

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

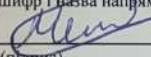
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Бакалаврська кваліфікаційна робота

на тему:

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ ТС.02»

Виконав: студент 4 курсу, групи ІПМ-216
спеціальності 131 – Прикладна механіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

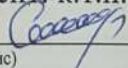
 Сергій ТКАЧУК
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

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

 Віктор САВУЛЯК
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

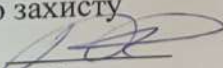
« 06 » 06 2025 р.

Рецензент: к.т.н., доц. каф. АТМ

 Євген СМІРНОВ
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

« 13 » 06 2025 р.

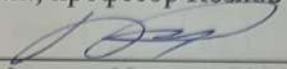
Допущено до захисту

Зав. кафедри 

« 9 » 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 року

Вінницький національний технічний університет
 Факультет машинобудування і 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 мехатронні системи в машинобудуванні»

ЗАТВЕРДЖУЮ
 завідувач кафедри ТАМ
 д.т.н., професор Козлов Л.Г.

 « 20 » 03 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ткачуку Сергію Ігоровичу
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи): Технологічний процес механічної обробки деталі «Фланець ТС.02»

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

затверджені наказом ВНТУ від « 20 » 03 2025 року № 97.

2. Строк подання студентом проекту (роботи): 16.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі: Фланець ТС.02 (додаток А)
Матеріал: Ал 8 ГОСТ 2685-75
Програма випуску: 18500 шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Визначення типу виробництва і форми організації роботи.

2. Аналіз конструкції і технологічності деталі.

3. Вибір способу виготовлення заготовки.

4. Розробка маршруту механічної обробки.

5. Розрахунок елементів дільниці механічної обробки.

6. Охорона праці

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

1. Робоче креслення деталі.

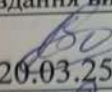
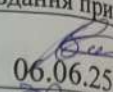
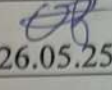
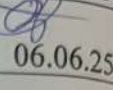
2. Робоче креслення заготовки;

3. Маршрут механічної обробки деталі;

4. Розмірний аналіз технологічного процесу;

5. Карта налагоджень.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

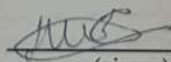
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Савуляк В.В., доцент кафедри ТАМ	 20.03.25р	 06.06.25р
Охорона праці	Березюк О.В., професор кафедри БЖД ПБ	 26.05.25р	 06.06.25р

7. Дата видачі завдання « 20 » 03 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітки
		початок	закінчення	
	Формування та затвердження теми бакалаврської кваліфікаційної роботи (БКР)	18.03.25р	20.03.24р	
	Виконання спеціальної частини БКР. Перший рубіжний контроль виконання БКР	22.04.25р	25.04.25р	
	Виконання спеціальної частини БКР. Другий рубіжний контроль виконання БКР	26.05.25р	28.05.25р	
	Виконання розділу «Охорона праці»	26.05.25р	06.06.25р	
	Перевірка на антиплагіат	05.06.25р	09.06.25р	
	Нормоконтроль БКР	09.06.25р	10.06.25р	
	Попередній захист БКР	10.06.25р	11.06.25р	
	Рецензування БКР	12.06.25р	13.06.25р	
	Захист БКР	17.06.25р.	19.06.25р.	

Студент


(підпис)

Ткачук С.І.

Керівник роботи


(підпис)

Савуляк В.В.

ЗМІСТ

АННОТАЦІЯ.....	5
ABSTRACT.....	6
ВСТУП	7
1 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА І ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ	8
2 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ І ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛІ	12
3 ВИБІР СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ	16
4 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	24
4.1 Аналітичний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Фланець».....	26
4.2 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь.....	26
4.3 Вибір чистових і чорнових технологічних баз	29
4.4 Проектування маршруту механічної обробки.....	30
4.5 Розмірний аналіз технологічного процес	32
4.6 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів	39
4.7 Визначення режимів різання та технічних норм часу	44
5 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ...	49
5.1 Розрахунок проведеної програми	49
5.2 Визначення кількості верстатів	50
5.3 Розрахунок кількості робітників на дільниці	51
6 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	55
ВИСНОВКИ.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	68
ДОДАТКИ	70
ДОДАТОК А (обов'язковий). Графічна частина.....	71

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 69 сторінок формату А4, на яких є 11 рисунків, 31 таблиця, список використаних джерел містить 12 найменувань.

Метою цієї бакалаврської кваліфікаційної роботи є розроблення технологічного маршруту для механічної обробки деталі типу «Фланець ТС.02».

У межах дослідження здійснено оцінку технологічності конструкції деталі, обґрунтовано вибір методу отримання заготовки з урахуванням техніко-економічного аналізу можливих варіантів, виконано обчислення припусків на обробку, сформовано послідовність технологічних операцій та проведено аналіз розмірних зв'язків у процесі обробки.

Графічна частина містить: робоче креслення деталі та заготовки, візуалізовану схему технологічного маршруту механічної обробки, а також ілюстрації з таблицями, що демонструють результати розмірного аналізу.

Розділ, присвячений питанням охорони праці, висвітлює чинники, які негативно впливають на здоров'я працівників, їхнє джерело та наслідки дії, а також способи нормування таких факторів у виробничому середовищі. Подано рекомендації щодо покращення умов праці та наведено основні вимоги пожежної безпеки на підприємстві.

Ключові слова: фланець, механічна обробка, кокільне лиття, нормування припусків, маршрут обробки.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 69 A4 pages, which have 11 figures, 31 tables, the list of sources used contains 12 items.

The purpose of the work is designing of the technological process of mechanical machining of a part “Flange TS.02”.

The paper presents an analysis of the manufacturability of the design of the part, the selected method of obtaining the workpiece taking into account the technical and economic comparison of options, calculations of processing allowances, designed process, performed dimensional analysis of the process.

The graphic part presents a working drawing of the part, the workpiece, a graphical representation of the route of machining of the part and a diagram with tables explaining the dimensional analysis of the technological process.

In the chapter of labour protection such questions are processed as the reasons of occurrence, influence on a human organism and rationing of harmful and dangerous production factors in a production facility; a map of working conditions; recommendations on improvement of working conditions, and also the norms of fire safety are considered.

Keywords: flange, machining route, die casting, dimensional analysis, program of production.

ВСТУП

Забезпечення високої якості продукції досягається шляхом відповідності характеристик технологічного процесу та його результатів встановленим стандартам. Під технологічним процесом розуміють складову частину виробничого процесу, яка полягає у послідовному змінюванні геометричних параметрів, форми, зовнішніх ознак або внутрішніх властивостей виробу.

Процес проєктування технологічної послідовності загалом охоплює такі етапи: опрацювання вхідних даних для розробки технології; аналіз і інтерпретація робочого креслення; створення технологічного варіанту креслення; оцінка технологічності конструкції; вибір способу та типу заготовки; визначення методів обробки окремих поверхонь; розрахунок припусків та розмірів по операціях; обґрунтування та вибір базування; формування маршруту обробки; призначення режимів різання; оформлення документації технологічного процесу.

У межах даної кваліфікаційної роботи бакалавра розроблено повний технологічний процес виготовлення деталі типу «Фланець ТС.02».

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та вирішено такі задачі:

- здійснено повний технологічний аналіз конструкції деталі, включаючи якісну та кількісну оцінку;
- обрано оптимальні методи обробки поверхонь;
- обґрунтовано вибір чорнових і чистових баз;
- розроблено маршрут механічної обробки;
- виконано розмірний аналіз запроєктованого процесу;
- проведено аналітичний розрахунок припусків для обробки;
- визначено режими різання відповідно до обраного обладнання;
- здійснено нормування операцій у межах усього процесу виготовлення.

1 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ ФОРМИ ВИРОБНИЦТВА

Існує декілька основних способів встановлення типу виробництва, зокрема: табличний – на основі кількості виробів, що випускаються; наближений – на основі досвіду; узагальнений – визначається за коефіцієнтом закріплення операцій відповідно до ДСТУ ГОСТ 3.1121:2003 [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.

Відповідно до стандартного підходу, для визначення коефіцієнту закріплення операцій встановлюють характерні переходи механічної обробки. Для деталі «Фланець ТС.02» характерні переходи механічної обробки встановлені згідно креслення деталі і типових способів їх обробки. Ці переходи занесені до таблиці 1.1. Для них, за наближеними формулами, розраховано основний час механічної обробки $T_{осн}$ та штучно-калькуляційний час $T_{шт-к.}$. Зокрема, штучно-калькуляційний час обраховують

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

де φ_K – коефіцієнт, що враховує тип обладнання і серійність виробництва (орієнтовно можна визначити за програмою випуску і масою деталі).

Кількість верстатів необхідна для обробки зазначеної програми випуску визначається за виразом

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

де N – річна програма випуску деталі «Фланець ТС.02»;

F_d – дійсний фонд роботи обладнання ($F_d = 3890$ год.);

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

Показник фактичного завантаження устаткування отримують, поділивши кількість обладнання, визначену розрахунком, на кількість, що була обрана для використання.

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

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

P_i – кількість верстатів для виконання даної операції (прийнята кількість верстатів або робочих місць отримується шляхом заокруглення до більшого цілого значення розрахункової кількості).

Кількість операцій, які виконуються на i -му переході:

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

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

Кількість операцій, яку можливо реалізувати сумарно на всіх задіяних верстатах $\sum O_i$:

$$\sum O_i = 10.25 + 11.59 + 13.33 + 13.11 + 5.86 = 54.14$$

На підставі розрахованого коефіцієнта закріплення операцій (див. таблицю 1.1), встановлено, що виробництво належить діапазону середньосерійного типу. Це узгоджується з попередньо визначеним типом виробництва, отриманим за наближеним методом, який враховує масу деталі та річну програму її виготовлення.

Усі числові значення, що стосуються визначення коефіцієнта закріплення операцій, зведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Розрахунок коефіцієнту закріплення операцій для характерних переходів обробки деталі «Фланець ТС.02»

№	Переходи	T ₀ , хв.	φ _к	T _{шк} , хв.	Розрахункова кількість верстатів
1	Точіння поверхні 1 попередньо	0.58	1,36	0.8	0.077
2	Точіння поверхні 1 остаточно	0.51		0.69	0.07
3	Розточування поверхні 5 поперед.	0.44		0.6	0.061
4	Розточування поверхні 5 остаточ.	0.45		0.61	0.062
5	Свердління 10 отворів 2 і 3	0.89	1.55	1.38	0.137

Продовження таблиці 1.1

№	Прийнята кількість верстатів	η _{з.ф.}	Кількість операцій	Коефіцієнт закріплення операцій
1	1	0.077	10.24	10.82
2	1	0.07	11.6	
3	1	0.061	13.3	
4	1	0.062	13.1	
5	1	0.137	5.87	

1.2. Визначення форми організації робіт

Спосіб організації виробничого процесу вибирається залежно від необхідного обсягу добового виготовлення виробів $[N_{\partial}]$ та розрахункової потужності лінії $[Q_{\partial}]$. У разі, коли продуктивність існуючої виробничої лінії значно перевищує запланований добовий обсяг продукції, застосовується груповий метод обробки [2], який полягає в періодичній зміні виду виробів, що обробляються після обробки партії певної величини.

$$N_{\partial} = \frac{N_{np}}{254} = \frac{18500}{254} = 72.5 \text{ (шт.)}. \quad (1.6)$$

$$Q_{\partial} = \frac{F_{\partial}}{T_{шт-к.сер.} \cdot \eta_3} \text{ [шт.]}, \quad (1.7)$$

$$\text{де } T_{\text{шт-к.сер.}} = \frac{\Sigma T_{\text{шт-к.}}}{n} = \frac{0.795+0.694+0.601+0.612+1.376}{5} = 0.824 (\text{хв}).$$

середній штучно-калькуляційний час на виконання операції.

$$Q_d = \frac{3890}{0,824 \cdot 0,8} = 5973 (\text{шт.}).$$

Базуючись на наведених вище умовах, вибираємо групову форму організації виробничого процесу. Оскільки при такому підході деталі запускаються у виробництво циклічно, виникає необхідність встановити розмір партії деталей, яка буде одночасно надходити на обробку:

$$n = \frac{N_{np} \cdot a}{254} [\text{шт.}],$$

де a – періодичність запуску партій деталей в роботу.

$$n = \frac{18500 \cdot 12}{254} = 875 (\text{шт.}).$$

Таким чином необхідно запускати деталі з періодичністю 12 днів у кількості виробів в партії – 875 штук.

2 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛІ

2.1. Якісний та кількісний аналіз технологічності деталі «Фланець ТС.02»

2.1.1. Якісний аналіз

Деталь «Фланець ТС.02» виконує функцію конструктивного елемента у складі редуктора та виготовляється у межах серійного типу виробництва. Її конструкція вирізняється простотою: присутні стандартні отвори та канавка з уніфікованими параметрами, а геометрія не містить зон, що потребують складної або спеціальної обробки. Усі оброблювані поверхні забезпечують вільний доступ для використання універсального металообробного інструменту.

Параметри точності виготовлення – включно з допусками на лінійні розміри, шорсткість поверхонь, відхилення форми та взаємного розташування елементів – відповідають технічним вимогам до функціонування деталі у складі виробу та не викликають внутрішніх суперечностей.

Контроль усіх заданих на кресленні розмірів може здійснюватися за допомогою загальноприйнятих вимірювальних засобів без необхідності застосування спеціального контрольного оснащення.

Для забезпечення надійного базування в технологічному процесі можуть бути використані поверхні: торці з діаметрами Ø65H7 та Ø72h8. Введення додаткових (штучних) технологічних баз не передбачається, що спрощує підготовку до обробки.

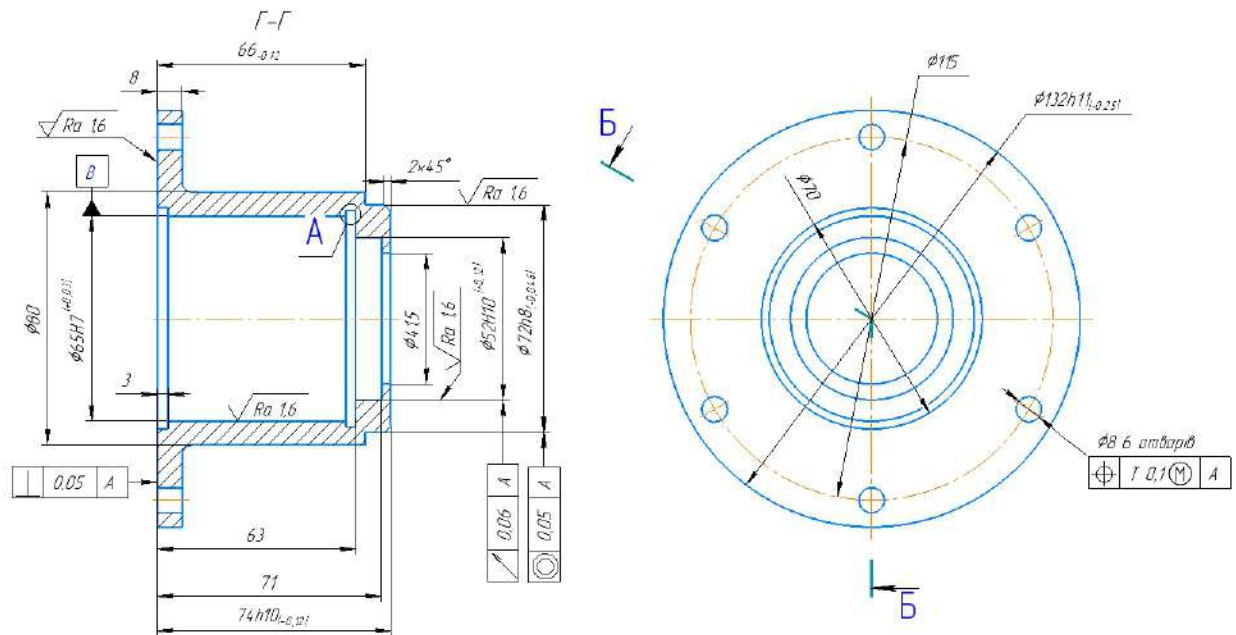


Рисунок 2.1 – Деталь «Фланець ТС.02»

На основі аналізу експлуатаційних умов вузла, обсягу річного випуску продукції та конструктивних особливостей елемента можна зробити висновок, що дана деталь не потребує спрощення конструкції або її модифікації. Існуюча геометрія цілком відповідає технічним та виробничим вимогам.

