

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування ліцею, школи, коледжу)

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

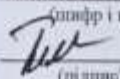
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри (прикладної, прикладної кафедри))

Бакалаврська дипломна робота

на тему:

«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ
ТИПУ «КОРПУС К.021»

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

 Андрій ТИМОЩУК
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

 Ольга СЕРДЮК
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

«06» 06 2024 р.

Рецензент: доц. каф. АТМ

 Віталій КОШКАРЕНКО
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

«12» 06 2024 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри _____

«12» 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

Дніпровський національний технічний університет
Інститут машинобудування та транспорту
Факультет технологій та автоматизації машинобудування
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Напрямок знань – 13 Механічна інженерія
Спеціальність – 131 – «Прикладна механіка»
Світньо - професійна програма – Комп'ютеризовані технології та механотронні системи в машинобудуванні

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
д.т.н., професор Козлов Л.Г.
« 11 » 03 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Тимошук Андрій Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус К.021»

Керівник роботи Сердюк Ольга Валентинівна, к.т.н., доцент

(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 К.021

Матеріал:

Програма випуску:

4. Зміст текстової частини

1. Аналіз методів виготовлення та обробки заготовок деталей типу " Корпус К.021"

2. Розробка технологічного процесу механічної обробки

3. Розрахунок елементів дільниці механічної обробки

4. Охорона праці

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

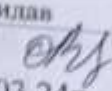
робоче креслення деталі;

робоче креслення заготовки;

маршрут механічної обробки деталі;

графіки завантаження верстатів дільниці механічної обробки

6. Консультанти розділів роботи

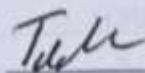
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Ольга СЕРДЮК, доцент кафедри ТАМ	 11.03.24р	 06.06.24р
Охорона праці	Інна ВІШТАК, доцент кафедри БЖД ПБ	 27.05.24р	 06.06.24р

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент


(підпис)

Андрій ТИМОЩУК
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи


(підпис)

Ольга Сердюк
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота складається з 102 сторінок формату А4, на яких є 22 рисунків, 12 таблиць, список використаних джерел містить 28 найменувань.

Метою роботи є розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу корпус, що дозволить отримати деталь із вказаними на кресленнях параметрами точності та шорсткості.

У загальній частині роботи визначено тип виробництва, що необхідно для подальших розрахунків та виконано аналіз технологічності конструкції деталі. У технологічній частині виконана розробка маршруту механічної обробки. Для цього розроблено технологічний процес, розраховано режими обробки та норми часу, визначено кількість верстатів, що розташовуються на ділянці механічної обробки та площі основних її відділів. Виконано планування ділянки механічної обробки.

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

Ключові слова: корпус, технологічний процес, заготовка, механічна обробка, розмірний аналіз, планування, ділянка механічної обробки.

ABSTRACT

The bachelor thesis consists of 102 pages of A4 format, on which there are 22 figures, 12 tables, the list of used sources contains 28 items.

The purpose of the work is to develop a technological process of mechanical processing of a part such as a body of a collet device, which will allow to obtain a part with the parameters of accuracy and roughness indicated on the drawings.

In the general part of the work, the type of production is determined, which is necessary for further calculations, and an analysis of the manufacturability of the design of the part is performed. In the technological part, the mechanical processing route was developed. For this, a technological process has been developed, processing modes and time norms have been calculated, the number of machines located in the mechanical processing section and the area of its main departments have been determined. The planning of the mechanical processing section has been completed.

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

Key words: body, technological process, workpiece, mechanical processing, dimensional analysis, layout, mechanical processing section.

ЗМІСТ

Вступ	4
1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИКОТОВЛЕННЯ ТА ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ ТИПУ " КОРПУС К.021"	6
1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	6
1.2 Огляд можливих методів та способів отримання заготовки	11
1.3 Огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва, їх аналіз на предмет використання при проектуванні маршруту механічної обробки	12
2 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ	15
2.1. Аналіз конструкції і технологічності деталі	15
2.2. Розрахунок розмірів заготовки.	20
2.3 Розробка маршруту механічної обробки.	35
2.3.1. Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки	35
2.3.2 Вибір чистових та чорнових технологічних баз	37
2.3.3 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування	41
2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу	44
2.3.5. Розрахунок припусків	50
2.3.6. Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз та кріпильних отворів	57
2.3.7.Визначення технічних норм часу для всіх операцій. Для однієї операції детально, решта у вигляді підсумкової таблиці	62
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	66
3.1 Розрахунок приведеної програми	66
3.2 Визначення кількості верстатів, коефіцієнтів завантаження та	69

використання за основним часом

3.3 Розрахунок кількості працюючих на ділянці 72

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ 75

4.1 Аналіз умов праці 75

4.2 технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії 77

4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки 83

ВИСНОВКИ 85

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 86

ДОДАТКИ 89

ДОДАТОК А (обов'язковий) Протокол перевірки кваліфікаційної роботи 90

на наявність текстових запозичень

ДОДАТОК Б (обов'язковий). Графічна частина 92

ВСТУП

Актуальність. В умовах ринкової економіки й боротьби за ринки збуту важливу роль відіграє якість і собівартість продукції машинобудування. Вироби повинні бути конкурентноспроможними. А для цього необхідно домагатися прискорення темпів зростання продуктивності праці, удосконалювати організацію виробництва, застосовувати комплексну механізацію і автоматизацію технологічних і допоміжних операцій. У серійному виробництві є необхідність постійного оновлення продукції. Це зумовлює використання автоматизованого обладнання з можливістю швидкого переналагодження. Цим вимогам повністю відповідають верстати з ЧПК і роботизовані комплекси, створені на основі цих верстатів. Для розвитку галузі машинобудування необхідно також покращувати структуру обладнання, що випускається, збільшуючи частку сучасних ливарних машин, ковальсько-пресового і зварювального обладнання, верстатів високої точності, верстатів з ЧПК, промислових роботів тощо.

Мета і завдання дослідження. Мета бакалаврської дипломної роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус К.021» на верстатах з ЧПК з побудовою технологічного маршруту.

Для досягнення поставленої мети повинні бути вирішені такі *завдання*:

- провести огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус»;
- на основі робочого креслення деталі виконати якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- встановити тип виробництва та форму організації роботи;
- вибрати метод та оптимальний спосіб виготовлення заготовки, виконавши відповідне техніко-економічне обґрунтування;
- вибрати методи обробки поверхонь деталі «Корпус К.021»;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- розробити удосконалений варіант маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус цангового пристрою»;

- провести розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки деталі;
- розрахувати режими різання;
- виконати нормування операцій технологічного процесу;
- встановити приведену програму виробів;
- розрахувати кількість обладнання та працюючих, що необхідні для забезпечення механічної обробки деталі;
- розробити заходи з охорони праці.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення деталі «Корпус К.021».

Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Корпус».

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИКОТОВЛЕННЯ ТА ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ ТИПУ "КОРПУС К.021"

1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

Тип виробництва згідно ГОСТ 3.1121-84 визначається за коефіцієнтом закріплення операцій:

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

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

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

Прийняті такі коефіцієнти закріплення операцій:

$K_{з.о.} = 1$ – масове виробництво;

$1 < K_{з.о.} \leq 10$ – великосерійне виробництво;

$10 < K_{з.о.} \leq 20$ – середньосерійне виробництво;

$20 < K_{з.о.} \leq 40$ – дрібносерійне виробництво.

Вихідними даними для визначення $K_{з.о.}$, а значить і типу виробництва, є робоче креслення і річна програма випуску деталі. Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі “Корпус” і занесені до таблиці 1.1 (розточування, свердління отворів та фрезерування торцю). Використовуючи формули для наближеного розрахунку основного часу визначено основний час для обраних переходів. Наприклад для розточування отворів 40 довжиною 20мм і Ø35 довжиною 20 мм отримаємо:

$$T_{очн} = 0,2 \cdot (40 \cdot 20 + 35 \cdot 20) \cdot 0,001 = 0,3 \text{ (хв.)}$$

Згідно рекомендацій наближено визначено тип виробництва, як серійний і відповідно обравши коефіцієнт розраховано штучно-калькуляційний час для всіх переходів, за формулою:

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

де φ_K – коефіцієнт

Для кожного з обраних переходів механічної обробки розрахована необхідна кількість верстатів:

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{шт.к.}}{60 F_d \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (1.3)$$

де N – річна програма випуску деталі “Корпус”, 8500 шт; $T_{шт.к.}$ – штучно-калькуляційний час, хв; F_d – дійсний фонд роботи обладнання ($F_d = 3890$ год); $\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання (при серійному виробництві рівен 0,75).

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

Визначено фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

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

де C_{pi} – необхідна кількість верстатів для виконання даної операції; P_i – кількість робочих місць для виконання даної операції.

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

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

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

Знайдено сумарну кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях $\sum O_i$:

$$\sum O_i = 31,2 + 41,06 + 18,35 + 33,34 + 26 = 149,95$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів чотири, відповідно коефіцієнт закріплення $K_{з.о}$:

$$K_{з.о} = 149,95 / 5 = 29,99$$

Всі розрахункові дані занесені до таблиці 1.1.

Згідно отриманого коефіцієнта закріплення операцій тип виробництва – серійний.

Доцільність вибору групової чи потокової форми організації роботи визначається шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів N_{∂} і розрахункової добової продуктивності лінії Q_{∂} . Якщо N_{∂} менше Q_{∂} , то потокову лінію використовувати недоцільно.

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

де 254 кількість робочих днів в року;

$$Q_{\partial} = \frac{F_{\partial}}{T_{шт-ксер} \cdot \eta_z}, [\text{шт}] \quad (1.7)$$

де $T_{шт-\kappa_{сер}}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.; η_3 – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

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

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

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт-\kappa_i} = (0,5 + 0,38 + 0,84 + 0,46 + 0,59) / 5 = 0,55 \text{ (хв.)}$$

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_o = \frac{4060}{0,55 \cdot 0,8} = 1374,72 \text{ (шт.)}$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_o = \frac{8500}{254} = 33,5 \text{ (шт.)}$$

Оскільки потрібний добовий випуск виробів значно менший добової продуктивності лінії то відповідно обираємо групову форму організації роботи. Відповідно необхідно визначити кількість деталей в партії для одночасного запуску:

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \text{ [шт]} \quad (1.8)$$

де a – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (12 днів).

$$n = \frac{8500 \cdot 12}{254} = 402 \text{ (шт.)}$$

Розрахункове число змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях визначається за формулою:

$$c = \frac{T_{\text{шт-к.сп}} \cdot n}{476 \cdot 0,75} \quad (1.9)$$

$$c = \frac{0,55 \cdot 402}{476 \cdot 0,75} = 0,58$$

Визначаємо кількість деталей у партії, які необхідні для завантаження обладнання на основних операціях протягом цілого числа змін

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot c_{np}}{T_{\text{шт-к.сп}}} \text{ [шт]} \quad (1.10)$$

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{0,55} = 688 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо кількість деталей у партії 688 шт.

Отже тип виробництва – дрібносерійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 688 шт.

Таблиця 1.1 – Визначення типу виробництва

№ п/п	Зміст технологічних переходів	Формула для $T_{\text{осн}} \cdot 10^{-3} \text{ хв}$	Параметри обробки, мм	$T_{\text{осн}}, \text{ хв}$	φ_k	$T_{\text{шт.к.}},$ хв	C_p	P	$\eta_{\text{з.ф.}}$	O	$K_{\text{з.о.}}$
1	Розточування отворів	0.2dl	D=40; l=20 D=35; l=20	0,3	1,65	0,5	0,024	1	0,024	31,2	29,99
2	Розточування отворів	0.2dl	D=35; l=18 D=30; l=17	0,23	1,65	0,38	0,018	1	0,018	41,06	
3	Розточування отворів	0.2dl	D=35; l=18 D=30; l=64	0,51	1,65	0,84	0,041	1	0,041	18,35	
4	Свердління отворів	0.52dl	D=9; l=15	0,28	1,65	0,46	0,022	1	0,022	33,34	
5	Фрезерування торцю	6l	l=60	0,36	1,65	0,59	0,029	1	0,029	26	

1.2 Огляд можливих методів та способів отримання заготовки

Згідно кресленню деталь виготовляється із сірого чавуну, що визначає метод її виготовлення – лиття.

Виробництво серійне, тому можливі способи лиття – в піщано-глинисті, оболонкові форми, кокіль, за виплавними моделями, під тиском. Лиття в піщано-глинисті, оболонкові форми, за виплавними моделями – це лиття в разові форми. Лиття в кокіль – це лиття в постійні форми.

Враховуючи, що при литті сірого чавуну в кокіль на поверхні заготовки утворюється відбілений шар, структура металу має пористості та внутрішні дефекти внаслідок різкого охолодження металу (металева форма – це хороший провідник теплоти) прийнято до розгляду варіанти одержання заготовки – лиття в піщано-глинисті форми та лиття в оболонкові форми.

1.3 Огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва, їх аналіз на предмет використання при проектуванні маршруту механічної обробки

Розробка технологічного процесу механічної обробки виконується на основі принципів “Єдиної системи підготовки виробництва” ЄСТПП ГОСТ 14.001–73.

Технологічний процес механічної обробки деталі “Корпус” розробляємо на основі типових технологічних процесів обробки подібних деталей.

Серійний тип виробництва характеризується великою номенклатурою виробів, що обробляються партіями. Отже, в даному технологічному процесі механічної обробки, доцільно використовувати універсальне обладнання, верстати з ЧПК, гнучкі переналагоджувані лінії, стандартну і спеціалізовану оснастку, що дозволяє швидко переналагоджувати виробництво на випуск інших виробів.

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

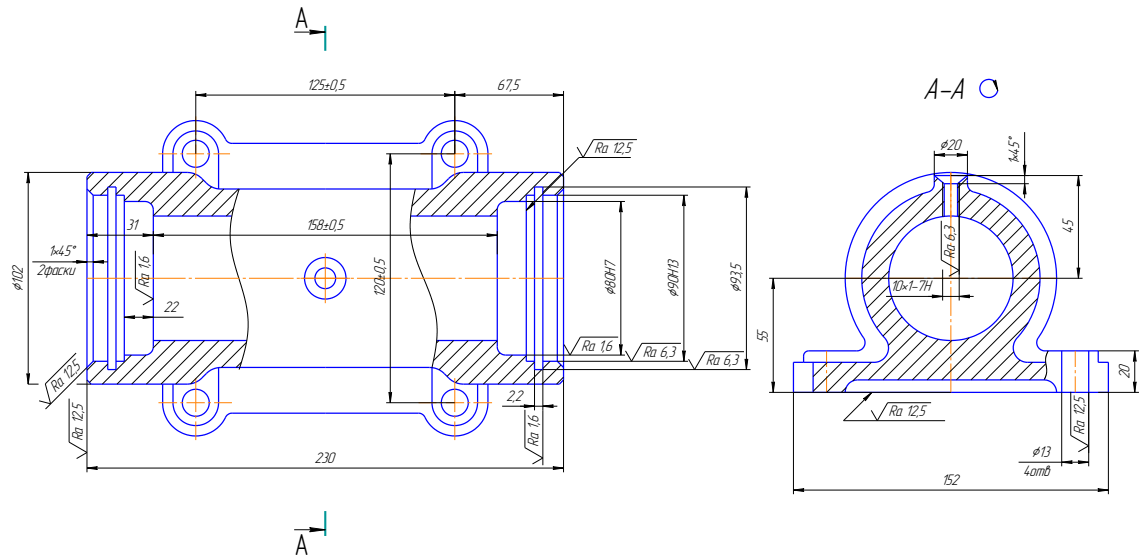


Рисунок 1.1 – Корпус підшипників

Таблиця 1.2 – Типовий технологічний процес

№ операції	Зміст і назва операції	Тип обладнання
005	Багатоцільова з ЧПК - Встановити і закріпити заготовку - Фрезерувати площину основи попередньо, остаточно - Свердлити 4 отв. Ø13 - Фрезерувати площину бобишки Ø20 остаточно - Свердлити і нарізати різьбу M10•1-7H - Фрезерувати торець Ø120, витримуючи розмір 230 попередньо, остаточно - Розточити виточки Ø80H7 попередньо, остаточно; Ø90H13 і фаску 1x45 остаточно - Фрезерувати канавку 2,2±0,5 остаточно	Багатоцільовий з ЧПУ ИР500МФ4

В розглядуваній деталі так, як і в типовій в якості конструкторських баз є площина і кріпильні отвори, на яку базується деталь. В якості допоміжних конструкторських баз в обох деталях виступають внутрішні циліндричні поверхні з високим квалітетом точності.

В розглядуваній і типовій деталях використовуються подібні методи обробки. В запропонованій деталі використовується обладнання з ЧПУ так, як і в розглядуваній деталі, але так, як деталь має досить складну конфігурації (деякі отвори обробляються через інші), то можна використовувати таке ж обладнання з ЧПУ.

Проаналізувавши вище написане, можна сказати, що даний типовий технологічний процес підходить для подальшого використання.

2 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЗАГТОВКИ ДЕТАЛІ

2.1. Аналіз конструкції і технологічності деталі

Корпус по своїй формі конструкції і технологічним ознакам деталей відноситься до класу „Корпус” з центральним ступінчастим отвором – група І. Деталь середніх габаритних розмірів - $\varnothing 165 \times 130$ мм.

Деталь містить доволі зручні технологічні бази, це торці та отвори $\varnothing 8H7$, тобто деталь може бути закріплена на площині та двох отворах.

Корпус не містить поверхонь дуже високої точності, найвищий квалітет точності це 7, який може бути отриманий при розточуванні. Тобто в технологічному процесі механічної обробки немає потреби використовувати високоточне обладнання.

Мінімальна товщина стінок $S_{\min}=15$ мм. Металоемність деталі явно завищена, що являється явним недоліком. Деталь жорсткої конструкції і її можна обробляти на підвищених режимах різання.

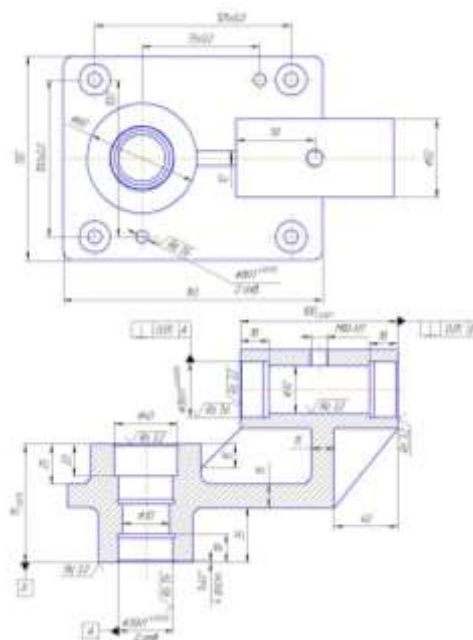


Рисунок 2.1 – Деталь „Корпус К.021”

Центральний ступінчатий отвір, обробляється напрохід що полегшує його обробку. Деталь має уніфіковані елементи: отвори, різі, канавки, фаски і т. ін., що дає змогу застосовувати стандартний ріжучий інструмент.

