

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

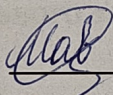
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Бакалаврська дипломна робота

на тему:

«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС 11.10.11»

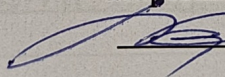
Виконав: студент 4 курсу, групи 1ПМ-206
Спеціальності 131 – «Прикладна механіка»



Олександр МАЛЮТА

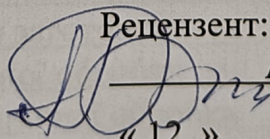
(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., проф., професор каф. ТАМ
Леонід КОЗЛОВ



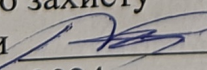
« 06 » 06 2024 р.

Рецензент: д.т.н., професор каф. АТМ
Андрій КАШКАНОВ



(прізвище та ініціали)

« 12 » 06 2024 р.

Допущено до захисту
Зав. кафедри  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

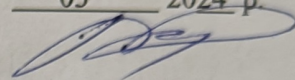
(назва освітньо - професійної програми)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., професор Козлов Л.Г.

« 11 » 03 2024 р.



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

Малюті Олександр Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 11.10.11»

Керівник роботи Козлов Леонід Геннадійович, д.т.н., професор,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 11 » 03 2024 року №80

2. Термін подання студентом роботи 14.06.24р.

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі: Корпус 11.10.11

Матеріал: АЛ9-72 ГОСТ 2685-71, Програма випуску: 4000 шт.

4. Зміст текстової частини

1. Визначення типу виробництва і форми організації роботи

2. Аналіз конструкції і технологічності деталі

3. Вибір способу виготовлення заготовки

4. Розробка маршруту механічної обробки

5. Проектування ділянки механічної обробки

6. Охорона праці

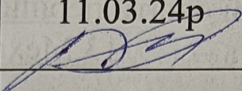
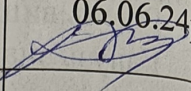
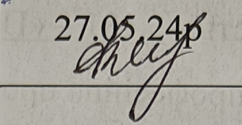
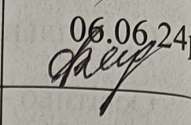
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
робоче креслення деталі;

робоче креслення заготовки;

маршрут механічної обробки деталі;

розмірний аналіз технологічного процесу.

6. Консультанти розділів роботи

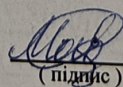
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ, доцент кафедри ТАМ	11.03.24р 	06.06.24р 
Охорона праці	Інна ВІШТАК, доцент кафедри БЖД ПБ	27.05.24р 	06.06.24р 

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

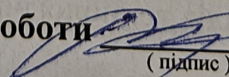
№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примі
		початок	закінчення	
	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	11.03.24р	20.03.24р	Ви
	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	23.04.24р	26.04.24р	Ви
	Виконання спеціальної частини БДР. Другий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

Студент


(підпис)

Александр М.А. ЛОЗІНСЬКИЙ
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи


(підпис)

Леонід КОЗІН
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота складається з 80 сторінок формату А4, на яких є 7 рисунків, 22 таблиці, список використаних джерел містить 18 найменувань.

Метою даної роботи є проектування технологічного процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 11.10.11», який спроектований на основі технологічних методів обробки та ефективного обладнання, яке доцільно використовувати в умовах середньосерійного типу виробництва.

В даній роботі проведений аналіз конструкції та технологічності заданої деталі. Провівши техніко-економічне порівняння двох варіантів одержання заготовки було вибрано найбільш ефективний спосіб, а також розроблено маршрут механічної обробки. Було вибрано технологічні бази, підібрано необхідне технологічне обладнання та виконано розмірний аналіз процесу. Призначено режими різання для операцій шляхом аналітичного розрахунку, а також визначено норми часу на операції. Визначено основні виробничі параметри для ділянки механічної обробки.

Проведено аналіз умов та заходів з охорони праці та техніки безпеки на виробництві, а саме: розглянуті технічні рішення по безпечній експлуатації об'єкта виробництва, гігієні праці та виробничій санітарії, а також пожежній безпеці під час виконання роботи.

Ключові слова: проектування, заготовка, механічна обробка, верстат з ЧПК.

ABSTRACT

The bachelor thesis consists of 80 pages of A4 format, on which there are 7 figures, 22 tables, the list of used sources contains 18 titles.

The purpose of this work is to design a technological process of mechanical processing of the workpiece of the "Hull 11.10.11" type, which is designed on the basis of technological methods of processing and effective equipment, which is advisable to use in medium-series production conditions.

In this work, an analysis of the design and manufacturability of the given part is carried out. After carrying out a technical and economic comparison of two options for obtaining the workpiece, the most effective method was chosen, and the machining route was also developed. The technological bases were selected, the necessary technological equipment was selected, and the dimensional analysis of the process was performed. Cutting modes for operations are assigned by means of analytical calculation, and time norms for operations are also determined. The main production parameters for the mechanical processing section have been determined.

An analysis of conditions and measures for occupational health and safety at work was carried out, namely: technical solutions for safe operation of the production facility, occupational hygiene and industrial sanitation, as well as fire safety during work were considered.

Keywords: design, preparation, mechanical processing, CNC machine tool.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1. ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА І ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ.....	9
1.1. Визначення типу виробництва	9
1.2. Визначення організації форми виробництва	16
2. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ І ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛІ.....	18
2.1. Аналіз конструкції деталі.....	18
2.2 Аналіз технологічності деталі.....	19
3. ВИБІР СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ.....	23
3.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки.....	23
3.2 Розрахунок розмірів заготовок для обох способів її виготовлення.....	24
3.3 Оформлення ескізів обох варіантів заготовки	28
3.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів використання матеріалу для обох варіантів заготовки.....	29
3.5 Техніко-економічне порівняння обох варіантів отримання заготовок та вибір більш раціонального.....	33
4. РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ.....	35
4.1. Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва, їх аналіз на предмет використання при проектуванні маршруту механічної обробки	35
4.2. Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності. Визначення кількості ступенів механічної обробки	37
4.3. Вибір чистових та чорнових технологічних баз.....	39
4.4. Проектування маршруту механічної обробки.....	41
4.5. Розмірний аналіз технологічного процесу.....	43
4.5.1. Вибір розташування технологічних розмірів.....	43
4.5.2. Попереднє призначення допусків технологічних розмірів.....	43
4.5.3. Розмірна схема технологічного процесу.....	44
4.5.4. Похідний, вихідний графі-дерева, суміщений граф.....	45

4.5.5. Визначення проміжних максимальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь	46
4.5.6. Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів.....	47
4.5.7. Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція допусків технологічних розмірів	47
4.6. Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку отвору Ø100H8.....	48
4.7. Визначення режимів різання при різних методах механічної обробки.....	53
4.8. Визначення технічних норм часу для всіх операцій.....	57
5. ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	62
5.1. Розрахунок приведеної програми	62
5.2. Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	64
5.3. Розрахунок кількості робітників на дільниці.....	65
6. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	67
ВИСНОВКИ.....	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	77
ДОДАТКИ.....	79
ДОДАТОК А. Графічна частина	
ДОДАТОК Б. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	

ВСТУП

Машинобудування - галузь промисловості, що включає діяльність підприємств з виробництва, обслуговування та ремонту машин, технологічного обладнання та їх деталей.

У сучасному світі навіть у слаборозвинених державах ручну працю все частіше замінюють на машинну. У високорозвинених країнах із формуванням інформаційного суспільства машинобудування зберегло свою значущість, оскільки розробка та створення нових засобів виробництва забезпечує економічну незалежність та безпеку держави.

У ринкових відносинах важливу роль відіграє собівартість та якість кінцевої продукції, а отже бути конкурентоспроможною. Необхідно нарощувати темпи зростання виробництва та працювати над вдосконаленням його організації, необхідно застосовувати автоматизацію виробничих операцій, покращувати якісний склад обладнання та різноманітного інструмента.

Метою даної бакалаврської дипломної роботи є проектування технологічного процесу механічної обробки деталі „Корпус 11.10.11”, побудованого на базі сучасних технологічних методів обробки поверхонь та високопродуктивного технологічного обладнання, а також застосування раціонального методу отримання заготовок.

В роботі виконано аналіз конструкції та технологічності заданої деталі, на базі техніко-економічного порівняння двох альтернативних варіантів обрано найбільш ефективний спосіб отримання заготовки, розроблено маршрут механічної обробки, для якого вибрані технологічні бази, виконано розмірний аналіз процесу, на найбільш точну поверхню аналітично визначено припуски та технологічні розміри, призначено режими обробки шляхом аналітичного розрахунку, визначені технічні норми часу. А також спроектована дільниця механічної обробки.

1. ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА І ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ

1.1 Визначення типу виробництва

Вхідні данні:

- Річний обсяг виготовлення деталі, $N = 4000$ шт;
- Режим роботи підприємства, $m = 2$ зміни;
- Дійсний річний фонд роботи обладнання, $F_d = 3890$ год. (металорізальні верстати з ЧПК); $F_d = 4929$ год. (універсальні верстати);
- Маса деталі, $m_d = 5,02$ кг.

Попередньо зорієнтуємося щодо типу виробництва [1]: для деталі масою до 10 кг. (в такому випадку $m_d = 5,02$ кг.) і заданого річного обсягу виготовлення – рекомендовано умови серійного типу.

Визначаємо основний час обробки:

- фрезерування базового торця “В” попереднє:

$$T_{o1} = 6l \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 180 \cdot 10^{-3} = 1,08 \text{ хв.}$$

- фрезерування базового торця “В” остаточне:

$$T_{o2} = 4l \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 180 \cdot 10^{-3} = 0,72 \text{ хв.}$$

- розточування отв. $\varnothing 100H8$ попереднє:

$$T_{o3} = 0,2dl \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 100 \cdot 180 \cdot 10^{-3} = 1,6 \text{ хв.}$$

- розточування отв. $\varnothing 100H8$ остаточне:

$$T_{o4} = 0,3dl \cdot 10^{-3} = 0,3 \cdot 100 \cdot 180 \cdot 10^{-3} = 2,4 \text{ хв.}$$

- свердління 2-х отв. Ø10,25:

$$T_{05} = 2 \cdot 0,25 \cdot dl \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 0,52 \cdot 10,25 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 0,853 \text{ хв.}$$

- свердління 2-х отв. Ø15:

$$T_{06} = 2 \cdot 0,25 \cdot dl \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 0,52 \cdot 15 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 1,248 \text{ хв.}$$

- фрезерування торця, протилежного базовому, попереднє:

$$T_{07} = 6 \cdot l \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 3,14 \cdot 115 \cdot 10^{-3} = 2,167 \text{ хв.}$$

- фрезерування торця, протилежного базовому, остаточне:

$$T_{08} = 4 \cdot l \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 3,14 \cdot 115 \cdot 10^{-3} = 1,444 \text{ хв.}$$

- свердління 4-х отворів Ø10,25 (під різь М12-7Н):

$$T_{09} = 4 \cdot 0,52d \cdot l \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 0,52 \cdot 10,25 \cdot 10^{-3} = 0,469 \text{ хв.}$$

- нарізання різі у 4-х отв. Ø12:

$$T_{010} = 4 \cdot 0,4d \cdot l \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 0,4 \cdot 12 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 0,346 \text{ хв.}$$

- цекування 2-х отв. Ø24:

$$T_{011} = 2 \cdot 0,21 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 0,21 \cdot 24 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 0,181 \text{ хв.}$$

- фрезерування поверхонь в розмір 90 (більша ширина) та один торець розміру 110_{0.2} однократно:

$$T_{012} = 6 \cdot l \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 0,48 \text{ хв.}$$

- фрезерування поверхонь в розмір 90 (менша ширина) та другий торець розміру 110_{0.2} однократно:

$$T_{013} = 6 \cdot l \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 0,48 \text{ хв.}$$

- розточування отв. Ø40 H8 попереднє:

$$T_{014} = 0,2 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 40 \cdot 110 \cdot 10^{-3} = 0,88 \text{ хв.}$$

- розточування отв. Ø40 H8 остаточне:

$$T_{015} = 0,3 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,3 \cdot 40 \cdot 110 \cdot 10^{-3} = 1,32 \text{ хв.}$$

- свердління 3-х отв. Ø4,2:

$$T_{016} = 3 \cdot 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 0,52 \cdot 4,2 \cdot 13 \cdot 10^{-3} = 0,085 \text{ хв.}$$

- нарізання різі у 3-х отв. Ø5:

$$T_{017} = 3 \cdot 0,4 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 0,4 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,06 \text{ хв.}$$

- розточування кільцевого пазу в отв. Ø100H8:

$$T_{018} = 0,2 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 104 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,06 \text{ хв.}$$

Час обробки фасок у отв. Ø100H8 та Ø40H8 не враховуємо у зв'язку з дуже малими витратами в порівнянні з іншою обробкою.

Визначаємо штучно-калькуляційний час обробки :

$$T_{\text{шт-к}} = \varphi_k \cdot T_{0i}, \quad (1.1)$$

де φ_k - табличний коефіцієнт, який враховує обладнання для конкретної обробки та тип виробництва; T_{0i} - основний час на кожній операції.

1) Фрезерна обробка:

$$\begin{aligned} T_{\text{шт-к(фр)}} &= (T_{01} + T_{02} + T_{07} + T_{08} + T_{012} + T_{013}) \cdot \varphi_k = \\ &= (1,08 + 0,72 + 2,167 + 1,144 + 0,48 + 0,48) \cdot 1,84 = 6,371 \cdot 1,84 = \\ &= 11,72 \text{ хв.} \end{aligned}$$

2) Розточувальна обробка:

$$\begin{aligned} T_{\text{шт-к(розт)}} &= (T_{03} + T_{04} + T_{014} + T_{015} + T_{018}) \cdot \varphi_k = \\ &= (1,6 + 2,4 + 0,88 + 1,32 + 0,042) \cdot 3,25 = 6,242 \cdot 3,25 = 20,28 \text{ хв.} \end{aligned}$$

3) Обробка свердлінням, розсвердлюванням та цекуванням:

$$\begin{aligned} T_{\text{шт-к(св)}} &= (T_{05} + T_{06} + T_{09} + T_{011} + T_{016}) \cdot \varphi_k = \\ &= (0,853 + 1,248 + 0,469 + 0,181 + 0,085) \cdot 1,72 = 2,836 \cdot 1,72 = \\ &= 4,88 \text{ хв.} \end{aligned}$$

4) Різенарізна обробка:

$$T_{\text{шт-к(різ)}} = (T_{010} + T_{017}) \cdot \varphi_k = (0,346 + 0,06) \cdot 1,72 = 0,406 \cdot 1,72 = 0,698 \text{ хв.}$$

Визначаємо розрахункову кількість обладнання:

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

де - $\eta_{\text{з.н.}}$ - нормативний коефіцієнт завантаження верстата, $\eta_{\text{з.н.}} = 0,8$ [с. 20]
(для умов серійного типу виробництва).

1) Фрезерна обробка:

$$C_{p(\text{фр})} = \frac{(4000 \cdot 11,72)}{4029 \cdot 60 \cdot 0,8} = 0,242,$$

Приймаємо $C_{p(\text{фр})}=1$ верстат.

2) Розточувальна обробка:

$$C_{p(\text{розт})} = \frac{(4000 \cdot 20,28)}{4029 \cdot 60 \cdot 0,8} = 0,419,$$

Приймаємо $C_{p(\text{розт})}=1$ верстат.

3) Обробка свердлінням, розсвердлюванням та цекуванням:

$$C_{p(\text{св})} = \frac{(4000 \cdot 4,88)}{4029 \cdot 60 \cdot 0,8} = 0,1,$$

Приймаємо $C_{p(\text{св})}=1$ верстат.

4) Різенарізна робота:

$$C_{p(\text{різ})} = \frac{(4000 \cdot 0,698)}{4029 \cdot 60 \cdot 0,8} = 0,014,$$

Приймаємо $C_{p(різ)}=1$ верстат.

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

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

1) Фрезерна обробка:

$$\eta_{з.ф.(фр)} = \frac{0,242}{1} = 0,242,$$

2) Розточувальна обробка:

$$\eta_{з.ф.(розт.)} = \frac{0,419}{1} = 0,419,$$

3) Обробка свердлінням, розсвердлюванням та цекуванням:

$$\eta_{з.ф.(св.)} = \frac{0,1}{1} = 0,1,$$

4) Різенарізна обробка:

$$\eta_{з.ф.(різ.)} = \frac{0,014}{1} = 0,014.$$

Визначаємо кількість операцій, які виконуються на одному робочому місці:

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

1) Фрезерна обробка:

$$O_{\text{фр}} = \frac{0,8}{0,242} = 3,3.$$

2) Розточувальна обробка:

$$O_{\text{розт.}} = \frac{0,8}{0,419} = 1,9.$$

3) Обробка свердлінням, розсвердлюванням та цекуванням:

$$O_{\text{св}} = \frac{0,8}{0,1} = 8.$$

4) Різенарізна обробка:

$$O_{\text{різ}} = \frac{0,8}{0,014} = 57,1.$$

Визначаємо коефіцієнт закріплення операцій:

$$\eta_{\text{з.о.}} = \sum_{i=1}^n \frac{O_i}{\sum_{i=1}^n E_{\text{пр}}} = \frac{3,3 + 1,9 + 8 + 57,1}{4} = \frac{70,3}{4} = 17,58.$$

Згідно з ГОСТ 14.004-74 отриманий коефіцієнт закріплення операцій відповідає умовам середньосерійного типу виробництва ($10 < \eta_{\text{з.о.}} < 20$).

