

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

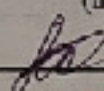
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

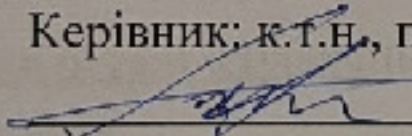
Бакалаврська дипломна робота

на тему:

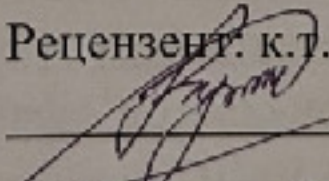
«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ ПГ-01.05.008»»

Виконав: студент 4 курсу, групи 1ПМ-206
спеціальності 131 – Прикладна механіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

 Денис АДАМЛЮК

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

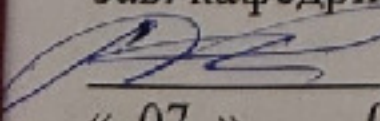
« 06 » 06 2024 р.

Рецензент: к.т.н., доц., доцент каф. АТМ
 Володимир КУЖЕЛЬ

« 12 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри ТАМ

 д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ

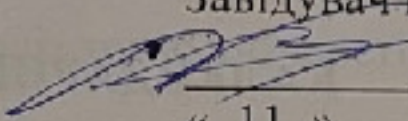
« 07 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, факультету)
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри)
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 13 Механічна інженерія
(шифр і назва)
Спеціальність – 131 Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)
Освітньо-професійна програма –
Комп'ютеризовані технології та механотронні системи в машинобудуванні
(назва освітньо-професійної програми)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

 д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ

« 11 » 03 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Адамлюку Денису Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець ПГ-01.05.008»

Керівник роботи Буренніков Юрій Анатолійович, к.т.н., професор,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від « 11 » березня 2024 року № 80.

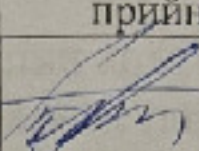
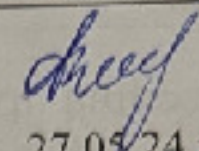
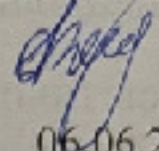
2. Термін подання студентом роботи: 14 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Фланець ПГ-01.05.008»; річна програма випуску 2 000 шт.; довідкова література

4. Зміст текстової частини: анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Фланець»; розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець ПГ-01.05.008»; розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець ПГ-01.05.008»; охорона праці; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
деталь «Фланець ПГ-01.05.008» (A1); фланець (заготовка) (A2); маршрут механічної обробки (2A1); розмірний аналіз технологічного процесу (A1); карта налагоджень (операція 010) (A1); графіки завантаження обладнання (A1)

6. Консультанти розділів роботи

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

(підпис)

Денис АДАМЛЮ

Керівник роботи

(підпис)

Юрій БУРСНІКОВ

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 70 сторінок формату А4, на яких є 15 рисунків, 29 таблиць, список використаних джерел містить 24 найменувань.

Метою роботи є проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець ПГ-01.05.008».

У загальній частині роботи виконано огляд технології виготовлення деталі типу «Фланець», проведено аналіз технологічності конструкції деталі, вибраний спосіб виготовлення заготовки з урахуванням техніко-економічного порівняння варіантів, спроектований технологічний процес, виконано розмірний аналіз технологічного процесу, проведені розрахунки припусків на обробку, режимів різання та технічних норм часу.

В розділі розрахунку елементів ділянки механічної обробки визначено приведену програму, розраховано кількість верстатів, коефіцієнти завантаження та кількість працюючих на ділянці.

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

Ключові слова: технологічний процес, механічна обробка, заготовка, деталь, режими різання, норми часу, ділянка механічної обробки.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 70 A4 pages, which have 15 figures, 29 tables, the list of sources used contains 24 items.

The aim of the work is to design a technological process for machining a workpiece of the type «Flange PG-01.05.008».

In the general part of the work, a review of the technology for manufacturing a part of the «Flange» type was carried out, an analysis of the manufacturability of the design of the part was carried out, a method for manufacturing a workpiece was selected taking into account the technical and economic comparison of options, a technological process was designed, a dimensional analysis of the technological process was performed, calculations of processing tolerances, cutting modes were carried out and technical standards.

In the section for calculating the elements of the machining section, the given program is defined, the number of machines, load factors and the number of workers on the site are calculated.

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

Keywords: technological process, machining, workpiece, part, cutting conditions, time standards, machining section.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ»	7
1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	7
1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Фланець»	10
2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «ФЛАНЕЦЬ ПГ-01.05.008»	14
2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі	14
2.2 Вибір способу виготовлення заготовки	18
2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки	18
2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення	18
2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки	23
2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки	24
2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого	26
2.3 Розробка маршруту механічної обробки	27
2.3.1 Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 90P7$	27
2.3.2 Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз	28
2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки	30
2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу	31
2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь	36
2.3.6 Визначення режимів різання	41
2.3.7 Визначення технічних норм часу	45

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ ПГ-01.05.008»	48
3.1 Розрахунок приведеної програми	48
3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	52
3.3 Побудова графіків завантаження обладнання	54
3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці	55
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	58
4.1 Аналіз умов праці	58
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	60
4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки	64
ВИСНОВКИ	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	68
ДОДАТКИ	71
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	71
Додаток Б (обов'язковий). Графічна частина	72

ВСТУП

Актуальність. Технологія обробки металів різанням зазнала значних змін за останні роки. Серед найважливіших напрямків розвитку можна виділити інтенсифікацію технологічних процесів завдяки використанню новітніх інструментальних матеріалів, розширення сфери застосування обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК), впровадження роботизованих верстатних комплексів та гнучких виробничих систем з комп'ютерним управлінням. Важливими також є досягнення у підвищенні розмірної та геометричної точності обробки. Ці зміни не лише покращують якість виготовлених деталей, але й сприяють зниженню виробничих витрат та підвищенню продуктивності підприємств. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки стає ключовим фактором для забезпечення конкурентоспроможності та ефективності сучасного машинобудування, що підтверджує актуальність даного дослідження.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець ПГ-01.05.008».

Завдання, що вирішуються в роботі:

- проведення огляду технології виготовлення деталі типу «Фланець»;
- встановлення типу виробництва та форми організації роботи;
- якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки;
- проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець ПГ-01.05.008»;
- розмірний аналіз технологічного процесу;
- визначення режимів різання та норм часу технологічного процесу механічної обробки;
- розрахунок приведеної програми, кількості обладнання та працівників на проектуємій дільниці;
- виконання розділу з охорони праці.

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ»

1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

Коефіцієнт закріплення операцій [1, 2]:

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

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

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

Визначаємо п'ять найбільш характерних переходів механічної обробки деталі «Фланець ПГ-01.05.008» виключивши дрібні і трудомісткі. Розраховуємо основний та штучно-калькуляційний час. Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основний та штучно-калькуляційний час

№	Характерні переходи	$T_0 \cdot 10^{-3}$, хв.	T_0 , хв.	φ_k	$T_{\text{шк}}$, хв.
1	Розточити отв. $\varnothing 132$ однократно	$0,18 \cdot D \cdot \ell$	$0,18 \cdot 132 \cdot 46 = 1,092$	1,98	2,164
2	Розточити отв. $\varnothing 90P7$ попередньо	$0,17 \cdot D \cdot \ell$	$0,17 \cdot 90 \cdot 60 = 0,98$	1,98	1,94
3	Розточити отв. $\varnothing 90P7$ попередньо	$0,18 \cdot D \cdot \ell$	$0,18 \cdot 90 \cdot 60 = 0,97$	1,98	1,92
4	Розточити отв. $\varnothing 90P7$ попередньо	$0,2 \cdot D \cdot \ell$	$0,2 \cdot 90 \cdot 60 = 1,08$	1,98	2,14
5	Розточити отв. $\varnothing 90P7$ остаточно	$0,3 \cdot D \cdot \ell$	$0,3 \cdot 90 \cdot 60 = 1,62$	1,98	3,2

Розрахунок кількості верстатів

$$C_p = \frac{N_{\text{пр}} \cdot T_{\text{мк}}}{60 \cdot F_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{тн}}}, \quad (1.2)$$

де F_d – дійсний річний фонд, $F_d = 4030$ год.;

η_{zn} – нормативний коефіцієнт завантаження, (одиничне-дрібносерійне 0,8-0,9, серійне 0,75-0,85, великосерійне-масове 0,65-0,75).

$$1) C_p = \frac{2000 \cdot 2,164}{60 \cdot 4030 \cdot 0,8} = 0,0224 ;$$

$$4) C_p = \frac{2000 \cdot 2,14}{60 \cdot 4030 \cdot 0,8} = 0,022 ;$$

$$2) C_p = \frac{2000 \cdot 1,94}{60 \cdot 4030 \cdot 0,8} = 0,021 ;$$

$$5) C_p = \frac{2000 \cdot 3,2}{60 \cdot 4030 \cdot 0,8} = 0,033 .$$

$$3) C_p = \frac{2000 \cdot 1,92}{60 \cdot 4030 \cdot 0,8} = 0,02 ;$$

Визначення прийнятої кількості робочих місць. Заокруглюємо кількості верстатів до найбільшого більшого цілого числа.

$$1) P_1 = C_p = 1;$$

$$2) P_2 = C_p = 1;$$

$$3) P_3 = C_p = 1;$$

$$4) P_4 = C_p = 1;$$

$$5) P_5 = C_p = 1.$$

Розраховуємо фактичний коефіцієнт завантаження.

$$\eta_{z\phi} = \frac{C_p}{P} . \quad (1.3)$$

$$1) \eta_{z\phi} = \frac{C_p}{P} = \frac{0,0224}{1} = 0,0224 ;$$

$$4) \eta_{z\phi} = \frac{C_p}{P} = \frac{0,022}{1} = 0,022 ;$$

$$2) \eta_{z\phi} = \frac{C_p}{P} = \frac{0,021}{1} = 0,021 ;$$

$$5) \eta_{z\phi} = \frac{C_p}{P} = \frac{0,033}{1} = 0,033 .$$

$$3) \eta_{z\phi} = \frac{C_p}{P} = \frac{0,02}{1} = 0,02 ;$$

Визначаємо кількість операції, що виконуються на одному робочому місці.

$$O = \frac{\eta_{\text{зв}}}{\eta_{\text{зф}}}. \quad (1.4)$$

$$1) O = \frac{\eta_{\text{зв}}}{\eta_{\text{зф}}} = \frac{0,8}{0,0224} = 35,7 ;$$

$$4) O = \frac{\eta_{\text{зв}}}{\eta_{\text{зф}}} = \frac{0,8}{0,022} = 36,4 ;$$

$$2) O = \frac{\eta_{\text{зв}}}{\eta_{\text{зф}}} = \frac{0,8}{0,021} = 38 ;$$

$$5) O = \frac{\eta_{\text{зв}}}{\eta_{\text{зф}}} = \frac{0,8}{0,033} = 24 .$$

$$3) O = \frac{\eta_{\text{зв}}}{\eta_{\text{зф}}} = \frac{0,8}{0,02} = 40 ;$$

$$K_{\text{зр}} = \frac{35,7 + 38 + 40 + 36,4 + 24}{1 + 1 + 1 + 1 + 1} = 34,82 .$$

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

Форми організації роботи

Добовий випуск виробів та розрахунковий випуск виробу [2]:

$$N_{\text{д}} = \frac{N_{\text{зр}}}{254} = \frac{2000}{254} = 8 \text{ (шт.)}$$

$$Q_{\text{д}} = \frac{F_{\text{д}}}{T_{\text{норм}} \cdot \eta_{\text{з}}} \text{ [шт.]}, \quad (1.5)$$

$$\text{де } T_{\text{норм}} = \frac{\sum T_{\text{нмк}} \cdot n}{n} = \frac{2,164 + 1,94 + 1,92 + 2,14 + 3,2}{5} = 2,27 \text{ (хв.)}$$

$$Q_{\text{д}} = \frac{2000}{2,27 \cdot 0,8} = 1101 \text{ (шт.)}$$

Виходячи з умови $N_{\text{д}} < Q_{\text{д}} = 8 < 1101$ шт. – використовуємо групову лінію.

При груповій формі організації роботи визначаємо кількість деталей в партії:

$$n = \frac{N_{np} \cdot a}{254} \text{ [шт.]}, \quad (1.6)$$

де a – періодичність запуску деталей на обробку ($a = 3, 6, 12, 24$).

$$n = \frac{2000 \cdot 6}{254} = 48 \text{ (шт.)}$$

Розрахункова число змін на обробку партії деталей

$$C_{зм} = \frac{T_{зм - K_{ср}} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{2,27 \cdot 48}{476 \cdot 0,8} = 0,29 \text{ (зміни);}$$

де 476 – ефективний фонд часу роботи обладнання в зміну, хв.

Розрахункова кількість змін

$$n = \frac{C_{зм} \cdot 476 \cdot 0,8}{T_{зм - K_{ср}}} = \frac{1 \cdot 476 \cdot 0,8}{2,27} = 167,8 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо кількість деталей в партії $n = 168$ шт.

Висновок. Виробництво дрібносерійне з груповою формою організації роботи, кількість деталей в партії 168 шт.

1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Фланець»

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

Подібною деталлю до розглядуваної деталі «Фланець ПГ-01.05.008» є фланець, креслення якого зображено на рис. 1.1 [1-6].

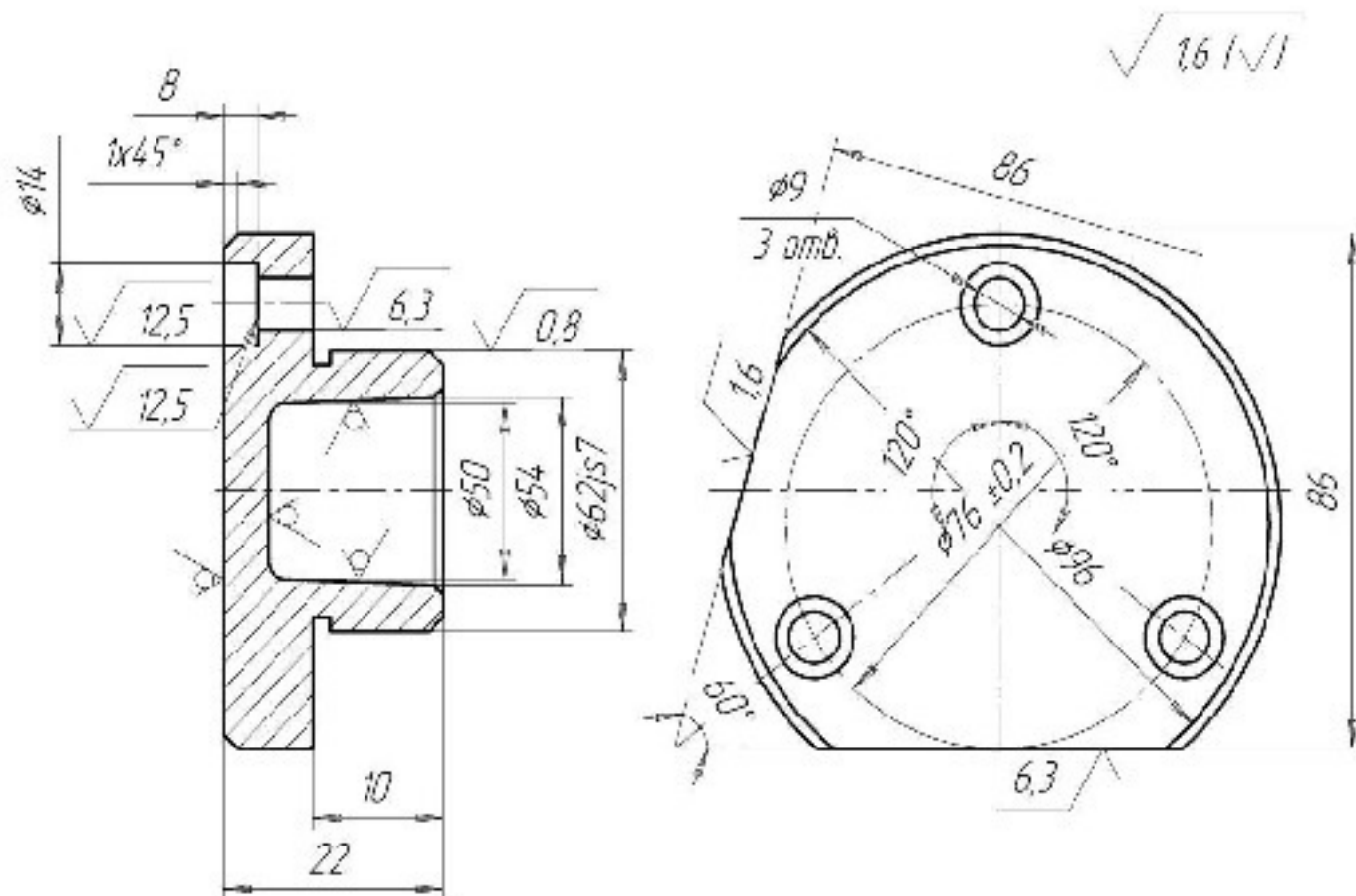


Рисунок 1.1 – Ескіз типової деталі «Фланець»

Відмінною рисою конструкції розглядуваних деталей – центральний отвір, який наскрізний у заданій деталі «Фланець ПГ-01.05.008», але глухий у типового фланця. Слід звернути увагу на присутні у фланця лиски, які розміщені під кутом 60° одна відносно одної. Це ускладнює обробку лисок і вимагає використання додаткового пристосування. Для обробки розглядуваної деталі використовується звичайний трюхкулачковий самоцентруючий патрон, саме тому потреба в проектуванні нового спеціального пристосування відсутня. Розглядувана деталь, як і фланець, мають ряд кріпильних отворів, які в свою чергу відрізняються канавками для гвинтів з потайними головками. Розглядувана деталь має канавки, тоді як фланець на фланці вони відсутні. Також слід звернути увагу на кількість кріпильних отворів у кришці їх десять, в той час як у фланця їх три. В конструкції фланця передбачена канавка для виведення шліфувального круга, тоді як у кришці подібний конструктивний елемент відсутній.

Таблиця 1.2 – Маршрут механічної обробки типової деталі

Операція	Зміст і назва операції	Верстат, обладнання	Оснастка
1	2	3	4
005	Лиття		
010	Обробка та очистка виливка		
015	Малярна		
020	Підрізати торець $\varnothing 62js7/\varnothing 54$ та $\varnothing 96/\varnothing 62js7$ остаточно, точити поверхню $\varnothing 62js7$ під шліфування проточити канавку та фаски	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трьох-кулачковий пневматичний патрон
025	Підрізати торець $\varnothing 96$ і точити поверхню $\varnothing 96$ (технологічно)	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трьох-кулачковий патрон
030	Свердлити та зенкерувати три отвори $\varnothing 9/\varnothing 14$, фрезерувати дві лиски в розмір 86	Багатоцільовий свердлильно-фрезерний 21105H7Ф4	Наладка УСПО
035	Спиляти гострі кромки	Верстак механізований	
040	Шліфувати поверхню $\varnothing 62js7$ з підшліфовкою торця $\varnothing 96js7$ остаточно	Універсально-шліфувальний 3У131ВМ	Трьох-кулачковий патрон
045	Промити деталь	Машина для миття	
050	Технічний контроль		
055	Нанесення антикорозійного покриття		

Щодо точності розглядуваної деталі, найточнішими поверхнями деталі «Фланець ПГ-01.05.008» є внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 90P7$ та внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 136H9$, які обробляються відповідно по сьомому і по дев'ятому квалітету точності. Найбільш точними поверхнями типової деталі є зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 62js7$. Відмінною рисою у розглядуваних деталях є те, що кріпильні отвори обробляються однократно свердлінням, в той час як у типовій деталі крім свердління необхідно виконати додаткову операцію, яка б дозволила отримати шорсткість $R_a = 6,3$ (наприклад, зенкерування). Лівий

торець фланця разом з отвором не обробляються, в той час як у розглядуваної деталі ці поверхні підлягають механічній обробці.

В типовому технологічному процесі для механічної обробки деталі використовуються наступні види верстатів: токарний патронний напівавтомат КТ141, багатоцільовий свердлильно-фрезерний верстат 21105Н7Ф4 та універсально-шліфувальний верстат 3У131ВМ. Використання такого набору верстатів для обробки розглядуваної деталі є недоцільно. Обробку торцевих, зовнішніх, внутрішніх циліндричних поверхонь, а також отворів, які не знаходяться на вісі обертання даної деталі можна виконати на токарно-револьверному верстаті з ЧПК моделі 1П420ПФ40, який може забезпечити необхідну точність оброблюваних поверхонь. Перевагою верстата 1П420ПФ40 є також порівняно нижча трудомісткість роботи верстата, що зможе підвищити економічний ефект механічної обробки деталі. В якості фінішної обробки фланця передбачене використання універсально-шліфувального верстата 3У131ВМ.

Оскільки «Фланець ПГ-01.05.008» є тілом обертання, то для остаточної обробки її поверхонь достатньо замінити шліфування тонким точінням. Використовуючи верстат 1П420ПФ40, можна не лише зменшити кількість операцій механічної обробки підвищивши цим самим економічний ефект, але й зменшити похибку установки заготовки у пристосування верстата. Таким чином, заміна шліфування тонким точінням, дозволить виконувати обробку більшості поверхонь деталі з одного установу, що дозволить без проблем досягнути необхідної точності оброблюваних поверхонь.