Корпус містить і декілька нетехнологічних елементів, зокрема це канавки в отворі, які для обробки вимагають використання фасонного інструменту, та глухі отвори з різью, оскільки технологічно доцільніше використовувати в конструкції наскрізні отвори, як наприклад отвори $\varnothing 9$ в даній деталі. Креслення Корпуса показано на рисунку 2.1.

Матеріал деталі конструкційна Чавун 15 ГОСТ 1050-88, має задовільні якості обробки різанням, дозволяє отримати заготовку литтям, оскільки має добрі ливарні властивості. Заготовка може бути отримана литтям в піщано-глинисті форми, литтям в оболонкові форми, литтям за виплавними моделями, литтям у кокіль. Хімічний склад та механічні властивості матеріалу наведені в таблицях 2.1 та 2.2 доводять доцільність використання даного матеріалу при виготовленні корпусу.

Таблиця 2.1- Хімічний склад сірого чавуну в %

Марка чавуну	C	Si	Mn	Cr	Не більше	
					P	S
СЧ18	3,1-3,4	1,2-1,5	0,6-0,9	-	0,3	0,12

Таблиця 2.2- Механічні властивості сірого чавуну

Марка чавуну	границя міцності при розтягу, $\sigma_{вр}$, МПа не менше	границя міцності при згині $\sigma_{нви}$, МПа не менше	твердість за Брінеллем НВ, МПа не більше	стріла прогину мм, при розтягу між опорами 300мм.
СЧ18	280	480	170-241	3

Згідно ГОСТ 18831-74 кількісна оцінка технологічності оцінюється за коефіцієнтом точності, коефіцієнтом шорсткості та коефіцієнтом уніфікації.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

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

Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі,

Q_e – загальна кількість елементів.

Всі елементи наведені в таблиці 2.1. Згідно неї деталь містить 66 елементів, 50 з яких є уніфікованими.

$$K_y = \frac{50}{66} = 0,758$$

Відповідна деталь технологічна за даним показником.

Таблиця 2.1 – Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

Розміри						Шорсткість	
Лінійні		Кутові		Різи			
P_l	$P_{l,y}$	P	P_y	P	P_y	Ш	Ш _y
53	37	6	6	1	1	6	6
$Q_{ye}=50$							
$Q_e=66$							

Коефіцієнт точності обробки згідно ГОСТ 18831-73 визначається за формулою:

$$K = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (2.2)$$

де T_{cp} – середній квалітет точності, який рівен:

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

де T_i – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі, n_i – кількість поверхонь деталі, що мають точність T_i квалітета.

Таблиця 2.2 – Коефіцієнт точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
7	3	$3 \cdot 7 = 21$
9	1	$9 \cdot 1 = 9$
10	1	$10 \cdot 1 = 10$
12	2	$12 \cdot 2 = 24$
13	1	$13 \cdot 1 = 13$
14	50	$14 \cdot 50 = 700$
17	2	$17 \cdot 2 = 34$
Всього	60	811

Відповідно до даних таблиці 2.2 середній квалітет та коефіцієнт точності:

$$T_{cp} = \frac{811}{60} = 13,52$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{13,52} = 0,926$$

Коефіцієнт шорсткості поверхні згідно ГОСТ 18831-73 визначається за формулою:

$$K_u = \frac{1}{\text{Ш}_{cp}}, \quad (2.5)$$

де $Ш_{cp}$ – середня шорсткість поверхні, яка в свою чергу визначається:

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_K \cdot n_K}{\sum n_K}, \quad (2.6)$$

де $Ш_K$ – шорсткість оброблюваних поверхонь даної деталі; n_K – кількість поверхонь, що мають шорсткість, яка відповідає певному числовому значенню R_a , мкм.

Таблиця 2.3 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість R_a , мкм	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6	6	$1,6 \cdot 6 = 9,6$
3,2	4	$3,2 \cdot 4 = 12,8$
12,5	54	$12,5 \cdot 54 = 725$
Всього	64	755,4

Відповідно до даних таблиці 2.3 середня шорсткість та коефіцієнт шорсткості:

$$Ш_{cp} = \frac{755,4}{64} = 11,8$$

$$K_T = \frac{1}{11,8} = 0,085$$

Отже виконуються умови:

$$K_y > 0,6, K_T > 0,8, K_{ш} < 0,32,$$

тобто деталь за кількісними показниками технологічна.

Проаналізувавши всі фактори можна зробити висновок, що деталь технологічна і може бути оброблена на верстатах нормальної точності. При механічній обробці можуть використовуватися високопродуктивні способи обробки, всі поверхні можуть бути отримані із точністю вказаною на кресленні.

2.2. Розрахунок розмірів заготовки

Результат визначення необхідних параметрів заносимо у таблицю 2.4 та 2.5 відповідно для операцій лиття в піщано-глинисті форми ручним та машинним формуванням.

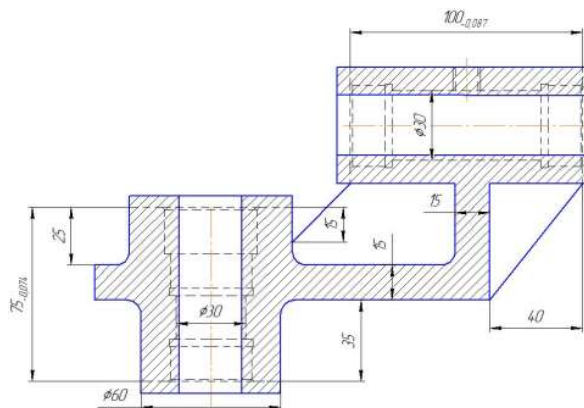


Рисунок 2.2 – Конфігурація виливка при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням

Отже необхідно забезпечити правильне виконання 4 розмірів, для яких здійснюємо розрахунок та вносимо отримані дані у таблицю 3.3.

В залежності від технологічного процесу, найбільшого габаритного розміру деталі -210мм, та типу сплаву (нетермооброблюваний чорний) обираємо діапазон значень, із яких визначатимемо відповідне оптимальне число. Враховуючи, що тип виробництва –серійне, то серед рекомендованих за ГОСТ 26645-85 значень обираємо серед більших із них.

Таблиця 2.4 - Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням і вологістю до 2,8%

Вихідні дані (норми точності)	Згідно з ГОСТ 26645-85		Прийнято
Клас розмірної точності	7т-11		9
Ступінь жолоблення елементів виливка	7-10		9
Ступінь точності поверхонь виливка	9-16		12
Шорсткість поверхонь виливка	Ra = 25 мкм		Ra = 25 мкм
Клас точності маси	5-13т		9
Ряд припусків	4-7		6
Розрахункові розміри	75 _{-0,074}	100 _{-0,087}	Ø35 ^{+0,025}
Допуски:			
розмірів	2,2	2,2	1,8
форми чи розміщення	0,8	0,8	0,8
зміщення по площині роз'єму	1,4	1,4	-
зміщення через перекос стержня	-	-	1,0
маси	10%		
нерівностей	0,64		
загальний допуск	2,8	2,8	2,2
Припуски:			
мінімальний	0,8		
Розрахункові розміри			
	Кількість переходів механічної обробки		
за точністю розмірів	2	2	3
за відхиленнями форм, взаємним розміщенням поверхонь	2	2	3
прийнята кількість переходів	2	2	3
загальний припуск	3,1	3,1	3,0
Розміри заготовки	81,2	106,2	29

Для лиття в піщано-глинисті форми і машинним формуванням рекомендовано 7т-11 (7т 8 9т 9 10 11т 11), отже приймаємо для серійного виробництва 9 клас розмірної точності. Для лиття ручним формуванням рекомендовано 9т-13, прийнято відповідно 11.

Ступінь жолоблення елементів виливка.

$$(50-35)/2=7,5 \text{ (мм)}$$

- найменший розмір в перерізі , 100 мм -найбільший .Їх співвідношення становитиме

$$7,5/100=0,0075$$

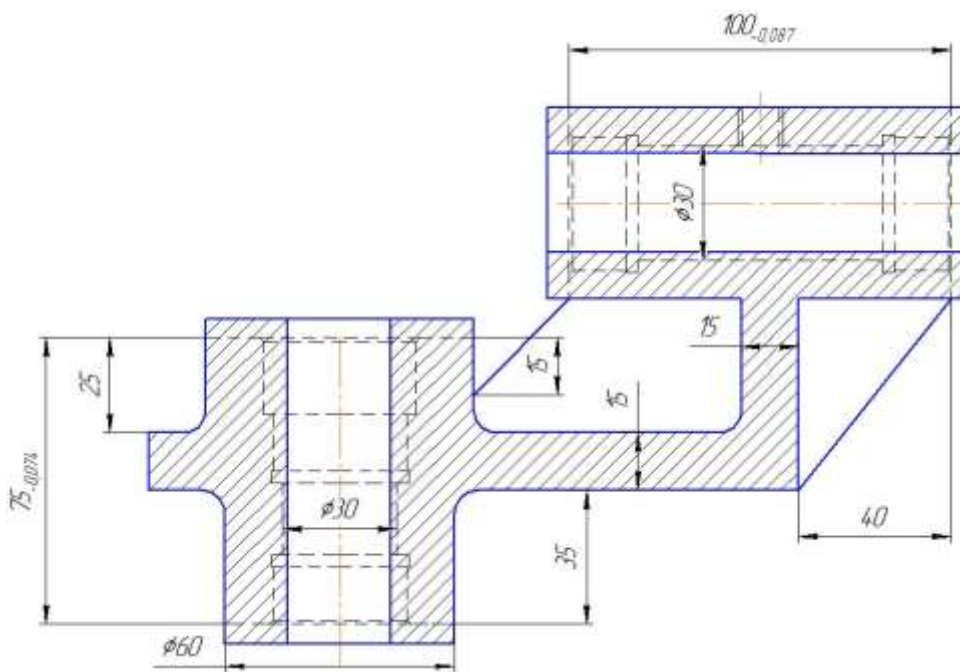


Рисунок 2.3 – Конфігурація виливка при литті в піщано-глинисті форми ручним формуванням

Отже ми бачимо, що необхідно забезпечити правильне виконання 4-х розмірів, для яких здійснюємо розрахунок та вносимо отримані дані у таблицю 4.

І якщо на робочому кресленні твердість не вказана, то це значить, що термічна обробка попередньо не відбувалася. Значить отримаємо певний діапазон значень 7-10. Оскільки даний матеріал – сірий чавун, то обираємо більші числа із проміжку: 9, при литті в піщано-глинисті форми машинним формуванням, та 10 – при литті в піщано-глинисті форми ручним формуванням суміші.

Ступінь точності поверхонь виливка обираємо у відповідності до технологічного процесу лиття, враховуючи що найбільший габаритний розмір виливка становить 210 мм, тип сплаву – чавун, не відбувалася попередня термічна обробка. Значить в результаті отримаємо діапаони: при литті в піщано-глинисті форми машинним формуванням 9-16 (9 10 11 12 13 14 15 16), та 12-19(12 13 14 15 16 17 18 19) – при литті в піщано-глинисті форми ручним формуванням суміші. Приймаємо 12 та 16 ступінь точності відповідно

Шорсткість поверхонь виливка обираємо згідно із попередньо визначеним ступенем точності поверхонь. При литті в піщано-глинисті форми машинним формуванням ступінь точності складає 12 відповідно шорсткість 25 мкм, при литті в піщано-глинисті форми ручним формуванням суміші ступінь точності складає 16 відповідно шорсткість 63 мкм.

Клас точності маси приймаємо в залежності від технологічного способу лиття, враховуючи, що номінальна маса виливка становить 4,5 кг. Також враховуємо в залежності від типу сплаву та наявності термічної обробки. При литті в піщано-глинисті форми машинним формуванням інтервал 5-13т (5-6-7т-7-8-9т-9-10-11т-11-12-13т) приймаємо 9, та при литті в піщано-глинисті форми ручним формуванням суміші 7-15 (7-8-9т-9-10-11т-11-12-13т-14-15т-15) приймаємо 12.

Таблиця 2.5- Лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням і вологістю більше 4,5%

Вихідні дані (норми точності)	Згідно з ГОСТ 26645-85		Прийнято
Клас розмірної точності	9т-13		11
Ступінь жолоблення елементів виливка	7-10		10
Ступінь точності поверхонь виливка	12-19		16
Шорсткість поверхонь виливка	Ra = 63 мкм		Ra = 63 мкм
Клас точності маси	7-15		12
Ряд припусків	7-10		9
Розрахункові розміри	75 _{-0,074}	100 _{-0,087}	Ø35 ^{+0,025}
Допуски:			
розмірів	4,4	4,4	3,6
форми чи розміщення	1,0	1,0	1,0
зміщення по площині роз'єму	2,8	2,8	-
зміщення через перекося стержня	-	-	2,0
маси	24%		
нерівностей	1,6		
загальний допуск	5	5	4,0
Припуски:			
мінімальний	1,6		
Розрахункові розміри			
	Кількість переходів механічної обробки		
за точністю розмірів	3	3	4
за відхиленнями форм, взаємним розміщенням поверхонь	3	3	3
прийнята кількість переходів	3	3	4
загальний припуск	6,3	6,3	6,0
Розміри заготовки	87,6	112,6	23

Ряд припусків приймаємо згідно із ступенем точності поверхні. Враховуючи, що матеріал – сірий чавун і температура плавлення досить висока, то приймаємо середні значення і вказаних проміжків 6 і 9 при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням та при литті в піщано-глинисті форми з ручним формуванням відповідно.

Допуски розмірів виливка вибираємо у відповідності з номінальним розміром деталі та вже отриманих необхідних класів точності.

Допуски форми чи розміщення встановлюємо згідно із отриманими номінальними розмірами та ступенем жолоблення елементів виливка. Зазначимо, що за номінальний розмір нормованої ділянки беремо найбільший з розмірів даної ділянки елемента виливка, для якого регламентується відхилення форми і розташування поверхні.

Допуски зміщення по площині роз'єму встановлюється по відповідному класу розмірної точності для найбільш тонкої стівки виливка, в даному випадкові 15мм.

Допуск зміщення через перекіс стержня приймаємо на 1 клас точніше класу розмірної точності виливка, за номінальним розміром найбільш тонкої із стінок виливка, що формується з участю стержня, а саме 7,5 мм.

Допуск маси призначаємо в залежності від маси виливка та класу точності маси. Оскільки на даному етапі маса виливка ще невідома, то її визначаємо наближено за масою деталі $Q_{дет}$ та коефіцієнтом використання матеріалу заготовки γ , що для лиття в піщано-глинисті форми дорівнює 0,75 та $Q_{дет}$ при цій операції рівне 4,5 кг. Тоді

$$Q_{заг} = 4,5/0,75=6(кг).$$

Отже маса лежить у проміжкові від 4 до 10 кг У відповідності з цими числами обираємо необхідні нам дані.

Допуск нерівностей вибираємо в залежності від ступеня точності поверхонь виливка, тобто в залежності від вибраної шорсткості.

Загальний допуск в даному випадку враховуємо сумарний вплив допуску розміру і допусків форми чи розміщення поверхні та приймаємо у відповідності до двох найбільших значень, отриманих із усіх попередніх величин допусків різних параметрів.

Мінімальний припуск приймаємо згідно з рядом припусків, що попередньо обрані. Для всіх поверхонь однаковий і призначається для усунення нерівностей, дефектів литої поверхні, зменшення шорсткості у відповідності за ГОСТ 26645-85.

Кількість переходів механічної обробки за точністю розмірів приймаємо в залежності від допуску розміру вилівка та співвідношення між допусками розміру деталі і вилівка $T_{\text{розм.дет.}}/T_{\text{розм.вил.}}$. При цьому допуск розміру вилівка ми обирали попередньо та заносили значення у таблицю. Допуск розміру деталі знаходимо на робочому кресленні деталі. Отже для лиття в піщано-глинисті форми з ручним формування суміші буде:

$$75 - T_{\text{розм.дет.}}/T_{\text{розм.вил.}}=0,074/4,4=0,017;$$

$$100 - T_{\text{розм.дет.}}/T_{\text{розм.вил.}}=0,087/4,4=0,019;$$

$$\varnothing 35 \quad T_{\text{розм.дет.}}/T_{\text{розм.вил.}}=0,025/3,6=0,0039;$$

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

$$75 - T_{\text{розм.дет.}}/T_{\text{розм.вил.}}=0,074/2,2=0,034;$$

$$100 - T_{\text{розм.дет.}}/T_{\text{розм.вил.}}=0,087/2,2=0,0395;$$

$$\varnothing 35 \quad T_{\text{розм.дет.}}/T_{\text{розм.вил.}}=0,025/1,8=0,014;$$

Кількість переходів механічної обробки за точністю форми і розміщення оброблюваної поверхні деталі.

Приймаємо в залежності від допуску розміру виливка та співвідношення між допусками форми і розташування оброблюваної поверхні деталі та виливка: $T_{ф.дет.}/T_{ф.вил.}$.

Отже для лиття в піщано-глинисті форми з ручним формування суміші буде:

$$T_{ф.дет.}/T_{ф.вил.}=0,05/1,0=0,05;$$

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

$$T_{ф.дет.}/T_{ф.вил.}=0,05/0,8=0,0625;$$

Прийнята остаточна кількість переходів механічної обробки за більшим числом у порівнянні із двома попередніми пунктами.

Загальний припуск обираємо в залежності від загального допуску, виду остаточної механічної обробки та ряду припусків. Всі ці показники попередньо визначені і за допомогою вже вказаних параметрів обираємо остаточні результати.

Після формування контура виливків в місцях переходу від одного елемента до другого призначаємо радіуси заокруглень, які в значній степені визначають якість литої заготовки. Їх величина повинна бути оптимальною. Радіуси заокруглень у спряженнях залежать від матеріалу виливка, товщини спряжених стінок і кута, що утворюється між ними. Вибір здійснюємо по графікам із [Руденко, ст. 65]. Отже, визначаємо середню товщину стінки, починаючи відлік від верхнього торця:

$$\frac{S_1 + S_2}{2} = \frac{20+15}{2} = 17,5(\text{мм});$$

$$\frac{S_1 + S_2}{2} = \frac{15+15}{2} = 15(\text{мм});$$

$$\frac{S_1 + S_2}{2} = \frac{7,5 + 7,5}{2} = 7,5 \text{ (мм)};$$

Їм відповідають наступні радіуси заокруглень для чавуну при діапазоні кутів $75 \dots 105^\circ$: $r = 6 \text{ мм}$, $r = 5 \text{ мм}$, $r = 4 \text{ мм}$.

Призначаємо на вертикальних стінках поверх припуску на механічну обробку. Необхідні величини нахилів для обраних операцій вибираємо із таблиці нормованих значень [Руденко, ст. 64]. Вибираємо в залежності від висоти формоутворювальної поверхні та способу лиття. Отже на ділянці 50 мм нахил складатиме $3^\circ 11'$; на ділянці $37,5 \text{ мм}$ нахил складатиме $4^\circ 34'$.