1.2 Визначення організаційної форми виробництва

1) Добовий випуск деталей:

$$N_d = \frac{N}{254} = 15,74 \approx 16 \text{ шт.}$$

2) Добова продуктивність поточної лінії:

$$Q_d = \frac{F_{\text{доб.}}}{T_{\text{сер.}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}}, \quad (1.5)$$

де $F_{\text{доб.}}$ - добовий фонд часу роботи обладнання у 2 зміни, $F_{\text{доб.}} = 952 \text{ хв.}$;

$$T_{\text{сер.}} = \frac{11,72 + 20,28 + 4,88 + 0,698}{4} = \frac{37,578}{4} \cong 9,39 \text{ хв.}$$

Тоді:

$$Q_d = \frac{952}{9,39} \cdot 0,8 = 81,1 \approx 81 \text{ шт.}$$

Тому, що $Q_d > N_d$, застосування однономенклатурної лінії недоцільно, тобто обираємо групову форму організації виробництва.

3) Кількість деталей у партії для одночасного запуску у виробництво:

$$n = N \cdot \frac{a}{254}, \quad (1.6)$$

де a – періодичність запуску деталей у днях; приймаємо $a = 12$ днів.

Тоді:

$$n = 4000 \cdot \frac{12}{254} = 188,97 \approx 189 \text{ шт.},$$

тобто $n_{\text{пр.}} = 189 \text{ шт.}$

4) Розраховуємо кількість змін роботи на обробку однієї партії деталей:

$$C = \frac{T_{\text{шт-к(сер)}} \cdot n_{\text{пр}}}{476 \cdot 0,8} = 9,39 \cdot \frac{189}{476} \cdot 0,8 = 4,66,$$

Приймаємо $C_{\text{пр}}=5$ змін.

5) Уточнення кількості деталей у партії:

$$n_{\text{пр}} = \frac{(476 \cdot 0,8 \cdot 5)}{9,39} = 202,76 \approx 203 \text{ шт.}$$

Висновок: Таким чином, остаточно приймаємо групову форму організації виробничого процесу, запускаючи на обробку через кожні 12 днів партії деталей величиною 203 шт.

2. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛІ

2.1 Аналіз конструкції деталі

За своєю формою, конструкцією та технологічним ознакам дана деталь відноситься до класу «Корпусів».

Матеріал деталі – алюмінієвий сплав АЛ 9-72 ГОСТ 2685-71.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад (%) матеріалу.

Марка матеріалу	Cu	Mg	Mn	Si
АЛ9-72	1,0-1,5	0,35-0,6	-	4,5 – 5,5

Таблиця 2.2 – Механічні властивості матеріалу.

НВ	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %
50	140	200	2,0

Габаритні розміри деталі:

- довжина - 240 мм;
- ширина – 180 мм;
- товщина – 80 мм.

Службове призначення деталі невідоме, але виходячи із заданих квалітетів точності розмірів та якості поверхонь, їх можна поділити на 2 групи; поверхні і розміри з підвищеними вимогами – до основних, від яких залежить службове призначення деталі, всі інші до другорядних. Таким чином, до основних можна віднести такі поверхні:

Отвір Ø100Н8, Ra=2,5 мкм,

Отвір Ø40Н8, Ra=2,5 мкм.

2 поверхні в розмір 80_{-0,1}, Ra=2,5 мкм.

Креслення деталі має всі необхідні данні щодо вимог до точності розмірів, шорсткості поверхонь та її відносного розташування. На кресленні, крім того, представленні необхідні проекції, види, перерізи, за допомогою яких можна мати повне уявлення про форму деталі, розташування окремих поверхонь тощо. Наведено можливий спосіб отримання заготовки.

2.2 Аналіз технологічності деталі

2.2.1 Якісний аналіз технологічності [2]

Задана деталь відноситься до класу корпусних. Вага деталі досить велика – складає 5,02 кг. Форма деталі середньої складності, матеріал деталі – алюмінієвий сплав АЛ9. Таким чином, найбільш доцільний спосіб отримання заготовки – це лиття, бажано спеціальне, наприклад кокільне. Найбільша питома вага поверхонь, які потрібно обробити механічним способом, складають отвори – 11 штук, причому 4 отвори розташовані в одній площині, а 7 – в іншій, розташованій відносно до першої – через 90° . Цей факт вимагає або перевстановлення деталі під час обробки, або використання багатоцільового верстата з поворотним столом, або поворотного пристосування для верстату з ЧПК, який оснащений магазином інструментів. Тобто в будь-якому випадку це характеризує деталь як технологічну. Крім того, до нетехнологічних особливостей конструкції відноситься наявність глухих різцевих отворів – 3 отв. М5-7Н та 4 отв. М12-7Н та 2-х церковок $\varnothing 24$. До таких же елементів відноситься необхідність обробки кільцевої канавки в середині отв. $\varnothing 100\text{Н}8$, вимоги до шорсткості та точності розмірів деяких поверхонь виникає як мінімум двоперехідної обробки, і, крім того, до негативних боків технологічності відноситься досить велика довжина обробки отвору $\varnothing 40\text{Н}8$, $l=100\text{мм}$; 2-х отв. $\varnothing 15$, $l = 80\text{мм}$; $\varnothing 100$, $l=80\text{мм}$, що потребує додаткової жорсткості обробки.

В іншому, деталь має достатньо розвинені базові поверхні, доступ інструментів до оброблюваних поверхонь вільний, за винятком обробки внутрішнього кільцевого пазу. Вимоги до точності розмірів та шорсткості поверхонь можна легко дотримати шляхом підбору відповідних технологічних

методів обробки та режимів різання. Крім того, практично можна виконати на багатоцільових верстатах з ЧПК. Всі поверхні деталі, які підлягають обробці, доступні для контролю.

Таким чином, якісний аналіз довів, що задана деталь за конструкцією є цілком технологічною.

2.2.2 Кількісний аналіз технологічності [3]

Згідно з ГОСТ 181831-74 кількісна оцінка технологічності оцінюється такими показниками:

1. Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_y = \frac{Q_{ye}}{Q_e} = \frac{27}{38} = 0,71,$$

де Q_{ye} Q_e – відповідна кількість уніфікованих елементів і загальна кількість типорозмірів конструктивних елементів (різьба, отвори, фаски і т. д.).

Таблиця 2.3-Уніфікованих та не уніфікованих лінійних, діаметральних розмірів

Діаметральні розміри		Лінійні розміри		Отвори		Різьба		Фаски, радіуси	
уніф.	неуніф.	уніф.	неуніф.	уніф.	неуніф.	уніф.	неуніф.	уніф.	неуніф.
-	-	-	8	11	3	7	-	9	-

При $K_y \geq 0,6$ деталі відносяться до технологічних

2. Коефіцієнти точності обробки:

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{cp}}, \quad (2.1)$$

де A_{cp} – середній квалітет точності

$$A_{cp} = \frac{\sum A_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{7 \cdot 7 + 8 \cdot 2 + 10 \cdot 2 + 11 \cdot 2 + 14 \cdot 25}{38} = 12,02.$$

Таблиця 2.4 – Квалітети точності поверхонь деталі

Квалітет точності	7	8	10	11	14
Кількість поверхонь	7	2	2	2	25

$$K_T = 1 - \frac{1}{12,02} = 0,917,$$

При $K_{T.0} \geq 0,8$ деталі відносяться до технологічних

3. Коефіцієнт шорсткості:

$$K_u = \frac{1}{\overline{Ш}_{cp}}, \quad (2.2)$$

Середній клас шорсткості складає:

$$\overline{Ш}_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{4 \cdot 2,5 + 2 \cdot 5 + 26 \cdot 10 + 6 \cdot 20}{38} = \frac{400}{38} = 10,52$$

Таблиця 2.5 – Показники шорсткості поверхонь деталі

Шорсткість, Ra	2,5	5	10	20
Кількість поверхонь	4	2	26	6

$$K_{ш} = \frac{1}{10,52} = 0,095,$$

При $K_{ш} \leq 0,32$ деталі відносяться до технологічних

Висновок: Розглянувши всі позитивні та негативні фактори з врахуванням кількісних показників можна зробити висновок, що деталь досить технологічна.

3. ВИБІР СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

3.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки [4, 5]

Вихідні данні:

- Матеріал – сталь АЛ9-72 ГОСТ 2685-71;
- Вага – 5,02 кг;
- Габаритні розміри, мм: 240x180x80;
- Найнижча шорсткість поверхонь – $R_a = 2,5$ мкм;
- Найвища точність розмірів – 8-й квалітет;
- Вільні розміри: виконуються по h14, H14, $\pm IT14/2$;
- Присутні поверхні, які не підлягають механічній обробці.

В якості альтернативних способів виготовлення заготовки приймаємо лиття у піщані форми та лиття у кокіль [5].

Наведемо характеристики цих способів:

Таблиця 3.1- Характеристика способів лиття

Спосіб лиття	Тип виробництва	Матеріал виливка	Маса виливка, кг	Товщина стінок, мм	Квалітет точності	Шорсткість поверхонь R_a , мкм	Коеф. використ. матер.	Собівартість р/т	Технологічні особливості	Область застосування
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
У піщані форми	О, С	Чавун, сталь, кольорові матеріали	10..1000	≥ 3	14..17	320..80	0,55-0,70	Сірий чавун 120; ковкий чавун 150; Стальне лиття 125..250	Можливо виготовлення виливок будь-якої конфігурації, особливо вимагаючи велику кількість стержнів	Фланці, кришки, втулки, стакани, корпуси, насоси, редуктора

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кокільне	С	Сталь, чавун, кольорові матеріали	0,1..50	≥ 3	12..15	80..20	0,71-0,75	Сірий чавун – 90..150; вуглецеві сталі - 150..200; алюмінієві сплави 600..750	Виготовлення товстостінних виплинок простої та середньої складності	Муфти, втулки, стакани, маховики, колеса

Лиття у піщані форми найпоширеніший спосіб лиття. Заготовки, які отримуються, характеризуються низькою точністю, високими параметрами шорсткості та великими припусками на механічну обробку. Вартість виготовлення виплинок мінімальна, але вартість їх механічної обробки вища, ніж отриманих іншими способами лиття. Цей спосіб лиття вимагає найбільших витрат металу.

Кокільне лиття – найбільш дешевий серед спеціальних способів лиття. Його головна особливість полягає в багатократному використанні металевої форми – кокіля. У зв'язку з великою теплопровідністю матеріалу форми швидкість кристалізації дуже велика. При переході з лиття у піщані форми на кокільне витрати матеріалу зменшуються на 10-20% за рахунок скорочення ливарної системи. Трудомісткість механічної обробки внаслідок зменшення припусків та високої точності розмірів зменшується в 1,5-2 рази. Однак потрібно враховувати, що самі кокілі коштують достатньо дорого, що в них можна виготовляти виплинки порівняльно простої конфігурації і що можливе їх жолоблення по причині значних усадкових та термічних напруг.

3.2 Розрахунок розмірів заготовок для обох способів її виготовлення

3.2.1. Розрахунок параметрів заготовки [7]

Таблиця 3.2 – Розрахунок параметрів заготовки

Параметр заготовки	Кокільне лиття		Лиття у піщані форми	
	ГОСТ 26645-85	Прийнятий	ГОСТ 26645-85	Прийнятий
Клас розмірної точності	6-11Т[7,т.9]	8	7Т-11	9
Ступінь жолоблення виливка	2-5[7,т.10]	4	2-5	4
Ступінь точності поверхонь виливка	8-15[7,т.11]	11	9-16	13
Шорсткість поверхонь	$R_a = 20\text{мкм}$ [7, т.12]	$R_a = 20\text{мкм}$	$R_a = 32\text{мкм}$	$R_a = 32\text{мкм}$
Клас точності маси	5Т-12 [7, т.13]	9	5-13Т	9

3.2.2. Призначення допусків

Визначаємо попередньо необхідні розміри для призначення допусків:

Ø100Н8; Ø40Н8; 100_{-0,2}; 80_{-0,1}; 90.

Призначені допуски на визначені розміри зводимо до табл. 3.3

Таблиця 3.3 - Кокільне лиття

Розміри, мм	Ø100Н8	Ø40Н8	100 _{-0,2}	80 _{-0,1}	90
Допуски на розміри	1,4	1,1	1,6	1,4	1,4
Круглість, співвісність	1,4	1,1	1,6	1,4	1,4
Допуски форми та розташування поверхонь	0,24 (відповідно Ø100Н8)				
Зміщення від площини роз'ємну	0,9 (товщина стінки R32 та R20)				
Допуск загальний	1,6	1,2	1,6	1,6	1,6
Нерівності поверхонь	0,5				
Маси	10%				

Таблиця 3.4 - Лиття у піщані форми

Розміри, мм	Ø100H8	Ø40H8	100 _{-0,2}	80 _{-0,1}	90
Допуски на розміри	2,2	1,8	2,4	2,2	2,2
Круглість, співвісність	2,2	1,8	2,4	2,2	2,2
Допуски форми та розташування поверхонь	0,24 (відповідно Ø100H8)				
Зміщення від площини роз'ємну	1,4				
Допуск загальний	2,4	2,0	2,4	2,4	2,4
Нерівності поверхонь	0,8				
Маси	10%				

3.2.3. Визначення мінімальної товщини стінок:

- для кокільного лиття:

$$N = (2l + b + h)/3 = (2 \cdot 240 + 180 + 80)/3 = 247 \text{ мм} = 0,25 \text{ м},$$

- для лиття у піщані форми:

$$N = (2l + b + h)/3 = (2 \cdot 240 + 180 + 80)/3 = 247 \text{ мм} = 0,25 \text{ м},$$

Тепер визначаємо мінімально припустиму товщину стінки виливка. Вона складає величину 2 мм.

Визначення припусків:

Для цього визначимо мінімальний діаметр отворів, який можна отримати при литті. Перевіряємо можливості виливання двох отворів Ø15:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1S, \quad (3.1)$$

де d_0 – вихідний діаметр, $d_0 = 7 \text{ мм}$ (для алюмінієвих сплавів);

S – товщина стінки (довжина стержня), $S = l_{\text{ст}} = 80 \text{ мм}$.

Отже:

$$d_{\min} = 7 + 0,1 \cdot 80 = 15 \text{ мм}$$

Але в зв'язку з тим, що на робочому кресленні деталі на ці отвори вказана більш чиста поверхня ($R_a = 12,5 \text{ мкм}$), а лиття по двом обраним способам не дасть такої шорсткості, то на ці отвори призначаємо напуск, тобто вони будуть отримуватися механічним шляхом.

Це ж саме стосується отворів під різні M12 та M15 – на них призначаємо напуски.

Отвори під Ø40H8 та Ø100H8 можна робити виливними.

3.2.4. Призначення припусків

Таблиця 3.5 - Лиття в кокіль

Припуски, мкм	Ø100H8	Ø40H8	100 _{-0,2}	80 _{-0,1}	90±0,3
Ряд припусків	4-7. Приймаємо 5				
Мінімальний припуск	2x0,5	2x0,5	2x0,5	2x0,5	2x0,5
Співвідношення допусків розмірів	$\frac{0,054}{1,6} = 0,033$	$\frac{0,039}{1,2} = 0,032$	$\frac{0,2}{1,6} = 0,0125$	$\frac{0,01}{1,6} = 0,062$	$\frac{0,6}{1,6} = 0,037$
Кількість поверхонь	3	3	2	2	1
Рівень точності обробки	середній				
Загальний припуск	2x2,4	2x1,9	2x2,1	2x2,1	1,6
Розміри заготовки	Ø95,2H8	Ø 36,2H8	114,2	84,2	91,6

Таблиця 3.6 - Лиття в піщані форми

Припуски, мкм	Ø100H8	Ø40H8	100 _{-0,2}	80 _{-0,1}	90±0,3
Ряд припусків	5-8. Приймаємо 7				
Мінімальний припуск	2x0,8	2x0,8	2x0,8	2x0,8	2x0,8
Співвідношення допусків розмірів	$\frac{0,054}{2,4} = 0,022$	$\frac{0,039}{2,0} = 0,019$	$\frac{0,2}{2,4} = 0,083$	$\frac{0,1}{2,4} = 0,041$	$\frac{0,6}{2,4} = 0,25$
Кількість поверхонь	3	3	2	2	1
Рівень точності обробки	середній				
Загальний припуск	2x2,4	2x1,9	2x2,1	2x2,1	1,6
Розміри заготовки	Ø95,2H8	Ø 36,2H8	114,2	84,2	91,6

3.3 Оформлення ескізів обох варіантів заготовки

1. Невказані формувальні нахили до 3° , ливарні радіуси $R = 3-5\text{мм}$;
2. Зміщення по площині роз'єму допускається $0,9\text{мм}$;
3. На необроблених поверхнях не допускається раковин;
4. Точність вилівка $8 - 4 - 11 - 9$ Зм. $0,9$ ГОСТ26645-85;
5. Матеріал – сплав АЛ9-72 ГОСТ 2685-71.