У процесі розробки креслення та перевірки відповідності між допустимими відхиленнями розмірів, параметрами шорсткості, геометричними відхиленнями та взаємним розташуванням поверхонь встановлено, що всі ці показники узгоджені та відповідають чинним нормам і технічним вимогам.

В якості основної базової поверхні при обробці використовується внутрішній отвір $\text{Ø}65\text{H}7(+0,03)$. Базування на цю поверхню дозволяє забезпечити точний контроль параметрів форми, взаємного розміщення елементів, показників шорсткості, а також низки лінійних і діаметральних розмірів.

Зовнішня циліндрична поверхня $\text{Ø}72\text{h}7(-0,03)$ разом із суміжним торцем застосовується як технологічна база для обробки решти поверхонь виробу, зокрема – лінійних та діаметральних розмірів, не охоплених попереднім етапом контролю.

Таблиця 2.3 – Радіуси заокруглень

Радіуси заокруглень	5	10	0.5	1.6	0.5	Кількість розмірів – 5
Уніфіковані розміри	5	10	0.5	1.6	0.5	Кількість уніфікованих розмірів – 5

Таблиця 2.4 – Параметри шорсткості поверхонь

Шорсткість поверхні, мкм	Кількість поверхонь	Сумарна шорсткість
1.6	6	6×1.6=9.6
6.3	57	6.3×57=359.1

Усереднене значення шорсткості поверхонь деталі «Фланець ТС.02»

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_s}{\sum n_s} = \frac{(6 \cdot 1.6) + (57 \cdot 6.3)}{6 + 57} = 5.85; \quad (2.2)$$

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{1}{5.85} = 0.171 < 0.32.$$

За цим показником деталь також технологічна.

Таблиця 2.5 – Параметри точності поверхонь

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
7	3	7×3 = 21
8	1	1×8 = 8
10	1	1×10 = 10
11	1	1×11 = 11
14	57	57×14 = 798
Всього	63	848

Середня точність поверхонь деталі

$$T_c = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{n} = \frac{848}{63} = 13.45; \quad (2.3)$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_c} = 1 - \frac{1}{13.45} = 0.928 > 0.8. \quad (2.4)$$

За показником точності деталь також технологічна.

Оскільки всі умови технологічності виконуються, то, в цілому за кількісними ознаками деталь технологічна.

Підсумовуючи кількісний і якісний аналіз технологічності деталі «Фланець ТС.02» можна зробити висновок, що деталь в цілому технологічна та не потребує змін.

3 ВИБІР СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ

З огляду на конструктивну форму деталі, її матеріал (АЛ8), вагові характеристики та серійний тип виробництва, найбільш раціональним способом виготовлення заготовки є метод лиття. Такий вибір обґрунтований добрими ливарними властивостями сплаву АЛ8, що забезпечує якісне формування поверхонь та мінімізацію дефектів [4].

Для отримання заготовки деталі «Фланець ТС.02» можуть бути застосовані такі технології лиття:

- лиття у піщано-глинисті форми — як універсальний і доступний варіант для серійного виробництва;
- лиття у кокіль — доцільне при потребі підвищення точності та зниження шорсткості поверхні;
- лиття в оболонкові форми — можливе при підвищених вимогах до розмірної точності та якості зовнішньої поверхні.

Таблиця 3.1 – Кількісна характеристика способів лиття деталі «Фланець ТС.02»

Спосіб лиття	Маса вилівки, кг	Товщина стінок, мм	Точність розмірів, квалітет	Шорсткість поверхні, мкм
В піщано- глинисті форми	10...1000	>3	14...17	320...80
В кокіль	0,1...50	>3	12..15	80...20
В оболонкові форми	0,1..80	2...4	12...15	160...10

На основі порівняльного аналізу доступних методів отримання литих заготовок, для виготовлення деталі обрано лиття в кокіль як найбільш доцільний варіант. Цей спосіб забезпечує належний рівень точності та якості поверхні, що відповідає вимогам серійного виробництва та геометричній складності виробу.

При визначенні базових параметрів точності ливарної заготовки враховувалися рекомендації, наведені в [4], зокрема примітки до відповідних таблиць, які регламентують вибір параметрів точності залежно від типу виробництва та конструктивної складності деталі. Оскільки виготовлення є середньосерійним, а виливок має середню складність, з доступного діапазону значень обрано параметри вище за середній рівень точності, які наведено в таблиці 3.2.

Відповідно до положень ДСТУ 8981:2020 [5], для ливарної заготовки встановлено допуски на розміри, форму, розташування поверхонь, а також інші регламентовані характеристики. Підсумкові дані та результати розрахунків представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.2 – Вихідні параметри заготовки деталі «Фланець ТС.02» для лиття кокіль

Вихідні дані	Діапазон параметру	Прийнято
Клас розмірної точності	5 – 9	7
Ступінь жолоблення елементів виливки	3 – 6	5
Ступінь точності поверхні виливка	5 – 10	6
Шорсткість поверхонь виливка	Ra = 6,3 мкм	
Клас точності маси	3 – 10	7
Ряд припусків	1 – 4	3

Таблиця 3.3 – Ливарні розміри та допуски поверхонь для лиття в кокіль

Лиття в кокіль	8	58	80	Ø41,5	66 ^{+0,1}	63	74 ^{+0,12}	Ø65 ^{+0,03}	Ø72 ^{-0,03}	Ø80	Ø132 ^{-0,25}
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Допуски розмірів	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.2	0.7	0.8	0.9	1

Продовження таблиці 3.4

Допуски форми чн розміщення	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.4
Допуски зміщення по площині роз'єму (перекіс, зміщення)	–	–	–	0.4	–	–	–	0.4	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	0.32	0.32	0.32	–
Допуски маси	6.4											
Допуски нерівностей	0.16											
Загальний допуск	0.75		0.9	1	1	1	1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.6
Припуск мінімальний	0.3											
Припуск загальний	0.9	–	1.4	1.9	2.2	2.2	2.2	2.8	2.8	–	–	2.6
Кількість переходів механічної обробки												
По точності розмірів	1	–	1	1	3	1	3	4	4	–	–	2
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	–	–	–	2	2	2	2	2	2	–	–	–
Прийнята кількість переходів	1	–	1	2	2	2	2	3	3	–	–	2
Розміри заготовки	11,1		82,4	Ø37.7	70.4	63	78,4	Ø59.4	Ø77.6	Ø80		Ø137.1

Мінімальний припуск на механічну обробку призначається з урахуванням рекомендованого ряду стандартних значень, що відповідають умовам виготовлення литих заготовок.

Кількість переходів механічної обробки визначається відповідно до вимог до точності обробленої поверхні та базується на співвідношенні між допусками на розміри вилівка та готової деталі. Згідно з методичними рекомендаціями, вибір здійснюється за наступним алгоритмом:

- Для розміру Ø65 допуском на готову деталь – 0,03 мм;
- Допуск на відповідний розмір вилівка становить 1,4 мм;
- Визначаємо співвідношення допусків: $0,03 / 1,4 \approx 0,021$

Відповідно до нормативних таблиць, при такому співвідношенні обирається чотири переходи обробки, що відповідає категорії тонкої механічної обробки.

Аналогічно вибираємо для всіх інших розмірів: $8 \rightarrow 1$ перехід (однократна обробка); $58 \rightarrow 1$ перехід (однократна обробка); $\varnothing 41.5 \rightarrow 1$ перехід (однократна обробка); $66^{+0.1} \rightarrow 3$ переходи (остаточний та 2 попередніх переходи); $63 \rightarrow 1$ перехід (остаточний та попередній переходи); $74^{+0.12} \rightarrow 3$ переходи (остаточний та 2 попередніх переходи); $\varnothing 72_{-0.03} \rightarrow 4$ переходи (остаточний та 3 попередніх переходи); $\varnothing 132_{-0.25} \rightarrow 2$ переходи (остаточний та попередній переходи);

– Кількість переходів при механічній обробці також залежить від точності, яку необхідно забезпечити з точки зору геометричної форми та взаємного розташування поверхонь. Розрахунок проводиться на основі співвідношення між допусками геометричних параметрів деталі та відповідного розміру виливка.

Для розміру $\varnothing 65$ із допуском на форму та розміщення $0,06$ мм, а також допуском відповідного розміру виливка $1,4$ мм, визначаємо співвідношення: $0,06 / 1,4 \approx 0,043$.

Згідно з методичними таблицями, при такому значенні співвідношення призначається три переходи обробки, що відповідає категорії чистової механічної обробки.

Аналогічно вибираємо для всіх інших розмірів:

$\varnothing 41.5 \rightarrow 2$ переходи (остаточний та попередній переходи); $66^{+0.1} \rightarrow 3$ переходи (остаточний та 2 попередніх переходи); $63 \rightarrow 3$ переходи (остаточний та 2 попередніх переходи); $74^{+0.12} \rightarrow 3$ переходи (остаточний та 2 попередніх переходи); $\varnothing 72_{-0.03} \rightarrow 3$ переходи (остаточний і 2 попередніх переходи).

1. Для зовнішніх діаметральних поверхонь припуск подвоюється і додається до номінального розміру готової деталі:

- $\varnothing 132 \rightarrow \varnothing 132 + (2.6 \times 2) = \varnothing 137.2$
- $\varnothing 72 \rightarrow \varnothing 72 + (2.8 \times 2) = \varnothing 77.6$

2. Внутрішні діаметри.

Для внутрішніх отворів загальний припуск також подвоюється, але віднімається від готового розміру:

- $\varnothing 41.5 \rightarrow \varnothing 41.5 - (1.9 \times 2) = \varnothing 37.7$
- $\varnothing 65 \rightarrow \varnothing 65 - (2.8 \times 2) = \varnothing 59.4$

3. Лінійні розміри.

Під час визначення лінійних розмірів заготовки необхідно враховувати, які саме поверхні пов'язані цим розміром:

- Якщо розмір зв'язує дві поверхні, що підлягають обробці, то загальний припуск подвоюється і додається до розміру деталі.

- Якщо ж лінійний розмір пов'язує дві поверхні, одна з яких не обробляється, додається лише одне значення припуску.

$$\begin{array}{ll} 8 \rightarrow 8 + 0.9 \cdot 2 = 9.8; & 58 \rightarrow 58 + 1.4 \cdot 2 = 60.8; \\ 63 \rightarrow 63 + 1.2 \cdot 2 = 65.4; & 66 \rightarrow 66 + 1.2 \cdot 2 = 68.4; \\ 74 \rightarrow 74 + 2.2 \cdot 2 = 78.8; & \end{array}$$

Мінімально допустима товщина стінок визначається згідно з нормативними рекомендаціями та залежить від таких факторів, як матеріал деталі, маса виливка і технологія лиття. Для обраного способу – лиття в кокіль – при використанні алюмінієвого сплаву АЛ8 рекомендована мінімальна товщина стінки становить 3,6 мм.

Радіуси заокруглень між поверхнями деталі вибираються відповідно до рекомендованих значень, що залежать від середнього значення товщин з'єднаних стінок і матеріалу виливка. Такий підхід дозволяє забезпечити належну текучість розплаву, уникнути концентрацій напружень і дефектів у зоні переходу стінок.

Таблиця 3.5 – Ливарні радіуси заокруглень

$\frac{(S + S_1)}{2}$	Кут між спряженими елементами	Радіус заокруглень
$(7.5+8)/2=7.75$	90^0	3
$(16+8)/2=12$	90^0	5
$(16+7.5)/2=11.75$	90^0	4

Приймаємо радіуси заокруглень 3...5 мм.

Формотворні нахили передбачаються з метою забезпечення вільного видалення моделі з форми, а також легкого вилучення стрижнів після затвердіння виливка. Кут нахилу залежить від висоти елемента та технологічних вимог до точності поверхонь.

Розрахунок висот для визначення формувальних нахилів:

- $h_n = \frac{132}{2} = 66$ мм; $h_n = \frac{132-80}{2} = 26$ мм; $h_n = \frac{135-72}{2} = 31,5$ мм;
- $h_n = \frac{135-80}{2} = 27,5$ мм; $h_n = \frac{72}{2} = 36$ мм; $h_n = 43$ мм;
- $h_n = 54 - 43 = 11$ мм.

З урахуванням зазначених висот та типу лиття, оптимальні значення формувальних нахилів становлять $1-3^\circ$, що відповідає стандартним рекомендаціям для лиття в кокіл з використанням алюмінієвих сплавів.

Мінімально допустимий діаметр отвору в литій заготовці визначається залежно від товщини прилеглих стінок, а також властивостей сплаву та обраної технології лиття. Для його обчислення застосовується емпірична залежність (формула з [4]), яка дозволяє визначити, який отвір можна відлити без ризику утворення дефектів або втрати міцності.

$$d_{\min} = d_0 + 0,1 \cdot S \text{ [мм]}; \quad (3.1)$$

де d_0 – вихідний діаметр, мм;

S – товщина стінки, мм.

Базовий вихідний діаметр для оцінки можливості лиття отворів залежить від матеріалу заготовки. Для алюмінієвого сплаву АЛ8 приймаємо початкове значення $d_0=7$ мм.

Використовуючи емпіричну формулу (3.1) обрахуємо мінімально допустимі діаметри отворів, що можуть бути відлиті без подальшої механічної обробки:

- для розміру $\varnothing 65$ мм $\rightarrow 11.3$ мм;
- для розміру $\varnothing 8$ мм $\rightarrow 7.8$ мм;
- для розміру $\varnothing 41.5$ мм $\rightarrow 8.1$ мм.

Таким чином, усі передбачені конструкцією отвори підлягають литтю, однак діаметр $\varnothing 8$ мм є граничним. Через конструктивні обмеження ливарної форми (зокрема — унеможливлення зняття виливка без пошкодження форми) для отворів $\varnothing 8$ мм призначаються технологічні напуски, що будуть дооброблятися механічно.

У той час як великі отвори, зокрема $\varnothing 65$ мм та $\varnothing 41,5$ мм, формуються за допомогою центрального стрижня у рознімній кокільній формі, що дозволяє забезпечити високу точність без потреби в додатковій обробці.

Для оцінки маси заготовки було побудовано об'ємну CAD-модель, яка базується на конструктивних розмірах, зазначених у таблиці 3.3. На основі отриманих геометричних параметрів та щільності матеріалу АЛ8, маса заготовки становить $m=0.96$ кг.

Об'ємна модель заготовки деталі «Фланець ТС.02» наведена на рисунку 3.1.

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = Q_{\text{дет}} / Q_{\text{заг}} = 0,6 / 0,96 = 0,625.$$

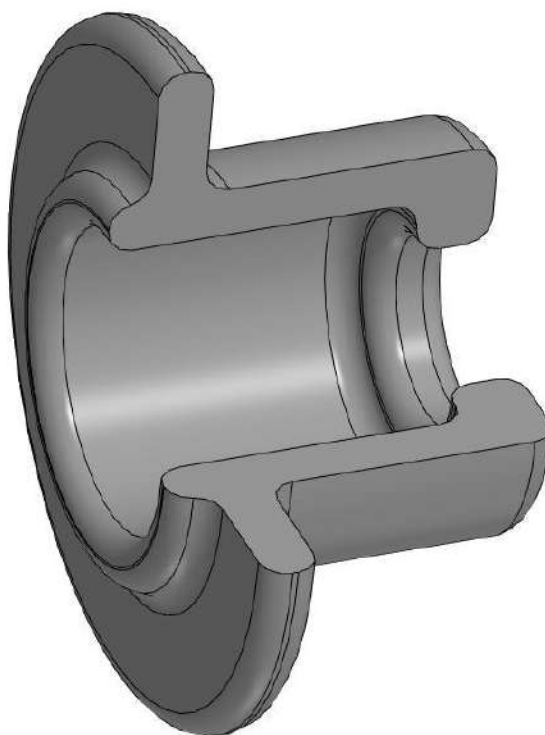


Рисунок 3.1 – Об'ємна модель заготовки деталі «Фланець ТС.02»

4 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

4.1. Аналітичний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Фланець»

Деталь «Фланець ТС.02» за своєю формою та ознаками може бути віднесена одночасно до класу стаканів і фланців. Оскільки деталі типу «Фланець» мають різноманітнішу механічну обробку, то будемо аналізувати їх. Основними технологічними базами більшості деталей типу «Фланець» є торцеві поверхні фланців, а також внутрішні та зовнішні циліндричні поверхні, що забезпечують точне встановлення та орієнтацію деталі під час обробки.