Мінімальна товщина стінок призначається так, щоб забезпечити необхідну розрахункову міцність і задовольнити потребам технології обраного способу лиття. Найменшу товщину стінок вибираємо по [Руденко, ст. 57], в залежності від приведенного габариту заготовки, який обраховуємо за наступною формулою:

$$N = \frac{2l + b + h}{4} = \frac{2 \cdot 210 + 130 + 135}{4} = 171,25 \text{ (мм)},$$

цьому значенню відповідає мінімальна товщина стінки $\delta = 10 \text{ мм}$. Якщо прирівняти дійсну отриману величину, яка становить $\delta = 15 \text{ мм}$, то можна зробити висновок про відповідність розмірів мінімальної товщини стінки вилівка допустимим.

Мінімальний діаметр стінки визначаємо за формулою:

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

При $d_0 = 7 \text{ мм}$ – для чавуну і $s = 100 \text{ мм}$, значення мінімального діаметра буде дорівнювати:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1 \cdot s = 7 + 0,1 \cdot 100 = 17 \text{ (мм)}.$$

Отже отвори $\varnothing 35$ будуть проливатися, а $\varnothing 9$ та $\varnothing 8$ підуть у напуск.

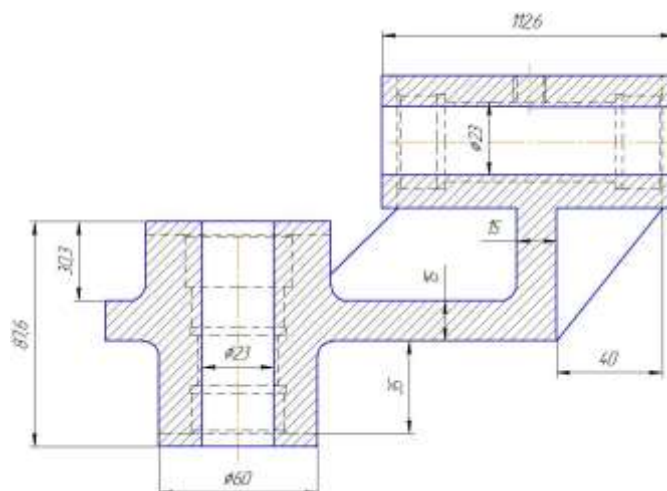


Рисунок 2.4 - Ескіз заготовки отриманої литтям в піщано-глинисті форм з ручним формуванням суміші

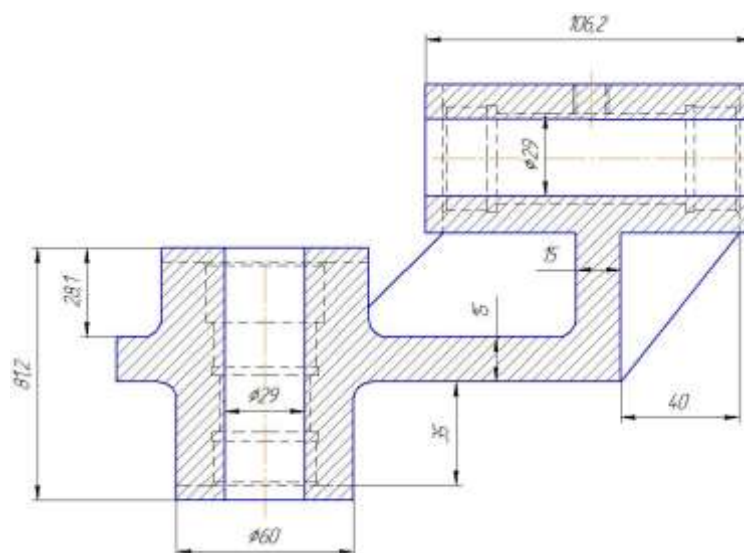
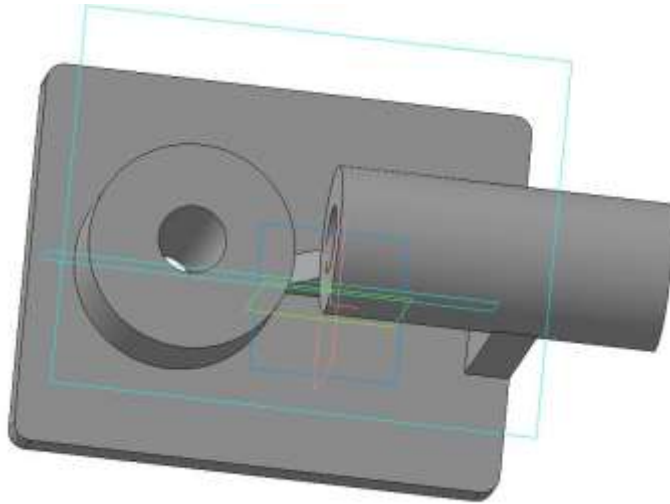


Рисунок 2.5 - Ескіз заготовки отриманої литтям в піщано-глинисті форм з машинним формуванням суміші



Деталь

Заданные параметры

Материал СЧ18 ГОСТ 1412-85

Плотность материала $\rho = 0.007200 \text{ г/мм}^3$

Расчетные параметры

Масса $M = 5659.482286 \text{ г}$

Площадь $S = 115688.207314 \text{ мм}^2$

Объем $V = 786039.206372 \text{ мм}^3$

Центр масс $X_c = -8.435452 \text{ мм}$

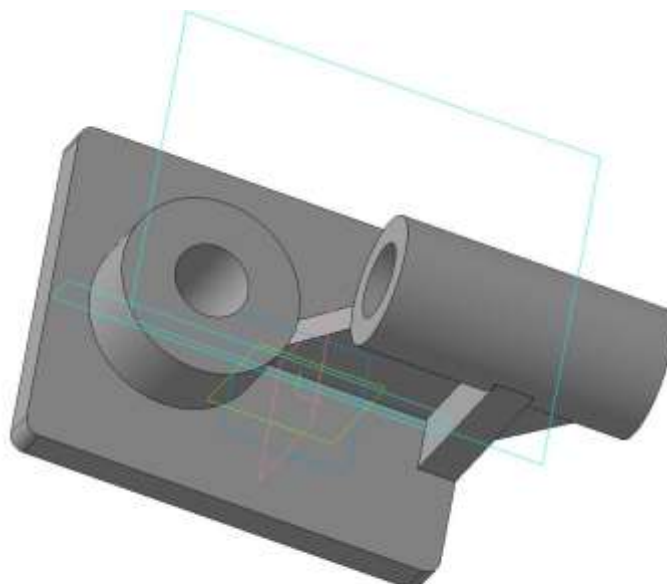
$Y_c = 3.540735 \text{ мм}$

$Z_c = 31.020409 \text{ мм}$

Рисунок 2.6 – Визначення маси заготовки і для лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу як відношення маси деталі до маси заготовки

$$\gamma = \frac{G_d}{G_s} = \frac{4,5}{5,66} = 0,795.$$



Материал СЧ18 ГОСТ 1412-85
 Плотность материала $\rho = 0.007200 \text{ г/мм}^3$

Расчетные параметры

Масса	$M = 5099.324778 \text{ г}$
Площадь	$S = 114902.809759 \text{ мм}^2$
Объем	$V = 708239.552455 \text{ мм}^3$
Центр масс	$X_c = -7.814393 \text{ мм}$
	$Y_c = 3.478536 \text{ мм}$
	$Z_c = 28.172205 \text{ мм}$

Рисунок 2.7 – Визначення маси заготовки для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу як відношення маси деталі до маси заготовки

$$\gamma = \frac{G_o}{G_z} = \frac{4,5}{5,099} = 0,882.$$

Вартість заготовки – це економічний показник, який впливає на собівартість виготовлення деталі. Для того, щоб надати перевагу якомусь способу литтю необхідно визначити вартість заготовок.

Вартість заготовки визначаємо за формулою:

$$C_{\text{заг.лит}} = \frac{(Q_{\text{заг}} \cdot C_{\text{Л}} \cdot K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{С}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{П}})}{1000} - \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}}) \cdot C_{\text{відх}}}{1000} \quad [\text{грн}] \quad (2.7)$$

де $C_{\text{Л}}$ - базова вартість 1т заготовок, грн., враховуючи спосіб одержання литої заготовки;

$K_{\text{Т}}$ - коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок, враховуємо спосіб лиття, матеріал заготовки і клас розмірної точності;

$K_{\text{М}}$ - коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки. Враховуємо спосіб лиття і марку матеріалу;

$K_{\text{С}}$ - коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки. Дана деталь не складної конфігурації і можна віднести до 2 групи складності, також враховуємо спосіб лиття і матеріал заготовки;

$K_{\text{В}}$ - коефіцієнт, що враховує масу заготовки. Вибираємо згідно способу лиття, маси виливка, матеріалу виливка;

$K_{\text{П}}$ - коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру ручної програми випуску заготовок. Попередньо визначаємо групу серійності в залежності від способу лиття, маси виливків і об'єму. При литті в піщано-глинисті форми і лиття оболонкові форми – 2 група серійності;

Тоді вартість заготовок для заданих операцій 1 – лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші, 2 – в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші, матиме наступне значення:

$$C_{\text{заг.лит}}^1 = \frac{5,66 \cdot 15600 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,91 \cdot 1,0}{1000} - \frac{(05,66 - 4,5) \cdot 3,90}{1000} = 96,41 (\text{грн.});$$

$$C_{\text{заг.лит}}^2 = \frac{5,099 \cdot 16600 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,91 \cdot 1,0}{1000} - \frac{(5,099 - 4,5) \cdot 3,90}{1000} = 92,43 (\text{грн.}).$$

Для прийняття остаточного рішення відносно вибору варіанта одержання заготовки крім вартості заготовок, коефіцієнтів використання матеріалу та

вагової точності потрібно порівняти маршрути механічної обробки деталі. Якщо є операції, які відрізняються внаслідок різних способів одержання заготовки, то собівартість їх виконання потрібно включити у вартість відповідної заготовки. Тобто, тоді повна собівартість заготовки:

$$C_{заг} = C_{заг.лит.} + \sum C_{обр.} [\text{грн}]$$

де $\sum C_{обр.}$ - технологічна собівартість виконання тих операцій, якими відрізняються маршрути механічної обробки деталі внаслідок різних способів одержання заготовки. Оскільки в даному випадку, порівнюючи виливки при обох способах лиття, маємо неоднаковість послідууючої механічної обробки, а саме - при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням необхідно розточити отвори $\varnothing 35$ і фрезерувати 4 торці, то сума $\sum C_{обр.}$ складатиме $C_{обр}$ двох вказаних операцій:

$$C_{обр} = C_{n-з} \cdot T_{шт-к} / K_{\epsilon} [\text{грн}]$$

Де $C_{n-з}$ - приведені витрати, що становлять для верстата 16K20PФ3 391 коп/год = 0,0652 грн/хв.; для верстата 6P13Ф2 153,6 коп/год = 0,0256 грн/хв.

K_{ϵ} - коефіцієнт виконання норм, приблизно рівний 1,3.

$T_{шт-к}$ - штучно-калькуляційний чи штучний час на операцію, хв. Його можна знайти за формулою

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi_k [\text{хв}]$$

Де T_0 - основний технологічний час при методі обробки – чорнова розточка за 1 прохід, що у даному випадку становить

$$T_{01} = 0,17 \text{dl}/1000 = 0,17 \cdot 35 \cdot (100+75)/1000 = 1,041(\text{хв.});$$

фрезерування чорнове циліндричною фрезою, що у даному випадку становить

$$T_{02} = 7 \cdot 1/1000 = 7 \cdot (70+60+50+50)/1000 = 1,61(\text{хв.});$$

φ_k - значення коефіцієнта, яке рівне 1,36 (для точіння) і 1,84 (для фрезерування);

Значить

$$T_{\text{шт-к}} 1 = 1,041 \cdot 1,36 = 1,42(\text{хв})$$

$$T_{\text{шт-к}} 2 = 1,61 \cdot 1,84 = 2,96(\text{хв}).$$

Отже,

$$C_{\text{обр}} 1 = 0,0652 \cdot 1,42 / 1,3 = 0,071 \text{ (грн.)}$$

$$C_{\text{обр}} 2 = 0,0256 \cdot 2,96 / 1,3 = 0,058 \text{ (грн.)}$$

$$\Sigma C_{\text{обр.}} = C_{\text{обр}} 1 + C_{\text{обр}} 2 = 0,071 + 0,058 = 0,129 \text{ (грн.)}$$

$$C_{\text{заг}} 1 = 96,41 + 0,13 = 96,54 \text{ (грн.)}$$

$$C_{\text{заг}} 2 = 92,43 \text{ (грн.)}$$

Враховуючи, що партія заготовок становить $N = 4800$ шт., визначаємо економічний ефект:

$$E = (C_{\text{заг}} 2 - C_{\text{заг}} 1) \cdot N = (96,54 - 92,43) \cdot 4800 = 19727 \text{ (грн.)}$$

Економічний ефект по матеріалу:

$$E_m = (Q_{\text{заг}} 2 - Q_{\text{заг}} 1) \cdot N \cdot C_{\text{відх}} = (5,66 - 5,09) \cdot 4800 \cdot 3,9 = 10670 \text{ (грн.)}$$

Сумарна економічна ефективність буде рівною

$$E + E_m = 19727 + 10670 = 30397 \text{ (грн.)}.$$

Отже, можна зробити висновок:

враховуючи загальну економічну ефективність та масу заготовок, можна однозначно сказати, що найбільш раціональний варіант буде лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням. Це дасть змогу зекономити як матеріал, так і кошти у порівнянні із литтям в піщано-глинисті форми із ручним формуванням суміші.

2.3 Розробка маршруту механічної обробки

2.3.1. Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки (повний розрахунок привести для поверхонь, всі решти розрахунків звести в таблицю)

Визначення кількості ступенів механічної обробки виконується на основі розрахунків за формулою:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_3}{T_d} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \dots \cdot \frac{T_i}{T_{i-1}} \cdot \dots \cdot \frac{T_n}{T_d} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_i = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i ; \quad - \quad (2.8)$$

де ε – загальне уточнення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

T_d – допуск деталі.

– T_3 , – допуск заготовки;

T_i – окремого ступеня обробки.

Але оскільки в даному випадку заготовкою є литий напівфабрикат, то визначаємо кількість переходів механічної обробки за точністю та шорсткістю поверхонь, які потрібно отримати, припуски при цьому визначаються за [3]. Створюючи маршрут обробки поверхні виходять з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним ніж попередній. Технологічний допуск на проміжний розмір і якість поверхні, що отримані на попередньому етапі обробки повинні мати числові значення, за яких можливе нормальне використання дальшого методу обробки, що планується.

Наприклад для розміру $\varnothing 35H7$ загальне уточнення буде рівним:

$$\varepsilon = \frac{1,8}{0,025} = 72$$

Отже можна проводити обробку за три переходи. Призначаємо:

$$\varepsilon_1 = 5,8;$$

$$\varepsilon_2 = 4,6;$$

Відповідно тоді ступень уточнення третього переходу складатиме:

$$\varepsilon_3 = \varepsilon / \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \quad (2.9)$$

Тобто:

$$\varepsilon_3 = 72 / 5,8 \cdot 4,6 = 2,7$$

Допуск після першого переходу складатиме:

$$T_1 = 1,8 / 5,8 = 0,31 \text{ (мм)};$$

$$T_2 = 0,31 / 4,6 = 0,067 \text{ (мм)};$$

$$T_3 = 0,067 / 2,7 = 0,025 \text{ (мм)}.$$

Після першого переходу механічної обробки ми отримуємо поверхню 12 квалітету, а після другого переходу - 9 квалітету, після третього – 7. Оскільки обробляється отвір, то доцільно використати метод обробки – розточування.

Таблиця 2.6 – Кількість ступеней механічної обробки

Розмір деталі	Стадія обробки	Отримуваний квалітет
100 _{-0,087}	Фрезерування попереднє	12
	Фрезерування остаточне	10
Ø8H7	Свердління	12
	Зенкерування	9
	Розвертання	7
75 _{-0,074}	Фрезерування попереднє	12
	Фрезерування остаточне	10

2.3.2 Вибір (з обґрунтуванням) чистових та чорнових технологічних баз

Одним із найскладніших і принципових розділів проектування технологічних процесів є призначення технологічних та вимірювальних баз. Від правильного вибору технологічних баз значною мірою залежать: фактична точність виконання розмірів; правильність взаємного розташування поверхонь; ступінь складності пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів; загальна продуктивність обробки заготовок. Основні положення, що стосуються технології, класифікації та теорії базування викладені в ГОСТ 21495-76.

При виборі чистових баз ми маємо мінімізувати похибку базування на отримувані розміри. В якості чистових баз може використовуватися торець та отвір. Схеми базування та розміри отримувані при установці на них показані на рисунках 4.2 та 4.3

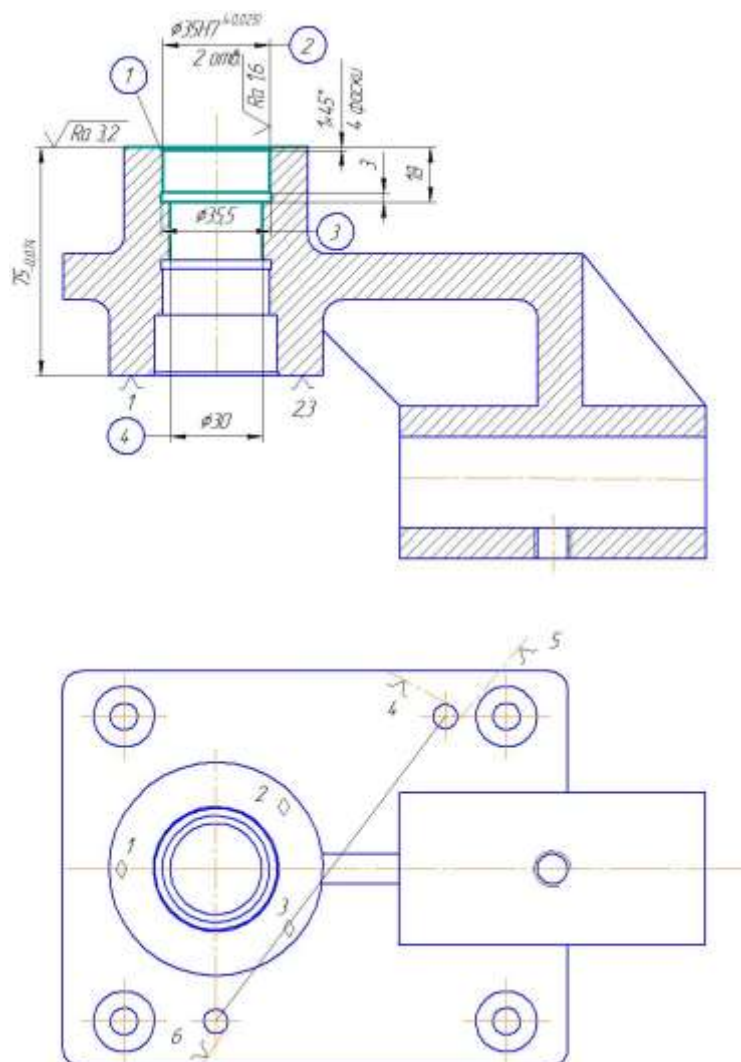


Рисунок 2.8 – Чистові бази (операція 010)

Таблиця 2.7– Аналіз вибору технологічних баз на операції 010

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Багатоцільова з ЧПК	$\varnothing 35H7$, $\varnothing 30$, $\varnothing 35,5$	відсутня	Діаметральний розмір
	75	відсутня	Виконання принципу суміщення баз
	3,18	відсутня	Обробка з одного установа

Таблиця 2.8– Аналіз вибору технологічних баз на операції 015

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Багатоцільова з ЧПК	$\varnothing 35H7, \varnothing 35,5$	відсутня	Діаметральний розмір
	Перпендикулярність торця і осі отвору відносно баз А та Б відповідно	відсутня	Виконання принципу суміщення баз
	3,18	відсутня	Обробка з одного установа

На рисунку 4.3 показана одна із можливих схем базування на операції 015.

