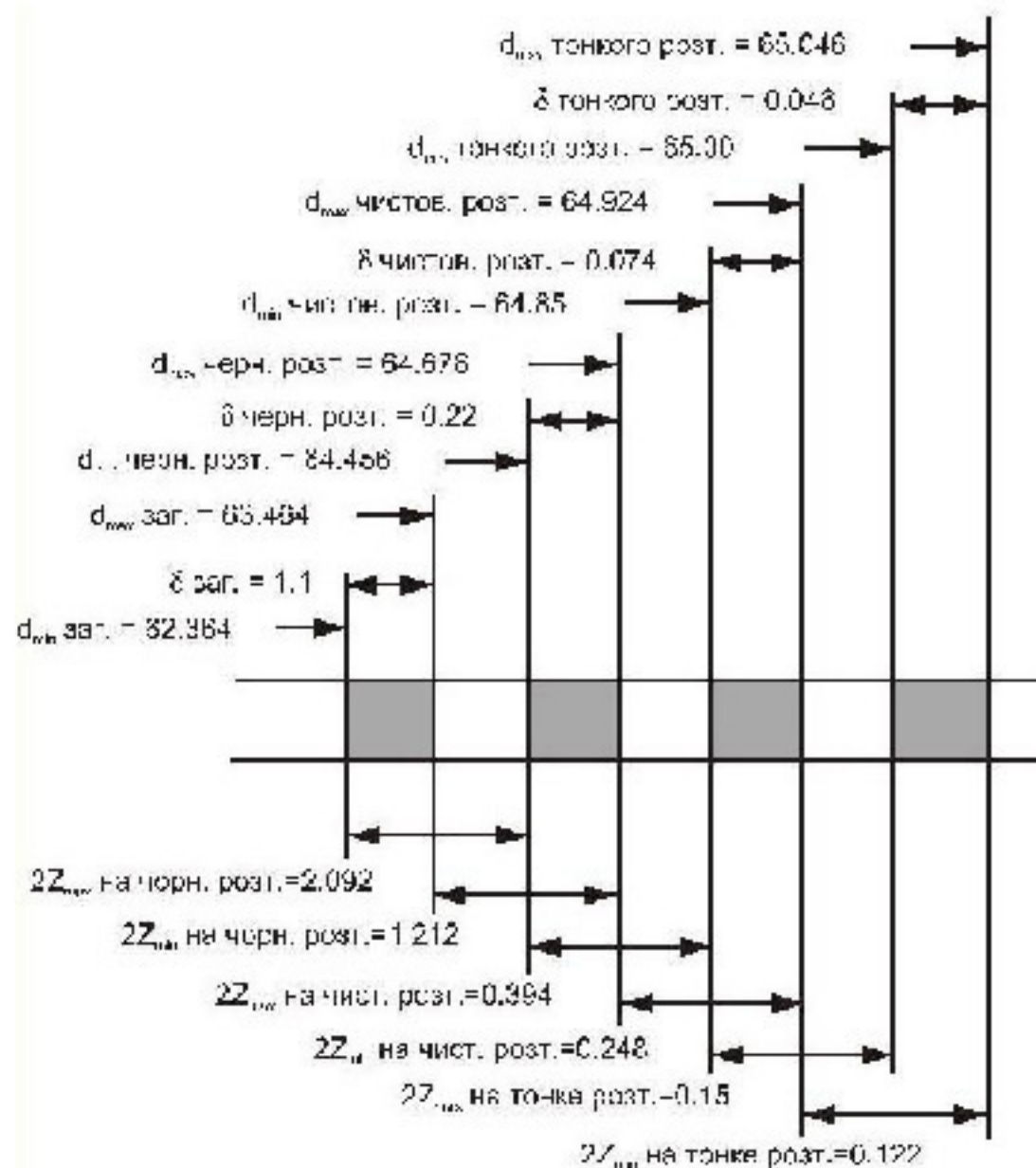


Рисунок 2.12 – Схема графічного розміщення припусків і допусків на обробку отвору $\varnothing 65H8^{(+0,046)}$

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

Циліндричні поверхні, що підлягають обробці, крім $\varnothing 65H8$ – це отвір $\varnothing 13$ і отвір різбовий M12-7H. $\varnothing 13$ і отвір під M12-7H в заготовці не виготовляються. $\varnothing 13$ по технологічному процесу необхідно свердлити, розвернути попередньо, розвернути остаточно.

Табличні значення припусків на розвертання:

$Z_{\min}$ чистове - 0,2 мм;

чорнове - 0,8 мм;

$Z_{\max}$ чистове - $0,2+0,043 = 0,243$ (мм);

чорнове - $0,8+0,11 = 0,91$ (мм).

Тоді при свердлінні глибина різання розраховується:

$$13 - (2 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,2) = 11 \text{ (мм)};$$

$$t = 11/2 = 5,5 \text{ (мм)}.$$

Для отвору під різьбу M12-7H припуск при нарізанні різьби 0,5 мм.

Припуск на свердління:

$$12 - 2 \cdot 0,5 = 11 \text{ (мм)}.$$

Глибина різання:

$$t = 11/2 = 5,5 \text{ (мм)}.$$

2.3.6 Визначення режимів різання

Площина основи обробляється фрезеруванням: попереднє, остаточне. Більша потужність витрачається при попередньому фрезеруванні, тому перевірку потужності верстата потрібно вести по цьому переходу.

Розрахунок режимів різання на попереднє фрезерування площини основи [1, 14-16].

Вибираємо фрезу і встановлюємо її геометричні параметри.

Приймаємо торцеву фрезу із вставними призматичними зубцями, що оснащені пластинками із твердого сплаву T15K6. Діаметр торцьової фрези вибираємо в залежності від ширини фрезеруємої поверхні В.

Орієнтовно $D = (1,25 \div 1,5)B$ [1, 14-16], тоді $D = 1,5 \cdot 50 = 75$ мм, приймаємо стандартний діаметр фрези $D = 100$ мм [1, 14-16] з числом зубців $Z = 8$, $j = 60^\circ$, $\alpha = 12^\circ$, $\gamma = -5^\circ$, $i = 5^\circ$, $j_i = 5^\circ$.

Встановлюємо глибину різання. Припуск (максимальний) складає при попередньому фрезеруванні

$$Z_{\max} = 1,2 \text{ мм}.$$

Призначаємо подачу на зуб фрези [1, 14-16]. Для сталі, твердого сплаву T15K6, потужності верстата 7,5 кВт (6P13PФ) [1, 14-16]

$$S = 0,18 \dots 0,22 \text{ мм/зуб.}$$

Приймаємо $S_{bz} = 0,2 \text{ мм/зуб.}$

Поправочний коефіцієнт на подачу [1, 14-16] $K_{jsz} = 1$, так як кут $j = 60^\circ$.
Таким чином, прийняте значення $S_{bz} = 0,2 \text{ мм/зуб}$ не змінюється.

Призначаємо період стійкості фрези [1, 14-16]. Для торцьової фрези з твердого сплаву діаметром $D = 100 \text{ мм}$ рекомендується період стійкості $T = 180 \text{ хв.}$ Допустиме зношування зубців фрези по задній поверхні $h_3 = 1,2 \text{ мм.}$

Визначаємо швидкість головного руху, що допускається ріжучими властивостями фрези [1, 14-16]

$$v_{\text{табл}} = 194 \text{ м/хв.}$$

Враховуємо поправочні коефіцієнти на швидкість різання $K_{Mv} = 1,12$ (матеріал заготовки), $K_{Пv} = 0,9$ (стан поверхні – лита заготовка).

$$V_{\text{розр}} = V_{\text{табл}} \cdot K_{Mv} \cdot K_{Пv} = 194 \cdot 1,12 \cdot 0,9 = 195,5 \text{ (м/хв.)} \quad (2.19)$$

Частота обертання шпинделя.

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 195,6}{3,14 \cdot 100} = 556 \text{ (об/хв.)}$$

Корегуємо частоту обертання шпинделя по даних верстата $n_d = 500 \text{ об/хв.}$ [1, 14-16].

Дійсна швидкість головного руху різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 500}{1000} \approx 170 \text{ (м/хв.)} \quad (2.20)$$

Визначимо швидкість подачі (хвилинна подача):

$$v = S_M = S_z Z \cdot n_d = 0,2 \cdot 8 \cdot 500 = 800 \text{ (мм/хв.)}$$

Корегуємо цю величину по даних верстата [1, 14-16]

$$V_d = 800 \text{ мм/хв.}$$

Визначаємо потужність, що витрачається на різання [1, 14-16]. $N_{\text{табл}} = 6,3 \text{ кВт}$.
Враховуючи поправковий коефіцієнт на потужність $K_{fN} = 0,95$:

$$N_{\text{різ}} = N_{\text{табл}} \cdot K_{fN} = 6,3 \cdot 0,95 = 6,0 \text{ (кВт)} \quad (2.21)$$

Перевіряємо, чи достатня потужність приводу верстату. Необхідне виконання умови $N_{\text{різ}} \leq N_{\text{шп}}$. Потужність на шпинделі верстата

$$N = N_d \cdot h \text{ [кВт]}.$$

У верстата 6Р13РФ3 $N_d = 7,5 \text{ кВт}$ при $h = 0,8$.

$$N_{\text{шп}} = 7,5 \cdot 0,8 = 6,4 \text{ (кВт)}.$$

Таким чином, обробка можлива $6,4 \text{ кВт} > 6,0 \text{ кВт}$.

Обробка отворів Ø13 ведеться в такій послідовності: свердління Ø11 мм, розвертання попереднє до Ø12,6 мм, розвертання остаточне до Ø13 мм. Найбільша потужність необхідна при свердлінні Ø11 мм. Тому розрахунки виконаємо для цього переходу механічної обробки.

Верстат, як і в попередніх розрахунках, 6Р13РФ3.

