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, цикової комісії))

Бакалаврська дипломна робота

на тему:

«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ "КОРПУС 02.08"»

Виконав: студент _4_ курсу, групи 1ПМ-20б
спеціальності 131 – Прикладна механіка___
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)
_____ Владислав РОЛІНСЬКИЙ

Керівник: к.т.н., доц., професор каф. ТАМ
_____ Олександр ДЕРІБО
«_06_» ____06_____ 2024 р.

Рецензент: к.т.н., доц., зав. каф. АТМ
_____ Сергій ЦИМБАЛ
«_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 мехатронні системи в машинобудуванні
(назва освітньо-професійної програми)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТАМ
_____ д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ
« 11 » 03 2024 р.

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

Ролінському Владиславу Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 02.08»

Керівник роботи Дерібо Олександр Володимирович, 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 «Корпус 02.08»; річна програма випуску 4 000 шт.; довідкова література

4. Зміст текстової частини: анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Стакан»; розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 02.08»; розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 02.08»; охорона праці; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): деталь «Корпус 02.08» (А2); 3D-модель деталі (А1); корпус (виливок) (А2); маршрут механічної обробки (2А1); розмірний аналіз технологічного процесу (А1); карта налагоджень (операція 05) (А1); графіки завантаження обладнання (А1)

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання «_11_» ____03_____ 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент _____ Владислав РОЛІНСЬ
(підпис)

Керівник роботи _____ Олександр ДЕРІБО
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 85 сторінок формату А4, на яких є 18 рисунків, 25 таблиць, список використаних джерел містить 27 найменувань.

Метою роботи є проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 02.08».

У загальній частині роботи виконано огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус», 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 дільниці механічної обробки визначено приведену програму, розраховано кількість верстатів, коефіцієнти завантаження та кількість працюючих на дільниці.

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, дільниця механічної обробки.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 85 A4 pages, which have 18 figures, 25 tables, the list of sources used contains 27 items.

The aim of the work is to design a technological process for machining a workpiece of the type «Corps 02.08».

In the general part of the work, a review of the technology for manufacturing a part of the «Corps » 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 «СТАКАН» 7

1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи 7

1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Стакан» 15

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС 02.08» 19

2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі 19

2.2 Вибір способу виготовлення заготовки 22

2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки 22

2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення 23

2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки 33

2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки 34

2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого 37

2.3 Розробка маршруту механічної обробки 39

2.3.1 Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $ø60H8^{(+0,046)}$ 39

2.3.2 Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз 40

2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки 43

2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу 46

2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь 51

2.3.6 Визначення режимів різання 56

2.3.7 Визначення технічних норм часу 59

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС 02.08» 63
3.1 Розрахунок приведеної програми 63
3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження 67
3.3 Побудова графіків завантаження обладнання 70
3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці 71
4 ОХОРОНА ПРАЦІ 74
4.1 Аналіз умов праці 74
4.2 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць 74
4.3 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії 75
4.4 Технічні рішення з пожежної безпеки 79
ВИСНОВКИ 82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 83
ДОДАТКИ 86
Додаток А (обов’язковий). Протокол перевірки кваліфікаційної роботи 86
Додаток Б (обов’язковий). Графічна частина 87

ВСТУП

Актуальність. Останніми роками в технології обробки металів різанням відбуваються значні зміни, що включають інтенсифікацію технологічних процесів завдяки використанню новітніх ріжучих інструментів та матеріалів. Розширюється застосування верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), створюються роботизовані верстатні комплекси та гнучкі виробничі системи з комп'ютерним керуванням. Всі ці зміни сприяють підвищенню розмірної і геометричної точності обробки. Такий розвиток технології механічної обробки в машинобудуванні є надзвичайно актуальним, оскільки він дозволяє підвищити ефективність виробництва, зменшити витрати на виготовлення деталей та забезпечити високу якість кінцевої продукції.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 02.08».

Завдання, що вирішуються в роботі:

- проведення огляду технології виготовлення деталі типу «Стакан»;
- 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 «Корпус 02.08»;
- 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 «СТАКАН»

1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

Коефіцієнт закріплення операцій [1, 2]:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \tag{1.1}$$

де ΣO_i – кількість операцій, які виконуються на дільниці;

ΣP_i – кількість робочих місць на дільниці.

Найбільш характерні переходи механічної обробки поверхонь деталі «Корпус 02.08»:

- точіння ∅60Н8 попереднє;
- точіння ∅60Н8 попереднє;
- точіння ∅60Н8 остаточне;
- точіння ∅22 попереднє;
- точіння ∅22 попереднє;
- точіння ∅22 остаточне;
- підрізання торця ∅110 (правий) остаточне;
- свердління отвору ∅6 (12 отворів);
- свердління отвору ∅16.

Норми часу $T_{осн}$ необхідного для обробки вказаних поверхонь визначається за наближеними формулами:

Точіння ∅60Н8 попереднє:

$$T_{осн1} = 0{,}17 \cdot d \cdot l = 0{,}18 \cdot 60 \cdot 45 \cdot 10^{-3} = 0{,}486 \text{ (хв)}.$$

Точіння ∅60Н8 попереднє:

$$T_{осн2} = 0{,}1 \cdot d \cdot l = 0{,}1 \cdot 60 \cdot 45 \cdot 10^{-3} = 0{,}27 \text{ (хв)}.$$

Точіння ∅60Н8 остаточне:

$$T_{осн3} = 0{,}17 \cdot d \cdot l = 0{,}17 \cdot 60 \cdot 45 \cdot 10^{-3} = 0{,}459 \text{ (хв)}.$$

Точіння ∅22 попереднє:

$$T_{осн4} = 0{,}17 \cdot d \cdot l = 0{,}17 \cdot 22 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0{,}037 \text{ (хв)}.$$

Точіння ∅22 попереднє:

$$T_{осн5} = 0{,}1 \cdot d \cdot l = 0{,}1 \cdot 22 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0{,}022 \text{ (хв)}.$$

Точіння ∅22 остаточне:

$$T_{осн6} = 0{,}17 \cdot d \cdot l = 0{,}17 \cdot 22 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0{,}037 \text{ (хв)}.$$

Підрізання торця ∅110(правий) остаточне:

$$T_{осн7} = 0{,}037 \cdot (D^2 - d^2) = 0{,}037 \cdot (110^2 - 60^2) \cdot 10^{-3} = 0{,}314 \text{ (хв)}.$$

Свердління отвору ∅6 (12 отворів):

$$T_{осн8} = 0{,}52 \cdot d \cdot l = 0{,}52 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0{,}0156 \text{ (хв)}.$$

Свердління отвору ∅16:

$$T_{осн9} = 0{,}52 \cdot d \cdot l = 0{,}52 \cdot 16 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0{,}0832 \text{ (хв)}.$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час $T_{шт\text{-}к}$ визначається за формулою:

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

де $\varphi_к$ – коефіцієнт.

При програмі випуску N = 4000 шт і масі деталі – m = 2 кг попередньо встановлено [2], що виробництво середньосерійнесерійне. Для середньосерійного виробництва [2] вибрано $\varphi_к$.

Точіння ∅60Н8 попереднє:

$$T_{шт-к1} = T_{осн1} \cdot \varphi_к = 0{,}486 \cdot 1{,}98 = 0{,}96 \text{ (хв)}.$$

Точіння ∅60Н8 попереднє:

$$T_{шт-к2} = T_{осн2} \cdot \varphi_к = 0{,}27 \cdot 1{,}98 = 0{,}53 \text{ (хв)}.$$

Точіння ∅60Н8 остаточне:

$$T_{шт-к3} = T_{осн3} \cdot \varphi_к = 0{,}486 \cdot 1{,}98 = 0{,}96 \text{ (хв)}.$$

Точіння ∅22 попереднє:

$$T_{шт-к4} = T_{осн4} \cdot \varphi_к = 0{,}37 \cdot 1{,}98 = 0{,}732 \text{ (хв)}.$$

Точіння ∅22 попереднє:

$$T_{шт-к5} = T_{осн5} \cdot \varphi_к = 0{,}022 \cdot 1{,}98 = 0{,}043 \text{ (хв)}.$$

Точіння ∅22 попереднє

$$T_{шт-к6} = T_{осн6} \cdot \varphi_к = 0{,}37 \cdot 1{,}98 = 0{,}732 \text{ (хв)}.$$

Кількість верстатів для виконання кожного переходу механічної обробки визначається за формулою:

$$C_{p1} = \frac{N \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot \eta_з}, \quad (1.3)$$

де N – річна програма, шт. (N = 4000 шт.);

$T_{шт-к}$ – штучно-калькуляційний час, хв;

$F_д$ – дійсний річний фонд часу, год. ($F_д$ = 3890 год.);

$\eta_з$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_з$ = 0,8 – для середньосерійного типу виробництва).

Точіння ∅60Н8 попереднє:

$$C_{p1} = \frac{N \cdot T_{шт-к1}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot n} = \frac{4000 \cdot 0{,}96}{60 \cdot 3890 \cdot 2 \cdot 0{,}8} = 0{,}064.$$

Точіння ∅60Н8 попереднє:

$$C_{p2} = \frac{N \cdot T_{шт-к2}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot n} = \frac{4000 \cdot 0{,}53}{60 \cdot 3890 \cdot 2 \cdot 0{,}8} = 0{,}056.$$

Точіння ∅60Н8 остаточне:

$$C_{p3} = \frac{N \cdot T_{шт-к3}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot n} = \frac{4000 \cdot 0{,}96}{60 \cdot 3890 \cdot 2 \cdot 0{,}8} = 0{,}064.$$

Точіння ∅22 попереднє:

$$C_{p4} = \frac{N \cdot T_{шт-к4}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot n} = \frac{4000 \cdot 0{,}732}{60 \cdot 3890 \cdot 2 \cdot 0{,}8} = 0{,}078.$$

Точіння ∅22 попереднє:

$$C_{p5} = \frac{N \cdot T_{шт-к5}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot n} = \frac{4000 \cdot 0{,}043}{60 \cdot 3890 \cdot 2 \cdot 0{,}8} = 0{,}046.$$

Точіння ∅22 остаточне:

$$C_{p6} = \frac{N \cdot T_{шт-к6}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot n} = \frac{4000 \cdot 0{,}732}{60 \cdot 3890 \cdot 2 \cdot 0{,}8} = 0{,}078.$$

Для виконання кожного з механічних переходів достатньо одного верстата:

$$P_1=P_2=P_3=P_4=P_5=P_6=P_7=P_8=1.$$

Коефіцієнт завантаження фактичний визначається за формулою:

$$\eta_{зф} = \frac{C_p}{P}, \qquad (1.4)$$

де P – прийняте число робочих місць.