Зовнішні поверхні таких деталей зазвичай обробляються на токарних верстатах, а також на горизонтальних і вертикальних фрезерних верстатах, зокрема із використанням багатоцільових верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), що забезпечує підвищену точність і продуктивність.

На рисунку 4.1 зображено ескіз деталі типу «Фланець», яка за геометричними характеристиками близька до деталі «Фланець ТС.02». У таблиці 4.1 наведено типовий маршрут механічної обробки подібної деталі, який може бути використаний як основа для розробки технологічного процесу виготовлення нашого виробу.

Таблиця 4.1 – Типовий маршрут обробки деталі «Фланець»

№ п/п	Зміст або найменування операції	Обладнання	Оснащення
005	Лиття	—	—
010	Обробка та очищення виливка	—	—
015	Точити торці Ø130js6/ Ø90H7 та А, точити поверхню Ø130js6, розточити отвір Ø85 та Ø90H7 з точінням внутрішнього торця Ø90H7/ Ø85	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий пневматичний патрон

Продовження таблиці 4.1

№ п/п	Зміст або найменування операції	Обладнання	Оснащення
020	Точити торець $\varnothing 190$ і $\varnothing 144/\varnothing 116$, точити поверхню $\varnothing 190$ та конічну поверхню $\varnothing 144 \times 45^\circ$	Теж саме	Трикулачковий пневматичний патрон
025	Термічна обробка	»	Теж саме
030	Точити торці $\varnothing 130_{js6}/\varnothing 90H7$ остаточно, точити поверхню $\varnothing 130_{js6}$ з точінням торця А під шліфування, фаски, канавки остаточно. Розточити отвір $\varnothing 90H7$ з точінням внутрішнього торця $\varnothing 90H7/\varnothing 85$ та отвір $\varnothing 85$ під тонке розточування, канавки 3х $\varnothing 96$ остаточно, притупити гострі кромки	»	Трикулачковий пневматичний патрон
035	Точити торці $\varnothing 144/\varnothing 116$, точити поверхню $\varnothing 190$, конічну поверхню $\varnothing 144 \times 45^\circ$ остаточно. Розточити отвір $\varnothing 90H7$ з точінням торця $\varnothing 90H7/\varnothing 85$ під тонке розточування виточки $\varnothing 116$ та канавки 3х $\varnothing 96$	»	Трикулачковий пневматичний патрон

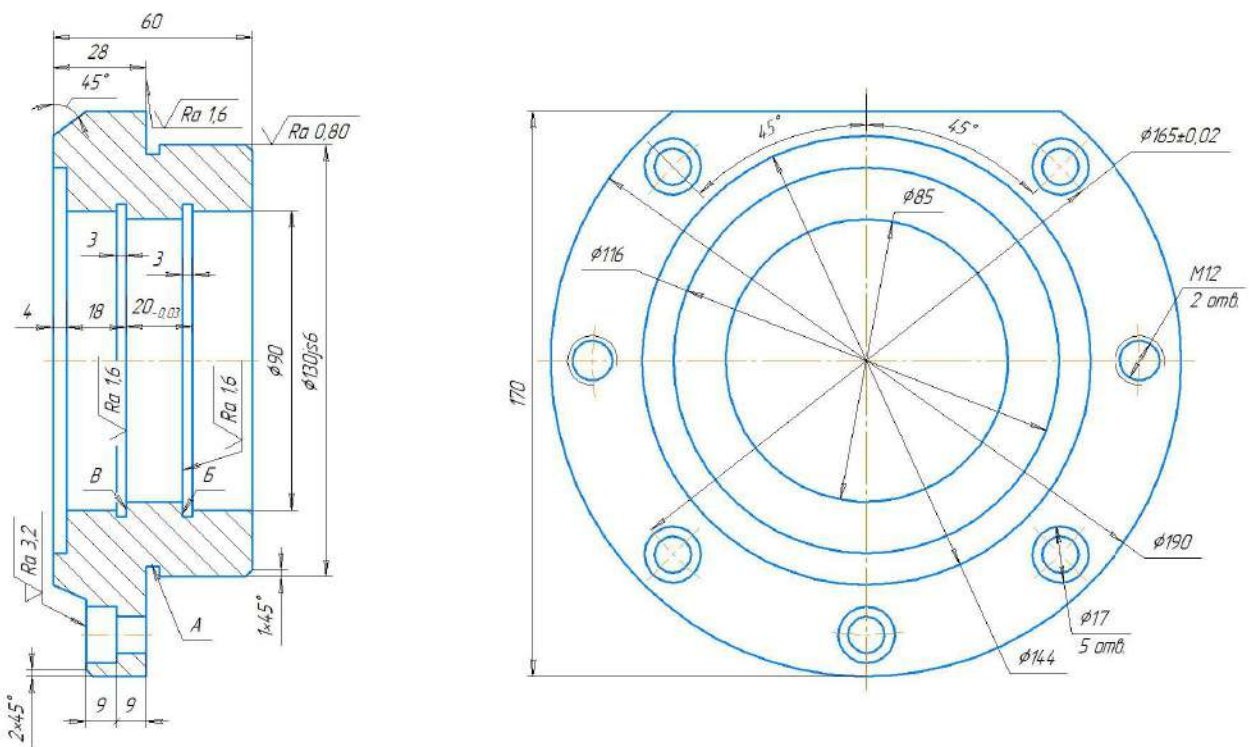


Рисунок 4.1 – Ескіз типової деталі «Фланець»

Продовження таблиці 4.1

40	Свердлити п'ять отворів Ø11, два отвори Ø10,2 під різь М12, зенкувати п'ять отворів Ø11/Ø17, фаски 2x24, нарізати різь М12. фрезерувати лиски в розмір 170	Багатоцільовий вертикальний фрезерно-свердильний ГФ2171	Налагодження УСНО
045	Зачистити заусенці	Машина для зняття заусенців	
050	Розточувати два отвори Ø90Н7 з точінням торців Б і В, отвору Ø85 до Ø85Н7 (технологічно)	Алмазно-розточний (спеціальний)	Установочне пристосування
055	Шліфувати Ø130js6 з шліфуванням торця 4	Круглошліфувальний напівавтомат 3У131ВМ	Спеціальна оправка

4.2 Вибір послідовності та кількості переходів обробки окремих поверхонь

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

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

де ε_{Σ} – загальне уточнення; ε_i – окремі ступені уточнення; n – число ступенів обробки; T_3 , – допуск заготовки; T_d , – допуск деталі; T_i – окремого ступеня обробки.

Проведемо приклад розрахунку кількості переходів для розміру Ø72-0,03. Загальне уточнення поверхні під час обробки:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_3}{T_D} = \frac{1,8}{0,03} = 60. \quad (4.2)$$

Відповідно до рекомендацій приймаємо ступені уточнення на переходи механічної обробки :

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

Допуск для кожного з переходів складатиме:

$$T_1 = 1,8/5 = 0,36 \text{ мм};$$

$$T_2 = 0,36/4 = 0,09 \text{ мм};$$

$$T_3 = 0,09/2,5 = 0,036 \text{ мм};$$

$$T_4 = 0,036/1,2 = 0,03 \text{ мм}.$$

У результаті поетапної механічної обробки внутрішньої циліндричної поверхні досягається поступове підвищення точності: після першого переходу формується поверхня з 13-м квалітетом точності, після другого — 11-й, після третього — 8-й, а на завершальному, четвертому етапі — 7-й квалітет.

З огляду на геометричні характеристики оброблюваної ділянки доцільним є застосування методу різання, зокрема — операції точіння, яка забезпечує необхідний рівень точності та чистоти поверхні.

Інформацію щодо обраних методів механічної обробки, а також кількості переходів для обробки інших поверхонь деталі, систематизовано в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Розмір	Загальне уточнення	Кількість ступенів обробки	Допуск	Квалітет	Вид механічної обробки
1	2	3	4	5	6
$\varnothing 65^{+0.03}$	$\varepsilon_{\Sigma} = 60$	$\varepsilon_1 = 5$	$T_1 = 0.36$	13	попереднє точіння
		$\varepsilon_2 = 4.5$	$T_2 = 0.09$	11	попереднє точіння
		$\varepsilon_3 = 2.5$	$T_3 = 0.036$	9	попереднє точіння
		$\varepsilon_4 = 1.2$	$T_4 = 0.03$	7	остаточне точіння
$\varnothing 132_{-0.25}$	$\varepsilon_{\Sigma} = 4$	$\varepsilon_1 = 3.2$	$T_1 = 0.3125$	12	попереднє точіння
		$\varepsilon_2 = 1.25$	$T_2 = 0.25$	11	остаточне точіння

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6
Ø70	$\varepsilon_{\Sigma} = 3.4$	$\varepsilon_1 = 3.4$	$T_1 = 0.74$	14	однократне точіння
Ø65 ^{+0.03}	$\varepsilon_{\Sigma} = 60$	$\varepsilon_1 = 5$	$T_1 = 0.36$	13	попереднє точіння
		$\varepsilon_2 = 4.5$	$T_2 = 0.09$	11	попереднє точіння
		$\varepsilon_3 = 2.5$	$T_3 = 0.036$	9	попереднє точіння
		$\varepsilon_4 = 1.2$	$T_4 = 0.03$	7	остаточне точіння
Ø41.5	$\varepsilon_{\Sigma} = 2.25$	$\varepsilon_1 = 2.25$	$T_1 = 0.62$	14	однократне точіння
Ø51.5 ^{+0.12}	$\varepsilon_{\Sigma} = 42$	$\varepsilon_1 = 5$	$T_1 = 1$	14	попереднє точіння
		$\varepsilon_2 = 4.5$	$T_2 = 0.22$	12	попереднє точіння
		$\varepsilon_3 = 1.9$	$T_3 = 0.12$	10	остаточне точіння
74 ^{-0.12}	$\varepsilon_{\Sigma} = 12$	$\varepsilon_1 = 4$	$T_1 = 0.35$	14	попереднє точіння
		$\varepsilon_2 = 2.5$	$T_2 = 0.14$	12	попереднє точіння
		$\varepsilon_3 = 1.2$	$T_3 = 0.12$	10	остаточне точіння
66 ^{+0.1}	$\varepsilon_{\Sigma} = 14$	$\varepsilon_1 = 5$	$T_1 = 0.28$	14	попереднє точіння
		$\varepsilon_2 = 2$	$T_2 = 0.14$	12	попереднє точіння
		$\varepsilon_3 = 1.4$	$T_3 = 0.1$	10	остаточне точіння
63	$\varepsilon_{\Sigma} = 2.25$	$\varepsilon_1 = 2.25$	$T_1 = 0.62$	14	однократне точіння
71	$\varepsilon_{\Sigma} = 1.9$	$\varepsilon_1 = 1.9$	$T_1 = 0.74$	14	однократне точіння
58	$\varepsilon_{\Sigma} = 2.25$	$\varepsilon_1 = 2.25$	$T_1 = 0.62$	14	однократне точіння
8	$\varepsilon_{\Sigma} = 3.9$	$\varepsilon_1 = 3.9$	$T_1 = 0.36$	14	однократне точіння

4.3 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

На завершальних етапах механічної обробки доцільно застосувати схему базування, що відповідає використанню трьохкулачкового самоцентруючого патрона. У якості упорної (позиційної) бази використовується торцева поверхня, а як напрямна база — зовнішня циліндрична поверхня діаметром Ø72. Такий підхід забезпечує надійне позиціонування деталі під час обробки.

За цієї установки стає можливим виконання остаточної обробки більшості зовнішніх циліндричних поверхонь, а також базового отвору, які надалі використовуватимуться як чистові базові поверхні для наступних операцій.

Умовна схема базування та перелік оброблюваних у цьому положенні поверхонь наведені на рисунку 4.2.

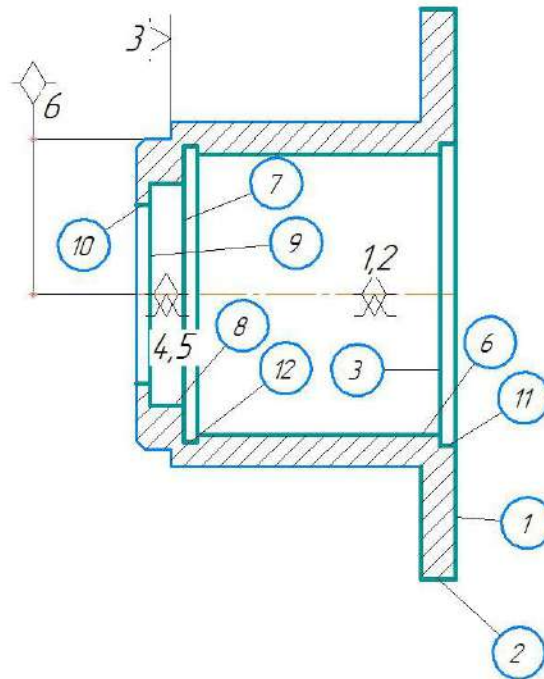


Рисунок 4.2 – Ескіз чистових технологічних баз

Для чорнової обробки на першій операції 005 в якості баз вибираються зовнішня циліндрична поверхня діаметром $\varnothing 132$, що виконує роль направляючої бази, та торцева поверхня, яка слугує упорною базою. Така схема базування відповідає конструкції трюхкулачкового самоцентруючого патрона.

Застосування цього комплекту баз дозволяє ефективно обробити наступні поверхні: торець (позначений як 1), фланець (2), циліндричну поверхню (3) та фаску (4). Ілюстрація схеми базування наведена на рисунку 4.3.

Оброблені в цій операції поверхні будуть надалі використовуватись як чистові технологічні бази, що забезпечить надійний зв'язок між обробленими і ще необробленими ділянками деталі.

Впровадження запропонованих схем базування гарантує досягнення необхідного рівня точності механічної обробки.

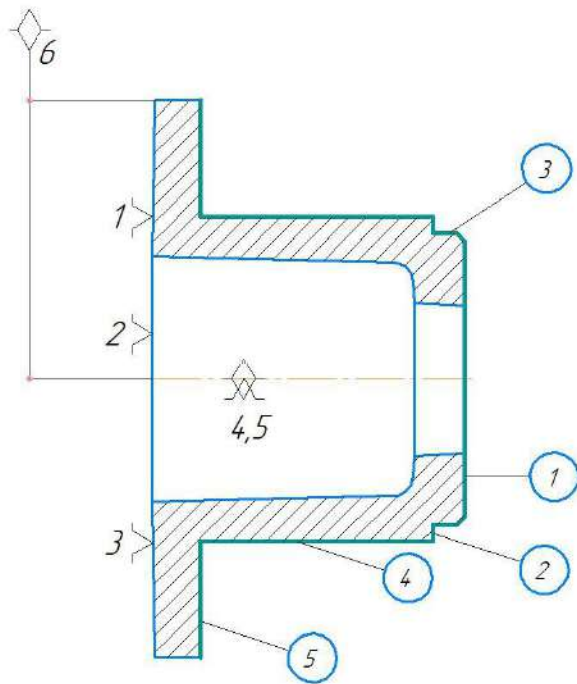


Рисунок 4.3 – Ескіз чорнових технологічних баз

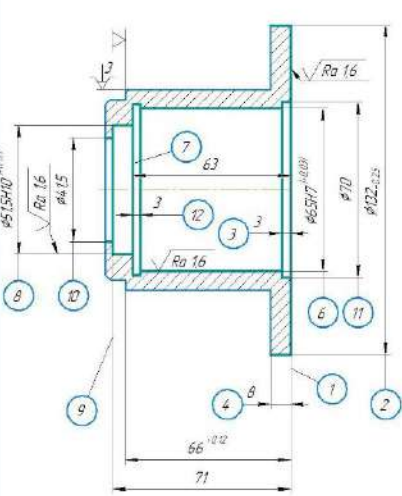
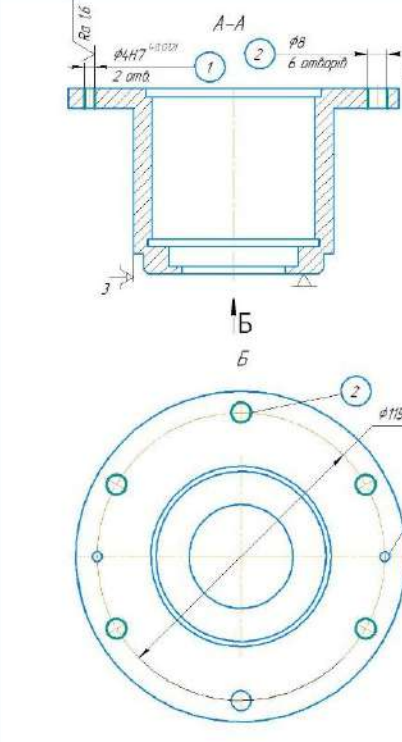
4.4 Розробка маршруту механічної обробки