Глибина різання

$$t = d/2 = 11/2 = 5,5 \text{ (мм)}.$$

Подача $S = 0,14 \div 0,18$ [1, 14-16]

$$S_B = 0,16 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання $v_{\text{табл}} = 32$ м/хв. [1, 14-16]

$$V_D = V_{\text{табл}} \cdot K_{Mv} = 32 \cdot 0,6 = 19,2 \text{ (м/хв.)} \quad (2.22)$$

Частота обертання

$$n_d = \frac{1000 \cdot V_d}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 19,2}{3,14 \cdot 11} = 555,8 \text{ (об/хв.)}$$

Приймаємо $n_{\text{верст}} = 500$ об/хв. [1, 14-16]

Швидкість різання

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 11 \cdot 500}{1000} = 17,27 \text{ (м/хв.)}$$

Потужність різання

$$N = 1,0 \text{ кВт [1, 14-16].}$$

$$N_{\text{верст}} = 7,5 \text{ кВт, } N_{\text{шп}} = 7,5 \text{ кВт,}$$

$$6,4 \text{ кВт} > 1,0 \text{ кВт.}$$

Обробка на раніше вибраному верстаті можлива.

Вибір режимів різання по всіх решта операціях і переходах механічної обробки виконуємо аналогічно і результати зводимо в таблицю 2.15.

Таблиця 2.15 – Таблиця режимів різання

Найменування операцій, зміст переходів механічної обробки	t, мм	S, мм/об чи S, мм/зуб	v, м/хв.	n, об/хв.	N, кВт
1	2	3	4	5	6
005 Вертикально-фрезерна з ЧПК					
2 Фрезерування попереднє	2,19	0,2 мм/зуб	170	500	6,0
3 Фрезерування остаточне	2,64	0,12 мм/зуб	125,6	400	2,4
4 Фрезерування остаточне	2,85	0,2 мм/зуб	170	500	4,6
5 Центрування	2,5	0,14	6,28	400	0,3
6 Свердління	5,5	0,16	17,3	500	1,0
7 Розвертання попереднє	0,8	0,12	31,65	800	0,8
8 Розвертання остаточне	0,2	0,08	40,8	1000	0,65
010 Вертикально-фрезерна з ЧПК					
2 Фрезерування попереднє	1,15	0,2 мм/зуб	170	500	6,0
3 Фрезерування остаточне	0,4	0,12 мм/зуб	125,6	400	2,4
4 Фрезерування остаточне	2,7	0,2 мм/зуб	170	500	4,6
5 Центрування	2,5	0,14	6,28	400	0,3
6 Свердління	5,5	0,16	17,3	800	1,0
7 Нарізання різьби	0,5	0,5	15,1	400	0,83
015 Токарна з ЧПК					
2 Точити торець	1,2	0,3	144,4	630	1,7
3 Розточити попередньо	1,04	0,5	128,5	800	1,6
4 Розточити попередньо	0,185	0,4	163,3	1000	1,46
5 Розточити остаточно	0,75	0,2	204,1	1250	1,2
6 Точити фаску	1	0,3	130	630	0,7
7 Точити торець	1,2	0,3	144,4	630	1,7
8 Точити фаску	1	0,2	130	630	0,7

2.3.7 Визначення технічних норм часу

В серійному виробництві норма штучного часу визначається [1, 16]:

$$t_{шт-к} = t_{осн} + t_{доп} + t_{обсл} + t_{відп} + \frac{t_{п-г}}{n} \text{ [хв.]}, \quad (2.23)$$

де $t_{осн}$ – основний час (час різання), хв.;

$t_{доп}$ – допоміжний час, хв.;

$t_{обсл}$ – час на технічне і організаційне обслуговування, хв.;

$t_{відп}$ – час відпочинку, хв.;

$t_{п-з}$ – підготовчо-заключний час, хв;

n – кількість деталей в партії.

Виконаємо розрахунок норми часу на вертикально-фрезерну з ЧПК операцію 005.

Основний час

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

де L – довжина робочого ходу, мм;

i – кількість проходів механічної обробки;

n – частота обертання шпінделя, об/хв.;

S – подача, мм/об.

$$L = l_{обр} + l_{вр} + l_{пер} \text{ [мм]}, \quad (2.25)$$

де $l_{обр}$ – довжина обробки, мм;

$l_{вр}$ – довжина врізання інструмента, мм;

$l_{пер}$ – довжина перебігу інструмента, мм.

Фрезерування пов. 1 попереднє

$$t_{o1} = \frac{140 + 10 + 10}{0.2 \cdot 8 \cdot 500} = 0.2 \text{ (хв.)}$$

Фрезерування пов. 1 остаточне

$$t_{o2} = \frac{140 + 10 + 10}{0.12 \cdot 8 \cdot 400} = 0.4 \text{ (хв.)}$$

Фрезерування пов. 2 остаточне

$$t_{o3} = \frac{140 + 10 + 10}{0.2 \cdot 8 \cdot 500} = 0.2 \text{ (хв.)}$$

Центрування 2 отв. 3

$$t_{o4} = 2 \cdot \frac{5 + 3}{0.14 \cdot 400} = 0.28 \text{ (хв.)}$$

Свердлити 2 отв. 3

$$t_{o5} = 2 \cdot \frac{12 + 3 + 3}{0.16 \cdot 500} = 0.45 \text{ (хв.)}$$

Розвернути 2 отв. 3 попередньо

$$t_{o6} = 2 \cdot \frac{12 + 4 + 4}{0.12 \cdot 800} = 0.416 \text{ (хв.)}$$

Розвернути 2 отв. 3 остаточно

$$t_{o7} = 2 \cdot \frac{12 + 4 + 4}{0.08 \cdot 1000} = 0.5 \text{ (хв.)}$$

$$t_{\text{опт}} = 0.2 + 0.4 + 0.2 + 0.28 + 0.45 + 0.416 + 0.5 = 2.446 \text{ (хв.)}$$

Допоміжний час

$$t_{\text{доп}} = (t_{\text{ус}} + t_3 + t_{\text{упр}} + t_{\text{вим}}) \cdot K \text{ [хв.]}, \quad (2.26)$$

де $t_{\text{ус}}$ – час на установку і зняття деталі, хв.;

t_3 – час на закріплення деталі, хв.;

$t_{\text{упр}}$ – час на керування верстатом, зміну інструменту, хв.;

$t_{\text{вим}}$ – час на вимірювання, хв.;

K – поправковий коефіцієнт на серійність виробництва.

$$t_{yc} = 0.06 \text{ хв. [1]},$$

$$t_3 = 0.07 \text{ хв. [1]},$$

$$t_{ypr} = t_1 + t_2 + t_3 = 0.02 + 0.15 + 0.24 = 0.41 \text{ (хв.)}$$

де t_1 – час на включення і виключення верстата, хв.;

t_2 – час на поворот інструментальної головки на слідуючу позицію, хв.;

t_3 – час на підведення або відведення інструменту, хв.

$$t_{вим} = 0.16/10 = 0.016 \text{ (хв.)};$$

$$t_{доп} = (0.06 + 0.07 + 0.41 + 0.016) \cdot 1.85 = 1.03 \text{ (хв.)}$$

$$t_{обсл} + t_{відп} = 8\% \text{ від } t_{опер} \text{ [1];}$$

$$t_{опер} = t_{осн} + t_{доп} = 2,446 + 1,03 = 3,47 \text{ (хв.)};$$

$$t_{обсл} + t_{відп} = 8\% \text{ від } 3,47 \text{ хв.} = 0,28 \text{ (хв.)}$$

Тоді

$$t_{п-з} = t_{1п-з} + t_{2п-з} + t_{3п-з} = 12 + 7 = 19 \text{ (хв.)}, \text{ [1]}$$

де $t_{1п-з}$ – час на установку пристрою і наладку верстата, хв.;

$t_{2п-з}$ – час на одержання інструмента, пристрою до початку роботи, хв.

$$n = \frac{N \cdot t}{\Phi} \text{ [шт.]}, \quad (2.27)$$

де N – річна програма випуску деталей в штуках;

t – кількість днів запасу деталей на складі (для серійного виробництва 3);

Φ – кількість робочих днів в році, 254 дні.

$$n = \frac{15000 \cdot 6}{254} = 142 \text{ (штук);}$$

$$t_{\text{шт-к}} = 2.446 + 1.03 + 0.28 + 19/593 = 3.78 \text{ (хв.)}$$

На решту операцій технологічного процесу нормування виконуємо аналогічним чином і результати заносимо у зведену таблицю 2.16.

Таблиця 2.16 – Норми часу на виконання операцій

Номер та найменування операції	$t_{\text{осн}}$, хв.	$t_{\text{доп}}$, хв.	$t_{\text{обсл}}$, хв.	$t_{\text{відп}}$, хв.	$t_{\text{п-з}}$, хв.	n	$t_{\text{шт-к}}$, хв.
005 Вертикально-фрезерна з ЧПК	2,446	1,03	0,14	0,14	19	593	3,78
010 Вертикально-фрезерна з ЧПК	2,12	0,96	0,125	0,125	19	593	3,36
015 Токарна з ЧПК	2,62	1,36	0,16	0,16	19	593	4,33

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ПІДШИПНИКА КП.04.401»

3.1 Розрахунок приведеної програми

Для визначення приведеної програми $N_{\text{прив}}$. Скористаємося коефіцієнтом приведення [2, 17]:

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

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

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

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

Коефіцієнт, що враховує різницю в масі оброблюваних деталей, визначається за формулою [2, 17]:

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

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

Коефіцієнт приведення по серійності K_2 визначається за емпіричною формулою

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

де $N_{\text{пр}}$, N_i – програми випуску відповідно розрахункового представника та i -го виробу; $\alpha = 0,15$ – показник степеню для об'єктів легкого та середнього машинобудування;

Коефіцієнт приведення по складності K_3 для подібних деталей може бути визначений

$$K_3 = K_1 \cdot K_2 = \left(\frac{K_{\tau i}}{K_{\tau_{np}}} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{Ra_i}{Ra_{np}} \right)^{\alpha_2}, \quad (3.5)$$

де $K_{\tau i}$ і $K_{\tau_{np}}$ – середні значення квалітетів точності відповідно i -го виробу та розрахункового представника; Ra_i , Ra_{np} – середні значення параметра шорсткості поверхонь Ra відповідно i -го виробу та розрахункового представника; α_1, α_2 – показники степеню, що приймається за рекомендаціями [2, 17].