Точіння ∅60Н8 попереднє:

$$n_{зф1} = \frac{C_{p1}}{P_1} = \frac{0{,}064}{1} = 0{,}064.$$

Точіння ∅60Н8 попереднє:

$$n_{зф2} = \frac{C_{p2}}{P_2} = \frac{0,056}{1} = 0,056.$$

Точіння ∅60Н8 остаточне:

$$n_{зф3} = \frac{C_{p3}}{P_3} = \frac{0,064}{1} = 0,064.$$

Точіння ∅22 попереднє:

$$n_{зф4} = \frac{C_{p4}}{P_4} = \frac{0,078}{1} = 0,078.$$

Точіння ∅22 попереднє:

$$n_{зф5} = \frac{C_{p5}}{P_5} = \frac{0,046}{1} = 0,046.$$

Точіння ∅22 остаточне:

$$n_{зф6} = \frac{C_{p6}}{P_6} = \frac{0,078}{1} = 0,078.$$

Кількість операцій закріплених за кожним робочим місцем визначається за формулою:

$$O = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{зф}}; \qquad (1.5)$$

Точіння ∅60Н8 попереднє:

$$O_1 = \frac{n_з}{n_{зф1}} = \frac{0,8}{0,064} = 12,5 = 13.$$

Точіння ∅60Н8 попереднє:

$$O_1 = \frac{n_з}{n_{зф1}} = \frac{0,8}{0,056} = 14,2 = 15.$$

Точіння ∅60Н8 остаточне:

$$O_1 = \frac{n_з}{n_{зф1}} = \frac{0,8}{0,064} = 12,5 = 13.$$

Точіння ∅22 попереднє:

$$O_1 = \frac{n_з}{n_{зф1}} = \frac{0,8}{0,078} = 10,2 = 11.$$

Точіння ∅22 попереднє:

$$O_1 = \frac{n_з}{n_{зф1}} = \frac{0,8}{0,046} = 17,39 = 18.$$

Точіння ∅22 остаточне:

$$O_1 = \frac{n_з}{n_{зф1}} = \frac{0,8}{0,078} = 10,2 = 11.$$

Таким чином, коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{зм} = \frac{\sum O_o}{P_я} = \frac{13+15+13+11+18+11}{1+1+1+1+1+1} = 13{,}5$$ – $10<K_{з.о.}<20$ – виробництво середньосерійне.

Заданий добовий випуск виробів:

$$N_д = \frac{N}{254} = \frac{4000}{254} = 15{,}7 \text{ (шт)}.$$

Добова продуктивність потокової лінії:

$$Q_д = \frac{F_д}{T_{шт-к\ ср}} \cdot n_з = \frac{952}{0{,}659} \cdot 0{,}8 = 1155{,}6;$$

де $T_{шт\text{-}к.ср}$ – середній штучно-калькуляційний час, який визначається за формулою:

$$T_{шт-к\ ср} = \frac{\sum_i^n T_{шт-к\ ср}}{n} = \frac{0{,}96 + 0{,}53 + 0{,}96 + 0{,}732 + 0{,}043 + 0{,}732}{6} = 0{,}659 \text{ (хв)}.$$

де $T_{штi}$ – штучний час i-ої основної операції;

n – кількість основних операцій.

Так як $N_д \le Q_д$, то організація потовкої лінії недоцільна.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску допускається визначати спрощеним способом за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{4000 \cdot 6}{254} = 95 \text{ (шт)}.$$

де a – періодичність запуску в днях (прийнято $a = 6$)

Розрахункове число змін на обробку всієї партії деталей на основних

робочих місцях визначається за формулою:

$$c = \frac{\mathrm{T}_{\text{шт}-\text{к ср}} \cdot n}{476 \cdot 0{,}8} = \frac{0{,}659 \cdot 95}{476 \cdot 0{,}8} = 0{,}16.$$

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

$$n_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot 0{,}8 \cdot \mathrm{c}_{\text{пр}}}{\mathrm{T}_{\text{шт}-\text{к ср}}} = \frac{476 \cdot 0{,}8 \cdot 1}{0{,}659} = 577\ (\text{шт}).$$

Приймаємо кількість деталей у партії 95 шт.

Висновок: тип виробництва – серійний, форма організації роботи – групова.

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

Виходячи із заданої програми N_p=4000 шт, маси деталі 2 кг, розрахунками коефіцієнта закріплення операцій встановлено, що дана деталь буде вироблятись в середньосерійному виробництві.

Деталь «Корпус 02.08» належить до типу «Стакан» [1-7]. Техпроцес механічної обробки даної деталі розробляємо на основі типових або групових техпроцесів обробки подібних деталей, користуючись розробленими маршрутами. Заготовка даної деталі виготовляється методом лиття в піщано-глинисту форму з машинним формуванням.

Для середньосерійного виробницва при обробці заготовки деталі типу «Корпус 02.08» доцільно застосовувати принцип концентрації операцій. Обробка при можливості найбільшої кількості поверхонь з однієї установки підвищує

точнічсть і зменшує похибку відносного розташування поверхонь. Доводочні опереації розточування проводяться після чистової обробки деталі.

При виборі планів і методів обробки поверхонь, розробки маршруту механічної обробки використаний типовий ТП обробки подібних деталей.

В таблиці 1.1 показаний типовий маршрут механічної обробки деталі типу «Стакан» (рис. 1.1). На першій операції необхідно обробляти поверхні, які в подальшому будуть служити технологічними базами. Базування заготовки здійснюється по необробленим чорновим базам одноразово з тим щоб уникнути похибки базування на подальших операціях.

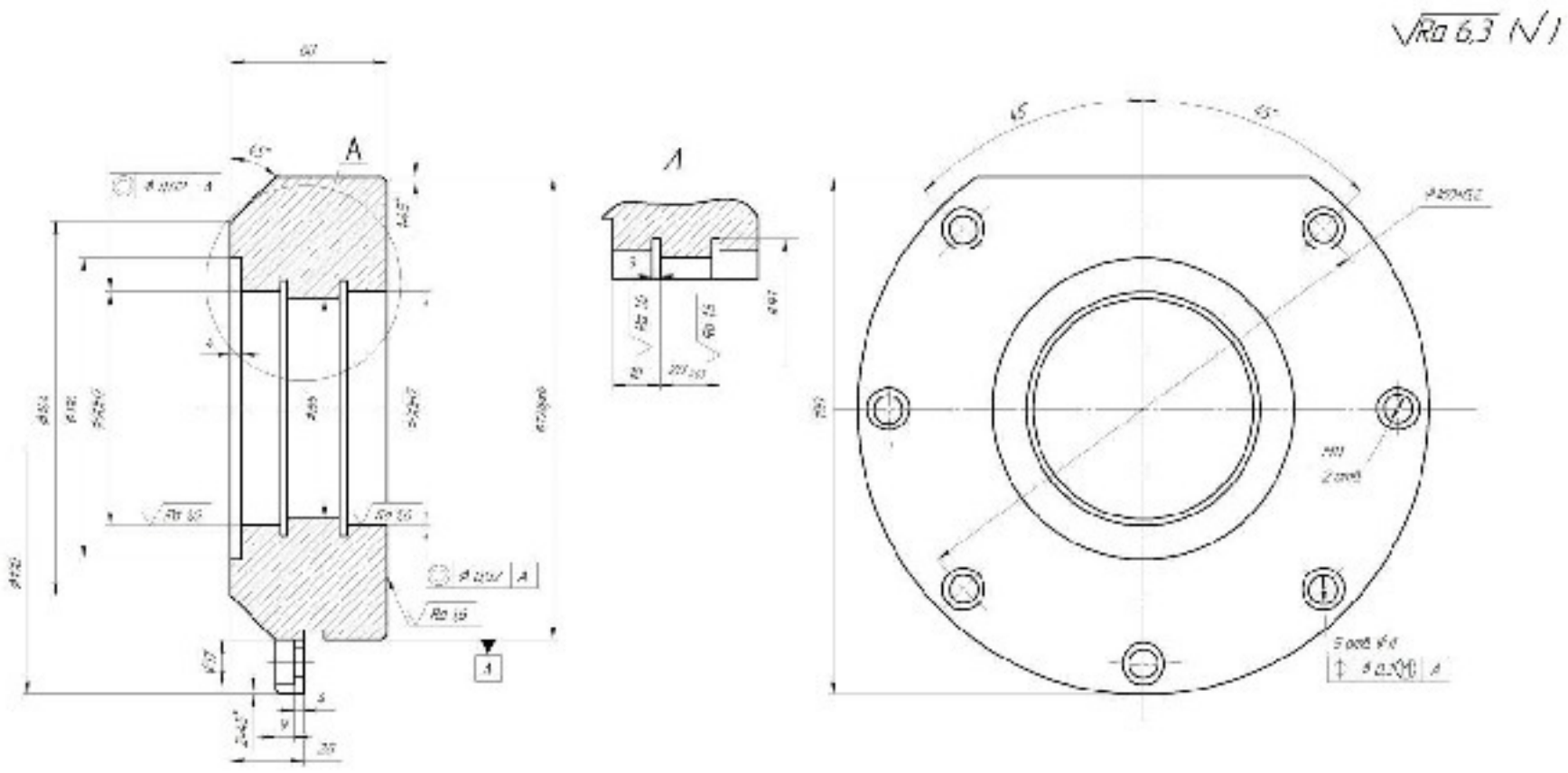


Рисунок 1.1 – Креслення типової деталі типу «Стакан»

Таблиця 1.1– Типовий ТП виготовлення деталей типу «Стакан»

Опе-рація	Зміст та найменування операцій	Станок, обладнання	Оснастка
1	2	3	4
005	Лиття		
010	Обрубка та очистка виливка		
015	Підрізати торці Ø178js6, Ø90H7 та А, точити поверхню Ø178js6, розточити отвори Ø85 та Ø90H7 з підрізкою внутрішнього торцю Ø90H7/ Ø85	Токарний патронний полуавтомат КТ141	Трикулачковий пневматичний патрон

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
020	Підрізати торці Ø190 та Ø144/ Ø116, обточити поверхню Ø190 та конічну поверхню Ø144×45^0	Токарний патронний полуавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
025	Термічна обробка		
030	Підрізати торець Ø178js6/ Ø90H7 остаточно, точити поверхню Ø178js6 з підрізкою торця А під шліфування, фаски, канавки остаточно. Розточити отвори Ø90H7 з підрізкою внутрішнього торцю Ø90H7/ Ø85 та отвору Ø85 під тонке розточування, канавки 3×Ø96 остаточно, притупити гострі кромки.	Токарний патронний полуавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
035	Підрізати торець Ø144/ Ø116, точити поверхню Ø190, конічну поверхню Ø144×45^0 остаточно. Розточити отвори Ø90H7 з підрізкою внутрішнього торцю Ø90H7/ Ø85 під тонке розточування виточки Ø116 та канавки 3× Ø96.	Токарний патронний полуавтомат КТ141	Трикулачковий пневматичний патрон
040	Свердлити п'ять отворів Ø11, два отвори Ø10,2 під різьбу М12, зенкувати п'ять отворів Ø11/ Ø17, фаски 2×24, нарізати різьбу М12. Фрезерувати лиски в розмір 190.	Багатоцільовий вертикальний Фрезерно-свердлильний ГФ2171	Наладка УСПО
045	Зачистити заусениці	Машина для зняття заусениць	
050	Розточити два отвори Ø90H7 з підрізкою торців Б та В, отвори Ø85 до Ø85H9 (технологічно)	Алмазно-розточувальний (спеціальний)	Утановчі пристосування
055	Шліфувати Ø178js6 з шліфуванням торця 4	Круглошліфувальний напівавтомат ЗУ131ВМ	Спеціальна оправка
060	Промити деталь	Машина для миття	
065	Технічний контроль		
070	Нанесення антикорозійного покриття		

Маршрут механічної обробки ТП деталі типу «Стакан» (див табл. 1.1) є подібним до обробки деталі «Корпус 02.08».

Подібність конструкції:

- дана і типова деталі мають плоскі та циліндричні поверхні;

- обидві деталі мають наскрізні отвори, що розточуються;

- у типової деталі є ще одна поверхня що фрезерується;

- у даній деталі є 12 отворів з різьбою та один отвір без різьби, а у типовій лише два отвори з різзю та п’ять отворів без різі.

Основними поверхнями деталі є отвори Ø90H7 та торці деталі зв'язані розміром 60 мм. Кріпильними поверхнями є: два отвори M11x1,5, та п’ять отворів Ø11.

Після розточування опорних поверхонь здійснюється свердлильна та шліфувальна обробка всіх зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталі. Установка заготовки на перших операціях – у трикулачковий патрон, далі на оправку та один отвір.

Типізація механічної обробки вносить однообразність в технологію виготовлення деталей даного класу, скорочує кількість різних варіантів обробки до мінімуму, скорочує строки проектування і покращує якість проекту, дозволяє впроваджувати обладнання і оснастку на базі типових схем і уніфікованих складальних одиниць.