Проект технологічного маршруту механічної обробки деталі «Фланець ТС.02» зводимо до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Маршрут механічної обробки деталі «Фланець ТС.02»

№ оп-ї	Операції і переходи	Ескіз та схеми установки	Тип обладнання
005	Токарна ЧПК 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Точити по контуру пов. 1, 2, 3 попередньо, 5 і 6 остаточно. 3. Точити по контуру пов. 3 попередньо, пов. 1, 2 остаточно. 4. Точити пов. 3 попередньо 5. Точити пов. 3 остаточно 6. Точити пов. 4 однократно 7. Зняти деталь		Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В34.0Ф3

Продовження таблиці 4.3

010	Токарна ЧПК 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Точити пов. 1 попередньо 3. Точити пов. 1 остаточно 4. Точити по контуру пов. 2 попередньо пов. 4, однократно 5. Точити пов. 2 остаточно 6. Точити по контуру пов. 6, 8 попередньо, пов. 3, 7, 9, 10 однократно 7. Точити по контуру пов. 6, 8 попередньо 8. Точити по контуру пов. 6 попередньо, пов. 8 остаточно 9. Точити пов. 6 остаточно 10. Точити пов. 11 однократно 11. Точити канавку 12 однократно 12. Зняти деталь		Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1834.0Ф.3
015	Свердильна ЧПК 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Центрувати 2 отв. 1 і 6 отв. 2 однократно. 3. Свердлити 2 отв. 1 однократно 4. Свердлити 6 отв. 2 однократно 5. Зенкерувати 2 отв. 1 однократно 6. Розвернути 2 отв. 1 однократно 7. Зняти деталь		Вертикально-свердильний верстат з ЧПК 2Р135Ф2-1

4.5. Розмірний аналіз технологічного процесу

4.5.1 Розміщення технологічних розмірів

Технологічні розміри встановлюються з урахуванням мінімізації похибок при базуванні, а також з метою забезпечення їх зручного та точного контролю за допомогою універсальних вимірювальних інструментів. Зокрема, розміри

B_7 та B_6 поєднують два торцеві поверхні, що дає змогу здійснити простий і надійний контроль, наприклад, за допомогою штангенциркуля. При цьому деталь фіксується у трьохкулачковому самоцентруючому патроні, який забезпечує точну співвісність оброблених циліндричних поверхонь.

Подібним чином, розміри B_8 і B_9 зв'язують між собою поверхні, що утворюються в рамках одного встановлення, що фактично виключає похибки, пов'язані з базуванням. Ці розміри також зручні для контролю універсальними вимірювальними засобами, що полегшує та прискорює процес перевірки.

Розміри заготовки відповідають габаритам, зазначеним на кресленні та визначеним у попередніх розділах проектної документації. Схема розташування технологічних розмірів подана на рисунку 4.4.

4.5.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуски на технологічні розміри призначаються відповідно до рекомендацій довідника [6]. Для деталі, що розглядається, характерний 14-й квалітет точності лінійних поверхонь, тоді як заготовка виконується за 16-м квалітетом.

Значення допусків встановлюються наступним чином:

$$T(B_1) = 0,35 \text{ мм}; T(B_2) = 0,14 \text{ мм};$$

$$T(B_3) = 0,28 \text{ мм}; T(B_4) = 0,14 \text{ мм};$$

$$T(B_5) = 0,14 \text{ мм}; T(B_6) = 0,10 \text{ мм};$$

$$T(B_7) = 0,36 \text{ мм}; T(B_8) = 0,62 \text{ мм};$$

$$T(B_9) = 0,25 \text{ мм}; T(B_{10}) = 0,62 \text{ мм};$$

$$T(B_{11}) = 0,62 \text{ мм}; T(Z_1) = 1,9 \text{ мм};$$

$$T(Z_2) = 1,9 \text{ мм}; T(Z_3) = 1,6 \text{ мм};$$

$$T(Z_4) = 1,6 \text{ мм}; T(Z_5) = 1,6 \text{ мм};$$

$$T(Z_6) = 1,6 \text{ мм}.$$

Визначені допуски служать основою для подальших розрахунків технологічних розмірів, що є важливим етапом розмірного аналізу та побудови розмірної схеми технологічного процесу.

4.5.3 Розмірна схема технологічного процесу

Розмірна схема технологічного процесу будується на основі маршруту механічної обробки, схем базування (установки), які використовувались для встановлення деталі та послідовності обробки поверхонь заготовки. Розмірна схема представляє собою трансформацію розмірів заготовки шляхом послідовної обробки та виконання технологічних розмірів в конструкторські розміри готової деталі, зазначені на кресленні.

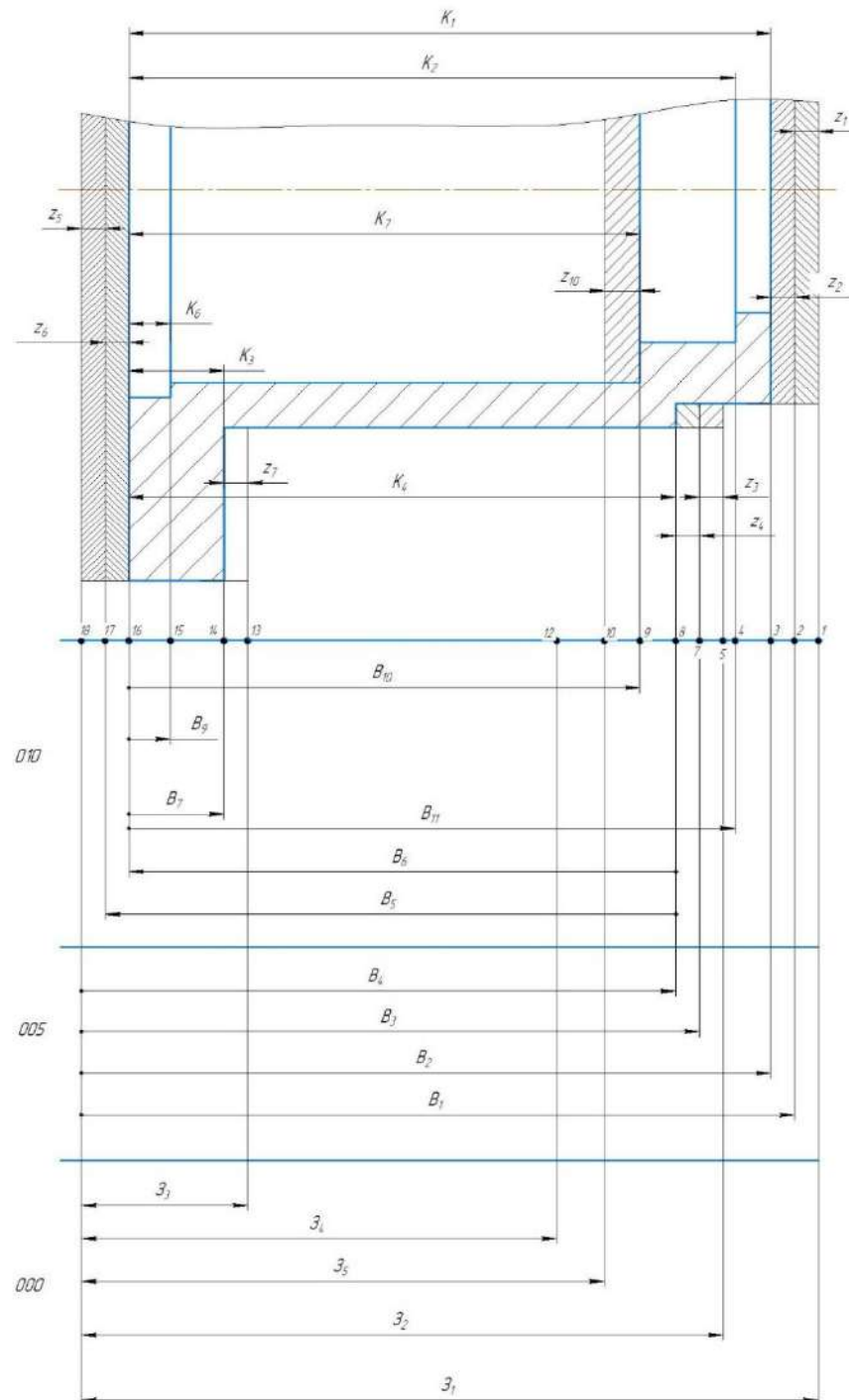


Рисунок 4.4 – Розмірна схема технологічного процесу

4.5.4 Похідний, вихідний та суміщений графи

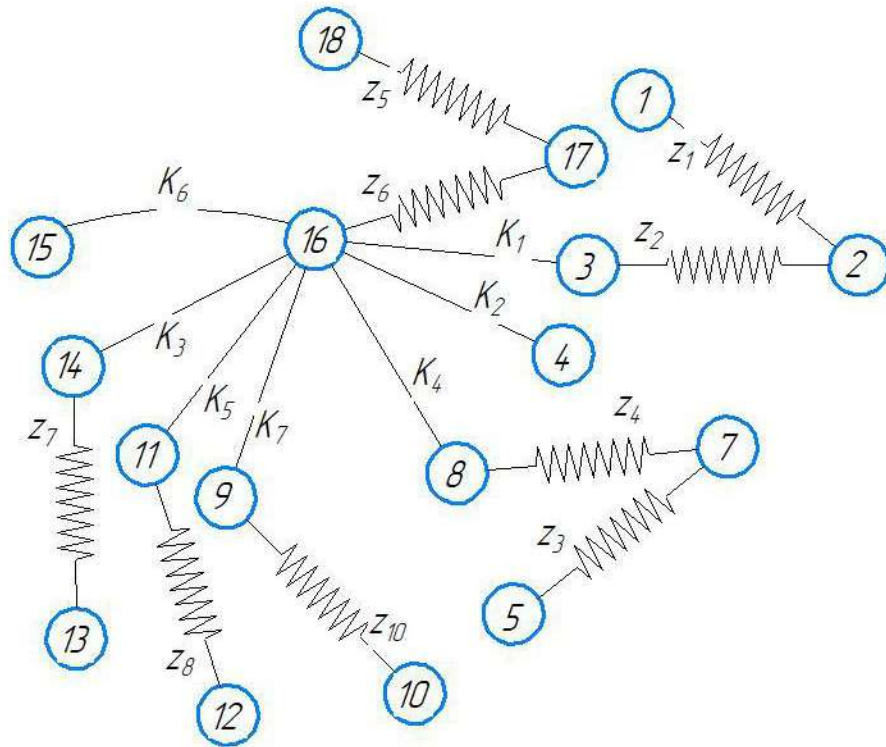


Рисунок 4.5 – Вихідний граф

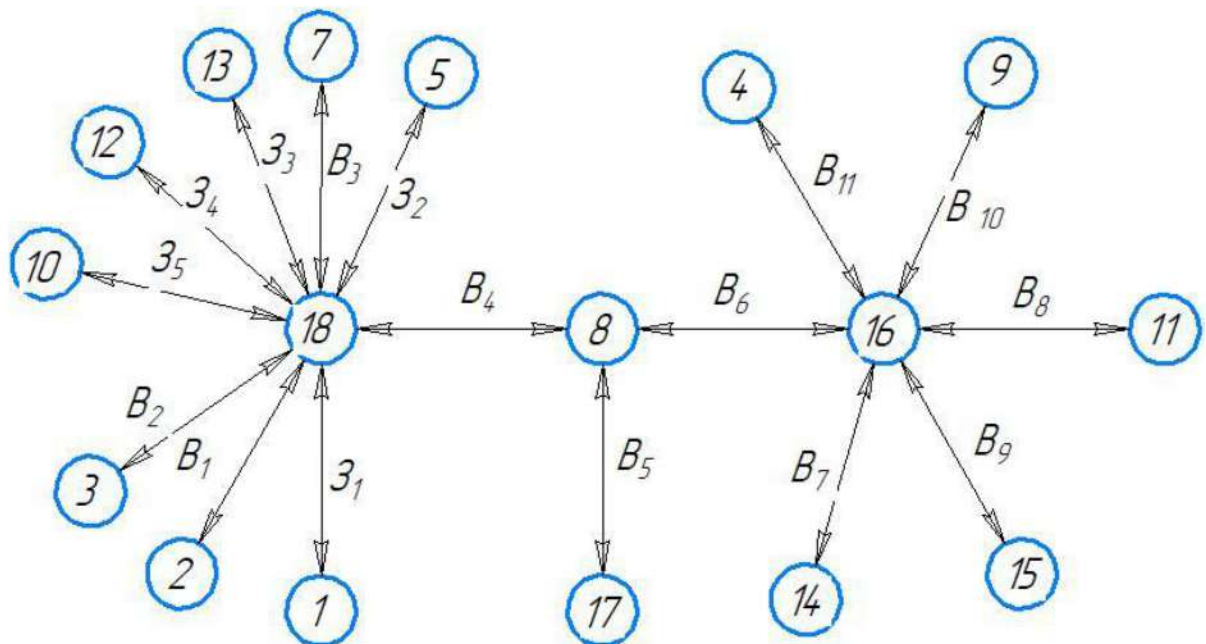


Рисунок 4.6 – Похідний граф

Таблиця 4.5 – Проміжні мінімальні припуски

Припуски	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8	Z_{10}
$Z_{\min}$	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,6	0,6

4.5.6. Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

На основі суміщеного графа складені розрахункові рівняння представлені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	$B_9 - K_6 = 0$	$B_9 = K_6$	B_9
2	$B_{11} - K_2 = 0$	$B_{11} = K_2$	B_{11}
3	$B_{10} - K_7 = 0$	$B_{10} = K_7$	B_{10}
4	$B_8 - K_5 = 0$	$B_8 = K_5$	B_8
5	$B_7 - K_3 = 0$	$B_7 = K_3$	B_7
6	$B_6 - K_4 = 0$	$B_6 = K_4$	B_6
7	$B_6 + Z_6 - B_5 = 0$	$Z_6 = B_5 - B_6$	B_5
8	$K_4 + B_2 - B_6 - B_4 = 0$	$K_4 = B_6 + B_4 - B_2$	B_4
9	$Z_4 + B_4 - B_3 = 0$	$Z_4 = B_3 - B_4$	B_3
10	$Z_5 + B_5 - B_2 = 0$	$Z_5 = B_2 - B_5$	B_2
11	$Z_2 - B_1 + B_2 = 0$	$Z_2 = B_1 - B_2$	B_1
12	$Z_1 - 3_1 + B_1 = 0$	$Z_1 = 3_1 - B_1$	3_1
13	$B_3 - 3_2 + Z_3 = 0$	$Z_3 = 3_2 - B_3$	3_2
14	$3_3 - Z_7 - B_7 - B_2 + B_6 = 0$	$Z_7 = 3_3 - B_7 - B_2 + B_6$	3_3
15	$3_4 + Z_8 - B_8 - B_2 + B_6 = 0$	$Z_8 = -3_4 + B_8 + B_2 - B_6$	3_4
16	$3_5 + Z_{10} - B_{10} - B_2 + B_6 = 0$	$Z_{10} = B_{10} + B_2 - B_6 - 3_5$	3_5