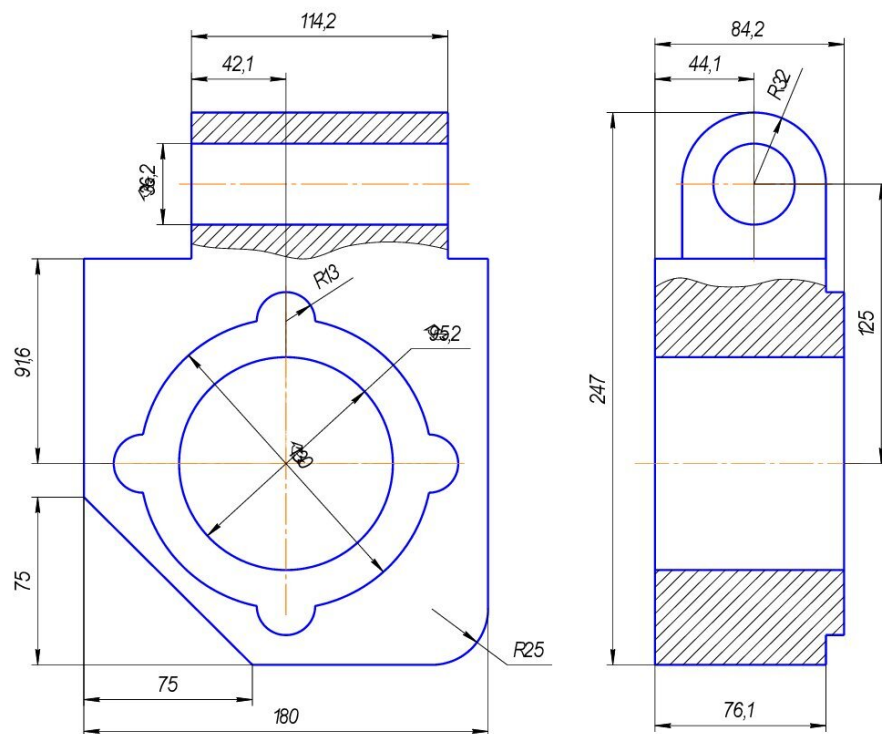


Рисунок 3.1 – Ескіз заготовки деталі, отриманої литтям у кокіль

1. Невказані формувальні нахили до 3° , ливарні радіуси $R = 3-5\text{мм}$;
2. Зміщення по площині роз'єму допускається $1,4\text{мм}$;
3. На необроблених поверхнях не допускається раковин;
4. Точність вилівка $9 - 4 - 13 - 9$ Зм. $1,4$ ГОСТ26645-85;
5. Матеріал – сплав АЛ9-72 ГОСТ 2685-71.

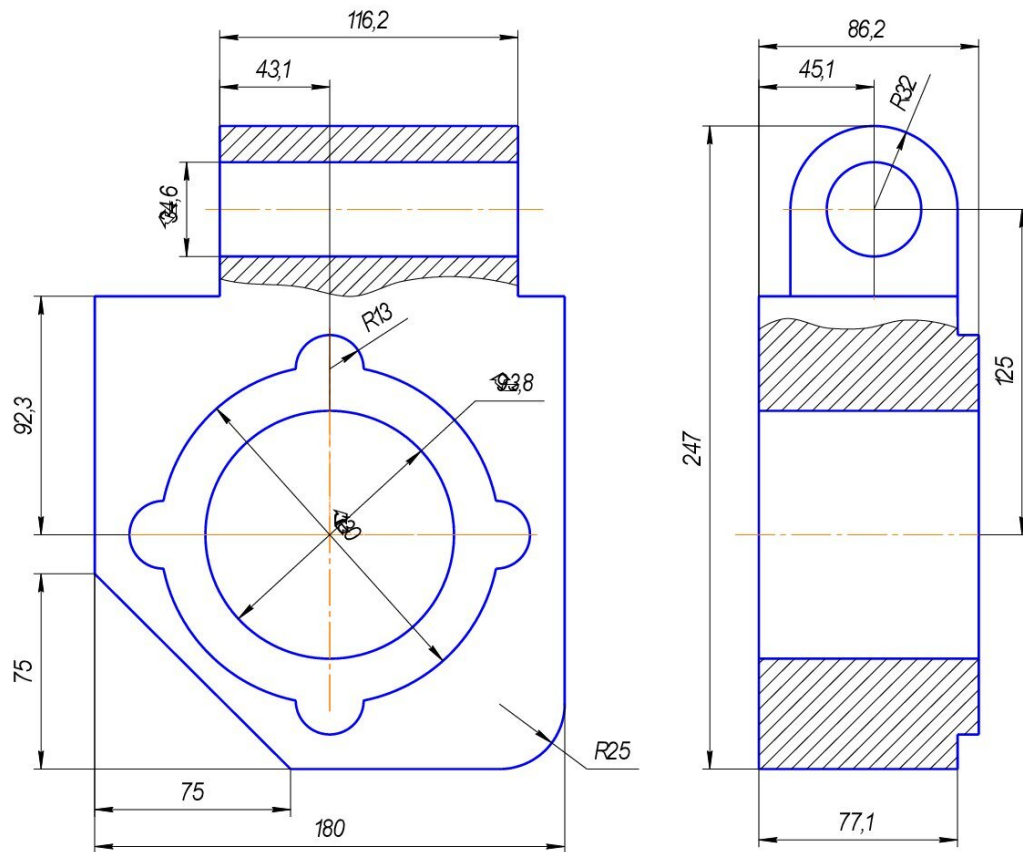


Рисунок 3.2 – Ескіз заготовки деталі, отриманої литтям у піщані форми

3.4. Розрахунок маси і коефіцієнтів використання матеріалу для обох варіантів заготовок

3.4.1. Кокільне лиття

Масу заготовки визначаємо за вагою елементарних фігур, з яких вона складається:

$$Q_z = Q_d + \sum_{i=1}^n Q_{\text{відх.} + \text{нап.}}, \quad (3.2)$$

де Q_d – вага деталі; $Q_{\text{відх.} + \text{нап.}}$ - вага відходів і напусків; n – кількість поверхонь, які обробляються.

Вага відходів і напусків визначається за формулою:

$$Q_{\text{відх.} + \text{нап.}} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n, \quad (3.3)$$

Q_1 – вага припуску, який знімається при обробці отв $\varnothing 100H8$:

$$Q_1 = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - D_2^2) \cdot H \cdot \rho = \frac{3,14}{4} (100^2 - 95,2^2) \cdot 80 \cdot 10^{-6} \cdot 2,66 = \\ = 0,785(10000 - 9063,04) \cdot 80 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} = 0,1565 \text{ кг};$$

Q_2 – вага припуску, який знімається при обробці отв $\varnothing 40H8$:

$$Q_2 = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - D_2^2) \cdot H \cdot \rho = \frac{3,14}{4} (40^2 - 36,2^2) \cdot 110 \cdot 10^{-6} \cdot 2,66 = \\ = 0,785(1600 - 1310,44) \cdot 110 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} = 0,0665 \text{ кг};$$

Q_3 – вага припусків, які знімаються при обробці 2-х отв $\varnothing 15$:

$$Q_3 = 2 \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot H \cdot \rho = 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 15 \cdot 80 \cdot 10^{-6} \cdot 2,66 = 0,005 \text{ кг};$$

Q_4 – вага припусків, які знімаються при обробці 2-х отв. $\varnothing 24$:

$$Q_4 = 2 \cdot \frac{\pi}{4} (D_1^2 - D_2^2) \cdot H \cdot \rho = 2 \cdot \frac{3,14}{4} (24^2 - 15^2) \cdot 18 \cdot 10^{-6} \cdot 2,66 = \\ = 1,57 \cdot (576 - 225) \cdot 18 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} = 0,0263 \text{ кг};$$

Q_5 – вага припусків, які знімаються при обробці 4-х отв $\varnothing 10,25$:

$$Q_5 = 4 \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot H \cdot \rho = 3,14 \cdot 10,25^2 \cdot 22 \cdot 10^{-6} \cdot 2,66 = 0,0193 \text{ кг};$$

Q_6 – вага припусків, які знімаються при обробці 3-х отв $\varnothing 4,2$:

$$Q_6 = 3 \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot H \cdot \rho = 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 4,2^2 \cdot 13 \cdot 10^{-6} \cdot 2,66 = 0,00143 \text{ кг};$$

Q_7 – вага припуску, який знімається при обробці пов «В»:

$$\begin{aligned}
 Q_7 &= A_1 \cdot B_1 + \left(C \cdot D - \left(A_2 \cdot B_2 + R^2 \left(\pi \cdot \frac{90^0}{180^0} - \sin 90^0 \right) \right) \right) \cdot H \cdot \rho = \\
 &= 180 \cdot 105 + \left(180 \cdot 75 - \left(75 \cdot 75 + 25^2 \left(\frac{3,14}{2} - 1 \right) \right) \right) \cdot 2,1 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} = \\
 &= 18900 + (13500 - (5625 + 268,75)) \cdot 2,1 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} = \\
 &= (18900 + 7606,25) \cdot 2,1 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} = 0,148 \text{ кг};
 \end{aligned}$$

Q_8 – вага припуску, який знімається при обробці поверхні, протилежній поверхні «В»:

$$\begin{aligned}
 Q_8 &= \frac{\pi D_1^2}{4} - \left(\frac{\pi D_2^2}{4} + 4 \frac{\pi D_3^2}{4} - 2 \frac{\pi D_4^2}{4} \right) \cdot H \cdot \rho = \\
 &= 3,14 \cdot \frac{130^2}{4} - \left(3,14 \cdot \frac{100^2}{4} + 3,14 \cdot 10,25^2 - 3,14 \cdot \frac{26^2}{2} \right) \cdot 2,1 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} = \\
 &= 18900 + (13500 - (5625 + 268,75)) \cdot 2,1 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} = \\
 &= (14327,82 - 8179,89) \cdot 2,1 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} = 0,0343 \text{ кг};
 \end{aligned}$$

Q_9, Q_{10} – вага припуску, який знімається при обробці 2-х торців отв. Ø40H8:

$$\begin{aligned}
 Q_9 &= \left(\left(\frac{\pi D_1^2}{8} + A \cdot B \right) - \left(\frac{\pi D_2^2}{4} + 3 \frac{\pi D_3^2}{4} \right) \right) \cdot H \cdot \rho = \\
 &= \left(\left(3,14 \cdot \frac{64^2}{8} + 64 \cdot 35 \right) - \left(3,14 \cdot \frac{40^2}{4} + 3 \cdot 3,14 \cdot \frac{4,2^2}{4} \right) \right) \cdot 2,1 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} = \\
 &= ((1607,68 + 2240) - (1256 + 41,54)) \cdot 2,1 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} = \\
 &= (3847,68 - 1297,54) \cdot 2,1 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} = 0,0142 \text{ кг};
 \end{aligned}$$

$$Q_{10} = (3847,68 - 1297,54 + 41,54) \cdot 2,1 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} = 0,0144 \text{ кг};$$

Q_{11} – вага припуску, який знімається з верхньої частини деталі:

$$\begin{aligned} Q_{11} &= (A_1 \cdot B_1 + A_2 \cdot B_2) \cdot H \cdot \rho = \\ &= (74 \cdot 50 + 20 \cdot 74) \cdot 2,1 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} = \\ &= (3700 + 1480) \cdot 2,1 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} = 0,0034 \text{ кг}; \end{aligned}$$

Q_{12} – вага припуску, який знімається при обробці кільцевого пазу у отв. Ø100H8:

$$\begin{aligned} Q_2 &= \frac{\pi}{4} (D_1^2 - D_2^2) \cdot H \cdot \rho = \frac{3,14}{4} (104^2 - 100^2) \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 2,66 = \\ &= 3,14(2704 - 2500) \cdot 2 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} = 640,56 \cdot 2 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} = 0,0034 \text{ кг}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{відх.} + \text{нап.}} &= Q_1 + Q_2 + \dots + Q_{12} = 0,1565 + 0,0665 + 0,005 + 0,0263 + \\ &+ 0,0193 + 0,00143 + 0,148 + 0,0343 + 0,0142 + 0,0144 + 0,022 + 0,0034 = 0,511. \end{aligned}$$

Маса заготовки таким чином дорівнює:

$$Q_3 = 5,02 + 0,511 = 5,531 \text{ кг.}$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{Q_{\text{д}}}{Q_3} = \frac{5,02}{5,531} = 0,907.$$

3.4.2. Лиття у піщані форми

Обробці підлягають ті ж самі поверхні, як і у варіанті а) – тільки з іншим припуском:

$$Q_1 = (10000 - 8798,44) \cdot 0,785 \cdot 80 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} = 0,2 \text{ кг};$$

$$Q_2 = (1600 - 1197,16) \cdot 0,785 \cdot 110 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} = 0,0925 \text{ кг};$$

$$Q_3 = 0,005 \text{ кг};$$

$$Q_4 = 0,0263 \text{ кг};$$

$$Q_5 = 0,0193 \text{ кг};$$

$$Q_6 = 0,00143 \text{ кг};$$

$$Q_7 = (18900 - 7606,25) \cdot 3,1 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} = 0,218 \text{ кг};$$

$$Q_8 = (14327,82 - 8179,89) \cdot 3,1 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} = 0,0507 \text{ кг};$$

$$Q_9 = (3847,68 - 1297,54) \cdot 3,1 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} = 0,021 \text{ кг};$$

$$Q_{10} = (3847,68 - 1297,54 + 41,54) \cdot 3,1 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} = 0,213 \text{ кг};$$

$$Q_{11} = (3700 + 1480) \cdot 2,3 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} = 0,0317 \text{ кг};$$

$$Q_{12} = 0,0034 \text{ кг};$$

$$Q_{\text{відх.}} + \text{нап.} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_{12} = 0,2 + 0,0925 + 0,005 + 0,0263 + 0,0193 + \\ + 0,00143 + 0,218 + 0,0507 + 0,021 + 0,0213 + 0,0317 + 0,0034 = 0,69.$$

Маса заготовки таким чином дорівнює:

$$Q_3 = 5,02 + 0,69 = 5,71 \text{ кг}.$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{Q_{\text{д}}}{Q_3} = \frac{5,02}{5,71} = 0,879.$$

3.5 Техніко-економічне порівняння обох варіантів отримання заготовок та вибір більш раціонального [1, 8].

3.5.1. Кокільне лиття:

$$S_{\text{заг.}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q_3 \cdot K_T \cdot K_c \cdot K_{\text{в}} \cdot K_M \cdot K_{\text{п}} \right) - (Q_3 - Q_{\text{д}}) \cdot \frac{S_{\text{відх}}}{1000} =$$

$$\begin{aligned}
&= \left(\frac{1265}{1000} \cdot 5,531 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,64 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (5,531 - 5,02) \cdot \frac{300}{1000} = \\
&= 4,478 - 0,153 = 4,325 \text{ гр. од.} \approx 4,33 \text{ гр. од.}
\end{aligned}$$

3.5.2. Лиття у піщані форми:

$$\begin{aligned}
S_{\text{заг.}} &= \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q_{\text{з}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{п}} \right) - (Q_{\text{з}} - Q_{\text{д}}) \cdot \frac{S_{\text{відх}}}{1000} = \\
&= \left(\frac{360}{1000} \cdot 5,71 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,96 \cdot 5,94 \cdot 1 \right) - (5,71 - 5,02) \cdot \frac{300}{1000} = \\
&= 12,894 - 0,207 = 12,69 \text{ гр. од.}
\end{aligned}$$

Технічно-економічне порівняння обох варіантів:

$$E = (S_{\text{заг(плф)}} - S_{\text{заг(кл)}}) \cdot N_p = (12,69 - 4,33) \cdot 4000 = 33440 \text{ гр. од.}$$

Висновок: При виготовленні заготовки даної деталі найраціональніше обрати кокільне лиття, що доведено економічно.

4. РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

4.1. Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва, їх аналіз на предмет використання при проектуванні маршруту механічної обробки [9]

Корпусні деталі машини являються базовими елементами виробів. У корпусах встановлюють різні деталі, механізми, складальні одиниці, технологічність взаємного розташування яких повинна бути забезпечена у процесі роботи машин.

Діаметри основних отворів у корпусних деталях обмежені як правило розмірами 20-150 мм. Найбільша кількість отворів приходить на допоміжні, в тому числі кріпильні отвори діаметром до 20 мм.

Матеріалом для виготовлення різних корпусних деталей являється головним чином сірий чавун, рідше – вуглецева сталь, використовують також ковкий чавун, леговану сталь та сплави з кольорових металів.

Основним способом отримання литих заготовок є литво в піщані форми, у кокіль, під тиском, лиття в оболонкові форми, лиття за виплавними моделями.

Відповідальним етапом обробки корпусних деталей є вибір технологічних баз та послідовність обробки. Вибір технологічних баз повинен бути оснований на аналізі функціонального призначення поверхонь деталі, вимог до їх точності та точності їх взаємного розташування. Спочатку виділяють бази для обробки більшості поверхонь деталі, а потім для виконання першої або перших операцій. Перші операції виконують для того, щоб отримати технологічні бази для обробки більшості поверхонь. Технологічними базами для перших операцій як правило є необроблені поверхні, які забезпечують вірне та стійке положення заготовки у пристосуванні.

Маршрут обробки корпусної деталі складається з наступних основних станів: обробки поверхонь, які використовуються в якості технологічних баз, обробки взаємозв'язаних плоских поверхонь, обробки основних отворів, обробки

кріпильних отворів, фінішної обробки плоских поверхонь та основних отворів (якщо необхідно). Кожний з етапів може складатися з декількох операцій або, навпаки, одна операція може включати до себе різні етапи обробки.

В дійсний час для обробки корпусних деталей широко застосовують свердлильно-фрезерно-розточувальні багато інструментальні верстати з числовим програмним керуванням.

Якщо корпусна деталь має точні отвори та площини, то технологічний процес рекомендується будувати наступним чином:

- перша чорнова операція – обробка деталі з двох-трьох боків (площини та отвори великого діаметру); в якості технологічних баз використовують поверхні, які забезпечують надійне закріплення, можливість продуктивного зняття припуску;

- друга чорнова операція – обробка інших боків деталі з встановленням по обробленим у попередній операції поверхням, створення технологічних баз для наступної обробки. У кожній з чорнових операцій потрібно намагатися обробити взаємозв'язані площини та отвори для того, щоб забезпечити вірність їх відносного положення та мінімальний припуск на наступну обробку, видалити, по можливості, максимальну кількість матеріалу вилівка для стабілізації внутрішніх напруг;

- перша чистова операція – обробка базової та протилежних до неї площин заготовки та всіх елементів (пазів, уступів, отвору), розташованих на цих площинах, в тому числі основних отворів;

- друга чистова операція – обробка інших чотирьох боків з встановленням по обробленим на попередній операції базам, в тому числі обробка основних отворів, пазів, уступів, допоміжних та кріпильних отворів.

При вимогах до точності деталі, які перевищують точнісні можливості верстата з ЧПК, на багато інструментальному верстаті виконують напівчистому обробку відповідних поверхонь з припуском під їх наступну обробку на верстатах з ручним керуванням (шліфування, координатне розточування, хонінгування).

При невеликій трудомісткості чорнової обробки в маршрутному технологічному процесі передбачають лише одну чорнову операцію. Якщо виділення чорнової обробки в окрему операцію на багато інструментальному верстаті неефективно, операцію потрібно виконувати на верстатах іншого типу або об'єднувати її з операцією чистової обробки на верстаті з ЧПК.

Чорнову обробку слід виконувати в окрему операцію, якщо трудомісткість операції на верстаті з ЧПК велика або якщо ця операція необхідна для створення технологічних баз, які використовуються у наступних операціях.

Доцільно обидві чорнові або обидві чистові операції послідовно виконувати на одному і тому ж верстаті, якщо кількість інструментів, необхідних для виконання обох операцій, не перевищує кількості позицій інструментального магазину верстата. Деталь для виконання кожної операції встановлюється в окремому пристосуванні.

Висновок: Використовуючи наведені рекомендації в подальшому розробимо технологічний процес обробки заданої деталі.

4.2. Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності. Визначення кількості ступенів механічної обробки [2]

4.2.1. Отвір Ø100H8, $R_a=2,5$ мкм.

Допуск заготовки – $T_{\text{заг.}} = 870$ мкм, допуск деталі $T_{\text{дет.}} = 54$ мкм.

Загальне уточнення:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_{\text{заг.}}}{T_{\text{дет.}}} = \frac{870}{54} = 16,11.$$

Для більш спрямованого вибору кількості ступенів механічної обробки скористаємося формулою:

$$n = \lg \frac{\varepsilon_{\Sigma}}{0,46} = \lg \frac{16,11}{0,46} = 2,62.$$

Отже, обробку заданої поверхні можна перевірити за три переходи, тобто:

$$n_{\text{пр.}} = 3.$$

Відповідно до рекомендацій приймаємо ступені уточнення на переходи механічної обробки:

- на перший $\varepsilon_1 = 6$;
- на другий $\varepsilon_2 = 3$;
- на третій $\varepsilon_3 = 1,5$.

Допуск розміру деталі:

- після першого переходу:

$$T_1 = \frac{T_{\text{заг.}}}{\varepsilon_1} = \frac{870}{6} = 145 \text{ мкм (IT10)};$$

- після другого переходу:

$$T_2 = \frac{T_{\text{заг.}}}{\varepsilon_2} = \frac{145}{3} = 48 \text{ мкм (IT8)};$$

- після третього переходу:

$$T_3 = \frac{T_{\text{заг.}}}{\varepsilon_3} = \frac{48}{1,5} = 32 \text{ мкм (IT7)};$$

Отриманий допуск після третього переходу перевищує заданий, тобто, таким чином, при обробці заданої поверхні можна обмежитися двома переходами. Приймаємо остаточне:

- попереднє розточування;
- остаточне розточування.

4.3 Вибір чистових та чорнових технологічних баз

4.3.1 Вибір чорнових технологічних баз

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

Аналізуючи креслення деталі «Корпус 11.10.11» в якості чорнових баз обираємо поверхню кругового «пояску» 130x100 (установча база) та прямий довгий бік заготовки (напрямна база). Таку схему базування, наприклад, можна реалізувати шляхом встановлення заготовки до лещат і обробити остаточно поверхню «В», яка задана на кресленні в якості бази, начорно обробити основний отвір $\varnothing 100H8$, та остаточно обробити два наскрізних отвори $\varnothing 15$. Обробку можна здійснити на вертикально-фрезерному верстаті, оснащеним магазином інструментів фрезерно-сверлильно-розточувального типу.

4.3.2 Вибір чистових технологічних баз

В якості таких баз на всіх подальших операціях будемо використовувати поверхні, які були оброблені на першій операції, тобто поверхню «В» то 2 отвори $\varnothing 15$ – можна встановлювати заготовку по площині та двом пальцям – циліндричному та зрізаному.

На наступній операції можна обробити остаточно отвір $\varnothing 100H8$, який в подальшому можна використовувати в якості чистової бази при обробці поверхонь, розташованих в іншій площині – це отвір $\varnothing 40H8$, його торці та ще дві плоских поверхні. Це викликано тим, що вісь отвору $\varnothing 100H8$ прив'язана розміром $40 \pm 0,1$ до одного з торців отвору $\varnothing 40H8$, а інша вісь – розміром 90 мм. до двох інших площин. Крім того, на другій операції будуть оброблятися остаточно поверхня кругового «пояску» $\varnothing 130 \times \varnothing 100$, 4 різевих отвори M12-7H та 2 церковки $\varnothing 24$ у отворах $\varnothing 15$ та кільцевий паз у отворі $\varnothing 100H8$. Похибка базування на розмір $80_{-0,1}$ буде відсутня – спів падання технологічної та вимірювальної бази,

похибка базування на розмір 75 буде набагато менша ніж потрібна точність розміру – 600 мікрон проти 100 мікрон (де $T_{75}=600\text{мкм}$, $T_{80}=100\text{мкм}$). Те ж саме стосується дотримання розмірів довжин отворів під різь М12 та самої різі (відповідно, 520мкм проти 100мкм). Крім того, будуть дотримані вимоги перпендикулярності вісі отвору Ø100Н8 площині «В» в межах 0,03 мкм та позиційного допуску розташування 4-х отворів М-12 відносно поверхні отвору Ø100Н8. Обробку також потрібно здійснити на багатоцільовому верстаті з ЧПК.

На останній операції базування, як вказувалося вище, буде здійснюватися по отвору Ø100Н8 (напрямна база) та по площині «В» (установча база). Таку схему можна реалізувати шляхом встановлення заготовки на циліндричний палець по отвору Ø100Н8 та на площину «В». Обробці будуть підлягати: остаточно отв. Ø40Н8, два його торці, перпендикулярні до них ще дві плоских поверхні та три отвори М5-7Н. При обробці вимоги до точності розмірів будуть дотримані. Наприклад, найбільш точний розмір складає $125\pm 0,05$, тобто допуск на розмір 0,1мм. Якщо обрати посадку спряження пальця з отвором Ø100Н8/h7, то максимальний зазор, який може утворитися при установці складає величину $S=100,054 - 99,966=0,088\text{мм}$, тобто його величина менша за вказаний вище допуск. Обробку на цій операції потрібно здійснити також на багатоцільовому верстаті з ЧПК.

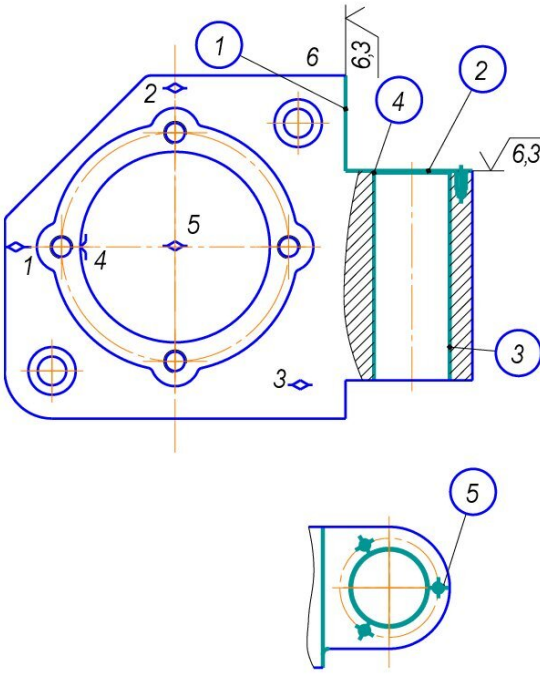
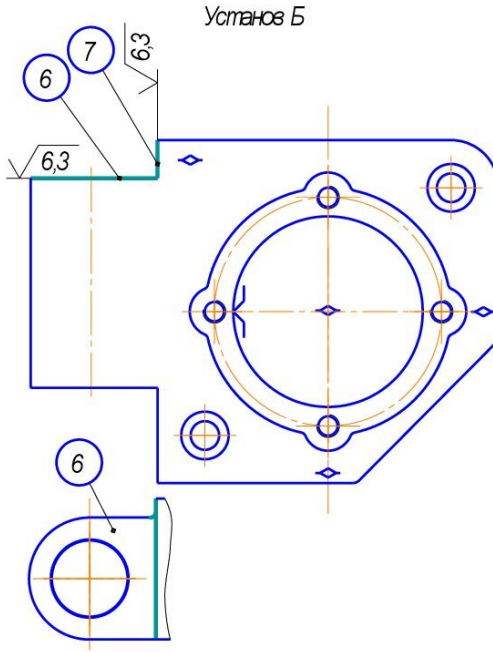
Висновок: Таким чином, запропоновані схеми базування заданої деталі можуть забезпечити без похибок точність заданих розмірів і тому їх можна рекомендувати для застосування при розробці технологічного процесу механічної обробки деталі «Корпус 11.10.11».

4.4 Проектування маршруту механічної обробки

Таблиця 4.1 – Маршрут механічної обробки

№ опер.	Найменування операції. Зміст переходів	Схема базування деталі	Обладнання
1	2	3	4
005	Комплексна з ЧПК 1. Встановити заготовку. 2. Фрезерувати пов. 1 попередньо. 3. Фрезерувати пов. 1 остаточно. 4. Розточити отв. 2 попередньо 5. Центрувати 2 отв. 3 6. Свердлити два отв. 3 на прохід. 7. Розсвердлити 2 отв. 3 8. Зняти заготовку.		ГФ2171МФ3
010	Комплексна з ЧПК 1. Встановити заготовку. 2. Фрезерувати пов. 1 попередньо. 3. Фрезерувати пов. 1 остаточно. 4. розточити отвір 2 остаточно. 5. Розточити фаску 3 однократно. 6. Фрезерувати пов. 4 однократно. 7. Центрувати 4 отв. 5. 8. Свердлити 4 отв. 5. 9. Нарізати різь у 4-х отв. 5. 10. Цекувати 2 отв. 5. 11. Зняти заготовку.		ГФ2171МФ3

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4
015	Комплексна з ЧПК Установ А 1. Встановити заготовку. 2. Фрезерувати пов. 1,2 однократно. 3. Розточити пов. 3 попередньо. 4. Розточити пов 3. Остаточно. 5. Розточити фаску 4. 6. Центрувати 3 отв. 5. 7. Свердлити 3 отв. 5. 8. Нарізати різь у 3-х отв. 5. Установ Б 9. Перевстановити заготовку. 10. Фрезерувати пов. 6, 7 однократно. 11. Зняти деталь.	Установ А  Установ Б 	ГФ2171МФ3

4.5 Розмірний аналіз технологічного процесу

4.5.1 Вибір розташування технологічних розмірів

Розташування технологічних розмірів вибираємо таким чином, щоб зберегти розмірну прив'язку поверхонь, що обробляються на одній операції, з поверхнями, які не обробляються на даній операції, або визначають взаємне розташування, оброблюваних поверхонь між собою.

При розташуванні технологічних розмірів, варіант вибору баз, коли співпадають конструкторські та технологічні бази, є найоптимальнішим. При цьому похибка базування відсутня і немає потреби проводити додаткові розрахунки для визначення технологічних розмірів.

В даному розділі до розгляду прийняті операції 005 та 010, на яких лінійні розміри отримуються в одній площині.

Варіант проставлення технологічних розмірів на цих операціях наведений в р. 4.5.3.

Розмір 3 визначає розташування базових поверхонь деталі. Технологічні розміри $B_1 \dots B_5$ характеризують послідовність процесу механічної обробки, за яким утворюються конструкторські розміри K_1-K_4 і визначають положення як базових, так і інших поверхонь деталі.

4.5.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Співставляючи розташування технологічних розмірів з кресленням деталі, можна побачити, що деякі з цих розмірів співпадають з конструкторським, тому мають однакові допуски:

$$T(B_4) = T(K_2) = 0,74 \text{ мм};$$

$$T(B_3) = T(K_4) = 0,1 \text{ мм};$$

$$T(B_2) = T(K_1) = 0,74 \text{ мм};$$

$$T(B_5) = T(K_3) = 0,52 \text{ мм};$$

На розмір B_1 призначаємо допуск по 14 квалітету точності, тобто 0,87 мм, а на розмір 3 – по 15 квалітету, або 1,4 мм.