У конструкції деталі присутні наступні конструктивні елементи – три групи кріпильних різей, високої точності отвори, конфігурація деталі простої складності.

Проаналізувавши конструкцію деталі можна зробити висновок, що при обробці всіх поверхонь можливе використання постійних комплектів баз, а також виконання принципу співпадання конструкторської та технологічної баз. Як наслідок виконання цієї умови забезпечується необхідна точність відповідальних поверхонь виробу.

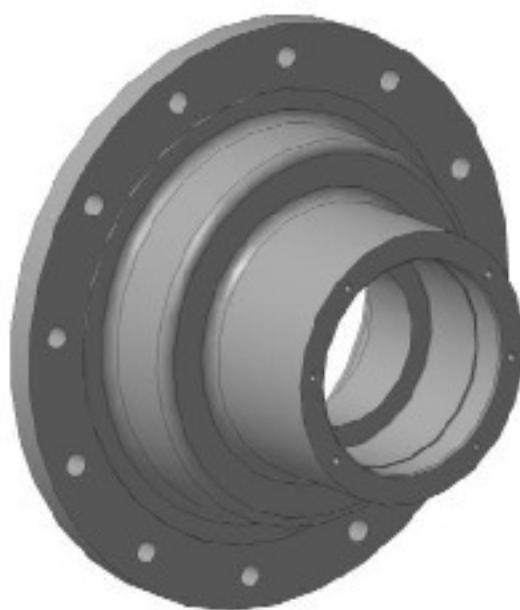


Рисунок 2.2 – 3D-модель деталі «Фланець ПГ-01.05.008»

За результатами розробки креслення та перевірки залежності допустимих відхилень, шорсткостей від відхилень геометричної форми та взаємного розміщення поверхонь можна зробити висновок, що залежності відповідають вимогам.

Врахувавши конфігурацію деталі, а також розглянувши відомі методи проведення вимірювання та асортимент доступного вимірювального інструменту робимо висновок, що при обробці всіх зовнішніх та внутрішніх поверхонь можна виконати безпосереднє вимірювання одержаних розмірів.

2.1.2 Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі

Кількісна оцінка технологічності оцінюється за наступними показниками [1, 2].

Коефіцієнт точності

Таблиця 2.4 – Параметри точності поверхонь

Квалітет	Розміри	Кількість пов.	Розрахунок
7	90, 90	2	$2 \times 7 = 14$
9	136	1	$1 \times 9 = 9$
11	236, 245	2	$2 \times 11 = 22$
13	74, 46	2	$2 \times 13 = 26$
14	163, 148, 132, 190, 115, 102, 15, 60, 120, M10 – (12), M8 – (6), M3 – (6)	33	$33 \times 14 = 462$
15	60	1	$1 \times 15 = 15$
Всього		41	548

$$T_{cp} = T_i n_i / n = 548 / 41 = 13,4; \quad (2.2)$$

$$K_T = 1 - (1/T_{cp}) = 1 - (1/13,4) = 0,925 > 0,8. \quad (2.3)$$

Коефіцієнт шорсткості

Таблиця 2.5 – Параметри шорсткості поверхонь

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
3,2	120, 39, Ø94, 4, Ø90	$3,2 \times 5 = 16$
12,5	Ø236, Ø168, Ø148, Ø136, Ø190, Ø163, Ø245, Ø98, Ø115, Ø105, M10 – (12), M8 – (6), M3 – (6), 60, 120	$12,5 \times 36 = 450$
Всього	41	476

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{5 \cdot 3,2 + 36 \cdot 12,5}{41} = 11,67 ;$$

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{1}{11,67} = 0,086 < 0,32. \quad (2.4)$$

Отже, можна зробити висновок про технологічність деталі.

Висновок. Умова виконується по 3-х коефіцієнтах, тому деталь технологічна.

2.2 Вибір способу виготовлення заготовки

2.2.1 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування методу виготовлення заготовки

Орієнтуючись на робоче креслення деталі, масу та серійність виробництва встановлюємо метод виготовлення заготовки – пластичне деформування, так як деталь виготовляється з матеріалу Сталь 40 ГОСТ 1050-88.

Можливі способи пластичного деформування (штампування) [7-10]:

- на горизонтально-кувальних машинах;
- кривошипних гарячостампувальних пресах;
- на гвинтових пресах;
- на молотах;
- на гідравлічних пресах.

З вище розглянутих способів виготовлення заготовок методом пластичного деформування були вибрані наступні: штампування на гвинтових пресах та на гідравлічних пресах. Ці способи забезпечують можливість одержання форми, розмірів та маси даної заготовки, а також можливість їх автоматизації та механізації задовольняють умови дрібно серійного виробництва.

2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для обох способів її виготовлення [7]

Клас точності – вибирається відповідно до способу отримання заготовки.

- Гідравлічні преси – Т4,
- Гвинтові преси – Т5.

Група сталі – вибирається відповідно до масової частки вуглецю в сталі включно з масовою часткою легуючих елементів – Сталь 40, вибираємо М2:

- М1 – до 0,35%,
- М2 – в межах 0,35...0,65%,

– М3 – більше 0,65%.

Таблиця 2.6 – Вибір входних параметрів

Вихідні дані	Гвинтові преси		Гідравлічні преси	
	Згідно ГОСТ 7505-89	Прийнято	Згідно ГОСТ 7505-89	Прийнято
Клас точності	T4 – T5	T5	T4 – T5	T4
Марка матеріалу	M2	M2	M2	M2
Ступінь складності	C4	C4	C4	C4
Індекс	18		16	
Конфігурація поверхні роз'єму штампа	П		П	

Ступінь складності – являє собою одну з конструктивних характеристик форми поковок, яка якісно її оцінює та використовується при призначенні припусків та допусків. Він визначається шляхом обрахунку відношення маси (об'єму) G_n поковки до маси (об'єму) G_ϕ геометричної фігури, в яку вписується форма поковки:

$$G_\phi = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H \cdot \rho = \frac{3,14 \cdot 0,245^2}{4} \cdot 0,12 \cdot 7800 = 88,2 \text{ (кг)}. \quad (2.5)$$

Визначаємо коефіцієнт $K_p = 1,4$ для визначення орієнтовної розрахункової маси поковки, який залежить від характеристики деталі.

$$G_n = G_d \cdot K_p = 9,25 \cdot 1,4 = 11,928 \text{ (кг)}, \quad (2.6)$$

де G_d – маса деталі.

$$C = G_n / G_\phi = 11,928 / 88,2 = 0,135. \quad (2.7)$$

Відповідно до співвідношення безпосередньо призначаємо ступінь складності поковки С4.

Конфігурація роз'єму штампа – плоска і відповідно позначається П.

Вихідний індекс – визначається в залежності від маси, марки сталі, ступеня складності та класу точності поковки, необхідний для наступного призначення основних припусків, допусків та допустимих відхилень.

Вибір припусків

- основні припуски (визначаються в залежності від вихідного індексу, лінійних розмірів та шорсткості поверхні деталі [7]);
- допоміжні припуски – враховують зміщення поковки, відхилення від площинності та прямолінійності, міжцентрової та міжосьової відстаней, кутових розмірів, визначаються виходячи з форми поковки та технології її виготовлення [7].

Вибір допусків

- допуски розмірів – лінійних розмірів поковок призначаються в залежності від вихідного індексу та розмірів поковки допуски зміщення:
 - по поверхні роз'ємну штампа визначається в залежності від маси поковки, конфігурації поверхні роз'ємну штампа та класу точності [7];
 - залишкового облою визначається в залежності від маси поковки конфігурації поверхні роз'ємну штампа та класу точності;
 - заусенцю на поковці залежить від маси поковки та не повинен перевищувати 5 мм по контуру обрізки облою [7];
 - відхилення від концентричності пробитого отвору визначаються в залежності від найбільшого розміру та класу точності [7];
 - вигнутості – визначаються в залежності від найбільшого розміру та класу точності [7].

Розрахунок розмірів штампованої заготовки приведено в табл. 2.7-2.8.

Таблиця 2.7 – Розрахунок розмірів штапованої заготовки на гідравлічних пресах (ГП)

Припуски:	Розрахункові розміри, мм (для гідравлічних пресів)					
	60	120	60	Ø90P7	Ø136H9	Ø245
Основні	2,0	2,7	2,0	2,7	2,7	2,4
Додаткові: зміщення по поверхні роз'ємну штампа	-			0,3		
Для врахування відхилення від площинності, прямолінійності	0,5					
	Розміри заготовки, мм (для гідравлічні преси)					
	63,5	127	60,8	Ø83	Ø129	Ø251,4
Допуски: розмірів	$3,6^{+2,4}_{-1,2}$	$4,0^{+2,7}_{-1,3}$	$3,6^{+2,4}_{-1,2}$	$3,6^{+2,4}_{-1,2}$	$4,0^{+2,7}_{-1,3}$	$4,5^{+3,0}_{-1,5}$
Зміщення по поверхні роз'єму штампа	0,3					
по вигнутості від прямолінійності	0,5					
радіусів заокруглень	2,0					
величини залишкового оболю	0,7					
висоти заокруглень, мм	3					
на відхилення від концентричності отворів	1					

Таблиця 2.8 – Розрахунок розмірів штапованої заготовки на гвинтових пресах (ГВП)

Припуски:	Розрахункові розміри, мм (для гвинтових пресів)					
	60	120	60	Ø90P7	Ø136H9	Ø245
Основні	2,4	2,9	2,4	3,3	3,0	2,8
Додаткові: на зміщення по поверхні роз'ємну штампа	-			0,3		
по вигнутості і відхилення від площинності	0,6					
	Розміри заготовки, мм (для ГВП)					
	63,8	127,6	60,5	Ø81,6	Ø128,2	Ø252,4
Допуски: розмірів	$4,5^{+3,0}_{-1,5}$	$5,0^{+3,3}_{-1,7}$	$4,5^{+3,0}_{-1,5}$	$4,5^{+3,0}_{-1,5}$	$5,0^{+3,3}_{-1,7}$	$5,6^{+3,7}_{-1,9}$
Зміщення по поверхні роз'єму штампа	-			0,3		
по вигнутості від площинності і прямолінійності	0,6					
радіусів заокруглень	2,0					
величини залишкового оболю	0,7					
висоти заокруглень, мм	3					
на відхилення від концентричності отворів	1					

Вибір радіусів, нахилів та інших конструктивних елементів штапованої заготовки

- Вибір радіусів заокруглень

Відповідно до [7] приймаємо: 2,0 мм.

- Вибір нахилів;

Відповідно до [7] приймаємо:

- для ГВП: зовнішні нахили – 3...5°,
внутрішні нахили – 5...7°;

- для гідравлічної преси:
зовнішні нахили – $1 \dots 2^\circ$,
внутрішні нахили – $2 \dots 4$.
- Мінімальний діаметр отвору, що штампується: отвори М8, М10, М3 виконуємо як напуски.

2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки

Ескізи заготовок наведено на рис. 2.3-2.4.

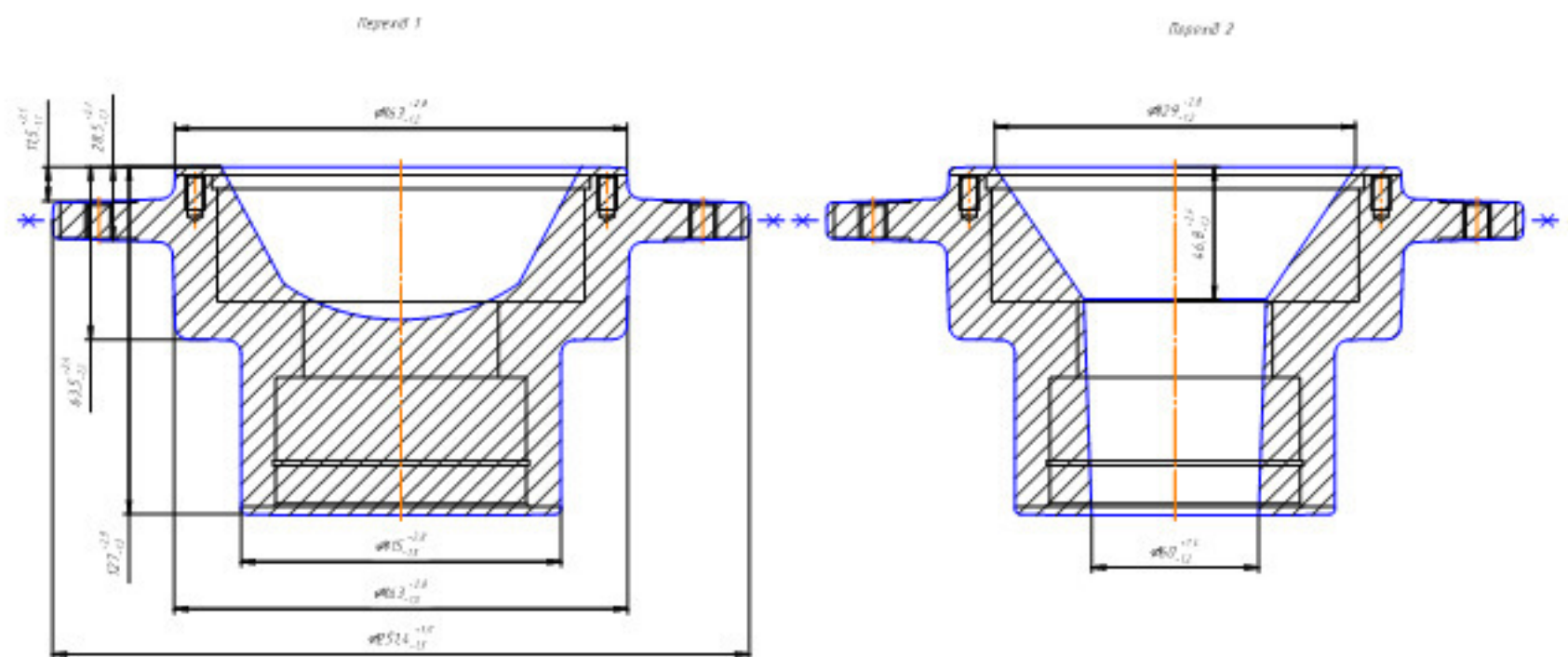


Рисунок 2.3 – Заготовка штампована на ГП

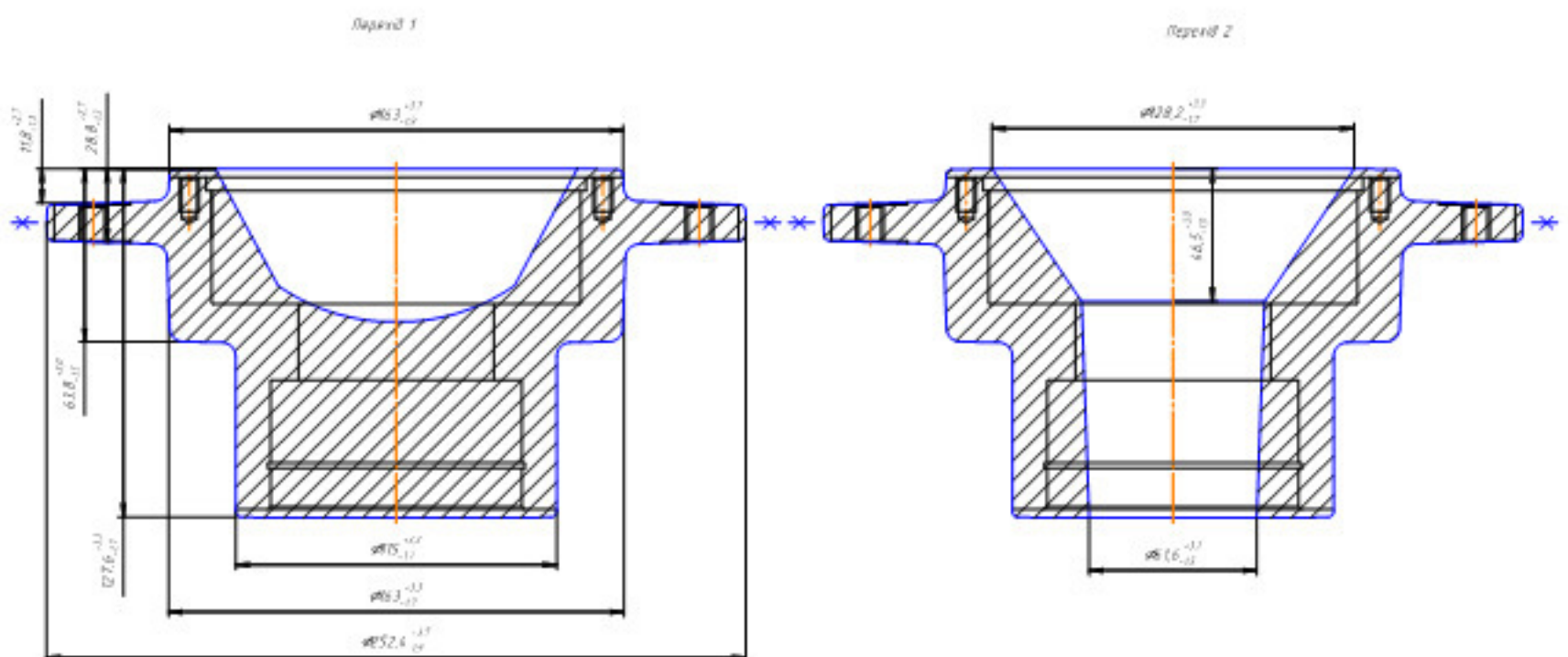


Рисунок 2.4 – Заготовка штампована на ГВП

2.2.4 Розрахунок маси та коефіцієнтів точності маси для двох варіантів заготовки

Оскільки деталь має не дуже складну форму, то можна розрахувати її масу як суму мас простих геометричних фігур. Формула для розрахунку загальної маси матиме наступний вигляд:

$$Q_{\text{заг}} = \sum_{i=1}^n Q_i \text{ [кг];} \quad (2.8)$$

де $Q_{\text{заг}}$ – загальна маса заготовки;

Q_i – маса i -ї елементарної фігури.

Визначаємо всі маси:

$$Q_i = V_i \cdot \rho \text{ [кг]}, \quad (2.9)$$

де V_i – об'єм i -ї елементарної фігури,

ρ – густина оброблюваного матеріалу.

$$Q_i = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h \cdot \rho \text{ [кг];} \quad (2.10)$$

Коефіцієнт точності маси заготовки:

$$\gamma = Q_{\text{дет}}/Q_{\text{заг}}. \quad (2.11)$$

Масу заготовок можна також визначити, побудувавши тривимірні моделі заготовок за допомогою прикладних комп'ютерних програм.

3D-модель заготовки виготовленої штампуванням на ГП показана на рис. 2.5.

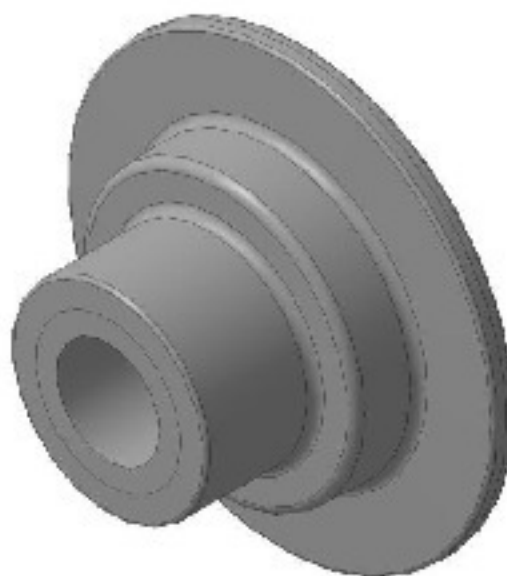


Рисунок 2.5 – 3D-модель заготовки виготовленої штампуванням на ГП

Згідно масо-центрувальних характеристик побудованої 3D-моделі маса заготовки $Q_{\text{заг}} = 11,957$.

Тоді

$$\gamma_1 = 9,25/11,957 = 0,77.$$

3D-модель заготовки виготовленої штампуванням на ГвП показана на рис. 2.6.

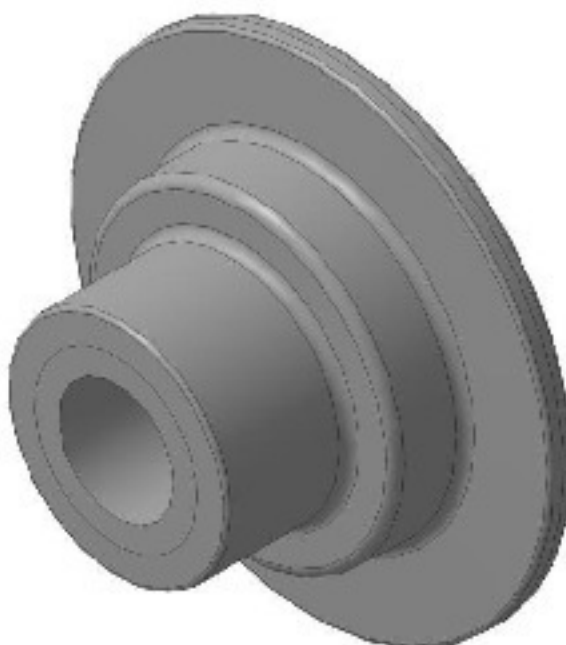


Рисунок 2.6 – 3D-модель заготовки виготовленої штампуванням на ГвП

Згідно масо-центрувальних характеристик побудованої 3D-моделі маса заготовки $Q_{\text{заг}} = 11,815$.