4.5.7. Технологічні розміри і припуски

Відповідно до визначених вище технологічних рівнянь визначимо для кожного розміру граничні значення:

$$1. B_9 = K_6 = 3_{-0,3}; \quad B_{9 \min} = 2,7 \text{ мм}; \quad B_{9 \max} = 3 \text{ мм}.$$

$$2. B_{11} = K_2 = 71_{-0,1}; \quad B_{11 \min} = 70,9 \text{ мм}; \quad B_{11 \max} = 71 \text{ мм}.$$

$$3. B_{10} = K_7 = 63_{-0,62}; \quad B_{10 \min} = 62,38 \text{ мм}; \quad B_{10 \max} = 63 \text{ мм}.$$

$$4. B_8 = K_5 = 58_{-0,62}; \quad B_{8 \min} = 57,38 \text{ мм}; \quad B_{8 \max} = 58 \text{ мм}.$$

$$5. B_7 = K_3 = 8_{-0,36}; \quad B_{7 \min} = 7,64 \text{ мм}; \quad B_{7 \max} = 8 \text{ мм}.$$

$$6. B_6 = K_1 = 74_{-0,1}; \quad B_{6 \min} = 73,9 \text{ мм}; \quad B_{6 \max} = 74 \text{ мм}.$$

$$7. Z_{6 \min} = B_{5 \min} - B_{6 \max};$$

$$B_{5 \min} = B_{6 \max} + Z_{6 \min} = 74 + 0,4 = 74,4 \text{ (мм)};$$

$$B_{5 \max} = B_{5 \min} + T(B_5) = 74,4 + 0,14 = 74,54 \text{ (мм)};$$

$$Z_{6 \max} = B_{5 \max} - B_{6 \min} = 74,54 - 74 = 0,54 \text{ (мм)};$$

$$B_5 = 74,54_{-0,54}.$$

$$8. Z_{5 \min} = B_{2 \min} - B_{5 \max};$$

$$B_{2 \min} = B_{5 \max} + Z_{5 \min} = 74,54 + 0,6 = 75,14 \text{ (мм)};$$

$$B_{2 \max} = B_{2 \min} + T(B_2) = 75,14 + 0,28 = 75,42 \text{ (мм)};$$

$$Z_{5 \max} = B_{2 \max} - B_{5 \min} = 75,42 - 74,54 = 0,88 \text{ (мм)};$$

$$B_2 = 75,42_{-0,28}.$$

$$9. K_{4 \min} = B_{6 \min} + B_{4 \min} - B_{2 \max};$$

$$B_{4 \min} = K_{4 \min} + B_{2 \max} - B_{6 \min} = 65,88 + 75,42 - 73,9 = 67,4 \text{ (мм)};$$

$$K_{4 \max} = B_{6 \max} + B_{4 \max} - B_{2 \min};$$

$$B_{4 \max} = B_{2 \min} + K_{4 \max} - B_{6 \max} = 75,14 + 66 - 74 = 67,14 \text{ (мм)};$$

$$B_4 = 67,4_{-0,26}.$$

$$10. Z_{4 \min} = B_{3 \min} - B_{4 \max};$$

$$B_{3 \min} = B_{4 \max} + Z_{4 \min} = 67,4 + 0,4 = 67,8 \text{ (мм)};$$

$$B_{3 \max} = B_{3 \min} + T(B_3) = 67,8 + 0,28 = 68,08 \text{ (мм)};$$

$$Z_{4 \max} = B_{3 \max} - B_{4 \min} = 68,08 - 67,14 = 0,94 \text{ (мм)};$$

$$B_3 = 68,08_{-0,28}.$$

$$11. Z_{2 \min} = B_{1 \min} - B_{2 \max};$$

$$B_{1\min} = B_{2\max} + Z_{2\min} = 75,42 + 0,4 = 75,82 \text{ (мм)};$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 75,82 + 0,35 = 76,17 \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\max} = B_{1\max} - B_{2\min} = 76,17 - 75,14 = 1,03 \text{ (мм)};$$

$$B_1 = 76,17_{-0,35}.$$

$$12. Z_{1\min} = 3_{1\min} - B_{1\max};$$

$$3_{1\min} = B_{1\max} + Z_{1\min} = 76,17 + 0,6 = 76,77 \text{ (мм)};$$

$$3_{1\max} = 3_{1\min} + T(3_1) = 76,77 + 1,9 = 78,67 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\max} = 3_{1\max} - B_{1\min} = 78,67 - 75,82 = 2,85 \text{ (мм)};$$

$$3_1 = 78,67_{-1,9}.$$

$$13. Z_{3\min} = 3_{2\min} - B_{3\max};$$

$$3_{2\min} = Z_{3\min} + B_{3\max} = 68,08 + 0,6 = 68,68 \text{ (мм)};$$

$$3_{2\max} = 3_{2\min} + T(3_2) = 68,68 + 1,9 = 70,58 \text{ (мм)};$$

$$Z_{3\max} = 3_{2\max} - B_{3\min} = 70,58 - 67,8 = 2,78 \text{ (мм)};$$

$$3_2 = 70,58_{-1,9}.$$

$$14. Z_{7\min} = 3_{3\min} - B_{7\max} - B_{2\max} + B_{6\min};$$

$$3_{3\min} = B_{7\max} + B_{2\max} - B_{6\min} + Z_{7\min} = 8 + 75,42 - 73,9 + 0,6 = 10,12 \text{ (мм)};$$

$$3_{3\max} = 3_{3\min} + T(3_3) = 10,12 + 1,6 = 11,72 \text{ (мм)};$$

$$Z_{7\max} = 3_{3\max} - B_{7\min} - B_{2\min} + B_{6\max} = 11,72 - 7,64 - 75,14 + 74 = 2,94 \text{ (мм)};$$

$$3_3 = 11,72_{-1,6}.$$

$$15. Z_{8\min} = -3_{4\max} + B_{8\min} + B_{2\min} - B_{6\max};$$

$$3_{4\max} = B_{8\min} + B_{2\min} - B_{6\max} + Z_{8\min} = 57,38 + 75,14 - 74 + 0,6 = 59,12 \text{ (мм)};$$

$$3_{4\min} = 3_{4\max} - T(3_4) = 59,12 - 1,6 = 57,52 \text{ (мм)};$$

$$Z_{8\max} = -3_{4\min} + B_{8\max} + B_{2\max} - B_{6\min} = -57,52 + 58 + 75,42 - 73,9 = 2 \text{ (мм)};$$

$$3_4 = 59,12_{-1,6}.$$

$$16. Z_{10\min} = B_{10\min} + B_{2\min} - B_{6\max} - 3_{5\max};$$

$$3_{5\max} = B_{10\min} + B_{2\min} - B_{6\max} + Z_{10\min} = 62,38 + 75,14 - 74 + 0,6 = 64,12 \text{ (мм)};$$

$$3_{5\min} = 3_{5\max} - T(3_5) = 64,12 - 1,6 = 63,52 \text{ (мм)};$$

$$Z_{10\max} = B_{10\max} + B_{2\max} - B_{6\min} - 3_{5\min} = 63 + 75,42 - 73,9 - 63,52 = 1 \text{ (мм)}.$$

Отримані технологічні розміри та припуски зведемо в таблиці 4.7 і 4.8.

Таблиця 4.7 – Технологічні розміри

Розмір	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀	B ₁₁
MAX	76,17	75.42	68.08	67.4	74.54	74	8	58	3	63	71
MIN	75,82	75.14	67.8	67.14	74.4	73.9	7.64	57.38	2.7	62.38	70.9

Таблиця 4.8 – Припуски на обробку поверхонь та розміри заготовки

Припуск	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇	Z ₈	Z ₁₀	З ₁	З ₂	З ₃	З ₄	З ₅
MAX	2,85	1,03	2,78	0.94	0.88	0.56	2.94	2	1	78,67	70.58	11.72	59.12	64.12
MIN	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,6	0,6	76,77	68.68	10.12	57.52	63.52

4.6. Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів

Значення параметрів шорсткості поверхні Rz та T встановлюються згідно з методичними вказівками, наведеними у джерелі [3], з урахуванням характеристик заготовки. Для вихідної заготовки ці показники приймаються на рівні Rz = 200 мкм та T = 300 мкм.

Під час виконання попереднього точіння шорсткість встановлюється на рівні Rz = 100 мкм, T = 100 мкм. На етапі наступної обробки параметри зменшуються до Rz = 50 мкм. Для чистової обробки обирається Rz = 30 мкм, а при тонкій обробці (точному точінні) шорсткість становить Rz = 5 мкм, з параметром T = 15 мкм.

Сумарне значення просторових відхилень залежить від жолоблення стержня та зміщення оброблюваної поверхні відносно установчих баз:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{жол}^2 + \rho_{зм}^2}, [\text{мкм}] \quad (4.4)$$

де $\rho_{жол}$ – просторові відхилення спричинені жолобленням;

$\rho_{зм}$ – відхилення за рахунок зміщення поверхні з якої знімається припуск, під час самої обробки, відносно технологічних баз.

$$\rho_{жол} = \sqrt{(\Delta_{\kappa} d)^2 + (\Delta_{\kappa} l)^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 65)^2 + (0,7 \cdot 63)^2} = 63,4 \text{ (мкм)}, \quad (4.5)$$

де Δ_{κ} – питоме жолоблення відливка [4];

d і l – діаметр і довжина оброблюваного отвору.

$$\rho_{зм} = \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_2}{2}\right)^2} = \sqrt{250^2 + 400^2} = 472 \text{ (мкм)}, \quad (4.6)$$

де δ_1 і δ_2 – допуски на розміри 65 і 63 відповідно, по класу точності заготовки.

Таким чином загальне відхилення:

$$\rho_3 = \sqrt{63,4^2 + 472^2} = 476 \text{ (мкм)}.$$

В подальшому загальне відхилення визначаємо шляхом перемноження попереднього значення на коефіцієнт k [3]:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1} \text{ [мкм]}; \quad (4.7)$$

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 476 = 28,74 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 28,74 = 1,437 \text{ (мкм)}.$$

На підставі раніше визначених параметрів виконуємо розрахунок мінімально допустимих міжопераційних припусків, застосовуючи відповідну розрахункову формулу:

$$2Z_{imin} = 2 \cdot (R_{zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}). \text{ [мкм]} \quad (4.8)$$

Мінімальний припуск під точіння:

Попереднє розточування:

$$Z_{1\min}=2\cdot(200+300+476) = 1952 \text{ (мкм)};$$

попереднє розточування:

$$2Z_{2\min}=2\cdot(100+100+28.74)= 457.48 \text{ (мкм)};$$

попереднє остаточне розточування:

$$2Z_{2\min}=2\cdot(50+50+1.437) = 202.694 \text{ (мкм)};$$

остаточне розточування:

$$2Z_{2\min}=2\cdot(30+30) = 120 \text{ (мкм)}.$$

При остаточному точінні маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$d = 65,03 \text{ мм.}$$

Подальші розрахункові розміри визначаються шляхом послідовного віднімання мінімально допустимого міжопераційного припуску на кожному технологічному етапі, що дозволяє отримати необхідні значення для наступних переходів:

для остаточного розточування:

$$d_1 = 65.03 - 0.12 = 64.91 \text{ (мм)};$$

для попереднього розточування:

$$d_2 = 64.91 - 0.203 = 64.707 \text{ (мм)};$$

для попереднього точіння:

$$d_3 = 64.707 - 0.458 = 64.25 \text{ (мм)};$$

для заготовки:

$$d_{\text{зар}} = 64.25 - 1.952 = 62.298 \text{ (мм)}.$$

Величини допусків для кожного технологічного переходу визначаються відповідно до встановлених квалітетів точності оброблюваної поверхні згідно з нормативно-довідковими матеріалами. Зокрема, для чистового точіння приймається 10-й квалітет із допуском 100 мкм; для попереднього точіння – 12-й квалітет, що відповідає допуску 250 мкм; а для заготовки прийнято 14-й квалітет з допуском 620 мкм.

Мінімальні граничні значення розмірів визначаються шляхом поетапного віднімання допусків відповідних операцій від найбільшого допустимого розміру на кожному етапі обробки:

$$65.03 - 0.1 = 64.93 \text{ (мм);}$$

$$64.91 - 0.1 = 64.81 \text{ (мм);}$$

$$64.707 - 0.25 = 64.457 \text{ (мм);}$$

$$64.25 - 0.25 = 64 \text{ (мм);}$$

$$62.298 - 0.62 = 61.678 \text{ (мм).}$$

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 остаточного точіння:

$$2Z_{\min 4} = 65.03 - 64.91 = 0.12 \text{ мм} = 120 \text{ (мкм);}$$

$$2Z_{\max 4} = 64.93 - 64.81 = 0.12 \text{ мм} = 120 \text{ (мкм);}$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 3} = 64.91 - 64.707 = 0.203 \text{ мм} = 203 \text{ (мкм);}$$

$$2Z_{\max 3} = 64.81 - 64.457 = 0.353 \text{ мм} = 353 \text{ (мкм);}$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 2} = 64.707 - 64.25 = 0.457 \text{ мм} = 457 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2} = 64.457 - 64 = 0.457 \text{ мм} = 457 \text{ (мкм)};$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 1} = 64.25 - 62.29 = 1.96 \text{ мм} = 1960 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 1} = 64 - 61.671 = 2.329 \text{ мм} = 2329 \text{ (мкм)}.$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 4.9.

Загальні припуски $Z_{0\min}$ і $Z_{0\max}$ визначаємо, як суму проміжних:

$$2Z_{0\min} = 1960 + 203 + 457 + 120 = 2740 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{0\max} = 2329 + 457 + 353 + 120 = 3259 \text{ (мкм)}.$$

Проводимо перевірку правильності проведених розрахунків:

$$2Z_{\max 4} - 2Z_{\min 4} = 2329 - 1960 = 369 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 620 - 250 = 370 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 457 - 457 = 0 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 250 - 250 = 0 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 353 - 203 = 150 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 250 - 100 = 150 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 120 - 120 = 0 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_2 - \delta_1 = 100 - 100 = 0 \text{ (мкм)}.$$

Оскільки умова збіжності розрахунків виконується, то вони є правильними, а призначені розміри заготовки не потребують зміни.

Таблиця 4.9 – Розрахунок припусків і граничних розмірів отвору

Технологічні переходи обробки поверхні Ø 65H7	Елементи припуску			Розрахунковий припуск	Розрахунковий розмір	Допуск	Граничні розміри		Граничні значення припусків	
	R _z	T	ρ				d _{min}	d _{max}	2Z _{min}	2Z _{max}
Заготовка	200	300	472		62,291	620	61,671	62,291		
Точіння:										
попереднє	100	100	78,9	1958	64,91	250	64	64,25	1960	2329
попереднє	50	50	1,47	457	64,707	250	64,457	64,707	457	457
попереднє	30	30	–	203	64,25	100	64,81	64,91	203	353
остаточне	5	15	–	120	65,03	100	64,93	65,03	120	120
Σ									2740	3259

4.7. Режими різання та технічні норми часу

З довідника [6] обрано режими різання для всіх переходів маршруту механічної обробки (таблиця 4.10).

Таблиця 4.10 – Режими різання на операції

Операції та переходи	Глибина різання, мм	Подача, мм/об	Швидкість різання, м/хв	Частота обертання шпинделя, об/хв	Потужність різання, кВт
1	2	3	4	5	6
005 – Токарна з ЧПК					
Точити попередньо пов. 1	1.34	0.75	32	63	0.74
Точити остаточно пов. 1	0.7	0.25	53.0	105	0.25
Точити попередньо пов. 2	1	0.75	31.25	198	0.72
Точити остаточно пов. 2	0.63	0.75	32.73	208	0.47
Точити попередньо пов. 3 (тричі)	9	0.35	30.73	543	2.5

Продовження таблиці 4.10

1	2	3	4	5	6
Точити остаточно пов. 3	6	0.26	30.32	804	1.3
Точити однократно пов. 4	5	0.24	33.00	1050	1.1
<u>010 – Токарна з ЧПК</u>					
Точити однократно пов. 3	0.7	0.75	40.88	81	0.17
Точити однократно пов. 4	1.6	0.75	28.15	3162	1.5
Точити попередньо пов. 1	0.9	0.25	61.84	123	0.14
Точити попередньо пов. 2	0.7	0.75	30.57	1360	0.68
Точити остаточно пов. 1	6	0.35	30.73	543	2.5
Точити остаточно пов. 2	6	0.35	30.73	543	2.5
Точити однократно пов. 5	9.5	0.38	30.14	505	2.78
Точити однократно пов. 7	0.7	0.75	40.88	81	0.17
Точити однократно пов. 9	1.6	0.75	28.15	3162	1.5
Точити попередньо пов. 6 (тричі)	0.7	0.75	30.57	1360	0.68
Точити попередньо пов. 8 (двічі)	6	0.35	30.73	543	2.5
Точити остаточно пов. 6	6	0.35	30.73	543	2.5
Точити остаточно пов. 8	9.5	0.38	30.14	505	2.78
Точити однократно пов. 11	6	0.35	30.73	543	2.5
Точити однократно пов. 12	9.5	0.38	30.14	505	2.78
<u>015 – Свердлильно – фрезерна з ЧПК</u>					
Свердлити однократно (шість) отв. 1 чотири отв. 2	6	0.35	18.30	485	1.0
Свердлити однократно (два) отв. 1	1.85	0.084	221.3	2348	1.18
Зенкерувати однократно (два) отв. 1	1.75	0.084	223.0	2366	1.12
Розвернути однократно (два) отв. 1	0.75	1.5	20.41	197	0.54

Згідно з наближеними формулами для розрахунків норм часу, основний технологічний час на точіння циліндричної поверхні по 11-му квалітету може визначатися за такою узагальненою формулою:

$$t_0 = 0,037 \cdot (D^2 - d^2) [\text{хв}]. \quad (4.14)$$

Точіння торцю від Ø35 до Ø75:

$$t_0 = 0,037 \cdot (75^2 - 35^2) \cdot 10^{-3} = 0,25 (\text{хв}).$$

За подібними формулами [4] розраховують основний час для всіх інших переходів (таблиця 4.11).