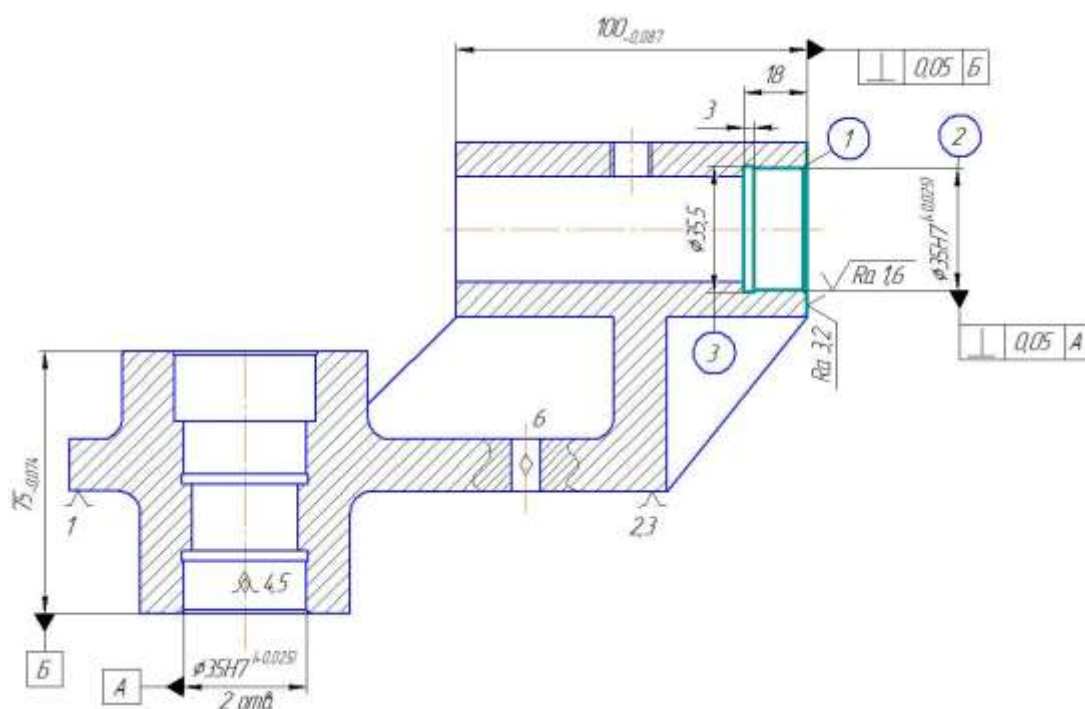


Рисунок 2.9 – Чистові технологічні бази на операції 015

Таблиця 2.9– Аналіз вибору технологічних баз на операції 020

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Багатоцільова з ЧПК	$\varnothing 35H7, \varnothing 35,5, \varnothing 30$	відсутня	Діаметральний розмір
	Перпендикулярність осі отвору відносно бази А, 100	відсутня	Виконання принципу суміщення баз
	3,18	відсутня	Обробка з одного установа

На рисунку 4.4 показана одна із можливих схем базування на операції 020.

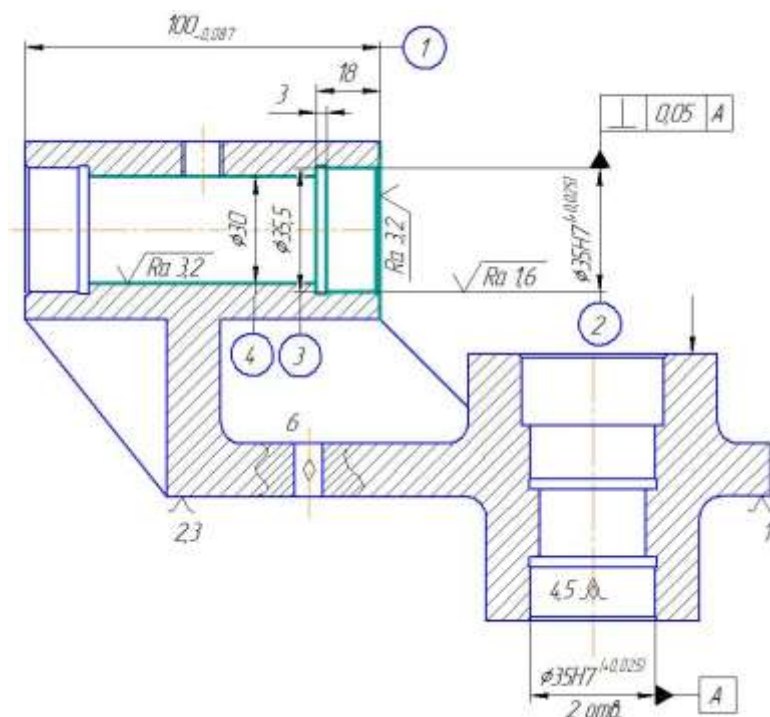


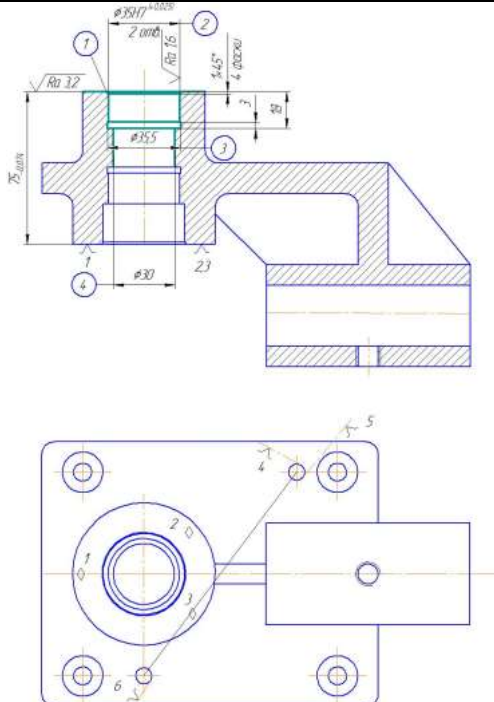
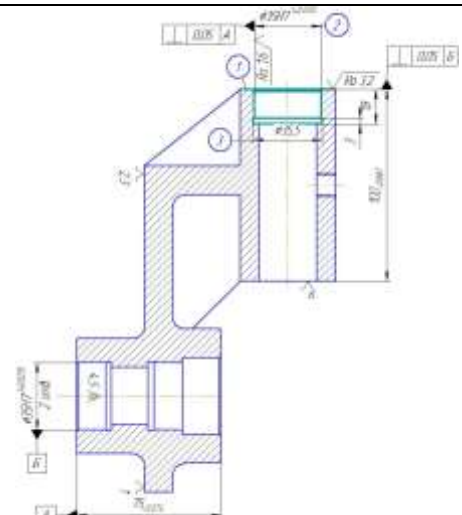
Рисунок 2.10 – Чистові технологічні бази на операції 020

При виборі чорнових технологічних баз має вирішуватися одна із двох

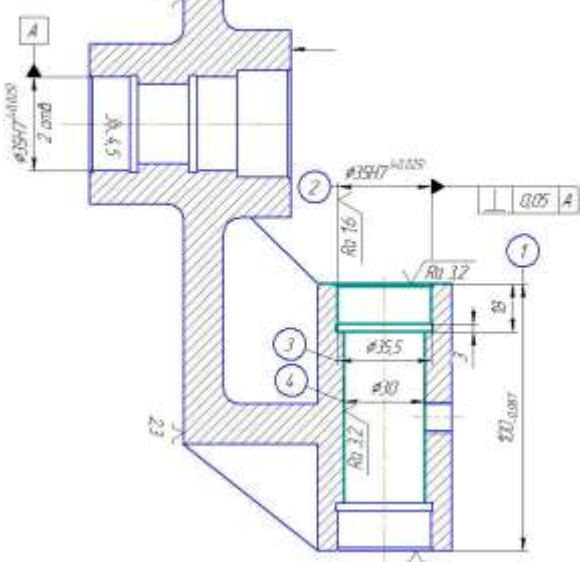
Таблиця 2.10 -Маршрут механічної обробки

№	Зміст операцій та переходів	Схема базування	Модель верстату
1	2	3	4
005	Багатоцільова з ЧПК - Встановити заготовку, закріпити. - Фрезерувати торець 1 - Розточити отвір 2 - Розточити отвір 3 попередньо - Розточити отвір 3 попередньо - Розточити канавку 4 - Розточити отвір 3 остаточно - Центрувати 4 отвори 5, 2 отвори 6 і отвір - Свердлити 4 отвори 5 - Цекувати 4 отвори - Свердлити 2 отвори 6 - Зенкерувати 2 отвори 6 - Розвернути 2 отвори 6 - Свердлити отвір 7 - Зенкувати фаску в отворі 7 - Нарізати різь в отворі 7 - Зняти заготовку		Багатоцільовий з ЧПК ЛТ260МФ3

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4
010	Багатоцільова з ЧПК 1. Встановити заготовку, закріпити. 2 Фрезерувати торець 1 3 Розточити отвір 2 попередньо 4 Розточити отвір 2 попередньо 5 Розточити канавку 3 6 Розточити отвір 2 остаточно 7 Зняти заготовку.		Фрезерний з ЧПК 6P13Ф3
015	Багатоцільова з ЧПК 1. Встановити заготовку, закріпити. 2 Фрезерувати торець 1 3 Розточити отвір 2 попередньо 4 Розточити отвір 2 попередньо 5 Розточити канавку 3 6 Розточити отвір 2 остаточно 7 Зняти заготовку.		Фрезерний з ЧПК 6P13Ф3

Продовження таблиці 2.10

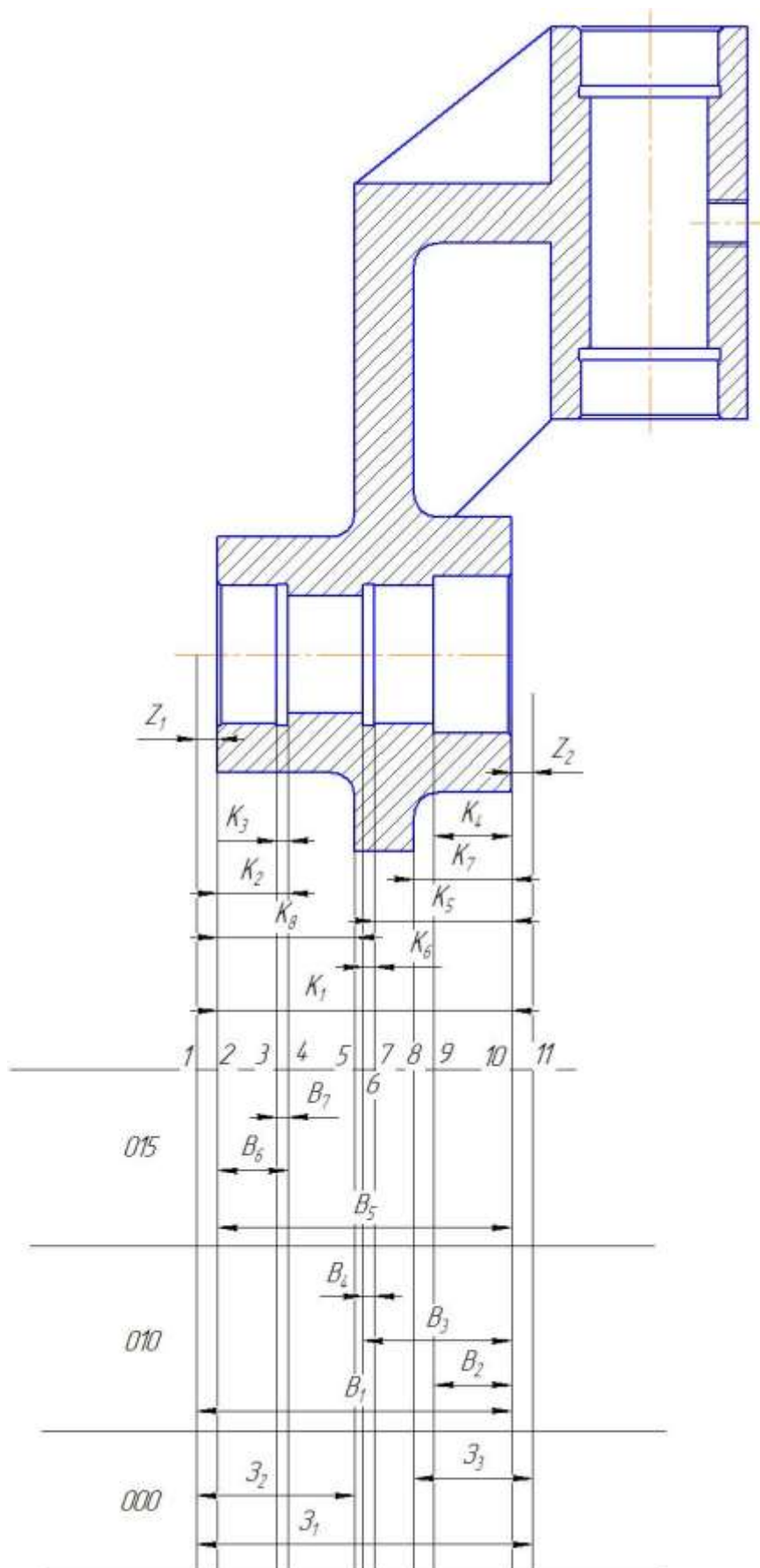
1	2	3	4
020	Багатоцільова з ЧПК 1. Встановити заготовку, закріпити. 2 Фрезерувати торець 1 3 Розточити отвір 2 попередньо 4 Розточити отвір 2 попередньо 5 Розточити канавку 3 6 Розточити отвір 4 7 Розточити отвір 2 остаточно 8 Зняти заготовку.		Фрезерний з ЧПК 6P13Ф3

2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

Технологічні розміри доцільно розміщувати таким чином, щоб вони співпадали з конструкторськими. В таких випадках немає потреби проводити додаткові розрахунки для визначення технологічних розмірів. Це можливо тоді, коли технологічні бази співпадають з вимірювальними або поверхні, між якими заданий конструкторський розмір оброблюється на одній операції.

В решті випадків технологічні розміри необхідно проставляти від технологічних баз і при побудові розмірних ланцюгів, ці розміри будуть складовими ланками. Розмір, що буде отримуватись в ході виконання операції буде замикаючою ланкою. Замикаючими ланками для даної деталі є конструкторські розміри та величини припусків.

Допуски технологічних розмірів визначаються виходячи з точності механічної обробки. Таблиці економічної точності на металорізальних верстатах наведені у відповідних таблицях. Згідно цим таблицям середня



Рисунки 2.12 – Розмірна схема першого технологічного процесу

точність однократної обробки відповідає 12-му квалітету. Тому приймаємо допуски розмірів після чорнової (однократної) обробки по 12-му квалітету і записуємо в таблицю.

Таблиця 2.11– Допуски технологічних розмірів

Технологічні розміри	Z_1	Z_2	Z_3	B_1	B_2
Допуск, мм	1,2	1,0	0,84	0,12	0,52
Технологічні розміри	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7
Допуск, мм	0,52	0,25	0,074	0,43	0,25

Визначені допуски використовуються при подальших розрахунках технологічних розмірів.

Одним із перших етапів розмірного аналізу є побудова розмірної схеми технологічного процесу.

На розмірній схемі технологічного процесу показуються технологічні розміри, припуски та конструкторські розміри.

Граф, складений із конструкторських розмірів $K_1 K_2 \dots$ і припусків називається вихідним графом (деревом).

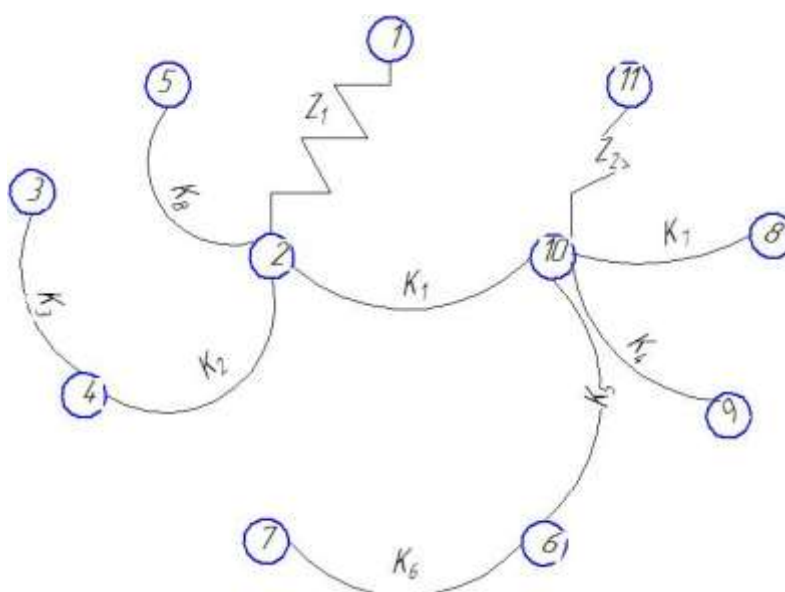


Рисунок 2.13 – Вихідний граф-дерево

Граф, складений із технологічних розмірів $B_1 B_2 \dots$ і розмірів заготовки $З_1 З_2 \dots$ називається похідним графом.

