

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

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

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему:
«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА П.02»

Виконав: студент 2 курсу, групи 1ПМ-23мс
спеціальності 131 – Прикладна механіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Юрій ПОЛХУН

(прізвище та ініціали)

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

Віктор САВУЛЯК

(прізвище та ініціали)

« 06 » 06 2025 р.

Рецензент: к.т.н., доц. каф. АТМ

Євген СМІРНОВ

(прізвище та ініціали)

« 12 » 06 2025 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри

« 14 » 06 2025 р.

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри 
д.т.н., професор Козлов Л.Г.
«11» 03 2025 р.

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

Поліхуну Юрію Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка П.02»

Керівник роботи Савуляк Віктор Валерійович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «20» 03 2025 року №97

2. Термін подання студентом роботи 16.06.25р.
3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі: Кришка П.02
Матеріал: Сталь 25Л ДСТУ 2651-2005, Програма випуску: 8000 шт.
4. Зміст текстової частини
вступ, анотації, визначення типу виробництва і форми організації роботи;
аналіз конструкції і технологічності деталі;
вибір способу виготовлення заготовки;
розробка маршруту механічної обробки;
розрахунок елементів ділянки механічної обробки;
охорона праці; список використаних джерел
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
робоче креслення деталі;
робоче креслення заготовки;
маршрут механічної обробки деталі;
розмірний аналіз технологічного процесу;
карта налагоджень

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Віктор САВУЛЯК, доцент кафедри ТАМ	14.03.25р	06.06.25р
Охорона праці	Олександр ПОЛЩУК, доцент кафедри БЖД ПБ	27.05.25р	06.06.25р

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	11.03.25р	20.03.25р	Вик.
	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	23.04.25р	26.04.25р	Вик.
	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	27.05.25р	29.05.25р	Вик.
	Виконання розділу «Охорона праці»	27.05.25р	06.06.25р	Вик.
	Перевірка на антиплагіат	06.06.25р	07.06.25р	Вик.
	Нормоконтроль БДР	06.06.25р	07.06.25р	Вик.
	Попередній захист БДР	10.06.25р	11.06.25р	Вик.
	Рецензування БДР	11.06.25р	12.06.25р	Вик.
	Захист БДР	18.06.25р.	21.06.25р.	Вик.

Студент

Юрій ПОЛІХУН

Керівник роботи

Віктор САВУЛЯК

Анотація

В бакалаврській дипломній роботі спроектовано технологічний процес механічної обробки деталі типу “ Кришка П.02”.

В роботі виконаний аналіз технологічності конструкції деталі, вибраний метод отримання заготовки з урахуванням техніко-економічного порівняння варіантів, проведені розрахунки припусків на обробку, спроектований технологічний процес, виконано розмірний аналіз технологічного процесу.

Проведені розрахунки окремих елементів дільниці механічної обробки, а саме визначено приведену програму, розраховано кількість верстатів та робітників на дільниці.

У графічній частині представлено робочі креслення деталі, заготовки, графічне зображення маршруту механічної обробки деталі та схеми з таблицями, що пояснюють розмірний аналіз технологічного процесу.

Abstract

In bachelor diploma work the technological process of machining detail of the type "Front Cover P.02" is projected.

The analysis of manufacturability of construction of detail is executed in work, the method of receipt of purveyance is chosen taking into account feasibility comparison of variants, the calculations of admittances are conducted on treatment, a technological process is projected, the size analysis of technological process is executed.

The calculations of separate elements of area of tooling are conducted, namely the certainly resulted program, the amount of machine-tools and workers is expected on an area.

In graphic part the workings drawings of detail, purveyance, graphic image of route of tooling of detail and chart are presented with tables which explain the size analysis of technological process.

ВСТУП

Проектування технологічного процесу механічної обробки деталей машин є одним із ключових та відповідальних етапів у виробництві продукції машинобудівної галузі. Сучасний розвиток технологій у сфері механічної обробки супроводжується істотними змінами. Зокрема, спостерігається активне впровадження інструментів із новітніх матеріалів, розширюється застосування верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), а також зростає популярність роботизованих комплексів із керуванням від ЕОМ. Усе це сприяє підвищенню точності обробки як з точки зору розмірів, так і геометрії, дозволяє зменшити витрати часу на виробництво та знижує собівартість готової продукції.

Правильно спроектований технологічний процес, заснований на сучасних підходах і технічних рішеннях, є запорукою виготовлення продукції високої якості з одночасним досягненням високої продуктивності праці й оптимізації витрат. Важливу роль у цьому відіграє автоматизація, яка не тільки підвищує ефективність, але й полегшує працю робітників, роблячи її менш фізично виснажливою та більш результативною.

Метою даної бакалаврської роботи є розробка технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Кришка П.02». Для досягнення цієї мети необхідно вирішити низку завдань, зокрема:

- визначити тип виробництва та оптимальну форму організації робіт;
- на підставі робочого креслення виконати детальний якісний і кількісний аналіз конструкції деталі з погляду її технологічності;
- вибрати доцільний метод виготовлення заготовки та обґрунтувати його економічну ефективність;
- обрати методи обробки окремих поверхонь деталі;
- обґрунтувати вибір чорнових і чистових технологічних баз;
- побудувати маршрут обробки в межах механічного цеху;
- виконати розмірний аналіз технологічного процесу;
- аналітично розрахувати припуски на обробку поверхонь;
- визначити режими різання для окремих операцій;
- провести нормування всіх операцій технологічного процесу;
- встановити приведену виробничу програму;
- розрахувати необхідну кількість обладнання та чисельність персоналу для забезпечення повного циклу обробки деталі.

Очікується, що застосування верстатів з числовим програмним керуванням сприятиме суттєвому скороченню часу виготовлення деталі «Кришка П.02», яка є складовою частиною гідроциліндра. Оскільки ця деталь належить до типових і виготовляється у декількох типорозмірах, її виробництво доцільно планувати на основі приведеної програми. Це дозволить оптимально розрахувати завантаження обладнання й оцінити ефективність використання ресурсів.

1 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА І ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій [1]:

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

де $\sum O_i$ – кількість операцій, які виконуються на дільниці; $\sum P_i$ – кількість робочих місць на дільниці.

Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі “ Кришка П.02” і занесені до таблиці 1.1, це точіння циліндричних поверхонь $\varnothing 45H8$ і $\varnothing 32H8$, фрезерування лиски 68, підрізання торців $\varnothing 180$, свердління отворів $\varnothing 14$.

Для обраних переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки $T_{осн}$ за [4]. Штучно-калькуляційний час визначався за формулою:

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

де φ_K – коефіцієнт.

Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів:

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

де $N = 8000$ шт. – річна програма випуску деталі “ Кришка П.02”; $T_{шт.к.}$ – штучно-калькуляційний час, хв; F_d – дійсний фонд роботи обладнання ($F_d = 2040$ год); $\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_{з.н.} = 0,8$).

Наприклад при розточуванні попередньому та остаточному отвору $\varnothing 76$ отримаємо:

$$C_{pi} = \frac{8000 \cdot 0.27}{60 \cdot 2040 \cdot 0.8} = 0.022 \text{ (шт.)}$$

Одержану розрахункову кількість верстатів заокруглено до найближчого більшого числа і одержано прийняту кількість верстатів P (по одному верстату на кожне робоче місце).

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.

Кількість операцій, які виконуються на i -му місці визначаються:

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

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

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

$$\sum O_i = 35,8 + 44,3 + 10,06 + 15,3 + 8,8 = 114,36$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів $\sum P = 5$. Відповідно коефіцієнт закріплення $K_{з.о.}$:

$$K_{з.о.} = 114,36 / 5 = 22,87$$

Згідно отриманого значення – виробництво відноситься до середньосерійного. Необхідний добовий випуск продукції визначається:

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

де 254 кількість робочих днів в році;

Розрахункова добова продуктивність лінії Q_d .

$$Q_d = \frac{952}{T_{шт-к.сер} \cdot \eta}, \text{ [шт.]} \quad (1.7)$$

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

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

Середній штучно-калькуляційний час становитиме

$$T_{шт-к.i} = (0,27 + 0,22 + 0,97 + 0,64 + 1,11) / 5 = 0,64 \text{ (хв.)}$$

Таблиця 1.1 - Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

№ п/п	Зміст технологічних переходів	$T_{\text{осн, хв}}$	Φ_k	$T_{\text{шт.к., хв}}$	C_p	P	$\eta_{\text{з.ф.}}$	O	$K_{\text{з.о.}}$
1	Розточування поверхні Ø45H8	0,208	1,3	0,27	0,023	1	0,023	35,8	22,87
2	Розточування поверхні Ø32H8	0,172	1,3	0,22	0,019	1	0,019	44,3	
3	Фрезерування лиски 68	0,67	1,4	0,97	0,08	1	0,08	10,06	
4	Точіння поверхні Ø180	0,49	1,3	0,64	0,051	1	0,051	15,3	
5	Свердління 3 отворів Ø14	0,82	1,35	1,11	0,09	1	0,09	8,8	
6	Всього	2,39		3,22		5		114,36	

Добова продуктивність лінії:

$$Q_d = \frac{952}{0.64 \cdot 0.8} = 1847 \text{ (шт.)}$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_d = \frac{8000}{254} = 32 \text{ (шт.)}$$

Оскільки потрібний добовий випуск виробів значно менший добової продуктивності лінії, то відповідно обираємо групову форму організації роботи.

Кількість деталей в групі для одночасного періодичного запуску

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

де a – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (4 дні).

$$n = \frac{8000 \cdot 4}{254} = 126 \text{ (шт.)}$$

Отже тип виробництва – середньосерійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в групі для запуску – 126 шт.

2 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ І ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛІ

2.1 Якісний аналіз деталі [2]

Деталь «Кришка П.02» відноситься до класу дисків та складається із ряду циліндричних поверхонь різної точності, зокрема: $\varnothing 32H8$, $\varnothing 45H8$, $\varnothing 95h9$, $\varnothing 100h9$, $\varnothing 105h9$. Зображення деталі наведено на рисунку 2.1.

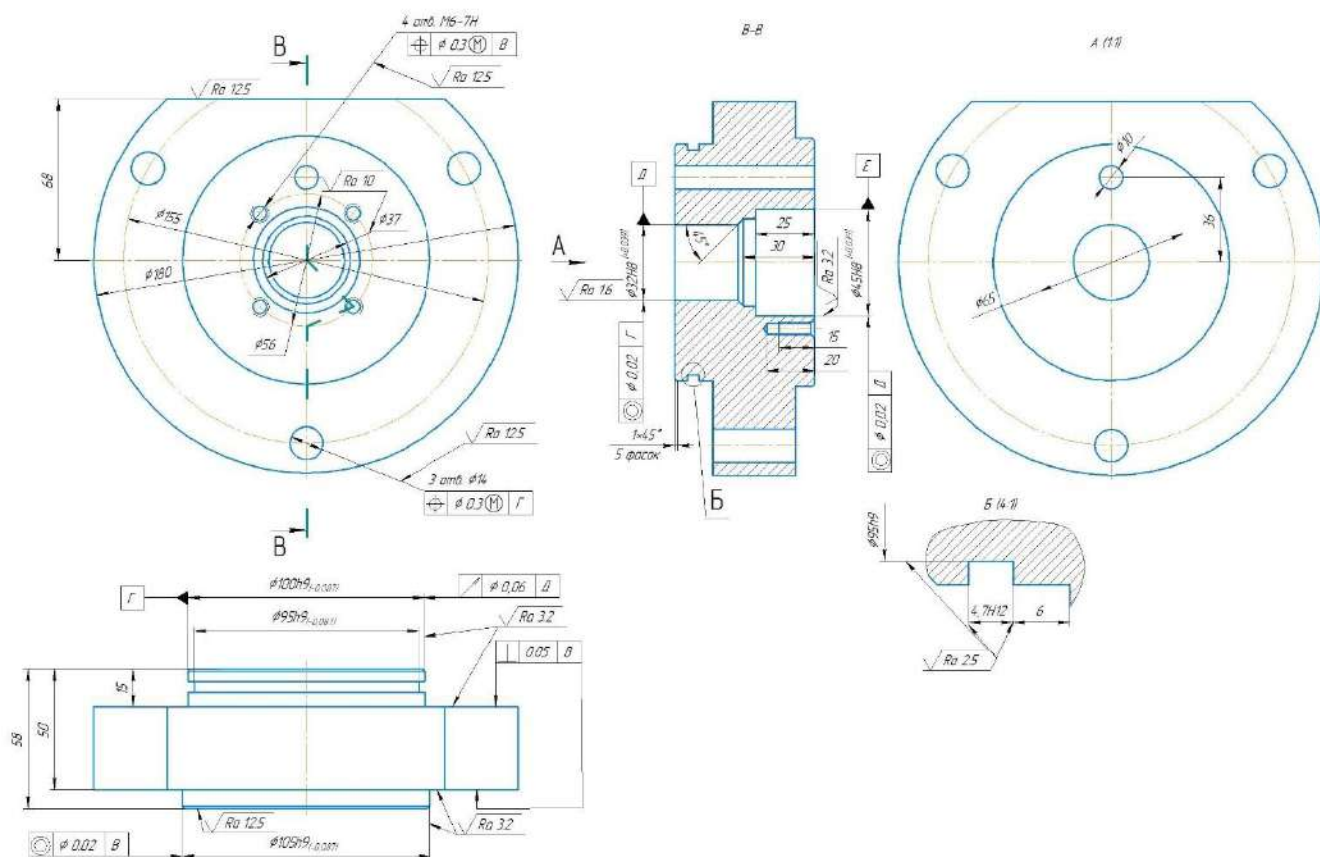


Рисунок 2.1 – Деталь “Кришка П.02”

Деталь виготовляється в умовах середньосерійного виробництва з матеріалу Сталь 25Л. Заготовка може отримуватись литтям (даний матеріал призначений для лиття, на що вказує літера "Л" в маркуванні), що дає змогу отримати максимально наближену конфігурацію деталі. В якості матеріалу аналогу та альтернативного способу отримання заготовки можна розглядати заготовку з кругляка відповідного сортаменту.

Необхідні параметри точності та шорсткості поверхонь можуть бути досягнуті шляхом виконання стандартних токарних, фрезерних і свердлильних операцій на обладнанні з числовим програмним управлінням (ЧПК) звичайної або підвищеної точності.

У ролі базових поверхонь можуть використовуватися розвинуті циліндричні ділянки, а також зовнішні торці.

Ретельний аналіз робочого креслення дозволяє встановити, що основною конструкційною базою виступають циліндрична поверхня $\varnothing 100h9$ і торець 15, який прилягає до неї.

Серед допоміжних баз можна виділити торець 50, діаметри $\varnothing 105h9$, $\varnothing 32H8$, $\varnothing 45H8$, а також чотири різьбові отвори М6–7Н.

Поверхні, які не беруть участі в базуванні, — це, зокрема, зовнішній діаметр $\varnothing 180$, фаски, внутрішній отвір $\varnothing 37$ та його лівий торець 30.

Конструкція деталі вважається технологічною, оскільки вона не містить значних ускладнень для обробки. До менш технологічних елементів можна віднести лише глухі отвори з різьбою М6. У цілому, деталь має сприятливі поверхні для забезпечення базування та виконання основних етапів механічної обробки.

Усі передбачені розміри доступні для безпосереднього контролю, перешкод до виконання вимірювань немає.

Таким чином, за якісними ознаками, деталь є технологічною та її конструкція не потребує змін.

2.2 Кількісний аналіз технологічності деталі [2, 3]

Кількісно технологічність деталі будемо оцінювати за допомогою трьох показників.

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою:

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

де Q_{ye} — кількість уніфікованих елементів (таблиця 2.1);

Q_e — загальна кількість елементів.

$$K_y = 51/53 = 0,96 > 0,6.$$

Отже, за даним показником деталь є технологічною.

Таблиця 2.1 – Лінійні, діаметральні, різьбові розміри

Лінійні розміри		Діаметральні розміри		Шорсткість	Різь
15 (4 отв.)*	58	$\varnothing 180^*$	$\varnothing 100^*$	12,5 (14)*	М6 (4 отв.)*
20(4 отв.)*	50*	$\varnothing 155$	$\varnothing 95^*$	3,2 (5)*	
6*	15*	$\varnothing 56^*$	$\varnothing 45^*$	1,6 (2)*	
4,7	25*	$\varnothing 14(3 отв.)*$	$\varnothing 105^*$		
36*	30*	$\varnothing 10^*$	$\varnothing 32^*$		
$\Sigma_{\text{заг.}} = 16$		$\Sigma_{\text{заг.}} = 12$		$\Sigma_{\text{заг.}} = 21$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 4$
$\Sigma_{\text{уніф.}} = 15$		$\Sigma_{\text{уніф.}} = 11$		$\Sigma_{\text{уніф.}} = 21$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 4$

Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою:

$$K_{\text{ш}} = 1 / \text{Ш}_{\text{сер}}; \quad (2.2)$$

$$\text{Ш}_{\text{сер}} = \frac{\sum \text{Ш}_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.3)$$

де Ш_i – шорсткість i -ої поверхні;

n_i – кількість поверхонь з шорсткістю Ш_i . Всі дані для розрахунку коефіцієнта шорсткості наведені в таблиці 2.2.

Відповідно до наведених даних отримаємо:

$$\text{Ш}_c = 194,2 / 21 = 9,25$$

$$K_{\text{ш}} = 1 / 9,25 = 0,11 < 0,32.$$

Отже, за даним показником деталь є також технологічною.

Таблиця 2.2 – Коефіцієнт шорсткості

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6	2	$1,6 \cdot 2 = 3,2$
3,2	5	$3,2 \cdot 5 = 16$
12,5	14	$12,5 \cdot 14 = 175$
Всього:	21	194,2

Коефіцієнт точності визначається (таблиця 2.3):

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_c} \quad (2.4)$$

$$T_c = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.5)$$

де T_i – квалітет точності i -го розміру;

n_i – кількість розмірів з квалітетом T_i .

Таблиця 2.3 – Коефіцієнт точності

Квалітет	Кількість розмірів	Розрахунок
8	2	$8 \cdot 2 = 16$
9	3	$9 \cdot 3 = 27$
12	2	$12 \cdot 2 = 24$
14	14	$14 \cdot 14 = 196$
Всього	21	263

Відповідно отримаємо:

$$T_c = 263 / 21 = 12,52$$

$$K_T = 1 - 1 / 12,55 = 0,92$$

За даним показником деталь є також технологічною. Отже, деталь в цілому технологічна за якісними і кількісними показниками.

3 ВИБІР СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

3.1. Якісний аналіз способів виготовлення заготовок

В попередніх розділах встановлено тип виробництва – середньосерійне. В якості можливих способів виготовлення заготовки попередньо обрано лиття (відповідає характеристикам матеріалу), а в якості альтернативного способу – виготовлення з прокату.