Таблиця 4.11 – Основний час маршруту механічної обробки

Операції та переходи	Основний час виконання переходу t_0 , хв.	
	Формула	Розрахунок
1	2	3
<u>005 – Токарно-револьверна з ЧПК</u>		
Точити попередньо пов. 1	$0.037(D^2 - d^2)$	$0.037 \cdot (75^2 - 35^2) \cdot 10^{-3} = 0.25$
Точити остаточно пов. 1	$0.037(D^2 - d^2)$	$0.052 \cdot (75^2 - 35^2) \cdot 10^{-3} = 0.23$
Точити попередньо пов. 2	$0.037(D^2 - d^2)$	$0.037 \cdot (140^2 - 72^2) \cdot 10^{-3} = 0.5$
Точити остаточно пов. 2	$0.052(D^2 - d^2)$	$0.052 \cdot (140^2 - 72^2) \cdot 10^{-3} = 0.75$
Точити попередньо пов. 3 (тричі)	$3(0.17dl)$	$3 \cdot (0.17 \cdot 72 \cdot 10) \cdot 10^{-3} = 0.37$
Точити остаточно пов. 3	$0.1dl$	$0.1 \cdot 72 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0.07$
Точити однократно пов. 4	$0.17dl$	$0.17 \cdot 72 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0.025$
Всього по 005		$t_{0(005)} = 2.2$
<u>010 – Токарно-револьверна з ЧПК</u>		
Точити однократно пов. 3	$0.17dl$	$0.17 \cdot 132 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0.045$
Точити однократно пов. 4	$0.037(D^2 - d^2)$	$0.037 \cdot (132^2 - 100^2) \cdot 10^{-3} = 0.3$
Точити попередньо пов. 1	$0.037(D^2 - d^2)$	$0.037 \cdot (132^2 - 65^2) \cdot 10^{-3} = 0.5$
Точити попередньо пов. 2	$0.1dl$	$0.1 \cdot 132 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 0.1$
Точити остаточно пов. 1	$0.052(D^2 - d^2)$	$0.052 \cdot (132^2 - 65^2) \cdot 10^{-3} = 0.7$
Точити остаточно пов. 2	$0.17dl$	$0.17 \cdot 132 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 0.18$
Точити однократно пов. 5	$0.037(D^2 - d^2)$	$0.037 \cdot (135^2 - 100^2) \cdot 10^{-3} = 0.31$
Точити однократно пов. 7	$0.037(D^2 - d^2)$	$0.037 \cdot (65^2 - 51.5^2) \cdot 10^{-3} = 0.06$

Продовження таблиці 4.11

1	2	3
Точити однократно пов. 9	$0.037(D^2-d^2)$	$0.037 \cdot (132^2 - 100^2) \cdot 10^{-3} = 0.035$
Точити однократно пов. 10	0.17dl	$0.17 \cdot 41.5 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 0.021$
Точити попередньо пов. 6 (тричі)	0.1dl	$3 \cdot 0.1 \cdot 65 \cdot 43 \cdot 10^{-3} = 0.84$
Точити попередньо пов. 8 (двічі)	0.1dl	$2 \cdot 0.1 \cdot 51.5 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0.052$
Точити остаточно пов. 6	0.17dl	$0.17 \cdot 65 \cdot 43 \cdot 10^{-3} = 0.475$
Точити остаточно пов. 8	0.17dl	$0.17 \cdot 51.5 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0.045$
Точити однократно пов. 11	0.17dl	$0.17 \cdot 70 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 0.036$
Точити однократно пов. 12	$0.037(D^2-d^2)$	$0.037 \cdot (67^2 - 65^2) \cdot 10^{-3} = 0.01$
Всього по 010		$t_{0(010)} = 4.1$
<u>015 – Свердлильна з ЧПК</u>		
Свердлити однократно (два) отв. 1	0,52dl	$2 \cdot 0.52 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0.02$
Свердлити однократно (десять) отв. 2	0,52dl	$10 \cdot 0.52 \cdot 8 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 2.995$
Зенкерувати однократно (два) отв. 1	0,21dl	$2 \cdot 0.21 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0.008$
Розвернути однократно (два) отв. 1	0,52dl	$2 \cdot 0.52 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0.02$
Всього по 015		$t_{0(015)} = 3.043$
Всього		$t_{01} = 7.958$

Таблиця 4.11 – Штучно-калькуляційний час

№ операцій	Основний час t_0 , хв	Коефіцієнт ϕ_k	Штучний час $t_{шт}$, хв
005	2.2	1.98	4.36
010	4.1	1.98	8.1
015	3.04	1.55	4.7
Всього	7,96		$\Sigma t_{шт1} = 17.2$

5 ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Приведена програма випуску продукції [2]

Оскільки раніше встановлено групову форму роботи, то для повноцінної роботи дільниці, її необхідно довантажувати деталями, які обробляються на подібному обладнанні. Відмінності по масі, серійності і складності конструкції між деталями враховуються загальним коефіцієнтом 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.

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

де m_i – маса i -ї деталі;

$m_{\text{пр}}$ – маса представника.

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

де $N_{\text{пр}}$ – програма випуску представника,;

N_i – програма випуску i -ї деталі;

α – показник степені, який залежить від масо-габаритних розмірів виробів.

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

де K_{Ti} , $K_{T.пр.}$ – середнє значення точності деталі і представника;

R_{ai} , $R_{a.пр.}$ – середнє значення шорсткості деталі і представника.

У таблиці 5.1 на основі заданої програми випуску, маси та параметрів точності аналогічних за конструкцією деталей, відповідно до формул (5.1–5.4), виконано обчислення зведеної програми виготовлення.

Таблиця 5.1 – Приведена програма виробництва

Найменування деталі	Маса, кг	Програм випуску, шт	Коефіцієнт приведення по			Коефіцієнт приведення	K·N
			масі	точності	серійності		
Стакан ТК.03	0,6	18000	1	1	1	1	18000
Стакан 1	1,2	10000	1,59	0,9	1,09	1,56	15600
Фланець 2	1	12000	1,4	1,05	1,06	1,56	18720
Стакан 3	0,9	9000	1,31	0,95	1,11	1,38	12420
Фланець 4	1,2	6000	1,59	1,2	1,18	2,25	13500
Всього						78240	

Таким чином, у подальших розрахунках, що стосуються визначення необхідної кількості устаткування, персоналу та інших виробничих ресурсів дільниці, буде використовуватись зведена (приведена) програма випуску. Розробка технологічної документації здійснюється на основі деталі-представника, що типова для даної групи, оскільки решта виробів мають аналогічну конструкцію та параметри обробки.

5.2. Визначення кількості обладнання

Кількість верстатів для виготовлення приведеної програми визначається за формулою:

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

де $T_{\text{пр}}$ – сумарна трудомісткість виготовлення деталей приведеної програми, год;

$$T_{\text{пр}} = \sum T_{\text{шт-кі}} \cdot N_i \quad (5.6)$$

Φ_d – дійсний фонд часу роботи верстата при роботі в одну зміну, год./рік;

η – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання з урахуванням обслуговування, ремонтів та перерв;

m – кількість робочих змін.

Фактичний коефіцієнт завантаження характеризує реальне використання обладнання для досягнення цілей виробництва

$$\eta_z = \frac{C_p}{P}. \quad (5.7)$$

Коефіцієнт завантаження верстатів за основним часом характеризує ефективність використання обладнання з точки зору організації роботи:

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{\text{шт-к}}}. \quad (5.8)$$

Результати, отримані за формулами (5.5-5.8) представлені в таблиці 5.2.

5.3 Визначення кількості працюючих на дільниці

Визначення необхідної кількості операторів верстатів у межах механічної дільниці проводиться на основі прийнятої кількості одиниць технологічного

обладнання, а також організації виробництва за змінністю. З цією метою використовується наступне співвідношення:

$$P = \frac{C_{np} \cdot \Phi_o \cdot K_3}{\Phi_6 \cdot K_M}, \quad (5.9)$$

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

Φ_6 – ефективний річний фонд роботи верстатника, 1820 год;

K_M – коефіцієнт багатоверстатного обслуговування;

Φ_d – ефективний річний фонд часу роботи верстата при роботі в одну зміну, год;

Таблиця 5.2 – Розрахунок кількості обладнання

$N_{оп}$	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів C_p	Прийнята кількість верстатів P	Коефіцієнт завантаження η_z	Середній коефіцієнт завантаження $\eta_{з.с.}$	Коефіцієнт завантаження по основному часу η_o
005	Токарно-револьверна з ЧПК	1,95	2	0,97	0,86	0,505
010	Токарно-револьверна з ЧПК	3,63	4	0,91		0,505
015	Свердлильна з ЧПК	2,1	3	0,7		0,64

За виразом (5.9) обчислюємо необхідну кількість верстатників для всіх операцій механічної обробки, а результати записуємо до таблиці 5.3.

Для формування повної структури кадрового складу механічної дільниці, окрім основних робітників (верстатників), слід також розрахувати чисельність допоміжного персоналу, інженерно-технічних працівників (ІТР) та службовців. Ці величини відображаються у відсотковому співвідношенні до базових категорій персоналу.

1. Допоміжний персонал.

Кількість допоміжних працівників, які забезпечують нормальне функціонування технологічного процесу (налагоджувальники, слюсарі-ремонтники, комірники тощо), приймається у межах 20–25% від загальної чисельності основних робітників.

2. Інженерно-технічні працівники (ІТР).

Чисельність ІТР, що включає майстрів, технологів, інженерів контролю якості та інших фахівців, зазвичай становить 15–21% від кількості основного виробничого персоналу. У разі організації середньосерійного типу виробництва цей показник уточнюється та може коливатися в межах 18–24% від загальної кількості обладнання на ділянці, оскільки технічне обслуговування напряду залежить від рівня механізації та кількості верстатів.

3. Службовий персонал.

Кількість службовців, до яких належать працівники адміністративно-управлінського блоку, приймається на рівні близько 2,2% від загального числа основних робітників-верстатників — за умови, що їх чисельність не перевищує 75 осіб.

Таблиця 5.3 – Кількість робітників

	005	010	015
Прийнята кількість верстатів	2	4	3
Нормативний коефіцієнт завантаження	0,75	0,75	0,75
Коефіцієнт багатоверстатного обслуговування	2	2	1
Розрахункова кількість основних робітників	1,6	3,2	4,8
Прийнята кількість основних робітників	2	4	5
Загальна кількість основних робітників	11		
Прийнята кількість допоміжних робітників	3		
Прийнята кількість службовців	1		
Прийнята кількість ІТР	2		
Загальна кількість робітників	17		

На рисунках 5.1 та 5.2 наведено графіки загального завантаження устаткування та завантаження за основним машинним часом. Аналізуючи ці дані, можна зробити висновок, що всі металорізальні верстати задіяні у виробничому процесі в повному обсязі, тобто їхній потенціал використовується максимально ефективно.

Таким чином, для забезпечення запланованого обсягу механічної обробки на дільниці передбачається експлуатація 9 одиниць металообробного обладнання. Для обслуговування цієї кількості верстатів необхідно залучити 11 кваліфікованих основних робітників, а також 3 працівників допоміжного персоналу, які виконуватимуть налагоджувальні, ремонтні та інші супровідні функції.

У підсумку, загальна чисельність персоналу, залученого до функціонування дільниці, становитиме 17 осіб.

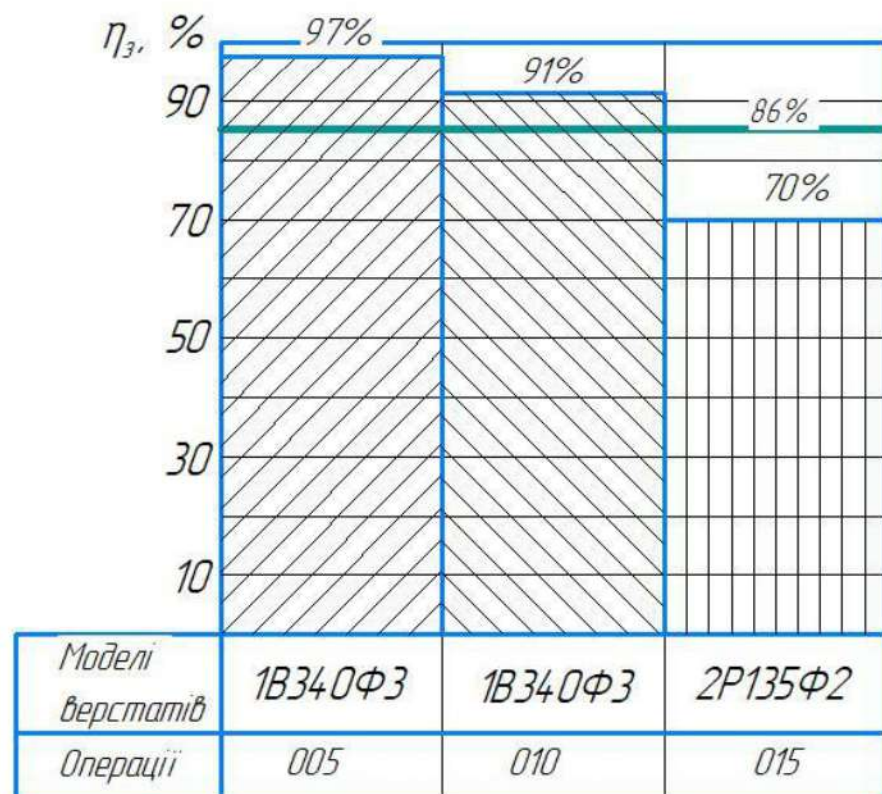


Рисунок. 5.1 – Діаграма використання обладнання відносно річного фонду часу

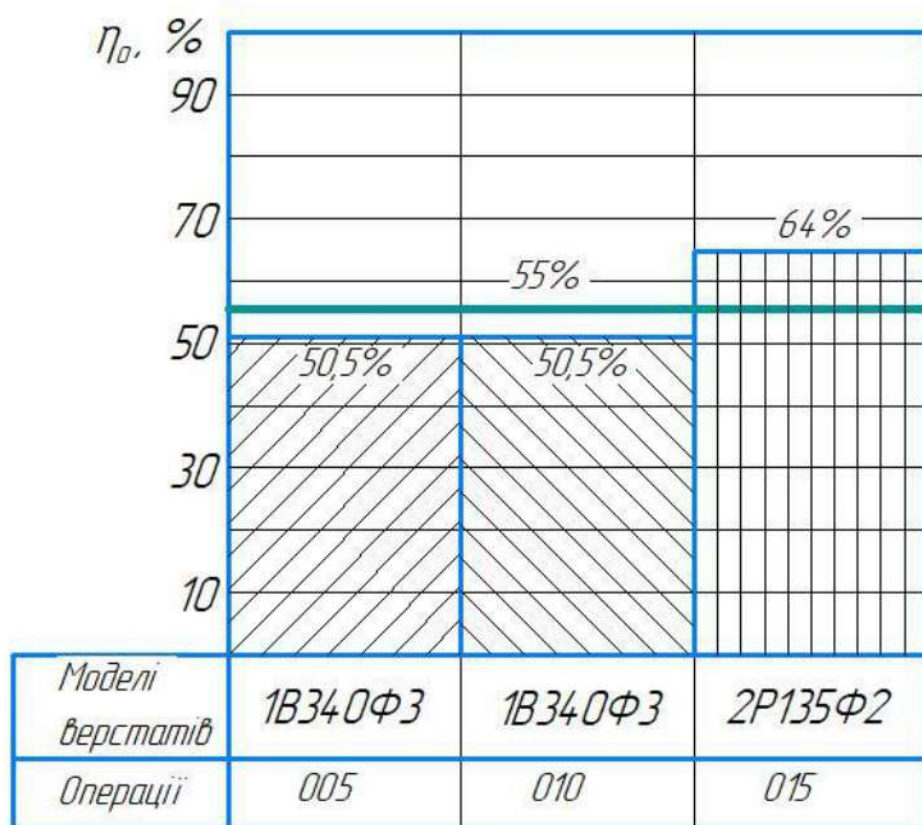


Рисунок 5.2 – Діаграма ефективності використання обладнання
відносного основного часу

Враховуючи, що питома площа, яку займає один верстат становить 20-25 м², то виробнича площа становитиме $9 \times 25 = 225$ м². При нормі обслуговування 600 м² на одиницю МОП, з урахуванням складських приміщень на ділянці буде достатньо одного прибиральника.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників у виробничому приміщенні

При роботі в даному приміщенні, виникають ряд шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які регламентуються [9].