4.5.3 Розмірна схема технологічного процесу

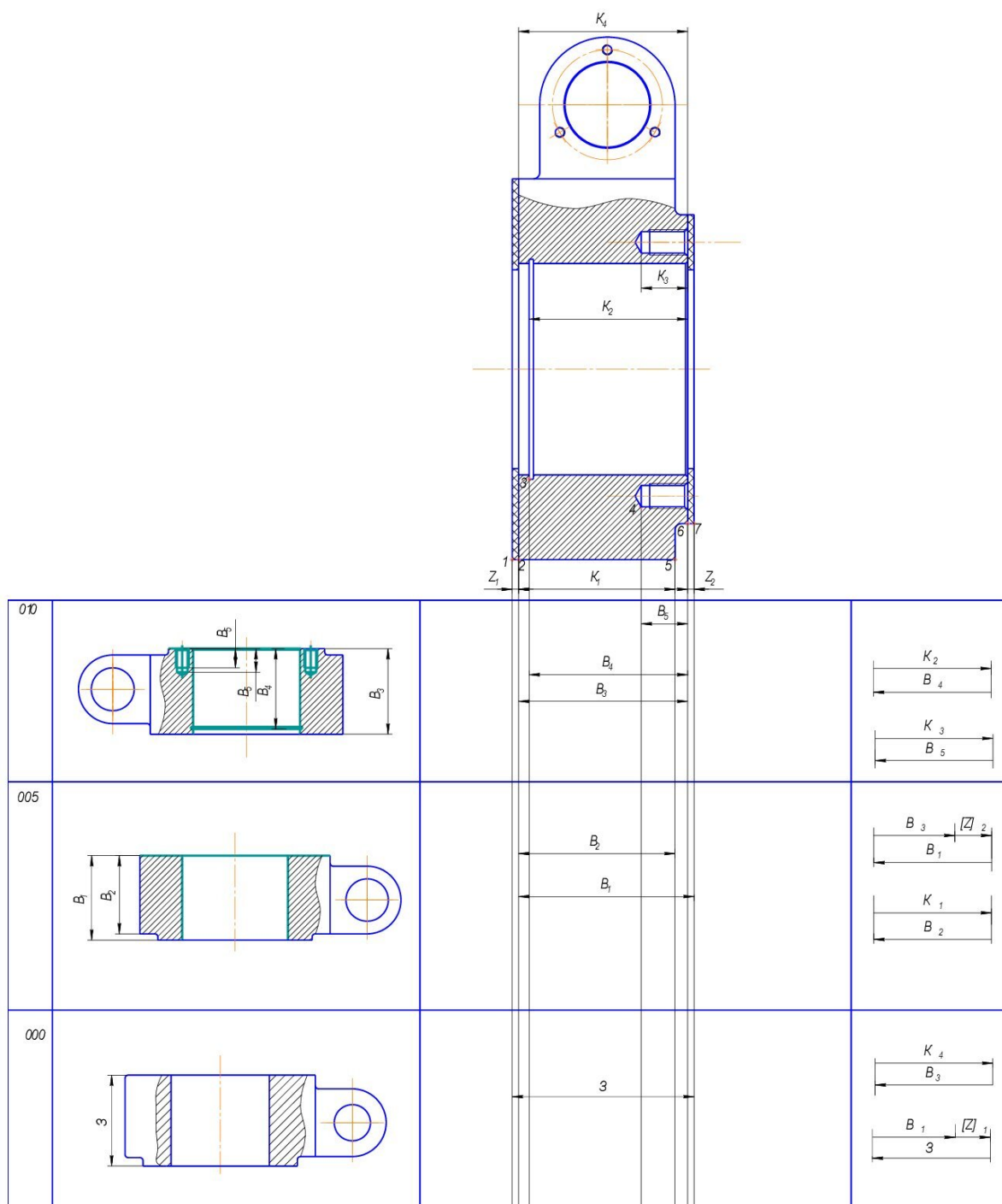


Рисунок 4.1 - Розмірна схема технологічного процесу

4.5.4. Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

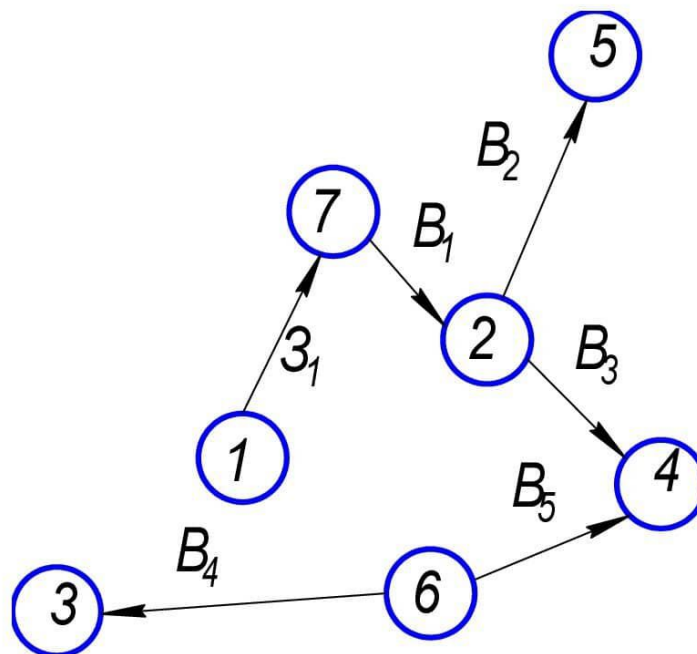


Рисунок 4.2 – Похідний граф-дерево

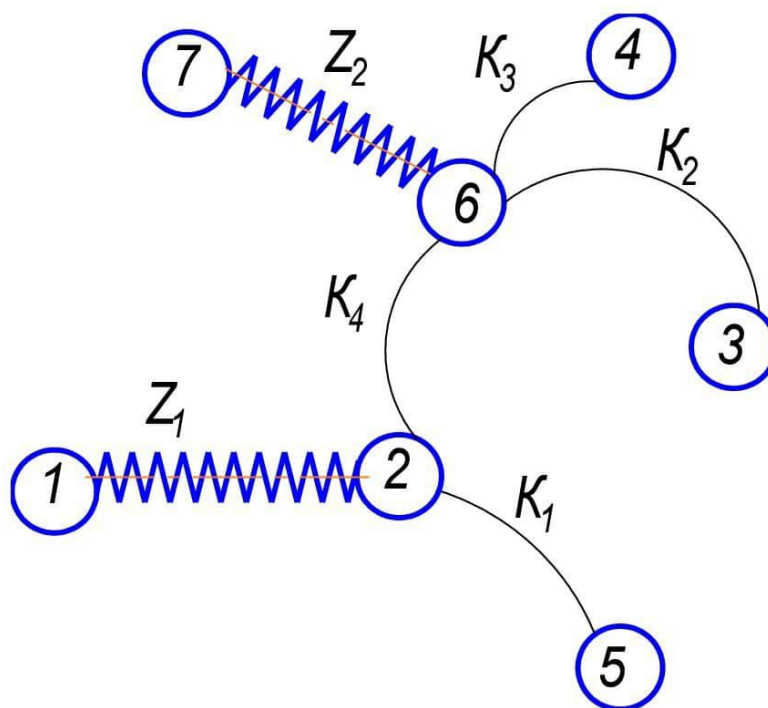


Рисунок 4.3 – Вихідний граф-дерево

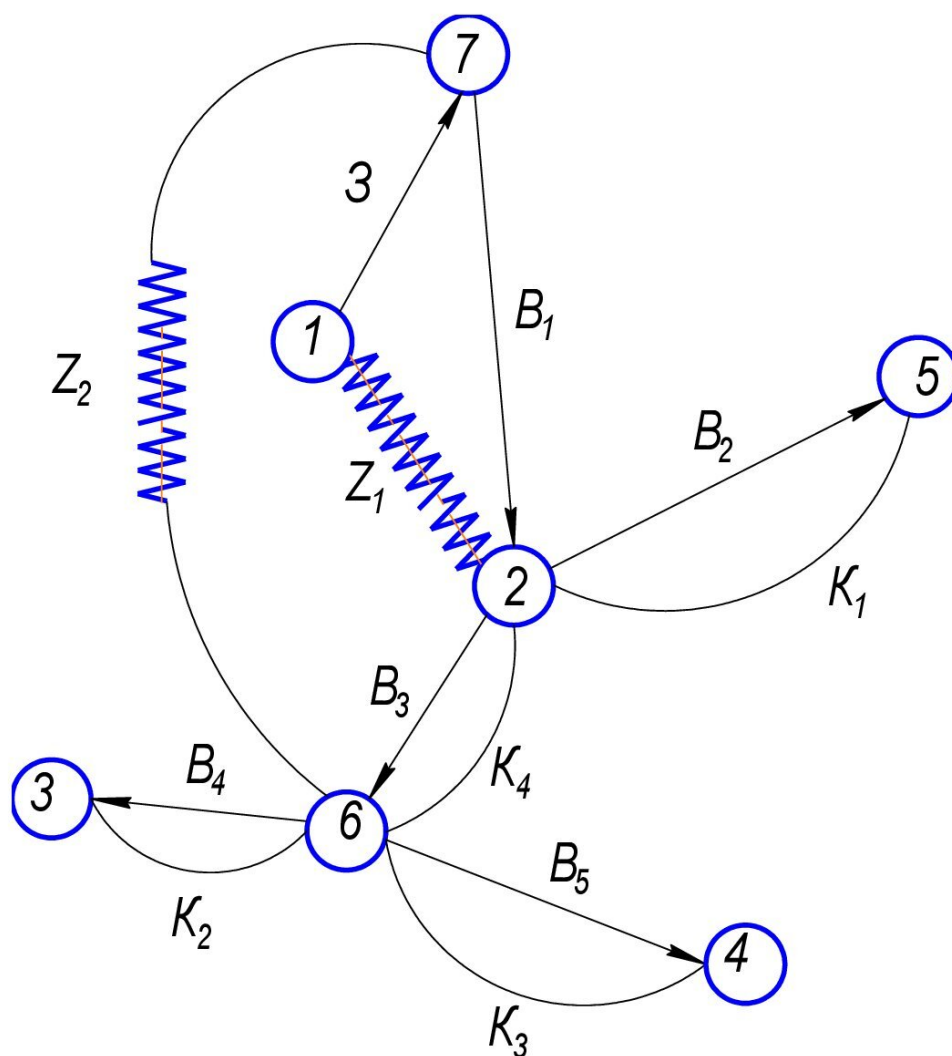


Рисунок 4.4 – Суміщений граф-дерево

4.5.5. Визначення проміжних максимальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

За [7] призначаємо такі мінімальні припуски:

$$Z_{1\min}=Z_{2\min}=0,4 \text{ мкм.}$$

4.5.6 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Таблиця 4.2 - Рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

№ п/п	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$B_4 - K_2 = 0$	$K_2 = B_4$	B_4
2	$B_3 - K_4 = 0$	$K_4 = B_3$	B_3
3	$B_2 - K_1 = 0$	$K_1 = B_2$	B_2
4	$B_5 - K_3 = 0$	$K_3 = B_5$	B_5
5	$B_1 - B_3 - Z_2 = 0$	$Z_2 = B_1 - B_3$	B_1
6	$3 - B_1 - Z_1 = 0$	$Z_1 = 3 - B_1$	3

4.5.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція допусків технологічних розмірів

Ланцюги 1, 2, 3 та 4 є дволанцюговими, тобто технологічні розміри співпадають в даній схемі є конструкторськими розмірами:

$$B_4 = K_2 = 75 \pm 0,3;$$

$$B_3 = K_4 = 80_{-0,1};$$

$$B_2 = K_1 = 74 \pm 0,1;$$

$$B_5 = K_3 = 22 \pm 0,3.$$

Ланцюг 5:

$$Z_2 = B_1 - B_3;$$

$$Z_{2\min} = B_{1\min} - B_{3\max};$$

$$B_{1\min} = B_{3\max} + Z_{2\min} = 80 + 0,4 = 80,3 \text{ мм};$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 80,3 + 0,87 = 81,27 \text{ мм};$$

$$Z_{2\max} = B_{1\max} - B_{3\max} = 81,27 - 79,9 = 1,37 \text{ мм};$$

$$B_{1\text{ном.}} = 81,27_{-0,87}.$$

Ланцюг 6:

$$3 - B_1 - Z_1 = 0;$$

$$Z_{1\min} = 3_{\min} - B_{1\max};$$

$$Z_{\min} = Z_{1\min} + B_{1\max} = 81,27 + 0,4 = 81,67 \text{ мм};$$

$$Z_{\max} = Z_{\min} + T(3) = 81,67 + 1,4 = 83,07 \text{ мм};$$

$$Z_{1\max} = Z_{\max} - B_{1\min} = 83,07 - 70,4 = 2,67 \text{ мм};$$

$$Z_{\text{НОМ.}} = 83,07_{-1,4}.$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці:

Таблиця 4.3 - Результати розрахунків

Розміри заготовки, технологічні розміри	3	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
Попереднє значення допусків, мм	1,4	0,87	0,6	0,1	0,6	0,6
Квалітет точності	15	14	14	10	14	14
Остаточні значення допусків, мм	1,4	0,87	0,6	0,1	0,6	0,6
Номинальні розміри, мм	83,07	81,27	74	80	75	22

Таблиця 4.3 - Результати розрахунків

Припуски, мм		Z ₁	Z ₂
Граничні розміри, мм	Z _{min}	0,4	0,4
	Z _{max}	2,67	1,37

Висновок: за результатами розмірно-точнісного моделювання були визначені чисельні значення технологічних розмірів і розміру заготовки, виконано остаточне призначення допусків та визначені граничні розміри припусків.

4.6 Визначення припусків та технологічних розмірів на механічну обробку отвору Ø100H8 [1]

Визначаємо елементи припуску R_Z та T:

- для заготовки (лиття у кокіль) R_Z = 200 мкм, T = 300 мкм;
- для попереднього розточування R_Z = T = 50 мкм;
- для остаточного розточування R_Z = 20 мкм, T = 25 мкм.

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки даного типу визначається за формулою:

$$\rho_z = \rho_{\text{жол.}}, \quad (4.1)$$

Жолоблення отвору потрібно враховувати як у діаметральному, так і у осьовому перетині, тому:

$$\begin{aligned} \rho_{\text{жол.}} &= \sqrt{(\Delta_K \cdot d)^2 + (\Delta_k l)^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 100)^2 + (0,7 \cdot 80)^2} = \\ &= \sqrt{4900 + 3136} = 89,64 \text{ мкм.} \end{aligned}$$

Таким чином:

$$\rho_z = 89,64 \text{ мкм.}$$

Залишкове просторове відхилення для переходу механічної обробки – попереднього розточування:

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_z = 0,05 \cdot 89,64 = 4,48 \text{ мкм.}$$

На основі отриманих вище даних проводимо розрахунок мінімальних значень між операційних припусків, користуючись формулою:

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \left(R_{Z(i-1)} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (4.2)$$

Визначаємо похибку встановлення при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (4.3)$$

де ε_δ - похибка базування; ε_3 - похибка закріплення. При установці заготовки на першій операції $\varepsilon_\delta = 0$, $\varepsilon_3 = 120$ мкм.

Тоді:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{120^2} = 120 \text{ мкм.}$$

Похибка встановлення при чистовому розточуванні:

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_1 + \varepsilon_{\text{під.}} = 0,05 \cdot 120 + 0,05 = 6,05 \text{ мкм.}$$

Визначаємо мінімальний припуск під розточування:

- чорнове:

$$\begin{aligned} 2 \cdot Z_{\min 1} &= 2 \left(200 + 300 + \sqrt{89,64^2 + 120^2} \right) = \\ &= 2 \cdot \left(500 + \sqrt{8035,33 + 14400} \right) = 2 \cdot (500 + 149,78) \cong 2 \cdot 650 \text{ мкм.} \end{aligned}$$

- чистове:

$$\begin{aligned} 2 \cdot Z_{\min 2} &= 2 \left(50 + 50 + \sqrt{4,48^2 + 6,05^2} \right) = \\ &= 2 \cdot \left(100 + \sqrt{20,07 + 36,6} \right) = 2 \cdot (100 + 7,52) \cong 2 \cdot 108 \text{ мкм.} \end{aligned}$$

Визначаємо розрахункові розміри d_p :

- для чорнового розточування:

$$d_{p1} = 100,054 - 0,216 = 99,838 \text{ мм;}$$

- для заготовки:

$$d_{pz} = 99,838 - 1,3 = 98,538 \text{ мм};$$

Значення допусків для кожного переходу приймаємо за табличним у відповідності з квалітетом того чи іншого виду обробки:

- для чистового розточування $\delta_2=54$ мкм (8-й квалітет);
- для чорнового розточування $\delta_1=140$ мкм (10-й квалітет);
- для заготовки $\delta_3=870$ мкм (14-й квалітет).

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

- для чистового розточування:

$$d_{min} = 100\text{мм}; d_{max} = 100 + 0,054 = 100,054\text{мм} \approx 100,05\text{мм};$$

- для чорнового розточування:

$$d_{min} = 99,7 \text{ мм}; d_{max} = 99,84 \text{ мм};$$

- для заготовки:

$$d_{min} = 97,67 \text{ мм}; d_{max} = 98,54 \text{ мм}.$$

Визначаємо межові значення припусків:

- для чистового розточування:

$$2 \cdot Z_{min2}^{пр.} = 100,05 - 99,84 = 0,21 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{max2}^{пр.} = 100 - 99,7 = 0,3 \text{ мм};$$

- для чорнового розточування:

$$2 \cdot Z_{min1}^{пр} = 99,84 - 98,54 = 1,3 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{max1}^{пр} = 99,7 - 97,67 = 2,03 \text{ мм};$$

Всі результати виконаних розрахунків зводимо до таблиці.