Можливі способи одержання заготовки литтям – це лиття в піщано-глинисті форми, лиття в кокіль, відцентрове лиття та відцентрове лиття, так як матеріал деталі Сталь 25Л ДСТУ 2651-2005. В якості матеріала замітника можна використати Сталь 25, що володіє дещо гіршими ливарними властивостями, проте існує гарячекатаний прокат кругляк з сортаментом відповідно до ДСТУ 2651-94, який можна використовувати у якості заготовки.

Для більш чіткої характеристики використаємо таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Кількісна характеристика способів лиття

Спосіб лиття	Тип виробництва	Матеріал виливки	Маса виливки	Товщина стінок, мм	Досягнення точності розмірів, квалітет	Шорсткість поверхні	Коеф. використання матеріалу заготовки
В піщано-глинисті форми	Одиничне, серійне	Сірий чавун, ковкий чавун, сталь	10...1000	>3	14...17	320...80	0,55...0,7
В облицьований кокіль	Серійне	Сталь, чавун, кольорові метали	0,1...50	>3	12..15	80..20	0,71..0,75
В оболонкові форми	Серійне, масове	Чавун, вуглецева і легована сталь, кольорові метали	0,1..80	2...4	12...15	160...20	0,85...0,9
Відцентрове лиття	Серійне, масове	Сірий чавун, сталь, мідні сплави	0,3...3000	4	13...15	80...20	0,7...0,8

Таблиця 3.2 – Якісна характеристика способів лиття

Спосіб лиття	Суть способу	Переваги	Недоліки
В піщано-глинисті форми	Для кожного виливка виготовляється модель з елементами ливникових систем із дерева або металу. В роз'ємні опоки засипається формувальна суміш, в яку далі встановлюється модель. Потім модель виймають, опоки з'єднують між собою і заливають метал.	Можливість отримання заготовок будь-якого розміру та конфігурації. Мінімальні затрати на виготовлення заготовок. Можливість механізації та автоматизації процесу.	Тривалий і трудомісткий спосіб лиття, низька точність та велика шорсткість отриманих виливків.
В кокіль	На робочу поверхню металевої форми наноситься формувальна (облицювальна) суміш, яка забезпечує більш повільне охолодження металу при контакті з формою. Розплавлений метал заливається в багаторазову форму, остигає і кристалізується. Після застигання виливок виймається.	Мала трудомісткість, короткий цикл виготовлення, можливість механізації та автоматизації процесу. Точність 12 – 15 квалітету. Шорсткість 120 – 80 мкм	Обмежена по формі виливків, масі та розмірах, можливість виникнення ливарних дефектів (раковин, пустот) внаслідок швидкого охолодження металу.
В оболонкові форми	Виготовляють дві напівформи товщиною 6-20 мм із формувальної суміші, що складається із піску та органічних зв'язуючих - термореактивних смол. Після зборки оболонкові форми поміщують в нероз'ємні опоки, які засипаються піском і дробом. Розплавлений метал заливають у форму. Після застигання виливок вибивають з форми і направляють на наступну обробку.	Процес виготовлення може бути повністю механізований. Зменшення об'єму формуючої суміші в 10-20 разів. Зменшення об'ємних і очисних робіт на 50%. Шорсткість $R_z = 20...10$ мкм	Висока вартість зв'язуючої речовини. Формоутворення проводиться за допомогою більш дорогого металевого модельного оснащення.
Відцентрове лиття	При цьому способі метал повністю покриває стінки форми за рахунок дії відцентрових сил. При цьому неметалеві домішки, зосереджуються на внутрішній поверхні виливка. Потім виливок охолоджують. Після застигання виливок виймають із форми. Неметалеві домішки видаляються під час обробки різанням.	Можливо отримувати біметалеві заготовки. Шорсткість $R_z = 80...20$ мкм. Неметалеві домішки зосереджуються на внутрішній поверхні виливка та видаляються при механічній обробці	Можливо використання для деталей циліндричної, або близької до неї форми без значного перепаду діаметрів.

Проаналізувавши різні способи отримання литих заготовок можна зробити висновок, що лиття в кокіль в даному випадку використовувати не доцільно, через високу вартість оснастки та її низьку стійкість під час лиття сталей. Враховуючи те, що дана деталь буде виготовлятися в умовах середньосерійного виробництва обираємо такі способи отримання заготовки як: лиття в піщано-глинисті форми з

машинною формовкою та відцентрове лиття.

Також, в якості альтернативного способу отримання заготовки розглянемо отримання заготовки з гарячекатаного прокату.

3.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів виготовлення лиття

Вибір вихідних параметрів заготовки, що характеризують її точність
Вихідна інформація:

- найбільший габаритний розмір деталі 180 мм;
- тип матеріалу – Сталь 25Л;
- маса деталі 7,2 кг;
- програма випуску N=8000 шт.

Таблиця 3.3 – Параметри точності методів лиття

Вихідні дані	Лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка) Твердість не менше 90 одиниць		Відцентрове лиття	
	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності	8-13т	11	9т-13	12
Ступінь жолоблення елементів виливки	6-9	8	4-7	6
Ступінь точності поверхні виливка	11-18	15	8-13	11
Шорсткість поверхонь виливка	Ra = 50 мкм		Ra = 20 мкм	
Клас точності маси	7т-14	12	7-15	12
Ряд припусків	6-9	8	4-7	6

При виборі прийнятих параметрів вхідних даних керуємося примітками до таблиць, де приведені рекомендації по призначенню параметрів точності з врахуванням типу виробництва і складності заготовки. Так як виробництво середньосерійне і виливок середньої складності приймаємо середні значення з вибраних діапазонів параметрів точності.

Клас розмірної точності виливка призначаємо враховуючи спосіб лиття, найбільший габаритний розмір виливка від 100 до 250 мм (180 мм), тип матеріалу – Сталь 25Л, термообробка – відпал:

- при литті в піщано-глинисті форми: 8-13т (8, 9т, 9, 10, 11т, 11, 12, 13т);
- при відцентровому литті: 9т-13 (9т, 9, 10, 11т, 11, 12, 13т, 13).

Ступінь жолоблення елементів виливка призначаємо згідно відношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка). Найбільший розмір – 180 мм, найменший – 15 мм, отже,

відношення – $15/180 = 0,0833$. Також враховуємо те, що в процесі виготовлення заготовки використовуються разові форми (піщано-глинисті) та багаторазові (відцентрове лиття) форми і виливок потребує наступної термообробки відпалом:

- при литті в піщано-глинисті форми: 6-9 (6, 7, 8, 9);
- при відцентровому литті: 4-7 (4, 5, 6, 7).

Ступінь точності поверхонь виливка призначаємо з врахуванням способу лиття, найбільшого габаритного розміру виливка від 100 до 250 мм (180 мм) і матеріал – Сталь 25Л:

- при литті в піщано-глинисті форми: 11-18 (11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18);
- при відцентровому литті: 8-13 (8, 9, 10, 11, 12, 13).

Шорсткість поверхонь виливка призначаємо, враховуючи прийнятого ступеня точності поверхонь виливка:

- при литті в піщано-глинисті форми: 50 мкм;
- при відцентровому литті: 20 мкм.

Клас точності маси виливка призначаємо, враховуючи спосіб лиття, номінальну масу виливка від 1 до 10 кг для обох способів і тип матеріалу Сталь 25Л.

- при литті в піщано-глинисті форми: 7т-14 (7т, 7, 8, 9т, 10, 11т, 11, 12, 13т, 13, 14);
- при відцентровому литті: 7-15 (7, 8, 9т, 10, 11т, 11, 12, 13т, 13, 14, 15).

Ряд припусків призначаємо з врахуванням ступеня точності поверхні.

- при литті в піщано-глинисті форми: 6-9 (6, 7, 8, 9);
- при відцентровому литті: 4-7 (4, 5, 6, 7).

Перед вибором допусків та припусків на механічну обробку поверхонь деталі потрібно уважно вивчити робоче креслення деталі, встановити оброблювані поверхні і розміри, що їх зв'язують та записати їх в розрахункову таблицю.

На тих ділянках виливка, де отвори, впадини, порожнини і тому подібне одержати способами лиття важко або неможливо призначають напуски.

Перед вибором допусків та припусків на механічну обробку поверхонь деталі потрібно уважно вивчити робоче креслення деталі, встановити оброблювані поверхні і розміри, що їх зв'язують.

Призначаємо допуск розмірів, враховуючи клас розмірної точності (лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка) – 11, відцентрове лиття – 12) і номінальний розмір на який призначаємо допуск.

Призначаємо допуски форми та розміщення поверхонь виливка (відхилення від прямолінійності, площинності, паралельності, перпендикулярності, заданого профілю) вибираються згідно з номінальним розміром та ступенем жолоблення елементів виливка (лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка) – 8, відцентрове лиття – 6). За номінальний розмір нормованої ділянки беремо найбільший з розмірів даної ділянки елемента виливку.

Допуск зміщення по площині роз'єднання вибирається на рівні класу розмірної точності виливка за номінальним розміром найбільш тонкої із стінок виливка, що виходить на лінію роз'єднання півформ або перетинаючи її. Тому перед вибором цієї величини потрібно абсолютно точно знати із скількох частин складається форма і де розміщена лінія роз'єднання. В нашому випадку площина роз'єму проходить через розмір 58.

Допуск зміщення, що виникає внаслідок перекосу стержня при формуванні отворів у виливків, приймається на 1, 2 класи точніше класу розмірної точності виливка, за номінальним розміром найбільш тонкої із стінок виливка, що формується з участю стержня. В нашому випадку це $\varnothing 32H8$. Призначається на 2 класи точніше класу розмірної точності (приймаємо: лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка) – 10, відцентрове лиття – 11т) по номінальному розміру найбільш тонкої зі стінок виливка, які формуються за участю стержня, в нашому випадку розмір найбільш тонкої стінки становить: для розміру $\varnothing 32H8 (100-32)/2 = 34$ мм для обох способів виготовлення заготовки.

Допуск нерівностей (шорсткостей) поверхонь виливка вибирається в залежності від ступеня точності поверхонь виливка (лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка) – 15, відцентрове лиття – 11).

Допуск маси призначається в залежності від маси виливка та класу точності маси виливка (лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка) – 12, відцентрове лиття – 12).

Мінімальний припуск призначаємо залежно від ряду припусків [2]:

- при литті в піщано-глинисті форми (машинна формовка) мінімальний припуск (для ряду припусків 8) 1,0 мм;
- при литті в оболонкові форми (для ряду припусків 6) – 0,8 мм.

Загальний припуск на механічну обробку назначають для ліквідації похибки розмірів, форми і розміщення, нерівностей і дефектів оброблюваної поверхні, що формуються при виготовленні виливка і послідовних переходів її обробки з метою підвищення точності оброблюваного елемента виливка. Значення загального припуску вибираємо в залежності від кількості переходів механічної обробки. Тому для вибору загального припуску спочатку потрібно визначити кількість механічної обробки кожної із оброблюваних поверхонь.

Кількість переходів механічної обробки в залежності від необхідної точності розмірів оброблюваної деталі визначаємо згідно [2]:

- по точності розмірів вибираємо в залежності від допуску розміру виливка і співвідношення між допусками розмірів деталі і виливка;

Лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка):

Для розміру $\varnothing 32H8^{(+0,039)}$ $\frac{T_{\text{дет}}}{T_{\text{вил}}} = \frac{0,039}{4,0} = 0,00975$. Приймаємо 4 переходи механічної обробки.

Для розміру $\varnothing 100h9^{(-0,087)}$ $\frac{T_{\text{дет}}}{T_{\text{вил}}} = \frac{0,087}{6,4} = 0,01359$. Приймаємо 4 переходи механічної обробки.

Для розміру $\varnothing 105h9^{(-0,087)}$ $\frac{T_{\text{дет}}}{T_{\text{вил}}} = \frac{0,087}{6,4} = 0,01359$. Приймаємо 4 переходи механічної обробки.

На всі інші поверхні приймаємо один перехід механічної обробки.

Відцентрове лиття:

Для розміру $\varnothing 32\text{H}8^{(+0,039)}$ $\frac{T_{\text{дет}}}{T_{\text{вил}}} = \frac{0,039}{5,0} = 0,0078$. Приймаємо 4 переходи механічної обробки.

Для розміру $\varnothing 100\text{h}9_{(-0,087)}$ $\frac{T_{\text{дет}}}{T_{\text{вил}}} = \frac{0,087}{8} = 0,010875$. Приймаємо 4 переходи механічної обробки.

Для розміру $\varnothing 105\text{h}9_{(-0,087)}$ $\frac{T_{\text{дет}}}{T_{\text{вил}}} = \frac{0,087}{8} = 0,010875$. Приймаємо 4 переходи механічної обробки.

На всі інші поверхні приймаємо один перехід механічної обробки.

Загальний припуск призначаємо, враховуючи загальний допуск виливка, від кінцевої обробки і ряд припуску.

Розрахунок розмірів заготовки

При розрахунку внутрішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і віднімається від розміру готової деталі.

Таблиця 3.4 – Вибір допусків та припусків для лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка)

Лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка)	$\varnothing 32\text{H}8^{(+0,039)}$	$\varnothing 100\text{h}9_{(-0,087)}$	$\varnothing 105\text{h}9_{(-0,087)}$	158	58	50	15	30	$\varnothing 45\text{H}8$
Допуски розмірів	3,6	5,0	5,0	5,0	4,0	4,0	2,8	3,6	4,0
Допуск форми чи розміщення	0,64	0,64	0,64	0,8	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
Допуски зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Допуск зміщення через перекос стержня	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Допуски маси	24%								
Допуски нерівностей	1,2								
Загальний допуск	4,0	6,4	6,4	6,4	5,0	5,0	3,2	4,0	5,0
Припуск мінімальний	1,0								
	Кількість переходів механічної обробки								
По точності розмірів	4	4	4	1	1	1	1	1	4
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	2	1	2	1	1	1	1	1	2
Прийнята кількість переходів	4	4	4	1	1	1	1	1	4

Продовження таблиці 3.4

Лиття в піщано-глинисті форми (машинна формівка)	Ø 32H8 ^(+0,039)	Ø 100h9 ^(-0,087)	Ø 105h9 ^(-0,087)	158	58	50	15	30	Ø 45H8 ^(+0,039)
Припуск загальний	6,0	8,5	8,5	4,9	4,1	4,1	3,1	3,5	7,3
Розміри заготовки	Ø20	Ø117	Ø122	162,9	66,2	58,2	16	30,6	Ø30,4

Таблиця 3.5 – Вибір допусків та припусків для відцентрового лиття

Відцентрове лиття	Ø 32H8 ^(+0,039)	Ø 100h9 ^(-0,087)	Ø 105h9 ^(-0,087)	158	58	50	15	30	Ø 45H8 ^(+0,039)
Допуски розмірів	4,4	6,4	6,4	6,4	5,0	5,0	3,6	4,0	4,4
Допуск форми чи розміщення	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Допуски зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Допуск зміщення через перекося стержня	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-
Допуски маси	24%								
Допуски нерівностей	0,5								
Загальний допуск	5,0	8,0	8,0	8,0	6,4	6,4	4,0	5,0	5,0
Припуск мінімальний	1,0								
	Кількість переходів механічної обробки								
По точності розмірів	4	4	4	1	1	1	1	1	4
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	2	1	2	1	1	1	1	1	2
Прийнята кількість переходів	4	4	4	1	1	1	1	1	4
Припуск загальний	6,7	9,8	9,8	5,6	4,5	4,5	3	3,6	6,7
Розміри заготовки	Ø18,6	Ø119,6	Ø124,6	163,6	67	59	16,5	30,9	Ø31,6

Вибір товщини стінок, радіусів заокруглень, нахилів та інших конструктивних елементів литої заготовки

Товщина стінок

Мінімальна товщина стінок назначається так, щоб забезпечувати необхідну розрахункову міцність і жорсткість та задовольняти вимогам технології вибраного способу лиття.

Визначаємо приведений габаритний розмір заготовки

Лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка)

$$N = \frac{(2 \cdot l + b + h)}{4} = \frac{(2 \cdot 0,18 + 0,1629 + 0,0662)}{4} = 0,147 \text{ (м)}.$$

Відцентрове лиття

$$N = \frac{(2 \cdot l + b + h)}{4} = \frac{(2 \cdot 0,18 + 0,1636 + 0,067)}{4} = 0,1476 \text{ (м)}.$$

Мінімальну товщину стінок вибираємо за рекомендаціями [2] в залежності матеріалу, маси виливка, і від способу лиття.

Для лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка) – 2 мм,

Для відцентрового лиття – 5 мм.

Мінімальна товщина стінки при литті в піщано-глинисті форми (машинна формовка) складає 2 мм. Згідно виконаних розрахунків [див. табл. 2.4] при виготовленні виливка отримуємо такі мінімальні товщини стінок: $(122 - 30,4) / 2 = 45,8$ мм. Це значення є більшими за мінімальну товщину стінки (2 мм), тому вони можуть бути виготовлені у виливку.

Мінімальна товщина стінки при відцентровому литті складає 5 мм. Згідно виконаних розрахунків (таблиця 2.5) при виготовленні виливка ми отримуємо такі товщини стінок: $(124,6 - 31,6) / 2 = 46,5$ мм. Це значення є більшими за мінімальну товщину стінки (5 мм), тому вони можуть бути виготовлені у виливку.

Радіуси заокруглень в значній мірі визначають якість виливка. Дуже малі радіуси призводять до концентрації напружень і можливості виникнення тріщин, якщо надто великі, то можливість виникнення раковин, пустот.

Радіуси заокруглень згідно рекомендацій [2] вибираємо в залежності від співвідношення $(S+S_1)/2$ і від матеріалу виливка.

Лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка)

$$S = \frac{S_1 + S_2}{2} = \frac{(122 - 30,4) / 2 + 66,2}{2} = 56 \text{ (мм)}.$$

Відцентрове лиття

$$S = \frac{S_1 + S_2}{2} = \frac{(124,6 - 31,6) / 2 + 67}{2} = 56,75 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо радіуси заокруглень 8...10 мм.

Формовочні нахили призначаються з метою полегшення видалення моделі з форми і стержня. Нахили встановлюються в залежності від розмірів заглиблень,

висоти формують поверхні, способу лиття і виду модельного комплексу згідно рекомендаціям [2] – 1 - 3 °.

При використанні піщано-глинистих сумішей і металевих комплексу та відношенні $d > h$ приймаємо кут нахилу $1^\circ 13'$.

При відцентровому литті та відношенні $d > h$ $0^\circ 54'$.