Результати розрахунку приведеної програми приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Відомість розрахунку приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт.	Маса, кг		Коефіцієнти приведення			Загальний	Приведена програма
		Одного виробу	Річної програми	по масі K_1	по серійності K_2	по складності K_3		
Корпус підшипника КП.04.401	6000	1,9	11400	1	1	1	1	6000
Корпус підшипника КП.4.04.08	6000	1,3	7800	0,77	1	0,95	0,78	4680
Корпус підшипника КП.4.04.09	3500	2,4	8400	1,16	1,07	0,98	1,23	4314
							$N_{np} = 14995$	

Таким чином, попередньо приймаємо величину приведеної програми $N_{np}=15000$ штук. Величина цієї програми може бути збільшена при необхідності підвищення коефіцієнта завантаження обладнання.

3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Необхідна кількість металорізальних верстатів по операціях технологічного процесу механічної обробки визначається за формулою [2, 17]:

$$C = \frac{T_{\text{шт-к}} \cdot N}{60 \cdot F_g} \text{ [шт.]}, \quad (3.6)$$

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

N – програма випуск деталей, шт.;

F_g – фонд роботи обладнання [2, 17];

η_z – нормативний коефіцієнт завантаження; $\eta_z = 0,8$ [2, 17].

Розрахункова та прийнята кількість верстатів на дільниці механічної обробки корпусу підшипника:

Операція 005 – вертикально-фрезерна з ЧПК, верстат 6Р13РФ3

$$C_{P_{005}} = \frac{3,78 \cdot 15000}{60 \cdot 3890} = 0,24 .$$

Приймаємо 1 верстат 6Р13РФ3.

Операція 010 – вертикально-фрезерна з ЧПК, верстат 6Р13РФ3

$$C_{P_{010}} = \frac{3,36 \cdot 15000}{60 \cdot 3890} = 0,22 .$$

Приймаємо 1 верстат 6Р13РФ3.

Операція 015 – токарна з ЧПК, верстат 16К20Т1

$$C_{P_{015}} = \frac{4,33 \cdot 15000}{60 \cdot 3890} = 0,28 .$$

Приймаємо 1 верстат 16K20T1.

Коефіцієнт завантаження верстатів по операціях технологічного процесу:

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

де C_p – розрахункова кількість верстатів

$$\eta_{z_{005}} = \frac{0,24}{1} = 0,24 ;$$

$$\eta_{z_{010}} = \frac{0,22}{1} = 0,22 ;$$

$$\eta_{z_{015}} = \frac{0,28}{1} = 0,28 ;$$

$$\eta_{z_{\text{сер}}} = \frac{0,24 + 0,22 + 0,28}{3} = 0,25 .$$

Коефіцієнт використання за основним часом:

$$\eta_{\text{осн}} = \frac{t_{\text{осн}}}{T_{\text{маш}} - \kappa}; \quad (3.8)$$

$$\eta_{\text{осн}_{005}} = \frac{2,446}{3,78} = 0,65 ;$$

$$\eta_{\text{осн}_{010}} = \frac{2,12}{3,36} = 0,63 ;$$

$$\eta_{\text{осн}_{015}} = \frac{2,62}{4,33} = 0,61 ;$$

$$\eta_{\text{осн}_{\text{сер}}} = \frac{0,65 + 0,63 + 0,61}{3} = 0,63 .$$

3.3 Побудова графіків завантаження обладнання

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

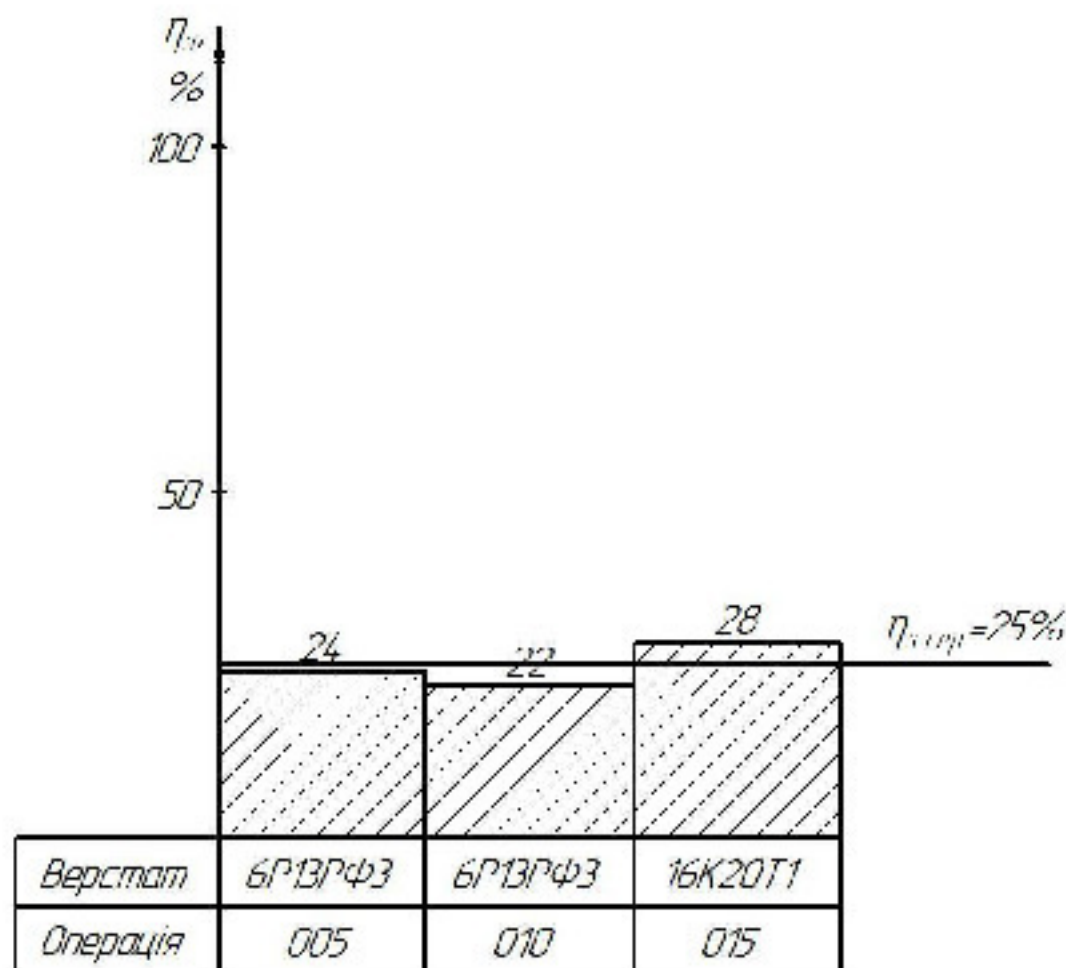


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

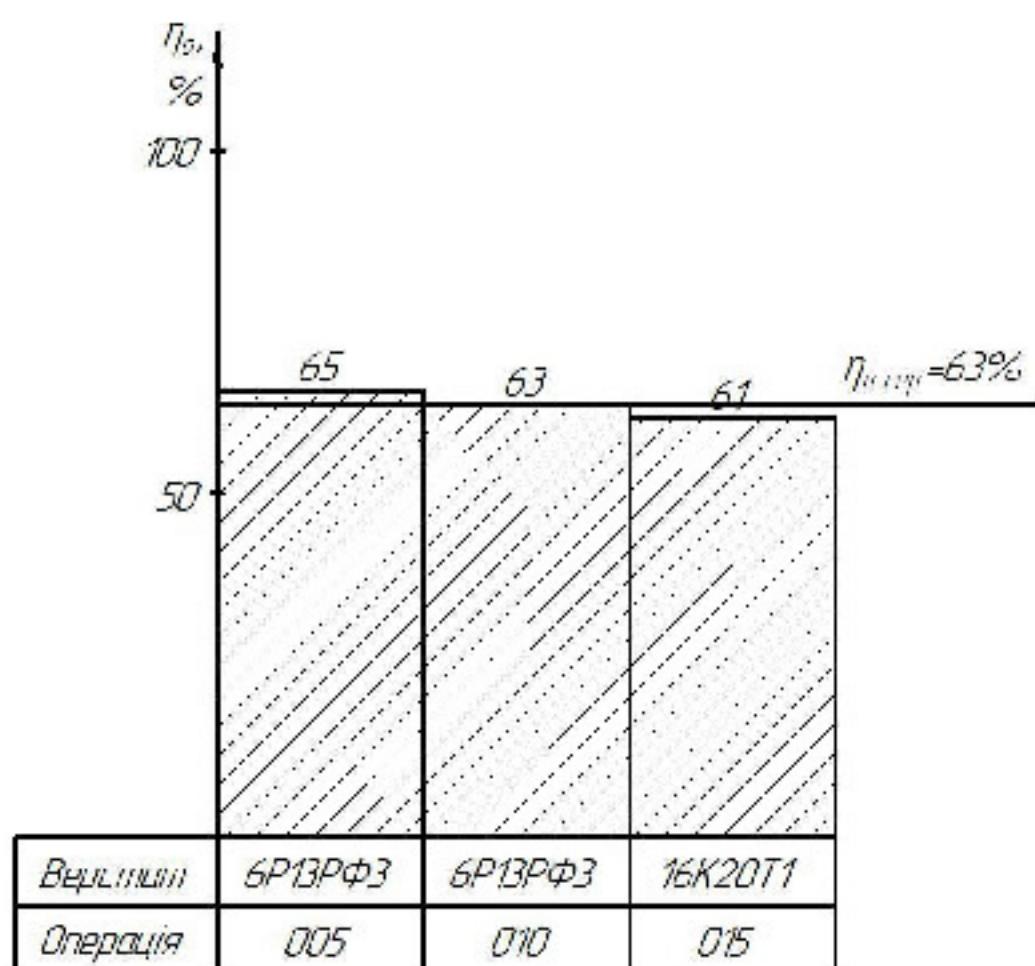


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Аналіз завантаження обладнання дозволяє зробити такі висновки:

- коефіцієнт завантаження верстатів досить низький. Лише 25% часу верстати завантажені обробкою підібраних деталей. Тому для завантаження верстатів до необхідної норми (75-80%) на них необхідно планувати обробку ще ряду деталей, що є подібними за конструкцією;
- коефіцієнт використання верстатів за основним часом є досить високим на усіх верстатах. Це підтверджує вірність рішень щодо нормування та вибору вказаних типів верстатів;
- для достатнього завантаження верстатів дільниці необхідно щоб приведена програма складала $N_{пр} \approx 45000...48000$ штук деталей.