Тоді

$$\gamma_2 = 9,25/11,815 = 0,78.$$

2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Вартість заготовки визначено згідно формули [7]:

$$C_{\text{заг.}} = \left(\frac{G_{\text{заг.}}}{1000} \cdot C_{\text{штм}} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{\Pi} \right) - \left(\frac{G_{\text{заг.}} - G_{\text{дет.}}}{1000} \right) \cdot C_{\text{відх.}} \quad [\text{грн.}], \quad (2.12)$$

де $C_{\text{штм}}$ – базова вартість 1 т штамповки $C_{\text{штм}} = 35800$ грн./т;

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок;

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки;

K_B – коефіцієнт, що враховує масу заготовки, вибираємо згідно;

K_{Π} – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва;

$C_{\text{відх.}}$ – вартість 1 т стружки, для сталі $C_{\text{відх.}} = 2000$ грн./т.

Призначаємо коефіцієнти: $K_T = 1$, $K_M = 1,13$, $K_C = 0,77$, $K_B = 1$, $K_{\Pi} = 1$.

– ГП:

$$C_{\text{заг. ГП}} = \frac{11,815}{1000} \cdot 35800 \cdot 1 \cdot 1,13 \cdot 0,77 \cdot 1 \cdot 1 - \frac{(11,957 - 9,25)}{1000} \cdot 2000 = 362,9 \text{ (грн.)}$$

– ГвП:

$$C_{\text{заг. ГвП}} = \frac{11,957}{1000} \cdot 35800 \cdot 1 \cdot 1,13 \cdot 0,77 \cdot 1 \cdot 1 - \frac{(11,815 - 9,25)}{1000} \cdot 2000 = 367,04 \text{ (грн.)}$$

Після розрахунку вартості заготовок встановлено, що вартість заготовки виготовленої на ГвП більша, ніж вартість заготовки виготовленої на ГП, коефіцієнт використання матеріалу при виготовленні заготовки на ГвП нижчий, ніж при виготовленні заготовки на ГП. Технологічно більш вигідний метод одержання заготовки також на ГП оскільки деталь формується за один перехід, а

на ГВП за два. Отже, приймаємо спосіб виготовлення заготовки штампування на гідравлічних пресах, оскільки він за всіма показниками більш вигідний.

Економічний ефект при використанні ГП

$$E = (C_{\text{заг1}} - C_{\text{заг2}}) \cdot N \text{ [грн.]}; \quad (2.13)$$

$$E = (367,04 - 362,9) \cdot 2000 = 8280 \text{ (грн.)}$$

2.3 Розробка маршруту механічної обробки

2.3.1 Вибір способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності

Оскільки в нас найбільш точною є поверхня отвору Ø90P7, то всі розрахунки приводимо саме для неї.

Допуск заготовки – $T_z = 3600$ мкм;

Допуск деталі – $T_d = 35$ мкм;

Загальне уточнення

$$\varepsilon_z = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{3600}{35} = 102,85. \quad (2.14)$$

Можна проводити обробку за два або три переходи. Для забезпечення необхідної точності обробки приймаємо три переходи. Відповідно до рекомендацій приймаємо ступені уточнення на переходи механічної обробки: на першому $\varepsilon_1 = 5 \dots 6$; на другому $\varepsilon_2 = 4 \dots 5$; на третьому $\varepsilon_3 = 2 \dots 2,5$; на четвертому $\varepsilon_4 = 1,5 \dots 2$.

Допуск розміру деталі:

- після першого переходу:

$$T_1 = \frac{T_{\text{заг}}}{\varepsilon_1} = \frac{3600}{6} = 600 \text{ (мкм)} (\approx \text{IT } 13);$$

- після другого переходу:

$$T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{600}{4,0} = 150 \text{ (мкм) } (\approx \text{IT } 10);$$

- після третього переходу:

$$T_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{150}{2,5} = 60 \text{ (мкм) } (\approx \text{IT } 8);$$

- після четвертого переходу:

$$T_4 = \frac{T_3}{\varepsilon_4} = \frac{60}{1,714} = 35 \text{ (мкм) (IT } 7).$$

2.3.2 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чистових та чорнових технологічних баз

В якості чорнових баз на перших операції 005 використаємо поверхню Ø163, як направляючу базу, та торець як упорну базу (рис. 2.7) – ця схема базування відповідає трикулачковому патрону. При використанні такого комплексу технологічних баз ми можемо обробити наступні поверхні:

- на операції 005 – торці 1, 8, 3, зовнішню циліндричну поверхню 7, внутрішні поверхні 2, 4, 5, 6. Схема базування та поверхні, що обробляються зображена рис. 2.6.

- на операції 010 – торці 1, 4, 6 та циліндричні поверхні 2, 3, 5. Схема базування та поверхні, що обробляються зображена рис. 2.8.

- на операції 015 – використовуємо комплект баз, який використовувався на операції 010, для свердління двох груп кріпильних елементів.

- на операції 020 – використовуємо комплект баз – вісь отвору Ø132 та торець Ø163 для свердління групи кріпильних елементів.

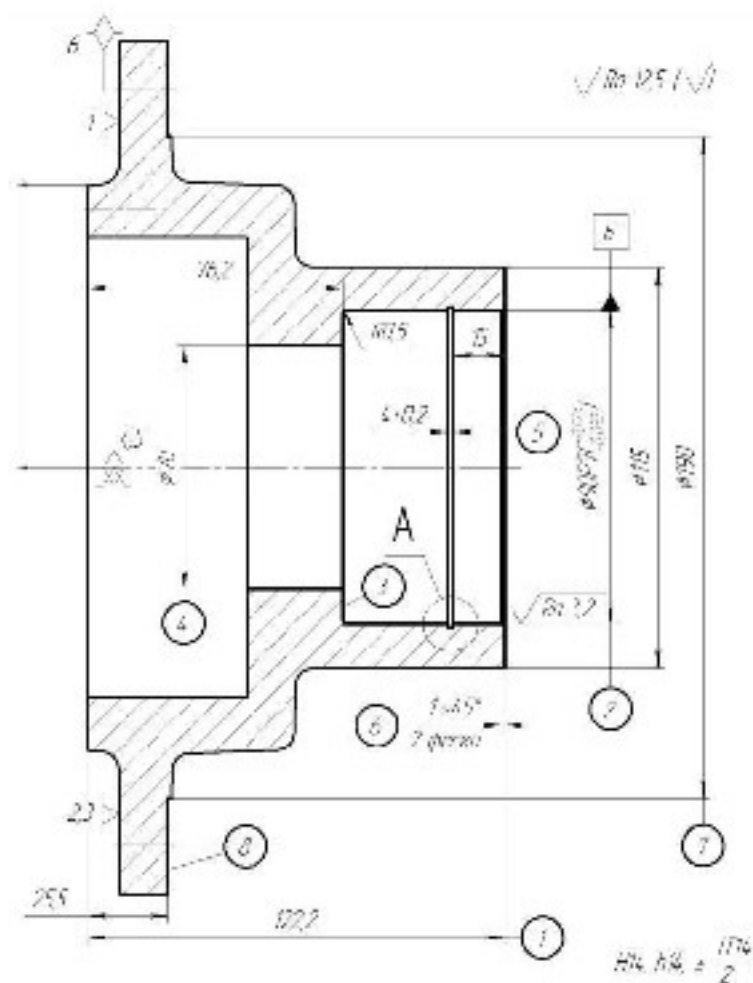


Рисунок 2.7 – Чорнові технологічні бази (операція 005)

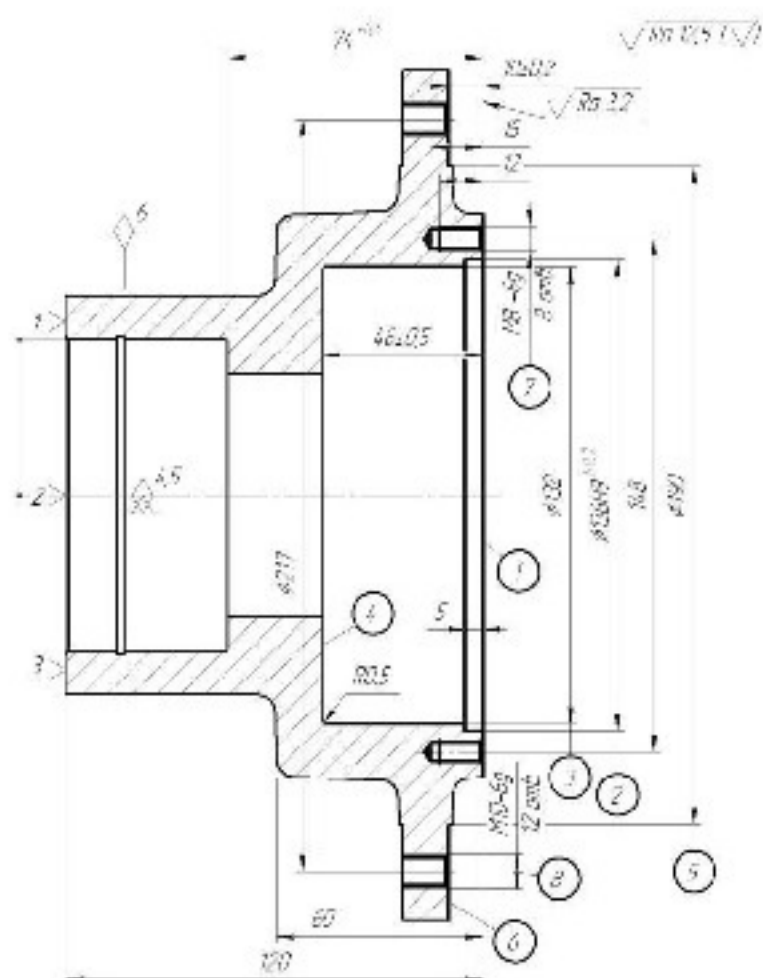


Рисунок 2.8 – Чистові технологічні бази (операція 010)

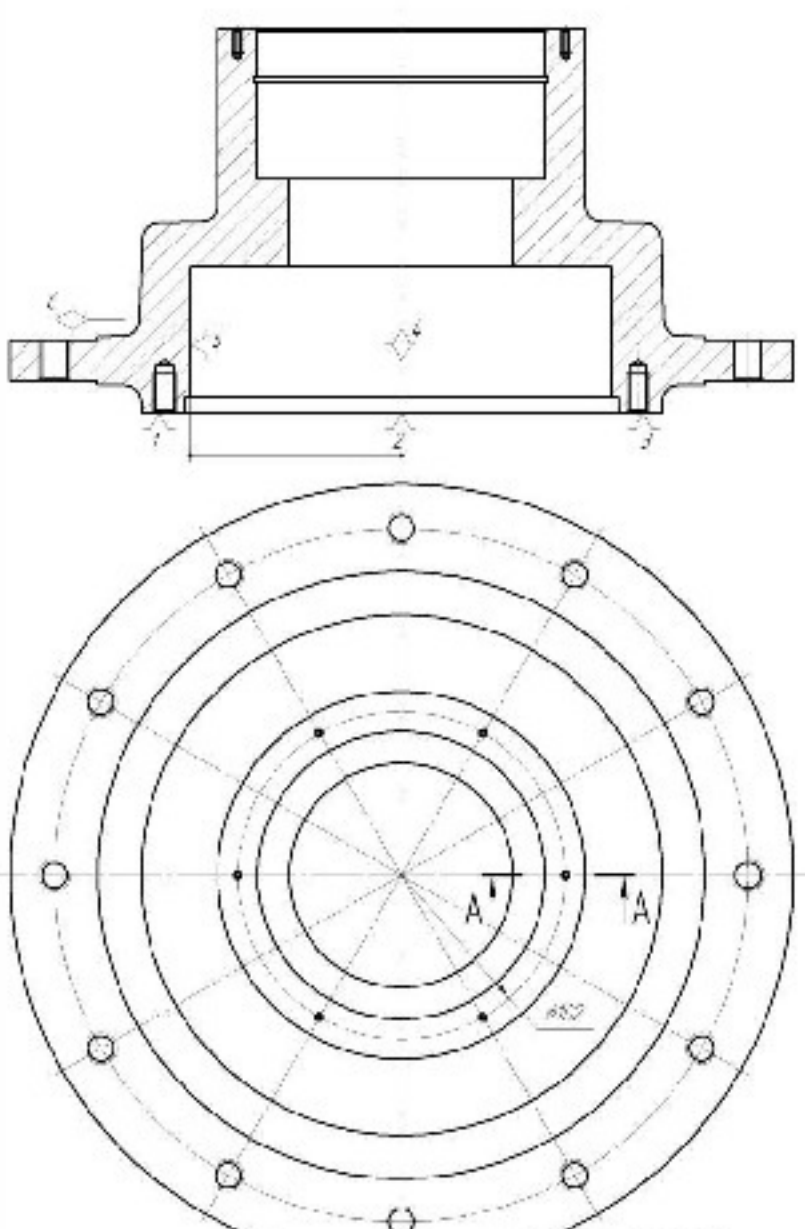
Використання даних схем базування дозволяє нам забезпечити необхідні вимоги точності.

2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки

Таблиця 2.9 – Маршрут механічної обробки

№ операції	Найменування операції, переходи	Ескіз обробки, схема базування	Обладнання
005	<u>Токарно-револьверно з ЧПК</u> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити торець 1 попередньо, поверхню 7, торець 8 однократно. 3. Точити торець 1 остаточно. 4. Розточити отвір 2 попередньо, торець 3, поверхню 4 однократно. 5. Розточити канавку 5 попередньо. 6. Розточити канавку 5 остаточно. 7. Розточити отвір 2 попередньо. 8. Розточити отвір 2 попередньо. 9. Розточити фаску 6 однократно. 10. Розточити отвір 2 остаточно. 11. Зняти заготовку.		Токарно-револьверний верстат 1Н420ПФ30
010	<u>Токарно-револьверно з ЧПК</u> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити торець 1 попередньо, поверхню 5 і торець 6 однократно. 3. Точити торець 1 остаточно. 4. Розточити поверхню 2 попередньо, поверхню 3 і торець 4 однократно. 5. Розточити поверхню 2 остаточно. 6. Зняти заготовку.		Токарно-револьверний верстат 1Н420ПФ30
015	<u>Свердильно з ЧПК</u> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Центрувати 12 отв. 1. 3. Свердлити 12 отв. 1. 4. Зенкувати фаски 1x45° в 12 отв. 1. 5. Нарізати різь в 12 отв. 1. 6. Центрувати 8 отв. 2. 7. Свердлити 8 отв. 2. 8. Зенкувати фаски 1x45° в 8 отв. 2. 9. Нарізати різь в 8 отв. 2. 10. Зняти деталь.		Вертикально-свердильний верстат з ЧПК 2Р135Ф2

Продовження таблиці 2.9

№ операції	Найменування операції, переходи	Ескіз обробки, схема базування	Обладнання
020	<i>Свердильна з ЧПК</i> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Центрувати 6 отв. 1. 3. Свердлити 6 отв. 1. 4. Зенкувати 6 фасок 2. 5. Нарізати різь в 6 отв. 1. 6. Зняти деталь.	$\sqrt{Ra 12.5 \text{ (1/4)}}$  Вертикально-свердильний верстат 2P135Ф2	

2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуски технологічних розмірів визначаються виходячи з точності механічної обробки. Таблиці економічної точності на металорізальних верстатах наведені у відповідних таблицях [11]. Згідно цим таблицям середня точність однократної обробки відповідає 12-му квалітету. Тому приймаємо допуски розмірів після чорнової (однократної) обробки по 12-му квалітету і записуємо в таблицю.

Таблиця 2.10 – Значення допусків

Розміри заготовки	$З_1$	$З_2$	$З_3$	$З_4$	$В_1$	$В_2$	$В_3$	$В_4$	$В_5$	$В_6$
Попередні значення допусків	2,2	1,9	1,6	1,3	0,25	0,3	0,87	0,35	0,14	0,21

Розмірна схема технологічного процесу

Розмірна схема технологічного процесу показана на рис. 2.9.