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС 02.08»

2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі

2.1.1 Якісний аналіз технологічності конструкції

Деталь «Корпус 02.08» є базовою деталлю пневмогідравлічного клапана. Службове призначення деталі – розміщення в ній елементів пневмогідравлічного клапану. Деталь має відносно невеликі габаритні розміри та незначну вагу (2 кг). Деталь сприймає значні статичні і динамічні навантаження, тому матеріалом вибраний чавун Сталь 30Л ГОСТ 977-65.

Маса деталі «Корпус 02.08» становить 2 кг, річна програма випуску 4000 шт., виробництво – середньосерійне. Конструкція деталі в цілому технологічна. Деталь має базові поверхні для виконання більшості операцій механічної обробки. Оскільки готова деталь є тілом обертання, то переважає токарна обробка.

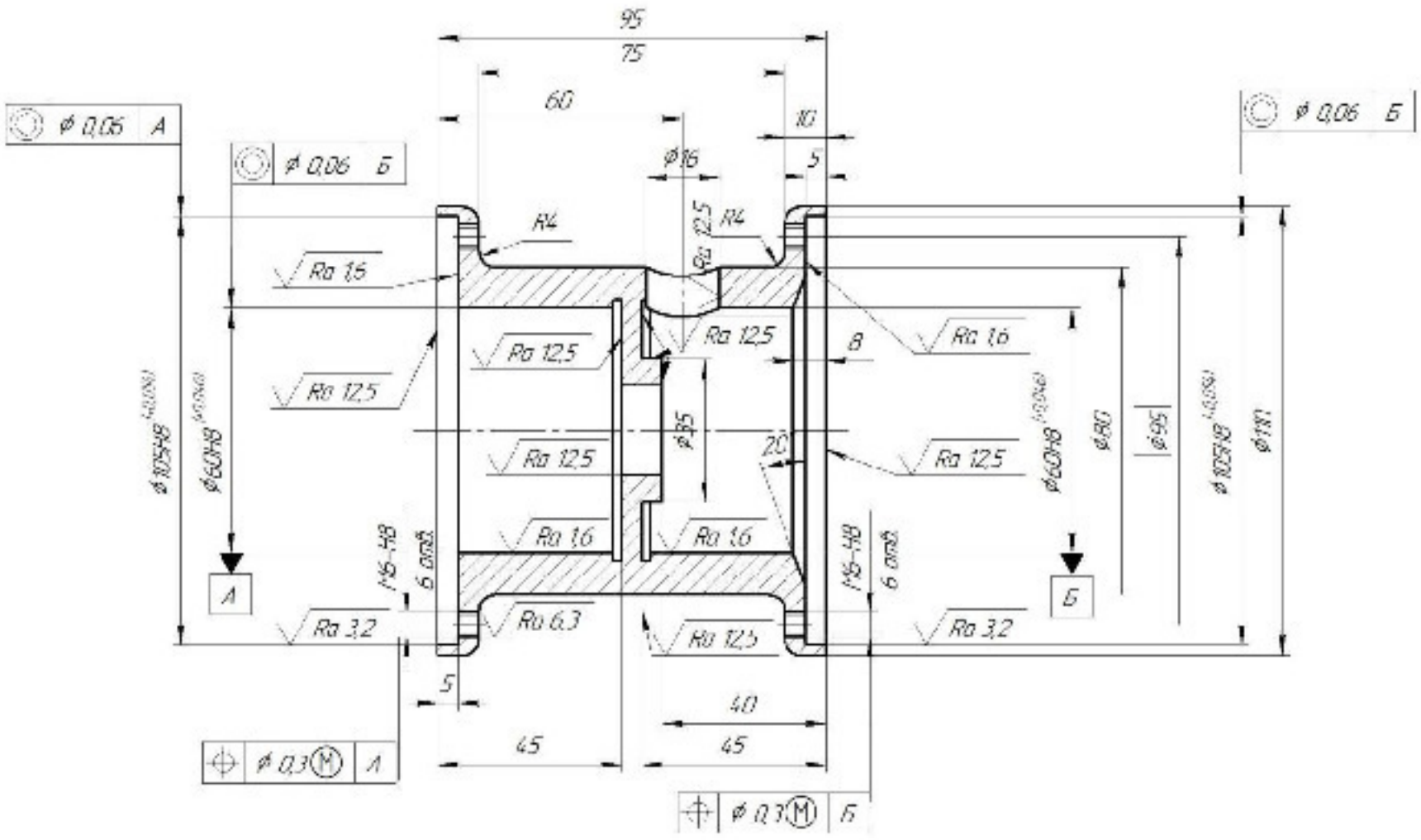


Рисунок 2.1 – Ескіз деталі «Корпус 02.08»

Основними поверхнями деталі є циліндричні поверхні $Ø60H8^{+0,046}$, $105H8^{+0,054}$ та торці деталі зв'язані розміром 95 мм. Кріпильними поверхнями є: дванадцять отворів М6-Н8, та отвір Ø16. Решта поверхонь є вільними.

До поверхонь $Ø60H8^{(+0,046)}$ та $Ø105H8^{(+0,054)}$ поставлені підвищені вимоги точності. Допуск співвісності отвору $Ø60H7^{(+0,046)}$ до площини складає 0,06 мм, а позиційний допуск 12 отворів з різзю М6-Н8 – 0,3 мм.

Матеріал заготовки Сталь 30Л (ГОСТ 977-65), має досить гарні ливарні властивості, тому метод виготовлення заготовки обираємо лиття, а саме лиття в піщано-глинисту форму з машинним формуванням, що забезпечує в умовах середньосерійного виробництва, економію матеріалу та оптимальні затрати на саму форму та досить високу якість виливка [8-12].

2.1.2 Кількісний наліз технологічності деталі

Технологічність деталі будемо оцінювати за допомогою трьох кількісних показників [1, 2].

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = Q_{ye}/Q_e, \tag{2.1}$$

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів,

Q_e – загальна кількість елементів.

Таблиця 2.1 – Кількісний аналіз

Розміри								Шорсткість Ra, мкм	
Лінійні, мм		Діаметральні, мм		Радіуси, мм		Кути, ^{0}			
$Р_л$	$Р_{л.у.}$	$Р_д$	$Р_{д.у.}$	$Р_р$	$Р_{р.у}$	$Р_к$	$Р_{к.у.}$	Ш	$Ш_у$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10 (2 пов)	+	110 (2 розм)	+			45	+	1,6	+
60	+	105Н7 (2 розм)	+			45	+	1,6	+

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
40	+	95±0,2 (2 розм)	+			45	+	1,6	+
5 (2 пов)	+	М6 (12 отв)	+			45	+	6,3 (11пов)	+
45	+	60Н7	+					12,5 (12пов)	+
95	+	22 (2 роз)	+						
8	+	35	-						
3 (2 пов)	+	16	+						
0,5 (2 пов)	+	80	+						
∑13	∑13	∑24	∑23	∑0	∑0	∑4	∑4	∑26	∑26

Тоді

$$К_у=\frac{66}{67}=0,98.$$

Коефіцієнт точності обробки:

Таблиця 2.2 – Розрахунок коефіцієнта точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
7 10 14	3 11 12	8×3=24 9×11=99 14×12=168
	∑26	∑291

$$Т_{ср} = \frac{291}{26} = 11,19.$$

$$К_Т = 1 - \frac{1}{11,19} = 0,91.$$

де T_i – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі;

n_i – кількість поверхонь деталі з точністю відповідного квалітету.

Коефіцієнт шорсткості:

Таблиця 2.3 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість R_a, мкм	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6 6,3 12,5	3 11 12	1,6×3=4,8 6,3×11=69,3 12,5×12=150
	∑26	∑ 224,1

$$Ш_{ср} = \frac{224,1}{26} = 8,6.$$

$$К_Т = \frac{1}{8,6} = 0,116.$$

Висновок: $К_у$=0,98>0,6; $К_т$=0,91>0,8; $К_ш$=0,116<0,32.

Отже, з виконаних розрахунків можна зробити висновок, що дана деталь відповідає усім вимогам технологічності.

2.2 Вибір способу виготовлення заготовки

2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Оскільки матеріал заготовки – Сталь 30Л за ГОСТ 977-65, що має досить гарні ливарні властивості, тому спосіб виготовлення заготовки обираємо такі можливі способи лиття [8-12]:

- лиття в піщано-глинясті форми змашинним формуванням;
- лиття в оболонкові форми;
- лиття по виплавним моделям;
- лиття в кокіль;
- відцентрове лиття.

Проаналізувавши можливі способи лиття [8-12], обирано лише два найоптимальніші з них. В даному випадку це буде лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням та лиття в оболонкові форми. Тому що виробництво середньосерійне і конфігурація деталі досить не проста, а також

необхідна відносно висока точність виливка, тому ці два варіанта по показникам коефіцієнта використання матеріалу, шорсткості, точності та економічної доцільності найбільше підходять.

2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох варіантів її виготовлення

Призначення припусків (табличних) на механічну обробку та розрахунок граничних розмірів заготовок.Результат визначення необхідних параметрів заносимо у таблицю 2.4 та 2.5, відповідно для операцій лиття в оболонкові форми та лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням. Проаналізувавши конструкцію деталі, можна зпроектувати ескіз конфігурації виливка, який буде ідентичний для двох способів лиття (рис. 2.2).

Клас розмірної точності.

При литті в піщано-глинисту форму для матеріалу сталь 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо діапазон значень класу розмірної точності 8-13т [8], в залежності від технологічного процесу лиття, найбільшого габаритного розміру та типу сплаву, з якого вибираємо 10, що є оптимальним для середньо-серійного типу виробництва.

При литті в оболонкові форми для матеріалу сталь 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо діапазон значень класу розмірної точності 9-13 [8], в залежності від технологічного процесу лиття, найбільшого габаритного розміру та типу сплаву, з якого вибираємо 11, що є оптимальним для середньо-серійного типу виробництва.

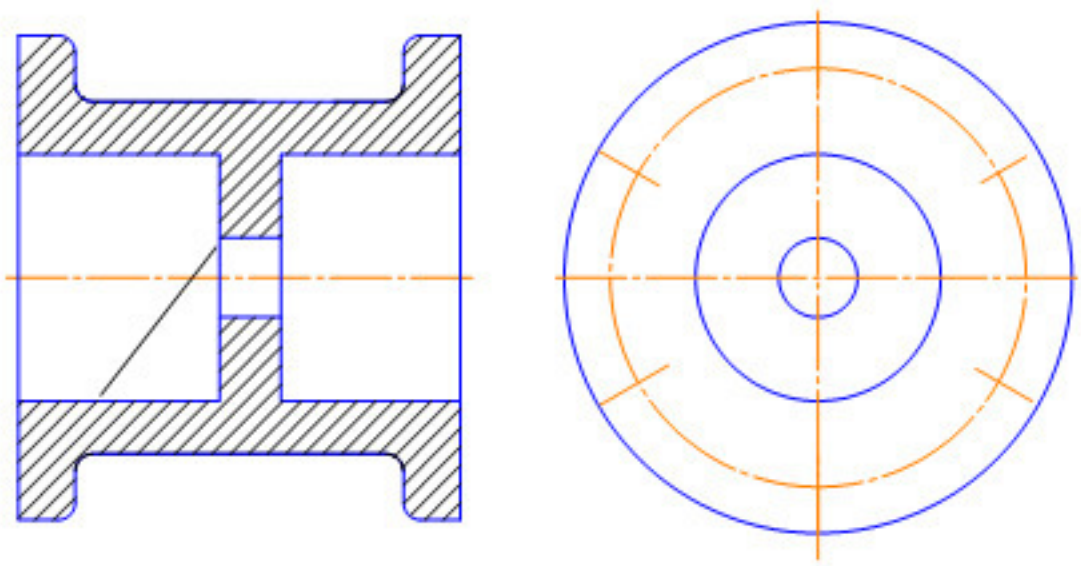


Рисунок 2.2 – Конфігурація виливка

Ступінь жолоблення елементів виливків.