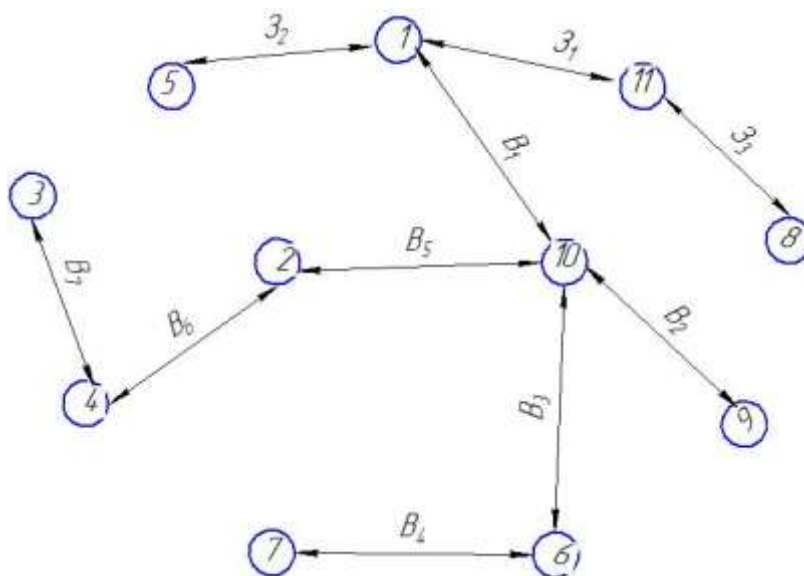


Рисунок 2.14 – Похідний граф-дерево

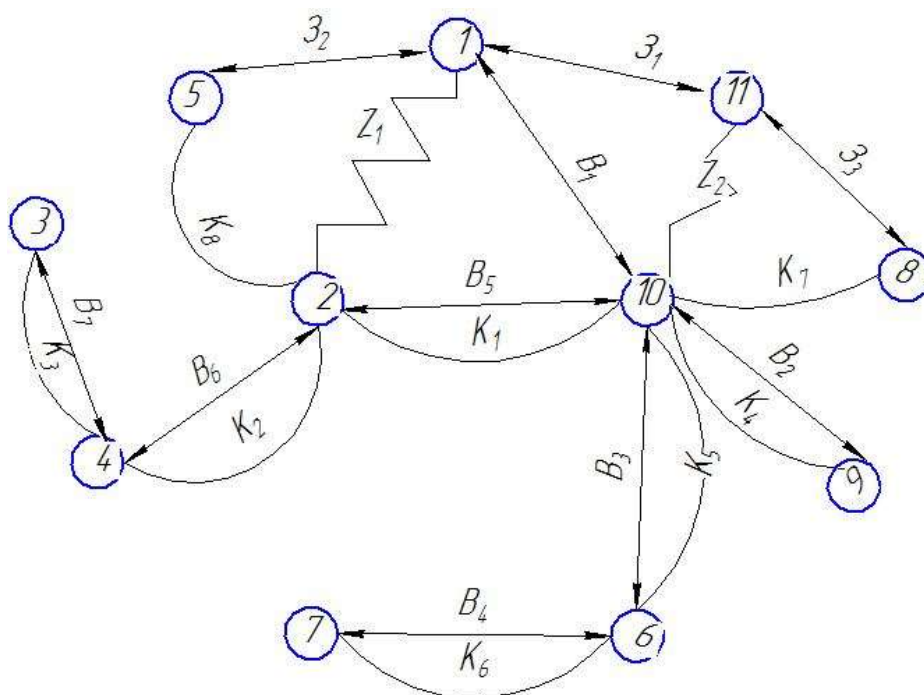


Рисунок 2.15– Суміщений граф-дерево

Дані припусків зводимо в таблицю 2.12.

Таблиця 2.12 – Мінімальні припуски

Припуски	Z_1	Z_2
$Z_{\min}$, мм	1,2	1,2

Використовуючи граф-дерева заносимо розрахункові рівняння до таблиці 4.8

Таблиця 2.1 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№ п/п	Розрахункові рівняння	Визідні рівняння	Ланка, що визначається
1	$-K_4 + B_2 = 0$	$K_4 = B_2$	B_2
2	$-K_5 + B_3 = 0$	$K_5 = B_3$	B_3
3	$-K_6 + B_4 = 0$	$K_6 = B_4$	B_4
4	$-K_1 + B_5 = 0$	$K_1 = B_5$	B_5
5	$-K_2 + B_6 = 0$	$K_2 = B_6$	B_6
6	$-K_3 + B_7 = 0$	$K_3 = B_7$	B_7
7	$B_1 - Z_1 - K_1 = 0$	$Z_1 = B_1 - K_1$	B_1
8	$Z_1 - B_1 - Z_2 = 0$	$Z_2 = B_1 - Z_1$	Z_1
9	$Z_2 - K_8 - Z_1 = 0$	$Z_1 = K_8 - Z_2$	Z_2
10	$Z_3 - K_7 - Z_2 = 0$	$Z_2 = K_7 - Z_3$	Z_3

Відповідно до визначених вище технологічних рівнянь визначимо для кожного розміру цого межі:

$$1. Z_1^{\min} = B_1^{\min} - K_1^{\max};$$

$$B_1^{\min} = K_1^{\max} + Z_1^{\min} = 75 + 1,2 = 76,2 \text{ (мм)};$$

$$B_1^{\max} = 76,2 + 0,12 = 76,32 \text{ (мм)};$$

$$B_1 = 76,32_{-0,12} \text{ (мм)};$$

$$Z_1^{\max} = B_1^{\max} - K_1^{\min} = 76,32 - 74,926 = 1,394 \text{ (мм)};$$

2. $B_2 = K_4 = 20 \pm 0,26(\text{мм})$;
3. $B_3 = K_5 = 30 \pm 0,26(\text{мм})$;
4. $B_4 = K_6 = 3 \pm 0,125(\text{мм})$;
5. $B_5 = K_1 = 75_{-0,074}(\text{мм})$;
6. $B_6 = K_2 = 18 \pm 0,215(\text{мм})$;
7. $B_7 = K_3 = 3 \pm 0,125(\text{мм})$;
8. $Z_2^{\min} = 3_1^{\min} - B_1^{\max}$;
 $3_1^{\min} = B_1^{\max} + Z_2^{\min} = 76,35 + 1,2 = 77,55(\text{мм})$;
 $3_1^{\max} = 77,55 + 1,2 = 78,75(\text{мм})$;
 $3_1 = 78,75_{-1,2}(\text{мм})$;
 $Z_2^{\max} = 3_1^{\max} - B_1^{\min} = 78,75 - 76,2 = 2,55(\text{мм})$;
9. $Z_1^{\min} = 3_2^{\min} - K_8^{\max}$;
 $3_2^{\min} = K_8^{\max} + Z_2^{\min} = 35,31 + 1,2 = 36,51(\text{мм})$;
 $3_2^{\max} = 36,51 + 1,0 = 37,51(\text{мм})$;
 $3_2 = 37,01 \pm 0,5(\text{мм})$;
 $Z_1^{\max} = 3_1^{\max} - K_8^{\min} = 37,51 - 34,69 = 2,82(\text{мм})$;
10. $Z_2^{\min} = 3_3^{\min} - K_7^{\max}$;
 $3_3^{\min} = K_7^{\max} + Z_2^{\min} = 25,26 + 1,2 = 26,46(\text{мм})$;
 $3_3^{\max} = 26,46 + 0,84 = 27,3(\text{мм})$;
 $3_3 = 26,88 \pm 0,42(\text{мм})$;
 $Z_2^{\max} = 3_3^{\max} - K_7^{\min} = 27,3 - 24,74 = 2,56(\text{мм})$;

Таблица 2.14 – Припуски

Припуски	Z_1	Z_2
$Z^{\min}, \text{мм}$	1,2	1,2
$Z^{\max}, \text{мм}$	2,82	2,56

Таблиця 2.14 –Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуски

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
Z_1	77,55	78,75	1,2	78,75		$78,75_{-1,2}$
Z_2	36,51	37,51	1,0	37,01		$37,01_{\pm 0,5}$
Z_3	26,46	27,3	0,84	26,88		$26,88_{\pm 0,42}$
B_1	76,2	76,32	0,12	76,32	$76,32_{-0,12}$	
B_2	19,74	20,26	0,52	20	$20_{\pm 0,26}$	
B_3	29,74	30,26	0,52	30	$30_{\pm 0,26}$	
B_4	29,75	3,125	0,25	3	$3_{\pm 0,125}$	
B_5	74,926	75	0,074	75	$75_{-0,074}$	
B_6	17,785	18,215	0,43	18	$18_{\pm 0,215}$	
B_7	2,975	3,125	0,25	3	$3_{\pm 0,125}$	

Отже визначено технологічні розміри при механічній обробці, припуски та розміри заготовки, на їх основі можна розробляти технологічний процес та усю документацію пов'язану із ним.

2.3.5. Розрахунок припусків

Визначення значень R_z і T проводимо відповідно до рекомендацій наведених в [14], враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні 600 мкм. При попередньому розточуванні приймаємо $R_z=T=50$ мкм, а на наступному переході відповідно 30 мкм, при чистовому розточуванні – $R_z=20$ мкм, $T=25$ мкм.

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

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta_{\kappa} d)^2 + (\Delta_{\kappa} l)^2} \text{ [мкм]} \quad (2.10)$$

де Δ_{κ} - питома кривизна заготовок, для литої заготовки складає 0,7

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(0.7 \cdot 48)^2 + (0.7 \cdot 27)^2} = 38,55 \text{ (мкм)};$$

$\rho_{\text{зм}}$ – відхилення за рахунок зміщення поверхні з якої знімається припуск, під час самої обробки, відносно технологічних баз, в даному випадкові розміру 73 (-0,01).

Для даної деталі відповідно сумарне значення просторових відхилень складатиме:

$$\rho = \sqrt{38.55^2 + 10^2} = 41,23 \text{ (мкм)}$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}, \text{ [мкм]} \quad (2.11)$$

де k – коефіцієнт уточнення форми [14].

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 41,23 = 2,5 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 52 = 0,099 \text{ (мкм)}.$$

Похибка установки при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \text{ [мкм]} \quad (2.12)$$

де ε_6 – похибка базування, що в даному випадкові рівна нулеві; ε_3 –

похибка закріплення, що при установці на площину з пневматичним затисканням складає 200 мкм. Відповідно похибка установки:

$$\varepsilon_1=200 \text{ (мкм)}$$

При повторному попередньому розточуванні похибка установки, внаслідок того, що переходи виконуються в одному пристосуванні складатиме:

$$\varepsilon_2=\varepsilon_1 \cdot 0,05=200 \cdot 0,05=10 \text{ (мкм)}$$

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

$$2Z_{imin}=2(R_{zi-1}+T_{i-1}+\sqrt{\rho_{i-1}^2+\varepsilon_i^2}) \text{ [мкм]} \quad (2.13)$$

Мінімальний припуск під розточування:

Попереднє розточування:

$$2Z_{1min}=2(600+\sqrt{41,23^2+200^2})=2 \cdot 554,2 \text{ (мкм)}$$

попереднє розточування:

$$2Z_{2min}=2(50+50+\sqrt{2,5^2+10^2})=2 \cdot 110,3 \text{ (мкм)}$$

остаточне розточування:

$$2Z_{2min}=2(30+30+0,09)=2 \cdot 60,1 \text{ (мкм)};$$

При остаточному розточуванні маємо отримати розмір вказаний на

кресленні:

$$d=35,039 \text{ (мм)}.$$

Наступні розміри отримуємо послідовним відніманням розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу. Таким чином отримуємо:

для попереднього розточування:

$$d_2=35,039-2\cdot0,0601=34,9188 \text{ (мм)};$$

для попереднього розточування:

$$d_3=34,9188-2\cdot0,1103=34,6982 \text{ (мм)};$$

для заготовки

$$d_4=34,6982-2\cdot0,5542=33,59 \text{ (мм)}$$

Значення допусків кожного переходу приймаються по таблицям відповідно до квалітету того чи іншого виду обробки:

Для чистового розточування відповідно для 7 квалітету допуск складає 39 мкм; для попереднього точіння для 9 і 10 квалітетів допуск відповідно рівний – 100 і 390 мкм та для заготовки допуск складає 3,6 мкм.

Максимальні граничні розміри отримуються по розрахунковим розмірам заокругленим до точності допуску відповідного переходу.

Мінімальні граничні розміри визначаються шляхом віднімання від найбільших граничних розмірів допусків відповідних переходів.

Тобто:

$$34,919-0,1=34,819 \text{ (мм)}$$

$$34,7 - 0,39 = 34,31 \text{ (мм)}$$

$$33,6 - 1,8 = 34,8 \text{ (мм)}$$

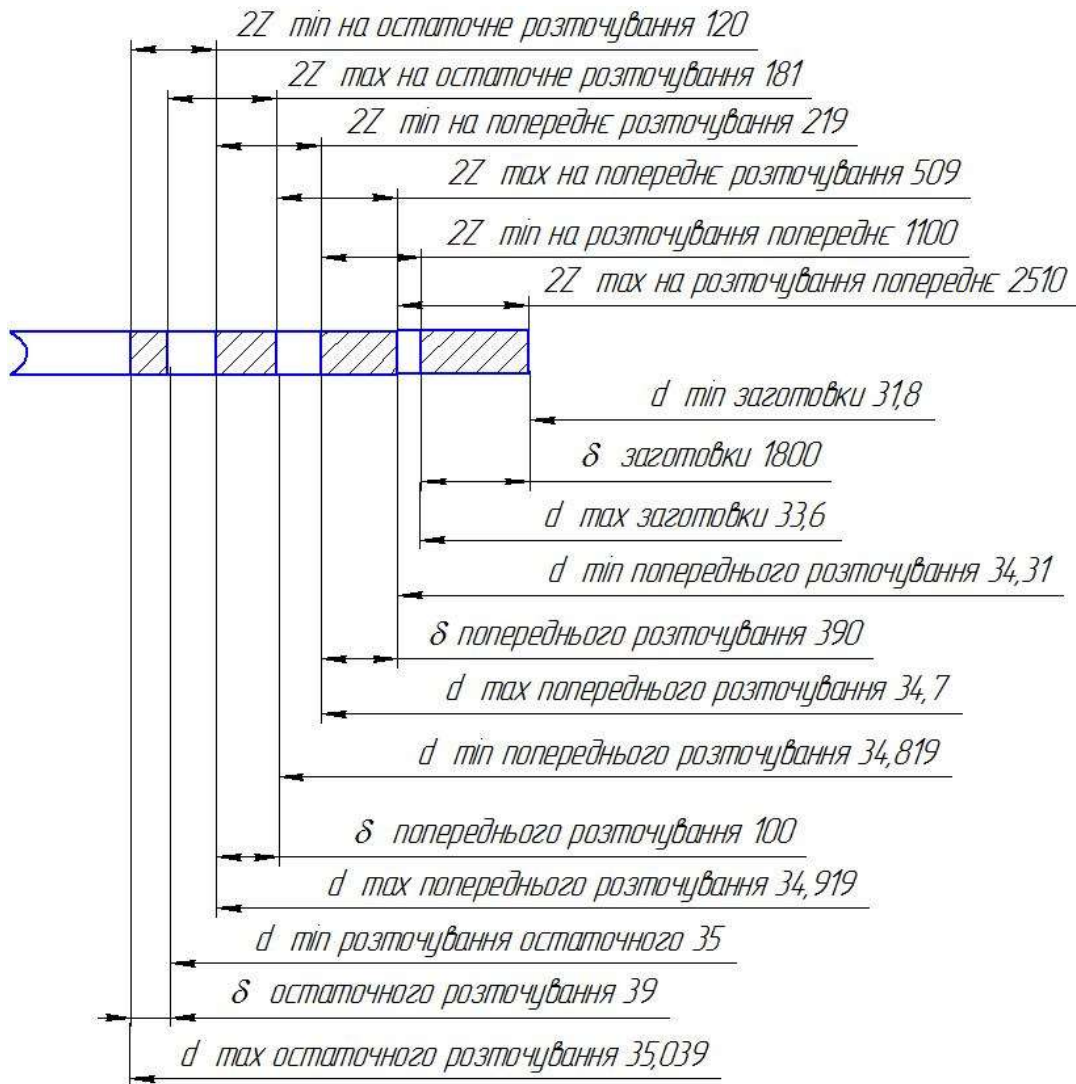


Рисунок 2.16– Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку отвору Ø35H7

Мінімальні граничні значення припусків $Z_{\min}$ рівні різниці найбільших граничних розмірів виконуваного і попереднього переходів, а максимальне значення $Z_{\max}$ – відповідно різниця найменших граничних розмірів.

Для остаточного розточування:

$$2Z_{\min 3} = 35,039 - 34,919 = 0,12 \text{ (мм)};$$

Таблиця 2.16 - Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам

Технологічні переходи обробки поверхні Ø35H7	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків	
	R _z	T	ρ	ε	2Z _{min}	d _p	δ	d _{min}	d _{max}	2Z _{min}	2Z _{max}
Заготовка	600		41,2		-	33,5897	1,8	31,8	33,6	—	—
Розточування попереднє	50	50	2,47	200	2·554	34,6982	0,39	34,31	34,7	1,1	2,51
Розточування попереднє	30	30	0,09	10	2·110	34,9188	0,1	34,819	34,919	0,219	0,509
Розточування остаточне	20	25	-	-	2·60	35,039	0,039	35	35,039	0,12	0,181
Загальний припуск										1,439	3,2

$$2Z_{\max 3}=35-34,819=0,181 \text{ (мм)};$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 2}=34,919-34,7=0,219 \text{ (мм)} ;$$

$$2Z_{\max 2}=34,819-34,31=0,509 \text{ (мм)} ;$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 1}=34,7-33,6=1,1 \text{ (мм)} ;$$

$$2Z_{\max 1}=34,31-31,8=2,51 \text{ (мм)}$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 2.16

Всі граничні розміри, допуски та припуски показані на схемі (рисунок 2.16)

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків: $2Z_{\max 3}$ -

$$2Z_{\min 3}=0,181-0,12=0,061 \text{ (мм)}$$

$$\delta_3-\delta_4=100-39=61 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 2}-2Z_{\min 2}=509-219=290 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_2-\delta_3=390-100=290 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 1}-2Z_{\min 1}=2510-1100=1410 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_1-\delta_2=1,8-0,39=1,41 \text{ (мм)}$$

Отже всі розрахунки виконанні вірно і не потребують уточнення.

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 3}-2Z_{\min 3}=360-300=60 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_3-\delta_4=100-40=60 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 2}-2Z_{\min 2}=670-520=150 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_2-\delta_3=250-100=150 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 1}-2Z_{\min 1}=3370-2620=750 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 1000 - 250 = 750 \text{ (мкм)}$$

Отже всі проведені розрахунки є правильними і не потребують уточнення.

Для інших циліндричних поверхонь припуски прийняті за таблицями і технологічні розміри занесено до таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 – Кількість ступеней механічної обробки

Розмір деталі	Припуск на механічну обробку, мм	Отримуваний розмір, мм
Ø30	1,2	Ø30
Ø40	1,2	Ø40
Ø8H7	3,5	Ø7
	0,3	Ø7,6
	0,2	Ø8
Ø9	0,5	Ø9

2.3.6. Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз та кріпильних отворів (два способи представити детально, а решту даних у вигляді таблиці)

Режими обробки деталі – найважливіший фактор протікання технологічного процесу. Режим різання металу містить такі основні елементи:

- глибину різання t , мм;
- подачу s , мм/об;
- швидкість різання v , м/хв (частота обертання шпинделя верстата n , об/хв, або число подвійних ходів n , подв. х/хв).

Елементи режимів різання повинні підібратися так, щоб досягти бажаної продуктивності праці при найменшій собівартості операції. Ця

вимога досягається використанням інструмента раціональної конструкції (правильно підібраний матеріал ріжучої частини, найвигідніша геометрія, достатня міцність і жорсткість), а також якщо верстат не обмежує його різальних властивостей. Таким чином. Режими різання встановлюються, виходячи з властивостей оброблюваної деталі, характеристики різального інструмента і верстата. Спочатку встановлюють глибину різання, потім подачу і в останню чергу – швидкість різання.

Приведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для свердління отворів.

Аналітичний розрахунок режимів різання для свердління отвору розпочинається із визначення глибини різання, яка рівна половині діаметру отвору, який свердлиться і в даному випадку складає 4,5 мм.