Мінімальний діаметр отворів, що виконуються литтям, вибирають так, щоб уникнути сильного перегрівання і пригорання стержня до стінок отвору. Мінімальний розмір литих отворів залежить від товщини стінки і може бути визначено по формулі:

$$d_{min} = d_0 + 0,1S \text{ (мм)},$$

де d_0 – вихідний діаметр; S – товщина стінки, мм.

Для сталі $d_0 = 10$ мм, тому

лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка)

$$d_{min} = 10 + 0,1 \cdot (122 - 30,4) / 2 = 14,58 \text{ (мм)}.$$

відцентрове лиття

$$d_{min} = 10 + 0,1 \cdot (124,6 - 31,6) / 2 = 14,65 \text{ (мм)}.$$

Для обох варіантів лиття мінімальний розмір отвору більше за гранично допустимий, а відтак – проливається.

3.3 Оформлення двох ескізів заготовки

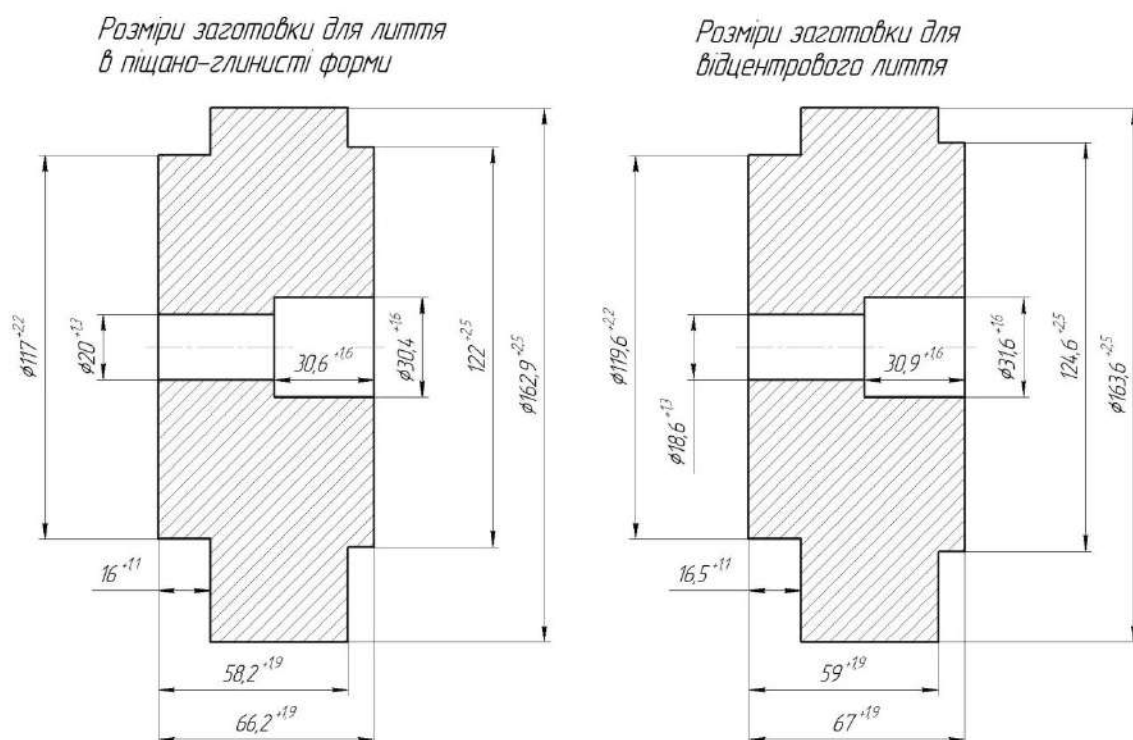


Рисунок 3.1 – Ескіз заготовки для виготовлення литтям (ескіз для лиття в піщано-глинисті форми та відцентрового лиття)

Призначення технічних вимог на заготовку отриману лиття в піщано-глинисті форми.

1. Точність вилівка 11 – 8 – 15 – 12 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 7,2 – 2,2 – 0,4 – 9,8 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані на кресленні радіуси заокруглень 8-10 мм, формувальні нахили – 1-2°.

Призначення технічних вимог на заготовку отриману відцентровим литтям.

1. Точність вилівка 12 – 6 – 11 – 12 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 7,2 – 2,4 – 0,4 – 10 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані на кресленні радіуси заокруглень 8-10 мм, формувальні нахили – 0,5-1°.

Визначення маси заготовки за допомогою програми КОМПАС 3D методом побудови 3D-моделі

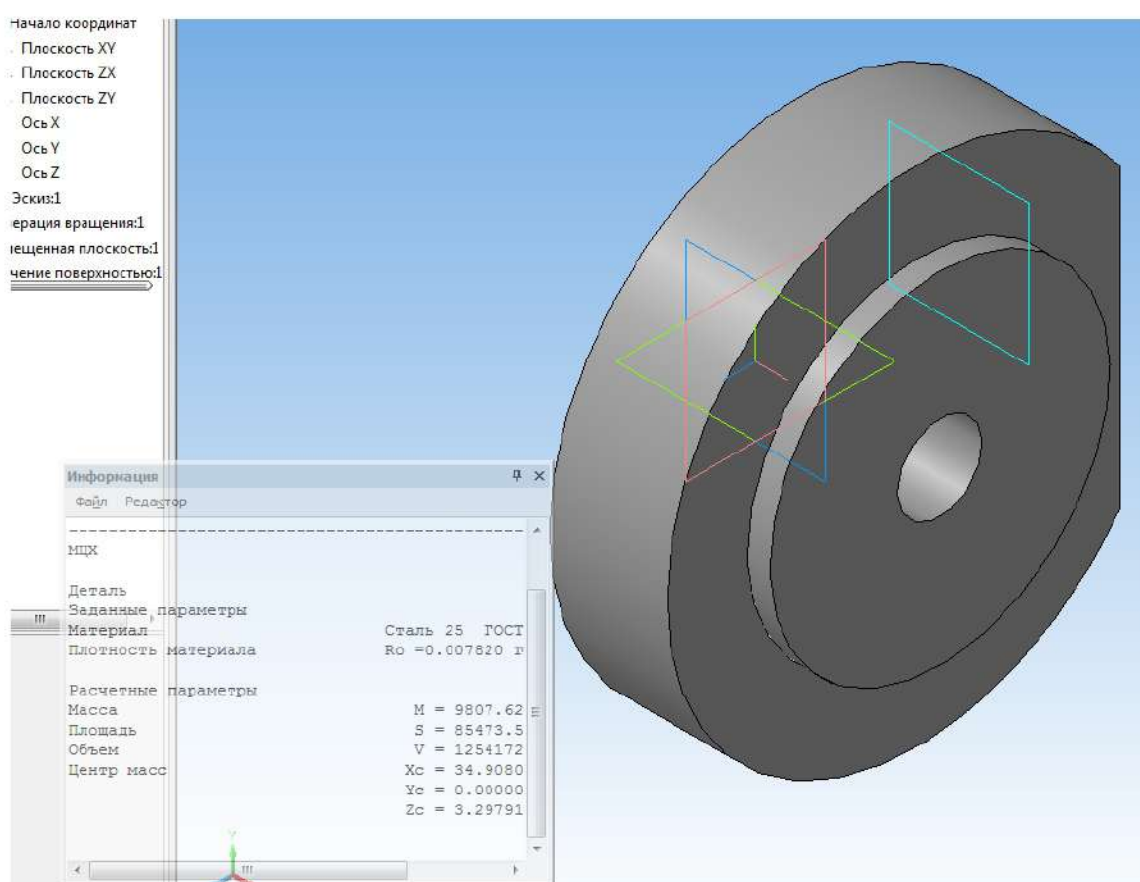


Рисунок 3.3 – Виготовлення заготовки литтям в піщано-глинисті форми

Для піщано-глинистих форм маса заготовки $m = 9,8$ кг.

Визначаємо коефіцієнт використання маси заготовки

$$K_{mm} = \frac{Q_{дет}}{Q_{заг}} = \frac{7,2}{9,8} = 0,734$$

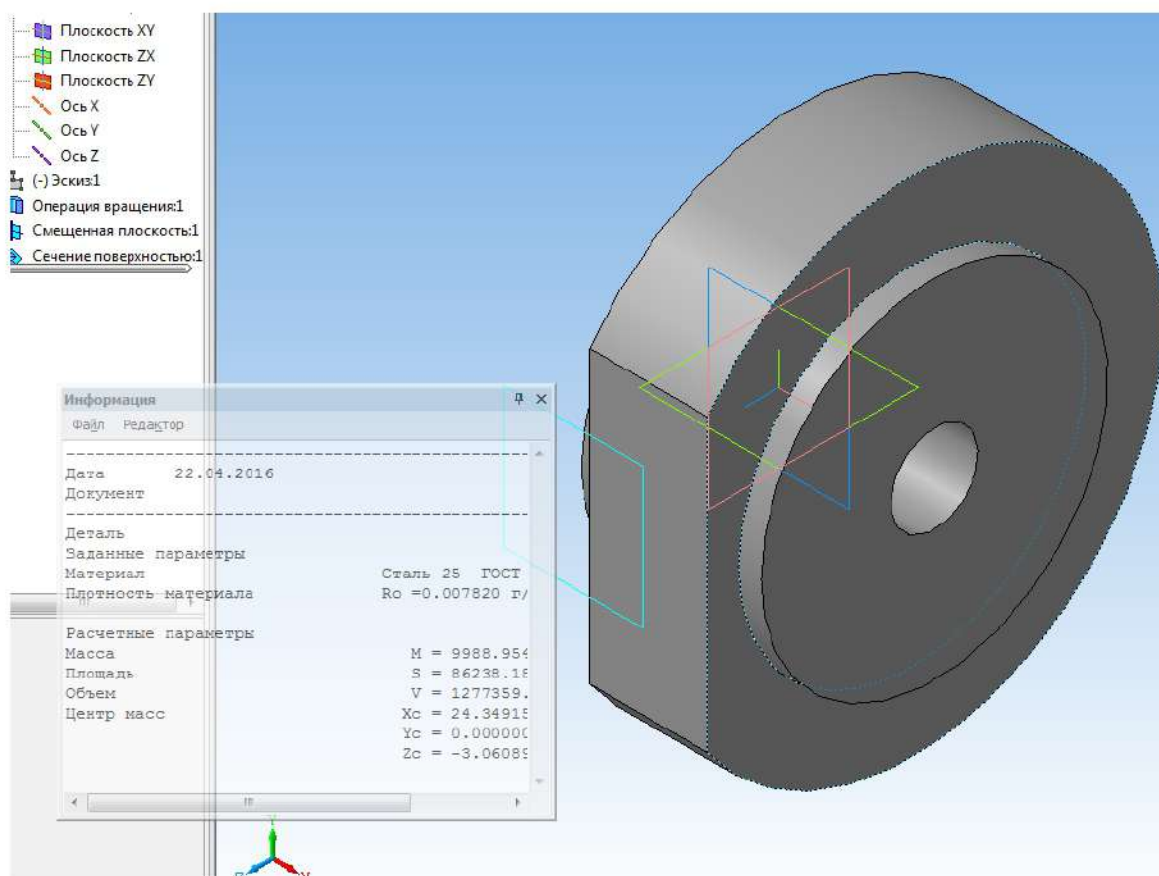


Рисунок 3.4 – Виготовлення заготовки відцентровим литтям

Для відцентрового лиття маса заготовки $m = 10$ кг.

Визначаємо коефіцієнт використання маси заготовки

$$K_{mm} = \frac{Q_{дет}}{Q_{заг}} = \frac{7,2}{10} = 0.72$$

Розраховуємо вартість штампованих заготовок

Вартість отримання заготовки при литті в піщано-глинисті форми.

$$C_{заг.піщ.-гл.} = \frac{Q_{заг} * C_{лит} * K_m * K_M * K_C * K_B * K_{II}}{1000} - \frac{(Q_{заг} - Q_{дет})}{1000} C_{від}$$

де $C_{лит} = 15600$; $Q_{заг} = 9,8$ кг; $K_m = 1,05$; $K_M = 1,22$; $K_C = 0,83$; $K_B = 0,8$; $K_{II} = 1$; $C_{від} = 350$

$$C_{заг.піщ.-гл.} = \frac{9,8 * 15600 * 1,05 * 1,22 * 0,83 * 0,8 * 1}{1000} - \frac{(9,8 - 7,2)}{1000} * 3500 = 129,12 \text{ (грн.)}$$

Вартість отримання заготовки при відцентровому литті.

$$C_{заг.відц.} = \frac{Q_{заг} * C_{лит} * K_m * K_M * K_C * K_B * K_{II}}{1000} - \frac{(Q_{заг} - Q_{дет})}{1000} C_{від}$$

де $C_{\text{лит}} = 22800$; $Q_{\text{заг}} = 10 \text{ кг}$; $K_m = 1$; $K_M = 1,18$; $K_C = 0,83$; $K_B = 0,9$; $K_{II} = 1$; $C_{\text{від}} = 350$

$$C_{\text{заг.відц.}} = \frac{10 * 22800 * 1 * 1,18 * 0,83 * 0,9 * 1}{1000} - \frac{(10 - 7,2)}{1000} * 3500 =$$

$$= 199,99 \text{ (грн.)}$$

Оскільки додаткових операцій для доведення заготовок до однакового стану не потрібно, то їх порівнянна собівартість становитиме: для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням – 129,12 грн.; для відцентрового лиття – 199,99 грн.

Порівнявши аналіз собівартості виготовлення заготовки вибираємо спосіб виготовлення заготовки лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням так як це економічно доцільніше.

Порівняємо вартість заготовок отриманих литтям та отриманих з гарячекатаного прокату. Відповідно до інтернет-джерел індикативна вартість 1 тони заготовок отриманих в піщано-глинисті форми становить 65000 грн., а вартість 1 тони гарячекатаного прокату – 40000 грн., що суттєво дешевше. Однак постачальники в Україні не пропонують матеріал необхідних габаритів (до 200 мм), через це остаточним варіантом є отримання заготовки литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням.

4 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

4.1 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей

Для проектування технологічного процесу виконано аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах серійного виробництва.

На першій операції необхідно обробляти базові поверхні, які в подальшому будуть служити технологічними базами. Базування заготовки здійснюється по необробленим чорновим базам одноразово з тим щоб уникнути похибки базування на наступних операціях.

Після обробки базових поверхонь здійснюється токарна обробка всіх зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталі. Установка заготовки може бути в 3-х кулачковому патроні. Найбільш продуктивним способом обробки є точіння або розточування отворів різцевими головками.

Після чистової обробки проводиться доводочні операції: фрезерування шпоночних пазів, канавок, обробка різбових отворів і т.ін. Установка заготовки в призмі дає похибку базування у вигляді зміщення осі заготовки. Різьбові отвори обробляють по кондуктору або на верстатах з ЧПК, точність яких складає $\pm 0,01$ мм.

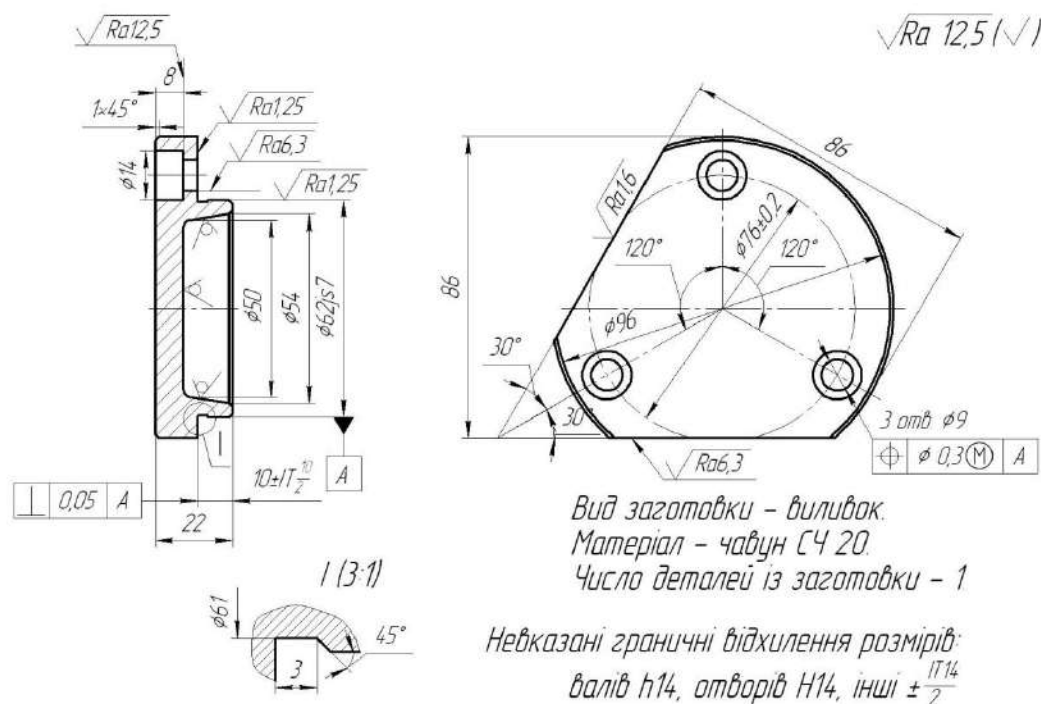


Рисунок 4.1 – Ескіз деталі «Кришка»

Фінішною операцією є тонке точіння, яке здійснюється після термообробки. Базування заготовки проводять по центровочним отворам в поводковому патроні, центра упорні. При установці в 3-х кулачковому патроні похибка базування для діаметральних розмірів $\varepsilon_{\sigma}=0$. При тонкому точінні можна досягти 6-7 квалітет точності і чистоту поверхні шорсткістю $Ra\ 0,8-1,6$.

Таблиця 4.1 – Типовий маршрут механічної обробки деталі «Кришка» [1]

№ операції	Зміст або найменування операції	Станок, обладнання	Оснащення
005	Лиття	—	—
010	Обробка та очищення виливка	—	—
015	Малярна	—	—
020	Точити торець Ø62js7/ Ø54 та Ø96/ Ø62js7 остаточно, точити поверхню Ø62js7 під шліфування, проточити каналу В = 3 та фаски	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трьохкулачковий пневматичний патрон
025	Точити торець Ø96 та поверхню Ø96 (технологічно)	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трьохкулачковий патрон
030	Свердлити та зенкерувати чотири отвори Ø9/Ø14, фрезерувати дві лиски в розмір 86	Багатоцільовий свердильно-фрезерний 21105Н7Ф4	Налагодження УСНО
035	Чистити заусенці та гострі кромки	Верстак механізований	
040	Шліфувати поверхню Ø62js7 з шліфуванням торця Ø96js7 остаточно	Універсально-шліфувальний 3У131ВМ	Трьохкулачковий патрон
045	Помити деталь	Мийна машина	
050	Технічний контроль		
055	Нанесення антикорозійного покриття		

4.2 Розрахунок кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні Ø32Н8

Визначення кількості ступенів механічної обробки виконується на основі розрахунків за формулою [5]:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_3}{T_d} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \dots \cdot \frac{T_i}{T_{i-1}} \cdot \dots \cdot \frac{T_n}{T_d} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_i = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i ; \quad (4.1)$$

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.