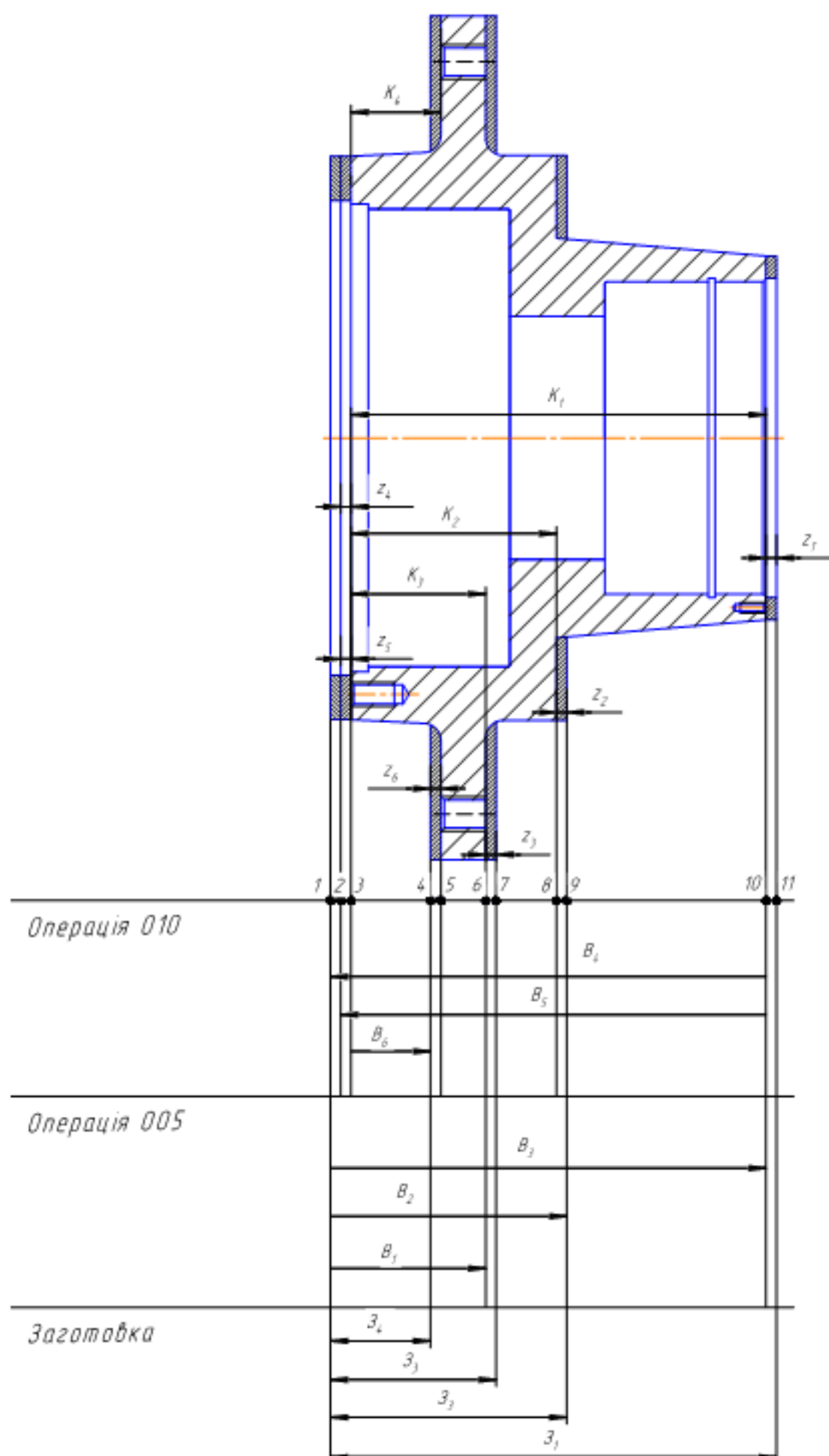


Рисунок 2.9 – Розмірна схема технологічного процесу

Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

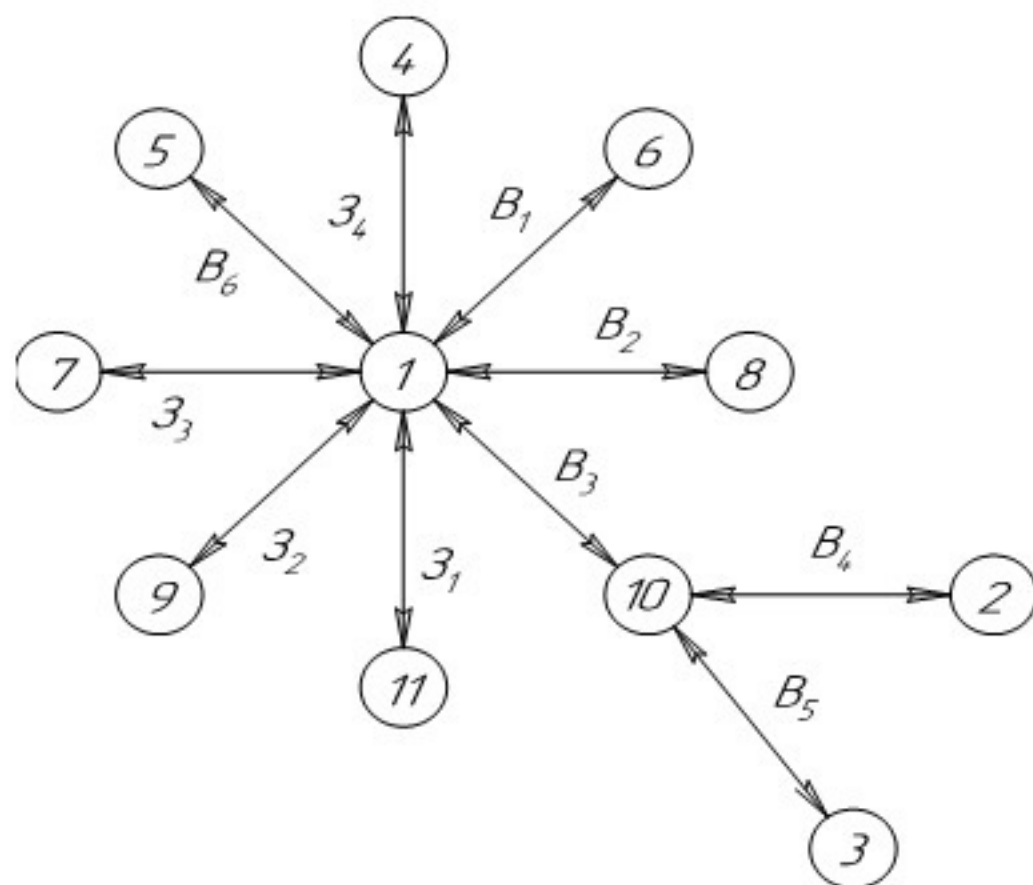


Рисунок 2.10 – Похідний граф-дерево

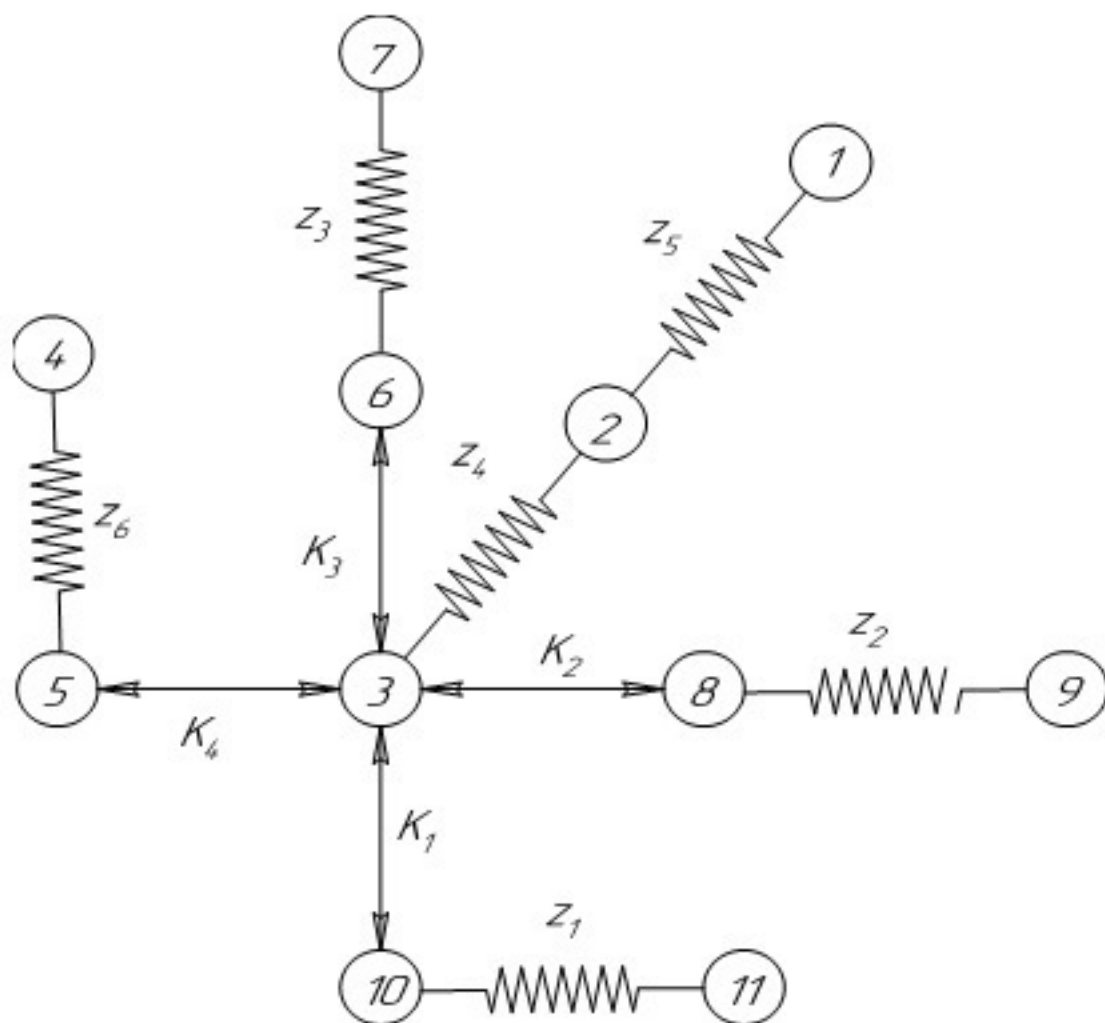


Рисунок 2.11 – Вихідний граф-дерево

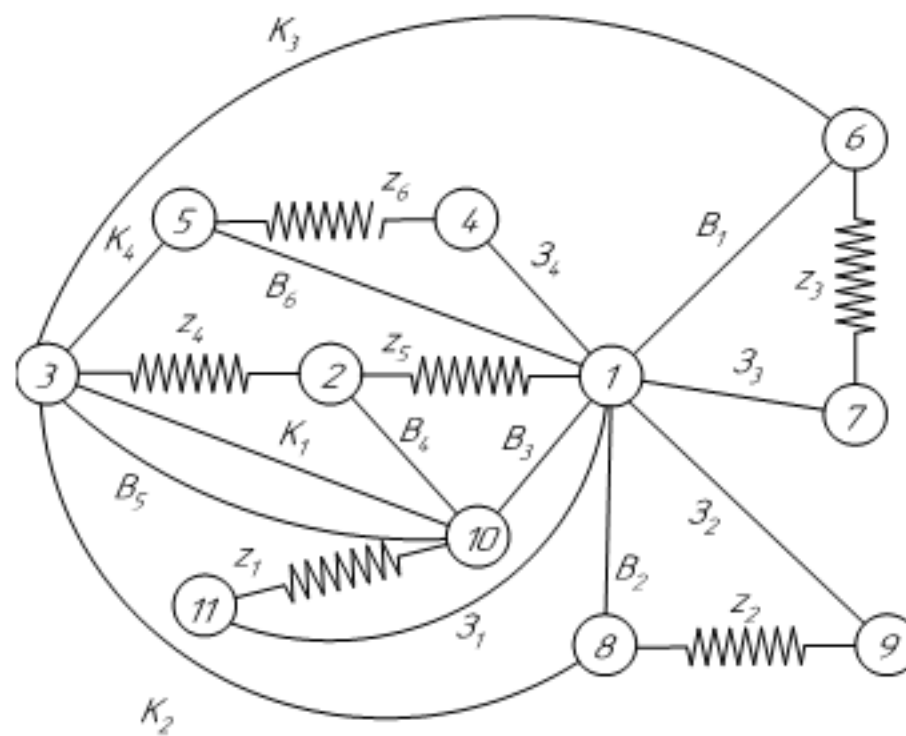


Рисунок 2.12 – Суміщений граф-дерево

Визначення проміжних мінімальних припусків

Проміжні припуски можна визначати аналітичним або нормативним способами згідно таблиць [11].

Дані табличних припусків зводимо в табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Дані табличних припусків

Припуски	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6
$Z_{\min}$	1,3	1,3	1,4	1,4	0,45	1,3

Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Таблиця 2.12 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

№ п/п	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідомий розмір
1	$B_5 + K_1 = 0$	$B_5 = K_1$	B_5
2	$B_4 - K_1 + Z_5 = 0$	$B_4 = K_1 + Z_5$	B_4
3	$B_3 - K_1 + Z_5 + Z_4 = 0$	$B_3 = K_1 + Z_5 + Z_4$	B_3
4	$B_2 - K_2 + Z_5 + Z_4 = 0$	$B_2 = K_2 + Z_5 + Z_4$	B_2
5	$B_1 - K_3 + Z_5 + Z_4 = 0$	$B_1 = K_3 + Z_5 + Z_4$	B_1
6	$B_6 - K_4 + Z_5 + Z_4 = 0$	$B_6 = K_4 + Z_5 + Z_4$	B_6
7	$3_1 - K_1 + Z_5 + Z_4 + Z_1 = 0$	$3_1 = K_1 + Z_5 + Z_4 + Z_1$	3_1
8	$3_2 - K_2 + Z_5 + Z_4 + Z_2 = 0$	$3_2 = K_2 + Z_5 + Z_4 + Z_2$	3_2
9	$3_3 - K_3 + Z_5 + Z_4 + Z_3 = 0$	$3_3 = K_3 + Z_5 + Z_4 + Z_3$	3_3
10	$3_4 - K_4 + Z_5 + Z_4 + Z_6 = 0$	$3_4 = K_4 + Z_5 + Z_4 + Z_6$	3_4

Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки

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

$$1. B_5 - K_1 = 0;$$

$$B_{5min} = K_{1max} = 120 \text{ мм};$$

$$B_{5max} = B_{5min} + T(B_5) = 120 + 0,14 = 120,14 \text{ (мм)};$$

$$B_1 = 120,07^{\pm 0,07} \text{ мм.}$$

$$2. B_4 = K_1 + Z_5;$$

$$B_{4min} = K_{1max} + Z_{5min} = 120 + 0,45 = 120,45 \text{ (мм)};$$

$$B_{4max} = B_{4min} + T(B_4) = 120,45 + 0,35 = 120,8 \text{ (мм)};$$

$$B_4 = 121,625^{\pm 0,175} \text{ мм.}$$

$$3. B_3 = K_1 + Z_5 + Z_4;$$

$$B_{3min} = K_{1max} + Z_{5min} + Z_{4min} = 120 + 1,4 + 0,45 = 121,85 \text{ (мм)};$$

$$B_{3max} = B_{3min} + T(B_3) = 121,85 + 0,87 = 122,72 \text{ (мм)};$$

$$B_1 = 122,285^{\pm 0,435} \text{ мм.}$$

$$4. B_2 = K_2 + Z_5 + Z_4;$$

$$B_{2min} = K_{2max} + Z_{5min} + Z_{4min} = 120 + 1,4 + 0,45 = 31,85 \text{ (мм)};$$

$$B_{3max} = B_{3min} + T(B_3) = 31,85 + 0,3 = 32,15 \text{ (мм)};$$

$$B_1 = 32^{\pm 0,15} \text{ мм.}$$

$$5. B_1 = K_3 + Z_5 + Z_4;$$

$$B_{1min} = K_{3max} + Z_{5min} + Z_{4min} = 39 + 1,4 + 0,45 = 40,85 \text{ (мм)};$$

$$B_{3max} = B_{3min} + T(B_3) = 40,85 + 0,25 = 41,1 \text{ (мм)};$$

$$B_1 = 40,975^{\pm 0,125} \text{ мм.}$$

$$6. B_6 = K_4 + Z_5 + Z_4;$$

$$B_{6min} = K_{4max} + Z_{5min} + Z_{4min} = 26 + 1,4 + 0,45 = 27,85 \text{ (мм)};$$

$$B_{3max} = B_{3min} + T(B_3) = 27,85 + 0,21 = 28,06 \text{ (мм)};$$

$$B_1 = 27,955^{\pm 0,105} \text{ мм.}$$

$$7. 3_1 = K_1 + Z_5 + Z_4 + Z_1;$$

$$3_{1\min} = K_{1\max} + Z_{5\min} + Z_{4\min} + Z_{1\min} = 120 + 1,4 + 0,45 + 1,3 = 123,15 \text{ (мм)};$$

$$B_{3\max} = B_{3\min} + T(B_3) = 123,15 + 2,2 = 125,35 \text{ (мм)};$$

$$B_1 = 124,25^{\pm 1,1} \text{ мм.}$$

$$8. 3_2 = K_2 + Z_5 + Z_4 + Z_2;$$

$$3_{2\min} = K_{2\max} + Z_{5\min} + Z_{4\min} + Z_{2\min} = 30 + 1,4 + 0,45 + 1,3 = 33,15 \text{ (мм)};$$

$$B_{3\max} = B_{3\min} + T(B_3) = 33,15 + 1,9 = 35,05 \text{ (мм)};$$

$$B_1 = 34,1^{\pm 0,95} \text{ мм.}$$

$$9. 3_3 = K_3 + Z_5 + Z_4 + Z_3;$$

$$3_{3\min} = K_{3\max} + Z_{5\min} + Z_{4\min} + Z_{3\min} = 39 + 1,4 + 0,45 + 1,4 = 42,25 \text{ (мм)};$$

$$B_{3\max} = B_{3\min} + T(B_3) = 42,25 + 1,6 = 43,85 \text{ (мм)};$$

$$B_1 = 43,05^{\pm 0,8} \text{ мм.}$$

$$10. 3_4 = K_4 + Z_5 + Z_4 + Z_6;$$

$$3_{4\min} = K_{4\max} + Z_{5\min} + Z_{4\min} + Z_{6\min} = 26 + 1,4 + 0,45 + 1,3 = 29,15 \text{ (мм)};$$

$$B_{3\max} = B_{3\min} + T(B_3) = 29,15 + 1,3 = 30,45 \text{ (мм)};$$

$$B_1 = 29,8^{\pm 0,65} \text{ мм.}$$

Висновок. В результаті виконання розмірного аналізу технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі визначені технологічні розміри $B_1 \dots B_6$, розміри вихідної заготовки $3_1 \dots 3_4$. Це дозволяє забезпечити знаходження дійсних значень всіх конструкторських розмірів $K_1 \dots K_4$ в межах полів допусків. Корекції розроблений технологічний процес не потребує.

2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні Ø90P7.

Визначення значень R_z і T проводимо відповідно до рекомендацій наведених в [1]:

- заготовка: $R_z = 150 \text{ мкм}$ і $T = 250 \text{ мкм}$;

- попереднє розточування: $R_z = 50 \text{ мкм}$ і $T = 50 \text{ мкм}$;

- попереднє розточування: $R_z = 50 \text{ мкм}$ і $T = 50 \text{ мкм}$;
- попереднє розточування: $R_z = 50 \text{ мкм}$ і $T = 50 \text{ мкм}$;
- остаточне розточування: $R_z = 20 \text{ мкм}$ і $T = 25 \text{ мкм}$.

Сумарне значення просторових відхилень згідно [1] визначається:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.15)$$

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

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

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta_\kappa d)^2 + (\Delta_\kappa l)^2} = \sqrt{(1,0 \cdot 90)^2 + (1,0 \cdot 60)^2} = 108,2 \text{ (мкм)},$$

де Δ_κ – питоме жолоблення відливка [1];

d і l – діаметр і довжина оброблюваного отвору.

$$\rho_{\text{зм}} = \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_2}{2}\right)^2} = \sqrt{800^2 + 800^2} = 565,7 \text{ (мкм)},$$

де δ_1 і δ_2 – допуски на розміри 40 і 15 відповідно, по класу точності [1].

В даному випадкові:

$$\rho_3 = \sqrt{108,2^2 + 565,7^2} = 575,9 \text{ (мкм)}.$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1} \text{ [мкм]}, \quad (2.16)$$

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 575,9 = 34,6 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 575,9 = 28,8 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_3 = 0,02 \cdot 575,9 = 11,5 \text{ (мкм)}.$$

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

$$2Z_{imin} = 2 \cdot (R_{Zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ [мкм]}, \quad (2.17)$$

ε_1 – похибка установки при чорновому розточуванні.

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_{np}^2}, \quad (2.18)$$

$\varepsilon_6 = 0$ – похибка устанавлення.

$E_z = 120$ – похибка закріплення [1].

$$\varepsilon_1 = \sqrt{0 + 120^2 + 50^2} = 130,$$

ε_2 – похибка устанавлення при чистовому розточуванні.

$\varepsilon_2 = 0$ – тому що чорнове та чистове розточування проводиться при одному устанавленні.

$\varepsilon_{ind} = 0$ – тому що чорнове та чистове розточування проводиться при одному устанавленні.

$$E_2 = 0,05 \cdot 120 = 6 \text{ (мкм)}.$$

Мінімальний припуск під точіння:

- попереднє розточування $2Z_{1min} = 2 \cdot (150 + 250 + \sqrt{575,9^2 + 120^2}) = 2 \cdot 988 \text{ (мкм)};$

- попереднє розточування $2Z_{2min} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{34,6^2 + 0^2}) = 2 \cdot 134,6 \text{ (мкм)};$

- остаточне розточування $2Z_{3min} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{28,8^2 + 0^2}) = 2 \cdot 128,8$ (мкм);
- розвертання точне $2Z_{4min} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{11,5^2 + 6^2}) = 2 \cdot 111,5$ (мкм).

При остаточному точінні маємо отримати розмір вказаний на кресленні:

$$d = 89,976 \text{ мм.}$$

далі, отримуємо:

- для остаточного розточування: $d_1 = 89,976 - 0,223 = 89,753$ (мм);
- для попереднього розточування: $d_2 = 89,753 - 0,256 = 89,497$ (мм);
- для попереднього розточування: $d_3 = 89,497 - 0,269 = 89,228$ (мм);
- для заготовки: $d_3 = 89,228 - 1,976 = 87,252$ (мм).

Таблиця 2.13 – Розрахункові розміри

Етап	Розрахунковий розмір	Максимальний діаметр
остаточного розточування		$d_{\max 1} = 89,976$ мм
попереднього розточування	$d_2 = 89,753$ мм	$d_{\max 2} = 89,753$ мм
попереднього розточування	$d_3 = 89,497$ мм	$d_{\max 3} = 89,497$ мм
попереднього розточування	$d_4 = 89,228$ мм;	$d_{\max 4} = 89,228$ мм
для заготовки	$d_3 = 87,252$ мм	$d_{\max 3} = 87,252$ мм

Значення допусків кожного переходу приймаються по таблицям [1].

Відповідно до квалітету того чи іншого виду обробки. Для чистового розточування, відповідно для 8 квалітету, допуск складає 54 мкм, для попереднього точіння для 10 квалітетів допуск відповідно рівний – 140 мкм та для заготовки, що має 14 квалітет точності, допуск складає 870 мкм.

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

Максимальні граничні розміри:

$$d_{\min 4} = 89,976 - 0,035 = 89,941 \text{ (мм)};$$

$$d_{\min 3} = 89,753 - 0,054 = 89,699 \text{ (мм)};$$

$$d_{\min 2} = 89,497 - 0,140 = 89,357 \text{ (мм)};$$

$$d_{\min 1} = 89,228 - 0,87 = 88,358 \text{ (мм)};$$

$$d_{\min 3} = 87,252 - 2,2 = 85,052 \text{ (мм)}.$$

Граничні значення припусків:

для остаточного розточування:

$$2Z_{\min 4} = 89,976 - 89,753 = 0,223 \text{ мм} = 223 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 4} = 89,941 - 89,699 = 0,242 \text{ мм} = 242 \text{ (мкм)};$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 3} = 89,753 - 89,497 = 0,256 \text{ мм} = 256 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 3} = 89,699 - 89,357 = 0,342 \text{ мм} = 342 \text{ (мкм)};$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 2} = 89,497 - 89,228 = 0,269 \text{ мм} = 269 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2} = 89,357 - 88,358 = 0,999 \text{ мм} = 999 \text{ (мкм)};$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 1} = 89,228 - 87,252 = 1,976 \text{ мм} = 1976 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 1} = 88,358 - 85,052 = 3,3 \text{ мм} = 3300 \text{ (мкм)}.$$

Таблиця 2.14 – Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору

Технологічні переходи обробки поверхні Ø90P7	Елементи припуску				Розрахунковий припуск	Розрахунковий розмір	Допуск	Граничні розміри		Граничні значення припусків	
	R _z	T	ε	ρ				d _{min}	d _{max}	2Z _{min}	2Z _{max}
Заготовка	150	250		575,9	1976	87,252	2200	85,05	87,25		
Розточу- вання:			-								
попереднє	100	100	130	34,5	269	89,228	870	88,358	89,228	1976	3300
попереднє	50	50	0	28,8	256	89,497	140	89,357	89,497	269	999
попереднє	30	30	0	11,5	223	89,753	54	89,699	89,753	256	342
остаточне	20	25	0	—		89,976	35	89,941	89,976	223	242
Σ										2724	4883

2.3.6 Визначення режимів різання

Визначаємо режими різання на механічну обробку торця Ø115 мм:

- попереднє точіння.

Визначаємо швидкість різання [12-14]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v, \quad (2.19)$$

де C_v, K_v – коефіцієнти;

m, x, y – показники степеня;

T – стійкість інструменту, хв;

t – глибина різання (припуск), мм;

S – подача, мм/об.

$$t = 2,4 \text{ мм};$$

$$S_0 = S_{\text{таб}} \cdot K_{\text{ls}} = 0,6 \cdot 1,0 = 0,6 \text{ (мм/об)}.$$

Корегуючи по паспорту верстата, приймаємо $s = 0,6$ мм/об;

Назначаємо період стійкості $T = 60$ хв, допустимий знос: $h_3 = 0,3-0,45$ мм.

$$m = 0,2; \quad y = 0,35; \quad x = 0,15; \quad K_v = 0,56; \quad T15K6.$$

$$K_v = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{uv} \times K_{\varphi v} \times K_{rv},$$

де $K_{mv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує фізико-механічні властивості;

$K_{nv} = 0,8$ - коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки;

$K_{uv} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструменту;

$K_{\varphi v} = 0,7$ – коефіцієнт, що залежить від головного кута в плані;

K_{rv} – коефіцієнт, що враховує радіус при вершині різця.

$$K_v = 1 \times 0,8 \times 1,0 \times 0,7 = 0,56.$$

Тоді

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \times 2,4^{0,15} \times 0,6^{0,35}} \times 0,56 = 110 \quad (\text{м/хв.})$$

Розрахуємо частоту обертання:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 110}{3,14 \times 120} = 438 \quad (\text{об/хв.})$$

Згідно паспортних даних приймаємо $n = 500$ об/хв.