При литті в піщано-глинисту форму для матеріалу сталь 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо діапазон значень ступеню жолоблення 3-6 [8], в залежності від відношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого $\frac{10}{110} = 0,09$ та наявності термічної обробки, з якого вибираємо 5, що є оптимальним для середньо-серійного типу виробництва.

При литті в оболонкові форми для матеріалу для матеріалу сталь 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо діапазон значень ступеню жолоблення 4-7, в залежності від відношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого $\frac{10}{110} = 0,09$ та наявності термічної обробки, з якого вибираємо 6, що є оптимальним для середньо-серійного типу виробництва.

Ступінь точності поверхонь виливків [8].

При литті в піщано-глинисту форму для матеріалу сталь 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо діапазон значень ступеня точності поверхонь виливків 11-18, в залежності від технологічного процесу лиття, найбільшого габаритного розміру та типу сплаву, з якого вибираємо 14, що є оптимальним для середньо-серійного типу виробництва.

При литті в оболонкові форми для матеріалу сталь 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо діапазон значень ступеня точності поверхонь виливків 10-16, в залежності від технологічного процесу лиття, найбільшого габаритного розміру та типу сплаву, з якого вибираємо 13, що є оптимальним для середньо-серійного типу виробництва.

Таблиця 2.4 – Розрахунок розмірів литих заготовок

Вихідні дані	Лиття в піщано-глинисті форми (з машинним формуванням)						
	Згідно нормативів [8, 9]			Прийнято			
Клас розмірної точності виливків	8т-13т			10			
Ступінь жолоблення елементів виливків	3-6			5			
Ступінь точності поверхонь виливків	11-18			14			
Шорсткість поверхонь виливків	Ra=40мкм						
Клас точності маси виливків	7т-14			11			
Ряд припусків на обробку виливків	5-8			7			
Розрахункові розміри	Ø110	Ø60H7	95±2	Ø80	45	10	40
Допуски:							
розмірів	3,2	2,4	2,8	2,8	2,4	1,6	2,4
форми чи розміщення	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
зміщення по площині роз'єму	-	-	2,8	-	2,4	1,6	2,4
зміщення через перекіс стержня	-	2,4	-	-	-	-	-
нерівностей	0,4						
маси	24,0						
Загальний допуск	4,0	3,2	3,2	3,2	3,2	1,6	3,2
Припуски:							
мінімальний	0,5						
	Кількість переходів механічної обробки						
За точністю розмірів	1	4	1	1	1	1	1
за відхиленнями форми і взаємного розміщення поверхонь	-	-	1	1	-	-	-
прийнята кількість переходів	1	4	1	1	1	1	1
Загальний припуск	4,1	6,0	2,4	2,8	2,4	3,3	4,1
Розміри заготовки:							
розраховані	Ø110	Ø48H7	97,4±2	Ø85,6	49,8	16,6	44,1
згідно заводського креслення	Ø110	Ø60H8	95±2	Ø80	45	10	40
виміряні							

Таблиця 2.5 – Розрахунок розмірів литих заготовок

Вихідні дані	Лиття в оболонкові форми						
	Згідно нормативів [8, 9]			Прийнято			
Клас розмірної точності виливків	9-13			11			
Ступінь жолоблення елементів виливків	4-7			6			
Ступінь точності поверхонь виливків	10-16			13			
Шорсткість поверхонь виливків	Ra=32мкм						
Клас точності маси виливків	7-15			12			
Ряд припусків на обробку виливків	4-7			6			
Розрахункові розміри	Ø110	Ø60H8	95±2	Ø80	45	10	40
Допуски:							
розмірів	5,0	4,0	4,4	4,4	4,0	2,4	3,6
форми чи розміщення	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
зміщення по площині роз'єму	-	-	5,6	-	5,0	2,8	5,0
зміщення через перекіс стержня	-	5,0	-	-	-	1,8	-
нерівностей	0,5						
маси	24,0						
Загальний допуск	6,4	5,0	3,2	3,2	5,0	3,2	5,0
Припуски:							
мінімальний	0,6						
	Кількість переходів механічної обробки						
За точністю розмірів	1	4	1	1	1	1	1
за відхиленнями форми і взаємного розміщення поверхонь	-	-	1	1	-	-	-
прийнята кількість переходів	1	4	1	1	1	1	1
Загальний припуск	4,1	6,0	2,4	2,8	2,4	3,3	2,4
Розміри заготовки:							
розраховані	Ø110	Ø48H7	97,4±0.2	Ø85,6	47,4	13,3	42,4
згідно заводського креслення	Ø110	Ø60H8	95±0.2	Ø80	45	10	40
виміряні							

Шорсткість поверхонь виливків [8].

При литті в піщано-глинисту форму для матеріалу сталь 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо значення Ra=40 мкм в залежності від класу точності поверхонь виливка, який складає 14.

При литті в оболонкові форми для матеріалу сталь 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо значення Ra=32мкм в залежності від класу точності поверхонь виливка, який складає 13.

Клас точності маси виливків [8].

При литті в піщано-глинисту форму для матеріалу сталь 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо діапазон значень класу точності маси виливків 7т-14, в залежності від технологічного процесу лиття, номінальної маси виливка та типу сплаву, з якого вибираємо 11, що є оптимальним для середньо-серійного типу виробництва.

При литті в оболонкові форми для матеріалу сталь 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо діапазон значень класу точності маси виливків 7-15, в залежності від технологічного процесу лиття, номінальної маси виливка та типу сплаву, з якого вибираємо 12, що є оптимальним для середньо-серійного типу виробництва.

Ряд припусків на обробку виливків [8].

При литті в піщано-глинисту форму для матеріалу сталь 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо діапазон значень ряду припусків на обробку виливків 5-8, в залежності від степеня точності поверхонь, що складає 14, з якого вибираємо 7, що є оптимальним для середньо-серійного типу виробництва.

При литті в оболонкові форми для матеріалу сталь 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо діапазон значень ряду припусків на обробку виливків 4-7, в залежності від степеня точності поверхонь, що складає 13, з якого вибираємо 6, що є оптимальним для

середньо-серійного типу виробництва.

Допуски розмірів [8].

При литті в піщано-глинисту форму для сталі 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо з таблиці 1 ГОСТ 26645-85 у відповідності до номінального розміру

Таблиця 2.6 – Допуски розмірів при литті в піщано-глинисту форму

Розрахункові розміри	Ø110	Ø60H8	95±2	Ø80	45	10	40
Допуски:							
розмірів	3,2	2,4	2,8	2,8	2,4	1,6	2,4

При литті в оболонкові форми для сталі 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо з таблиці 1 ГОСТ 26645-85 у відповідності до номінального розміру.

Таблиця 2.7 – Допуски розмірів при литті в оболонкові форми

Розрахункові розміри	Ø110	Ø60H8	95±2	Ø80	45	10	40
Допуски:							
розмірів	5,0	4,0	4,4	4,4	4,0	2,4	3,6

Допуски форми чи розміщення [8].

При литті в піщано-глинисту форму для сталі 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо з таблиці 2 ГОСТ 26645-85 у відповідності до номінального розміру (див. таблиці)

При литті в оболонкові форми для сталі 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо з таблиці 2 ГОСТ 26645-85 у відповідності до номінального розміру (див. таблиці)

Допуски зміщення по площині роз’єму [8].

При литті в піщано-глинисту форму для сталі 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо в залежності від

товщини мінімальної стінки, що виходить на лінію роз'єму та класу розмірної точності 10 для розмірів обираємо згідно табличних значень [8];

При литті в оболонкові форми для сталі 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо в залежності від товщини мінімальної стінки, що виходить на лінію роз'єму та класу розмірної точності 11 для розмірів Ø за таблицями [8].

Допуски зміщення через перекіс стержня [8].

При литті в піщано-глинисту форму для сталі 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо в залежності від мінімальної товщини стінки $\frac{80-60}{2}=10$ (мм) на 2 класи точніше від класу розмірної точності.

При литті в оболонкові форми для сталі 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо в залежності від мінімальної товщини стінки $\frac{80-60}{2}=10$ (мм) на 2 класи точніше від класу розмірної точності для розмірів.

Допуски нерівностей [8].

При литті в піщано-глинисту форму для сталі 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо з довідкової таблиці у відповідності до ступеню точності поверхонь виливка 10 складає 0,4.

При литті в оболонкові форми для сталі 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо з довідкової таблиці у відповідності до ступеню точності поверхонь виливка 11 складає 0,5.

Допуск маси [8].

При литті в піщано-глинисту форму для сталі 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо з довідкової таблиці у відповідності до номінальної маси виливка від 1 до 4 і класу точності маси 10 складає 16%.

При литті в оболонкові форми для сталі 30Л, яка потребує термічної

обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо з довідкової таблиці у відповідності до номінальної маси виливка від 1 до 4 і класу точності маси 11 складає 24%

Загальний допуск.

При литті в піщано-глинисту форму та в оболонкові форми для сталі 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо загальний допуск, який враховує сумарний вплив допуску розміру і допусків форми та розміщення поверхні і приймається згідно з [8];

Припуски [8].

При литті в піщано-глинисту форму для сталі 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо мінімальний припуск згідно припуску на обробку виливка, який складає 0,5.

При литті в оболонкові форми для сталі 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва вибираємо мінімальний припуск згідно припуску на обробку виливка, який складає 0,6

Кількість переходів механічної обробки.

При литті в піщано-глинисту форму згідно з [8] вибирається вид остаточної обробки – чорнова, напівчистова, чистова, тонка, а відповідно до цього – кількість переходів (1, 2, 3, 4):

– для номінального розміру Ø 110 – $\frac{0,04}{5,6} = 0,007$ за [8] кількість переходів складає 1 (чистова);

– для номінального розміру Ø 60Н7 – $\frac{0,035}{5,0} = 0,007$ за [8] кількість переходів складає 4 (чорнова, напів-чистова, чистова та тонка обробка);

– для номінального розміру Ø 80 – $\frac{0,18}{3,2} = 0,056$ за [8] кількість переходів складає 1 (чистова);

– для номінального розміру 10 – $\frac{0,18}{3,2} = 0,056$ за [8] кількість переходів складає 1 (чистова);

– для номінального розміру 95 – $\frac{0,18}{3,2} = 0,056$ за [8] кількість переходів складає 2 1 (чистова);

– для номінального розміру 45 – $\frac{0,18}{3,2} = 0,056$ за [8] кількість переходів складає 1 (чистова);

– для номінального розміру 40 – $\frac{0,18}{3,2} = 0,056$ за [8] кількість переходів складає 2 (чорнова та напівчистова обробки);

При литті в оболонкові форми згідно з [8] в залежності від названих параметрів вибирається вид остаточної обробки – чорнова, напів-чистова, чистова, тонка, а відповідно до цього – кількість переходів (1, 2, 3, 4):

– для номінального розміру Ø 110 – $\frac{0,04}{5,6} = 0,007$ за [8] кількість переходів складає 4 (чорнова, напів-чистова, чистова та тонка обробка);

– для номінального розміру Ø 60H7 – $\frac{0,0\ 3\ 5}{5,0} = 0,0\ \ 0$ за [8] кількість переходів складає 4 (чорнова, напів-чистова, чистова та тонка обробка);

– для номінального розміру Ø 80 – $\frac{0,18}{3,2} = 0,056$ за [8] кількість переходів складає 2 (чорнова та напівчистова обробки);

– для номінального розміру 10 – $\frac{0,18}{3,2} = 0,056$ за [8] кількість переходів складає 2 (чорнова та напівчистова обробки);

– для номінального розміру 95 – $\frac{0,18}{3,2} = 0,056$ за [8] кількість переходів складає 2 (чорнова та напівчистова обробки);

– для номінального розміру 45 – $\frac{0,18}{3,2} = 0,056$ за [8] кількість переходів складає 2 (чорнова та напівчистова обробки);

– для номінального розміру 40 – $\frac{0,18}{3,2} = 0,056$ за [8] кількість переходів складає 2 (чорнова та напівчистова обробки);

Кількість переходів механічної обробки за точністю форми і розміщення.