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 досягнення кінцевої точності поверхні. Відповідно до наведених вище вимог визначимо кількість переходів і способи та методи попередньої та остаточної обробки для отвору Ø32Н8, враховуючи, що допуск точності заготовки складає 4,0 мм:

$$\varepsilon = 4000 / 0,039 = 102,56$$

Отже можна проводити обробку за чотири переходи і призначаємо:

$$\varepsilon_1 = 6; \varepsilon_2 = 5; \varepsilon_3 = 2,5; \varepsilon_4 = 1,37.$$

Відповідно тоді ступень уточнення другого переходу складатиме:

$$\varepsilon_5 = \varepsilon / (\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4) \quad (4.2)$$

Тобто:

$$\varepsilon_4 = 102,56 / (6 \cdot 4 \cdot 2,5) = 1,37$$

Допуск складатиме:

$$T_1 = 4/6 = 0,667 \text{ (мм)}$$

$$T_2 = 0,667/5 = 0,133 \text{ (мм)}$$

$$T_3 = 0,133/2,5 = 0,053 \text{ (мм)}$$

$$T_4 = 0,053/1,37 = 0,039 \text{ (мм)}$$

Остаточню приймаємо наступні переходи механічної обробки даної поверхні: точіння попереднє (14 квалітет точності); точіння попереднє (11 квалітет точності); точіння остаточне (9 квалітет точності) та шліфування остаточне (8 квалітет точності).

Зведемо для всіх поверхонь результати розрахунку кількості переходів і способів обробки поверхонь в таблицю 4.2

Таблиця 4.2 – Зміст та кількість переходів для обробки поверхонь

Поверхня	Кількість переходів	Зміст переходів
32H8	4	1) точіння чорнове 2) точіння чистове 3) шліфування попереднє 4) шліфування остаточне
45H8	4	1) точіння чорнове 2) точіння чистове 3) шліфування попереднє 4) шліфування остаточне
95h9	2	1) точіння чорнове 2) точіння чистове
100h9	2	1) точіння чорнове 2) точіння чистове
105h9	2	1) точіння чорнове 2) точіння чистове

Решта поверхонь обробляється по 14 квалітету і може бути отримано за 1 перехід.

4.3 Вибір 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.

Вихідними даними при виборі баз є:

- робоче креслення деталі;
- технічні умови на її виготовлення;
- вид заготовки та стан її поверхонь;
- бажаний ступінь автоматизації.

В даній деталі конструкторськими базами є внутрішні циліндричні поверхні та відповідні торці деталі. Усі ці вимоги точності, що стоять відносно баз можна забезпечити, якщо правильно вибрати базування деталі під час обробки.

При виборі чистових баз ми маємо мінімізувати похибку базування на отримуваних розмірах. Відповідно в якості чистових баз запропонована схема базування в трьохкулачковому патроні (рис. 3.2).

При такій схемі базування похибка базування рівна нулю для всіх отримуваних розмірів та дозволяє забезпечити всі вимоги до взаємного розташування і форми поверхонь оскільки:

Ø32H8, Ø45H8 обробка діаметральних поверхонь (в цьому випадку похибка базування рівна нулю);

3) для допусків розташування похибка базування дорівнює нулю, оскільки обробка відбувається з одного установу, або по причині співпадіння конструкторських і технологічних баз.

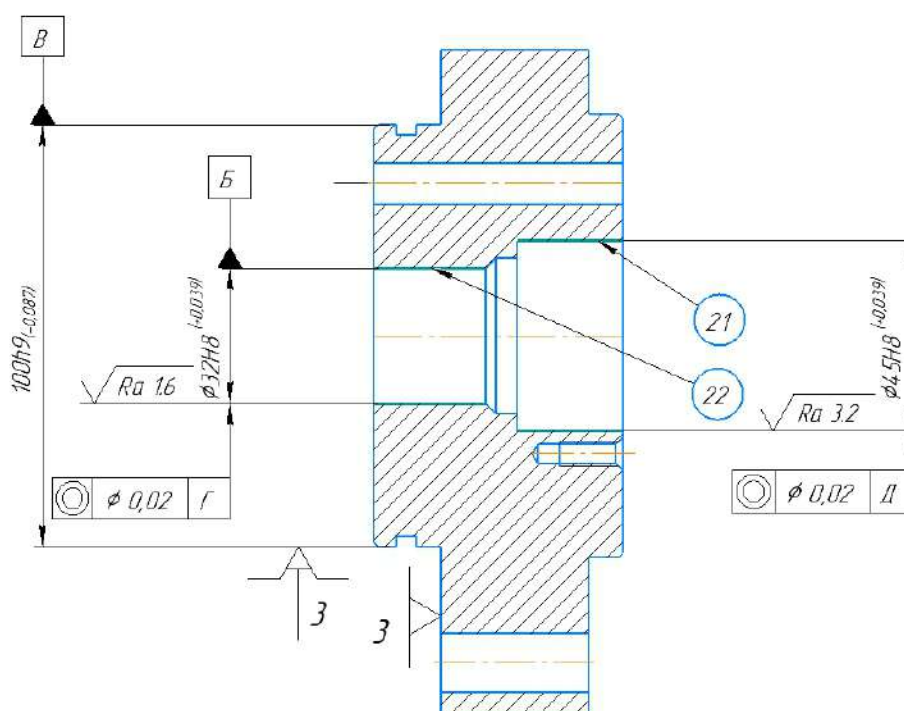


Рисунок 4.2 – Чистові технологічні бази (операції 030)

Аналогічна схема базування запропонована для чорнових технологічних баз – трьохкулачковий патрон. Під час вибору чорнових баз вирішуємо задачу зв'язку оброблюваних і необроблюваних поверхонь.

В якості баз на операції 005 оберемо торець 15 та зовнішню поверхню Ø100h9. (рис. 4.3). Похибка базування на розміри 25 і 30 відсутня, оскільки обробка

відбувається з одного установка. Похибка базування на розмір B_1 відсутня, оскільки співпадають технологічна і вимірювальні бази. На діаметральні розміри похибки базування немає.

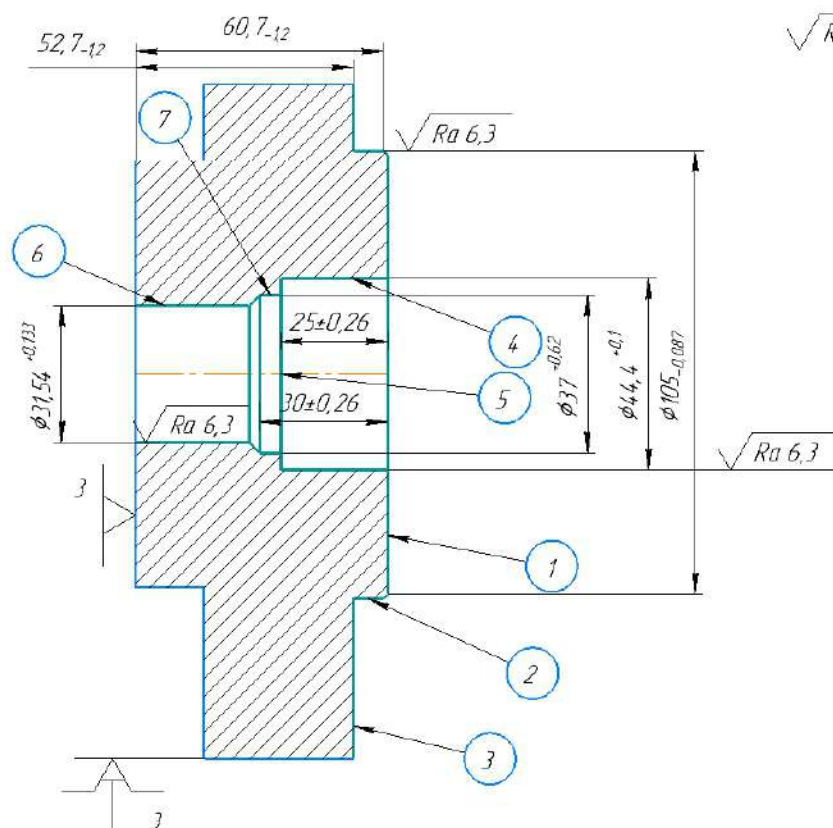


Рисунок 4.3 – Чорнові технологічні бази (операція 005)

4.4 Розробка маршрутів механічної обробки

Розроблені маршрути механічної обробки деталі "Кришка П.02" представлені в таблицях 4.3 та 4.4.

Технологічна собівартість операцій механічної обробки визначається за формулою:

$$C_o = C_{п.з.} \cdot T_{шт} / (60 \cdot K_v) \text{ [грн.]}, \quad (4.1)$$

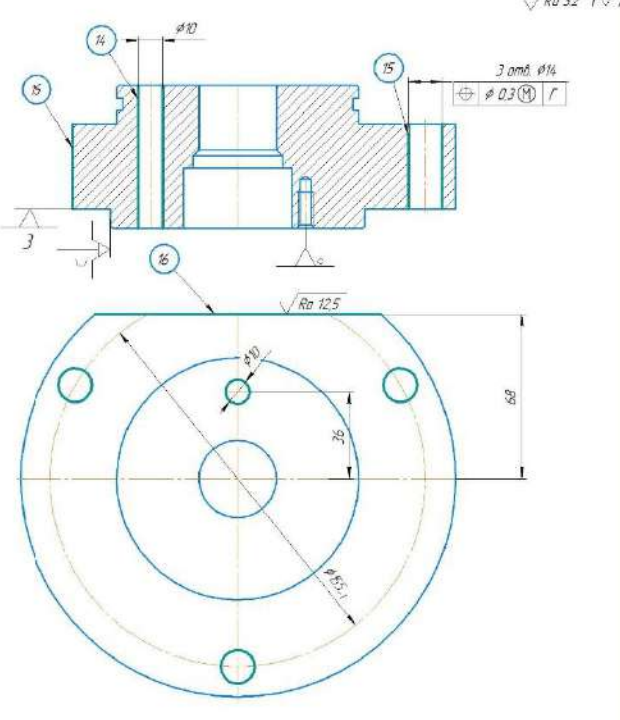
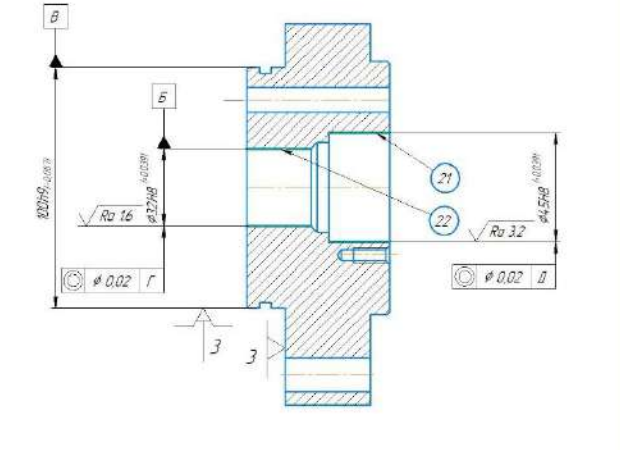
де K_v – коефіцієнт виконання норм, що приймається рівним 1,3.

$T_{шт}$ - штучний час на виконання операції. Для наближених розрахунків можна користуватися укрупненими нормативами. **Нормуються операції, які відрізняються у різних варіантах маршруту механічної обробки, тобто операції 030 і 035 у першому варіанті та операція 030 у другому варіанті маршруту механічної обробки. Результати розрахунків представлені в таблицях 4.5, 4.6 і 4.7.**

Таблиця 4.3 – Маршрут механічної обробки деталі "Кришка П.02" (варіант 1)

№ опер	Найменування операції. Зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки	Обладнання
005	<u>Токарно-револьверна з ЧПК</u> 1. Встановити заготовку 2. Точити торець 1 однократно згідно ескіза, поверхню 2 в розмір $\phi 105.41_{-0.35}^{+0.35}$ і 3 в розмір 52,7 поперек. 3. Розточити поверхні 4 в розмір $\phi 43.9_{-0.25}^{+0.25}$ і 6 в розмір 29,94^{+0.667} поперек, поверхню 7 згідно ескіза. 4. Підрізати торець 5 однократно згідно ескіза. 5. Розточити поверхні 4 і 6 остаточно згідно ескіза. 6. Точити поверхні 2 і 3 остаточно згідно ескіза. 7. Зняти заготовку.		Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі IB34.0Ф30
010	<u>Токарно-револьверна з ЧПК</u> 1. Встановити заготовку 2. Підрізати торці 8 і 11 однократно згідно ескіза. 3. Точити поверхню 9 поперек в розмір $\phi 100.41_{-0.35}^{+0.35}$. 5. Точити поверхню 9 остаточно згідно ескіза. 6. Точити канавку 10 поперек в розмір 4.33^{+0.144}. 7. Точити канавку 10 остаточно згідно ескіза. 8. Зняти заготовку.		Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі IB34.0Ф30
015	<u>Вертикально-свердильна з ЧПК</u> 1. Встановити заготовку 2. Центрувати 4 отвори 7. 3. Свердлити 4 отвори 7 згідно ескіза. 4. Нарізати різь в 4 отворах 7 згідно ескіза. 5. Зняти заготовку		Вертикально-свердильний з ЧПК моделі 2P135Ф2

Продовження таблиці 4.3

№ опер	Найменування операції. Зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки	Обладнання
020	<u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u> 1. Встановити заготовку 2. Центрувати 3 отвори 15 та отвір 14. 3. Свердлити 3 отвори 15 згідно ескіза. 4. Свердлити отвір 14 згідно ескіза. 5. Фрезерувати поверхню 16 однакратно згідно ескіза. 6. Зняти заготовку		Вертикально-фрезерний з ЧПК моделі 6P13ФЗ
025	<u>Внутрішньовішліфувальний з ЧПК</u> 1. Встановити заготовку 2. Шліфувати поверхні 21 в розмір $\phi 44,8^{+0,062}_{-0,053}$ і 22 в розмір $\phi 31,874^{+0,053}_{-0,053}$ попередньо в розмір. 3. Шліфувати поверхні 21 і 22 остаточно згідно ескіза. 4. Зняти заготовку.		Внутрішньовішліфувальний безграт з магазинним інструментом та системою ЧПК GEM-350T

Таблиця 4.4 – Маршрут механічної обробки деталі "Кришка П.02" (варіант 2)

№ опер	Найменування операції. Зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки	Обладнання
005	<u>Токарно-револьверна з ЧПК</u> 1. Встановити заготовку 2. Точити торець 1 однократно згідно ескіза, поверхню 2 в розмір $\phi 105.41_{-0.35}^{+0.15}$ і 3 в розмір 52,7 поперек. 3. Розточити поверхні 4 в розмір $\phi 43.9_{-0.25}^{+0.15}$ і 6 в розмір 29,94 поперек, поверхню 7 згідно ескіза. 4. Підрізати торець 5 однократно згідно ескіза. 5. Розточити поверхні 4 і 6 остаточно згідно ескіза. 6. Точити поверхні 2 і 3 остаточно згідно ескіза. 7. Зняти заготовку.		Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі IB34.0Ф30
010	<u>Токарно-револьверна з ЧПК</u> 1. Встановити заготовку 2. Підрізати торці 8 і 11 однократно згідно ескіза. 3. Точити поверхню 9 поперек в розмір $\phi 100.41_{-0.35}^{+0.15}$. 5. Точити поверхню 9 остаточно згідно ескіза 6. Точити канавку 10 поперек в розмір 4.33 7. Точити канавку 10 остаточно згідно ескіза. 8. Зняти заготовку		Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі IB34.0Ф30
015	<u>Вертикально-свердильна з ЧПК</u> 1. Встановити заготовку 2. Центрувати 4 отвори 7. 3. Свердлити 4 отвори 7 згідно ескіза. 4. Нарізати різь в 4 отворах 7 згідно ескіза. 5. Зняти заготовку		Вертикально-свердильний з ЧПК моделі 2Р135Ф2

025	Шліфувати поверхні 21 і 22 попередньо.	$0,68Dl$	$D=45, l=25;$ $D1=32,$ $l1=28$	1,374	1,55	2,13
	Шліфувати поверхні 21 і 22 остаточно.	$0,61Dl$	$D=45, l=25;$ $D1=32,$ $l1=28$	1,232	1,55	1,91
2-й варіант маршруту механічної обробки						
025	2. Розточити поверхні 21 і 22 попередньо.	$0,175Dl$	$D=45, l=25;$ $D1=32,$ $l1=28$	0,353	1,3	0,6
	3. Розточити поверхні 21 і 22 остаточно.	$0,052Dl$	$D=45, l=25;$ $D1=32,$ $l1=28$	0,105		

Таблиця 4.6 – Годинні приведені затрати

Модель верстату	Годинні приведені затрати, $C_{п.з.}$, грн./год
EGM-350T	1200
160HT	720

Таблиця 4.7 – Технологічна собівартість операцій

Тип верстату	T _{шт.} , хв	C _{п.з.} , грн./хв	C _о , грн.
Перший варіант маршруту механічної обробки			
EGM-350T	2,13	20	42,6
EGM-350T	1,91		38,2
Всього			80,8
Другий варіант маршруту механічної обробки			
160 НТ	0,6	12	7,2
Всього			7,2

Отже при використанні першого варіанту технологічного процесу технологічна собівартість відмінних операцій виготовлення деталі складатиме 80,8 грн., а при використанні другого варіанту 7,2 грн. Тобто доцільно використовувати другий із запропонованих маршрутів механічної обробки, із використанням токарного верстата підвищеної точності.

4.5 Розмірний аналіз технологічного процесу

4.5.1 Вибір розташування технологічних розмірів

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

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

Варіант проставлення технологічних розмірів наведений в розмірній схемі технологічного процесу.

Розміри заготовки визначають її довжину, а також довжини окремих ступенів (Z_1, Z_2, Z_3, Z_4). Технологічні розміри В характеризують послідовний процес механічної обробки, за яким утворюються конструкторські розміри К зовнішні лінійних розмірів деталі.

До розгляду прийняті операції 005, 010 та 025, на яких утворюються основні лінійні розміри, а також обробка фасок та канавок на розмірній схемі не розглядалась.

4.5.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуски на технологічні розміри призначаються згідно довідника [8], для відповідного розміру за відповідним квалітетом.