Таблиця 4.4 - Результати розрахунків

Технолог. переходи обробки поверхні Ø100H8	Елементи припуску, мкм				Розрах. прип. $2Z_{min}$, мкм	Розрах. розмір, d_p , мм	Доп уск δ , мкм	Межовий розмір, мкм		Межові значення припусків, мкм	
	R_z	T	ρ	ε				d_{min}	d_{max}	$2Z_{min}^{пр}$	$2Z_{max}^{пр}$
Заготовка	200	300	89,64	-	-	98,538	870	97,67	98,54	-	-
Розточув. попереднє (чорнове)	50	50	4,48	120	2·650	99,838	140	99,7	99,84	1300	2030
Розточув. остаточне (чистове)	20	25	-	6,05	2·108	100,05 ₄	54	100	100,05	210	300
Всього										1510	2330

Проведемо перевірку виконаних розрахунків:

$$Z_{max2}^{пр} - Z_{min2}^{пр} = 300 - 210 = 90 \text{ мкм}; \delta_1 - \delta_2 = 140 - 54 = 86 \text{ мкм};$$

$$Z_{max1}^{пр} - Z_{min1}^{пр} = 2030 - 1300 = 730 \text{ мкм}; \delta_3 - \delta_1 = 870 - 140 = 730 \text{ мкм};$$

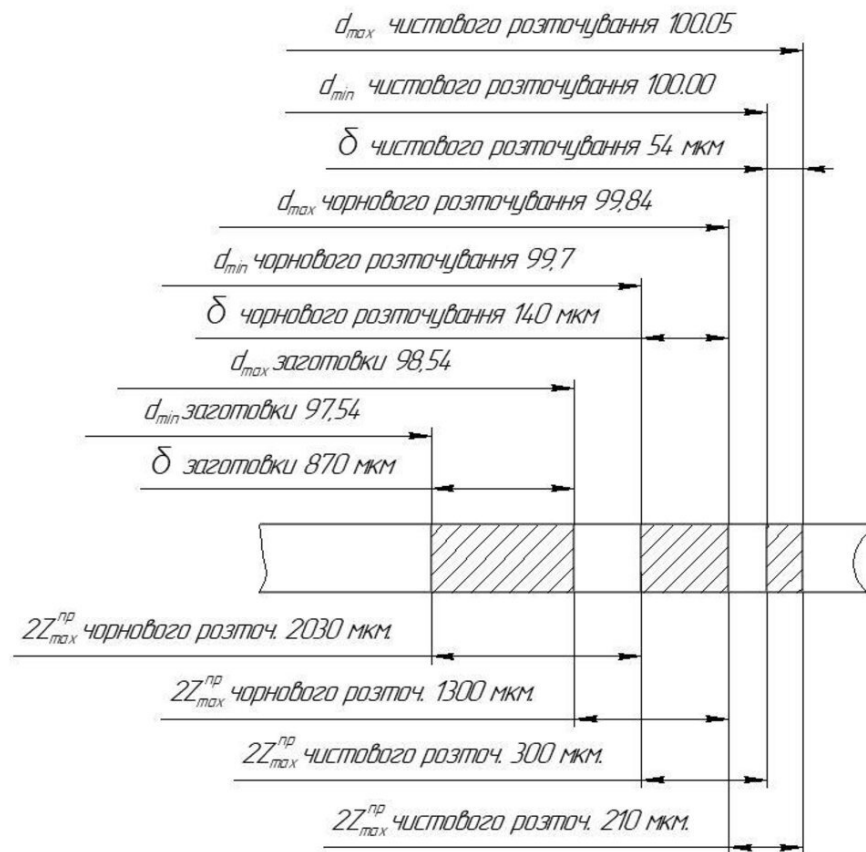


Рисунок 4.5 – Схема графічного розташування припусків та допусків на обробку отвору Ø100H8 деталі «Корпус 11.10.11»

4.7. Визначення режимів різання при різних методах механічної обробки [4]

1. Операція 005, перехід 2 – фрезерування пов.1 попереднє. Верстат мод. ГФ2171МФ3, $N_b=7,5$ кВт. Інструмент – фреза торцева, насадка 2214-0337 ($D=200\text{мм}$) ГОСТ 1092-80, $z = 20$, P6M5 [8].

- глибина різання:

$$t = 2,5 \text{ мм};$$

- подача:

$$S_z = 0,15 \text{ мм/зуб};$$

- швидкість різання:

$$V = C_v \cdot \frac{D^q}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p} \cdot k_v, \quad (4.4)$$

де C_v - 155; $D=200$ мм; $q = 0,25$; $T = 240$ хв; $m = 0,2$; $t = 2,5$ мм; $x = 0,1$; $S = 0,15$ мм/зуб; $y = 0,4$; $B = 180$ мм; $u = 0,15$; $z = 20$; $p = 0,1$.

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv} = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,72$$

Отже :

$$\begin{aligned} V &= 155 \cdot \frac{200^{0,25}}{240^{0,2} \cdot 2,5^{0,1} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 180^{0,15} \cdot 20^{0,1}} \cdot 0,72 = \\ &= \frac{155 \cdot 3,76 \cdot 0,72}{2,99 \cdot 1,09 \cdot 0,468 \cdot 2,179 \cdot 1,349} = 93,6 \frac{\text{м}}{\text{хв}}. \end{aligned}$$

- Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 93,6}{3,14 \cdot 200} = 149 \frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

За паспортом верстата приймаємо:

$$n_{\text{пр.}} = 160 \text{ об/хв}$$

- уточнюємо швидкість різання:

$$V_{\text{кор.}} = \frac{\pi D n_{\text{пр.}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 160}{1000} = 100,48 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

- сила різання: сила різання:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B_z^n}{D^q n^w} \cdot k_{\text{мр}}, \quad (4.5)$$

де $C_p=82,5$; $x = 0,95$; $y = 0,8$; $u = 1,1$; $q = 1,1$; $w = 0$; $k_{\text{мр}}=1,0$; поправний коефіцієнт на алюмінієвий сплав $k_{\text{п}} = 0,25$.

Отже:

$$\begin{aligned} P_z &= \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 2,5^{0,95} \cdot 0,15^{0,8} \cdot 180^{1,1} \cdot 20 \cdot 10}{200^{1,1} 160^0} \cdot 0,25 = \\ &= \frac{825 \cdot 2,388 \cdot 0,219 \cdot 302,55 \cdot 20 \cdot 0,25}{339,729} \cong 1921 \text{ Н.} \end{aligned}$$

- потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_{\text{кор.}}}{1020 \cdot 60} = \frac{1921 \cdot 100,48}{1020 \cdot 60} = 3,15 \text{ кВт.}$$

Таким чином, обробка на даному верстаті заданої поверхні можлива ($N_b > N_e$, або $7,5 \text{ кВт} > 3,15 \text{ кВт}$).

2. Операція 005, перехід 6 – свердління 2 отв. 3 на прохід. Верстат мод. ГФ2171МФ3, $N_b=7,5 \text{ кВт}$. Інструмент – свердло спіральне з конічним хвостовиком 035-2301-1018 ($\varnothing 10,2$), Р6М5, довжина обробки 83 мм [8].

- глибина різання:

$$t = 5,1 \text{ мм};$$

- подача:

$$S_z = 0,5 \text{ мм/хв};$$

- швидкість різання:

$$V = C_v \cdot \frac{D^q}{T^m S_z^y} \cdot k_v, \quad (4.6)$$

де $C_v = 40,7$; $D = 10,2$ мм; $q = 0,25$; $T = 35$ хв; $m = 0,125$; $S = 0,5$ мм/хв;
 $y = 0,4$.

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv} = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,6 = 0,48$$

Отже :

$$V = \frac{40,7 \cdot 10,2^{0,25}}{35^{0,125} \cdot 0,5^{0,4}} \cdot 0,48 = \frac{40,7 \cdot 1,787 \cdot 0,48}{1,559 \cdot 0,758} = 29,54 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

- Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 29,54}{3,14 \cdot 10,2} = 941 \frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

За паспортом верстата приймаємо:

$$n_{\text{пр.}} = 1000 \text{ об/хв}$$

- уточнюємо швидкість різання:

$$V_{\text{кор.}} = \frac{\pi D n_{\text{пр.}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10,2 \cdot 1000}{1000} = 31,4 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

- сила різання:

$$P_0 = 10 C_p D^q S^y \cdot k_p, \quad (4.7)$$

де $C_p=9,8$; $q = 1,0$; $y = 0,7$; $k_p = 1,0$.

Отже:

$$P_0 = 10 \cdot 9,8 \cdot 10,2^{1,0} \cdot 0,5^{0,7} \cdot 1,0 = 616 \text{ Н.}$$

- Крутний момент:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y \cdot k_p, \quad (4.8)$$

де $C_M=0,005$; $q = 2,0$; $y = 0,8$; $k_p = 1,0$.

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,005 \cdot 10,2^{2,0} \cdot 0,5^{0,8} \cdot 1,0 = 2,98 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

- потужність різання:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n_{пр.}}{9750} = \frac{2,98 \cdot 1000}{9750} = 0,3 \text{ кВт.}$$

Таким чином, обробка на даному верстаті заданої поверхні можлива ($N_b > N_e$, або $7,5 \text{ кВт} > 0,3 \text{ кВт}$).

4.8. Визначення технічних норм часу для всіх операцій [1, 2]

Операція 005:

1. Витрати основного часу:

- фрезерування пов. 1 попереднє:

$$T_{o1} = 6l \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 180 \cdot 10^{-3} = 1,08 \text{ хв};$$

- фрезерування пов. 1 остаточне:

$$T_{02} = 4l \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 180 \cdot 10^{-3} = 0,72 \text{ хв};$$

- розточування отв. 2 попереднє:

$$T_{03} = 0,2dl \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 99 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 1,587 \text{ хв};$$

- центрування 2-х отв. 3:

$$T_{04} = 2 \cdot 0,52dl \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 0,52 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,008 \text{ хв};$$

- свердління 2-х отв. 3:

$$T_{05} = 2 \cdot 0,52dl \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 0,52 \cdot 10,2 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 0,848 \text{ хв};$$

- розсвердлювання 2-х отв. 3:

$$T_{06} = 2 \cdot 0,52dl \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 0,52 \cdot 15 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 1,248 \text{ хв};$$

Сумарний основний час на операції 005:

$$\sum T_{0005} = 1,08 + 0,72 + 1,584 + 0,008 + 0,848 + 1,248 = 5,488 \text{ хв.}$$

2. Витрати штучно-калькуляційного часу:

$$T_{\text{шт-к}(005)} = \varphi_{\text{к}} \cdot \sum T_{0(005)} = 1,84 \cdot 5,488 \cong 10,1 \text{ хв.}$$

Операція 010:

1. Витрати основного часу:

- фрезерування пов. 1 попереднє:

$$T_{o1} = 6l \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 3,14 \cdot 115 \cdot 10^{-3} = 2,167 \text{ хв};$$

- фрезерування пов. 1 остаточне:

$$T_{o2} = 4l \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 3,14 \cdot 115 \cdot 10^{-3} = 1,444 \text{ хв};$$

- розточування фаски 2 остаточне:

$$T_{o3} = 0,3dl \cdot 10^{-3} = 0,3 \cdot 100 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 2,4 \text{ хв};$$

- розточування фаски 3 однократне:

$$T_{o4} = 0,2dl \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 102 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,02 \text{ хв};$$

- розфрезерування пов. 4 однократне:

$$T_{o5} = 6 \cdot l \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 3,14 \cdot 104 \cdot 10^{-3} = 1,959 \text{ хв};$$

- центрування 4-х отв. 5:

$$T_{o6} = 4 \cdot 0,52dl \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 0,52 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,166 \text{ хв};$$

- свердління 4-х отв. 5:

$$T_{o7} = 4 \cdot 0,52dl \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 0,52 \cdot 10,2 \cdot 22 \cdot 10^{-3} = 0,467 \text{ хв};$$

- нарізання різи у 4-х отв. 5:

$$T_{08} = 4 \cdot 0,4dl \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 0,4 \cdot 12 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 0,346 \text{ хв};$$

- цекування 2-х отв. 6:

$$T_{09} = 2 \cdot 0,21dl \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 0,21 \cdot 24 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 0,181 \text{ хв};$$

Сумарний основний час на операції 010:

$$\sum T_{0010} = 2,167 + 1,444 + 2,4 + 0,02 + 1,959 + 0,0166 + \\ + 0,467 + 0,346 + 0,181 = 9 \text{ хв.}$$

2. Витрати штучно-калькуляційного часу:

$$T_{\text{шт-к}(010)} = \varphi_k \cdot \sum T_{0(010)} = 1,84 \cdot 9 \cong 16,56 \text{ хв.}$$

Операція 015:

1. Витрати основного часу:

- фрезерування пов. 1, 2 однократно;

$$T_{01} = 6l \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 0,48 \text{ хв};$$

- розточування отв. 3 попереднє:

$$T_{02} = 0,2dl \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 39,2 \cdot 110 \cdot 10^{-3} = 0,862 \text{ хв};$$

- розточування отв. 3 остаточне:

$$T_{03} = 0,3dl \cdot 10^{-3} = 0,3 \cdot 40 \cdot 110 \cdot 10^{-3} = 1,32 \text{ хв};$$

- розточування фаски 4 однократно:

$$T_{04} = 0,2dl \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 42 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,0084 \text{ хв};$$

- центрування 3-х отв. 5:

$$T_{05} = 3 \cdot 0,52dl \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 0,52 \cdot 3 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 0,084 \text{ хв};$$

- свердління 3-х отв. 5:

$$T_{06} = 3 \cdot 0,52dl \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 0,52 \cdot 4,2 \cdot 13 \cdot 10^{-3} = 0,085 \text{ хв};$$

- нарізання різі у 3-х отв. 5:

$$T_{07} = 3 \cdot 0,4dl \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 0,4 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,06 \text{ хв};$$

- фрезерування пов. 6, 7 однократно:

$$T_{08} = 6 \cdot l \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 0,48 \text{ хв};$$

Сумарний основний час на операції 015:

$$\begin{aligned} \sum T_{0015} &= 0,48 + 0,862 + 2,4 + 1,32 + 0,0084 + 0,007 + \\ &+ 0,085 + 0,06 + 0,48 = 3,3 \text{ хв.} \end{aligned}$$

2. Витрати штучно-калькуляційного часу:

$$T_{\text{шт-к}(015)} = \varphi_k \cdot \sum T_{0(015)} = 1,84 \cdot 3,3 \cong 6,07 \text{ хв.}$$

5. ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1. Розрахунок приведеної програми

Визначимо кількість верстатів по операціям:

$$C_{p(005)} = \frac{T_{\text{шт-к}(005)} \cdot N}{60 \cdot F_g \cdot m} = \frac{10,1 \cdot 4000}{60 \cdot 3890} = 0,173, C_{\text{пр}(005)} = 1 \text{ верстат};$$

$$C_{p(010)} = \frac{T_{\text{шт-к}(010)} \cdot N}{60 \cdot F_g \cdot m} = \frac{16,56 \cdot 4000}{60 \cdot 3890} = 0,284, C_{\text{пр}(010)} = 1 \text{ верстат};$$

$$C_{p(015)} = \frac{T_{\text{шт-к}(015)} \cdot N}{60 \cdot F_g \cdot m} = \frac{6,07 \cdot 4000}{60 \cdot 3890} = 0,104, C_{\text{пр}(015)} = 1 \text{ верстат};$$

Визначимо коефіцієнти завантаження обладнання по операціям:

$$\eta_{з005} = \frac{C_{p(005)}}{C_{\text{пр}(005)}} = \frac{0,173}{1} = 0,173;$$

$$\eta_{з010} = \frac{C_{p(010)}}{C_{\text{пр}(010)}} = \frac{0,284}{1} = 0,284;$$

$$\eta_{з015} = \frac{C_{p(015)}}{C_{\text{пр}(015)}} = \frac{0,104}{1} = 0,104.$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{зсер.} = \frac{\sum_{i=1}^n C_p}{\sum_{i=1}^n C_{\text{пр.}}} = \frac{0,173 + 0,284 + 0,104}{1 + 1 + 1} = 0,187(18,7\%).$$

Нормативний коефіцієнт $\eta_{з.н.}$ для умов дрібносерійного виробництва та серійного типу виробництва повинен бути приблизно 80%, а це свідчить про те, що обладнання потрібно довантажити.

Це можна здійснити двома шляхами:

- об'єднання операцій на одному верстаті;
- довантаження та розрахунок деталей подібних до заданої за матеріалом, геометричною формою, аналогічними технологічними методами обробки тощо.