3.4 Визначення кількості працюючих на дільниці

Визначимо необхідну кількість працюючих на кожній операції окремо:

$$P_i = \frac{T_{шт.к.} \cdot N_{прив.}}{F_{др.} \cdot 60 \cdot K_{б.обсл.}} \text{ [чол.]}, \quad (3.9)$$

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

$F_{др.}$ – фонд часу робітника, хв.;

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

$N_{прив.}$ – приведена програма.

Визначимо кількість основних робітників на кожній операції окремо:

- операція 005:

$$P_1 = \frac{3,78 \cdot 1500}{1840 \cdot 60 \cdot 1} = 0,51 .$$

Приймаємо кількість основних працівників на даній операції – 1 чол.

- операція 010:

$$P_1 = \frac{3,36 \cdot 1500}{1840 \cdot 60 \cdot 1} = 0,46 .$$

Приймаємо кількість основних працівників на даній операції – 1 чол.

- операція 015:

$$P_1 = \frac{4,33 \cdot 15000}{1840 \cdot 60 \cdot 1} = 0,59 .$$

Приймаємо кількість основних працівників на даній операції – 1 чол.

Тоді загальна кількість основних робітників складає:

$$P_{oc.} = P_1 + P_2 + P_3 = 1 + 1 + 1 = 3 \text{ (чол.)}$$

Основні робітники не завантажені обробкою вказаних деталей, вони повинні обробляти ще інші найменування деталей.

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

$$P_{д.} = P_{oc.} \cdot (0,2 \dots 0,3) = 3 \cdot (0,2 \dots 0,3) = 0,6 \dots 0,9 \text{ (чол.)}$$

Приймаємо 1 робітника.

Визначимо необхідну кількість інженерно-технічних робітників. Для механічних цехів серійного виробництва їх кількість може бути визначена у відсотках (16...22%) від сумарної кількості прийнятих верстатів ($C_{пр.}$):

$$P_{i.t.} = C_{пр.} \cdot (0,16 \dots 0,22) = 3 \cdot (0,16 \dots 0,22) = 0,48 \dots 0,66 \text{ (чол.)}$$

Приймаємо 1 ІТР.

Визначимо необхідну кількість службовців. Їх кількість може бути визначена у відсотках (0,9...1,9%) від сумарної кількості основних робітників ($P_{ос.}$):

$$P_c = P_{ос.} \cdot (0,009 \dots 0,019) = 3 \cdot (0,009 \dots 0,019) = 0,027 \dots 0,057 \text{ (чол.)}$$

Приймаємо 1 службовця.

Кількість молодшого обслуговуючого персоналу 1...2% від загальної кількості працюючих

$$P_{МОП} = 6 \cdot (0,01 \dots 0,02) = 0,06 \dots 0,12 \text{ (чол.)}$$

Приймаємо 1 МОП.

ІТР, СКП, МОП працюють на декількох ділянках, так як на даній вони не завантажені роботою.

Загальну кількість працюючих зведемо у відомість працюючих (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Відомість працюючих

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

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз умов праці

У приміщенні механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника КП.04.401» можуть виникати небезпечні і шкідливі виробничі фактори, що відносять до фізичної і психологічної груп. До групи фізичних небезпечних і шкідливих виробничих факторів відносяться:

- підвищений рівень шуму;
- підвищене значення напруги в електричній мережі, замикання якої може відбуватись через тіло людини;
- відсутнє або недостатнє природне та штучне освітлення;
- підвищений рівень шуму;
- рухомі частини виробничого обладнання та вироби що переміщуються;
- гострі кромки, заусениці.

Психологічну групу шкідливих і небезпечних виробничих акторів складають:

- фізичні перевантаження(статичні);
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці).

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Безпечність технологічного обладнання та процесу.

При всій видовій різноманітності виробничого обладнання існують загальні вимоги, виконання яких дозволяє забезпечити безпеку його експлуатації.

Згідно цих вимог виробниче обладнання повинне бути безпечним при монтажі, експлуатації та ремонті, як окремо, так і в складі комплексів та технологічних схем; а також при транспортуванні та зберіганні. Також воно має бути пожежовибухобезпечним і не забруднювати навколишнє середовище викидами шкідливих речовин.

Для запобігання нещасних випадків повинні бути передбачені пристрої, які включають можливість їх випадкового пошкодження, яке, в свою чергу, може викликати нещасний випадок. Рухомі елементи повинні бути огорожені, або обладнані іншими засобами захисту.

4.1.2 Електробезпека

Вимоги до використання електрообладнання.

Представлена ділянка механічної обробки по небезпеці ураження електричним струмом відноситься до особливо небезпечних приміщень. Тут існує струмовідвід на підлога і можливість одночасного торкання оператором до заземлених механізмів та металевих корпусів електрообладнання. До електрообладнання висуваються такі вимоги:

- необхідність занулення, що запобігає ураженню електричним струмом оператора. Згідно «ПУЕ» занулення є ефективною мірою захисту при живленні електрообладнання 3-х фазних 4-х провідних мереж (220/380) з глухо заземленою нейтраллю живильного трансформатора напругою до 1000В;
- в електричній схемі обладнання має бути передбачено блокуючий пристрій на випадок падіння або збільшення напруги в мережі живлення, режим різання мають бути регламентовані, контроль за їх дотриманням здійснює технолог цеху.

Виробниче обладнання повинне забезпечуватись засобами аварійної сигналізації. Органи управління повинні забезпечувати надійність пусків і швидкість зупинки, але мають бути простими в користуванні, оператор не повинен прикладати великих зусиль для їх переміщення. Також органи керування повинні бути відповідним чином марковані, або мати відповідні надписи. Органи аварійного керування «СТОП» повинні бути забарвлені в червоний колір та мати зручну форму для аварійного включення

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Однією з необхідних умов для здорової і високопродуктивної праці є забезпечення чистоти повітря і підтримання нормальних метеорологічних умов в робочій зоні механічного цеху. категорія робіт відноситься до середньої важкості Пб.

Вологість повітря значно впливає на терморегуляцію організму людини. Дія температури навколишнього середовища залежить від супроводжуючої відносної вологості.

Інтенсивність теплового випромінювання складає 100 Вт/м^2 при випромінюванні тіла людини 25%.

Показники мікроклімату в виробничих приміщеннях згідно [18] повинні відповідати значенням, наведеним в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Оптимальні та допустимі норми температури, відносна вологість та швидкість руху повітря в робочій зоні виробничого приміщення

Період	Кат	Температура					Відносна вол. %		Шв. руху повітря	
		Опт.	Допустима				Опт	Доп	Опт	Доп
			В.м.	Н.м.	В.м.	Н.м.				
			На робочих місцях							
			пост	непост	пост	непост				
Теплий	Пб	20-22	27	29	16	15	40-60	70	0,3	0,2-0,5
Холод-ний	Пб	18-20	26	28	15	14	40-60	70	0,1	0,1-0,5

Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м^3 .

В умовах, що розглядаються в проекті, можливими забруднювачами повітря можуть бути речовини наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Шкідливі речовини в механічному цеху

Назва речовини	Величина ГДК, мг/м ³	Переважаючий агрегатний стан в умовах виробництва	Клас небезпеки	Особливості дії на організм
Мастила мінеральні нафтові	5	А	III	
Кремнія диоксид аморфний	2	А	III	Ф
Заліза агломерат	4	А	III	Ф
Азоту діоксин	2	П	III	О
Азоту оксиди	5	П	III	О
Бензапірен	0,00015	А	I	К
Альдегід масляний	5	П	III	

Забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється за допомогою системи кондиціонування та вентиляції.

4.2.2 Освітлення

Природне та штучне освітлення [19].

Мінімальне значення коефіцієнта природного освітлення розраховується за формулою:

$$e_n^4 = e_n^3 \cdot m \cdot c, \quad (4.1)$$

де $e_n^3 = 2.5\%$ – для зорових робіт високої точності;

$m = 0.9$ – четвертий пояс світлового клімату (м. Вінниця);

$c = 0.75$ – четвертий пояс світлового клімату, 48 град. північної широти при азимуті 9 град.