Таблиця 4.5 – Попередні допуски технологічних розмірів

Розмір	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6
Допуск, мм	1,2	1,2	0,52	0,52	0,62	0,43
Розмір	B_7	B_8	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
Допуск, мм	0,3	0,12	1,9	1,1	1,3	1,9

Таблиця 4.6 – Конструкторські розміри

Конструкторський розмір	K_1	K_2	K_3	K_5	K_6	K_7	K_8
	58	50	15	6	4,7	25	30
Допуск, мм	0,74	0,62	0,43	0,3	0,12	0,52	0,52

4.5.3 Розмірна схема технологічного процесу

На рисунку 4.5 представлена розмірна схема технологічного процесу механічної обробки деталі «Кришка П.02».

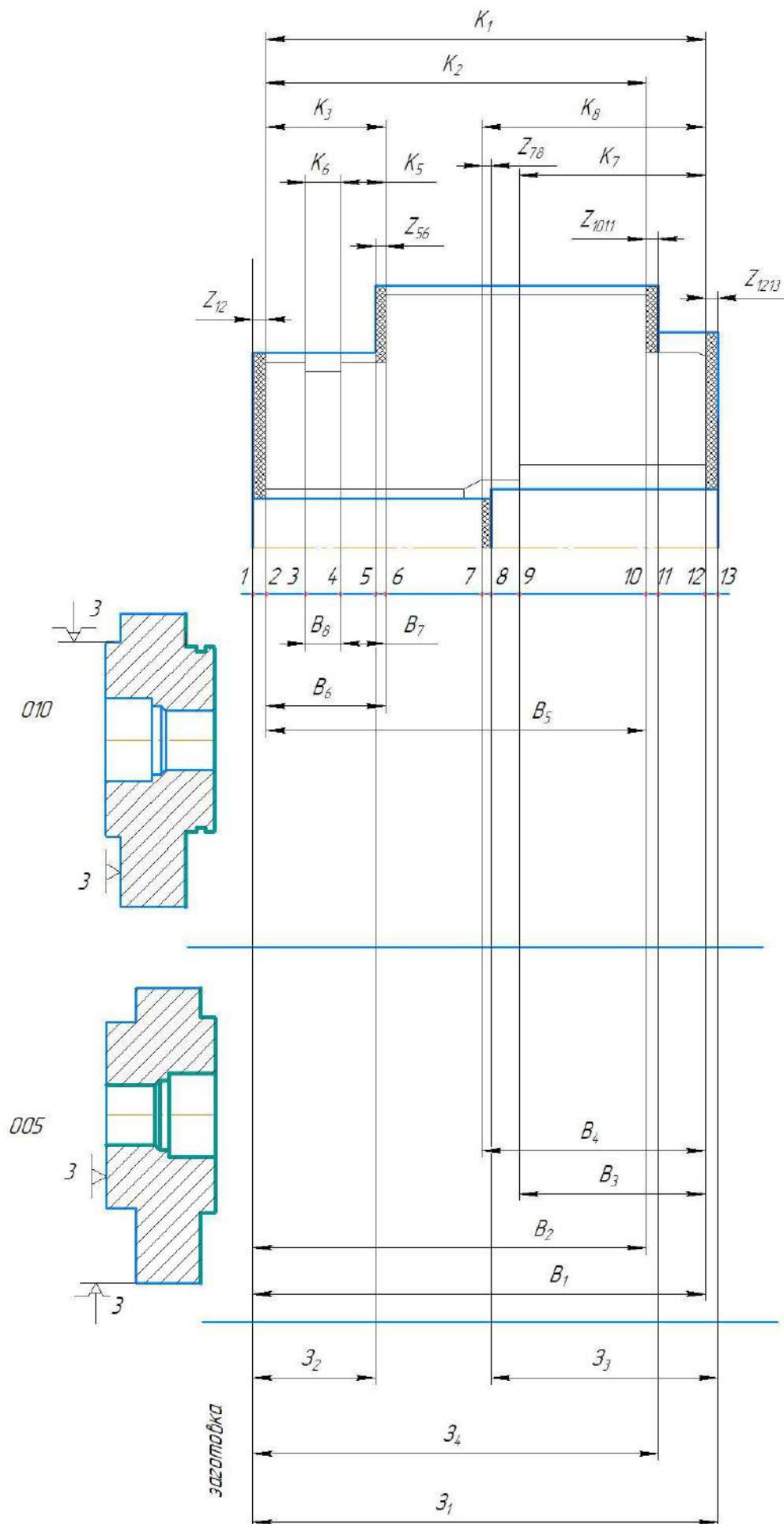


Рисунок 4.5 – Розмірна схема

4.5.4 Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

Дерево з конструкторськими розмірами і розмірами припусків на обробку називається вихідним, а дерево з технологічними розмірами – похідним або технологічним. Відповідно, вихідне граф-дерево зображене на рисунку 4.6, похідне – рисунку 4.7, а суміщене – рисунку 4.8. Будь-який замкнутий контур на суміщеному графі, що складається з ребер вихідного та технологічного дерева, створює технологічний розмірний ланцюг.

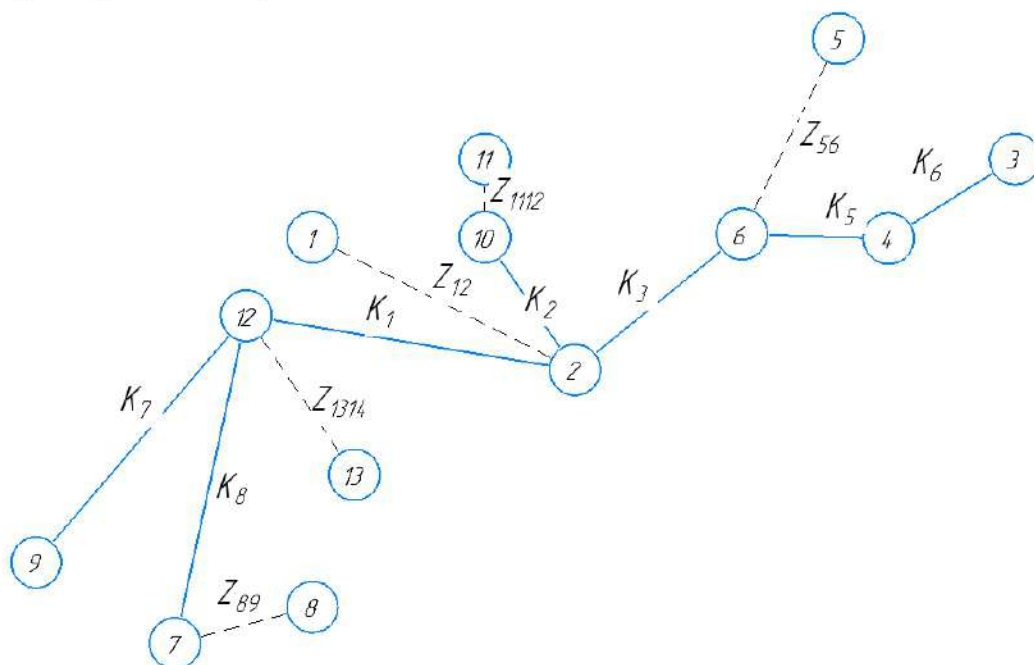


Рисунок 4.6 – Вихідне граф-дерево

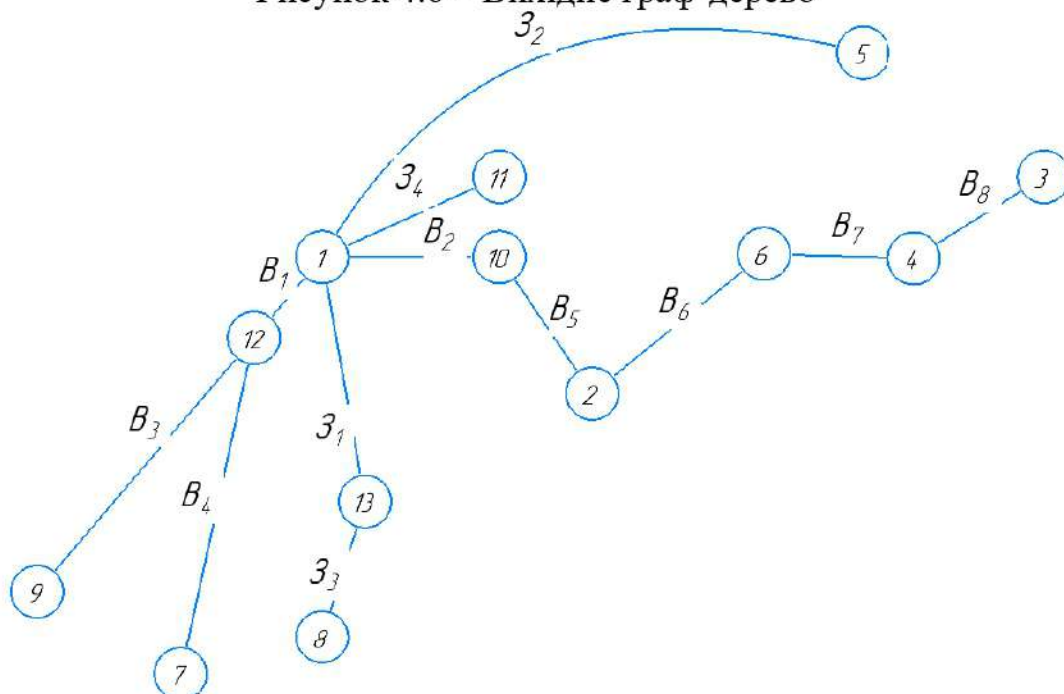


Рисунок 4.7 – Похідне граф-дерево

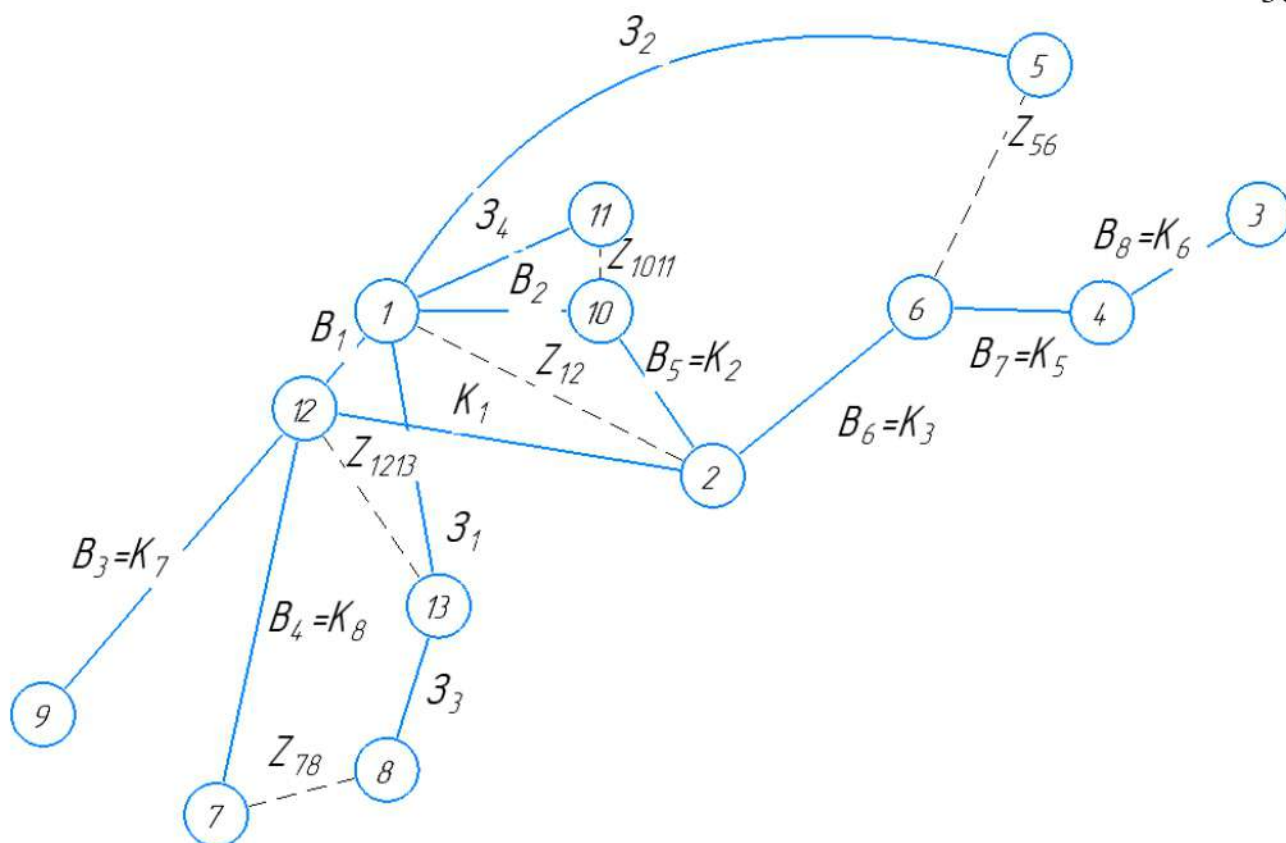


Рисунок 4.8 – Суміщений граф

4.5.5 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Правила знаходження рівнянь технологічних розмірних ланцюгів за суміщеним графом описані в [8]. За цими правилами знаходимо і записуємо в таблицю рівняння, за допомогою яких у подальших розрахунках мають бути визначені кількісні значення всіх технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки.

Таблиця 4.7 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

№	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K_6 + B_8 = 0$	$K_6 = B_8$	B_8
2	$-K_5 + B_7 = 0$	$K_5 = B_7$	B_7
3	$-K_3 + B_6 = 0$	$K_3 = B_6$	B_6
4	$-K_2 + B_5 = 0$	$K_2 = B_5$	B_5
5	$-K_8 + B_4 = 0$	$K_8 = B_4$	B_4
6	$-K_7 + B_3 = 0$	$K_7 = B_3$	B_3
7	$-B_5 + B_2 - Z_{12} = 0$	$Z_{12} = B_2 - B_5$	B_2
8	$-K_1 - B_2 + B_5 + B_1 = 0$	$K_1 = -B_2 + B_5 + B_1$	B_1
9	$-Z_{1213} + 3_1 - B_1 = 0$	$Z_{1213} = 3_1 - B_1$	3_1
10	$-3_1 + B_1 + Z_{78} - B_4 + 3_3 = 0$	$Z_{78} = B_4 - 3_3 + 3_1 - B_1$	3_3
11	$-B_2 + B_5 + 3_2 - B_6 + Z_{56} = 0$	$Z_{56} = B_2 - B_5 - 3_2 + B_6$	3_2
12	$-Z_{1011} + 3_4 - B_2 = 0$	$Z_{1011} = 3_4 - B_2$	3_4

4.5.6 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Для проведення необхідних розрахунків в подальшому необхідно визначити проміжні мінімальні припуски за довідником [6].

Таблиця 4.8 – Мінімальні проміжні припуски на обробку плоских поверхонь

Позначення припуску	Спосіб обробки	Кількісне значення мінімального припуску, мм
$Z_{1213 \min}$	Однократне підрізання торця	1,5
$Z_{1011 \min}$	Однократне підрізання торця	1,5
$Z_{12 \min}$	Однократне підрізання торця	1,5
$Z_{56 \min}$	Однократне підрізання торця	1,5
$Z_{78 \min}$	Однократне підрізання торця	1,0

4.5.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків

Відповідно до наведених вище рівнянь знаходимо значення технологічних розмірів.

Таблиця 4.9 – Визначення технологічних розмірів

Технологічний розмір	Розрахунок
1	2
B_8	$B_8 = 4,7_{-0,12}$
B_7	$B_7 = 6 \pm 0,15$
B_6	$B_6 = 15 \pm 0,215$
B_5	$B_5 = 58_{-0,62}$
B_4	$B_4 = 30 \pm 0,26$
B_3	$B_3 = 25 \pm 0,26$
B_2	$Z_{12 \min} = B_{2 \min} - B_{5 \max}$ $B_{2 \min} = 1,5 + 50 = 51,5 \text{ мм};$ $B_{2 \max} = 51,5 + 1,2 = 52,7 \text{ мм}.$ $B_2 = 52,7_{-1,2}$ $Z_{12 \max} = 52,7 - 49,38 = 3,32 \text{ мм}$
B_1	$K_{1 \min} = -B_{2 \max} + B_{5 \min} + B_{1 \min}$ $B_{1 \min} = 57,32 - 57,32 + 52,7 = 59,5 \text{ мм};$ $B_{1 \max} = 59,5 + 1,2 = 60,7 \text{ мм}.$ $B_1 = 60,7_{-1,2}$ $Z_{12 \max} = 60,7 - 57,38 = 3,32 \text{ мм}$
3_1	$Z_{1314 \min} = 3_{1 \min} - B_{1 \max}$ $3_{1 \min} = 1,5 + 60,7 = 62,2 \text{ мм};$ $3_{1 \max} = 62,2 + 1,9 = 64,1 \text{ мм}.$ $3_1 = 64,1_{-1,9}$ $Z_{1314 \max} = 64,1 - 59,5 = 4,6 \text{ мм}$

Продовження таблиці 4.9

1	2
3_2	$Z_{56\min} = B_{6\min} + Z_{12\min} - 3_{2\max}$ $3_{2\max} = 14,785 + 1,5 - 1,5 = 14,785 \text{ мм};$ $3_{2\min} = 14,785 - 1,1 = 13,685 \text{ мм}.$ $3_2 = 14,235 \pm 0,55$ $Z_{56\max} = 15,215 + 3,32 - 13,685 = 4,85 \text{ мм}$
3_3	$Z_{89\min} = B_{4\min} + Z_{1314\min} - 3_{3\max}$ $3_{3\max} = 29,74 + 1,5 - 1,0 = 30,24 \text{ мм};$ $3_{3\min} = 30,24 - 1,3 = 28,94 \text{ мм}.$ $3_3 = 29,59 \pm 0,65$ $Z_{89\max} = 30,26 + 4,6 - 28,94 = 5,92 \text{ мм}$
3_4	$Z_{1112\min} = 3_{4\min} - B_{2\max}$ $3_{4\min} = 52,7 + 1,5 = 54,2 \text{ мм};$ $3_{4\max} = 54,2 + 1,9 = 56,1 \text{ мм}.$ $3_4 = 56,1_{-1,9}$ $Z_{1112\max} = 56,1 + 51,5 = 4,6 \text{ мм}$

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. Результати розрахунків записано в таблицю 4.10.