Визначаємо потужність різання при заданих режимах різання, $N_{\text{таб}} = 2,2$ кВт.

Ефективна потужність на шпинделі верстата складає

$$N_v = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,8 = 4,4 \quad (\text{кВт});$$

$$N_v > N_{\text{таб}}.$$

Умови обробки по потужності виконуються.

- чистове точіння торця $\varnothing 115$:

$$t = 1,1 \text{ мм};$$

$$S_0 = S_{\text{таб}} \cdot K_{\text{ls}} = 0,2 \cdot 1,0 = 0,2 \text{ (мм/об)}.$$

Корегуючи по паспорту верстата, приймаємо $S = 0,2 \text{ мм/об}$.

Назначаємо період стійкості $T = 60 \text{ хв.}$, допустимий знос: $h_3 = 0,3-0,45 \text{ мм}$.

$$C_v = 420; \quad m = 0,2; \quad y = 0,2; \quad x = 0,15; \quad K_v = 0,46; \quad T15K10.$$

Тоді

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \times 1,1^{0,15} \times 0,2^{0,2}} \times 0,46 = 146 \text{ (м/хв.)}$$

Розрахуємо частоту обертання:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 146}{3,14 \times 120} = 581 \text{ (об/хв.)}.$$

Згідно паспортних даних приймаємо $n = 630 \text{ об/хв.}$

Визначаємо потужність різання при заданих режимах різання $N_{\text{таб}} = 2,2 \text{ кВт}$.

Ефективна потужність на шпинделі верстата складає

$$N_v = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,8 = 4,4 \text{ (кВт)};$$

$$N_v > N_{\text{таб}}.$$

Умови обробки по потужності виконуються.

Визначаємо режими різання при свердлінні отвору $\varnothing 8,5 \text{ мм}$ під різь M10.

Швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times t^s \times S^y} \times K_v;$$

$$t = 4,25 \text{ мм.}$$

Корегуючи по паспорту верстата, приймаємо $S=0,15$ мм/об.

Назначаємо період стійкості $T=25$ хв, допустимий знос: $h_3=0,3-0,45$ мм.

$$C_v=7.0; q=0.4; y=0.7; m=0.2; P6M5.$$

Тоді

$$V = \frac{7.0 \times 8,5^{0.4}}{25^{0.2} \times 4,25^0 \times 0.15^{0.7}} \times 0.64 = 45 \text{ (м/хв.)}$$

Розрахуємо частоту обертання:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 45}{3.14 \times 8,5} = 775 \text{ (об/хв.)}$$

Згідно паспортних даних приймаємо $n=800$ об/хв.

Визначаємо потужність різання при заданих режимах різання $N_{\text{таб}}=2,2$ кВт.

Ефективна потужність на шпинделі верстата складає

$$N_B = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,8 = 4,4 \text{ (кВт);}$$

$$N_B > N_{\text{таб}}.$$

Умови обробки по потужності виконуються.

Решту значень режимів різання зводимо в таблицю 2.15.

Таблиця 2.15 – Режими різання

Операція, переходи		t , мм	S , мм/об	V , м/хв.	n , об/хв.
1	2	3	4	5	6
005	Точити торець 1 попередньо	2,4	0,6	114,7	500
	Точити торець 1 остаточно	1,1	0,2	146	630
	Розточити поверхню 2 попередньо	1,5	0,6	112,8	500
	Розточити поверхню 2 попередньо	0,45	0,5	114,3	630
	Розточити поверхню 2 попередньо	0,15	0,4	117,9	800
	Розточити поверхню 2 остаточно	0,12	0,2	156,24	1200
	Розточити канавку 7 попередньо	0,65	0,6	110,9	500
	Розточити канавку 7 остаточно	0,23	0,2	146,1	630
010	Точити поверхню 2 попередньо, поверхні 1, 5, 6, 7 по контуру	0,65	0,6	109,7	500
	Точити торець 2 остаточно	0,23	0,2	146,57	630
	Розточити поверхню 4 однократно, 3 попередньо	0,7	0,6	115,12	500
	Розточити поверхню 3 остаточно	0,25	0,2	156,8	630
015	Свердлити 12 отв. 1	8,5	0,2	14,7	500
	Зенкувати фаски в 12 отв. 1	1,75	0,1	12,7	630
	Нарізати різь в 12 отв. 1	8	3	14,3	120
	Свердлити 8 отв. 2	12	0,228	15,3	500
	Зенкувати фаски в 8 отв. 2	11	0,12	13,2	630
	Нарізати різь в 8 отв. 2	12	1,0	14,9	200
020	Свердлити 6 отв. 3	7,5	0,18	14,2	500
	Зенкувати фаски в 6 отв. 3	6,5	0,1	12,1	630
	Нарізати різь в 6 отв. 3	7,5	2,8	13,9	120

2.3.7 Визначення технічних норм часу

Основний час визначаємо за формулою [1, 14]:

$$t_0 = L \cdot i / n \cdot S \text{ [хв.]}, \quad (2.20)$$

де $L = l_0 + l_{вр} + l_{пер}$ – довжина робочого ходу, що складається із довжини поверхні, що обробляється l_0 , довжини врізання $l_{вр}$ і перебігу інструменту $l_{пер}$;

i – кількість переходів механічної обробки;

n – частота обертання;

S – подача;

$$t_{02} = \frac{(16 + 3 + 5) \cdot 1}{500 \cdot 0,6} + \frac{(2 + 2) \cdot 1}{500 \cdot 0,6} + \frac{(27,5 + 3) \cdot 1}{500 \cdot 0,6} = 0,2 \text{ (хв.)};$$

$$t_{03} = \frac{(16 + 3 + 5) \cdot 1}{630 \cdot 0,2} = 0,19 \text{ (хв.)};$$

$$t_{04} = \frac{(58 + 3) \cdot 1}{500 \cdot 0,6} + \frac{(10 + 4) \cdot 1}{500 \cdot 0,6} + \frac{(14 + 3 + 5) \cdot 1}{500 \cdot 0,6} = 0,32 \text{ (хв.)};$$

$$t_{05} = \frac{(1,5 + 2) \cdot 1}{500 \cdot 0,6} = 0,012 \text{ (хв.)}; \quad t_{06} = \frac{(0,5 + 2) \cdot 1}{630 \cdot 0,2} = 0,02 \text{ (хв.)};$$

$$t_{07} = \frac{(60 + 3) \cdot 1}{630 \cdot 0,5} = 0,2 \text{ (хв.)}; \quad t_{08} = \frac{(60 + 3) \cdot 1}{800 \cdot 0,4} = 0,197 \text{ (хв.)};$$

$$t_{09} = \frac{(1 + 2) \cdot 1}{630 \cdot 0,5} = 0,01 \text{ (хв.)}; \quad t_{010} = \frac{(60 + 3) \cdot 1}{1200 \cdot 0,2} = 0,26 \text{ (хв.)};$$

$$\Sigma t_{\text{осн005}} = 1,412 \text{ хв.}$$

Допоміжний час $t_{\text{доп}}$ [1, 14]:

- на установлення, закріплення, розкріплення, знімання деталі – 0,18 хв.;
- на управління верстатом (включення, виключення верстата, підведення, відведення інструмента, поворот револьверної головки, контроль розмірів)

$$t_{\text{упр}} = 2 \cdot 0,01 + 0,025 \cdot 6 + 0,025 \cdot 2 + 0,025 \cdot 6 + 0,025 \cdot 2 + 0,025 \cdot 2 + 0,025 \cdot 2 + 0,025 \cdot 2 + 0,025 \cdot 2 + 0,025 \cdot 2 + 0,025 \cdot 2 + 0,02 \cdot 9 + 0,16/5 = 0,882 \text{ (хв.)};$$

$$t_{\text{доп}} = 0,18 + 0,882 = 1,062 \text{ (хв.)}$$

Час на обслуговування робочого місця, відпочинок, індивідуальні потреби складає 6,5% від оперативного часу

$$t_{\text{оп}} = 1,416 + 1,062 = 2,474 \text{ (хв.)};$$

$$t_{\text{обсл,відп}} = 0,065 \cdot (t_{\text{осн}} + t_{\text{доп}}) = 0,065 \cdot (1,412 + 1,062) = 0,16 \text{ (хв.)}$$

Штучний час складає

$$T_{\text{шт}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{доп}} + t_{\text{обсл, відп}} \text{ [хв.]} \quad (2.21)$$

Штучний час 005 операції

$$T_{\text{шт}005} = 1,412 + 1,062 + 0,16 = 2,635 \text{ (хв.)}$$

Штучно-калькуляційний час

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{п-з}}/n \text{ [хв.]}, \quad (2.22)$$

де $T_{\text{п-з}}$ – підготовчо-заклучний час, $T_{\text{п-з}} = 22$ хв. [1, 14];

n – кількість деталей в партії, $n = 168$ шт.

Штучно-калькуляційний час для операції 005

$$T_{\text{шт-к}005} = 2,635 + 22/168 = 2,77 \text{ (хв.)}$$

Аналогічно визначені норми часу на операції 010-020 та занесені до таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Технічні норми часу, хв.

№ опер.	Найменування операції	T_o	T_b			$T_{\text{оп}}$	$T_{\text{об.от}}$	$T_{\text{п-з}}$	n	$T_{\text{шт-к}}$
			$T_{\text{у.с.}} + T_{\text{з.о.}}$	$T_{\text{уп}}$	$T_{\text{из}}$					
005	Токарно-револьверна з ЧПК	1,416	0,18	0,85	0,32	2,474	0,16	22	168	2,77
010	Токарно-револьверна з ЧПК	1,22	0,19	0,79	0,34	2,264	0,15	22	168	2,55
015	Свердлильна з ЧПК	2,64	0,126	0,8	0,35	6,07	0,382	22	168	4,231
020	Свердлильна з ЧПК	1,63	0,126	0,8	0,33	3,12	0,201	22	168	3,59

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ ПГ-01.05.008»

3.1 Розрахунок приведеної програми [2, 15]

Розрахунок приведеної програми виконаємо відносно представника і групуємо до нього подібні деталі по конструкції і технології виготовлення (табл. 3.1-3.2).

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку приведеної програми

Найменування деталі	Річна програма	Маса деталі
Фланець ПГ-01.05.008	2000	9,25
Ступиця	2600	6,8
Втулка	16000	7,6
Стакан	3400	9,0

Таблиця 3.2 – Вихідні дані для розрахунку приведеної програми

Фланець ПГ-01.05.008	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		2		1		2		2	33	1
	0,63	1,25	2,5	3,2	6,3	12,5				
				7		34				
Ступиця	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	2	3	3	12		2	15		6	
	0,63	1,25	2,5	3,2	6,3	12,5				
	1		5	13	6	18				
Втулка	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	2		4	3		12	14		7	
	0,63	1,25	2,5	3,2	6,3	12,5				
	2		7	8	18	9				
Стакан	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	5	3	3		12		10		7	
	0,63	1,25	2,5	3,2	6,3	12,5				
	2	5	2	8	5	18				

Всі деталі в групі приводять до представника за допомогою загального коефіцієнта приведення:

$$k_{np} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (3.1)$$

а) k_1 – коефіцієнт приведення по масі,

$$k_1 = \sqrt[3]{\frac{m_i}{m_{np}}}, \quad (3.2)$$

m_i – маса i -ої деталі, m_{np} – маса представника.

$$k_{11} = \sqrt[3]{\frac{6,8}{9,25}} = 0,927 \quad \text{– для деталі 1;}$$

$$k_{12} = \sqrt[3]{\frac{7,6}{9,25}} = 0,892 \quad \text{– для деталі 2;}$$

$$k_{13} = \sqrt[3]{\frac{9,4}{9,25}} = 1,033 \quad \text{– для деталі 3;}$$

б) k_2 – коефіцієнт приведення по серійності,

$$k_2 = \left(\frac{N_{np}}{N_i} \right)^\alpha, \quad (3.3)$$

α – коефіцієнт для середнього машинобудування = 0,15.

$$k_{21} = \left(\frac{2000}{2600} \right)^{0,15} = 0,961 \quad \text{– для деталі 1;}$$

$$k_{22} = \left(\frac{2000}{16000} \right)^{0,15} = 1,034 \quad \text{– для деталі 2;}$$

$$k_{23} = \left(\frac{2000}{3400} \right)^{0,15} = 1,055 \quad \text{– для деталі 3;}$$

в) k_3 – коефіцієнт приведення по складності,

$$k_3 = \left(\frac{\overline{K}_{Ti}}{\overline{K}_{Tnp}} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\overline{R}_{ai}}{\overline{R}_{anp}} \right)^{\alpha_2}, \quad (3.4)$$

$\overline{K}_{Ti}$ – середній квалітет i -ої деталі,

$\overline{K}_{Tnp}$ – середній квалітет приведеної деталі.

$$\overline{K}_{Tnp} = \frac{\sum T \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{7 \cdot 2 + 9 \cdot 1 + 11 \cdot 2 + 13 \cdot 2 + 14 \cdot 33 + 15 \cdot 1}{41} = 13,36 ;$$

$$\overline{K}_{T1} = \frac{6 \cdot 2 + 7 \cdot 3 + 8 \cdot 3 + 9 \cdot 12 + 11 \cdot 2 + 12 \cdot 15 + 14 \cdot 6}{43} = 11,46 \text{ – для деталі 1;}$$

$$\overline{K}_{T2} = \frac{6 \cdot 2 + 8 \cdot 4 + 9 \cdot 3 + 11 \cdot 12 + 12 \cdot 14 + 14 \cdot 7}{42} = 11,18 \text{ – для деталі 2;}$$

$$\overline{K}_{T3} = \frac{6 \cdot 5 + 7 \cdot 3 + 8 \cdot 3 + 10 \cdot 12 + 12 \cdot 10 + 14 \cdot 7}{40} = 11,98 \text{ – для деталі 3.}$$

$\overline{R}_{ai}$ – середня шорсткість i -ої деталі,

$\overline{R}_{anp}$ – середня шорсткість приведеної деталі.

$$\overline{R}_{anp} = \frac{7 \cdot 3,2 + 34 \cdot 12,5}{41} = \frac{447,4}{41} = 10,9 ;$$

$$\overline{R}_{a1} = \frac{0,63 \cdot 1 + 2,5 \cdot 5 + 3,2 \cdot 13 + 6,3 \cdot 6 + 12,5 \cdot 18}{43} = 7,38 \text{ – для деталі 1;}$$

$$\overline{R}_{a2} = \frac{0,63 \cdot 2 + 2,5 \cdot 7 + 3,2 \cdot 8 + 6,3 \cdot 18 + 12,5 \cdot 9}{42} = 6,43 \text{ – для деталі 2;}$$

$$\overline{R}_{a3} = \frac{0,63 \cdot 2 + 1,25 \cdot 5 + 2,5 \cdot 2 + 3,2 \cdot 8 + 6,3 \cdot 5 + 12,5 \cdot 18}{40} = 7,36 \text{ – для деталі 3.}$$

Отже, коефіцієнт приведення по складності:

$$k_{31} = \left(\frac{11,46}{13,36} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{7,38}{10,9} \right)^{\alpha_2} = \frac{0,931}{0,784} \cdot \frac{0,974}{0,95} = 1,218 \quad \text{— для деталі 1;}$$

$$k_{32} = \left(\frac{11,18}{13,36} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{6,43}{10,9} \right)^{\alpha_2} = \frac{0,938}{0,784} \cdot \frac{0,983}{0,95} = 1,238 \quad \text{— для деталі 2;}$$

$$k_{33} = \left(\frac{11,98}{13,36} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{7,36}{10,9} \right)^{\alpha_2} = \frac{0,902}{0,784} \cdot \frac{0,974}{0,95} = 1,179 \quad \text{— для деталі 3.}$$

Загальний коефіцієнт приведення для трьох деталей буде рівний:

$$k_{np1} = 0,927 \cdot 0,961 \cdot 1,218 = 1,085 \quad ;$$

$$k_{np2} = 0,892 \cdot 1,034 \cdot 1,238 = 1,152 \quad ;$$

$$k_{np3} = 1,033 \cdot 1,055 \cdot 1,179 = 1,285 \quad .$$

$$N_{np} = N_{пред} + N_1 \cdot K_{np1} + N_2 \cdot K_{np2} + N_3 \cdot K_{np3} \text{ [шт.];} \quad (3.5)$$

$$N_{np} = 2000 + 2600 \cdot 1,085 + 16000 \cdot 1,152 + 3400 \cdot 1,285 = 27622 \text{ (шт.)}$$

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку приведеної програми

Номер виробу	Річний випуск, шт.	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма, шт.
			По масі	По сер.	По скл.	Загальний	
Фланець ПГ-01.05.008	2000	9,25	1	1	1	1	2000
Ступиця	2600	6,8	0,927	0,961	1,218	1,085	2821
Втулка	16000	7,6	0,892	1,034	1,238	1,152	1843
Стакан	3400	9,0	1,033	1,055	1,179	1,285	4369

Отже, загальна приведена програма складає – 27622 шт.

3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Розрахункова кількість верстатів [2, 15]:

$$C_p = \frac{N_{пр} \cdot T_{инв}}{60 \cdot F_{\phi} \cdot \eta_{ин}} \quad (3.6)$$

Операція 005-010 – токарно-револьверна з ЧПК

$$C_p = \frac{27622 \cdot 2,77 + 27622 \cdot 2,53}{60 \cdot 3890} = 0,63 \text{ .}$$

Прийнята кількість – 1.

Операція 015-020 – свердлильна з ЧПК.

$$C_p = \frac{27622 \cdot 4,231 + 27622 \cdot 3,59}{60 \cdot 3890} = 0,93 \text{ .}$$

Прийнята кількість – 1.

Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{\text{з}} = \frac{C_p}{C_{пр}} \quad (3.7)$$

де C_p – кількість розрахункового обладнання;

$C_{пр}$ – кількість прийнятого обладнання.

Токарно-револьверна з ЧПК

$$\eta_{\text{с}} = \frac{0,63}{1} = 0,63 .$$

Свердлильна з ЧПК

$$\eta_{\text{с}} = \frac{0,93}{1} = 0,93 .$$

Визначимо середнє значення $\eta_{\text{с}}$

$$\eta_{\text{с}} = \frac{0,63 + 0,93}{2} = 0,78 .$$

Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання за основним часом

$$\eta_{\text{от}} = \frac{t_{\text{осн}}}{T_{\text{шт.к}}}, \quad (3.8)$$

де $t_{\text{осн}}$ – основний час;

$T_{\text{шт.к}}$ – штучно калькуляційний час.

Операції 005:

$$\eta_{\text{от}} = \frac{1,416}{2,77} = 0,51 .$$

Операції 010:

$$\eta_{\text{от}} = \frac{1,22}{2,53} = 0,48 .$$

Операція 015:

$$\eta_{\text{от}} = \frac{2,64}{4,231} = 0,62 .$$

Операція 020:

$$\eta_{\text{от}} = \frac{0,63}{3,59} = 0,45 .$$

Розраховуємо середнє значення коефіцієнта використання обладнання за основним часом:

$$\eta_{\text{с.оср.}} = \frac{51 + 48 + 62 + 45}{4} = 51,5 \text{ \%}.$$

3.3 Побудова графіків завантаження обладнання

Графік завантаження обладнання показаний на рисунку 3.1.

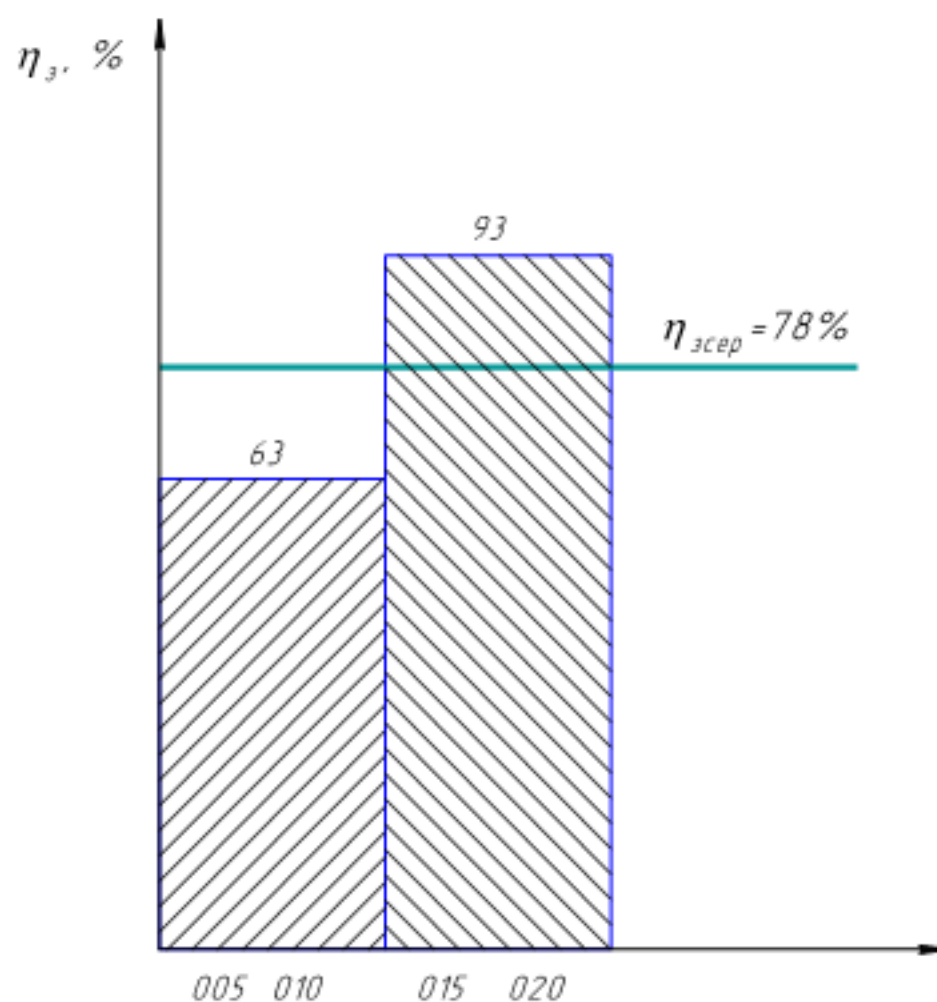


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

Для серійного виробництва коефіцієнт завантаження обладнання η_z складає 75-85%. В даному випадку він становить 78%, що є в межах рекомендацій.