Розглянемо перший шлях, тобто об'єднаємо наші операції на одному верстаті:

$$\eta_{зсер\Sigma} = \frac{0,173 + 0,284 + 0,104}{1} = \frac{0,561}{1} = 0,561(56,1\%)$$

Бачимо, що і один верстат також лишається недовантаженим. Таким чином, додатково застосовуємо другий шлях – завантаження подібними деталями. Для цього спочатку визначаємо кількість операцій, які виконуються на робочому місці:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{зсер\Sigma}} = \frac{0,8}{0,561} = 1,42,$$

Тобто, це свідчить, що на верстаті можна обробляти ще приблизно 1 деталь.

Визначаємо попередньо приведену програму, з якою буде працювати наш верстат в режимі нормального завантаження:

$$\begin{aligned} N_{\text{прив. поп.}} &= \frac{C_p \cdot 60 \cdot F_g \cdot 60 \cdot \eta_{з.н.}}{\Sigma T_{\text{шт-к}}} = \frac{0,8 \cdot 60 \cdot 3890 \cdot 0,8}{5,488 + 16,56 + 3,3} = \\ &= 149376/25,348 = 5893 \text{ шт.} \end{aligned}$$

Це підтвердило вище оброблений висновок – верстат можна завантажити або однією деталлю з річним обсягом виготовлення приблизно до 1900 шт, або

декількома деталями, річні обсяги виготовлення яких в сумі дорівнювали до 1900 шт.

Обираємо перший шлях – підбираємо одну деталь з річним обсягом виготовлення $N_1 = 1700$ шт. та масою $m_1 = 4,5$ кг.

Визначимо коефіцієнт приведення по масі:

$$K_{прм} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_1}{m_{пр.}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{4,5}{5,02}\right)^2} = 0,929;$$

Коефіцієнт приведення по серійності:

$$K_{прс} = \sqrt[3]{\left(\frac{N_{пр.}}{N_1}\right)^{0,2}} = \sqrt[3]{\left(\frac{4000}{1700}\right)^{0,2}} = 1,187;$$

Сумарний коефіцієнт приведення:

$$K_{прив\Sigma} = K_{пр.м} \cdot K_{пр.с} = 0,929 \cdot 1,187 = 1,1;$$

Визначимо приведену програму:

$$N_{прив.} = N_{пр.} + K_{прив\Sigma} \cdot N_1 = 4000 + 1,1 \cdot 1700 = 5870 \text{ шт.}$$

5.2. Визначення кількості верстатів та коефіцієнтів завантаження

Уточнюємо кількість верстатів, які працюють з приведеною програмою:

$$C_p = \frac{T_{шт-к\Sigma} \cdot N_{прив.}}{60 \cdot F_g \cdot \eta_{з.н.}} = \frac{25,348 \cdot 5870}{60 \cdot 3890 \cdot 0,8} = 0,797,$$

$C_{пр.} = 1$ верстат.

Визначимо коефіцієнт завантаження верстату:

$$\eta_z = \frac{c_p}{c_{пр}} = \frac{0,797}{1} = 0,797,$$

5.3. Розрахунок кількості робітників на дільниці

- визначимо кількість основних робітників:

$$P_{осн.} = \frac{T_{шт-к\sum} \cdot N_{прив.}}{F_{др} \cdot 60 \cdot k_{обсл.}}, \quad (5.1)$$

де $F_{др}$ – річний дійсний фонд часу роботи робітника;

$k_{обсл.}$ – коефіцієнт, який враховує кількість верстатів обслуговуваних робітником.

$$P_{осн.} = \frac{25,348 \cdot 5870}{1840 \cdot 60 \cdot 1} \cong 1,35.$$

Приймаємо $P_{осн.} = 1$ робітник в одну зміну.

Визначаємо необхідну кількість допоміжних робітників. Їх кількість може бути визначена у відсотках (20 – 25%) від сумарної кількості основних робітників:

$$P_{доп.} = \sum P_{осн.} \cdot 0,25 = 2 \cdot 0,25 = 0,5.$$

Приймаємо $P_{доп. пр.} = 1$ робітник в 2 зміни (один наладчик верстата з ЧПК).

Визначимо необхідну кількість інженерно-технічних працівників (ІТР).

Для механічних цехів їх кількість може бути визначена у відсотках (15-24%) від сумарної кількості прийнятих верстатів на дільниці:

$$P_{\text{ІТР}} = C_{\text{пр.}} \cdot 0,2 = 1 \cdot 0,2 = 0,2.$$

Приймаємо $P_{\text{ІТР пр.}} = 1$ робітник в 2 зміни (інженер-технолог).

Визначимо необхідну кількість службовців.

Їх кількість може бути визначена у відсотках (0,1 – 2%) від сумарної кількості основних робітників:

$$P_{\text{сл}} = \sum P_{\text{осн.}} \cdot 0,02 = 2 \cdot 0,02 = 0,04.$$

Приймаємо $P_{\text{сл. пр.}} = 1$ робітник в 2 зміни (нормувальних)

Визначимо необхідну кількість молодшого обслуговуючого персоналу (МОП).

Їх кількість визначається як як 1-2 % від загальної кількості працюючих:

$$P_{\text{МОП}} = (2+1+1+1) \cdot 0,02 = 5 \cdot 0,02 = 0,1$$

Приймаємо $P_{\text{МОП. пр.}} = 1$ робітників 2 зміни (прибиральник).

Отримані дані по розрахункам працюючих на ділянці зводимо до таблиці:

Таблиця 5.1 – Працюючі на ділянці

Працюючі (категорія)	Загальна кількість	Розподіл по професіям	Розподіл по змінам
Основні робітники	2	2 – верстатники	1 – 1-а зміна 1 – 2-а зміна
Допоміжні робітники	1	1 – наладчик	1 – 1-а зміна
УТР	1	1 – інженер – технолог	1 – 1-а зміна
Службовці (СКП)	1	1 – нормувальник	1 – 1-а зміна
МОП	1	1 - прибиральник	1 – 1-а зміна

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1. Аналіз умов праці

На дільниці, де встановлене обладнання для технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 11.10.11», живлення здійснюється від трифазної чотирипровідної мережі з заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Дільниця знаходиться в одноповерховому виробничому приміщенні.

При механічній обробці металів на металорізальних верстатах виникає ряд фізичних, хімічних, психофізіологічних і біологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів:

- рухомі частини виробничого устаткування, що пересуваються, вироби і заготовки;
- стружка оброблюваних матеріалів, уламки інструментів, висока температура поверхні оброблюваних деталей і інструмента; підвищена напруга в електромережі, при якій може відбутися замикання через тіло людини - фізичні небезпечні чинники.

Так, при опрацюванні крихких матеріалів (чавуну, латуні, бронзи та ін.) на високих швидкостях різання, стружка від верстата розлітається на відстань (3-5 м). Металева стружка, особливо в'язких металів (сталей), що має високу температуру (400-600 °С) і велику кінетичну енергію, має серйозну небезпеку не тільки для працюючого, але і для осіб, що знаходяться поблизу верстата. Найбільш поширеними у верстатників є травми очей.

Фізичними шкідливими виробничими факторами, характерними для процесу різання, є:

- підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони;
- високий рівень шуму і вібрації;
- недостатня освітленість робочої зони;
- наявність прямого і відбитого блиску;

- підвищена пульсація світлового потоку.

При відсутності засобів захисту запиленість повітряного середовища в зоні дихання при фрезеруванні крихких матеріалів може перевищувати гранично допустимі концентрації. При фрезеруванні латуні і бронзи кількість пилу в повітрі приміщення досить невелика (14,5 - 20 мг/м³). Проте деякі сплави (латунь ЛЦ40С і бронза БрОЦС) містять свинець, тому токсичність пилу, що утворюється при їхньому фрезеруванні може перевищувати ГДК.

При роботі тупим ріжучим інструментом відбувається інтенсивне нагрівання внаслідок чого з змащувально-охолоджуючої речовини виділяються шкідливі гази, що є хімічним шкідливим виробничим фактором. Аерозоль нафтових масел, що входять до складу змащувально-охолоджувальних рідин (ЗОР), може викликати подразнення слизових оболонок верхніх дихальних шляхів, сприяти зниженню імунобіологічної реактивності.

До психофізіологічних шкідливих виробничих факторів процесів обробки матеріалів різанням можна віднести фізичні перевантаження при установці, закріпленні і зніманні деталей, перенапруження зору, монотонність праці.

До біологічних чинників відносяться хвороботворні мікроорганізми і бактерії, що виділяються при роботі з ЗОР.

6.2. Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Велике значення має раціональне технологічне й організаційне оснащення робочих місць, що передбачає забезпечення їх основним технологічним устаткуванням, технологічним і організаційним оснащенням (інструментом, пристроями, допоміжними матеріалами, запасними частинами та устаткуванням для їх зберігання і розміщення, а також засобами сигналізації, освітлювальною апаратурою, робочими меблями, тарою тощо).

Оснащення робочих місць масових професій може здійснюватися за типовими проектами, в яких ураховані необхідні рекомендації щодо оснащення і планування робочих місць даного виду. Використання типових проектів сприяє

впровадженню досягнень науки і передового досвіду в процесі організації робочих місць, знижує трудомісткість роботи, дозволяє підвищити рівень організації трудових процесів.

Робочі місця класифікують за такими параметрами, як професія та кількість виконавців, ступінь спеціалізації, рівень механізації, кількість устаткування, характер розміщення в просторі.

Залежно від кількості виконавців розрізняють індивідуальні та колективні робочі місця. Індивідуальне робоче місце призначене для роботи одного працівника протягом зміни. Колективне робоче місце призначене для здійснення процесу праці одночасно кількома робітниками (бригадою).

Залежно від кількості устаткування розрізняють одноверстатні та багатOVERстатні робочі місця. Останні характеризуються тим, що робітник у певній послідовності здійснює виробничий процес на кількох одиницях технологічного устаткування.

За ступенем спеціалізації розрізняють універсальні та спеціалізовані робочі місця, а за ступенем механізації — робочі місця з ручними, машинно-ручними, машинними, автоматизованими й апаратними трудовими процесами.

Робочі місця за характером розміщення в просторі бувають стаціонарними (робоче місце токаря, коваля, вагранника) і рухомі (робоче місце водія, машиніста крана).

Велике значення в організації праці має обслуговування робочих місць, тобто забезпечення їх протягом робочої зміни сировиною, матеріалами, заготівками, транспортними засобами, послугами ремонтного характеру тощо.

6.3. Електробезпека

В цехах існує небезпека ураження, так як в механічних цехах експлуатується обладнання, з використанням електричного струму високої напруги. В даному приміщенні наявні такі небезпечні фактори: наявність струмопровідних основ; можливість одночасного дотику людини до

металоконструкції які мають з'єднання з землею будівель, технологічних апаратів, допоміжних механізмів з одного боку і до металічних корпусів електрообладнання з іншого.

Електрообладнання живиться від трифазних чотири-провідних мереж з заземленою нейтраллю споживчого трансформатора напругою до 1000 В (380/220В).

Виходячи з вище перелічених факторів це приміщення можна класифікувати як приміщення особливо небезпечні. Тому для захисту обслуговуючого персоналу вибираємо такі способи захисту, як занулення та захисне заземлення.

На випадок обриву нульовий провід повторно заземлюється через кожних 2 метрів та перед вводом в будівлю.

6.4. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.4.1. Мікроклімат

В приміщенні, яке проектується, ділянки верстатів виконуються роботи середньої важкості (категорія II б): енерговитрати від 200 до 250 ккал / год (232-293Вт), робота виконується стоячи і пов'язана з ходьбою, перенесенням загострених інструментів, супроводжуються помірним фізичним навантаженням. Робота в позі стоячи призводить до швидкої втоми .

Якщо по технологічним вимогам, технічним і економічним причинам оптимальні норми не забезпечуються, то встановлюються допустимі величини показників мікроклімату . Оптимальні і допустимі показники приведені в таблиці 6.1 відповідно до [10].

Таблиця 6.1 – Оптимальні і допустимі показники мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/хв	
		Оптим.	Доп.	Оптим.	Доп.	Оптим.	Доп.
Холодний	Пб	17-19	15-21	40-60	75	0,2	<0,4
Теплий	Пб	20-22	16-27	40-60	70-25°	0,3	0,2-0,5

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від відкритих джерел не повинно перевищувати 100 Вт/м^2 при опроміненні тіла до 25%. Це забезпечується тим, що працівникам видають спеціальний одяг, який захищає людину від теплового опромінення. Джерела інтенсивного теплового опромінення огорожуються захисними огорожами. В приміщенні механічного цеху повинна бути встановлена система опалення на холодний період року, а саме: водяне опалення [11].

6.4.2. Виробниче освітлення

Виробничі приміщення промислових підприємств по задачах зорових робіт відносяться до першої групи приміщень, в яких відбувається розпізнавані об'єктів зорової роботи при фіксованому напрямку лінії зору працюючих і робочу поверхню [12].

Характеристика зорових робіт-дуже високої точності (розміри об'єкт розпізнавання 0,15-0,3 мм);

- розряд зорових робіт - II;
- під розряд зорових робіт - в;
- контраст об'єкта розпізнавання з фоном - середній;
- фон - середній.

Таблиця 6.2 – Освітлення згідно [12]

Розряд та під розряд зорової роботи	Комбіноване освітлення, лк	Загальне освітлення, лк	КПО, e_n^3 , %
III	2000	500	2

Освітлення робочої поверхні, що здійснюється світильниками загального освітлення в системі комбінованого повинно складати 10% від тієї, що нормується для комбінованого освітлення при тих джерелах світла, що використовується для місцевого освітлення (лампи розжарювання).

При цьому найменші і найбільші значення освітленості від світла загального освітлення в системі комбінованого приймаємо для люмінесцентних ламп:

- найбільша 500 лм;
- найменша 150 лм.

Для загального освітлення в системі комбінованого слід передбачити газорозрядні лампи, незалежно від типу джерела світла місцевого освітлення.

Для загального освітлення слід приймати мінімальну нерівномірність освітленості в зоні розташування робочих місць, при цьому відношення максимальної освітленості до мінімальної не повинна перевищувати для робіт II розряду при люмінесцентних лампах – 1,5.

Освітлення проходів і дільниць, де роботи не виконуються повинно складати - 25% освітлення, що створюється світильниками загального освітлення на робочому місці, але не менше 75 лк.

Показник засліпленості для світильників загального освітлення в приміщеннях не повинен перевищувати - 20.

Аварійне освітлення передбачається якщо відключення робочого освітлення може викликати:

- порушення норм обслуговування обладнання;
- тривале порушення технологічного процесу;

- порушення роботи установок вентиляції і кондиціонування повітря для виробничих приміщень.

6.4.3. Розрахунок загального освітлення цеху

Для розрахунку загального рівномірного освітлення при горизонтальній робочій поверхні основним є метод світлового потоку, що враховує світловий потік, відбитий від стелі і стін.

6.4.4. Виробничий шум

Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях в виробничих приміщеннях і на територіях підприємств представлені в таблиці 6.3 згідно [13]

Таблиця 6.3 – Нормування значень рівнів шуму

Рівень звукового тиску, дБ, в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц.									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБ(А)
31,5	63	125	250	500	1000	2000	2500	8000	
107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

В якості акустичних засобів захисту від шуму застосовуються:

- звукопоглинаючі обшивки на редукторах приводів - корпус коробки швидкокатів;

- звукоізоляція каналів витяжної вентиляції багатопаровими перегородками,

- звукоізолюючі кожухи на клинопасових передачах. Коли ці засоби виявляються не ефективними, потрібно використовувати засоби індивідуального захисту від шуму: шлеми, беруші.

6.4.5. Виробничі вібрації

Санітарні норми одночислових показників вібраційного навантаження оператора для довговічності зміни вісім годин приведені в таблиці 6.4. згідно [11].

Таблиця 6.4 – Категорія вібрації по санітарним нормам і критерії оцінки

Категорія вібрації і критерій оцінки	Характеристика умов праці	Приклад джерел вібрації
3 тип "а" границя зниження продуктивності праці	Тех. вібрація, що впливає на операторів стаціонарних машин і обладнання	Верстати, вентилятори, електрообладнання

Таблиця 6.5 – Санітарні норми одночислових показників вібраційного навантаження на оператора для зміни в 8 год.

Вид вібрації	Категорія вібрації по сан. нормам	Напрямок дії	Нормативні і кореговані частоти і еквівалентні кореговані значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			мс ²	дБ	мс	дБ
локальна	-	X _л Y _л Z _л	2,0	126	2,0	112
загальна	3 тип „а”	Z _з Y _з X _з	0,1	100	0,2	90

Якщо вище наведенні норми не забезпечуються то застосовують методи колективного захисту, що знижують параметри вібрації у напрямку її поширення.

6.5. Технічні рішення з пожежної безпеки

В приміщенні механічного цеху знаходяться горючі матеріали. В цеху обробляють метали різанням, при цьому можливі іскри, а також виділення теплоти в процесі різання. Виходячи з цього відносимо механічний цех до категорії Г відповідно до [18]: виробництво в якому використовують негорючі речовини і матеріали в гарячому стані.