Таблиця 4.10 – Технологічні розміри та припуски на обробку

Позначення	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7
Допуск, мм	1,2	1,2	0,52	0,52	0,62	0,43	0,3
Мінімальне значення	59,5	51,5	24,74	29,74	57,38	14,785	5,925
Максимальне значення	60,7	52,7	25,26	30,26	58	15,215	6,075
Позначення	B_8	B_9	3_1	3_2	3_3	3_4	-
Допуск, мм	0,12	0,43	1,9	1,1	1,3	1,9	-
Мінімальне значення	4,58	11,785	62,2	13,685	29,94	54,2	
Максимальне значення	4,7	12,215	64,1	14,785	30,24	56,1	
Позначення припусків	Z_{12}	Z_{1112}	Z_{1314}	Z_{56}	Z_{89}		
Мінімальне значення	1,5	1,5	1,5	1,5	1,0		
Максимальне значення	3,32	4,6	4,6	4,85	4,85		

4.6. Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

Визначення значень R_z і T проводимо відповідно до рекомендацій наведених в [14], враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні $R_z=200$ мкм $T=4000$ мкм. При попередньому точінні приймаємо $R_z=100$ мкм, $T=667$ мкм, а на наступному переході відповідно – $R_z=30$, $T=133$ мкм; при чистовому точінні – $R_z=10$ мкм, $T=53$ мкм; при однократному шліфуванні - $R_z=5$ мкм, $T=39$ мкм.

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

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta_{\kappa} d)^2 + (\Delta_{\kappa} l)^2} \quad [\text{мкм}] \quad (4.1)$$

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

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(0.7 \cdot 32)^2 + (0.7 \cdot 23)^2} = 27,6 \text{ (мкм)};$$

$\rho_{\text{зм}}$ – відхилення за рахунок зміщення поверхні з якої знімається припуск, під час самої обробки, відносно технологічних баз, в даному випадкові розміру $\varnothing 32$ (2.2 мм – відповідно до розрахунку заготовки).

Для даної деталі відповідно сумарне значення просторових відхилень складатиме:

$$\rho = \sqrt{27,6^2 + 2200^2} = 2200,7 \text{ (мкм)}$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}, \quad [\text{мкм}] \quad (4.2)$$

де k – коефіцієнт уточнення форми [14].

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 2200,7 = 132 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 132 = 5,2 \text{ (мкм)}.$$

Похибка установки при чорновому точінні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \quad [\text{мкм}] \quad (4.3)$$

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

ε_3 – похибка закріплення, що при установці з пневматичним затиском складає 190 мкм. Відповідно похибка установки:

$$\varepsilon_1 = 190 \text{ (мкм)}$$

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

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0,05 = 190 \cdot 0,05 = 9,5 \text{ (мкм)}$$

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

$$2Z_{imin} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ [мкм]} \quad (4.4)$$

Мінімальний припуск під обробку:

Попереднє точіння:

$$2Z_{1min} = 2(200 + 4000 + \sqrt{2200^2 + 190^2}) = 2 \cdot 6394 \text{ (мкм)};$$

остаточне точіння:

$$2Z_{2min} = 2(100 + 667 + \sqrt{132^2 + 9,5^2}) = 2 \cdot 903 \text{ (мкм)};$$

однократне шліфування:

$$2Z_{3min} = 2(30 + 133 + \sqrt{5,2^2 + 0,4^2}) = 2 \cdot 168 \text{ (мкм)};$$

Однократне шліфування:

$$2Z_{4min} = 2(10 + 53) = 2 \cdot 63 \text{ (мкм)}.$$

Розрахункові розміри

При остаточному розточуванні маємо отримати розмір вказаний на кресленні:

$$d = 32 \text{ (мм)}.$$

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

Для чистового шліфування:

$$d_1 = 32 - 2 \cdot 0,063 = 31,874 \text{ (мм)}.$$

Для чорнового шліфування:

$$d_2 = 31,874 - 2 \cdot 0,168 = 31,548 \text{ (мм)}$$

Для остаточного точіння:

$$d_3 = 31,548 - 2 \cdot 0,903 = 29,994 \text{ (мм)}$$

Для попереднього точіння:

$$d_4 = 29,994 - 2 \cdot 6,394 = 17,506 \text{ (мм)}$$

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

Для тонкого точіння допуск дорівнює – 39 мкм (8 квалітет), для напівчистового точіння, відповідно для 9 квалітету, допуск складає 62 мкм, для попереднього точіння для 11 і 14 квалітетів допуск відповідно рівний – 160 і 620 мкм та для заготовки допуск складає 4000 мкм.

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

Максимальні граничні розміри визначаються шляхом додавання до найменших граничних розмірів допусків відповідних переходів.

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.

Отже, для тонкого точіння:

$$2Z_{\min 5} = 32,039 - 31,927 = 0,112 \text{ мм} = 112 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 5} = 32 - 31,874 = 0,126 \text{ мм} = 126 \text{ (мкм)}$$

для напівчистового точіння:

$$2Z_{\min 3} = 31,927 - 31,681 = 0,246 \text{ мм} = 246 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 3} = 31,874 - 31,548 = 0,326 \text{ мм} = 326 \text{ (мкм)}$$

для чорнового точіння:

$$2Z_{\min 2} = 31,681 - 30,661 = 1,02 \text{ мм} = 1020 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 2} = 31,548 - 29,994 = 1,554 \text{ мм} = 1554 \text{ (мкм)}$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 1} = 30,661 - 25,206 = 5,455 \text{ мм} = 5455 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 1} = 29,994 - 21,206 = 8,788 \text{ мм} = 8788 \text{ (мкм)}$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 4.11.

Для інших циліндричних поверхонь підвищеної точності припуски призначаємо на основі рекомендацій [7-9] і зводимо до таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 – Припуски на циліндричні поверхні

Технологічні пере- ходи обробки пове- рхні	Призначений припуск, мкм $2Z_{\min}$	Розрахунковий розмір, мм d_p	Допуск мм δ	Граничний розмір, мм		Граничні значення при- пусків, мм	
				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Ø100h9							
Заготовка		102,813	2,2	102,813	105,013		
Точіння попереднє	2 · 1200	100,413	0,35	100,413	100,763	2,4	4,25
Точіння остаточне	2 · 250	99,913	0,087	99,913	100	0,5	0,763
Ø105h9							
Заготовка		107,813	2,2	107,813	110,013		
Точіння попереднє	2 · 1200	105,413	0,35	105,413	106,763	2,4	4,25
Точіння остаточне	2 · 250	104,913	0,087	104,913	105	0,5	0,763
Ø45H8							
Заготовка		41,9	1,6	41,9	43,5		
Розточування по- переднє	2 · 1000	43,9	0,25	43,9	44,15	0,65	2
Розточування оста- точне	2 · 250	44,4	0,1	44,4	44,5	0,35	0,5
Розточування то- нке	2 · 200	44,8	0,062	44,8	44,862	0,362	0,4
Розточування ал- мазне остаточне	2 · 100	45	0,039	45	45,039	0,177	0,2

4.7 Визначення режимів різання

Режими обробки деталі – найважливіший фактор протікання технологічного процесу. Режим різання металу містить такі основні елементи [9]:

- 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).

Приведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для свердління отвору М6-7Н (свердлиться отвір $\emptyset 5,5$, після чого нарізується різь).

Аналітичний розрахунок режимів різання для свердління отвору розпочинається із визначення глибини різання, яка рівна половині діаметру отвору, який свердлиться і в даному випадку складає 2,75 мм.

Подачу рекомендують приймати в межах від 0,05 до 0,08 мм/об при заданих умовах обробки. Приймаємо подачу рівною 0,08 мм/об.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^{m_t} s^{y_v}} K_v \quad (4.5)$$

де T - стійкість інструменту, 50 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:

$$C_v=9.8; x_v=0; y_v=0.5; m=0.2, q_v=0.4.$$

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

$$K_v=K_{Mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} \quad (4.6)$$

Всі складові відображають вплив певного фактора на швидкість різання:

K_{Mv} – якість оброблюваної поверхні, 2,03;

K_{uv} – матеріал ріжучої частини, 0,8 (ВК6);

K_{lv} – глибину отвору, що свердлиться, 1.

Отже загальний поправочний коефіцієнт:

$$K=2.03 \cdot 0.8 \cdot 1=1.63$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{9.8 \cdot 5.5^{0.4}}{50^{0.2} 2.75^{0.25^{0.5}}} \cdot 1.63 = 21.38 \text{ (м/хв.)}$$

Крутний момент при свердлінні розраховується за формулою:

$$M=C_m D^{q_m} S^{y_m} K_p \quad (4.7)$$

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

$$C_m=0.03; q_m=2; x_m=0; y_m=0.8.$$

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

$$M = 0.03 \cdot 5.5^2 \cdot 0.08^{0.8} \cdot 0.85 = 0.16 \text{ (Нм)}$$

Осьова сила при свердлінні визначається за формулою:

$$P_o=C_p D^{q_p} S^{y_p} K_p \text{ (Н)} \quad (4.8)$$

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

$$C_p=68; q_p=1; x_p=0; y_p=0.7.$$

З урахуванням цього осьова сила:

$$P_o = 68 \cdot 5.5^1 \cdot 0.08^{0.7} \cdot 0.85 = 434.7$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N=M \cdot n/975$$

(4.9)

де n – число обертів інструмента, що становить:

$$n=1000 \cdot 21,38/3,14 \cdot 5,5 = 440 \text{ (об/хв.)}$$

Потужність:

$$N=440 \cdot 0,16/975=0,01 \text{ (кВт)}.$$

Для всіх переходів механічної обробки кожної з технологічних операцій режими різання призначимо табличним способом, відповідно до рекомендацій виробників інструменту. Отримані результати заносимо до таблиці 4.13

Таблиця 4.13 - Режими різання

Технологічні переходи і робочі ходи	t, мм	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв
1	4	5	6	7
005				
Точити торець 1 однократно, поверхню 2 і 3 попередньо.	1,27	0,4	1120	125,4
	1,5	0,3	1120	125,4
Розточити поверхні 4 і 6 попередньо, поверхню 7 однократно.	1,5	0,3	1500	16,75
Підрізати торець 5 однократно.	1	0,2	1100	104,5
Розточити поверхні 4 і 6 остаточно.	1	0,19	2400	12,43
Точити поверхні 2 і 3 остаточно.	1	0,19	2400	12,43
010				
Підрізати торці 8, 9 і 13 однократно	1,27	0,4	1120	125,4
Точити поверхню 10 однократно	1,5	0,3	1120	125,4
Точити поверхню 11 попередньо.	1,5	0,3	1120	125,4
Точити поверхню 11 остаточно	0,7	0,2	125	24,2
Точити канавку 12 попередньо	1,5	0,3	975	24,2
Точити канавку 12 остаточно	1,0	0,2	975	24,2
015				
Центрувати 4 отвори 7.	3	0,2	2038	31,72
Свердли 4 отвори 7 однократно.	5	0,2	2038	31,72
Нарізати різь в 4 отворах 7.	6	1	545	16,96
020				
Центрувати 3 отвори 15 та отвір 14.	3	0,2	2038	31,72
Свердли 3 отвори 15.	5	0,2	2038	31,72
Свердли отвір 14.	6	1	545	16,96
Нарізати різь в отворі 14.				
Фрезерувати поверхню 16 однократно.	4	0,1	650	78,4
025				
Розточити поверхні 21 і 22 попередньо.	0,5	0,2	2400	12,43
Розточити поверхні 21 і 22 остаточно	0,2	0,1	2400	12,43

4.8 Визначення технічних норм часу

Приведемо приклад аналітично-табличного розрахунку норм часу на операції 020.

Норма штучного часу згідно [8-9] визначається за формулою:

$$T_{\text{ш}} = (T_{\text{ц.а.}} + T_{\text{в}}) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}}}{100}\right) [\text{хв.}], \quad (4.10)$$

де $T_{\text{ц.а.}}$ – час на цикл роботи за програмою, складається із двох складових:

$$T_{\text{ц.а.}} = T_{\text{о}} + T_{\text{мд}} [\text{хв.}], \quad (4.11)$$

$T_{\text{о}}$ – основний час роботи верстата за програмою, $T_{\text{мд}}$ – машинно-допоміжний час.

При свердлінні, розвертуванні тривалість основного часу визначається за формулою:

$$T_{\text{о}} = (l_0 + l_1 + l_2 + l_3) / S_{\text{м}} [\text{хв.}], \quad (4.12)$$

де l_0 – довжина оброблюваної поверхні; l_1 – довжина підводу; l_2 – довжина врізання; l_3 – довжина перебігу; $S_{\text{м}}$ – хвилинна подача. Відповідні значення та результати розрахунку для всіх переходів механічної обробки отворів М6-7Н.

Величину швидкого підводу інструмента від вихідної точки (100 мм), величину корекції для розверток, зенкерів – 10 мм. Величина підводу інструмента в вихідну точку для кожного переходу складається із цих двох величин та довжини холостого ходу, що рівна величині робочого ходу. Відповідно отримаємо для свердління Ø10:

$$T_{\text{мд3}} = (100 + 10 + 27) / 6000 = 0,023 (\text{хв.});$$

Для переходів свердління Ø14:

$$T_{\text{мд4}} = (100 + 10 + 35) / 6000 = 0,024 (\text{хв.});$$

Машинно-допоміжний час на автоматичну зміну інструменту складатиме 0,9 хв.

Відповідно час автоматичної роботи верстата по програмі для операції 020 складатиме:

$$T_{\text{ц.а.}} = (0,15 + 3 \cdot 0,27) + (0,023 + 3 \cdot 0,024) = 1,01 (\text{хв.}).$$

Допоміжний час $T_{\text{в}}$ складається із:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{вуст}} + T_{\text{воп}} + T_{\text{ввим}} [\text{хв.}], \quad (4.13)$$

$T_{\text{вуст}}$ - допоміжний час на установку і зняття деталі, згідно довідника для даної операції складає 0,11 хв;

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

- встановлення заданого взаємного розташування деталі і інструмента по координатам – 0,2 хв;
- перевірку приходу інструмента в задану точку після обробки – 0,12 хв.

$$T_{\text{воп}} = 0,2 + 0,12 = 0,32 \text{ (хв.)};$$

$T_{\text{ввим}}$ – допоміжний час на контрольні вимірювання, що складається в даному випадкові із чотирьох замірів штангенциркулем.

В сумі час затрачений на вимірювальні операції складає:

$$T_{\text{ввим}} = 0,09 \cdot 4 = 0,36 \text{ (хв.)}.$$

Відповідно допоміжний час складатиме:

$$T_{\text{в}} = 0,11 + 0,32 + 0,36 = 0,79 \text{ (хв.)}.$$

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

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{вд}} = 9\% \quad (4.14)$$

Отже норма штучного часу складатиме:

$$T_{\text{ш}} = (1,01 + 0,79) \cdot \left(1 + \frac{9}{100}\right) = 1,96 \text{ (хв.)}.$$

Для інших операцій розрахунки проводяться аналогічно, а норми часу занесено до таблиці 4.14

Таблиця 4.14 – Норми часу

№ операції	Основний час, хв	Штучний час, хв
005	3,1	4,03
010	1,58	2,05
015	0,65	0,88
020	2,01	2,96
025	0,44	0,57

5 ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

5.1. Розрахунок приведеної програми

При серійному типі виробництва можна використати приведену програму для подібних виробів, що дозволить розробляти технологічну документацію відразу на декілька виробів, а точніше розробляється технологічний процес на одну деталь представника, а всі інші приводяться до неї за допомогою коефіцієнта приведення, що визначається за такою формулою:

$$K_{\text{пр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (5.1)$$

де K_1 – коефіцієнт приведення по масі;

K_2 – коефіцієнт приведення по серійності;

K_3 – коефіцієнт приведення по складності.

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{\text{пр}}}\right)^2} \quad (5.2)$$

m_i - маса i -ї деталі, $m_{\text{пр}}$ - маса представника

Для деталі Кришка П.02 отримаємо:

$$K_{11} = \sqrt[3]{\frac{3,7}{7,2}} = 0.8$$

Коефіцієнт приведення по серійності:

$$K_2 = \left(\frac{N_{\text{пр}}}{N_i}\right)^\alpha \quad (5.3)$$

де N -програма випуску представника, програма випуску i -ї деталі, N - показник степені, що складає для середнього машинобудування 0,15, а для важкого машинобудування 0,2.

В даному випадкові отримаємо:

$$K_{21} = \left(\frac{8000}{7150}\right)^{0.15} = 1.02$$

Коефіцієнт приведення по складності:

$$K_3 = \left(\frac{\bar{K}_{Ti}}{\bar{K}_{T.pr.}} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\bar{R}_{ai}}{\bar{R}_{a.pr.}} \right)^{\alpha_2} \quad (5.4)$$

K_{Ti} , $K_{T.pr.}$ - середнє значення точності деталі і представника;
 R_{ai} , $R_{a.pr.}$ - середнє значення шорсткості деталі і представника.
 Для даної деталі коефіцієнт визначається:

$$K_{31} = \left(\frac{13,43}{12,62} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{8,63}{8,61} \right)^{\alpha_2} = \frac{0,74}{0,79} \cdot \frac{0,95}{0,95} = 0,94$$

Коефіцієнт приведення для кришки головної складає:

$$K_1 = 0,8 \cdot 1,02 \cdot 0,94 = 0,767$$

Отримані результати занесено до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Приведена програма виробництва

Найменування деталі	Маса, кг	Програм випуску, шт	Коефіцієнт приведення по			Коефіцієнт приведення	K·N
			масі	точності	серійності		
Кришка П.02	7,2	8000	1	1	1	1	8000
Кришка 1	3,7	7150	0,8	0,94	1,02	0,767	5484
Кришка 2	5,6	15000	0,918	0,891	0,91	0,744	11160
Кришка 3	6,1	10000	0,945	0,98	0,97	0,9	9000
Кришка 4	6,6	12000	0,97	0,975	0,94	0,889	10668
Всього						44312	

Отже при подальших розрахунках кількості обладнання, працівників буде використовуватися приведена програма, тобто проектується ділянка, на якій вироблятиметься дві подібні деталі.

5.2. Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Кількість верстатів визначається за формулою:

$$C_p = T_{пр} / (\Phi_d \cdot m) \quad (5.5)$$

де $T_{пр}$ – сумарна трудомісткість деталей, год;
 Φ_d – ефективний річний фонд часу роботи верстата при роботі в одну зміну, год;

m- кількість робочих змін

Враховуючи проведене раніше нормування часу розраховуємо сумарну трудомісткість деталей:

Відповідно для кожної операції отримаємо:

Операції 005:

$$C_p = 4,03 \cdot 44312 / (60 \cdot 3890 \cdot 0,8) = 0,96$$

Операції 010:

$$C_p = 2,05 \cdot 44312 / (60 \cdot 3890 \cdot 0,8) = 0,49$$

Операції 015:

$$C_p = 0,88 \cdot 44312 / (60 \cdot 3890 \cdot 0,8) = 0,21$$

Операції 020:

$$C_p = 2,96 \cdot 44312 / (60 \cdot 3890 \cdot 0,8) = 0,69$$

Операції 025:

$$C_p = 0,57 \cdot 44312 / (60 \cdot 3890 \cdot 0,8) = 0,14$$

Коефіцієнт завантаження для верстатів 1В340Ф30 складатиме:

$$\eta_3 = 0,96 / 1 = 0,96$$

Отже для виконання всього технологічного циклу із виготовлення партії деталей достатньо прийняти по одному верстатові кожної моделі.