Тоді

$$e_n^4 = 2.5 \cdot 0.9 \cdot 0.7 = 1.68\%$$

Таблиця 4.3 – Значення освітлення

Характеристики зорової роботи	Мінімальний розмір об'єкта	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта зорової роботи	Характеристики фону	Природне		Штучне			Комб.	
						Освітленість		КЕО _п е _н ³ , %			КЕО _п е _н ³ , %	
						комб.	заг.	верхнє	При		верхнє	снїг
									снїг.	інша		
Середньої точності	Вище 0,5 до 1	IVб	в	Малий Середній	Середній Темний	500	200	4	1,5	2,4	0,9	Середньої точності

Штучне освітлення

Нормується величина освітленості Е в люксах, для умов, що розглядаються в проекті розряд робіт IV, підрозряд робіт б, система освітлення загальне та комбіноване, тип джерела освітлення – лампи розжарювання, люмінісцентні, нормативне значення освітленості відповідно 200, 500 лк

4.2.3 Шум

Основним джерелом виробничого шуму є виробниче обладнання та робота інструменті. При проектуванні виробничого обладнання слід керуватися вимогами санітарних норм [20].

Допустимі рівні звукового тиску в октавних полосах частот рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях в виробничих приміщеннях на території підприємства наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Значення рівнів звукового тиску

Рівні звукового тиску, дБ в октавних полосах, Гц									Рівні звуку
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Найбільш ефективно зниження шуму досягається шляхом установки звукоізолюючих перешкод, перегородок, кожухів, кабін.

За допомогою звукоізолюючих перешкод можливо знизити рівень шуму на 30-50 дБ. Цей метод заснований на відбиванні звукової хвилі, яка падає на огорожу. Але звукова енергія не тільки відбивається від огорожі, але й проникає крізь неї, що викликає коливання огорожі, яке в свою чергу стає джерелом шуму. Чим більша поверхнева густина огорожі, тим важче привести її до коливання, а отже і вища звукоізолююча здатність. Отже, ефективними матеріалами виступає: бетон, цегла, дерево, скло, щільні пластмаси.

4.2.4 Вібрації

У відповідності з санітарними нормами, правилами техніки безпеки та іншими нормативними документами визначимо критерій оцінки у відповідності з характером умов праці. Критерії оцінки вібрація залежно від умов праці згідно [22] наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Критерії оцінки вібрація залежно від умов праці

Категорія вібрацій, Критерії оцінки	Характеристика умов праці	Приклади джерел вібрації
3 тип «а» Границя зниження працезд.	Технологічна вібрація, що впливає на оператора	Металообробні в-ти, ел. обладнання, вентилятори

Санітарні норми одночасових показників вібраційного навантаження на операторів металообробних верстатів для восьмигодинного робочого дня наведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Значення норм вібраційного навантаження на працівника

Вид в-ї	Категорія в-ї	Напрям в-ї	Нормат. кориговані по вел. частоті екв. значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			М/с ²	рівень, дБ	М/с	рівень, дБ
загальна	3 тип «а»	$z_0 y_0 X_0$	0,1	100	0,2	92

Санітарні норми показників вібраційного навантаження на операторів (локальна вібрація) металообробних верстатів для восьмигодинного робочого дня наведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Значення норм локального вібраційного навантаження

Середньо геометричні частоти в октавних полосах	Нормативні значення			
	Віброприскорення		Віброшвидкість	
	M/c^2	рівень, дБ	$M/c \cdot 10^{-2}$	рівень, дБ
16	1,4	123	1,4	109
31,5	27	129	1,4	109
63	5,4	135	1,4	109
125	10,7	141	1,4	109
250	21,3	153	1,4	109
500	42,5	159	1,4	109
1000	85,0	163	1,4	109

Для зменшення дії вібрацій на працюючій ділянці механічної обробки передбачено:

- зменшення вібрації в джерелі виникнення;
- відходом від режиму резонансу;
- вібродемпфуванням;
- динамічним гасінням коливань віброізоляцією.

4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки

Згідно [23-26] дана дільниця механічної обробки за пожежо- і вибухонебезпекою відноситься до категорії Д – виробництво, в якому оброблюються негорючі речовини і матеріали в холодному стані.

По степеню вогнестійкості будівлі відносяться до I ступеню. Будівля переважно з каркасною конструкцією, елементи каркасу виготовлено із сталевих незахищених конструкцій. Загороджувальні конструкції виготовлено із сталевих не профільованих листів або інших негорючих матеріалів.

Межі вогнестійкості конструкції об'єкту наведені в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Значення меж вогнестійкості

Максимальна границя вогнестійкості/максимальна границя розповсюдження вогню				
Стіни		Колони		
Зовн. несучі	Внутр. несучі			
0,25/40	0,25/40	0,25/0	1/0	0,25/0

В приміщенні об'єкту, в місцях регулярного проходу робітників і на шляхах евакуації, висота від підлоги до основи виступаючих частин комунікацій та обладнання повинна складати не менше 2 метрів. Ширина проходів і проїздів повинна складати не менше 1,8 метра.

При необхідності в'їзду в приміщенні об'єкту пожежних машин висота проїзду має бути не меншою 4,2 метра. Ширина при цьому складає 2,2 метри.

Таблиця 4.9 – Максимально допустимі площі

Категорія виробництва	Мах. число поверхів	Ступінь вогнестійкості	Площа поверху в межах пожежного відсіку
Д	6	1	Не обмежується

Відстань до евакуаційних виходів для категорії «Д» та ступеня вогнестійкості 1 не обмежується. Кількість людей на 1м² ширини евакуаційного виходу для даного приміщення складає 280 чоловік.

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 КП.04.401». 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 КП.04.401».

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

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Пурдик В. П. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2013. 123 с.
2. Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Савуляк В. В., Сердюк О. В. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2015. 148 с.
3. Дерібо О. В., Лозінський Д. О., Сердюк О. В. Технології для верстатів з числовим програмним керуванням: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання. Вінниця : ВНТУ, 2023. 116 с. Електронний ресурс : https://iq.vntu.edu.ua/method/getfile.php?fname=5927.pdf&card_id=1949&id=5927.
4. 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.
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 КП.04.401»

Тип роботи: _____ БДР
(БДР, МКР)

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

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність	<u>89,8</u>	Схожість	<u>10,2</u>
----------------	-------------	----------	-------------

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 _____ Лозінський Д. О.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

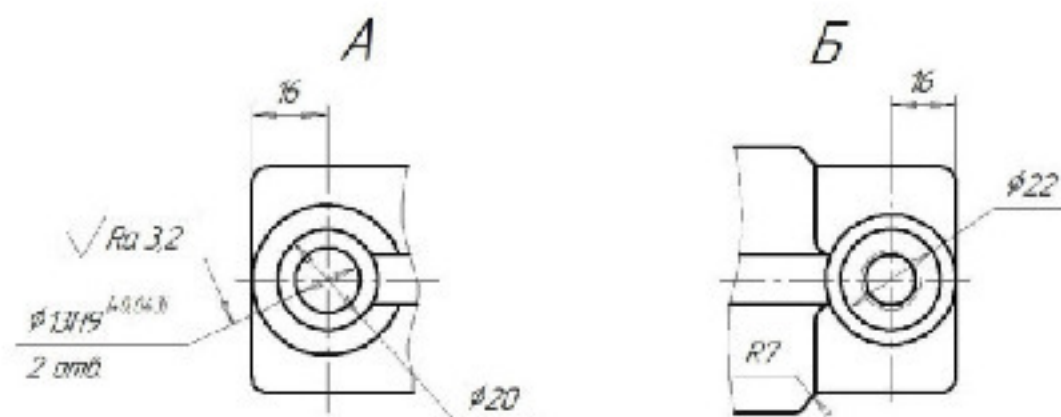
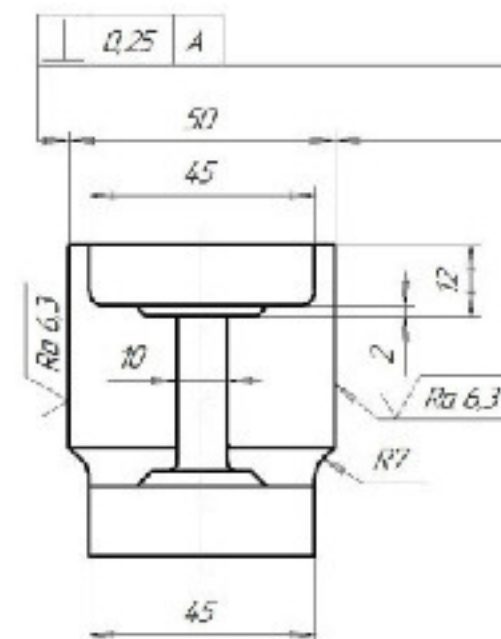
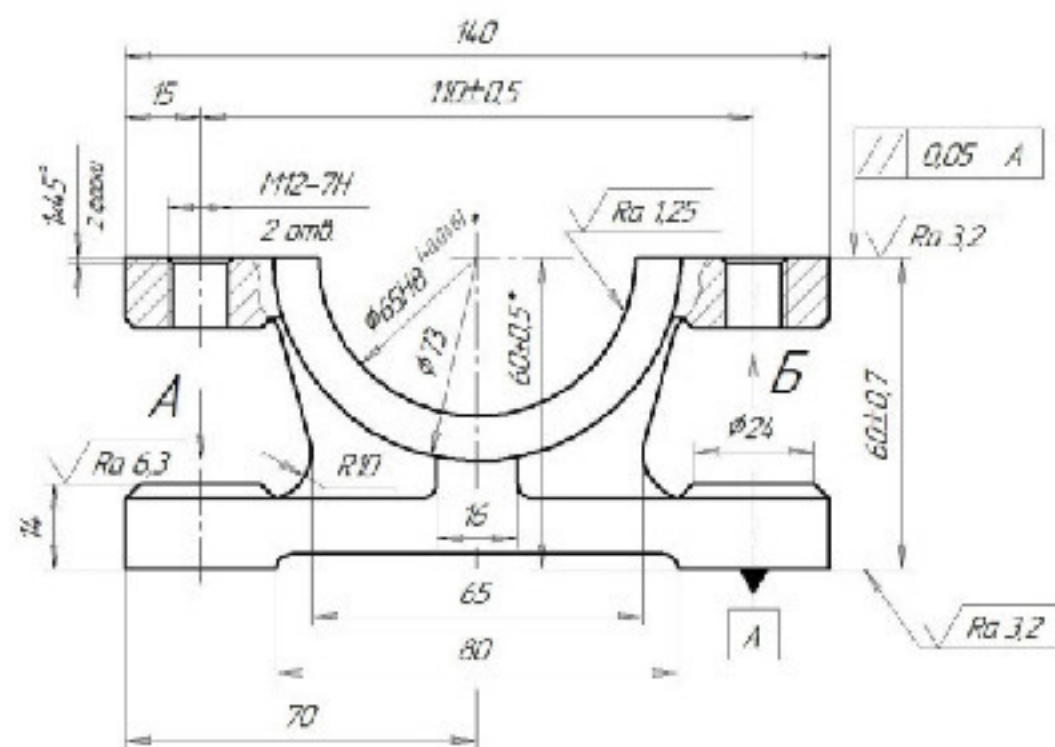
Автор роботи _____ Ліщишен М. Ю.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