При литті в піщано-глинисту форму згідно з [8] вибирається вид остаточної обробки – чорнова, напів-чистова, чистова, тонка, а відповідно до цього – кількість переходів (1, 2, 3, 4).

Загальний припуск [8].

При литті в піщано-глинисту форму:

– для номінального розміру Ø 110 складає - 4,0 мм;
– для номінального розміру Ø 60Н7 складає - 3,2 мм;
– для номінального розміру 10 складає - 1,6 мм;
– для номінального розміру 95 складає - 3,2 мм;
– для номінального розміру Ø 80 складає - 3,2 мм;
– для номінального розміру 40 складає - 3,2 мм;
– для номінального розміру 45 складає - 3,2 мм.

При литті в оболонкові форми:

– для номінального розміру Ø 110 складає - 6,4 мм;
– для номінального розміру Ø 60Н7 складає - 5,0 мм;
– для номінального розміру 10 складає - 1,6 мм;
– для номінального розміру 95 складає - 3,2 мм;
– для номінального розміру Ø 80 складає - 3,2 мм;
– для номінального розміру 40 складає - 3,2 мм;
– для номінального розміру 45 складає - 3,2 мм.

Вибір мінімально допустимої товщини стінки.

Мінімальна товщина стінки призначається так, щоб забезпечити необхідну міцність та забезпечити вимоги технології вибраного способу лиття. Мінімальну товщину литої заготовки визначено в залежності від сплаву та приведеного габариту деталі згідно [8].

Приведений габарит визначається за формулою:

$$N = (2L + B + H)/4 = (2\cdot 95+110+110)/4 = 0{,}102 \text{ (м)};$$

де L, B, H – відповідно довжина, ширина, висота деталі в (м).

Для сталі з приведеним габаритом $N \leq 0{,}21$ мінімальну товщину стінок прийнято: 5 мм. Висновок: з креслення деталі бачимо що для лиття в облицьований кокіль мінімальна товщина стінки становить 10 мм, а для лиття в оболонкові форми – 10 мм, що є більше ніж розрахункова величина, але не на багато, що не призведе до появи усадкових пористостей та забезпечить необхідну жорсткість і міцність.

2.2.3 Оформлення двох варіантів заготовок

Розробляємо ескіз заготовки при литті в піщано-глинисту форму для сталі 30Л, яка потребує термічної обробки для середньо-серійного типу виробництва (рис. 2.3).

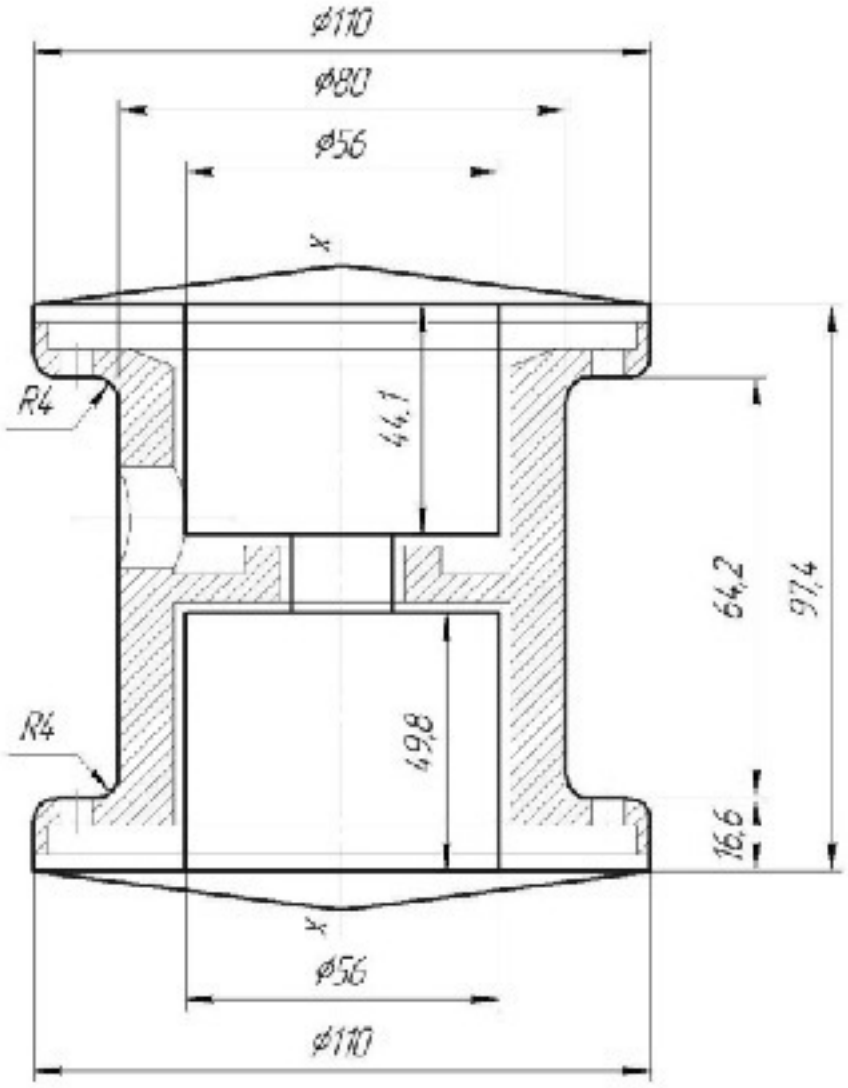


Рисунок 2.3 – Ескіз заготовки при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші

Ескіз заготовки при литті в оболонкові форми зображено на рис. 2.4.

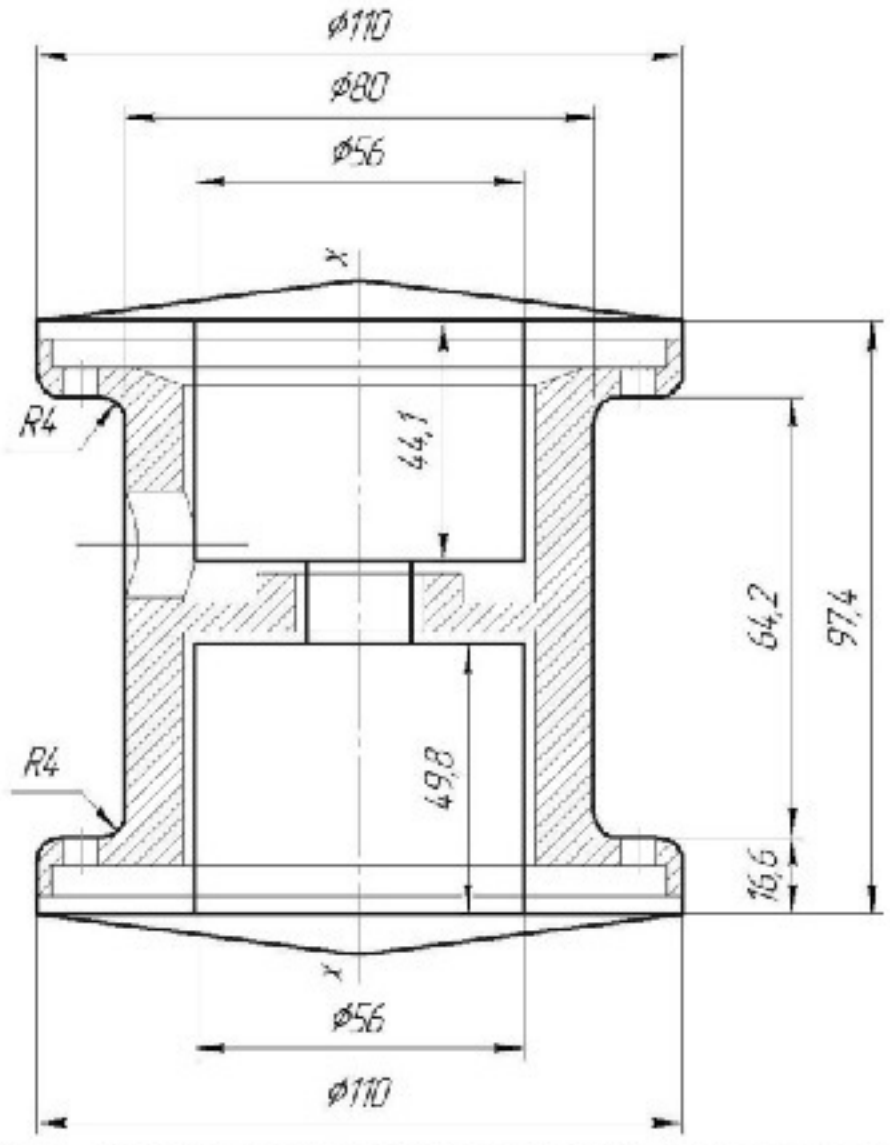


Рисунок 2.4 – Ескіз заготовки при литті в оболонкові форми

2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів використання матеріалу для обох варіантів заготовки

Масу загототовок, аналогічно масі деталі, обчислюємо за допомогою прикладної комп'ютерної програми за допогою 3D-моделей.

При литті в піщано-глинисту форму маса заготовки складає 1,991 кг.

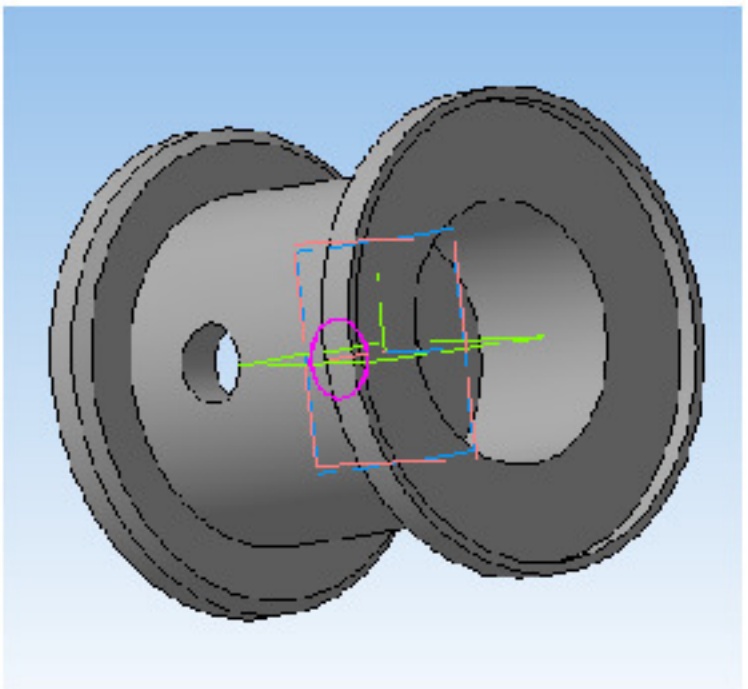


Рисунок 2.5 – Визначення маси заготовки при литті в піщано-глинисту форму

При литті в оболнкові форми 2,018 кг.