Подачу рекомендують приймати в межах від 0,36 до 0,57 мм/об при заданих умовах обробки. Приймаємо подачу рівною 0,5 мм/об.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m t^{x_v} S^{y_v}} K_v [\text{м/хв}] \quad (2.14)$$

де T - стійкість інструменту, 60 хв;

C_v, x_v, y_v, m, q_v – коефіцієнти і показники степені в формулі для розрахунку швидкості різання. Згідно з [13] вони рівні:

$$C_v=34,2; x_v=0; y_v=0,3; m=0,2, q_v=0.45.$$

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

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} \quad (2.15)$$

Всі складові відображають вплив певного фактора на швидкість різання:

K_{Mv} —якість оброблюваної поверхні, 1;

K_{uv} — матеріал ріжучої частини, 0,83 (P18);

K_{lv} —глибину отвору, що свердлиться, 0,85.

Отже загальний поправочний коефіцієнт:

$$K=1 \cdot 0,83 \cdot 0,85=0,7055$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{34,2 \cdot 18^{0,45}}{60^{0,2} 9^{0,5} 0,5^{0,3}} \cdot 0,7055 = 48,15 \text{ (м/хв.)}.$$

Круний момент при свердлінні розраховується за формулою:

$$M=C_m D^{q_m} S^{y_m} K_p \quad [\text{Н}] \quad (2.16)$$

де C_m , q_m , x_m , y_m — коефіцієнти і показники степені для розрахунку крутного моменту при свердлінні. Вони рівні:

$$C_m=0,012; q_m=2,2; x_m=0; y_m=0,8.$$

Коефіцієнт K_p рівен коефіцієнтові K_{mp} і рівен одиниці. З урахуванням цього крутний момент:

$$M = 0,012 \cdot 18^{2,2} \cdot 0,5^{0,8} \cdot 1 = 3,95 \text{ (Н·м)}$$

Осьова сила при свердлінні визначається за формулою:

$$P_o = C_p D^{q_p} S^{y_p} K_p \text{ (H)} \quad (2.17)$$

де C_p , q_p , x_p , y_p – коефіцієнти і показники степені для розрахунку осьової сили при свердлінні. Вони рівні:

$$C_p = 42; q_p = 1,2; x_p = 0; y_p = 0,75.$$

З урахуванням цього осьова сила:

$$P_o = 42 \cdot 18^{1,2} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 1 = 801,3 \text{ (H)}$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N = M \cdot n / 975 \quad (2.18)$$

де n – число обертів інструмента, що становить:

$$n = 1000 \cdot 48,15 / 3,14 \cdot 18 = 852 \text{ (об/хв.)}$$

Потужність:

$$N = 852 \cdot 3,951 / 975 = 3,45 \text{ (кВт)}$$

Таблиця 2.18 - Режими різання

Назва переходу, операції	Глибина різання, мм	Подача, мм/об	Швидкість різання, м/хв	Частота обертання шпинделя, об/хв	Потужність різання, кВт
1	2	3	4	5	
005 – Багатоцільова з ЧПК					
Фрезерувати торець 1	1,00	1,50	255,24	738,97	4,84
Розточити отвір 4 попередньо	0,18	0,40	23,74	315,71	0,06
Розточити отвір 4 попередньо	1,00	0,80	289,43	1152,20	3,36
Розточити отвір 4 остаточно	1,50	1,50	240,18	695,36	6,89
Розточити канавку 3	0,80	0,60	317,01	917,80	2,34
Центрувати отвори	0,15	0,25	485,47	1405,53	0,33
Свердлити отвір 9	1,00	1,50	255,24	738,97	4,84
Зенкерувати отвори	0,18	0,40	23,74	315,71	0,06
Свердлити 4 отвори 10	1,00	0,80	289,43	1152,20	3,36
Цекувати заглиблення в 4 отворах 11	1,50	1,50	240,18	695,36	6,89
Свердлити 4 отвори 12	0,80	0,60	317,01	917,80	2,34
Нарізати різь в 4 отворах 12	0,15	0,25	485,47	1405,53	0,33
Точити торець 1 , торець 2 та торець 3	1,00	0,80	289,43	485,14	3,36
Розточити попередньо отвір 6	0,50	1,50	283,21	474,70	2,64
Розточити попередньо отвір 9	1,50	0,40	312,85	1310,98	3,20
Розточити отвір 4	1,00	0,60	306,57	1284,67	2,84
Розточити канавку 8	0,25	1,50	314,24	1316,78	1,44
Розточити остаточно отвір 6	1,20	0,60	298,30	1250,01	3,33
010 – Багатоцільова з ЧПК					
Фрезерувати торець 1	1,00	1,50	255,24	738,97	4,84
Розточити отвір попередньо	0,18	0,40	23,74	315,71	0,06

Продовження таблиці 2.18

1	2	3	4	5	
Розточити отвір попередньо	1,00	0,80	289,43	1152,20	3,36
Розточити отвір остаточно	1,50	1,50	240,18	695,36	6,89
Розточити канавку	0,80	0,60	317,01	917,80	2,34
015 – Багатоцільова з ЧПК					
Фрезерувати торець 1	1,00	1,50	255,24	738,97	4,84
Розточити отвір попередньо	0,18	0,40	23,74	315,71	0,06
Розточити отвір попередньо	1,00	0,80	289,43	1152,20	3,36
Розточити отвір остаточно	1,50	1,50	240,18	695,36	6,89
Розточити канавку	0,80	0,60	317,01	917,80	2,34
020 – Багатоцільова з ЧПК					
Фрезерувати торець 1	1,00	1,50	255,24	738,97	4,84
Розточити отвір попередньо	0,18	0,40	23,74	315,71	0,06
Розточити отвір попередньо	1,00	0,80	289,43	1152,20	3,36
Розточити отвір остаточно	1,50	1,50	240,18	695,36	6,89
Розточити канавку	0,80	0,60	317,01	917,80	2,34

2.3.7. Визначення технічних норм часу для всіх операцій. Для однієї операції детально, решта у вигляді підсумкової таблиці

Нормування в машинобудуванні – це встановлення технічно обґрунтованих норм часу. Нормування технологічних процесів здійснюють для кожної операції. Технічною нормою часу називають час, необхідний для виконання технологічної операції в певних організаційно-технічних умовах конкретного виробництва. Розрізняють три методи нормування: технічного розрахунку за нормативами; порівняння і розрахунку за підвищеними типовими нормативами: встановлення норм на основі вивчення затрат робочого часу. При першому методі тривалість операції встановлюють розрахунком за мікроелементами на основі аналізу послідовності і змісту дій

робітника і верстата. При другому методі норму часу визначають наближено, за підвищеними типовими нормативами. При третьому методі норму часу встановлюють на основі хронометражу. Цей метод має особливе значення для вивчення і узагальнення передових прийомів праці. А також для розробки нормативів, необхідних для встановлення технічно обгрунтованих норм розрахунком.

Скористаємося першим методом розрахунку, при цьому врахуємо, що визначення норм часу для верстатів з ЧПК дещо відрізняється від загально прийнято для універсальних і спеціальних верстатів. Приведемо приклад розрахунку на операції 005.

Норма штучного часу згідно [23] визначається за формулою:

$$T_{\text{ш}} = (T_{\text{ц.а.}} + T_{\text{в}}) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}}}{100}\right) [\text{хв}] \quad (2.19)$$

де $T_{\text{в}}$ – допоміжний час, що складається із:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{вуст}} + T_{\text{воп}} + T_{\text{ввим}} [\text{хв}] \quad (2.20)$$

$T_{\text{вуст}}$ – допоміжний час на установку і зняття деталі, згідно довідника для даної операції складає 0,55 хв в трьохкулачковому патроні;

$T_{\text{воп}}$ – допоміжний час пов’язаний із операцією, включає в себе час на:

- встановлення заданого взаємного розташування деталі і інструмента по координатам – 0,32 хв;
- перевірку приходу інструмента в задану точку після обробки – 0,15 хв;
- встановлення і зняття щитка від забризгування емульсією – 0,03 хв.

$$T_{\text{воп}} = 0,15 + 0,32 + 0,03 = 0,5 (\text{хв.});$$

$T_{\text{ввим}}$ – допоміжний час на контрольні вимірювання, що складається в даному випадкові із чотирьох замірів штангенциркулем, одного заміру пробкою. В сумі час затрачений на вимірювальні операції складає:

$$T_{\text{ввим}} = 0,11 \cdot 4 + 0,2 = 0,64 \text{ (хв.)}$$

Час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця і особисті потреби приводяться в відсотках від оперативного часу і складають:

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}} = 9\% \quad (2.21)$$

$T_{\text{ц.а.}}$ – час на цикл роботи за програмою. Для того щоб визначити дану складову необхідно зобразити шлях за яким рухається інструмент, як показано на рисунку 2.14. За допомогою даної схеми складається таблиця переміщень інструменту (таблиця 2.23), в яку заносяться всі відстані які проходить інструмент за цикл своєї роботи і хвилинні подачі при цих переміщеннях, при цьому враховується що підводиться і відводиться інструмент на прискореній подачі.

На операції 005 виконується свердління отворів та нарізання різі. Для того, щоб визначити норми часу необхідно спочатку визначити довжину робочого ходу:

$$L_{\text{р.х.}} = l_0 + l_1 + l_2 + l_3 \text{ [мм]} \quad (2.22)$$

де l_0 – глибина отвору; l_1 – довжина підводу інструмента; l_2 – довжина врізання інструмента, l_3 – довжина перебігу інструмента.

При свердлінні отвору $\varnothing 9$ згідно[23]:

$$l_1 + l_2 + l_3 = 9,5 \text{ (мм)}$$

При свердлінні отвору $\varnothing 8$ згідно[13]:

$$l_1 + l_2 + l_3 = 10,5 \text{ (мм)}$$

При нарізанні різі M10 згідно[13]:

$$l_1 + l_2 + l_3 = 6 \text{ (мм)}$$

Враховуючи довжину отворів отримаємо довжину робочого ходу інструмента: 15; 15; 15 мм відповідно. Тоді основний час складатиме:

$$T_{o1} = 41,5 / 24,5 = 0,926 \text{ (хв.)};$$

$$T_{o2} = 80,5 / 213 = 0,377 \text{ (хв.)};$$

$$T_{o3} = 32 / 320 = 0,1 \text{ (хв.)}.$$

Допоміжний час, який складається із: часу на установку і зняття деталі, часу на вмикання і вимикання верстату, контрольні вимірювання, складає 1,11 хв.

Відповідно штучний час:

$$T_{шт} = (0,926 + 0,377 + 0,1 + 1,11) \cdot 1,08 = 3,24 \text{ (хв.)}.$$

Норми часу для всіх операцій наведено в таблиці 2.19

Таблиця 2.19 – Норми часу

Операції	Основний час, хв	Штучний час, хв
005	4,33	6,062
010	1,8	3,06
015	1,46	2,409
020	2,21	3,536

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

3.1 Розрахунок приведеної програми

Приведена програма може бути розрахована за формулою

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

де N_i – програма випуску по кожному з найменувань деталей, зібраних у групу, шт.; $K_{np.i}$ – коефіцієнт приведення по кожному з найменувань деталей, що зібрані у групу; n – кількість найменувань деталей, що зібрані в групу.

Загальний коефіцієнт приведення для розглядуваної деталі (виробу)

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

де K_1 – коефіцієнт приведення по масі;

K_2 – коефіцієнт приведення по серійності;

K_3 – коефіцієнт приведення по складності;

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

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

де m_i , $m_{p.np}$ – маси розглядуваної деталі, деталі розрахункового

представника, відповідно.

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

— корпуса 15.48

$$K_{1\phi} = \sqrt[3]{\left(\frac{3,8}{4,5}\right)^2} = 0.894;$$

Для визначення коефіцієнта K_2 скористаємося залежністю:

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

де N_{pn} і N_i - програма випуску відповідно деталі (виробу) - розрахункового представника і розглядуваної деталі (виробу);

α - показник степені ($\alpha = 0,15$ для об'єктів легкого і середнього машинобудування, $\alpha = 0,2$ для об'єктів важкого машинобудування).

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

— для корпуса 15.48

$$K_{2\phi} = \left(\frac{8500}{4200}\right)^{0,15} = 1.11;$$

K_3 — коефіцієнт, що враховує точність, шорсткість, складність конструкції деталі та конструктивні показники. Для технологічно подібних деталей визначається за формулами:

$$K_3 = K_{31} \cdot K_{32}, \quad (3.5)$$

де K_{31} - коефіцієнт, що враховує різницю в точності оброблюваних поверхонь деталей;

K_{32} - коефіцієнт, що враховує різницю в шорсткості оброблюваних поверхонь деталей.

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K_{Ti}}}{\overline{K_{T.p.np}}} \right)^{\alpha_1}, \quad (3.6)$$

$$K_{32} = \left(\frac{\overline{R_{ai}}}{\overline{R_{a.p.np}}} \right)^{\alpha_2}, \quad (3.7)$$

$\overline{K_{Ti}}$ і $\overline{K_{T.p.np}}$ - середні значення квалітету точності поверхонь деталі, що розглядається і деталі-розрахункового представника;

$\overline{R_{ai}}$ і $\overline{R_{a.p.np}}$ - середні значення параметра R_a шорсткості поверхонь деталі, що розглядається і деталі-розрахункового представника;

Таблиця 3.1 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма випуску
			по масі	по серійності	по складності	загальний	
корпус	8500	4,5	1,0	1,0	1,0	1,0	8500
Корпус 15.48	4200	3,8	0,899	1,11	0,86	0,854	3591
							12091

Знайдемо значення коефіцієнта K_3 для кожної деталі:
для корпусу 15.48

$$K_{3\phi} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 0,905 \cdot 0,95 = 0,86;$$

Значення коефіцієнта K_{np} для кожного виробу

$$K_{np\kappa 15} = 0,86 \cdot 1,11 \cdot 0,894 = 0,854;$$

На основі приведених вище розрахунків приведена програма становитиме

$$N_{np} = 8500 \cdot 1,0 + 4200 \cdot 0,854 = 12091 (\text{шт.})$$

3.2 Визначення кількості верстатів, коефіцієнтів завантаження та використання за основним часом

В умовах серійного виробництва обробку деталей ведуть партіями. При детальному проектуванні цехів та дільниць, кількість верстатів визначається по кожному типорозміру обладнання на основі даних про верстатомісткість ($T_{шт-к}$).

Необхідна кількість верстатів по кожній операції механічної обробки розрахункового представника (Ступиці):

$$C_p = \frac{T_{шт-к.р.нр} \cdot N_{np}}{F_o \cdot m \cdot 60}. \quad (3.8)$$

$$C_{005} = \frac{6,062 \cdot 12091}{3890 \cdot 60} = 0,598$$

$$C_{010-015-020} = \frac{(3,06 + 2,409 + 3,536) \cdot 12091}{3890 \cdot 60} = 0,889$$

Прийнята кількість обладнання на кожній операції механічної обробки складає:

$$C_{np005} = 1;$$

Середній коефіцієнт завантаження верстатів ділянки визначається відношенням сумарної розрахункової кількості верстатів C_p до сумарної прийнятої кількості:

$$\eta_{з.сер.} = \sum C_p / \sum C_{np}. \quad (3.9)$$

Коефіцієнт завантаження для верстатів на операції 005 складатиме:

$$\eta_3 = 0,598 / 1 = 0,598$$

Операцій 010-015-020:

$$- \quad \eta_3 = 0,889 / 1 = 0,889$$

—

Середній коефіцієнт завантаження верстатів ділянки визначається відношенням сумарної розрахункової кількості верстатів C_p до сумарної прийнятої кількості C_{np}

$$\eta_{з.сер.} = \sum C_p / \sum C_{np}. \quad (3.10)$$

$$- \quad \eta_{з.сер.} = (0,598 + 0,889) / 2 = 0,744$$

—

Коефіцієнт використання верстатів за основним (технологічним) часом η_o свідчить про частку основного (машинного часу) в загальному часі роботи верстата. Він визначається як відношення основного часу до штучного (для масового) або штучно-калькуляційного часу (для серійного, одиничного виробництва):

$$\eta_o = T_o / T_{шт}, \quad (3.11)$$

Коефіцієнт використання верстатів за основним (технологічним) часом для верстатів на операції 005 складатиме:

$$\eta_3 = 4,33 / 6,062 = 0,7143$$

Операції 015:

$$\eta_3 = (1,8 + 1,46 + 2,21) / (3,06 + 2,409 + 3,536) = 0,6074$$

Таблиця 3.2 – Кількість обладнання та коефіцієнти завантаження і використання верстатів за основним часом

№ операції	Назва операцій	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів $C_{\text{пр.шт.}}$	$\eta_{з.і}$	$\eta_{з.сер.}$	$\eta_{о.і}$	$\eta_{о.сер.}$
005	Багатоцільова з ЧПК	0,598	1	0,598	0,744	0,714	0,661
010-015-020	Багатоцільова з ЧПК	0,889	1	0,889		0,607	

Аналіз графіка завантаження обладнання свідчить про те, що верстати завантажені в достатній мірі, але верстат ЛТ260МФ3 може використовуватися для виготовлення інших деталей. Коефіцієнт завантаження за основним часом може бути підвищений за рахунок впровадження засобів механізації та автоматизації. Це дасть можливість в першу чергу скоротити допоміжний час, а також час технічного обслуговування. Відповідно доля основного часу в структурі штучно-калькуляційного зросте і підвищиться коефіцієнт використання за основним часом.