Додаток Б
(обов'язковий)

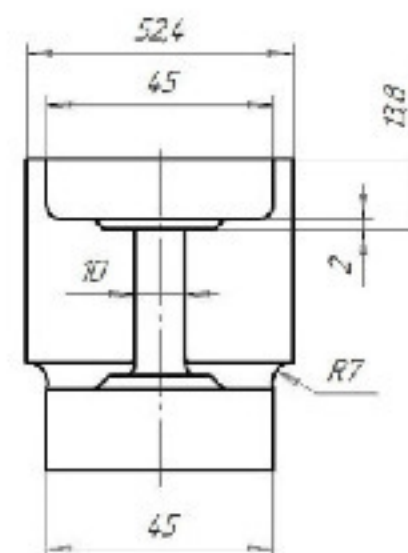
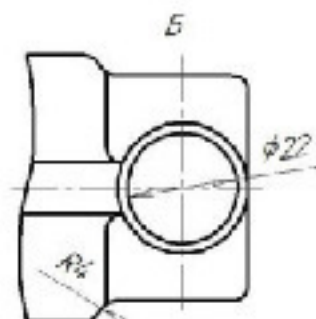
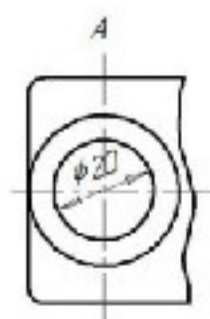
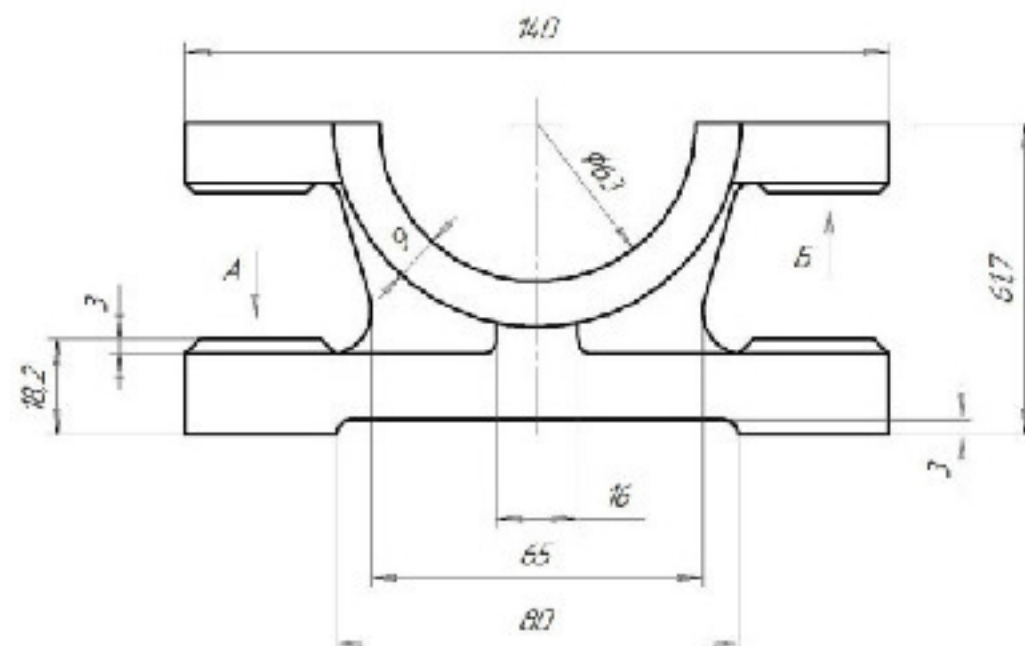
ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ПІДШИПНИКА КП.04.401»



1. Невказані графічні відхилення розмірів $M14$, $m14$, $\pm 114/2$
2. Невказані радіуси $R = 3 \text{ мм}$
3. На механічно оброблених поверхнях допускаються одичні раковини
4. "Обробку по розмірам виконувати разом з деталлю "Кришка".
5. 280, 320 НВ

					08-64.БДР.01200.001			
Мат. Асс	№ докум	Лист	Всего	Корпус подшипника КПО4.401		Лист	Всего	Всего
Резерв	Листов РД						19	11
Дроб	Бумажной ВА					Лист	1	Листов
Глантер				Сталь 35А ГОСТ 1050-88		ВНЧ		
Материал	Листов РД					ст. гр. 871-205		
Удб	Корпус АВ			Корпус		Станок А2		



1. Точність виготовки 7-6-8-7 ГОСТ 26645-85
2. 280...320 HB
3. Невказані формувальні нахили 40° луборні радіуси R3
4. Мехи 19-0,13-0,07-2,1 ГОСТ 26645-85
5. На необроблених поверхнях допускається раковина до $\phi 15$ глибиною до 20 мм

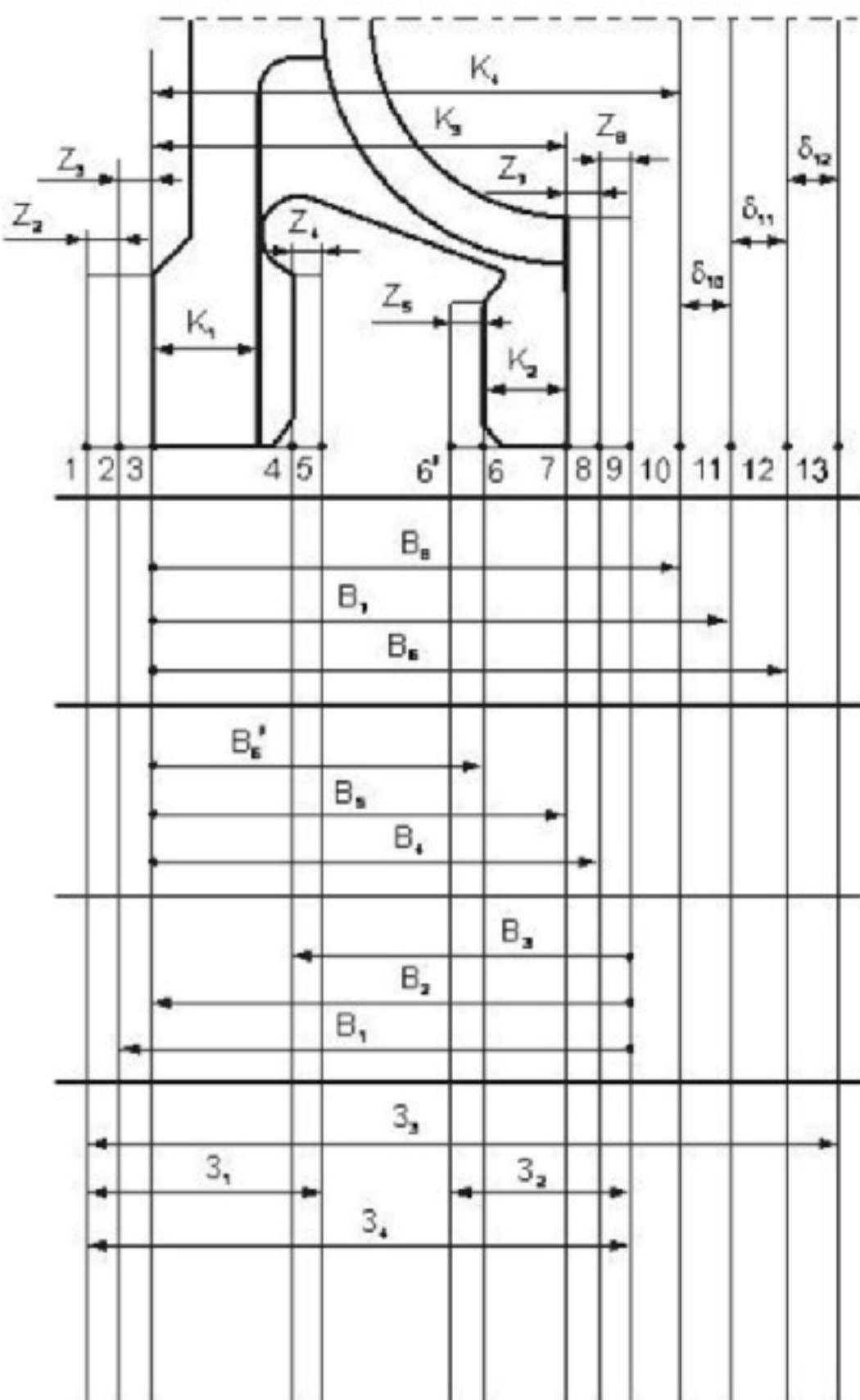
					08-64.БДР.012.00.002				
					Корпус підшипника (випробки)		Лист	Листів	Листів
								2,24	11
Вид	Лист	№ докум.	Лист	Дата			Лист	1	Листів
Розроб		Листопад 1980							
Проб		Виконав ВА							
Технік									
Мастер		Листопад 1980			Сталь 35Л ГОСТ 1055-88		ВНІУ		
Чтб		Корпус АВ					ст. гр. 881-205		
					Копіювати		Формат А2		