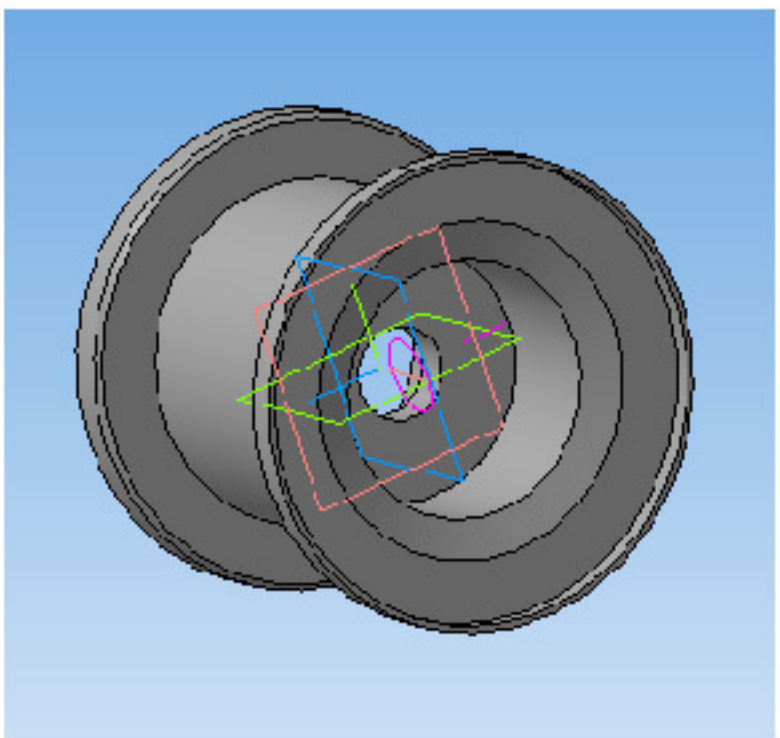


Рисунок 2.6 – Визначення маси заготовки при литті в оболнкові форми

Коефіцієнт точності маси визначається за формулою:

$$K_{Т.М.} = \frac{G_{дет}}{G_{загот}} \ . \qquad (2.2)$$

При литті в оболонкову форму:

$$K_{Т.М.1} = \frac{G_{дет}}{G_{загот}} = \frac{1,929}{3} = 0,77 \ .$$

З порівняльної таблиці бачимо, що рекомендований коефіцієнт точності маси складає 0,71…0,75, за розрахунками 0,77. Можна зробити висновок, що спроектована заготовка має вищий ніж для даного типу лиття коефіцієнт точності маси, можна зробити висновок - добре.

В піщано-глинисті форми:

$$K_{Т.М.2} = \frac{G_{дет}}{G_{загот}} = \frac{1,929}{2,8} = 0,72 \ .$$

З порівняльної таблиці бачимо, що середній коефіцієнт точності маси складає 0,85…0,9, за розрахунками 0,72. Можна зробити висновок, що спроектована заготовка не є технологічною, а саме економічною, багато матеріалу йде в стружку, коефіцієнт точності маси є нижчим за середній коефіцієнт точності маси при даному способі виробництва заготовки.

Для того, щоб мати всі дані для призначення технічних вимог, необхідно знайти масу припусків та напусків [8]:

$$Q_{заг} - Q_{дет} = Q_{прип} + Q_{нап} \quad [кг], \tag{2.3}$$

Лиття в піщано-глинисту форму:

$$Q_{нап} = \left(6 \cdot \frac{\pi \left(D^2 - d^2 \right)}{4} h_1 \right) \rho = \left(6 \cdot \frac{3,14 \cdot \left(0,025^2 - 0,0102^2 \right)}{4} 0,020 \right) \cdot 7800 = 0,195 (кг) \ .$$

Звідси:

$$Q_{прип} = Q_{заг} - Q_{дет} - Q_{нап} = 3\text{-}1,929\text{-}0,195 = 0,876 \ (кг)$$

В оболонкові форми:

$$Q_{нап} = \left(6 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} h_1 + 6 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} h_2 \right) \rho = \left(6 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,025^2}{4} 0,020 + 6 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,017^2}{4} 0,030 \right) \cdot 7800 = 0,347 (кг)$$

Звідси:

$$Q_{прип} = Q_{заг} - Q_{дет} - Q_{нап} = 2{,}8\text{-}1{,}929\text{-}0{,}347 = 0{,}524 \text{ (кг)}.$$

При литті в піщано-глинисту форму:

1.Точність виливка 11-4-12-11-5 ГОСТ 26645-85, зміщення 4,0 мм.

2. Невказані радіуси R=10мм, нахили $1^{o}13'$.

3. НВ 200.

При литті в оболонкові форми:

1. Точність виливка 12-5-14-12-6 ГОСТ 26645-85, зміщення 5,6 мм.

2. Невказані радіуси R=16мм, нахили $0^{o}30'$.

3. НВ 200.

2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Остаточний вибір заготовки проводимо на основі порівняння собівартості [8]:

$$C_{заг.лит} = \frac{(G_{заг} \cdot C_{Л} \cdot K_{T} \cdot K_{M} \cdot K_{C} \cdot K_{B} \cdot K_{П})}{1000} - \frac{(G_{заг} - G_{дет}) \cdot C_{відх}}{1000} \text{ [грн]}; \qquad (2.4)$$

де $C_{Л}$ – базова вартість 1 т заготовок, грн.;

K_{T}, K_{M}, K_{C}, K_{B}, $K_{П}$ – коефіцієнти, що залежать відповідно від класу точності виливка, марки матеріалу, групи складності, маси і об'єму виробництва заготовок.

При литті в піщано-глинисту форму:

Базова вартість 1 т заготовок складає 24400 грн.

Для 11 класу розмірної точності коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок $K_{T} = 1{,}0$.

Для вуглецевої сталі коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки $K_{M} = 1{,}18$.

Для сталі коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки $K_{C} = 1$.

Для маси виливка в 3 кг коефіцієнт, що враховує масу заготовки $K_{B} = 0{,}84$.

Для визначення коефіцієнта $K_{П}$, що залежить від об'єму виробництва,

тобто розміру річної програми випуску заготовок, потрібно визначити спочатку групу серійності за ГОСТ 26645-85.

Група серійності за ГОСТ 26645-85 складає 1.

Для сталі коефіцієнт, що враховує об'єм виробництва заготовок $K_{П} = 0,97$.

Вартість відходів $C_{відх} = 2000\ грн$:

$$C_{заг.лит} = \frac{(2,8 \cdot 24400 \cdot 1,0 \cdot 1,18 \cdot 0,84 \cdot 1 \cdot 0,97)}{1000} - \frac{(2,8 - 1,929) \cdot 2000}{1000} = 129,62(грн).$$

Базова вартість 1 т заготовок складає 24400 грн.

Для 11 класу розмірної точності коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок $K_{T} = 1,0$.

Для вуглецевої сталі коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки $K_{M} = 1,36$.

Для сталі коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки $K_{C} = 1$.

Для маси виливка в 2,8 кг коефіцієнт, що враховує масу заготовки $K_{B} = 0,69$.

Для визначення коефіцієнта $K_{П}$, що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок, потрібно визначити спочатку групу серійності за ГОСТ 26645-85.

Група серійності за ГОСТ 26645-85 складає 1.

Для сталі коефіцієнт, що враховує об'єм виробництва заготовок $K_{П} = 0,75$.

Вартість відходів $C_{відх} = 2000\ грн$:

$$C_{заг.лит} = \frac{(2,2 \cdot 24400 \cdot 1,0 \cdot 1,36 \cdot 1,0 \cdot 0,69 \cdot 0,75)}{1000} - \frac{(2,2 - 1,929) \cdot 2000}{1000} = 96,38(грн).$$

Аналізуючи два методи лиття, пропоную остаточним методом лиття вибрати лиття в піщано-глинисті форми, адже воно є дешевшим за лиття в оболнкові форми, а різниця в коефіцієнті точності мас – незначна.

2.3 Розробка маршруту механічної обробки

2.3.1 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь

Вибір способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки отвору Ø60H8$^{(+0,046)}$. [1, 2].

Допуск заготовки – Тз = 2,4 мкм.

Допуск деталі – Тд = 46 мкм.

Загальне уточнення:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_{заг}}{T_{дет}} = \frac{2400}{46} \approx 52 .$$

Знайдемо уточнення, яке має бути забезпечене на третьому (останньому) переході:

$$\xi_3 = \frac{\xi_{\Sigma}}{\xi_1 - \xi_2} = \frac{52}{5,5 \cdot 4} = 2,36$$

Приймаємо чотири переходи.

Тоді допуск розміру деталі:

- після першого переходу: $T_1 = \frac{T_{заг}}{\varepsilon_1} = \frac{2400}{5.5} = 436,3$ (мкм) (IT 14);

- після другого переходу: $T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{436,3}{4} = 109$ (мкм) (IT 10);

- після третього переходу: $T_3 = T_{дет} = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{109}{2,36} = 46$ (мкм) (IT 8);

Таблиця 2.8 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Розмір	Допуск заготовки	Допуск деталі	Загальне уточнення	Кількість ступенів механічної обробки	Вид механічної обробки
Ø60H8	2400	46	52	$\varepsilon_1 = 5{,}5$ $\varepsilon_2 = 4$ $\varepsilon_3 = 2{,}36$	Попереднє розточування Попереднє розточування Остаточне розточування
Ø105H8	3200	54	59,3	$\varepsilon_1 = 5{,}5$ $\varepsilon_2 = 4$ $\varepsilon_3 = 2{,}69$	Попереднє розточування Попереднє розточування Остаточне розточування

2.3.2 Вибір і розрахункове обґрунтування чистових та чорнових технологічних баз

Схема вибору чорнових баз для операції 005, показана на рис 2.7. Схема вибрана таким чином, щоб підготувати поверхні, які будуть надалі використовуватись як чистові бази, із найменшою похибкою.

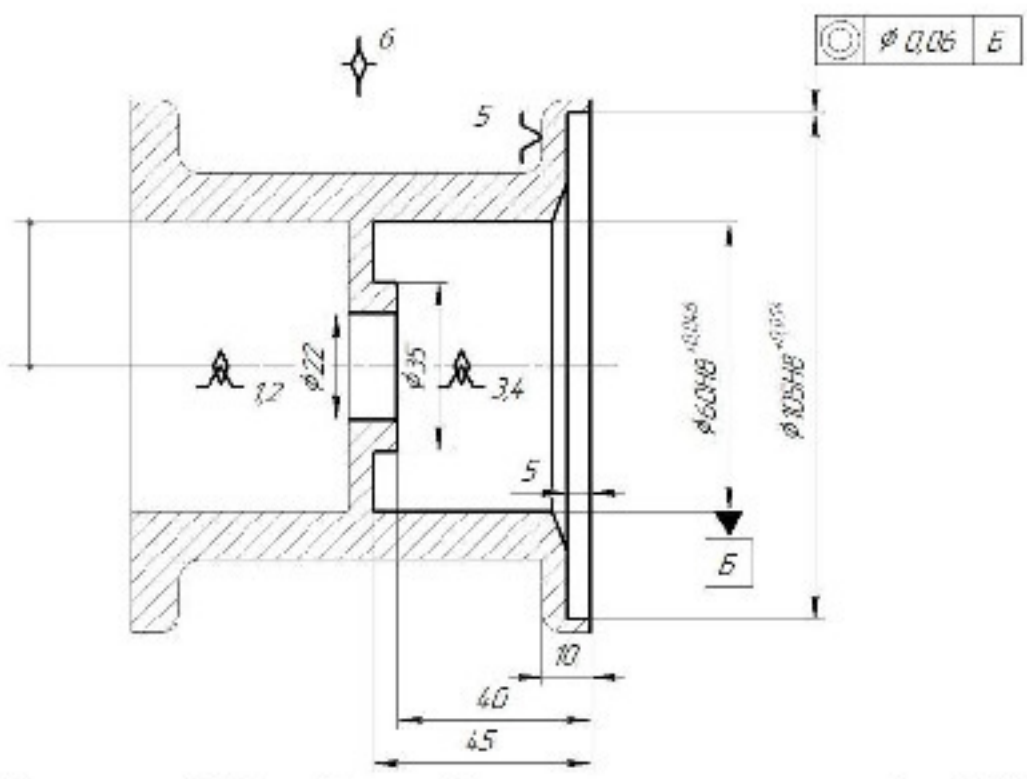


Рисунок 2.7 – Схема базування на операцію 005

Чистові бази – підготовлені поверхні, які використовуються для встановлення заготовки у верстат, та забезпеченн мінімальних похибок. Схема базування із застосуванням чистових баз: для операції 010, вказана на рис. 2.8, для операції 015 – рис. 2.9, для операції 020 – рис. 2.10, та для операції 025 – рис. 2.11.