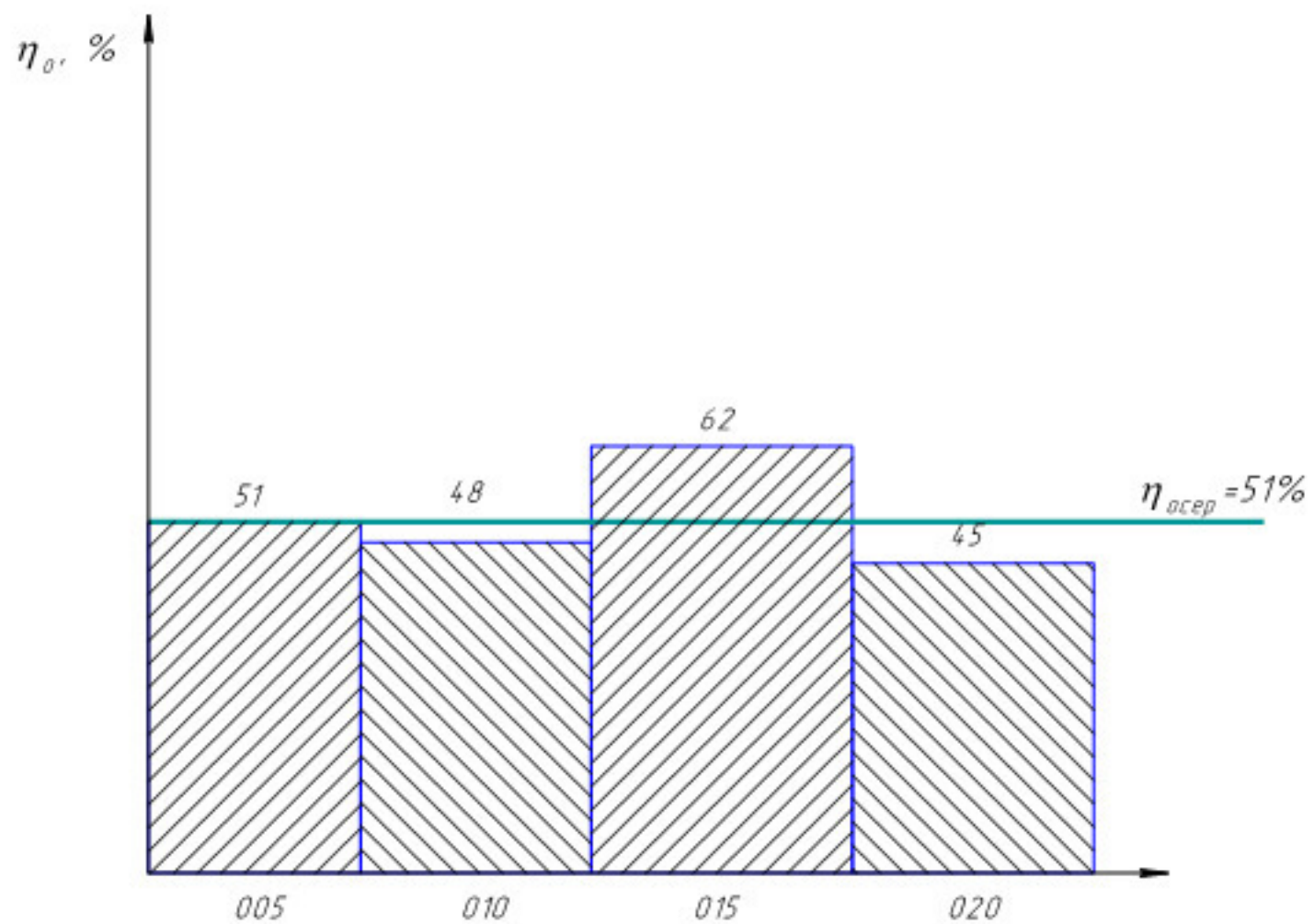


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Коефіцієнт використання за основним часом знаходиться в межах норми, що свідчить про раціональну організацію технологічного процесу.

3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці

Кількість робітників-верстатників дільниці механічного цеху може бути підрахована в залежності від прийнятої кількості верстатів за формулою [2, 15]:

$$P_i = \frac{\Phi_{\text{в}} \cdot C_{\text{вр}} \cdot \eta_{\text{з}} \cdot \eta_{\text{осн}}}{\Phi_{\text{р}} \cdot K_{\text{м}}} \text{ [чол.]}, \quad (3.9)$$

де $C_{\text{вр}}$ – прийнята кількість верстатів, шт.;

$\Phi_{\text{р}}$ – ефективний річний фонд роботи верстатника, $\Phi_{\text{в}} = 1860$ год.
(тривалість робочої неділі – 41 год., основної відпустки – 18 днів);

$\Phi_{\text{в}}$ – ефективний фонд роботи верстата, год.;

K_m – коефіцієнт багатоверстатного обслуговування, $K_m=1,0\dots2,2$;

η_z – коефіцієнт завантаження обладнання;

$\eta_{осн}$ – коефіцієнт використання обладнання по основному часу.

Так кількість верстатників на операції 005-010 складає:

$$P_{005} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,63 \cdot 0,5}{1860 \cdot 1} = 0,66 .$$

Приймаємо 1 верстатника.

Кількість верстатників на операції 015-020 складає:

$$P_{010} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,93 \cdot 0,54}{1860 \cdot 1} = 1,0 .$$

Приймаємо 1 верстатника.

Сума всіх основних робочих – 2 чол.

Кількість допоміжних робітників:

$$P_{др} = (0,2\dots0,25) \cdot 2 = 0,4\dots0,5.$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника. Він може бути довантажений роботою інших дільниць.

Кількість ІТР:

$$P_{ІТР} = (0,16\dots0,22) \cdot 2 = 0,32\dots0,44.$$

Приймаємо 1 чол. ІТР. Він має бути довантажений роботою інших дільниць.

Кількість службовців:

$$P_{скп} = (0,09\dots0,019) \cdot 2 = 0,18\dots0,038.$$

Приймаємо 1 чол., але очевидно це буде працівник механічного цеху, який буде працювати на декількох дільницях механічної обробки.

Кількість молодшого обслуговуючого персоналу:

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

Приймаємо 1 чол. молодшого обслуговуючого персоналу, оскільки він є не завантаженим, то він буде працювати і на інших дільницях механічної обробки.

Отримані дані занесемо до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники	розрахунок	2	2
Допоміжні робітники	20...25%	0,4...0,5	1
ІТР	16...22%	0,32...0,44	1
СКП	0,9...1,9%	0,18...0,038	1
МОП	2%	0,1	1

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз умов праці

На ділянці механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець ПГ-01.05.008» діють шкідливі і небезпечні фактори фізичної, психофізіологічної груп.

Фізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: рухомі машини і механізми, рухомі частини виробничого обладнання, вироби які переміщуються – заготовки, матеріали; підвищена температура поверхонь обладнання і матеріалів; підвищена або понижена температура повітря робочої зони; підвищений рівень шуму та вібрації на робочому місці; підвищена або понижена вологість повітря; відсутність достатньої кількості природного світла; недостатнє освітлення робочої зони; гострі кромки, заусенці і шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів, обладнання.

Хімічні шкідливі і небезпечні виробничі фактори, що проникають в організм людини через органи дихання, шкіряні покриви та слизисту оболонку: токсичні; подразнюючі.

Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: а) фізичні перевантаження: статичні; динамічні; б) нервово-психічні перевантаження; в) монотонність праці.

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

В цехах існує небезпека ураження, так як в механічних цехах експлуатується обладнання, з використанням електричного струму високої напруги. В даному приміщенні наявні такі небезпечні фактори: наявність струмопровідних основ; можливість одночасного дотику людини до металоконструкції які мають з'єднання з землею будівель, технологічних апаратів, допоміжних механізмів з одного боку і до металічних корпусів електрообладнання з іншого.

4.1.2 Електробезпека

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

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

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

Безпека технологічних процесів залежить від виробничого обладнання, матеріалів, які використовуються і технологічних операцій. На підвищення безпеки технологічних операцій впливають гігієнічні умови праці виробничого приміщення, раціональне освітлення робочого місця, шумовий мікроклімат, загазованість і запиленість повітряного середовища та ін. фактори.

Безпека виробничого обладнання забезпечується правильним вибором принципу дії, кінематичних схем, конструкторських рішень, параметрів робочих процесів, використання засобів механізації та автоматизації, дотримання екологічних вимог з внесеннями спеціальних вимог в технічну документацію.

Для забезпечення безпеки повинні передбачатись пристрої, які включають можливість попадання робітників в небезпечну зону дії обладнання. Конструктивні частини обладнання повинні виключати можливість їх випадкового пошкодження, що викличе небезпеку. Використання нових матеріалів, які не пройшли перевірку на гігієнічність, вибухопожежонебезпеку не допускається. Обладнання не повинно служити джерелом виділення в робочу зону шкідливих речовин вище ГДК. Обладнання повинно укомплектовуватись датчиками сигналізації про порушення норм режиму роботи, а в окремих випадках датчиками аварійної зупинки. Органи керування повинні забезпечувати надійність пуску і шкідливої зупинки, зусилля, які до них прикладаються повинні бути невеликими.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Роботи, що виконуються на механічній ділянці відносяться до робіт середньої важкості – II б. Норми для даних робіт вибираються за [16]. Інтенсивність теплового випромінювання, не повинна перевищувати 100 Вт/м при опроміненні не більше 25% поверхні тіла.

Оптимальні і допустимі показники температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень повинні відповідати значенням вказаним в таблиці 1.

Перепад температури повітря по висоті робочої зони при всіх категоріях робіт допускається до 3°C.

Таблиця 4.1 – Показники мікроклімату

Період робіт	Категорія робіт	Температура, °С					Відносна вологість %		Швидкість руху повітря, м/хв	
		оптим.	допуст.				оптим.	допуст.	оптим.	допуст.
			в.м.	н.м.	в.м.	н.м.				
			На робочих місцях							
			постійні	не постійні	постійні	не постійні				
Холодний	Пб	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	0,4
Теплий	Пб	20-22	27	29	16	15	40-60	70	0,3	0,2-0,5

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони, окисів металу та випарів ЗОР, не повинен перевищувати граничне допустимих концентрацій (ГДК), які використовуються при проектуванні виробничих приміщень (будівель), обладнання, технологічних процесів, вентиляції, для контролю за якістю виробничого осередку і вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони підлягає періодичному контролю, для запобігання можливості перевищення граничне допустимих концентрацій.

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

4.2.2 Освітлення

Виробничі приміщення промислових підприємств по задачах зорових робіт відносяться до першої групи приміщень, в яких відбувається розпізнавані об'єктів зорової роботи при фіксованому напрямку лінії зору працюючих і робочу поверхню згідно [17].

Характеристика зорових робіт – високої точності (розміри об'єкт розпізнавання 0,3-0,5 мм);

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

Природне освітлення (KEO_{II} , e_n^{III} , %);

при боковому освітленні $e_n^{III} = 2,5\%$.

Суміщене освітлення - при боковому освітленні, $e_n^{III} = 1,5\%$.

$$e_n^{IV} = e_n^{III} \cdot m \cdot c ,$$

де e_n^{III} – значення коефіцієнту природного освітлення в III поясі світлового клімату;

m – коефіцієнт світлового клімату;

c – коефіцієнт сонячності клімату.

Природне освітлення:

$$e_n^{IV} = 2,5 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,68 \text{ \%}.$$

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

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

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

- найбільша 500 лм;
- найменша 150 лм.

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

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

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

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

4.2.3 Шум

Джерелами шуму в механічному цеху є робота інструментів та обладнання. Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях в виробничих приміщеннях і на територіях підприємств згідно [18] представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Нормування значень рівнів шуму

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

В якості акустичних засобів захисту від шуму застосовуються:

- звукопоглинаючі обшивки на редукторах приводів - корпус коробки швидкостей;

- звукоізоляція каналів витяжної вентиляції багат шаровими перегородками,

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

4.2.4 Вібрація

Санітарні норми одночислових показників вібраційного навантаження працівника для довговічності зміни вісім годин приведені згідно [19] в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Категорія вібрації по санітарним нормам і критерії оцінки

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

Таблиця 4.4 – Санітарні норми одночислових показників вібраційного навантаження на оператора для зміни в 8 год.

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

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

4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки

Виробництво на даній ділянці відноситься до категорії "Д", яка характеризується наявністю тільки негорючих матеріалів і речовин в холодному стані [21-24].

По ступеню вогнестійкості дана ділянка відноситься до П-го ступеню вогнестійкості, в якому приміщення з несучими і огорожуючими конструкціями виконано з природного або штучного матеріалу - бетону чи залізобетону. Мінімальні межі вогнестійкості приміщення для механічного цеху наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Мінімальні межі вогнестійкості приміщення

Максимальна границя вогнестійкості / максимальна границя							
Стіни				Колони	Драбінні площадки, балкони	Плити, ін. несучі конструкції перекрыття	Елементи покриття
Несучі	Самонеучі	Зов. несучі	Внут. несучі				
2/0	1/0	0,25/0	0,25/0	2/0	1/0	0,75/0	0,5/0

При розміщенні в одному будинку технічних процесів з різною вибухопожежонебезпекою слід передбачити засоби по попередженню вибуху і пожежі. Такі приміщення необхідно відділяти одне від одного, а також від коридорів протипожежними перегородками наступних типів: в будівлі I ступеня вогнестійкості - протипожежними перегородками і перекриттями. Відстань до евакуаційних виходів для категорії приміщення I ступеня вогнестійкості не обмежуються густиною людського потоку в загальному проході. Кількість евакуаційних виходів слід приймати не менше 2. при проектуванні виробничого приміщення передбачаємо безпечну евакуацію людей на випадок виникнення пожежі у відповідності: висота від підлоги до низу виступаючих конструкцій повинна бути не менше 2,2 м, висота від підлоги до низу виступаючих частин комунікацій і обладнання в місцях регулярного знаходження людей і на шляхах евакуації - не менше 2 м.

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

- встановити пожежні сповісники;
- проводити своєчасні профілактичні огляди і випробування обладнання;
- оснащення діляниць засобами пожежегасіння, встановити новий комплект пожежного щита, забезпечити вільний доступ до пожежного інвентаря.

Ступінь вогнестійкості, допустиме число поверхів і площа поверху в відсіку та відстань від найбільш віддаленого робочого місця до виходу з приміщення наведено в таблицях 4.6-4.7.

Таблиця 4.6 – Ступінь вогнестійкості, допустиме число поверхів і площа поверху в відсіку

Категорія будівлі або відсіку	Допустиме число поверхів	Ступінь вогнестійкості	Площа поверху		
			одноповерхових	Багатоповерхових	
				На 2 поверхи	3 і більше
Д	6	1	Не обмежується		

Таблиця 4.7 – Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до виходу з приміщення

Категорія приміщення	Об'єм приміщення	Ступінь вогнестійкості будівлі	Відстань, (м) при щільності людського потоку в загальному проході, чол/м ²		
			До 1	Більше 1 до 3	Більше 3 до 5
Д	Незалежно від об'єму	III	не обмежується		

ВИСНОВКИ

Бакалаврська дипломна робота виконана з урахуванням сучасних напрямків розвитку технології машинобудівного виробництва з використанням прогресивного, автоматизованого обладнання, інструментів, комп'ютерних прикладних програм.

В роботі спроектовано технологічний процес механічної обробки деталі типу «Фланець ПГ-01.05.008». При цьому згідно заданої програми випуску розрахункового представника визначено тип та форму організації виробництва, виконано аналіз технологічності конструкції деталі, розглянуті можливі методи та способи виготовлення заготовки та вибрано оптимальний на основі техніко-економічних розрахунків, вибрані методи обробки поверхонь деталі, чорнові та чистові бази для виконання операцій механічної обробки, проведено розмірний аналіз технологічного процесу, розраховані припуски (аналітичним способом) на обробку отвору, режими різання, норми часу.

Для визначення необхідної кількості верстатів для виконання механічної обробки та забезпечення їх нормального завантаження підібрані аналогічні (за технологією обробки) деталі та розраховано приведену програму. Встановлено кількість працюючих, які забезпечать роботу верстатів на дільниці механічної обробки деталі типу «Фланець ПГ-01.05.008».

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

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Пурдик В. П. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2013. 123 с.
2. Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Савуляк В. В., Сердюк О. В. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2015. 148 с.
3. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Сухоруков С. І. Основи технології машинобудування. Частина 2: Самостійна та індивідуальна робота студентів. Вінниця : ВНТУ, 2021. 90 с.
4. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. К. : Вища школа, 1993. 414 с.
5. Рудь В. Д. Курсове проектування з технології машинобудування. К. : ІСДО, 1996. 300 с.
6. Юрчишин І. І., Литвиняк Я. М., Грицай І. Є., Кукляк М. Л., Кусий Я. М., Ступницький В. В., Яцюк В. А., Кук А. М., Махоркін Є. М., Свізінський В. П. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт : навчальний посібник / за ред. І. І. Юрчишина, Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.
7. Дусанюк Ж. П., Сивак І. О., Дусанюк С. В., Репінський С. В. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Гаряче об'ємне штампування. Навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2006. 106 с.
8. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів : Світоч, 1996. 348 с.
9. Добрянський С. С., Малафєєв Ю. М., Пуховський Є. С. Проектування і виробництво заготовок : підручник. К. : НТУУ «КПІ», 2014. 353 с.

10. Руденко П. О., Харламов Ю. О., Шустик О. Г. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин. К. : ІСДО, 1993. 304 с.
11. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Сухоруков С. І. Основи технології машинобудування. Частина 2: практикум. Вінниця: ВНТУ, 2015. 116 с.
12. Булига Ю. В., Веселовська Н. Р., Міськов В. П. Теорія різання. Розрахунок режимів різання : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2019. 67 с.
13. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.
14. Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. Під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.
15. Джур Є. О., Бондаренко О. В. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина: навч. посіб. Д. : «Інновація», 2011. 109 с.
16. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL : <http://mozdocs.kiev.ua/vie>.
17. ДБНВ.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013.
18. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL : http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885.
19. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
20. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.
21. ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. URL : https://ammokote.com/wp-content/uploads/2020/08/DSTU_2272_2006.pdf.

22. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL : <https://dwg.ru/dnl/15125>.

23. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL : http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.