Коефіцієнт використання верстатів за основним часом для верстатів 1В340Ф30 складатиме:

$$\eta_3 = 3,10 / 4,03 = 0,77$$

Аналогічно визначаються коефіцієнти завантаження інших верстатів. Результати розрахунків представлені у вигляді гістограм (рисунок 5.1 і 5.2).

5.3. Розрахунок кількості робітників на ділянці

Кількість робітників-верстатників ділянки механічного цеху може бути підрахована в залежності від трудомісткості за формулою:

$$P = N_{\text{пр}} \cdot T_{\text{шт-к}} / (\Phi_v \cdot K_m) \quad (5.6)$$

де Φ_v – ефективний річний фонд роботи верстатника, год;

K_m – коефіцієнт багатоверстатного обслуговування.

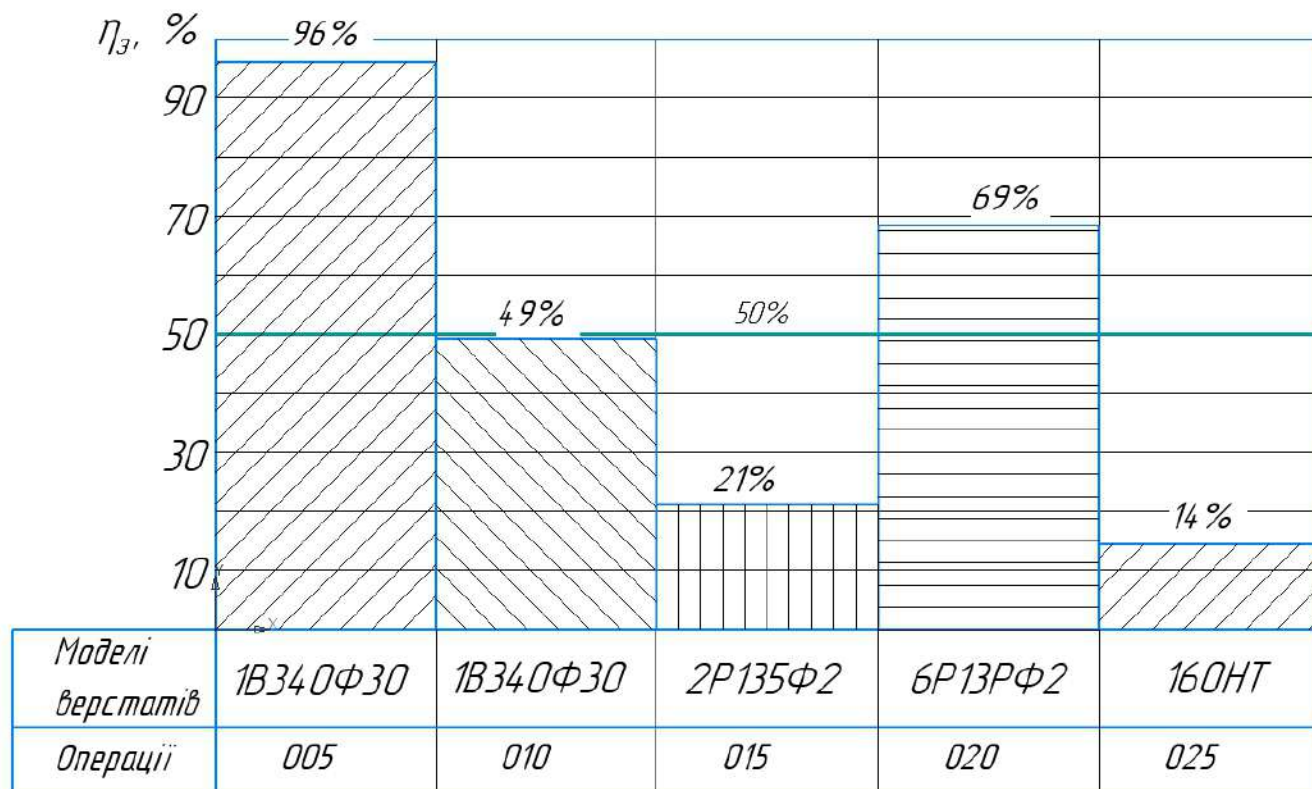


Рисунок 5.1 – Графік завантаження обладнання

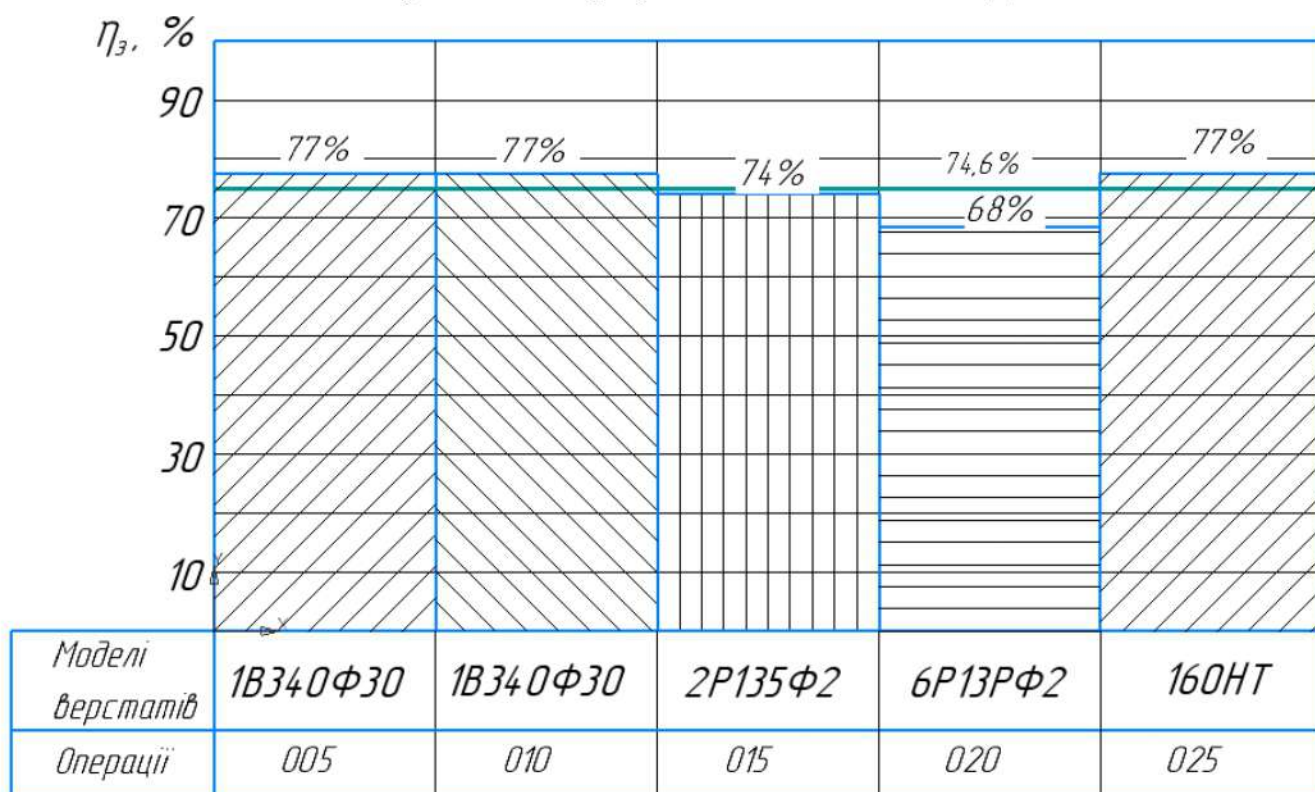


Рисунок 5.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Наприклад для роботи на токарно-револьверному з ЧПК необхідно:

$$P=4,03 \cdot 44312 / (60 \cdot 1840 \cdot 1) = 1,61$$

При розрахункові ефективний фонд роботи верстатника прийнятий рівним 1840 год (тривалість робочої неділі – 41 год, основної відпустки – 18 днів).

Отже, для виконання заданого обсягу роботи необхідно 2 робітники.

Аналогічно поводимо розрахунки для інших операцій, а результати записуємо до таблиці 5.2.

Оскільки вважаємо, що верстати мають довантажуватися іншими деталями, то приймаємо по одному робітнику на кожну іншу операцію.

Згідно таблиці 5.2 сума всіх основних робочих – 6 чол.

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

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

Приймаємо 2 допоміжних робітника.

При середньосерійному виробництві кількість ІТР складає 24-18% від кількості верстатів, тобто:

$$P_{\text{ІТР}} = (0,18 \dots 0,24) \cdot 5 = 0,9 \dots 1,2$$

Приймаємо 2 чол ІТР.

Кількість службовців при серійному виробництві, та при чисельності основних робітників менше 75 чол., складає 2,2% від кількості основних робітників верстатників, отримаємо:

$$P_{\text{СКП}} = 0,022 \cdot 6 = 0,132$$

Приймаємо 1 чол.

Таблиця 5.2 – Кількість робітників –верстатників

Назва операції	Штучно-калькуляційний час, $T_{\text{шт-к}}$	$\Phi_{\text{д}}$, год	$N_{\text{пр}}$	$K_{\text{м}}$	P , чол	$P_{\text{пр}}$, чол
Токарно-револьверна з ЧПК	4,03	1840	44312	1	1,62	2
Токарно-револьверна з ЧПК	2,05			1	0,82	1
Вертикально-свердлильна з ЧПК	0,88			1	0,35	1
Вертикально-фрезерна з ЧПК	2,96			1	1,19	1
Токарна з ЧПК	0,57				0,23	1

Кількість молодшого обслуговуючого персоналу складає 2% від кількості усіх працівників, тобто:

$$P_{\text{МОП}} = 0,02 \cdot (6 + 2 + 1 + 1) = 0,2$$

Приймаємо 1 чол молодшого обслуговуючого персоналу.
Отримані дані занесемо до таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники			6
Допоміжні робітники	20...25%	1,2...1,5	2
ІТР	15...21%	0,9...1,2	1
СКП	2,2%	0,132	1
МОП	2%	0,2	1

Отже на дільниці механічної обробки для виготовлення деталі по запропонованому маршруту механічної обробки, має бути розміщено 5 металорізальних верстатів, які обслуговуються 6 основними робітниками. Крім того для забезпечення нормальної роботи дільниці необхідно ще 5 робітників.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Аналіз умов праці

Аналізуються умови зони механічної обробки заготовки деталі «Кришка П.02». Тут виникає ряд фізичних, хімічних, психофізіологічних і біологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів:

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

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

Фізичними шкідливими виробничими факторами, характерними для процесу, є:

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

За відсутності засобів захисту запиленість повітряного середовища в зоні дихання може перевищувати гранично допустимі концентрації.

До психофізіологічних шкідливих виробничих факторів процесів можна віднести фізичні перевантаження, перенапруження зору, монотонність праці.

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

6.2 Виробнича санітарія

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

6.2.1. Мікроклімат

Якщо за технологічними вимогами, технічними і економічними причинами оптимальні норми не забезпечуються, то встановлюються допустимі величини показників мікроклімату (ГОСТ 12.1.005-88).

Оптимальні і допустимі показники приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Оптимальні і допустимі показники мікроклімату

Період Року	Категорія робіт	Температура, °C		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/хв	
		Оптим.	Доп.	Оптим.	Доп.	Оптим.	Доп.
Холодний	П6	17-19	15-21	40-60	75	0,2	<0,4
Теплий	П6	20-22	16-27	40-60	70-25°	0,3	0,2-0,5

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від відкритих джерел не повинно перевищувати 100 Вт/м^2 за опромінення тіла до 25%. Це забезпечується тим, що працівникам видають спеціальний одяг, який захищає людину від теплового опромінення. Джерела інтенсивного теплового опромінення огорожуються захисними огорожами.

В приміщенні повинна бути встановлена система опалення на холодний період року, а саме: водяне опалення.

6.2.2 Освітлення

Нормування природного освітлення відповідно до СНіП II-4-79:

- характеристика зорової роботи: робота дуже високої точності;
- найменший розмір об'єкту розрізнення: від 0,15 до 0,3 мм;
- розряд зорової роботи: II б;
- вид природного освітлення: бокове;
- КПОн = 2.5% (для суміщеного освітлення КПОн = 1,5%);
- пояс світлового клімату-4 (північніше 50° широти), коефіцієнт світового клімату $m=0,9$;

- оскільки вікна орієнтовані на північ і південь, то азимут 90 , звідки коефіцієнт сонячності $C=0.75$;

- нормоване значення КПО для даного поясу світлового клімату – 1,0125%.

Нормування штучного освітлення:

- характеристика зорової роботи: робота дуже високої точності;
- найменший розмір об'єкту розрізнення; від 0,15 до 0,3мм;
- розряд зорової роботи: II б;
- характеристика фону: середній;
- контраст з об'єктом розрізнення- середній;
- освітленість при загальному освітленні повинна дорівнювати 750лк , при комбінованому 3000 лк,

Використовуємо для місцевого освітлення лампи розжарювання. Природне освітлення проводиться через вікна розмірами 3,5 x 3,2 м.

6.2.3 Шум

На дільниці джерелами шуму є працюючі електродвигуни, шум від рухомих частин обладнання, шум від процесу різання інших джерел. Допустимі рівні звукового тиску у відповідності до СНіП 3223-85 наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Рівні звукового тиску

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгеометричними час- тотами Гц									Рівні звуку та еквівален- тні рівні звуку в дБ
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виконання всіх видів робіт на постійних робочих міс- цях в виробничих примі- щеннях і на території	107	95	87	82	78	78	75	73	71	80

До організаційно-технічних засобів і методів колективного захисту відно-ситься: застосування малoshумного технологічного процесу, оснащення шумних агрегатів засобами дистанційного керування й автоматичного контролю, застосу-вання малoshумних агрегатів, удосконалювання технології ремонту і обслугову-вання, використання раціональних режимів праці і відпочинку робітників.

6.2.4.Вібрації

Має місце локальна вібрація, яка передається через руки робітника, що пра-цює.

За часовою характеристикою – вібрація непостійна. За напрямом дії вібрація відноситься до направленої вздовж осі передпліччя. Санітарні норми спектральних показників вібраційного навантаження на оператора верстата відповідно ГОСТ 12.1012-90 вказані в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Санітарні норми спектральних показників вібраційного наван-таження на оператора верстату

Категорія ві- брації	Характеристика умов праці	Джерела вібрації
3 тип "а"	Технологічні вібрації діючі на операторів стаціонар-ного обладнання або що передається на робочі місця, які не мають джерел вібрації	Електроін-струмент

Таблиця 6.4 – Санітарні норми однотипних показників вібраційного навантаження на оператора

Вид вібрації	Категорії вібрації по санітарних нормах	Напрямок дії	Нормативні і коректовані по частоті і еквівалентні коректовані значення			
			Вібраційне прискорення		Віброшвидкість	
			М/с ²	рівень ДБ	М/с	рівень ДБ
Локальна			2,0	126	2,0	112
Загальна	3"а"	X,Y,Z	0,1	100	0,2	92

Так, як норми показників вібрації не дотримані, то для забезпечення вібробезпеки потрібно використовувати вібродемпфування .

6.3 Техніка безпеки

З метою захисту від можливого отримання травми, пов'язаних з виділенням металічних частинок (стружки, осколків інструмента при його поломці), а також з розбризкуванням змащувально-охолоджувальної рідини при роботі, передбачається і індивідуальний захист працюючого – наявність захисного екрану, захисних окулярів. Робоче місце має бути закрито екраном для запобігання вилітання частинок стружки і уламків інструменту.

6.3.1 Електробезпека

Експлуатація більшості машин пов'язана з використанням електричної енергії.

По ступенем ураження електричним струмом згідно ПУЕ зона належить до приміщень з підвищеною небезпекою ураження людей електричним струмом тому, що підлога бетонна, тобто струмоведуча.

З метою захисту робочих проводять організаційні міри, такі як проведення інструктажів по техніці безпеки (ввідного, первинного, при необхідності повторного – позапланового, цільового), нанесення символів і інших запобіжних надписів на електроустановках. Обладнання підключене до трифазного чотирьох провідного джерела з заземленою нейтраллю змінного струму напругою 220/380В, тому, необхідно використовувати занулення.

6.4 Пожежна безпека

Роботи повинні проводитися у відповідності з типовими правилами пожежної безпеки для промислових підприємств.

Категорії виробництв за пожежною небезпекою варто приймати по спеціальних відомчих переліках, затверджених міністерствами у встановленому порядку згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016.

Дільниці верстатних робіт відносяться до категорії Г виробництв за пожежною і вибуховою небезпекою. Кількість вогнегасників і інших первинних засобів пожежегасіння для таких цехів і дільниць має вибиратися відповідно до зазначених вище типових правил.

Приміщення, у яких виконуються роботи, повинні бути побудовані з елементів конструкцій за IV категорією протипожежної безпеки (протипожежна стійкість не менше 2 годин).

Місця, відведені для установки устаткування, повинні бути очищені від легкозаймистих матеріалів у радіусі не менше 5 м.

Таблиця 6.5 – Ступінь вогнестійкості, допустима кількість поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку будівлі

Категорія будівлі	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості будівлі	Площа поверху в межах пожежного		
			Одноповерхових	Багатоповерхових	
				2	3 і більше
Г	6	Не обмеж.	Не обмеж.	Не обмеж.	Не обмеж.

Таблиця 6.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у год.) і максимальні межі розповсюдження полум'я по них (у см) для даного ступеня вогнестійкості будівель

Ступінь вогнестійкості	Стіни				Колони	Східчаті площадки і клітки, косоури	Плити, настили, інші несучі конструкції перекриттів	Елементи покриття	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі				Плити, настили	Балки, ферми, рами
Па	1/0	0,5/0	0,25/40	0,25/40	0,25/0	1/0	0,25/0	0,25/25	0,25/0

У чисельнику – межі вогнестійкості будівельних конструкцій, у знаменнику – межі розповсюдження полум'я по них.

Найбільш прийнятним способом пожежогасіння для дільниці верстатних робіт є спосіб розбавлення. Він полягає у тому, що за концентрації кисню у повітрі до 14-18% горіння припиняється. Досягається це за рахунок введення в повітря інертних газів, головним чином вуглекислого. Вуглекислим газом можна гасити все, включаючи електроустановки, що знаходяться під напругою. Для пожежогасіння використовують рідку вуглекислоту. В якості ручних вуглекислотних вогнегасників застосовуються ОУ-2, ОУ-5 та ОУ-8.