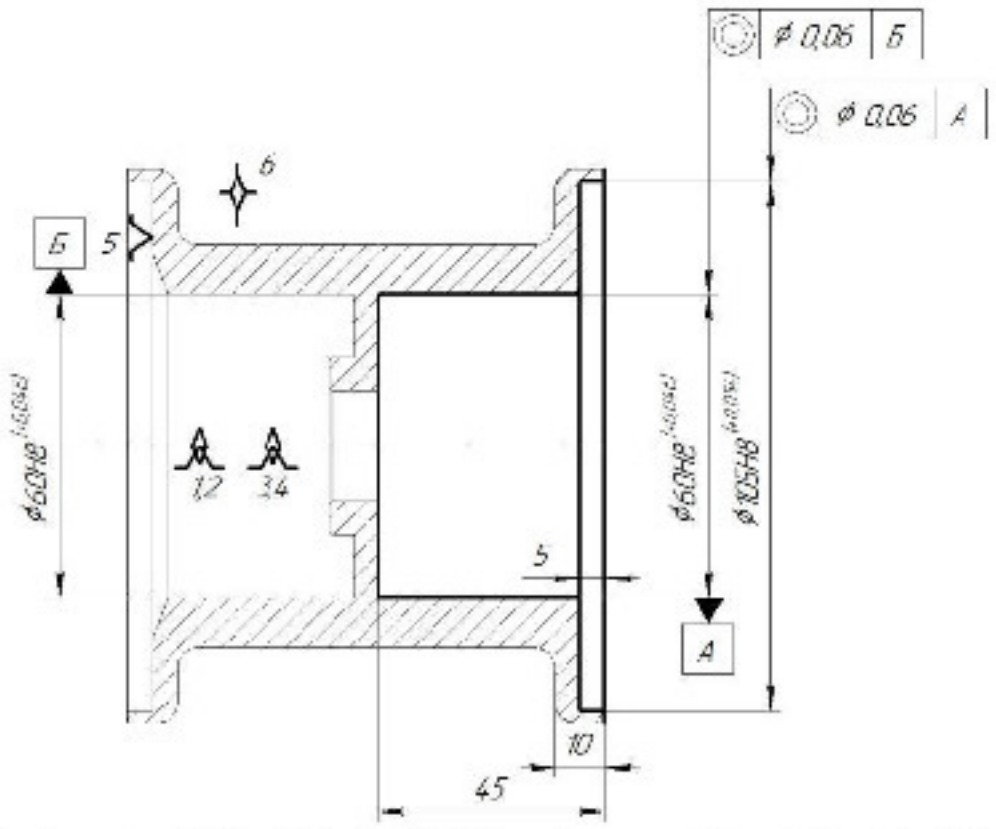


Рисунок 2.8 – Схема базування на операцію 010

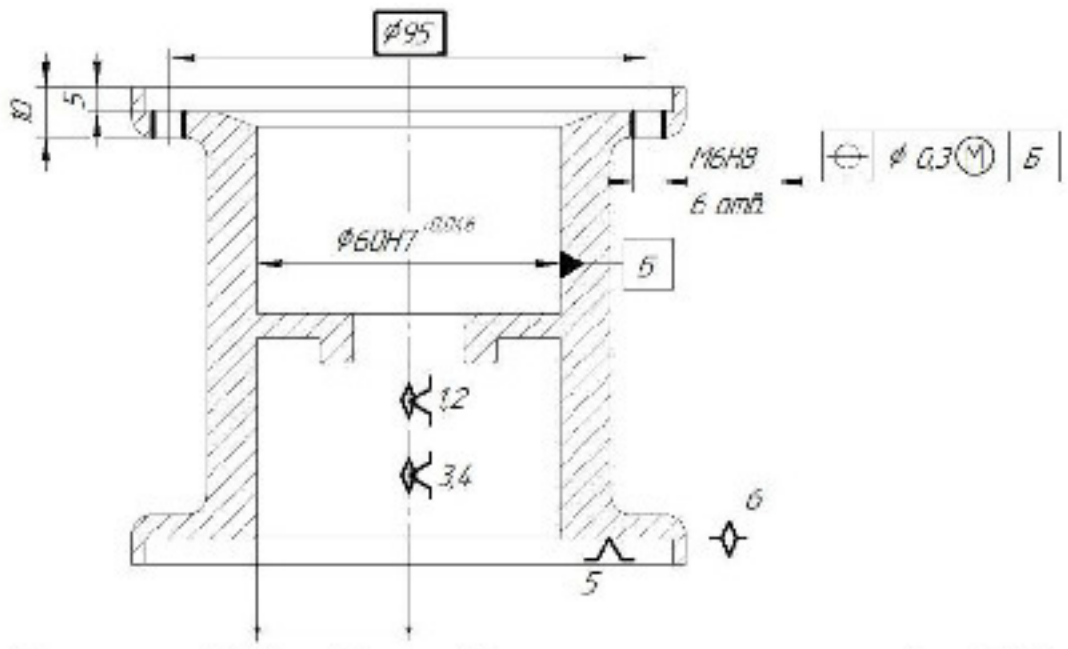


Рисунок 2.9 – Схема базування на операцію 015

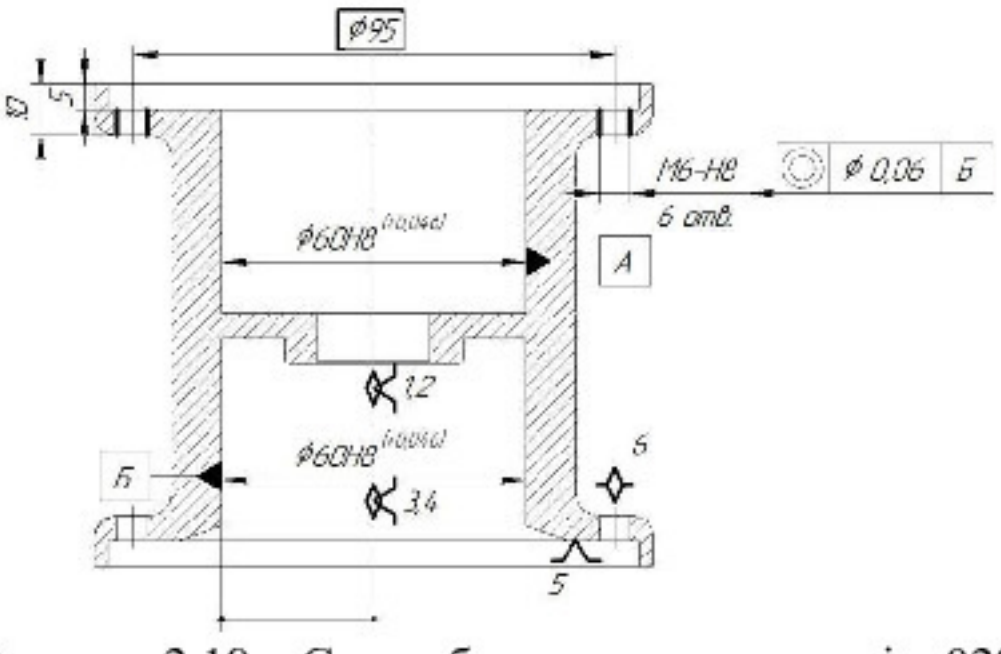


Рисунок 2.10 – Схема базування на операцію 020

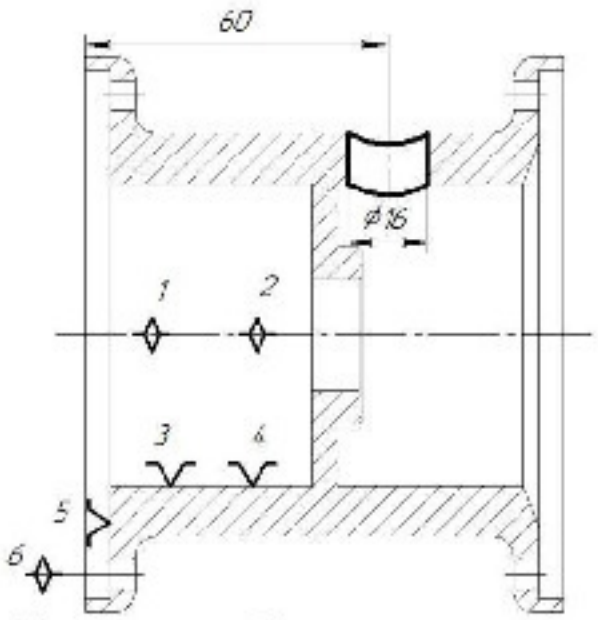


Рисунок 2.11 – Схема базування на операцію 025

Вибраний комплект чорнових технологічних баз забезпечує необхідну співвісність розташування оброблених поверхонь – отворів відносно необроблених поверхонь зовнішнього контуру. Для забезпечення заданої точності, шорсткості та допусків позиційності та співвісності, деталь на операціях 010 та 015, 020 базується по внутрішній циліндричній поверхні, цим забезпечується висока точність обробки. Умова співвісності 2-ох циліндричних поверхонь $Ø60H8^{(+0,046)}$ відносно бази А та бази В, остаточне забезпечення заданої шорсткості та точності цих отворів відбувається на операції 010 – токарно-револьверній з ЧПК. Деталь базується на внутрішню циліндричну поверхню, яка була підготовлена як чистова база на попередній операції. Позиційний допуск

12-ти отворів М6-Н8 відносно бази А та бази В забезпечується на операціях 015 та 020 за допомогою базування заготовки на палець та оправку.

Розглянемо похибки базування, що виникають під час обробки:

Операція 005:

$$\varepsilon_{б\ Ø60H8}{}^{(+0,046)} = 0 \text{ – діаметральний розмір;}$$

$$\varepsilon_{б\ Ø105H8}{}^{(+0,054)} = 0 \text{ – діаметральний розмір;}$$

$$\varepsilon_{б\ Ø35} = 0 \text{ – діаметральний розмір;}$$

$$\varepsilon_{б\ 5} = 0 \text{ – обробка за один установ;}$$

$$\varepsilon_{б\ 40} = 0 \text{ – обробка за один установ;}$$

$$\varepsilon_{б\ 10} = 0 \text{ – суміщення баз;}$$

$\varepsilon_{б\ Ø22} = 0$ – діаметральні розміри;

$\varepsilon_{б\ 45} = 0$ – обробка за один установ.

Похибка базування на кутові розміри рівна нулю за рахунок виконання принципу суміщення баз.

Операція 010:

$\varepsilon_{б\ Ø60H8}^{(+0,046)} = 0$ – діаметральний розмір;

$\varepsilon_{б\ Ø105H8}^{(+0,054)} = 0$ – діаметральний розмір;

$\varepsilon_{б\ 5} = 0$ – обробка за один установ;

$\varepsilon_{б\ 45} = 0$ – обробка за один установ;

$\varepsilon_{б\ 10} = 0$ – суміщення баз.