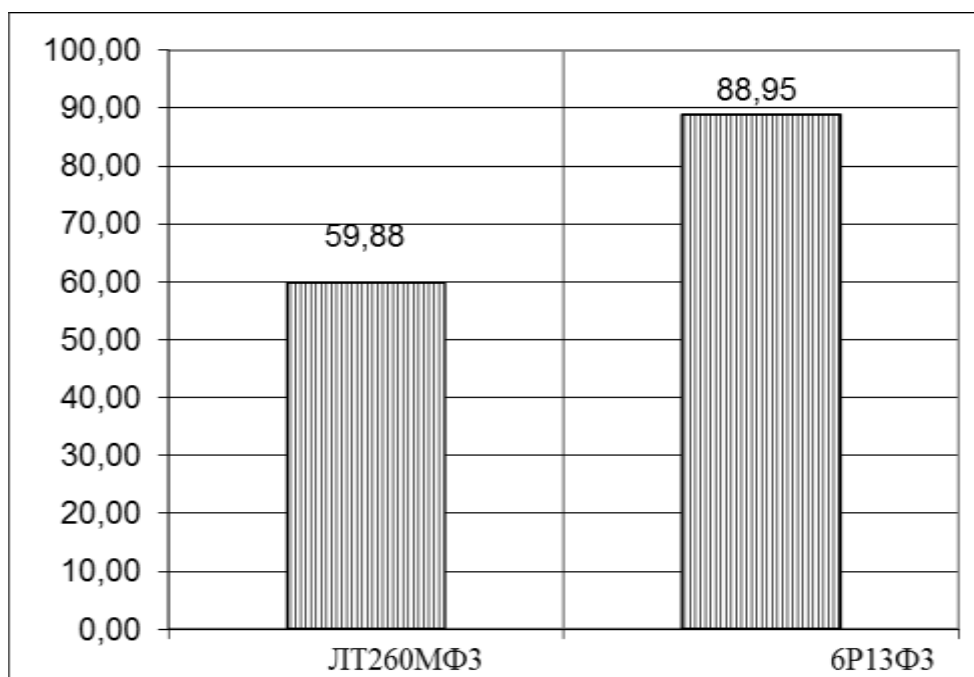


Рисунок 3.1 – Графік завантаження верстатів

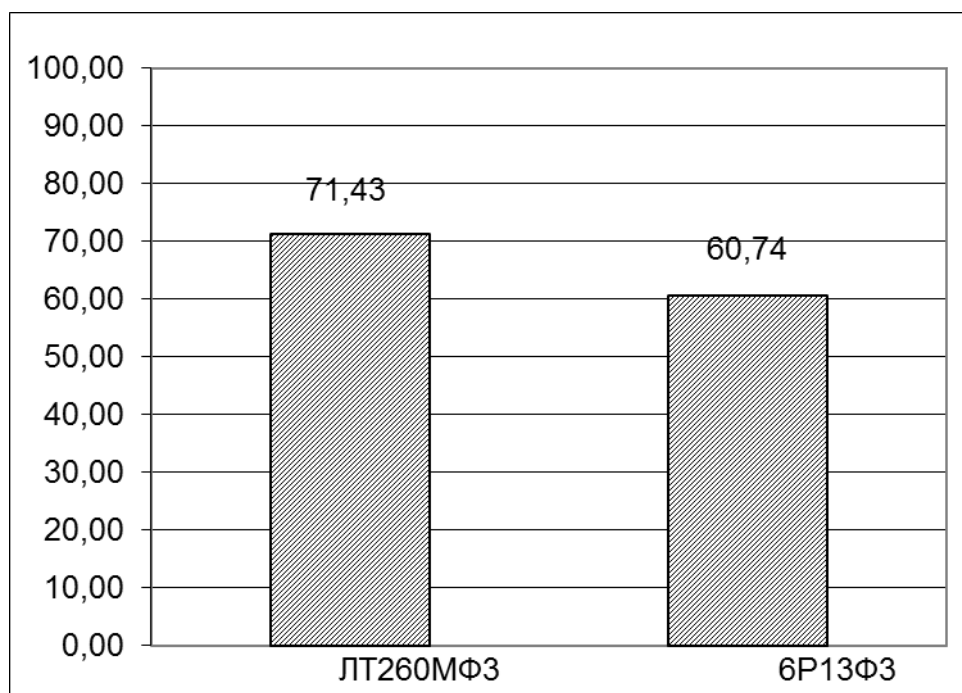


Рисунок 3.2 – Графік використання верстатів за основним часом

3.3 Розрахунок кількості працюючих на ділянці

До складу працюючих цеху (діляниці) входять:

- основні та допоміжні робітники;
- інженерно-технічні робітники (ІТР);
- службові;
- молодший обслуговуючий персонал (МОП).

До основних відносяться робітники, які безпосередньо виконують технологічні операції по виготовленню продукції.

Кількість основних робітників, зайнятих виконанням операцій технологічного процесу:

$$P_{005} = \frac{1 \cdot 2040 \cdot 0,598}{1840 \cdot 1} = 0,66$$

$$P_{010-015-020} = \frac{1 \cdot 2040 \cdot 0,899}{1840 \cdot 1} = 0,965$$

На основі зроблених розрахунків остаточно приймаємо кількість працюючих на кожній операції:

$$P_{005} = 1 \text{ чол. } P_{010-015-020} = 1 \text{ чол.}$$

Оскільки кількість допоміжних робітників становить 20...25% від основних, то приймаємо 1 чол. Так як для обслуговування ділянки необхідні послуги наладчика верстатів та контролер, який перевіряє точність виготовленої продукції, необхідно ввести ці посади. Зважаючи на те, що обслуговування ділянки не дає можливості повної зайнятості працівників, досить доречно поєднати обслуговування даної ділянки разом з іншими ділянками механообробного цеху.

Аналогічним чином призначаються інженерно-технічні працівники, службовці. Молодший обслуговуючий персонал призначається виходячи з нормативу 1 робітник на 500...600 м² площі.

Таблиця 3.3 – Відомість працюючих на ділянці

Працюючі (категорія)	Загальна кількість	Розподіл по професіям
Основні робітники	2	Оператор – 1
		Оператор – 1
Допоміжні працівники	1	Контролери – 0,1 ставки
		Наладчик – 0,1 ставки
Інженерно-технічні робітники	1	Технологи – 0,1 ставки
		Майстри – 0,1 ставки
Службовці	1	Бухгалтер – 0,02 ставки на ділянці
Молодший обслуговуючий персонал	1	Прибиральник – 0,1 ставки
Загальна кількість	6	2,52 ставки

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз умов праці

На дільниці технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус К.021» діють небезпечні та шкідливі фактори фізичної, хімічної та психологічної груп.

В процесі механічної обробки виділяється стружка, туман мінеральних мастил, ЗОР, які видаляються через вентиляційну систему. При цьому можливий вплив на робітників шкідливих і небезпечних факторів:

- підвищений вплив шуму;
- підвищений рівень вібрації;
- рухомі машини і механізми, рухомі частини верстатів;
- підвищена запиленість робочої зони;
- підвищена температура робочої зони;
- підвищена напруга в електричному колі, замикання якого може виникнути через тіло людини;
- гострі кромки, заусениці і шорсткість на поверхнях заготовок, інструмента, обладнання;
- недостатня освітленість робочої зони.

Хімічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

- токсичні;
- подразнюючі.

Ці фактори виникають внаслідок застосування у виробництві ЗОР для нормальної роботи ріжучого інструменту і можуть бути причиною хронічних та гострих отруєнь. Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори, що можуть бути на дільниці: фізичні перевантаження, монотонність роботи.

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

На робочому місці працівник зобов'язаний:

- повністю виконувати вимоги з охорони праці, пожежної безпеки, передбачені відповідними правилами, інструкціями, наказами, розпорядженнями;
- тримати в порядку і чистоті своє робоче місце, не порушувати санітарні правила у службових та загальних приміщеннях;
- утримуватись від дій, які заважають іншим працівникам виконувати свої обов'язки;
- дотримуватись дисципліни праці і виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку;
- дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я оточуючих людей в процесі виконання будь-яких робіт чи під час перебування на території підприємства;
- знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, правила поведінки з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, користуватися засобами колективного та індивідуального захисту;
- проходити у встановленому законодавством порядку попередні та періодичні медичні огляди.

4.1.2 Електробезпека

По способу захисту людини від уражень електричним струмом електричні вироби в цеху відповідають 2-му класу і відносяться до категорії з особливою небезпекою, зокрема струмопровідна підлога та агресивна атмосфера. Основний засіб захисту – занулення.

Корпуса апаратів, джерел живлення, а також установки і маніпулятори повинні бути заземлені; категорично забороняється використання контурів заземлення в якості оберненого дроту зварного ланцюга. Пристрої для перемикання і підключення електричних ланцюгів повинні бути захищені кожухами; номінальний струм плавких запобіжників не повинен перевищувати струм, вказаний в схемі. Працюючий повинен бути забезпечений окулярами

для захисту очей. Монтажні роботи і ремонт обладнання потрібно проводити тільки після вимкнення електричного струму.

До обслуговування електроустановок допускаються особи, які закінчили спец, курси та школи.

Захист від електричного струму. В електричних схемах обладнання передбачено блокуючий пристрій на випадок падіння або збільшення напруги. Режими різання - регламентовані, контроль за цим веде технолог цеху.

Конструкція обладнання повинна забезпечити виключення до регламентованих рівнів шуму, обладнання не повинно служити джерелом виділення в робочу зону виробничих приміщень шкідливих речовин (шуму, газів, парів) вище ГДК, а також великої кількості теплоти, вологи, які змінюють метеорологічні умови. Обладнання повинно мати засоби сигналізації про порушення нормального режиму роботи. Органи управління повинні забезпечити надійність пуску і швидкість зупинки, зручне використання, зусилля для переміщення повинне бути невелике.

4.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1. Мікроклімат

Показниками, які характеризують мікроклімат виробничих приміщень є температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря та інтенсивність теплового випромінювання. Мікроклімат на підприємстві вимірюють в виробничих приміщеннях, де знаходяться працівники на постійних і непостійних робочих місцях. Оптимальні показники мікроклімату розповсюджуються на всю робочу зону, допустимі - встановлюються диференціально для робочих місць. Згідно [1] на даній ділянці проводяться роботи категорії Пб - середньої важкості, пов'язані з постійним переміщенням і роботи, які не потребують переміщення ваги. В таблиці 1 наведені допустимі норми вологості температур, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні згідно [21].

Таблиця 4.1 – Допустимі норми температури, вологості і швидкості руху повітря в холодний і теплий період року

Період робіт	Категорія робіт	Температура, °С					Відносна вологість %		Швидкість руху повітря, м/хв	
		Оптимальна	Допустима				Оптимальна	Допустима на робочих місцях пост. і не пост. не більше	Оптимальна	Допустима на робочих місцях пост. і не пост. не більше
			В.М.	Н.М.	В.М.	Н.М.				
			На робочих місцях							
			постійні	не постійні	постійні	не постійні				
Холодний	26	18	21	23	15	13	70	75	0,2	Не більше 0,4
Теплий	26	21	27	29	16	15	65	При 26° С 70	0,3	0,2...0,5

Вимірювання показників мікроклімату необхідно проводити на початку, всередині і в кінці холодного та теплого періодів року. Інтенсивність теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь технологічного обладнання не повинна перевищувати 100 Вт/м при опроміненні не більше 25% поверхні тіла. Допустимі показники мікроклімату потрібно підтримувати.

В даному цеху внаслідок роботи інструменту та обладнання при більшості операцій механічної обробки виникає виробничий пил, який може викликати професійні захворювання. Крім захворювань запиленість викликає підвищення зношування поверхонь тертя. Головним засобом боротьби з пилом та шкідливими речовинами є вентиляція. В нашому цеху використовуємо природну та механічну вентиляцію. При природній вентиляції повітрообмін проходить за рахунок різниці температур повітря в приміщенні і зовні, а також в результаті дії швидкості повітря. В якості природної вентиляції використовуємо неорганізовану вентиляцію, при якій постування і видалення повітря проходить через нещільності і пори зовнішніх огорожень, через вікна. В якості механічної використовуємо приточно-витяжну вентиляцію, яка

забезпечує видалення шкідливих речовин і подачу в цех чистого повітря.

Системи опалення, вид і параметри теплоносія, а також типи нагрівальних пристроїв передбачаються з урахуванням теплової енергії навколишніх конструкцій у відповідності з характером і призначенням в приміщенні даного цеху передбачені система опалення, внутрішнього водопроводу, гарячого водопостачання, каналізації. Система опалення використовується з умови забезпечення температури повітря в приміщеннях в холодний і перехідний періоди року на рівні 16°C. Опалення - центральне, водяне і парове з радіаторами і ребристими трубами. Нагрівачі прилади встановлюються біля зовнішніх вікон.

4.2.2 Виробниче освітлення

При виконанні в приміщенні робіт Пв розряду слід приймати систему комбінованого освітлення $E=200$ лк [2].

Характеристика зорових робіт - дуже високої точності, найменший розмір об'єкту розрізнення від 0,15 мм до 0,3 мм. В таблиці 4.2 наведені нормативні значення КПО при природному і штучному освітленні згідно [22] для нашого цеху.

Таблиця 4.2 – Нормування освітленості

Характер зорової роботи	Найменший розмір об'єкту	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкту розріз-	Характер фону	Штучне,	Природне,
						лм	%
						Комбін.	Комбін.
Високо-	Більше 0,15	2	в	Середин.	Середин.	750	2,5
точн.	до 0,3						

При виконанні робіт Пв розряду слід приймати систему комбінованого освітлення $E=2000$ лк.

Отже, освітленість робочої зони дільниці відповідає нормам [22].

Таблиця 4.3 – Рівень освітленості

Лампи	Освітленість від загального освітлення в системі	
	Найбільша	Найменша
Газорозрядні	750	500

Для загального освітлення в системі комбінованого слід передбачити газорозрядні лампи, незалежно від типу джерела 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. Аварійне освітлення передбачається, якщо відключення робочого освітлення може викликати: порушення норм обслуговування обладнання, тривале порушення технічного процесу.

4.2.3 Виробничий шум

На дільниці має місце шум, джерелами якого є робота обладнання, інструменту, ударні процеси, що виникають внаслідок руху деталей із змінним прискоренням. Характеристикою шуму на робочих місцях являються рівні звукового тиску в дБ в октавних полосах. В таблиці 4.4 наведені допустимі рівні звукового тиску в октавних полосах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні на робочих місцях виробничих приміщень та на території підприємства згідно [3]. Для установок вентиляції, кондиціонування повітря та повітряного опалення допустимі рівні шуму необхідно приймати на 5дБ менше рівнів, указаних в табл. 4.4

Таблиця 4.4 –Допустимі рівні звукового тиску

Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньогеометричними частотами, Гц									рівні звуку і еквівалентні рівнів звуку, дБ(А)
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	80
107	95	87	82	78	75	73	71	69	

Дія шуму на людину може викликати різні загально біологічні подразнення, патологічні зміни, функціональний розлад. Довготривала дія інтенсивного шуму може призвести до патологічного стану слухового апарату, до його перевтоми і виникнення професійного захворювання. Шум викликає зміни серцево-судинної системи.

Заходи по зниженню шуму на нашій дільниці приводні двигуни розташовані в нішах станини, стінки яких покриті звукоізолюючими матеріалами.

4.2.4 Виробничі вібрації

Причиною виникнення вібрації на дільниці являються виникаючі при роботі машин і агрегатів невідновлені силові дії. Згідно [3] вибираємо категорію вібрації по санітарним нормам та критерій оцінки – 3 тип "а" - межа зниження продуктивності. Санітарні норми одно числових показників вібраційного навантаження до оператора для довго тривалості зміни 8 годин наведені в табл. 4.5

Методи захисту від вібрації.

Заходи, щодо захисту від дії вібрації поділяють на технічні, організаційні та лікувально-профілактичні. Також вони можуть бути розподілені як колективні та індивідуальні.

Таблиця 4.5 – Санітарні норми одночисельних показників вібраційного навантаження на оператора при тривалості зміни 8 год.

Вид вібрації	Категорія вібрації	Направлення дії	Нормативні, скоректовані по частоті і еквівалентні значення			
			віброприскорення		віброш вид кості	
			м/с ² ·10 ⁻²	дБ	м/с·10 ⁻²	дБ
Загальна	3 тип "а"	Z ₀ ,	0,1	100	0,2	92
Локальна		Y ₀ ,	2,0	125	2	112
		X ₀ ,				

До технічних заходів відносять:

– зменшення вібрації в джерелі її виникнення полягає у виборі таких кінематичних і технологічних схем, при яких процеси, що викликані ударами, різкими прискореннями виключаються (заміна кулачкових і кривошипних механізмів гідроприводами, штампування – пресуванням тощо);

– вібродемпфування зводиться до перетворення механічної коливальної енергії в теплову. Досягається за рахунок використання конструкційних матеріалів з великим внутрішнім тертям (пластмаси, гума), нанесенням на вібруючі поверхні шару пружнов'язких матеріалів (мастики, пінопласт, пластикат тощо);

– віброгасіння – вібруюче обладнання встановлюється на масивні фундаменти. Масу фундаменту підбирають таким чином, щоб амплітуда коливань підшви фундаменту не перевищувала 0,1...0,2 мм, а для особливо точного обладнання – 0,005 мм;

– віброізоляція полягає в зменшенні передачі коливань від джерела вібрації до об'єкту, що захищається. Це досягається введенням в систему пружного елемента (віброізолятори, амортизатори, пружні каретки тощо).

Пружні елементи, що вводяться в коливальну систему можуть бути:

пружинними; гумово-металевими; гумовими з ребристої або дірчастої гуми.

До організаційних заходів відносять:

- організаційно-технічні (своєчасний ремонт та обслуговування обладнання за технологічним регламентом, контроль вібрації, дистанційне керування вібронезбезпечним обладнанням);

- організаційно- режимні (режим праці та відпочинку, заборону залучення до вібраційних робіт осіб молодших 18 років, тощо);

Для профілактики віброзахворювання необхідний раціональний режим праці і відпочинку. Загальний час контакту з вібруючими машинами не повинен перевищувати $\frac{2}{3}$ тривалості робочого дня, включаючи перерви на 10 – 15 хв. на кожні 60 хв роботи. До робіт з вібруючими машинами та механізмами допускаються особи що досягли 18 років і пройшли медичне обстеження.

До лікувально-профілактичних заходів відносяться:

- медичний огляд (періодичний – 1 раз на рік);
- лікувальні процедури (фізіологічні процедури, вітаміно- та фітотерапія).

4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки

Категорія приміщень за пожежною і вибухонебезпекою [29] - "Д". Ступінь вогнестійкості - 2.

Це будівлі з несучими і відгороджувальними конструкціями з природніх та штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових та плитних негорючих матеріалів. В покриттях будівель допускається застосовувати незахищені сталеві конструкції.

При категорії "Д" ступені дії вогнестійкості 2 по [28] визначається допустима кількість поверхів, площа поверху у межах кожного відліку необмежена. Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до ближнього евакуаційного виходу із приміщення безпосередньо зовні.

Таблиця 4.6 – Мінімальна вогнестійкість окремих елементів

Ступінь вогнестійкості	Мінімальні межі вогнестійкості конструкцій, год. (над ризикою) максимальні межі розповсюдження вогню по ним, см							
	Стіни			Колони	Драбинні площадки	Плити, настили	Елементи покриття	
	несучі	самонесучі	Внутрішні несучі				Плити, прогони	Балки, ферми, арки
2	2/0	1/0	0,25/0	2/0	1/0	0,75/0	0,25/0	0,25/0

Таблиця 4.7 – Ступінь вогнестійкості будівлі

Категорія будівлі	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості	Площа поверху в межах пожежного відсіку, м
			одноповерхових
Д	6	IIIб	20000

Кількість евакуаційних виходів слід приймати не менше 2.

При проектуванні виробничого приміщення передбачаємо безпечну евакуацію людей на випадок виникнення пожежі у відповідності з [25]: висота від підлоги до низу виступаючих конструкцій повинна бути не менше 2,2 м, висота від підлоги до низу виступаючих частин комунікацій і обладнання в місцях регулярного знаходження людей і на шляхах евакуації - не менше 2 м.

Для запобігання пожеж в цеху необхідно провести ряд заходів з техніки безпеки, а саме:

- встановити пожежні оповісники;
- проводити своєчасні профілактичні огляди і випробування обладнання; оснащення ділянок засобами пожегасіння, встановити новий комплект пожежного щита, забезпечити вільний доступ до пожежного інвентарю.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській дипломній роботі розроблено маршрут механічної обробки для деталі корпус K021, в якому використовується обладнання із ЧПК.