6.1.1 Класифікація потенційно небезпечних та шкідливих факторів

Дане приміщення характеризується небезпечними та шкідливими виробничими факторами фізичної, хімічної, біологічної та психофізіологічної груп [9, 10], які розподіляються таким чином:

1) Фізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: підвищений рівень інфразвуку, шуму, ультразвуку та вібрації; високий рівень електромагнітних випромінювань; понижена або підвищена температура, вологість і швидкість руху повітря робочої зони; підвищена інтенсивність теплового випромінювання; недостатність або відсутність природного освітлення; недостатня освітленість робочої зони.

2) Хімічні небезпечні і шкідливі фактори – шкідливі хімічні речовини.

3) Біологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори – немає.

4) Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

а) фізичні перевантаження – немає.

б) нервово-психічні перевантаження: перенапруження аналізаторів; монотонність праці.

Вкажемо імовірні підстави появи цих факторів і стисло опишемо їхню дію на організм людини.

6.1.2 Можливі причини виникнення шкідливих та небезпечних виробничих факторів

Підвищений рівень шуму і вібрації робочої зони може бути спричинений

роботою таких елементів комп'ютерів, як жорсткий диск, вентилятори блоку живлення, охолодження мікропроцесора, швидкісні пристрої для зчитування та запису інформації з оптичних носіїв, механічні сканери, пересувні механічні частини принтера.

Підвищений рівень інфразвуку може бути спричинений інфразвуковими складовими, що як правило, присутні у спектрі шуму, який генерується промисловими установками і транспортними засобами.

Підвищений рівень ультразвуку може бути спричинений як супутній фактор при експлуатації технологічного і вентиляційного устаткування.

Високий рівень електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону може бути спричинений лабораторними та вимірювальними приладами різного призначення, персональними комп'ютерами та інше.

Високий рівень електромагнітних випромінювань промислової частоти може бути спричинений будь-якими електроустановками та струмоведучими частинами промислової частоти.

Понижена або підвищена температура повітря робочої зони може бути спричинена тим, що робота ПК приводить до підвищення температури в приміщенні, тому що високопродуктивна техніка працює на надвисоких частотах, що викликає сильне нагрівання елементів.

Понижена або підвищена відносна вологість повітря робочої зони може бути спричинена тим, що при роботі ПК утворене тепле повітря видують назовні із системного блоку спеціальні вентилятори, що приводить до зниження вологості повітря.

Понижена або підвищена швидкість руху повітря робочої зони може бути спричинена нераціональними параметрами системи вентиляції або її відсутністю.

Підвищена інтенсивність теплового випромінювання може бути спричинена теплом, яке надходить до приміщення від системи опалювання, в результаті сонячної радіації та від інших джерел.

Недостатність або відсутність природного освітлення може бути спричинена наявністю конфронтуючих будинків та споруд.

Недостатня освітленість робочої зони може бути спричинена нераціональним розташуванням ламп та світильників штучного освітлення.

Шкідливі хімічні речовини в повітрі робочої зони можуть бути спричинені утворенням такої речовини, як оксид азоту в процесі роботи за комп'ютером. Потенційним джерелом оксидів азоту на робочому місці є викиди двигунів внутрішнього згорання, що можуть проникнути в приміщення через відкриті квартирки, вікна і т.д.

Перенапруження аналізаторів може бути спричинене невисокою якістю первинного документа при введенні даних, яскравими плямами на клавіатурі й екрані від зовнішніх джерел світла, великою різницею в яскравості між робочою поверхнею й оточенням, нерівномірною чи недостатньою освітленістю на робочому місці.

Монотонність праці може бути спричинена розвитком напіваавтоматичного виробництва і автоматизованих систем керування, оскільки основними функціями працівника за таких умов стають нескладні, одноманітні рухи, які повторюються тисячі разів за зміну, або функції спостереження, керування і контролю за роботою системи.

6.1.3 Дія небезпечних та шкідливих виробничих факторів на організм

Підвищений рівень шуму і вібрації робочої зони може викликати психічні та фізіологічні порушення, що знижують працездатність і створюють передумови для загальних та професійних захворювань і виробничого травматизму.

Підвищений рівень інфразвуку супроводжується відчуттям обертання, розхитування, почуттям тривоги, страху, біллю у вухах, порушенням роботи органів рівноваги.

Підвищений рівень ультразвуку може викликати функціональні порушення нервової системи, головний біль, зміну тиску, складу і властивостей крові, втрату слухової чутливості, підвищену втомлюваність.

Підвищений рівень електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону може викликати при постійному впливові стійкі функціональні зміни у центральній нервовій та серцево-судинній системах, а при тривалому впливі – підвищену стомлюваність, дратівливість, головний біль та інше.

Підвищений рівень електромагнітних випромінювань промислової частоти може викликати злоякісні пухлини. Найбільш сильна дія цих полів виявляється на відстані до 30 см від екрана. Не меншої інтенсивності досягають ці поля із задньої сторони дисплея (джерело рядковий трансформатор) – їхній шкідливий вплив поширюється на відстань до 0,7-1 м.

Понижена або підвищена температура повітря робочої зони може викликати тепловий удар, який супроводжується втратою свідомості, блювотою, судомами.

Понижена або підвищена відносна вологість повітря робочої зони може викликати зменшення або збільшення тепловіддачі організмом працівника, що сприяє його перегріванню або переохолодженню.

Понижена або підвищена швидкість руху повітря робочої зони може викликати порушення реакції терморегуляції організму працівника.

Підвищена інтенсивність теплового випромінювання може викликати перегрівання організму людини.

Недостатність або відсутність природного освітлення приводить до напруження зору, послабляє увагу, приводить до настання передчасної стомленості.

Недостатня освітленість робочої зони може стати причиною низької продуктивності праці, оскільки очі працівника перенапружуються, при цьому стає складно відрізнити оброблювані предмети.

Шкідливі хімічні речовини в повітрі робочої зони діють таким чином. Оксиди азоту чинять подразливу дію на органи дихання, викликаючи кашель,

блювоту, іноді головний біль. При тривалій роботі в високоіонізованому повітряному середовищі може виникнути сильна перевтома, що може послабити захисні властивості організму та імунітет до інших захворювань.

Перенапруження аналізаторів призводить до швидкої втоми органів зору працівника і навіть до погіршення зору.

Монотонність викликає у працюючого гіподинамію, підвищену плинність кадрів, розвиток неврозів.

6.1.4 Обґрунтування вибору нормованих значень небезпечних та шкідливих виробничих чинників

Згідно [11] для такої шкідливої речовини, як оксид азоту, встановлюємо, що вона відноситься до 2-го класу небезпеки і має ГДК = 5 мг/м³.

Враховуючи вид вібрації – локальна, вибираємо нормований еквівалентний рівень віброприскорення 76 дБ [12].

Після врахування призначення приміщення – виготовлення і вид шуму – постійний, вибираємо нормований еквівалентний рівень шуму 80 дБА [13].

Згідно рекомендацій [17] нормований загальний рівень інфразвуку 110 дБ, нормований рівень ультразвуку 110 дБ.

Для частоти електричного поля радіочастотного діапазону 157,281 МГц нормована напруженість електричного поля восьмигодинного робочого дня становить 10 В/м згідно з [14].

Допустима напруженість електричного поля промислової частоти для 8-ми годинного робочого дня становить 5 кВ/м [14].

За показником енерговитрат 239 Вт згідно з [15] встановлюємо категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – Пб, для якої в холодний період року для постійних робочих місць допустима температура повітря складає 15...21 °С, допустима швидкість руху повітря 0,4 м/с, а допустима відносна вологість повітря не повинна перевищувати 75 %. Інтенсивність теплового випромінювання допускається не більше ніж 140 Вт/м².

За найменшим розміром об'єкта розрізнення 0,65 мм, встановлюємо розряд зорових робіт – 4, для якого нормоване КПО для бокового освітлення становить 1,5 % [16].

Так як приміщення знаходиться у м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а вікна розташовані за азимутом 224°, то для таких умов нормоване КПО перераховуватиметься за формулою [16]:

$$e_N = e_H m_N [\%]; \quad (6.1)$$

$$e_N = 1,5 \cdot 0,85 = 1,28 (\%),$$

де e_H – табличне значення КПО для бокового освітлення, %;

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – номер групи забезпеченості природним світлом.

За співвідношенням контрасту (середній) та фону (темний), встановлюємо підрозряд зорових робіт – б, в межах якого встановлюємо нормовану освітленість для загального штучного освітлення – 200 лк.

6.2 Карта умов праці

6.2.1 Оцінка чинників виробничого і трудового процесів

Таблиця 6.1 містить оцінку чинників трудового та виробничого процесів [17].

Таблиця 6.1 – Оцінка чинників трудового та виробничого процесів

Номер	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення (ГДР, ГДК)		Фактичне значення	Ступінь 3-го класу: шкідливі умови і характер праці		
		нижнє	верхнє		I	II	III
1	Шкідливі хімічні речовини:						
1.1	1-й клас небезпеки		–	–			
1.2	2-й клас небезпеки		5	13,35	+		

Продовження таблиці 6.1

1.3	3-й, 4-й класи небезпеки		—	—			
2	Вібрація		76	60			
3	Шум		80	27			
4	Інфразвук		110	84			
5	Ультразвук		110	85			
6	Неіонізуючі випромінювання:						
6.1	– радіочастотний діапазон		10	57	+		
6.2	– діапазон промислової частоти		5	6,1	+		
6.3	– оптичний діапазон		0	0			
7	Мікроклімат у приміщенні:						
7.1	– температура повітря, °C	15	21	8		+	
7.2	– швидкість руху повітря, м/с		0,4	1,6		+	
7.3	– відносна вологість повітря, %		75	60			
7.4	– інтенсивність теплового випромінювання, Вт/м ²		140	1038		+	
8	Виробниче освітлення:						
8.1	– розряд зорових робіт	4		4			
8.2	– КПО для природного освітлення, %	1,28		1,4			
8.3	– освітленість для штучного освітлення, лк	200		941			
	Кількість факторів	—	—	—	3	3	0

6.2.2 Гігієнічна оцінка умов праці

Підвищена концентрація шкідливої хімічної речовини 2-го класу небезпеки – 1 ст.

Підвищений рівень неіонізуючих випромінювань радіочастотного діапазону – 1 ст.

Підвищений рівень неіонізуючих випромінювань промислової частоти – 1 ст.

Знижена температура в холодний період року – 2 ст.

Підвищена швидкість руху повітря в холодний період року – 2 ст.

Підвищена інтенсивність теплового випромінювання – 2 ст.

6.2.3 Оцінка технічного й організаційного рівня

Технічний рівень робочого місця не відповідає нормативним вимогам.

6.2.4 Атестація робочого місця

Робоче місце атестовано за другим ступенем шкідливості.

6.2.5 Рекомендації щодо покращення умов праці

Для забезпечення чистоти повітря робочої зони потрібно використовувати систему витяжної вентиляції.

З метою забезпечення нормованих параметрів неіонізуючих випромінювань радіочастотного діапазону в приміщенні необхідно застосувати захист часом або відстанню.

Для забезпечення допустимих параметрів неіонізуючих випромінювань промислової частоти в приміщенні потрібно зменшити випромінювання в самому джерелі.

Для забезпечення нормованих параметрів температури повітря в приміщенні потрібно використати систему опалення.

З метою забезпечення допустимих параметрів інтенсивності теплового випромінювання в приміщенні доцільно застосувати механічну загальнообмінну вентиляцію.

6.3 Пожежна безпека

Мінімальні межі вогнестійкості конструкцій розглядуваного приміщення наведені в таблиці 6.2. В таблиці 6.3 приведено протипожежні норми проектування будівель і споруд.

Таблиця 6.2 – Значення мінімальних меж вогнестійкості приміщення [18]

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Східчасті майданчики	Плити та інші несучі конструкції	Елементи покриття	
	Несучі та східчасті клітки	Самонесучі	Зовнішні несучі	Перегородки				Плити, прогони	Балки, ферми
1	REI 150	REI 75	E 30	EI 30	R 150	R 60	REI 60	RE 30	R 30
	M0	M0	M0	M0	M0	M0	M0	M0	M0

Примітка. R – втрати несучої здатності; E – втрати цілісності; I – втрати теплоізолювальної спроможності; M – показник здатності будівельної конструкції поширювати вогонь (межа поширення вогню); M0 – межа поширення вогню дорівнює 0 см.

Таблиця 6.3 – Протипожежні норми проектування будівель і споруд [19]

Об'єм приміщення, тис. м ³	Категорія пожежної небезпеки	Ступінь вогнестійкості	Відстань, м, при щільності людського потоку в загальному проході, осіб/м ²			Кількість людей на 1 м ширини евакуиходу	Відстань між будівлями та спорудами, м, для ступеня їх вогнестійкості			Найбільша кількість поверхів	Площа поверху в межах пожежного відсіку, м ² , для кількості поверхів		
			до 1	2-3	4-5		I,II	III	IV,V		1	2	3 і більше
до 15	A	1	40	25	15	45	9	9	12	6	н.о.	н.о.	н.о.

Примітки: н.о. – не обмежується.

Під час виконання даного розділу опрацьовано такі аспекти охорони праці, як аналіз шкідливих та небезпечних виробничих чинників у виробничому приміщенні; карта умов праці; рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто протипожежні норми.

ВИСНОВКИ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі здійснено розроблення технологічного маршруту механічної обробки деталі типу «Фланець ТС.02» з використанням високопродуктивного обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК). На основі аналізу характеру виготовлення встановлено, що виробництво належить до середньосерійного типу. З урахуванням геометричних параметрів деталі, її маси та умов серійного виготовлення обґрунтовано вибір способу виготовлення заготовки – лиття у металеву форму (кокіль).

Опираючись на конфігурацію заготовки, конструктивні та технологічні вимоги до оброблюваних поверхонь, обрано доцільні технологічні бази, визначено кількість та послідовність операцій, сформовано оптимальний маршрут обробки. Проведено розмірний аналіз для обґрунтування припусків на механічну обробку, визначення точних значень технологічних розмірів та уточнення геометричних параметрів заготовки. Розраховано режими різання та встановлено нормативи часу для кожного переходу та операції.

У рамках попереднього проектування ділянки механічної обробки здійснено розрахунок виробничої програми в приведених одиницях, що дозволило визначити необхідну кількість устаткування — 9 верстатів. Для ефективного функціонування ділянки передбачено залучення 11 основних робітників. Проведений аналіз завантаження обладнання засвідчив високий рівень його використання — середній коефіцієнт завантаження становить 86%.

У розділі, присвяченому охороні праці, здійснено аналіз виробничих факторів з урахуванням безпеки працівників і роботи обладнання. Наведено розрахункові показники, що дозволяють оцінити ризики та сформулювати відповідні заходи з безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ ГОСТ 3.1121:2003. Єдина система технологічної документації. Види і комплектність документів при виготовленні виробів. Основні положення. – [Чинний]. – Київ: Держспоживстандарт України, 2004. – 10 с. – (Ідентичний ГОСТ 3.1121-84).
2. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. В. Савуляк, О. В. Сердюк. Вінниця : ВНТУ, 2016. 148 с.
3. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Пурдик В. П. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2013. 123 с.
4. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний посібник / [Ж. П. Дусанюк та ін.]. Вінниця: ВНТУ, 2009. 199 с.
5. 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
6. Розрахунок режимів різання металів: навчальний посібник / Б. Д. Буц, В. Є. Приходько, Ю. В. Ткачов. — Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2005. — 76 с.
7. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ: навчальний посібник / під заг. ред. В. А. Кириловича. — Житомир: ЖІТІ, 2001. — 600 с.
8. Основи технології машинобудування: навчальний посібник. Частина 2/ О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, С. І. Сухоруков. — Вінниця: ВНТУ, 2021. — 90 с.
9. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни і визначення.
10. Віштак І. В. Охорона праці в галузях механічної інженерії та транспорту : навчальний посібник / І. В. Віштак, О. В. Березюк. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 195 с.