Маршрут мехнічної обробки

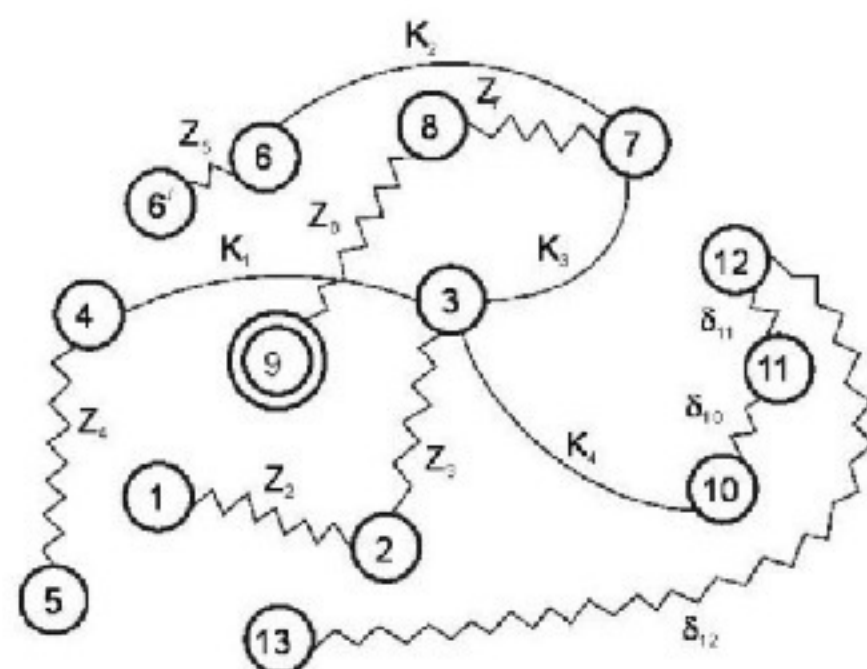
№ операції	Назва операції, зміст переходів	Технологічний ескіз обробки, схема установки	Обладнання
005	<u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u> 1. Встановити, зняти деталь. 2. Фрезерувати пов. 1 попередньо в розмір $618_{-0.08}^{+0.08}$. 3. Фрезерувати пов. 1 остаточно згідно ескіза. 4. Фрезерувати пов. 2 однократно згідно ескіза. 5. Центрувати 2 отв. 3 витримуючи розміри $\phi 5$ $l=6$ мм. 6. Свердлити 2 отв. 3 в розмір $\phi 12.6_{-0.01}^{+0.01}$. 7. Розвернути 2 отв. 3 попередньо в розмір $\phi 12.6_{-0.02}^{+0.02}$. 8. Розвернути 2 отв. 3 остаточно згідно ескіза.		Вертикально-фрезерний з ЧПК 6Р13РФ3
010	<u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u> 1. Встановити, зняти деталь. 2. Фрезерувати пов. 1 попередньо в розмір $60.34_{-0.04}^{+0.04}$. 3. Фрезерувати пов. 1 остаточно згідно ескіза. 4. Центрувати 2 отв. 2 витримуючи розміри $\phi 5$ $l=6$ мм. 5. Свердлити 2 отв. 2 в розмір $\phi 11_{-0.01}^{+0.01}$. 6. Зенкувати 2 фаски 3 в розмір згідно ескіза. 7. Напізати різьбу в 2 отв. 2 в розмір згідно ескіза.		Вертикально-фрезерний з ЧПК 6Р13РФ3
015	<u>Складальна</u>		
020	<u>Токарна з ЧПК</u> <u>Установ 1</u> 1. Встановити, зняти деталь. 2. Точити пов. 1 однократно в розмір $51.2_{-0.06}^{+0.06}$. 3. Розточити пов. 2 попередньо в розмір $64.45_{-0.03}^{+0.03}$. 4. Розточити пов. 2 попередньо в розмір $64.85_{-0.07}^{+0.07}$. 5. Розточити пов. 2 остаточно згідно ескіза. 6. Точити фаску 3 в розмір згідно ескіза. <u>Установ 2</u> 7. Переустановити заготовку. 8. Точити пов. 4 однократно в розмір згідно ескіза. 9. Точити фаску 5 в розмір згідно ескіза.		Токарний верстат з ЧПК 16К20Т1