Згідно розрахунку тип виробництва – дрібносерійний. Деталь не містить важкодоступних для обробки місць. До нетехнологічних елементів можна віднести тільки канавки в отворах. В результаті аналізу і виконаних розрахунків в якості заготовки обрано виливок в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші.

Визначивши кількість ступенів механічної обробки для кожної поверхні, та обравши технологічні бази спроектовано технологічний процес механічної обробки. При цьому технологічні розміри визначені за допомогою розмірного аналізу. Розраховано режими різання і норми часу на всі переходи та операції відповідно.

Крім того виконано попереднє проектування ділянки механічної обробки. Визначено приведену програму та згідно неї кількість верстатів – 2, що дозволяють обробити задану програму випуску. Верстати завантажені, середній коефіцієнт завантаження верстатів складає 66%.

В розділі охорона праці розраховано віброізоляцію робочої зони та розроблено заходи із пожежної безпеки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1.Дусанюк Ж.П.. Посібник до практичних занять з дисципліни "Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні" / Дусанюк Ж.П., Савуляк В.В., Репінський С.В., Сердюк О.В - Вінниця: ВНТУ, 2016. — 148 с
- 2.Комп'ютерна графіка: навч. посіб. / А. С. Василюк, Н. І. Мельникова; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2016. - 306 с.
- 3.Комп'ютерна графіка Solidworks : навч. посіб. / М. М. Козяр, Ю. В. Фещук, О. В. Парфенюк. - Херсон : Олді-Плюс, 2018. - 251 с.
4. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні./ Руденко П. О. — К. : Вища школа, 1993. — 414 с.
- 5.Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок / Боженко Л. І. — Львів : Світоч, 1996. — 348 с.
- 6.Руденко П. О. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин / П. О. Руденко, Ю. О. Харламов, О. Г. Шустик. — К. : ІСДО, 1993. — 304 с.
- 7.Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський, С. В. Дусанюк. — Вінниця : ВНТУ, 2009. — 199 с.
- 8.Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Гаряче об'ємне штампування : навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, І. О. Сивак, С. В. Дусанюк, С. В. Репінський. — Вінниця : ВНТУ, 2006. — 106 с.
- 9.Григурко І. О. Технологія машинобудування (дипломне проектування). Навчальний посібник / І. О. Григурко, М. Ф. Брендюля, С. М. Доценко. — Львів : «Новий світ 2000», 2007. — 768 с.
- 10.Дерібо О.В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навчальний посібник / О.В. Дерібо — Вінниця: ВНТУ, 2013. — 125 с.
11. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навчальний посібник / О. В. Дерібо Вінниця: ВНТУ, 2015. — 116 с.
12. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1: практикум / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський — Вінниця: ВНТУ, 2017. — 106 с.

13. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2: практикум / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. І. Сухоруков — Вінниця: ВНТУ, 2015. — 116 с.
14. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування: навчальний посібник. / О.В. Дерібо, Ж.П. Дусанюк, В.П. Пурдик — Вінниця: ВНТУ, 2012. — 122 с.
15. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навч. посіб. / В.О. Залога, В.Д. Гончаров, О.О. Залога. - Суми: СумДУ, 2013. - 371 с.
16. Інструменти з надтвердих матеріалів / Під ред. М.В. Новікова — Київ: ІНМ НАНУ, 2001. -528 с.
17. Теорія різання. Розрахунок режимів різання : практикум / Булига Ю. В., Веселовська Н. Р., Міськов В. П. — Вінниця : ВНТУ, 2019. — 67 с
18. Павленко П.М. Автоматизовані системи технологічної підготовки розширених виробництв. Методи побудови та управління: Монографія.— К.: Книжкове видавництво НАУ, 2005. — 280с.
19. Когут, М.С. Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні: Підручник [Текст] / М. С. Когут — Львів: Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 2000. — 352 с.
20. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/>
21. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/>
22. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
23. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
24. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumuultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4>

25. ДСНЗ.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>

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

Додатки

ДОДАТОК А
(обов'язковий)

Потокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових
запозичень

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус К.021»

Тип роботи: _____ БДР
(БДР, МКР)

Підрозділ _____ кафедра ТАМ
(кафедра, факультет)

1. Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 74,5 Схожість 25,5

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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

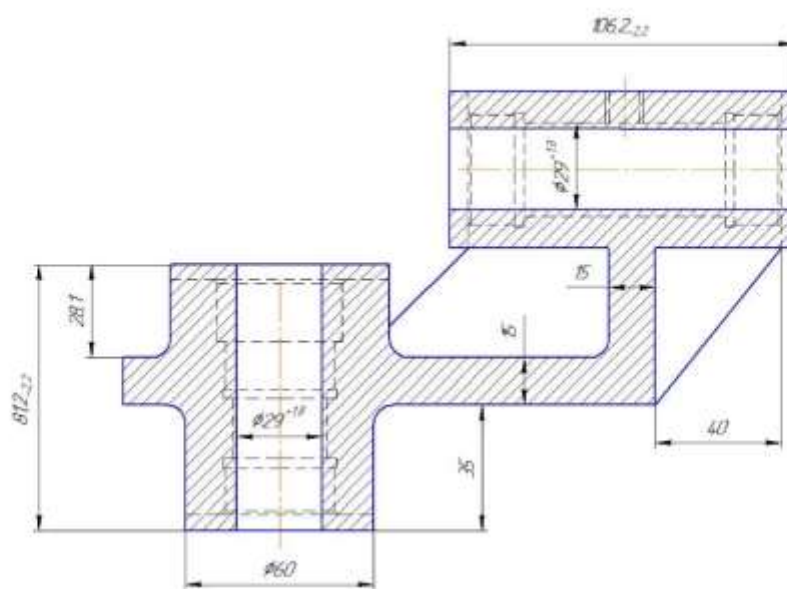
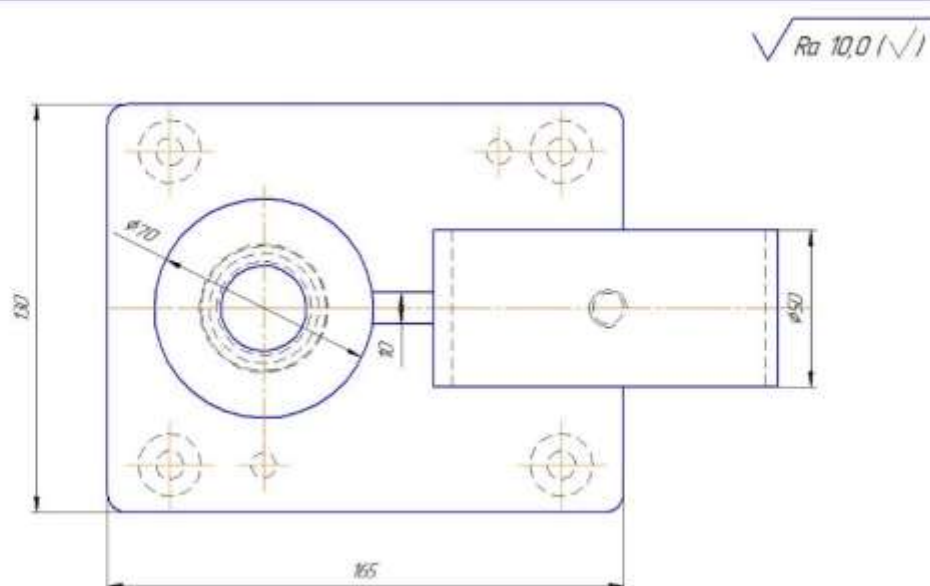
Особа, відповідальна за перевірку _____ Лозінський Д.О.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

Автор роботи _____ Тимошук А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Сердюк О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

ДОДАТОК Б
(обов'язковий).
Графічна частина



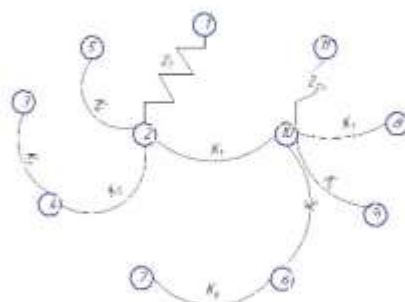
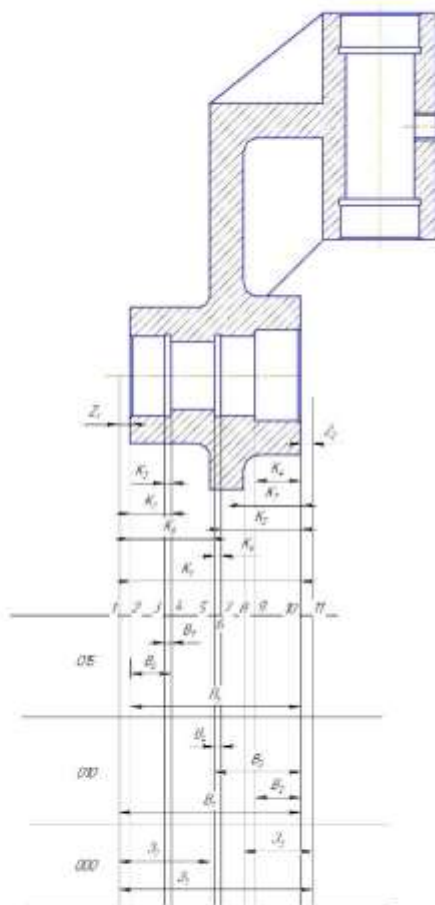
- 1 Класс точности разрядов 9 класс точности массы 9, ступень жидкоплотности элементов 9 ряд припусков на механическую обработку 6
- 2 Небольшие разряды допускаются R_k
- 3 На необработанных поверхностях допускаются раковины до 10мм и глубины не больше $0,5\text{мм}$
- 4 Небольшие разряды выключены более 1Нк , отбросы 1Нк , масса $\pm 1\text{г}$, ± 2 по ГОСТ 2534 7-82
- 5 Небольшие разряды более 1Нк , отбросы 1Нк , масса $\pm 1\text{г}$, ± 2 по ГОСТ 2534 7-82

[illegible]

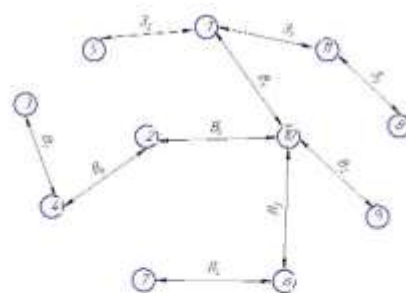
Маршрут механічної обробки

№	Описание детали	Эскиз детали на схеме установки	Материал детали
105	Балластуемая з 470 1 Вспомогательная заготовка, закрытая 2 Фрезерованная тарелка 1 в размер заготовки 3 Раздаточный отбор 2 в размер заготовки 4 Раздаточный отбор 2 поперечный в размер $\Phi 34,316 \pm 0,391$ 5 Раздаточный отбор 2 поперечный в размер $\Phi 34,819 \pm 0,8$ 6 Раздаточный отбор 2 поперечный в размер заготовки 7 Центрирующая тарелка 2 отбора 6 в размер заготовки 8 Раздаточный отбор 2 отбора 5 в размер заготовки 9 Раздаточный отбор 2 отбора 5 в размер заготовки 10 Раздаточный отбор 2 отбора 5 11 Раздаточный отбор 2 отбора 5 12 Раздаточный отбор 2 отбора 6 в размер заготовки 13 Раздаточный отбор 2 отбора 7 в размер $\Phi 71 \pm 0,51$ 14 Раздаточный отбор 2 отбора 7 в размер $\Phi 76 \pm 0,0581$ 15 Раздаточный отбор 2 отбора 7 в размер заготовки 16 Занесены детали	105 106	Балластуемая з 470 (17.26.01.02)
106	Балластуемая з 470 1 Вспомогательная заготовка, закрытая 2 Фрезерованная тарелка 1 в размер заготовки 3 Раздаточный отбор 2 поперечный в размер $\Phi 34,316 \pm 0,391$ 4 Раздаточный отбор 2 поперечный в размер $\Phi 34,819 \pm 0,8$ 5 Раздаточный отбор 2 поперечный в размер заготовки 6 Раздаточный отбор 2 поперечный в размер заготовки 7 Занесены детали	106 107	Балластуемая HAAS VF-2
107	Балластуемая з 470 1 Вспомогательная заготовка, закрытая 2 Фрезерованная тарелка 1 в размер заготовки 3 Раздаточный отбор 2 поперечный в размер $\Phi 34,316 \pm 0,391$ 4 Раздаточный отбор 2 поперечный в размер $\Phi 34,819 \pm 0,8$ 5 Раздаточный отбор 2 поперечный в размер заготовки 6 Раздаточный отбор 2 поперечный в размер заготовки 7 Занесены детали	107 108	Балластуемая HAAS VF-2
108	Балластуемая з 470 1 Вспомогательная заготовка, закрытая 2 Фрезерованная тарелка 1 в размер заготовки 3 Раздаточный отбор 2 поперечный в размер $\Phi 34,316 \pm 0,391$ 4 Раздаточный отбор 2 поперечный в размер $\Phi 34,819 \pm 0,8$ 5 Раздаточный отбор 2 поперечный в размер заготовки 6 Раздаточный отбор 2 поперечный в размер заготовки 7 Занесены детали	108 109	Балластуемая HAAS VF-2

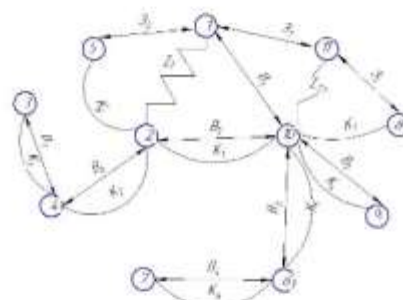
Розмірний аналіз технологічного процесу



Вихідне граф-дерево



Похідне граф-дерево



Суміщений граф

Таблиця 1 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

N _к п/п	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Ланка, що визначається
1	$-K_4 + B_2 = 0$	$K_4 = B_2$	B_2
2	$-K_5 + B_3 = 0$	$K_5 = B_3$	B_3
3	$-K_6 + B_4 = 0$	$K_6 = B_4$	B_4
4	$-K_1 - B_5 = 0$	$K_1 = B_5$	B_5
5	$-K_2 + B_6 = 0$	$K_2 = B_6$	B_6
6	$-K_3 + B_7 = 0$	$K_3 = B_7$	B_7
7	$B_2 - Z_1 - K_1 = 0$	$Z_1 = B_1 - K_1$	B_1
8	$Z_1 - B_1 - Z_2 = 0$	$Z_2 = B_1 - Z_1$	Z_1
9	$Z_1 - K_4 - Z_1 = 0$	$Z_1 = K_4 - Z_2$	Z_2
10	$Z_2 - K_7 - Z_2 = 0$	$Z_2 = K_7 - Z_3$	Z_3

Таблиця 2 – Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуск

Позначення розміру	Граничні значення розмірів Мінімальний розмір	Максимальний розмір	Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
1	2	3	4	5	6	7
Z_1	77,55	78,75	1,2	78,75		78,75 _{+1,2}
Z_2	36,51	37,51	1,0	37,01		37,01 _{+1,0}
Z_3	26,46	27,3	0,84	26,88		26,88 _{+0,84}
B_1	76,2	76,32	0,12	76,32	76,32 _{+0,12}	
B_2	19,74	20,26	0,52	20	20 _{+0,52}	
B_3	29,74	30,26	0,52	30	30 _{+0,52}	
B_4	29,75	3,125	0,25	3	3 _{+0,125}	
B_5	74,926	75	0,074	75	75 _{+0,074}	
B_6	17,785	18,215	0,43	18	18 _{+0,115}	
B_7	2,975	3,125	0,25	3	3 _{+0,125}	

Таблиця 3 – Припуски

Припуск	Z_1	Z_2
$Z_{min}, \text{мм}$	1,2	1,2
$Z_{max}, \text{мм}$	2,82	2,56

Розрахунок елементів дільниці механічної обробки

Таблиця 1 – Кількість обладнання та коефіцієнти завантаження і використання верстатів за основним часом

№ операції	Назва операцій	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів $C_{пр.шт.}$	$\eta_{эл}$	$\eta_{исп.}$	$\eta_{эл}$	$\eta_{исп.}$
005	Багатошпильова з ЧПК	0,598	1	0,598	0,744	0,714	0,661
010-015-020	Багатошпильова з ЧПК	0,889	1	0,889		0,607	

Таблиця 2 – Відомість працівників на дільниці

Працівники (категорія)	Загальна кількість	Розподіл по професіям
Основні робітники	2	Оператор – 1
Допоміжні працівники	1	Оператор – 1
Інженерно-технічні робітники	1	Контролери – 0,1 ставки
		Наладчики – 0,1 ставки
		Технологи – 0,1 ставки
		Майстри – 0,1 ставки
Службовці	1	Бухгалтер – 0,02 ставки на дільниці
Молодий обслуговуючий персонал	1	Прибиральник – 0,1 ставки
Загальна кількість	6	2,52 ставки

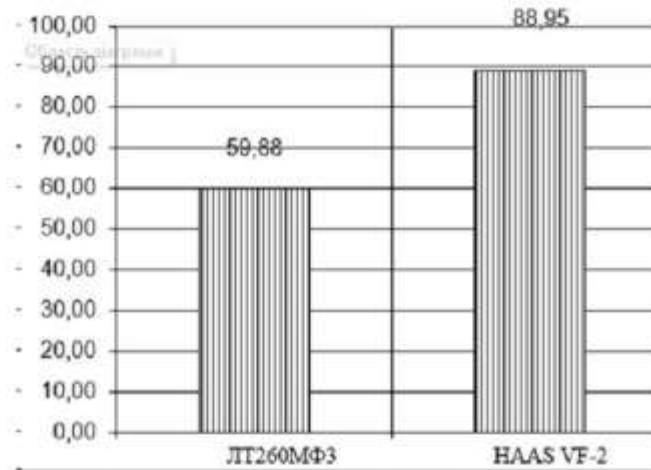


Рисунок 1 – Графік завантаження верстатів

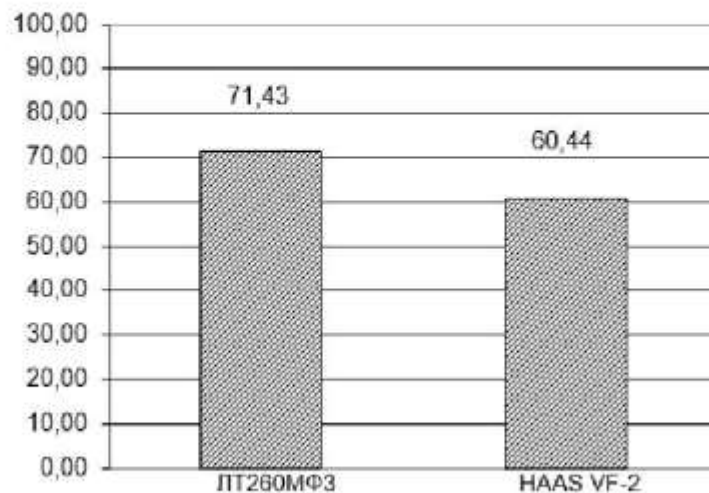


Рисунок 2 – Графік використання верстатів за основним часом

Перехід 5

[illegible]