11. Міністерство охорони здоров'я України. Наказ № 1596 від 14 липня 2020 "Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони". – 81 с.

12. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.

13. ДСН 3.3.6-037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

14. ДСанПіН 3.3.6-096-2002. Санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів.

15. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

16. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

17. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи "Атестація робочих місць за умовами праці" з дисципліни "Охорона праці в галузі" для студентів усіх спеціальностей / Уклад. О.В. Березюк, М.С. Лемешев. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 21 с.

18. ДБН В.1.1.7–2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

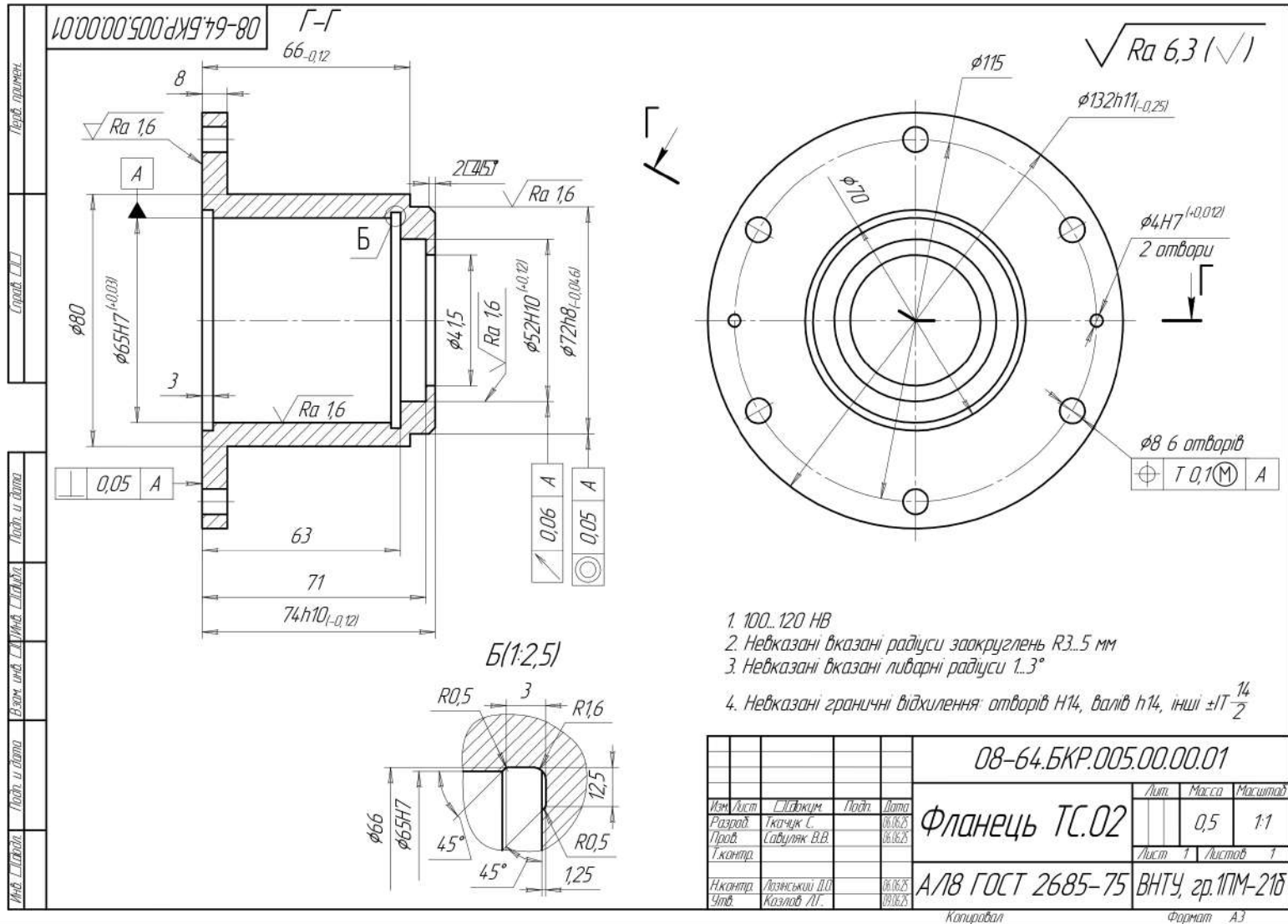
19. СНиП 2.09.02-85. Протипожежні норми проектування будівель і споруд.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ ТС.02»



Формат А3

Маршрут механічної обробки деталі "Фланець ТСО2"

08-64.БKP.005.00.00.100 П/1

оп-і	Операції і переходи	Ескіз та схеми установки	Тип обладнання
005	Токарна ЧПК 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Точити по контуру пов. 1, 2, 3 попередньо 5 і 6 остаточно 3. Точити по контуру пов. 3 попередньо - пов. 1, 2 остаточно 4. Точити пов. 3 попередньо 5. Точити пов. 3 остаточно 6. Точити пов. 4 однократно 7. Зняти деталь		Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1B34.0Ф3
010	Токарна ЧПК 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Точити пов. 1 попередньо 3. Точити пов. 1 остаточно 4. Точити по контуру пов. 2 попередньо - пов. 4 однократно 5. Точити пов. 2 остаточно 6. Точити по контуру пов. 6, 8 попередньо - пов. 3, 7, 9, 10 однократно 7. Точити по контуру пов. 6, 8 попередньо 8. Точити по контуру пов. 6 попередньо - пов. 8 остаточно 9. Точити пов. 6 остаточно 10. Точити пов. 11 однократно 11. Точити канавку 12 однократно 12. Зняти деталь		Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1B34.0Ф3
015	Свердлильна ЧПК 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Центрувати 2 отв. 1 і 6 отв. 2 однократно 3. Свердлити 2 отв. 1 однократно 4. Свердлити 6 отв. 2 однократно 5. Зенкерувати 2 отв. 1 однократно 6. Розвернути 2 отв. 1 однократно 7. Зняти деталь		Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК 2P135Ф2-1

08-64.БKP.005.00.00.100 П/1

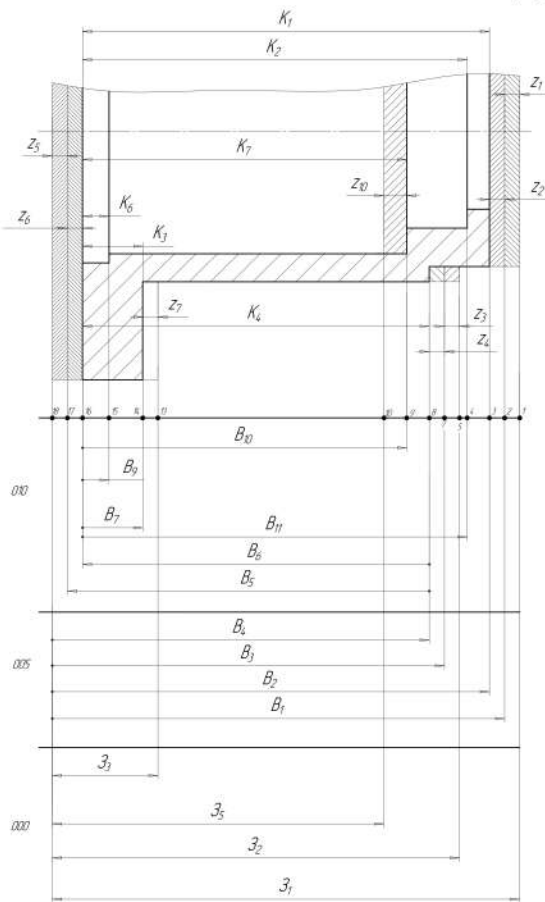
Відп. за проект	Відп. за технологію	Відп. за виробництво	Відп. за контроль	Відп. за склад	Відп. за архів	Відп. за доставку
Відп. за проект	Відп. за технологію	Відп. за виробництво	Відп. за контроль	Відп. за склад	Відп. за архів	Відп. за доставку
Відп. за проект	Відп. за технологію	Відп. за виробництво	Відп. за контроль	Відп. за склад	Відп. за архів	Відп. за доставку
Відп. за проект	Відп. за технологію	Відп. за виробництво	Відп. за контроль	Відп. за склад	Відп. за архів	Відп. за доставку
Відп. за проект	Відп. за технологію	Відп. за виробництво	Відп. за контроль	Відп. за склад	Відп. за архів	Відп. за доставку
Відп. за проект	Відп. за технологію	Відп. за виробництво	Відп. за контроль	Відп. за склад	Відп. за архів	Відп. за доставку
Відп. за проект	Відп. за технологію	Відп. за виробництво	Відп. за контроль	Відп. за склад	Відп. за архів	Відп. за доставку
Відп. за проект	Відп. за технологію	Відп. за виробництво	Відп. за контроль	Відп. за склад	Відп. за архів	Відп. за доставку
Відп. за проект	Відп. за технологію	Відп. за виробництво	Відп. за контроль	Відп. за склад	Відп. за архів	Відп. за доставку
Відп. за проект	Відп. за технологію	Відп. за виробництво	Відп. за контроль	Відп. за склад	Відп. за архів	Відп. за доставку

Маршрут механічної обробки деталі "Фланець ТСО2"

Лист 11

ВНТУ, гр. ПМ-216

Розмірний аналіз технологічного процесу



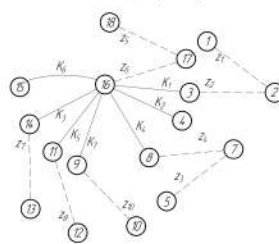
Міжопераційні технологічні розміри

Розмір	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀	B ₁₁
MAX	76,17	75,42	68,08	67,4	74,54	74	8	58	3	63	71
MIN	75,82	75,14	67,8	67,14	74,4	73,9	7,64	57,38	2,7	62,38	70,9

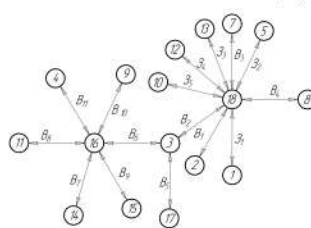
Припуски на обробку та розміри заготовок

Припуск	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇	Z ₈	Z ₁₀	З ₁	З ₂	З ₃	З ₄	З ₅
MAX	2,85	1,03	2,78	0,94	0,88	0,56	2,94	2	1	78,67	70,58	11,72	59,12	64,12
MIN	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,6	0,6	76,77	68,68	10,12	57,52	63,52

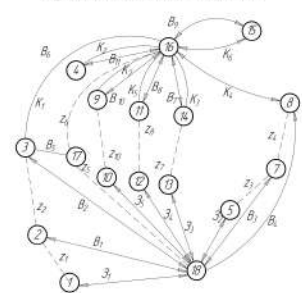
Вихідний граф-дерево



Похідний граф-дерево

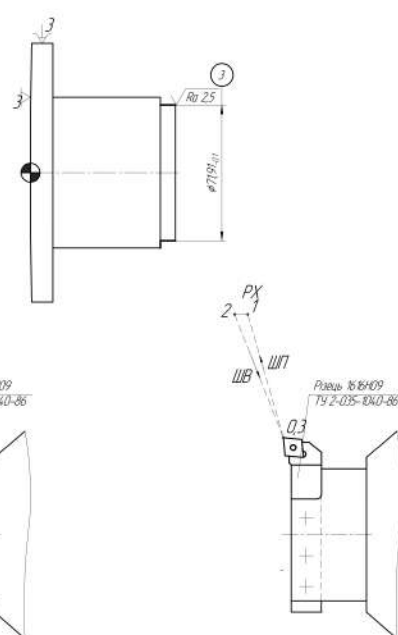
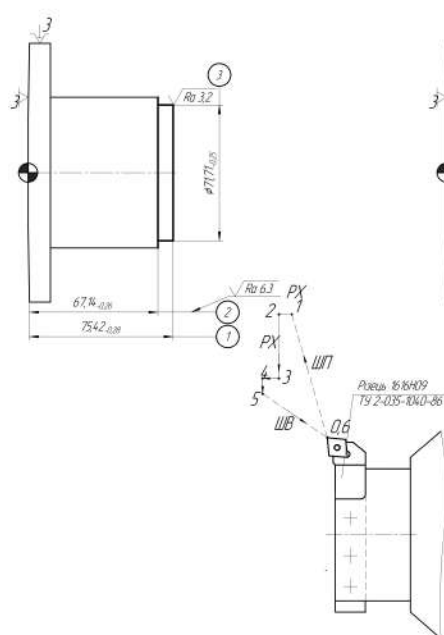
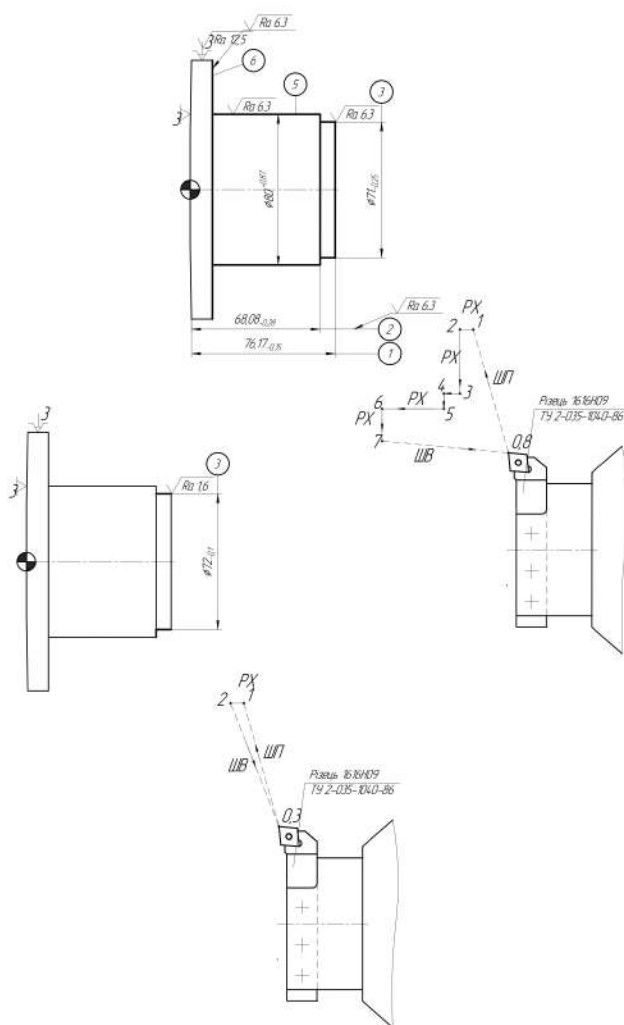


Суміщений граф-дерево



Перехід 2

Перехід 4

[illegible]

08-64.БКР.005.00.300

Елементи розрахованої ділянки

Графік завантаження обладнання

η, %

90

70

50

30

10

97%

91%

86%

70%

Моделі верстатів	1В340Ф3	1В340Ф3	2Р135Ф2
Операції	005	010	015

Графік завантаження обладнання за основним часом

η, %

90

70

50

30

10

55%

64%

50.5%

50.5%

Моделі верстатів	1В340Ф3	1В340Ф3	2Р135Ф2
Операції	005	010	015

Сумарна кількість верстатів – 9 шт.
Кількість основних працівників (верстатників) – 11 чол.
Кількість допоміжного персоналу – 3 чол.
Кількість ІТР – 2 чол.
Кількість службовців – 1 чол.
Кількість МОП – 1 чол.

Изм	Лист	Складчик	Подп	Дата	Елементи розрахованої ділянки	Лист	Масштаб	Масштаб
Разработ	Григорук С.М.		06.06.25			1:1		
Пров	Савуляк В.В.		06.06.25					
Контр								
Исполн	Лозинський Д.О.		06.06.25		ВНТУ, зр. 1ПМ-210	Лист	Листов	1
Чит	Козляков Г.П.		09.06.25					

Копіював

Формат А3

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: «Технологічний процес механічної обробки деталі типу «Фланець ТС.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 28,42%

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)

Сергій ТКАЧУК
(ім'я, прізвище)