По степені вогнестійкості будівля відноситься до 1 степені, тобто будівлі має несучі конструкції і природних або штучних кам'яних матеріалів, стіна бетонна і залізобетонна з використанням листових і плитних негорючих матеріалів.

Границі вогнестійкості конструкцій об'єкта повинні бути такими, щоб конструкції зберігали несучі і огорожуючі функції на час евакуації людей або перебування їх у місцях колективного захисту.

В приміщенні висота від підлоги до низу виступаючих конструкцій повинна бути не менша 2,2 м , Висота від підлоги до низу виступаючих частин конструкцій і обладнання у місцях регулярного проходження людей і на шляхах евакуації - не менше 2 м .

Евакуаційні шляхи повинні забезпечувати безпечну евакуацію всіх людей, що знаходяться в приміщеннях споруд, через евакуаційні виходи. Кількість евакуаційних виходів з будівель слід приймати не менше двох.

Відстань від найбільш віддаленого робочого місця приміщення до евакуаційного виходу із будівлі для даного приміщення згідно СНП 2.01.02-85 не обмежується. Ширина виходу із приміщення: через двері їм, через роздвижні ворота - 2.5м. Кількість людей па 1 метр складає близько 10 чоловік. Згідно [18] кількість до 120 чоловік. В механічному цеху знаходиться пожежний щит з вогнегасником, сокирою, лопатою, відром, біля щита ящик з піском.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській дипломній роботі було розроблено технологічний процес механічної обробки деталі „Корпус 11.10.11”.

В роботі визначений тип виробництва і форма організації роботи, проведений аналіз конструкції та технологічності деталі; на базі розгляду двох альтернативних варіантів шляхом техніко-економічного порівняння обраний спосіб виготовлення заготовки для заданої деталі. Виконано огляд рекомендацій по розробці технологічних маршрутів механічної обробки подібних до заданої деталі. Виконано огляд рекомендацій по розробці технологічних маршрутів механічної обробки подібних до заданої деталі і на цій базі підготовлено план подальшої роботи. Визначені технологічні методи та кількість ступенів механічної обробки найбільш точних поверхонь. На базі розмірного аналізу обрані та обґрунтовані чистові та чорнові технологічні бази. Розроблений маршрут механічної обробки заданої деталі, виконано його розмірний аналіз. На пов. Ø100Н8 аналітичним методом розраховані припуски та технологічні розміри. Аналітично визначені режими різання на 2 технологічних методи обробки поверхонь, спрощеним способом виконано нормування технологічного процесу.

Проведено проектування ділянки механічного цеху, для чого була розрахована приведена програма, визначена кількість верстатів та коефіцієнт їх завантаження, розрахована кількість працюючих на ділянці.

Виконана графічна частина роботи, до складу якої увійшли робочі креслення деталі та заготовки, маршрут механічної обробки, схеми і таблиця, що пояснюють розмірний аналіз технологічного процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

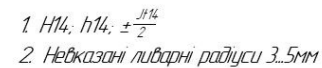
1. Дусанюк Ж. П., Дусанюк С.В. Методичні вказівки до виконання контрольних робіт з дисципліни “Проектування механоскладальних дільниць та цехів” для студентів заочної форми навчання спеціальностей "Технологія машинобудування" та "Менеджмент організацій машинобудування": методичні вказівки. Вінниця : ВДТУ, 2002. 58 с.
2. Дерібо О.В., Дусанюк Ж.П., Сухоруков С.І. Основи технології машинобудування. Частина 2: практикум. Вінниця : ВНТУ, 2015. 116 с.
3. Дерібо О.В., Дусанюк Ж.П., Репінський С.В. Сухоруков С.І. Основи технології машинобудування. Частина 2: Самостійна та індивідуальна робота студентів: навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2021. 90 с.
4. Дерібо О.В., Дусанюк Ж.П., Пурдик В.П. Технологія машинобудування. Курсове проектування: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2013. 123 с.
5. Дерібо О.В. Основи технології машинобудування. Частина 1: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2015. 112 с.
6. Дусанюк Ж.П. Посібник до практичних занять з дисципліни «Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні»: посібник. Вінниця: ВНТУ, 2011. 143 с.
7. Руденко П. А., Харламов Ю. А., Плескач В. М. Проектування та виготовлення заготовок в машинобудуванні: посібник. Київ: Вища школа, 1999. 247 с.
8. Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування: навчальний посібник: посібник. Київ: ІСДО, 1996. 300 с.
9. Іванов М. І. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування : навчальний посібник. Вінниця: Глобус-Прес, 2011. 200 с.
10. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/vie>.
11. ДБНВ.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013.

12. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
13. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
14. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.
15. ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять.
URL: https://ammokote.com/wp-content/uploads/2020/08/DSTU_2272_2006.pdf.
16. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.
17. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.
18. 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.

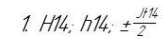
ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Графічна частина



					08-64.БДР.013.00.001					
					Корпус 11.10.11					
Изм./лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист					Масса	Масштаб
Разраб.	Мелега О. В.								5,02	1:1
Проб.	Козлов Л. Г.									
Т.контр.					Лист	Листов	1			
Н.контр.	Лавинский Д.О.				ВНТУ, ар. 11/04-2008					
Удт.	Козлов Л. Г.									
					A/I 9-72 ГОСТ2685-71					

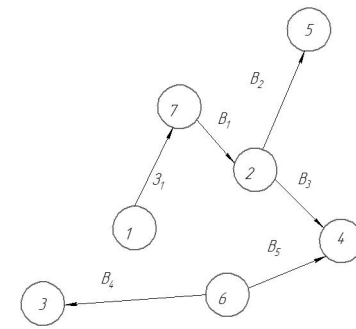
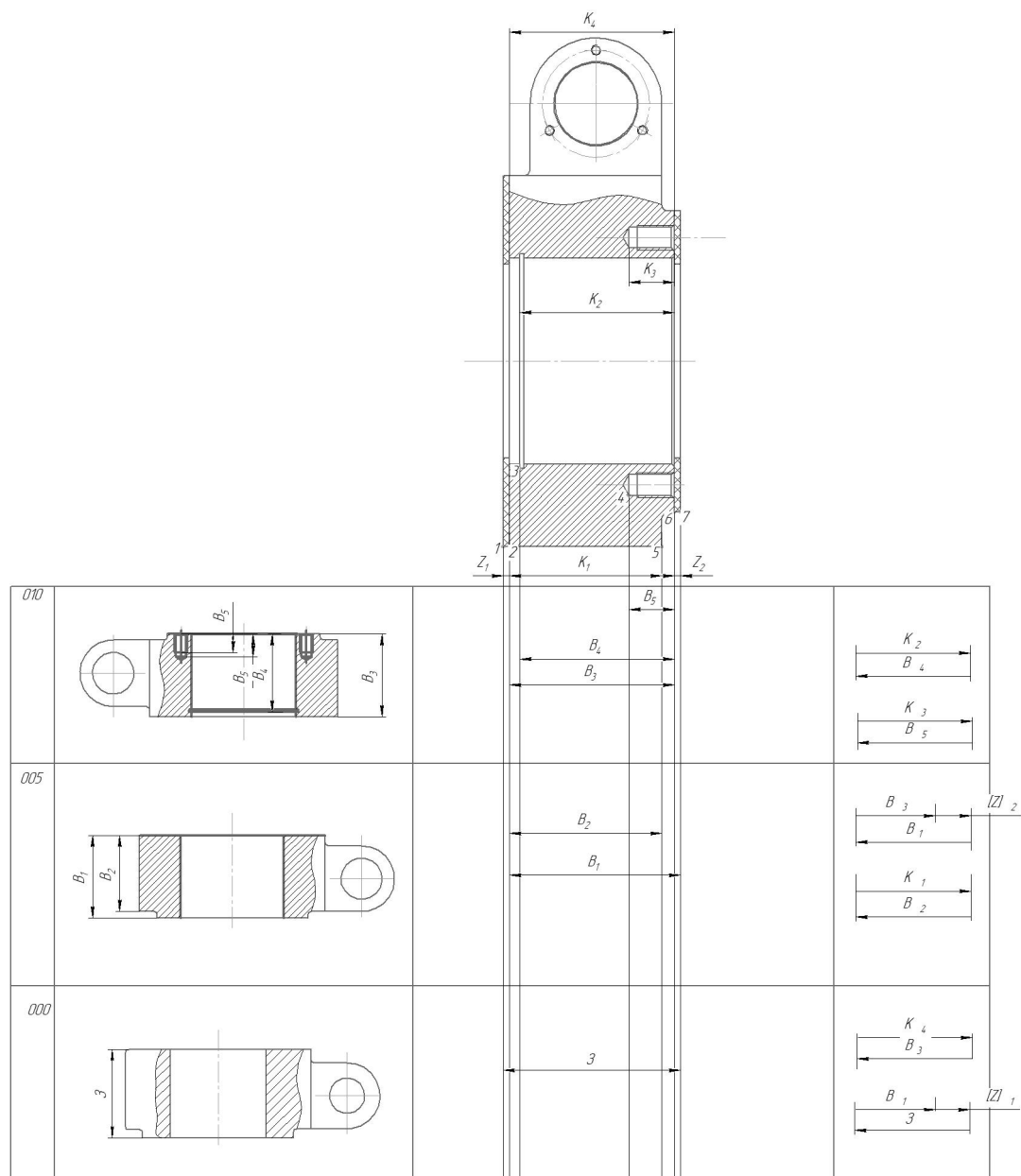


2. Припустиме зміщення по площині роз'єму штампів – не більше 0,9 мм
3. Невказані ливарні радіуси 3-5 мм, неказані формувальні нахили до 3°
4. На необроблених поверхнях раковини не допускаються

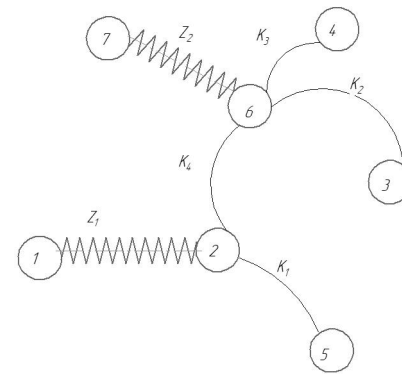
						08-64.БДР.013.00.002			
						Корпус 11.10.11 (заготовка)			
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата			Лист	Масса	Масштаб	
Разраб.	Малюта О. В.								1:1
Пров.	Козлов Л. Г.								
Т. контр.						Лист	Листов	1	
И. контр.	Лазынский Д. О.					ВНЧУ			
Утв.	Козлов Л. Г.					гр. 11М-208			
						Формат А2			

№ опер	Найменування операції Зміст переходу	Схема установки детали та ескіз обробки	Обладнання
1	2	3	4
005	Багатоцільова з ЧПК 1. Встановити заготовку 2. Фрезерувати пов. 1 попередньо 3. Фрезерувати пов. 1 остаточно 4. Розточити отв. 2 попередньо 5. Центрувати 2отв. 3 6. Свердлити 2отв. 3 напрямді 7. Розсвердлити 2отв. 3 напрямді 8. Зняти заготовку	Side view dimensions: Ra_{25}, $\phi 99H_{10}^{+0.04/-0.04}$, 180 ± 0.2, 65 ± 0.2. Front view dimensions: 130 ± 0.2, 65 ± 0.2, 90, ± 6, $\phi 15$, 2 отв. Surface texture: $\sqrt{Ra\ 12.5}$ Material: H14, h14, $\pm \frac{H}{2}$	Вертикально-фрезерний верстат моделі ГФСТПМФр3
010	Багатоцільова з ЧПК 1. Встановити заготовку 2. Фрезерувати пов. 1 попередньо 3. Фрезерувати пов. 1 остаточно 4. Розточити отв. 2 остаточно 5. Розточити фаску 3 однократно 6. Розфрезерувати пов. 4 однократно 7. Центрувати 4отв. 5 8. Свердлити 4отв. 5 9. Нарізати різь у 4отв. 5 10. Цекувати 2отв. 6 11. Зняти заготовку	Side view dimensions: $\phi 100H_8^{+0.05/-0.05}$, Ra_{25}, $80_{-0.1}^{+0.1}$, 130 ± 0.2, 65 ± 0.2, 75, 14.5°, B, A. Front view dimensions: $\phi 130$, 65 ± 0.2, $\phi 70$, 4 отв. M12-H7, $\phi 0.3(M)$, G. Detail A-A: $B(1:1)$, $2^{\circ \pm 0.1}$, $\phi 10_{-0.2}^{+0.2}$, $\phi 24$, 18 ± 0.5, Ra_{125}, $\phi 15$, 2 отв., $H14, h14, \pm \frac{H}{2}$. Surface texture: $\sqrt{Ra_{6.3}}$	Вертикально-фрезерний верстат моделі ГФСТПМФр3
015	Багатоцільова з ЧПК Установ А 1. Встановити заготовку 2. Фрезерувати пов. 1,2 однократно 3. Розточити отв. 3 попередньо 4. Розточити отв. 3 остаточно 5. Розточити фаску 4 однократно 6. Центрувати 3отв. 5 7. Свердлити 3отв. 5 8. Нарізати різь в 3отв. 5 Установ Б 9. Передстановити заготовку 10. Фрезерувати пов. 6,7 однократно 11. Зняти деталь	Setup A dimensions: $\phi 40H_8^{+0.039/-0.039}$, 90, ± 6, Ra_{25}, 14.5°, 10, B, 40 ± 0.1, 113, 125 ± 0.05, 3 отв. M5-H7, $\phi 0.3(M)$, L, $\phi 5L$, 4.2 ± 0.02. Setup B dimensions: 90, 110 ± 0.2, 6, 7. Surface texture: $\sqrt{Ra_{6.3}}$ Material: H14, h14, $\pm \frac{H}{2}$	Вертикально-фрезерний верстат моделі ГФСТПМФр3

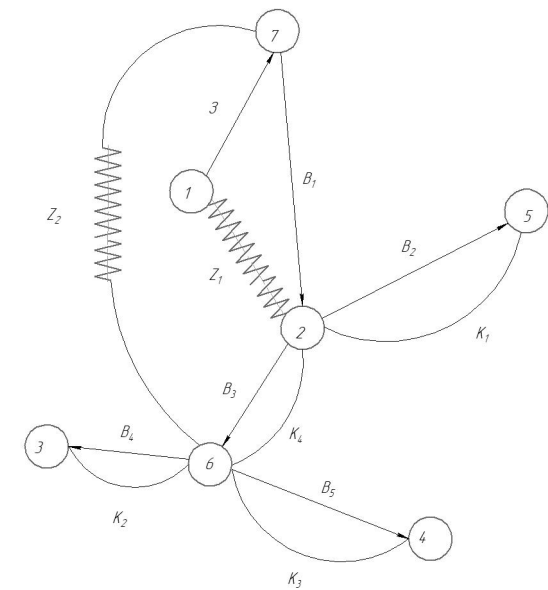
[illegible]



Похідний граф-дерево

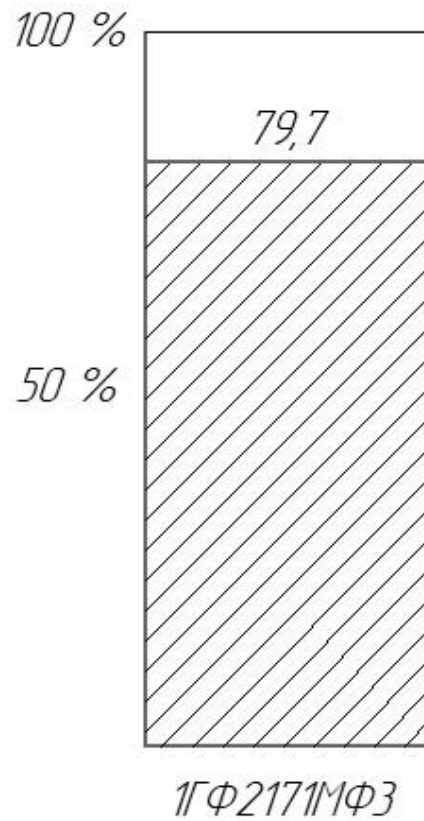


Вихідний граф-дерево



Спрощений граф

Графік завантаження обладнання



Кількість працюючих на ділянці:

- основних робітників-верстатників: 2 чол.
- допоміжних робітників: 1 чол.
- інженерно-технічних робітників: 1 чол.
- службовців: 1 чол.
- молодший обслуговуючий персонал: 1 чол.

ДОДАТОК Б

Протокол перевірки кваліфікаційної роботи
на наявність текстових запозичень

Назва роботи: «ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ
ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС 11.10.11»

Керівник роботи _____ Козлов Л. Г.
(підпис) (прізвище, ініціали)