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

ДОДАТКИ

Додаток А (обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець ПГ-01.05.008»

Тип роботи: _____ БДР
(БДР, МКР)

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

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 90,3 Схожість 9,7

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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

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

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

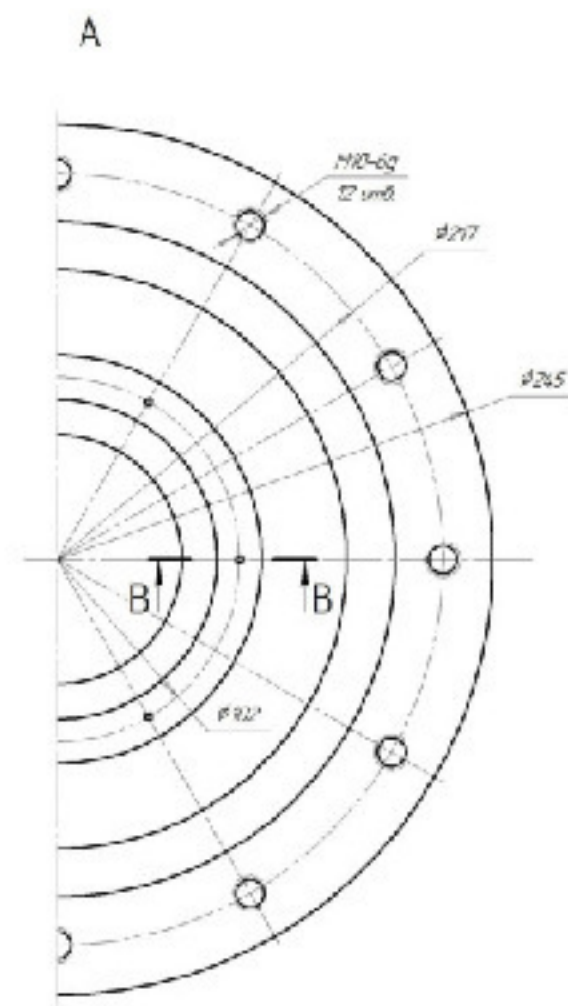
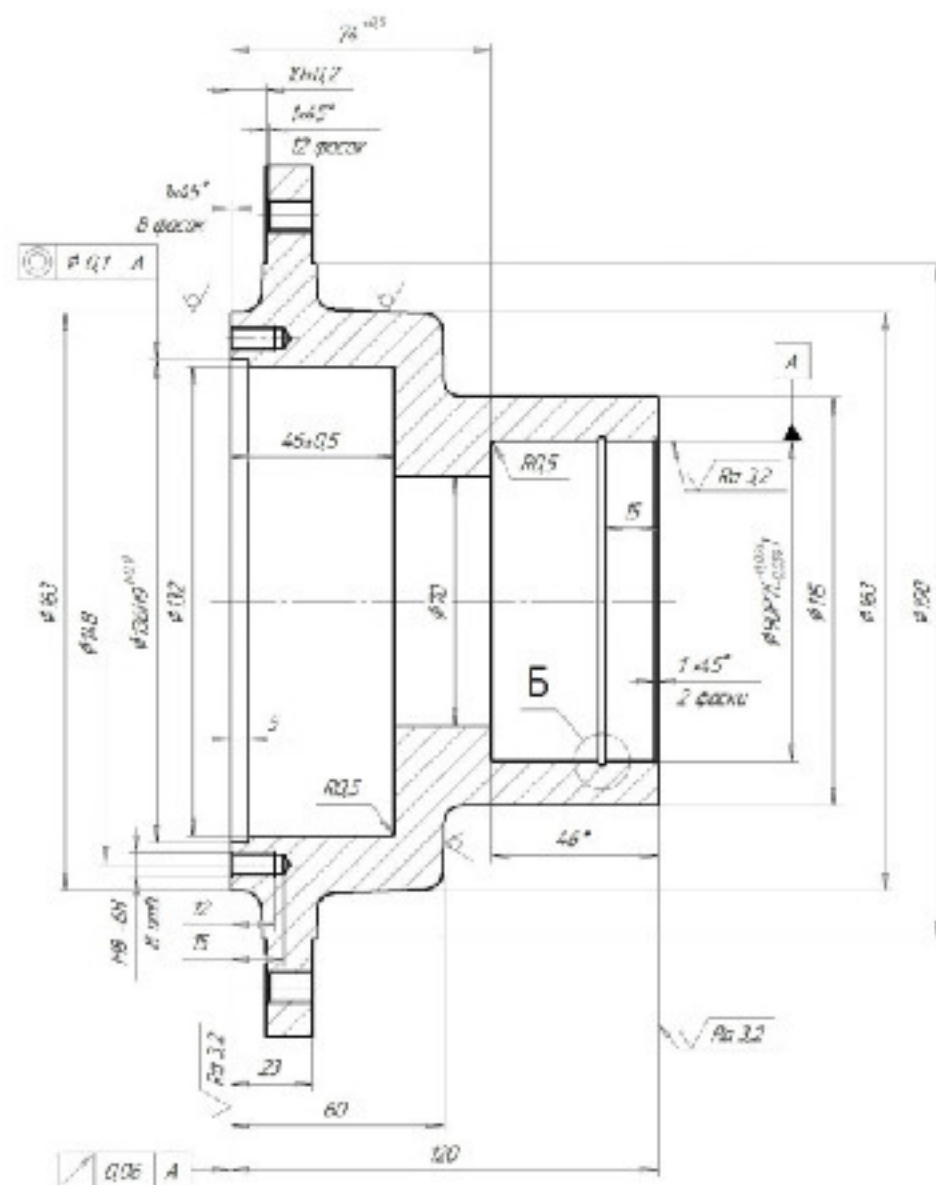
Автор роботи _____ Адамлюк Д. С.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

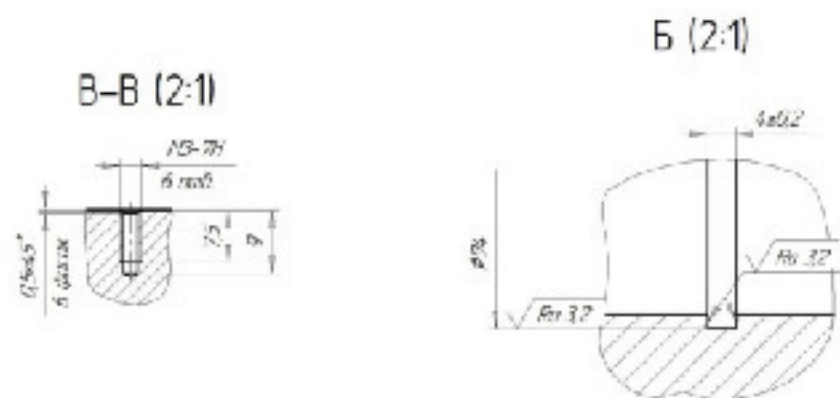
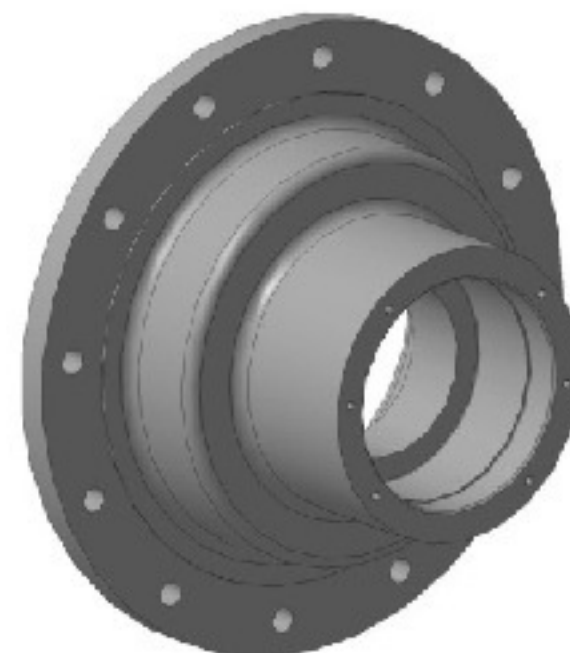
Додаток Б
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ ПГ-01.05.008»



3D-модель детали

1. H₁₄, h₁₄ ± 17%.

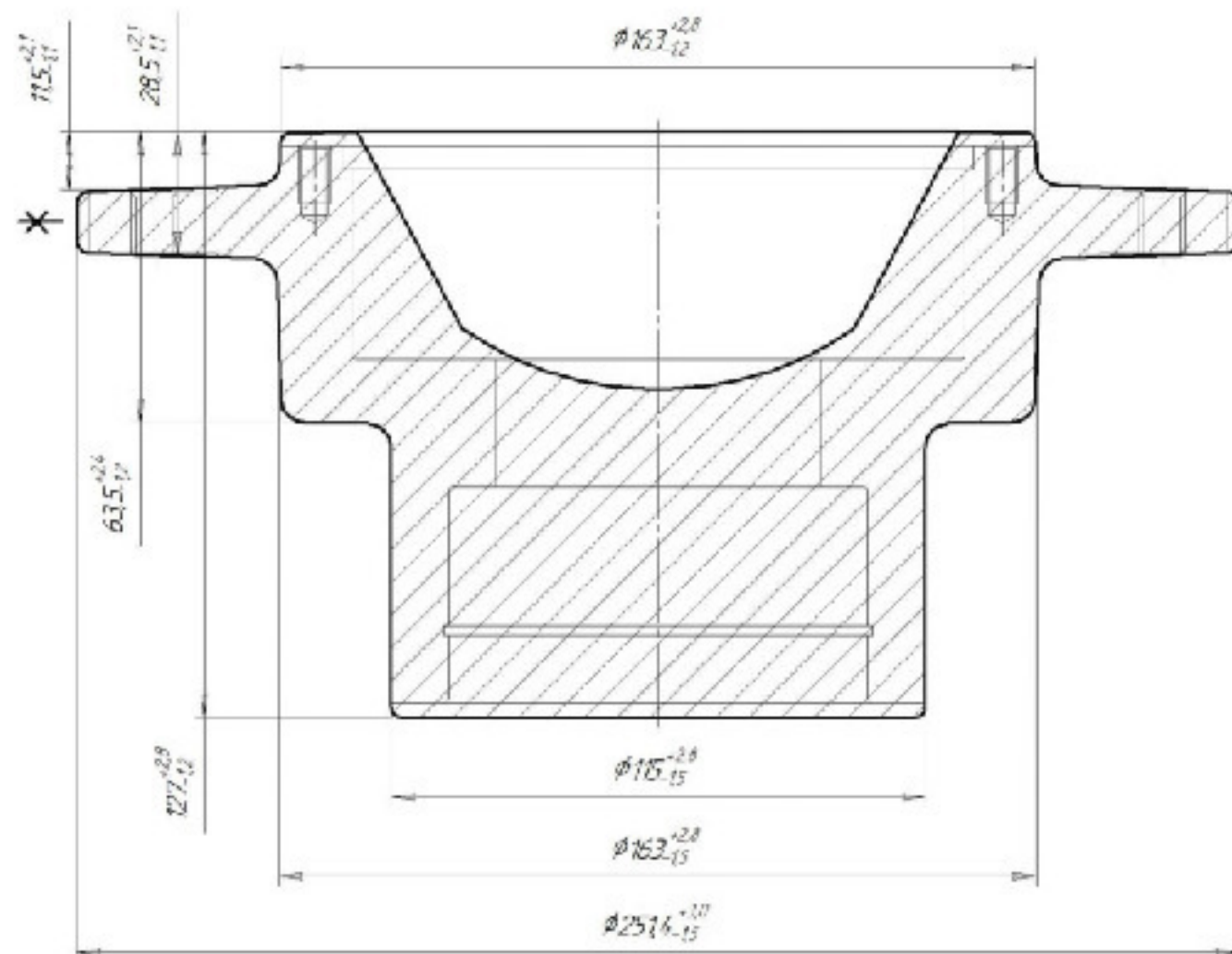
2. Небольшие размеры радиусов: заданных не больше 6 мм, выходящих не больше 3 мм.

3. Небольшие формовочные углы от 2° до 4°.

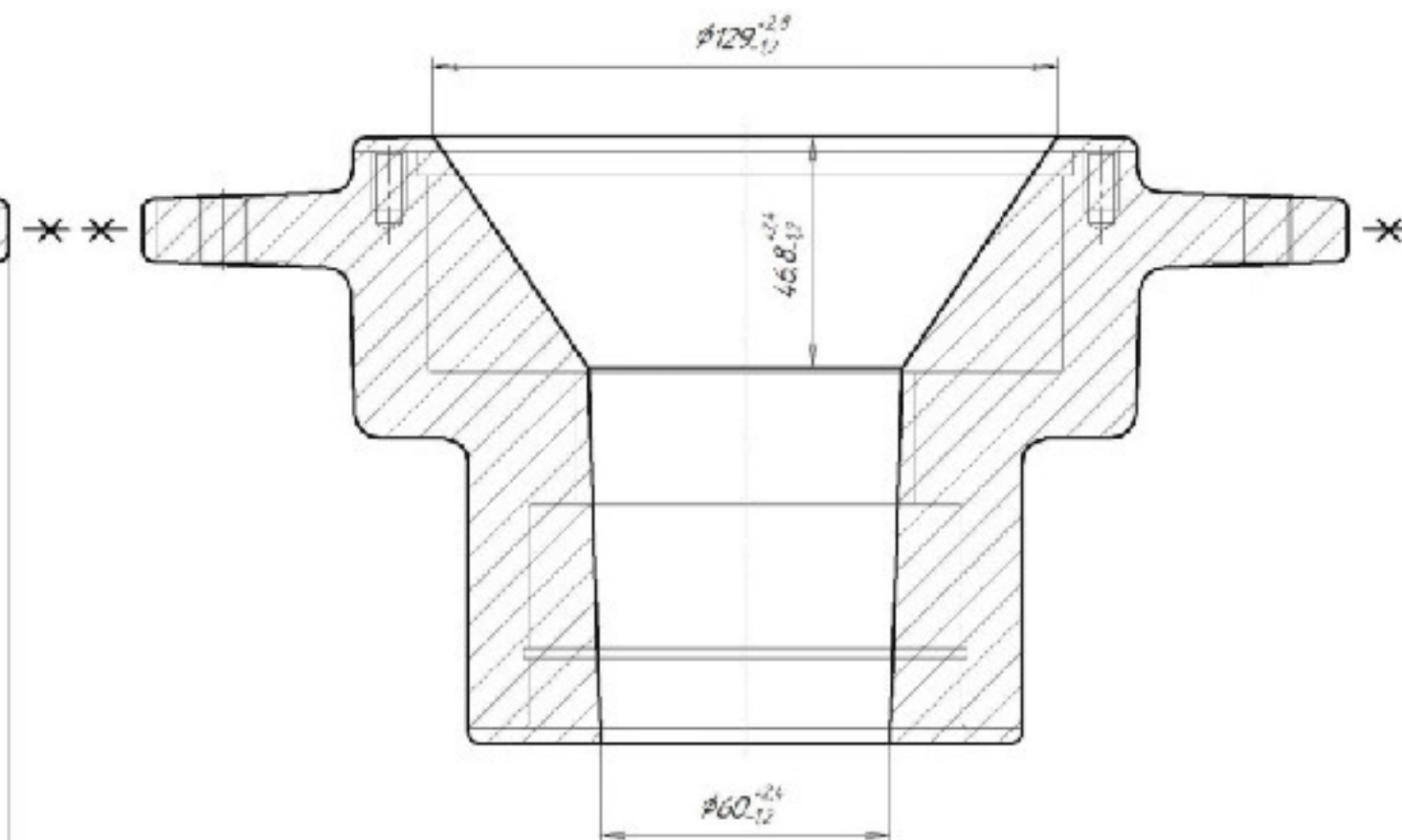
4. *Фактор 3 для доделок.

08-64.БДР.001.00.001				Дет.	Рис.	Исполн.
Фланец					9.25	11
ПН-0105.008				Авт.	Авт.	
Спецификация 40 ГОСТ 1050-88				ВНТУ		
				от 01.01.2018		
				Корпус		
				Рис. 01		

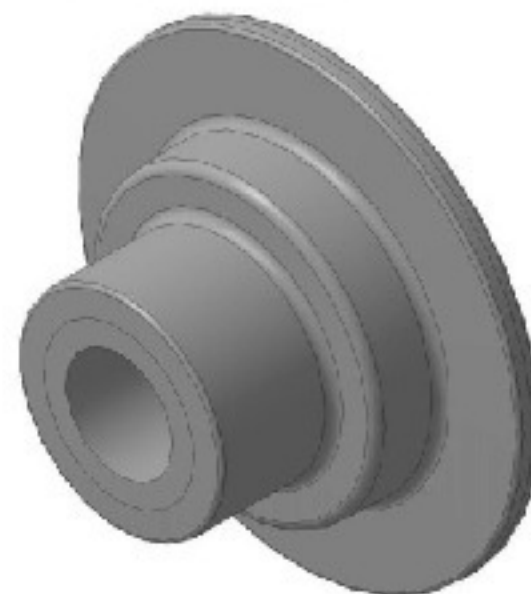
Перехід 1



Перехід 2



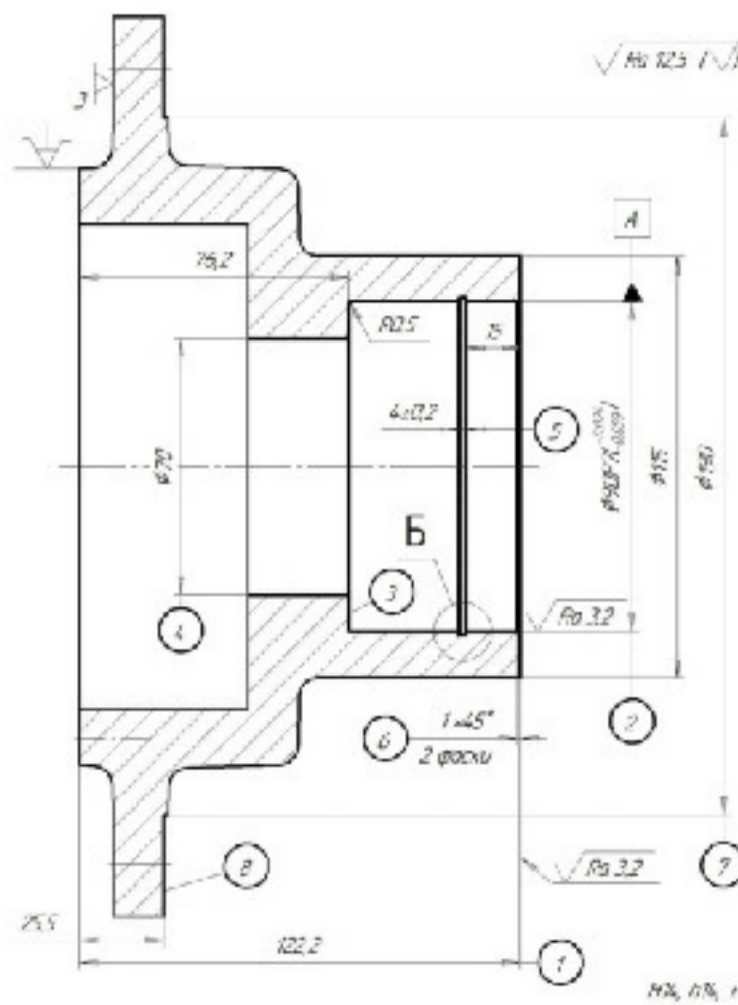
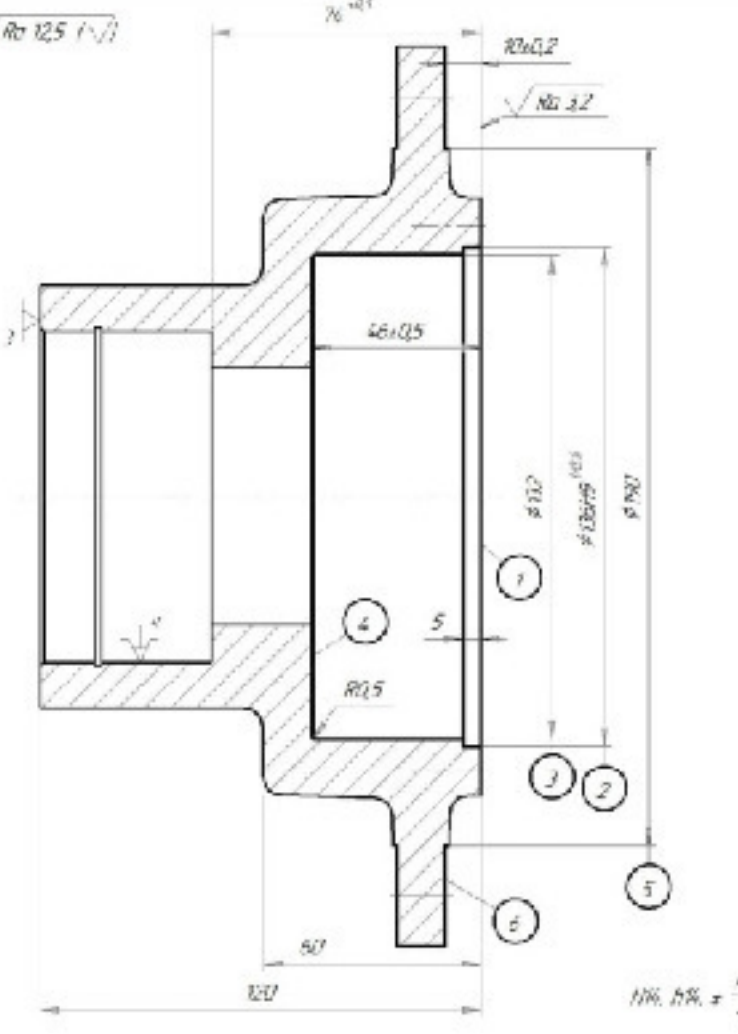
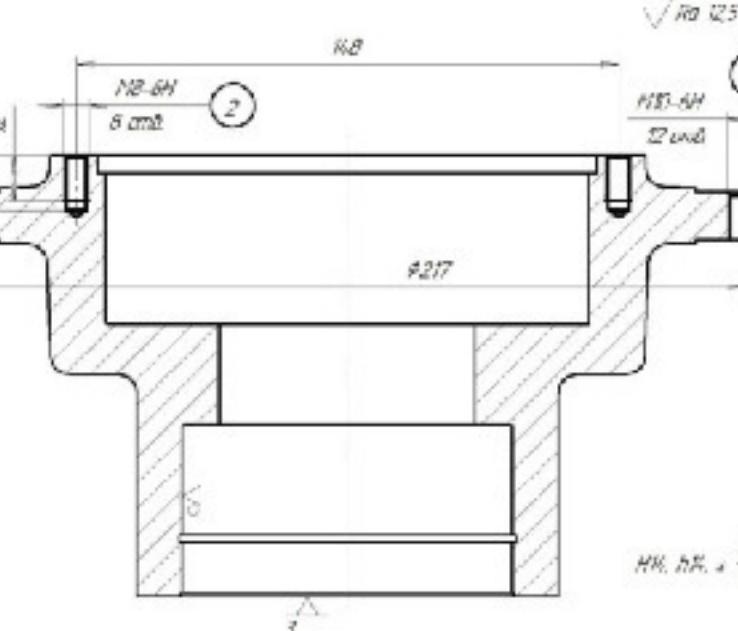
3D-модель заготовки