Розмірний аналіз технологічного процесу

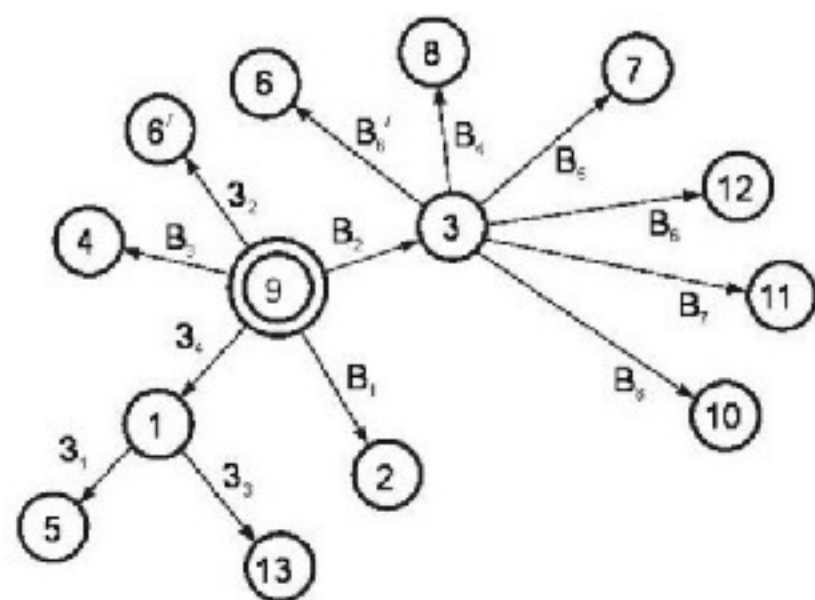
Розмірна схема технологічного процесу



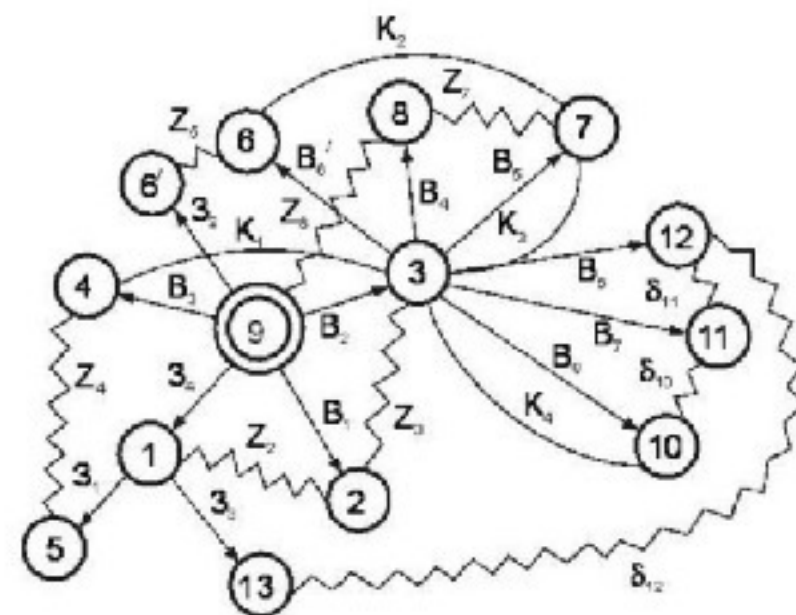
Вихідний граф



Похідний граф



Суміщений граф

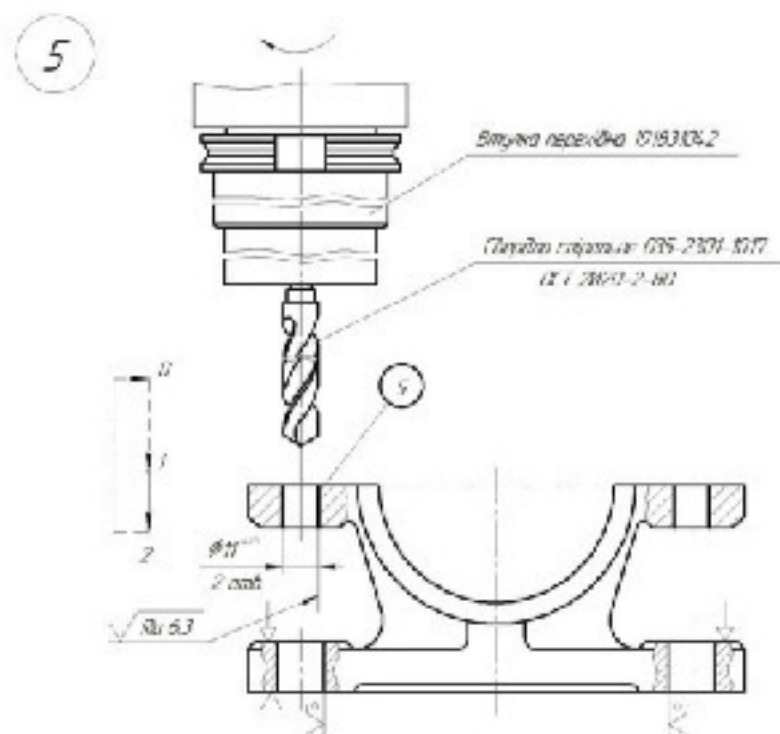


Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідомий розмір
1	$B_1 - K_1 = 0$	$K_1 = B_1$	B_1
2	$B_2 - B_1 + \delta_{10} = 0$	$\delta_{10} = -B_1 + B_2$	B_2
3	$B_3 + \delta_{10} - B_2 = 0$	$\delta_{10} = B_2 - B_3$	B_3
4	$K_2 - B_3 - K_1 = 0$	$B_3 = K_1 - K_2$	B_3
5	$K_1 - B_1 = 0$	$K_1 = B_1$	B_1
6	$B_4 + Z_1 - B_3 = 0$	$Z_1 = B_3 - B_4$	B_4
7	$B_5 + Z_2 - B_4 = 0$	$Z_2 = B_4 - B_5$	B_5
8	$B_6 - K_1 - B_5 = 0$	$K_1 = B_5 - B_6$	B_6
9	$Z_1 + B_2 - B_1 = 0$	$Z_1 = B_1 - B_2$	B_1
10	$Z_1 + B_3 - Z_2 = 0$	$Z_2 = Z_1 - B_3$	Z_1
11	$B_4 + \delta_{10} - Z_1 = 0$	$\delta_{10} = Z_1 - B_4$	Z_1
12	$Z_2 - B_5 - Z_1 + Z_3 = 0$	$Z_3 = Z_1 - Z_2 + B_5$	Z_1
13	$K_1 - B_1 - Z_1 - B_2 = 0$	$K_1 = Z_1 - B_2 + B_1$	Z_1

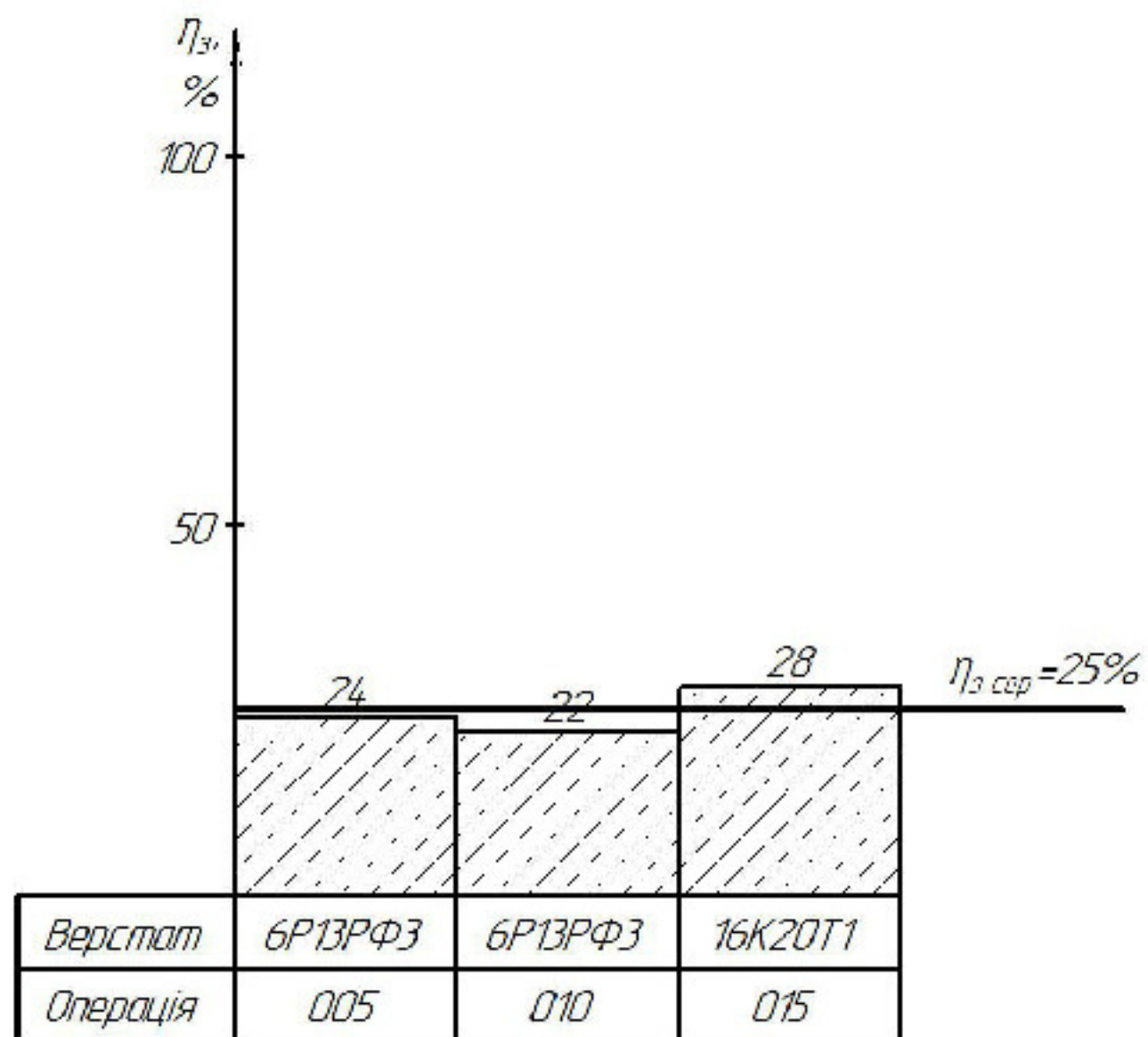
Допуски технологічних розмірів

Технологічний розмір	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B6'	B7	B8
Допуск, мм	0,19	0,074	0,055	0,19	0,074	0,055	0,13	0,074	0,045
	11 кл.	9 кл.	9 кл.	11 кл.	9 кл.	9 кл.	11 кл.	9 кл.	8 кл.

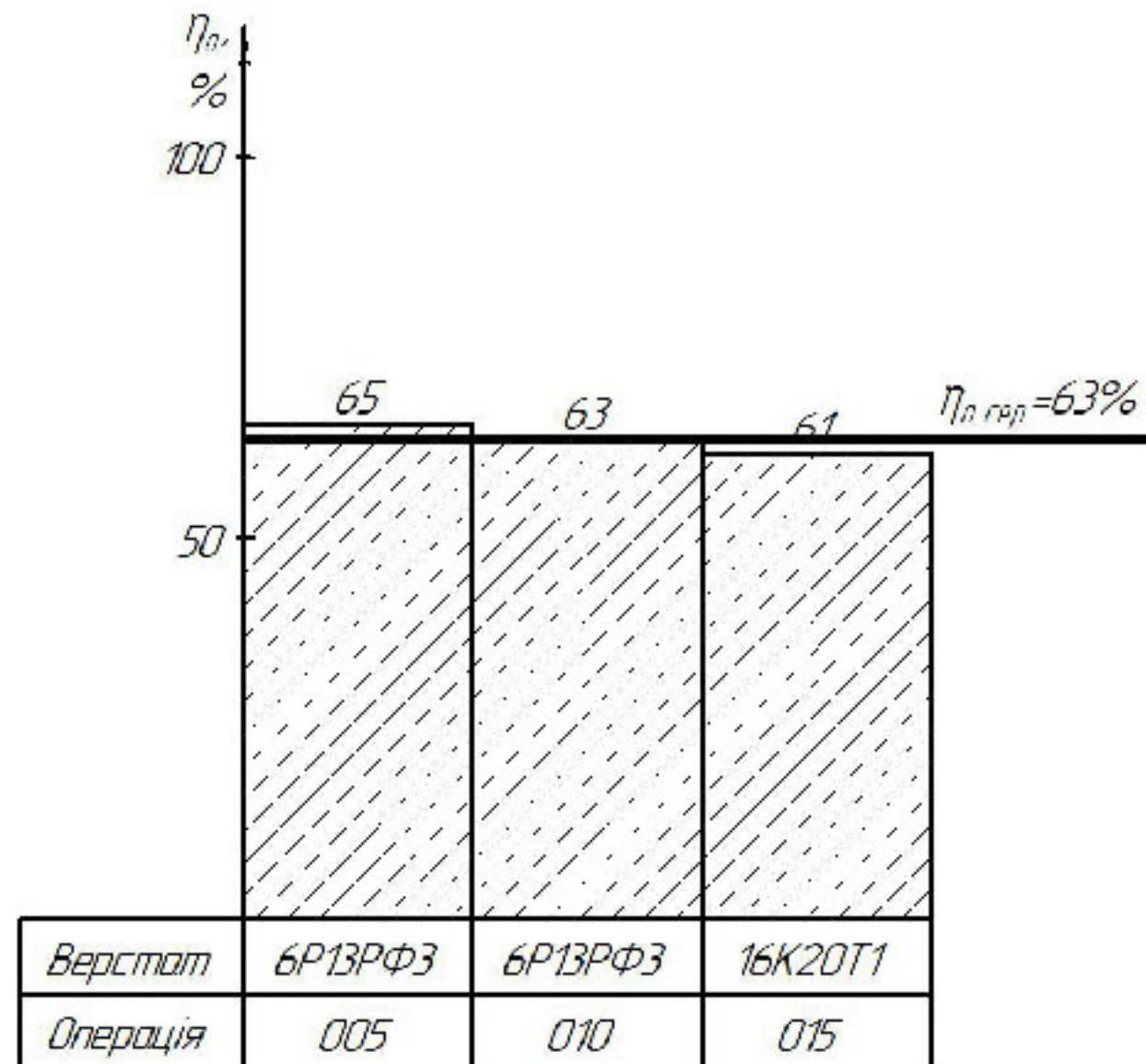


Variable	Positive	Ad
----------	----------	----

Графіки завантаження обладнання



Графік завантаження обладнання



Графік використання обладнання за основним часом