За рекомендаціями технічних вимог з експлуатації в приміщеннях, де відбуваються роботи, необхідно мати вогнегасники ОУ-5 в кількості не менше 4 шт.

Відстань до евакуаційних виходів для категорії приміщень Г та Па ступеня вогнестійкості не обмежується густиною людського потоку в загальному проході. Ширина шляхів евакуації у світлі повинно бути не менше 1 м, дверей – не менше 0,8 м. Висота проходу на шляхах евакуації повинна бути не менше 2 м.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській дипломній роботі розроблено маршрут механічної обробки для деталі "Кришка П.02", в якому використовується обладнання із ЧПК. Визначено тип виробництва, який є дрібносерійним. Відповідно до матеріалу, маси та типу виробництва обрано два способи отримання заготовки – лиття у піщано-глинисті форми і відцентрове групове лиття, за техніко-економічним порівнянням обрано кращим способом отримання заготовки лиття в піщано-глинисті форми.

Враховуючи форму заготовки, попередньо обрані технологічні бази та кількість ступенів механічної обробки побудовано маршрут механічної обробки. Для визначення технологічних розмірів, припусків і уточнення розмірів заготовки виконано розмірний аналіз. 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 – 6. На ділянці має працювати 13 робітників. Верстати здебільшого завантажені, середній коефіцієнт завантаження верстатів складає 45 %. Необхідно довантажувати верстат високої точності 160НТ і суміщати вертикально свердлильні операції на одному верстаті.

В розділі охорони праці проведені розрахунки, оцінити вплив виробничих факторів на безпеку роботи працівників та обладнання.

В графічній частині виконано креслення деталі та заготовки, показано у вигляді таблиці маршрут механічної обробки та показані схеми та таблиці, що пояснюють розмірний аналіз технологічного процесу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 2391:2010. Система технологічної документації. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 2010-12-09]. Вид. офіц. Київ, 2010. 35 с.
2. Лапковський С.В., Солдатова М.О. Кількісна оцінка технологічності. Materiály VII Mezinárodní vědecko-praktická konference “Zprávy vědecké ideje — 2011”. Díl 20. Technické vědy. Praha. Publishing House „Education and Science” s.r.o. — 2011. Str. 27 — 29.
3. Лапковський С.В., Савлюк С.А., Солдатова М.О. Кількісне оцінювання технологічності. Вісник НТУУ «КПІ»: Серія Машинобудування, №64, 2012. С. 150-155.
4. Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. В. Савуляк, О. В. Сердюк. Механо-складальні дільниці та цехи в машинобудуванні [Текст]: практикум. Вінниця : ВНТУ, 2016. 148 с.
5. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Пурдик В. П. Технологія машинобудування. Курсове проектування [Текст]: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2013. 123 с.
6. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Гаряче об'ємне штампування [Текст] : навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк , І. О. Сивак, С. В. Дусанюк, С. В. Репінський. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 106 с.
7. ДСТУ 8981:2020. Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення. [Чинний від 2021-05-01]. Вид. офіц. Київ, 2020. 16 с.
8. М. І. Іванов, Ж. П. Дусанюк, С. В. Дусанюк та ін. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування [Текст]: навчальний посібник. – Вінниця: Глобус-Прес, 2011. 200 с.
9. ДСТУ ISO 286-2:2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 2. Таблиці квалітетів стандартних допусків і граничних відхилів отворів і валів (ISO 286-2:1988, IDT). [Чинний від 2003-10-01]. Вид. офіц. Київ, 2003. 47 с.
10. ДСТУ ISO 286-2:2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилів та посадок. [Чинний від 2003-10-01]. Вид. офіц. Київ, 2003. 15 с.
11. Ткачук К. Н. Основи охорони праці [Текст]: підручник / [К.Н. Ткачук та ін.]. Київ: Основа, 2003. 472 с.
12. ДБНВ.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013.
13. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
14. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
15. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.

Додатки

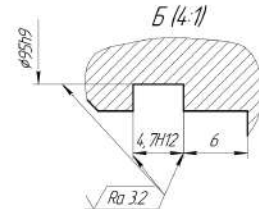
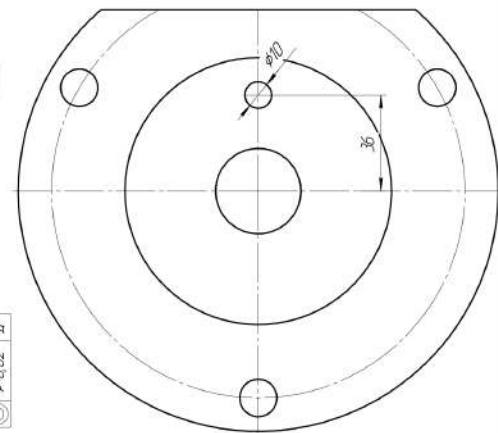
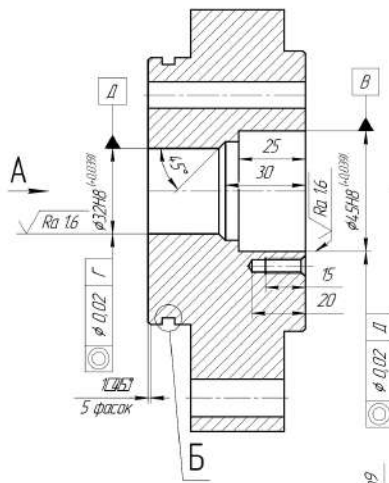
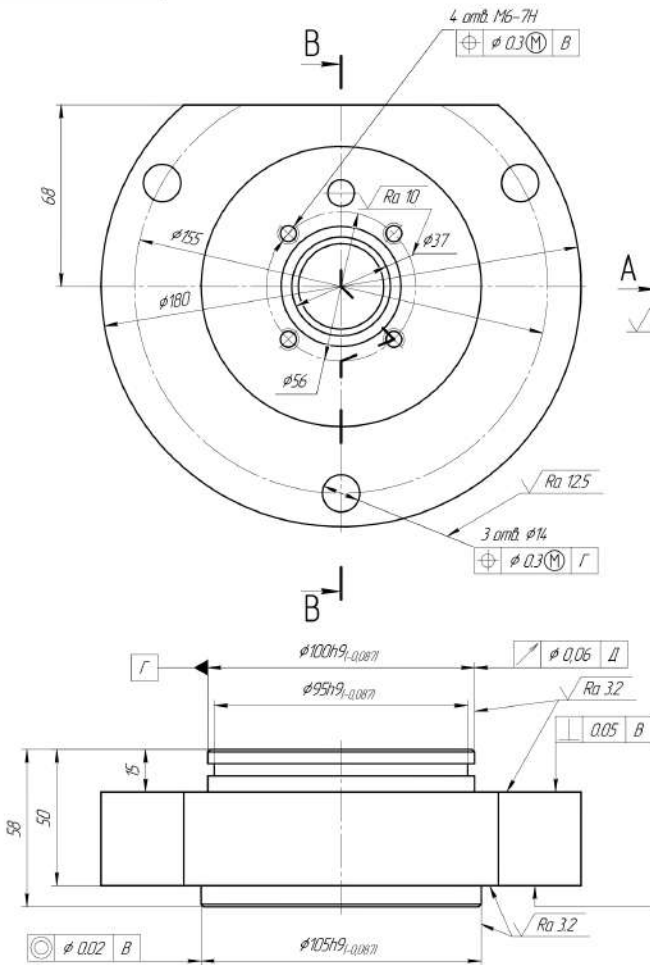
Додаток А
Графічна частина

08-64.БДР.04.00.00.001

√ Ra 125 (✓)

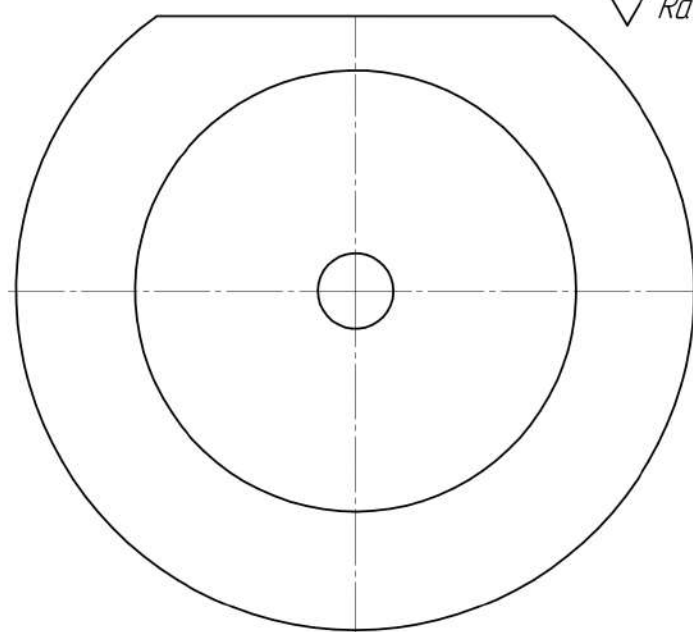
Б-Б

А (1:1)



- Наличие раковин и трещин у вилыжки не допускается.
- Перед механической обработкой вилыжки выдолбить.
- НН, НН, ± 2 .

08-64.БДР.04.00.00.001			
Исполн.	Провер.	Утверд.	Дата
Кришка П.02	08.06.25	08.06.25	08.06.25
Материал	Сталь 25Л ГОСТ 2657-2005	ВНТУ, гр. 1ПМ-23мс	Коррозия
Масса	7,2	11	1
Длина	7,2	11	1
Ширина	7,2	11	1
Высота	7,2	11	1
Толщина	7,2	11	1
Длина	7,2	11	1
Ширина	7,2	11	1
Высота	7,2	11	1
Толщина	7,2	11	1

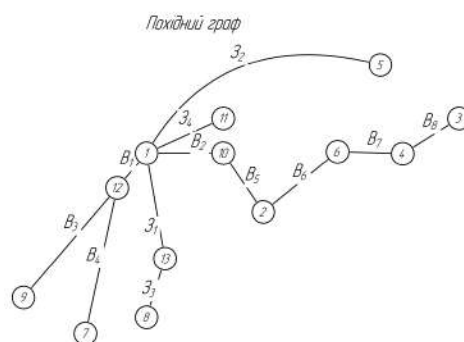
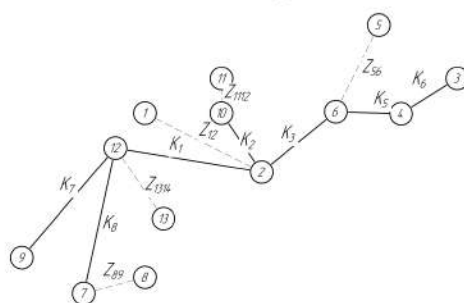
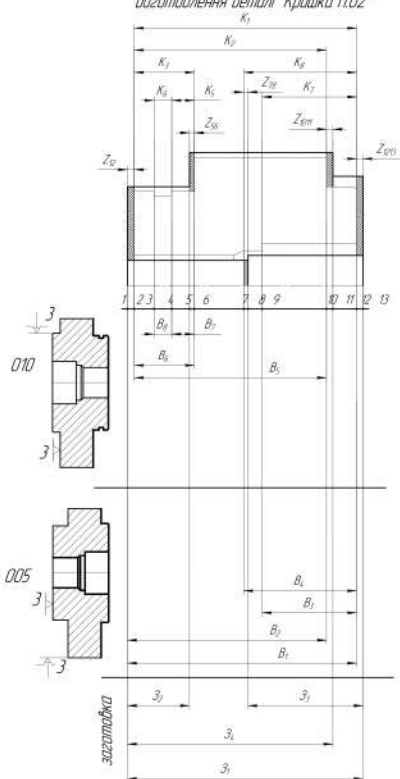


3. Невказані на кресленні радіуси заокруглень 8-10 мм, формувальні нахили 1-20.

				08-64.БКР.04.00.00.002				
Кім. лист	Д.Павлюк	Підп.	Дата	Кришка ПО2 (вильовик в піщано-глинисті форми)		Лист	Масо	Масштаб
Розроб	Павлюк Ю.С.		16.06.25					1:1
Проб	Савуляк В.В.		16.06.25					
Г.контр.						Лист	Листов	1
Н.контр.	Лозинський Д.О.		16.06.25	Сталь 25Г ГОСТ 977-75		ВНТУ, гр.17М-23мс		
Утв.	Козлов А.Г.		16.06.25					
				Копіявал		Формат А3		

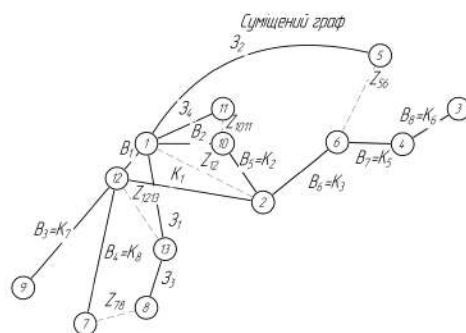
1994-1995	1995-1996	1996-1997	1997-1998
1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002
2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006
2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014
2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018
2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022
2022-2023	2023-2024	2024-2025	2025-2026
2026-2027	2027-2028	2028-2029	2029-2030
2030-2031	2031-2032	2032-2033	2033-2034
2034-2035	2035-2036	2036-2037	2037-2038
2038-2039	2039-2040	2040-2041	2041-2042
2042-2043	2043-2044	2044-2045	2045-2046
2046-2047	2047-2048	2048-2049	2049-2050
2050-2051	2051-2052	2052-2053	2053-2054
2054-2055	2055-2056	2056-2057	2057-2058
2058-2059	2059-2060	2060-2061	2061-2062
2062-2063	2063-2064	2064-2065	2065-2066
2066-2067	2067-2068	2068-2069	2069-2070
2070-2071	2071-2072	2072-2073	2073-2074
2074-2075	2075-2076	2076-2077	2077-2078
2078-2079	2079-2080	2080-2081	2081-2082
2082-2083	2083-2084	2084-2085	2085-2086
2086-2087	2087-2088	2088-2089	2089-2090
2090-2091	2091-2092	2092-2093	2093-2094
2094-2095	2095-2096	2096-2097	2097-2098
2098-2099	2099-2100	2100-2101	2101-2102
2102-2103	2103-2104	2104-2105	2105-2106
2106-2107	2107-2108	2108-2109	2109-2110
2110-2111	2111-2112	2112-2113	2113-2114
2114-2115	2115-2116	2116-2117	2117-2118
2118-2119	2119-2120	2120-2121	2121-2122
2122-2123	2123-2124	2124-2125	2125-2126
2126-2127	2127-2128	2128-2129	2129-2130
2130-2131	2131-2132	2132-2133	2133-2134
2134-2135	2135-2136	2136-2137	2137-2138

Вихідний граф

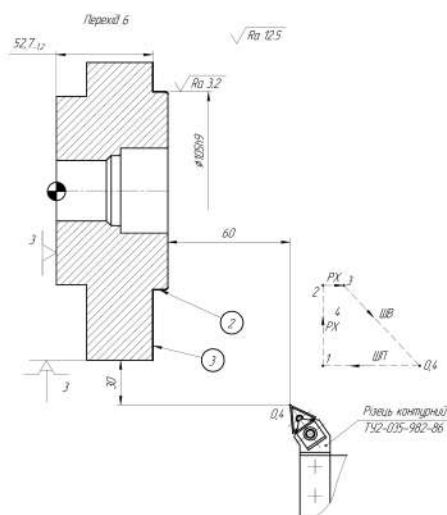
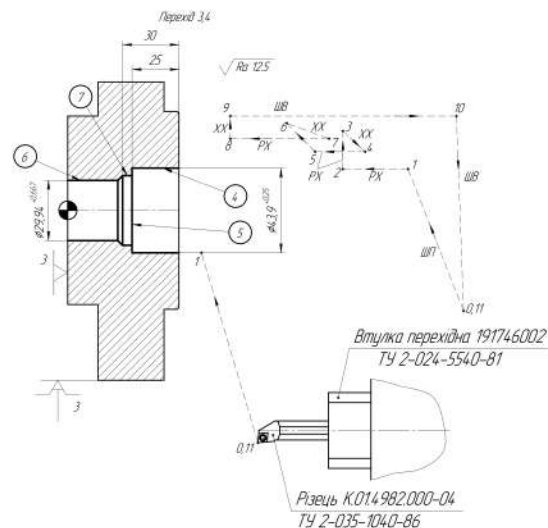


Технологический процесс для сборки							
Получения	В1	В2	В3	В4	В5	В6	В7
Допуск, мм	1,2	1,2	0,52	0,52	0,62	0,4	0,3
Минимально значение	59,5	51,5	24,74	29,74	57,36	14,785	5,985
Максимально значение	60,7	52,7	25,26	30,26	58	15,215	6,075
Получения	В1	В2	В3	В4	В5	В6	В7
Допуск, мм	0,12	0,43	1,9	1,1	1,2	1,9	-
Минимально значения	4,58	13,785	62,3	13,885	29,94	54,2	-
Максимально значения	4,7	14,215	64,3	14,785	30,26	56,1	-

Позначення припусків	δ_{11}	δ_{101}	δ_{120}	δ_{14}	δ_{20}
Мінімальне значення	1,5	1,5	1,5	1,5	1,0
Максимальне значення	3,32	4,6	4,6	4,85	4,85



					08-64.БДР.04.00.500			
Исполн	Г.И.Иванов	Иванов	Иванов		Результат анализа технологического процесса			
Исполн	Г.И.Иванов	Иванов	Иванов		Иван	Иван	Иван	11
Исполн	Г.И.Иванов	Иванов	Иванов		Иван	Иван	Иван	1
Исполн	Г.И.Иванов	Иванов	Иванов		ВНТ, гр. ИТ-23с			
Исполн	Г.И.Иванов	Иванов	Иванов		Иванов			

[illegible]

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Технологічний процес механічної обробки деталі типу «Кришка П.02»

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота

Підрозділ кафедра технологій та автоматизації машинобудування

(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 29.61%

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- ☐ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- ☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Леонід КОЗЛОВ, завідувач кафедри ТАМ, гарант ОПП

(ім'я, прізвище, посада)

_____ (підпис)

Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ, доцент кафедри ТАМ

(ім'я, прізвище, посада)

_____ (підпис)

Особа, відповідальна за перевірку _____
(підпис)

Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ
(ім'я, прізвище)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник _____
(підпис)

Віктор САВУЛЯК
(ім'я, прізвище, посада)

Здобувач _____
(підпис)

Юрій ПОЛІХУН
(ім'я, прізвище)