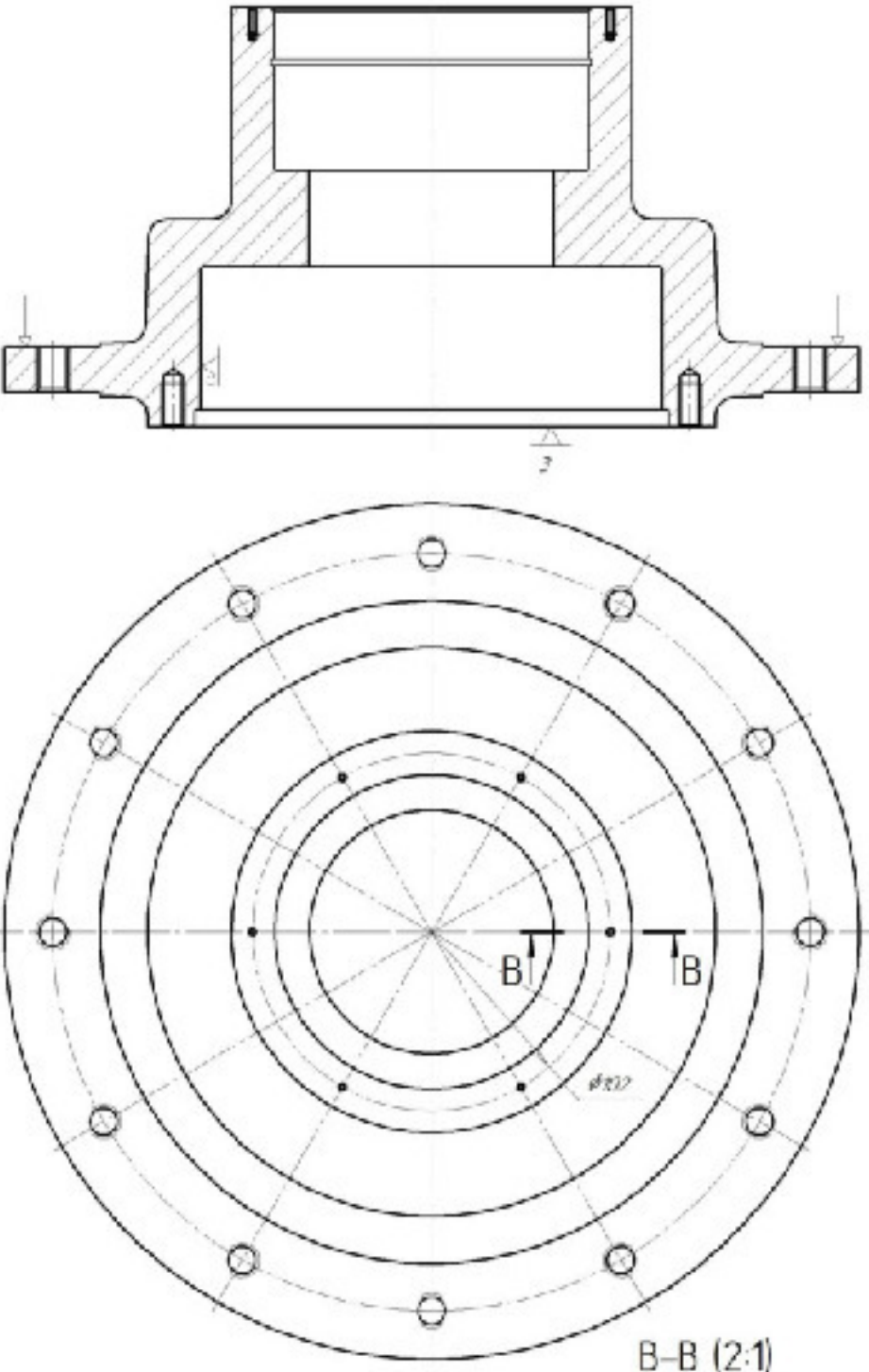
1. 260.270 НВ
2. Клас точності шліфування - 15, група сталі - М2, ступінь складності - С2
3. Невказані радіуси заокруглень R2 мм, нахили задніми 1-2°, внутрішні 2-4°.
4. Довільний зовнішній 3 мм

				08-64.БДР.00100.002		
Вид	Лист	№ докум.	Лист	Фланець (заготовка) (гидравлічні преси)		
Рисув.	Листовий ДС			Лист	Листів	1
Проєкт	Бухгалтер ВЛ			Сталь 40 ГОСТ 1050-88		
Головний				ВНТЦ		
Машин.	Машинний ДС			ст. гр. ВП1-205		
Чит.	Корисний ЛС			Копіювати		

Технологічний процес механічної обробки

N операції	Найменування операції, переходи	Ескіз обробки, схема установки	Обладнання
005	<u>Токарно-револьверна з ЧПК</u> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити торець 1 попередньо, поверхню 7, торець 8 однократно. 3. Точити торець 1 остаточно. 4. Розточити отвір 2 попередньо, торець 3, поверхню 4 однократно. 5. Розточити канавку 5 попередньо. 6. Розточити канавку 5 остаточно. 7. Розточити отвір 2 попередньо. 8. Розточити отвір 2 попередньо. 9. Розточити фаску 6 однократно. 10. Розточити отвір 2 остаточно. 11. Зняти заготовку.		Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1П420ПФ30
010	<u>Токарно-револьверна з ЧПК</u> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити торець 1 попередньо, поверхню 5 і торець 6 однократно. 3. Точити торець 1 остаточно. 4. Розточити поверхню 2 попередньо, поверхню 3 і торець 4 однократно. 5. Розточити поверхню 2 остаточно. 6. Зняти заготовку.		Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1П420ПФ30
015	<u>Свердлильна з ЧПК</u> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Центрувати 12 отв. 1. 3. Свердлилити 12 отв. 1. 4. Зенкувати фаски 1x45° в 12 отв. 1. 5. Нарізати різь в 12 отв. 1. 6. Центрувати 8 отв. 2. 7. Свердлилити 8 отв. 2. 8. Зенкувати фаски 1x45° в 8 отв. 2. 9. Нарізати різь в 8 отв. 2. 10. Зняти заготовку.		Вертикально-свердильний верстат з ЧПК 2Р135Ф2

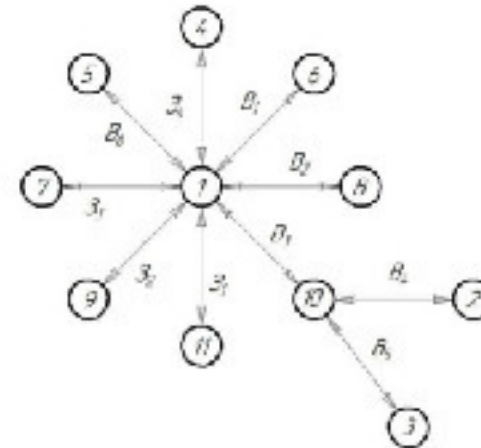
Технологічний процес механічної обробки (продовження)

№ операції	Найменування операції, переходи	Ескіз обробки, схема установки	Обладнання
020	<u>Свердлильна з ЧПК</u> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Центрувати 6 отв. 1. 3. Свердлили 6 отв. 1. 4. Зенкувати 6 фасок 2. 5. Нарізати різь в 6 отв. 1. 6. Зняти деталь.	$\sqrt{Rg 125 \sqrt{1}}$  B-B (2:1)	Вертикально-свердильний верстат 2Р135Ф2

Розмірний аналіз технологічного процесу

Вихідний граф – дерево

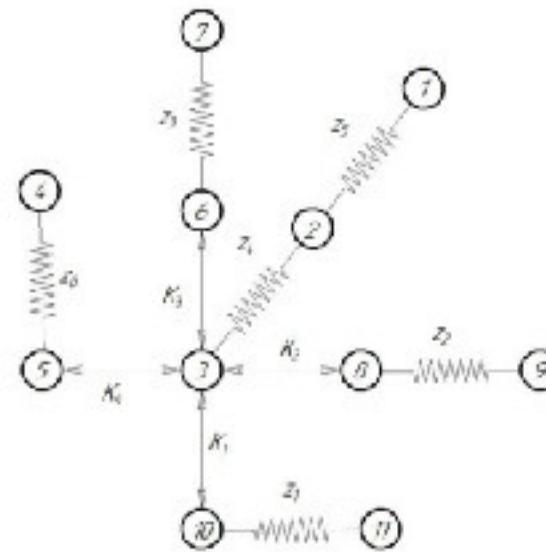
Розмірна схема технологічного процесу



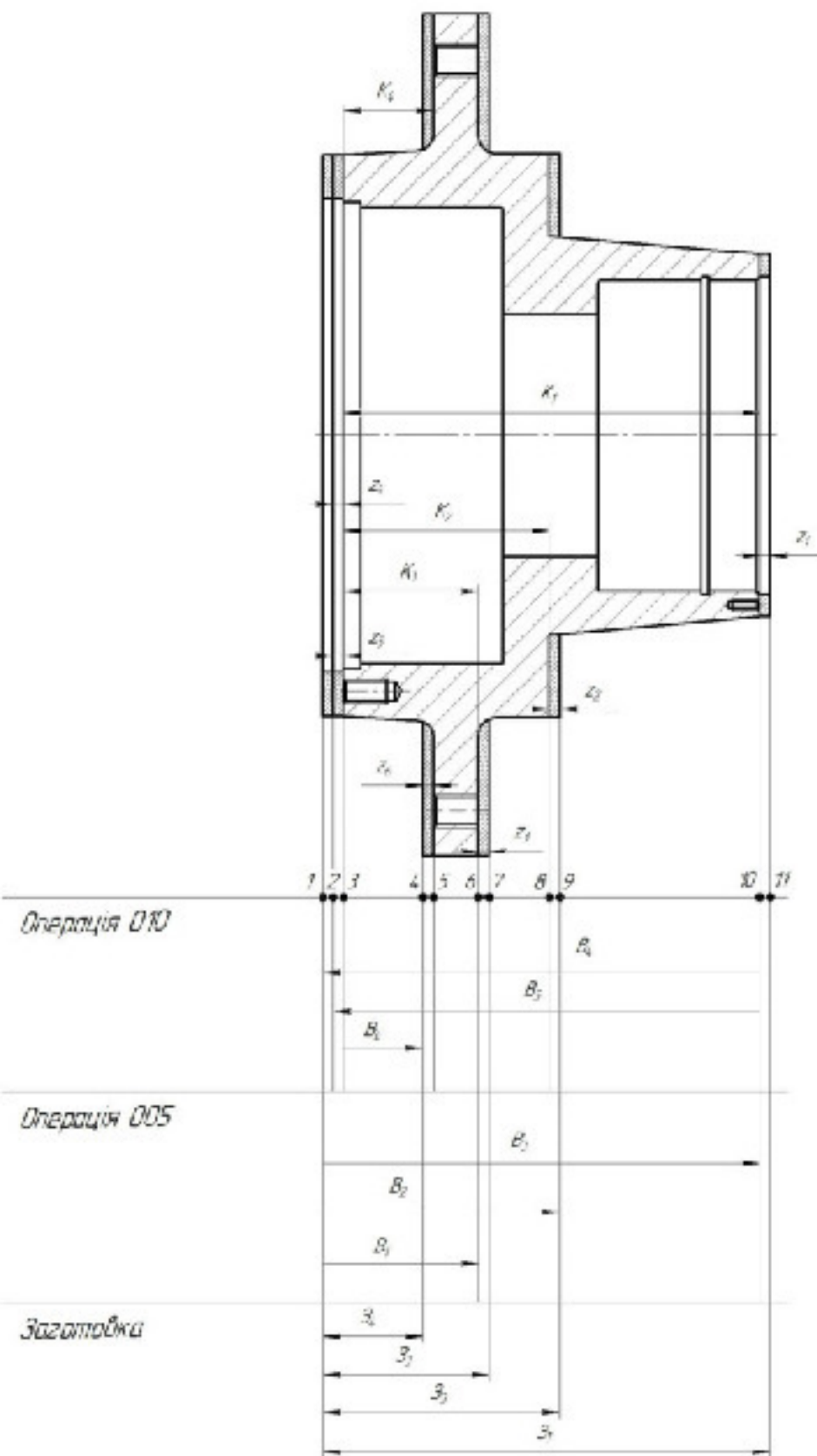
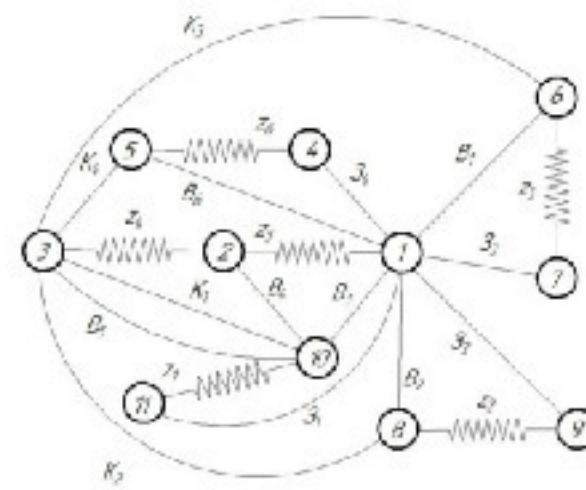
Рівняння для розрахунків розмірних технологічних ланцюгів

№	Разрешенные решения	Всего решений	Разногласия выявлены
1	$B5 + K1 = 0$	$B5 = K1$	B5
2	$B4 - K1 + Z5 = 0$	$B4 = K1 + Z5$	B4
3	$B3 - K1 + Z5 + Z4 = 0$	$B3 = K1 + Z5 + Z4$	B3
4	$B2 - K2 + Z5 + Z4 = 0$	$B2 = K2 + Z5 + Z4$	B2
5	$B1 - K3 + Z5 + Z4 = 0$	$B1 = K3 + Z5 + Z4$	B1
6	$B6 - K4 + Z5 + Z4 = 0$	$B6 = K4 + Z5 + Z4$	B6
7	$31 - K1 + Z5 + Z4 + Z1 = 0$	$31 = K1 + Z5 + Z4 + Z1$	31
8	$32 - K2 + Z5 + Z4 + Z2 = 0$	$32 = K2 + Z5 + Z4 + Z2$	32
9	$33 - K3 + Z5 + Z4 + Z3 = 0$	$33 = K3 + Z5 + Z4 + Z3$	33
10	$34 - K4 + Z5 + Z4 + Z6 = 0$	$34 = K4 + Z5 + Z4 + Z6$	34

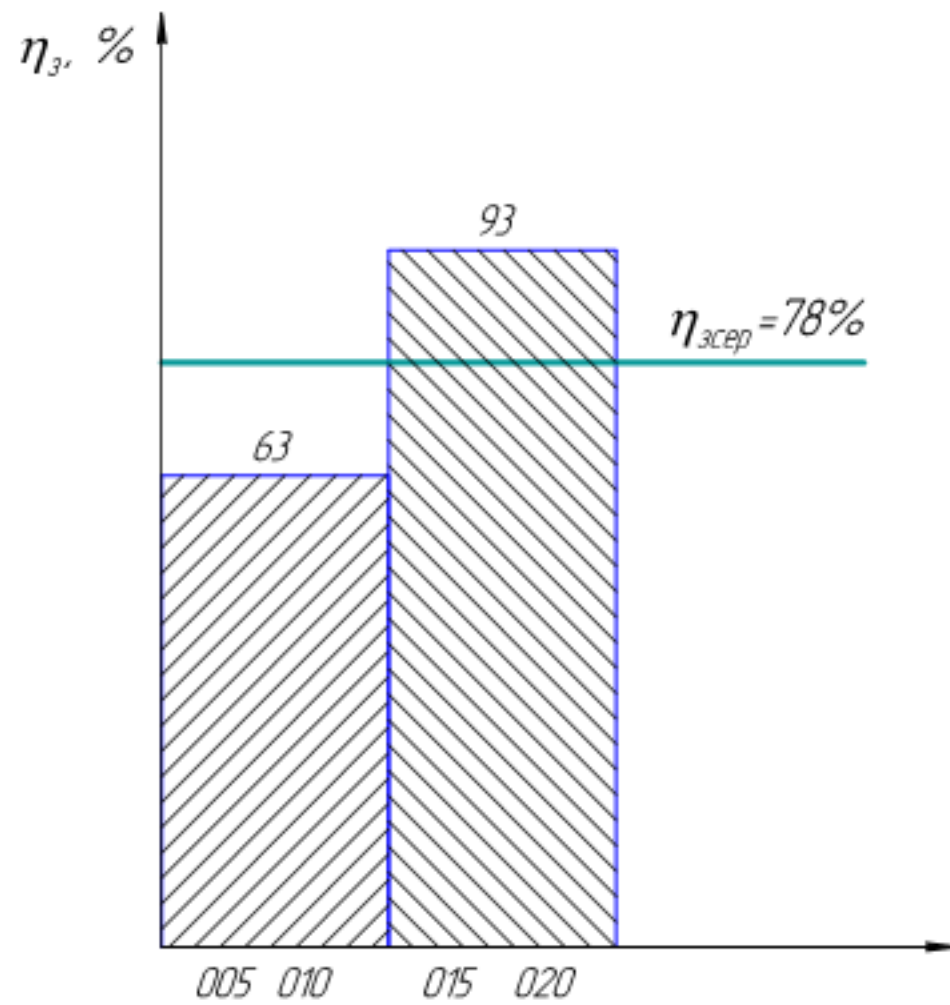
Похідний граф – дерево



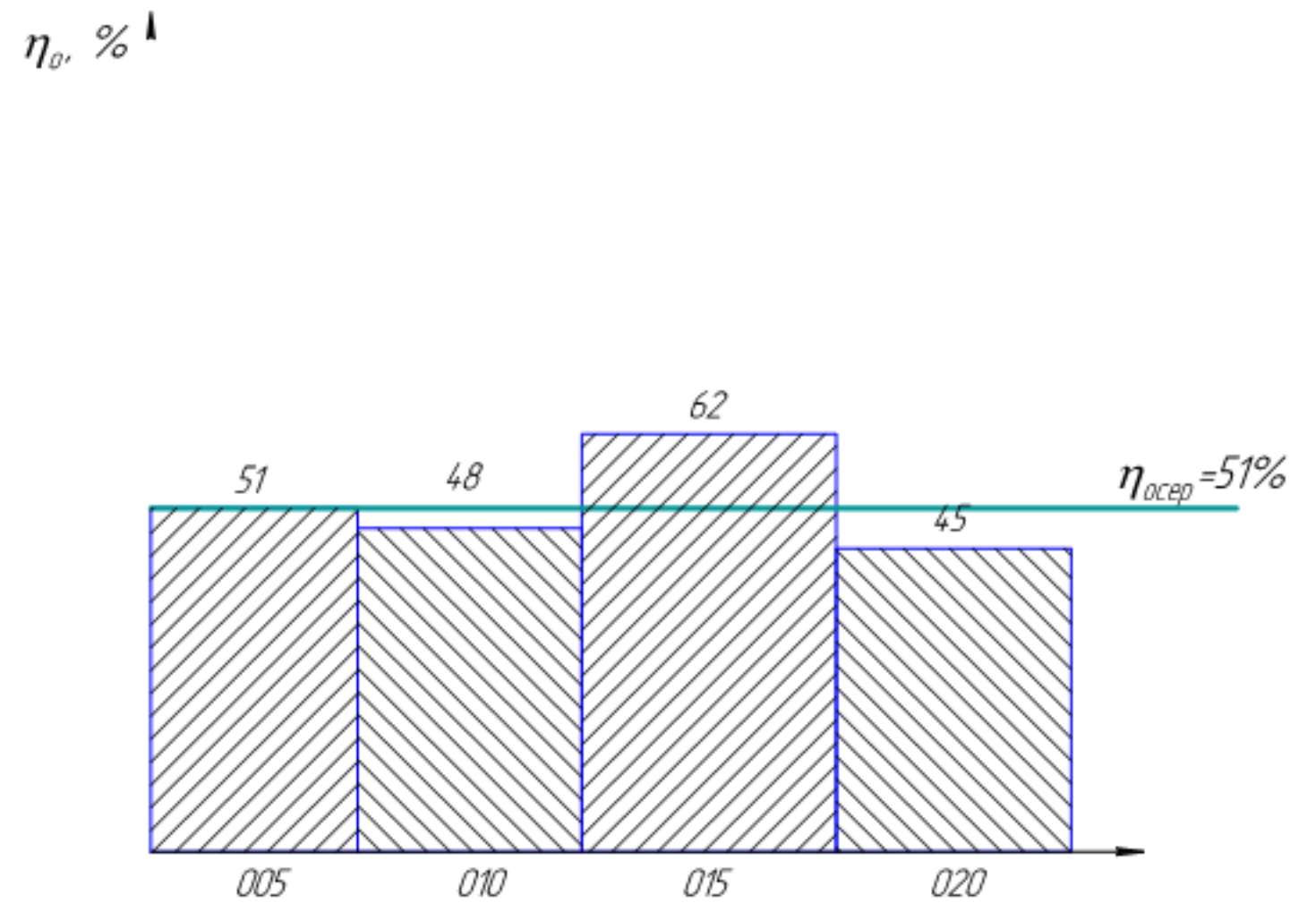
Суміщений граф



Графіки завантаження обладнання



Графік завантаження обладнання



Графік використання обладнання за основним часом