Операція 015: $\varepsilon_{б\ 95} \neq 0$ – обробка з одного установа (похибка не перевищує допуск співвісності між поверхнями, який рівний 0,06, тому вважаємо що він суттєво не впливає на точність);

Операція 020: $\varepsilon_{б\ 95} \neq 0$ – обробка з одного установа (похибка не перевищує допуск співвісності між поверхнями, який рівний 0,06, тому вважаємо що він суттєво не впливає на точність);

Операція 025:

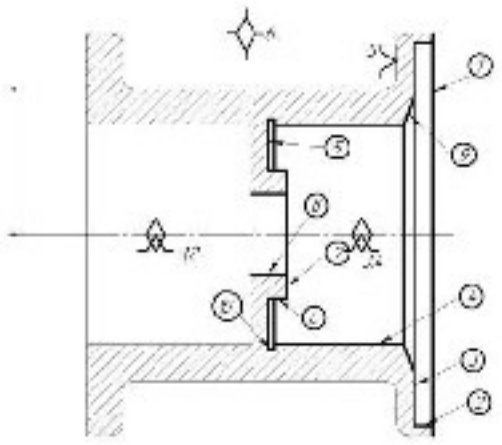
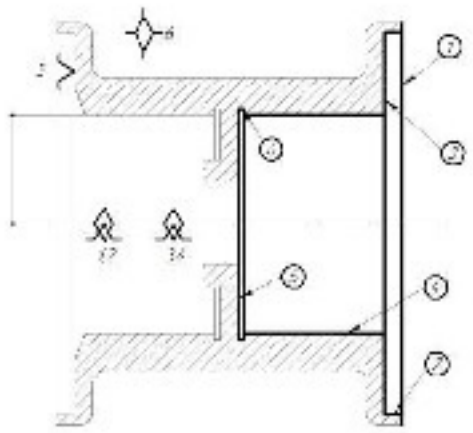
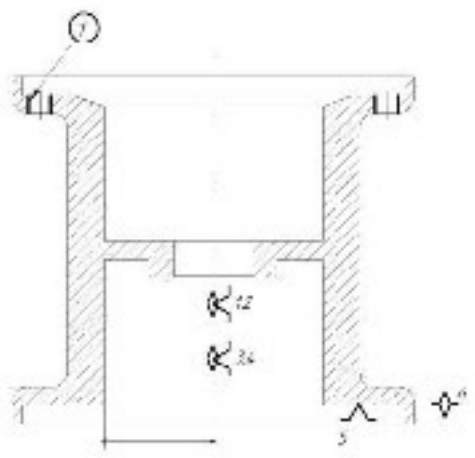
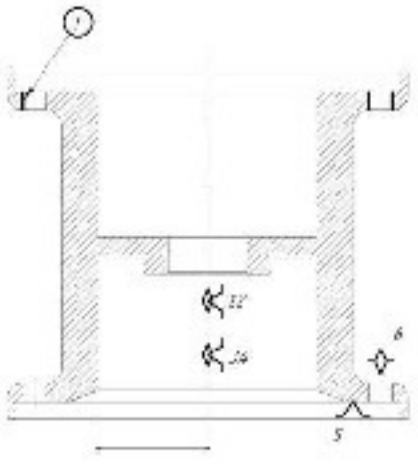
$\varepsilon_{б\ Ø16} = 0$ – діаметральні розміри;

$\varepsilon_{б\ 60} = 0$ – суміщення баз.

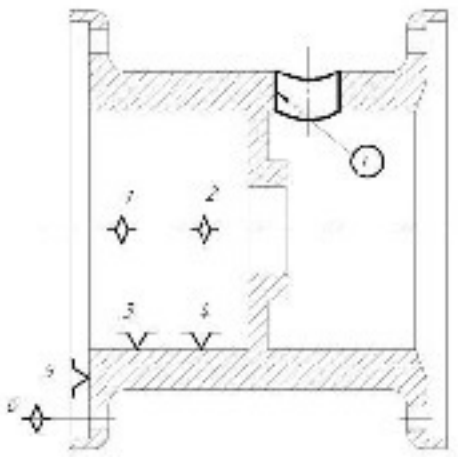
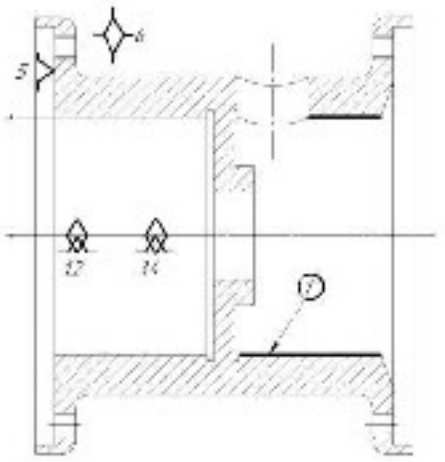
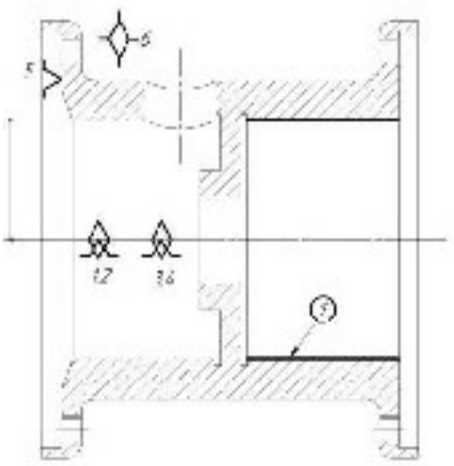
2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки

Розроблений маршруту механічної обробки показано в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Маршрут механічної обробки деталі типу «Корпус 02.08»

№ операції	Операції і переходи	Ескіз по листу бондарчик	Тип обладнання
1	2	3	4
005	Токарно-револьверна з ЧПК 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Підрізати торець 1 одноразово. 3. Розточити поверхні 2, 3, 4 поперечно по контуру та підрізати торець 7. 4. Точити поверхню 5,6. 5. Точити канавку 8. 6. Розточити поверхні 2,3,4,9 по контуру остаточно. 7. Розточити поверхню 8. 8. Зняти деталь.		Токарно- револьверний з ЧПК 1Б340ПФ30
010	Токарно-револьверна з ЧПК 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Підрізати торець 1 одноразово. 3. Розточити поверхні 2,3,4 поперечно по контуру. 4. Розточити поверхні 2,3,4 остаточно по контуру. 5. Підрізати торець 5 одноразово. 6. Точити канавку 6. 7. Зняти деталь.		Токарно-револьверний з ЧПК 1Б340ПФ30
015	Вертикально-свердлильна з ЧПК 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Центрувати 6 отворів 1. 3. Свердлити 6 отворів 1. 4. Нарізати різь 6 в 6 отворах 1. 5. Зняти деталь.		Вертикально-свердлильний верстат 2Р135Ф2
020	Вертикально-свердлильна з ЧПК 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Центрувати 6 отворів 1. 3. Свердлити 6 отворів 1. 4. Нарізати різь в отворах 1. 5. Зняти деталь.		Вертикально-свердлильний верстат 2Р135Ф2

Продовження таблиці 2.9

№ Операції	Операції і переходи	Ескіз та схеми базування	Тип обладнання
1	2	3	4
025	Вертикально-свердлильна з ЧПК 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Центрувати отвір 1 3. Свердлити отвір 1 4. Зняти деталь.		Вертикально-свердлильний верстат 2Р135Ф2
030	Шліфувальна 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Шліфувати внутрішню циліндричну поверхню 1 4. Зняти деталь.		Внутрішньо-шліфувальний верстат 3А264
035	Шліфувальна 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Шліфувати внутрішню циліндричну поверхню 1 4. Зняти деталь.		Внутрішньо-шліфувальний верстат 3А264

2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

2.3.4.1 Розташування технологічних розмірів

Розташування технологічних розмірів відповідає маршруту механічної обробки. Замикаючими ланками для даної деталі є конструкторські розміри та величини припусків [13].

2.3.4.2 Допуски технологічних розмірів

Допуски технологічних розмірів визначаються виходячи з точності механічної обробки. Таблиці економічної точності на металорізальних верстатах наведені у відповідних таблицях. 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 2.10 [1, 2].

Таблиця 2.10 – Попередні значення допусків

Розміри заготовки	$З_1$	$З_2$	$З_3$	$З_4$	$З_5$	$В_1$	$В_2$	$В_3$	$В_4$	$В_5$	$В_6$	$В_7$	$В_8$
Попередні значення допусків	0,87	0,62	0,62	0,43	0,43	0,87	0,3	0,62	0,62	0,87	0,3	0,62	0,74

Визначені допуски використовуються при подальших розрахунках технологічних розмірів.

2.3.4.3 Ппобудова розмірної схеми технологічного процесу

Розмірна схема технологічного процесу показана на рис. 2.12.

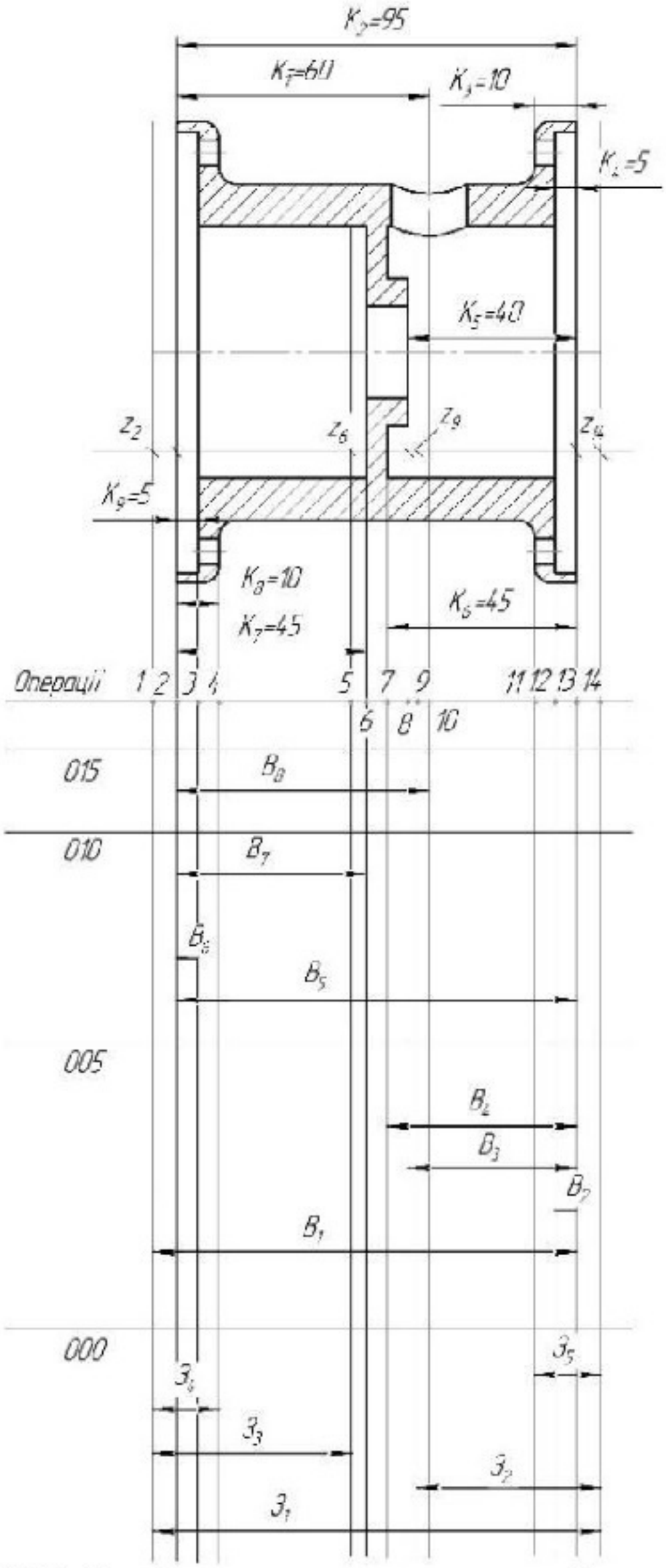


Рисунок 2.12 – Розмірна схема першого технологічного процесу

2.3.4.4 Похідний, вихідний графи - дерева, суміщений граф

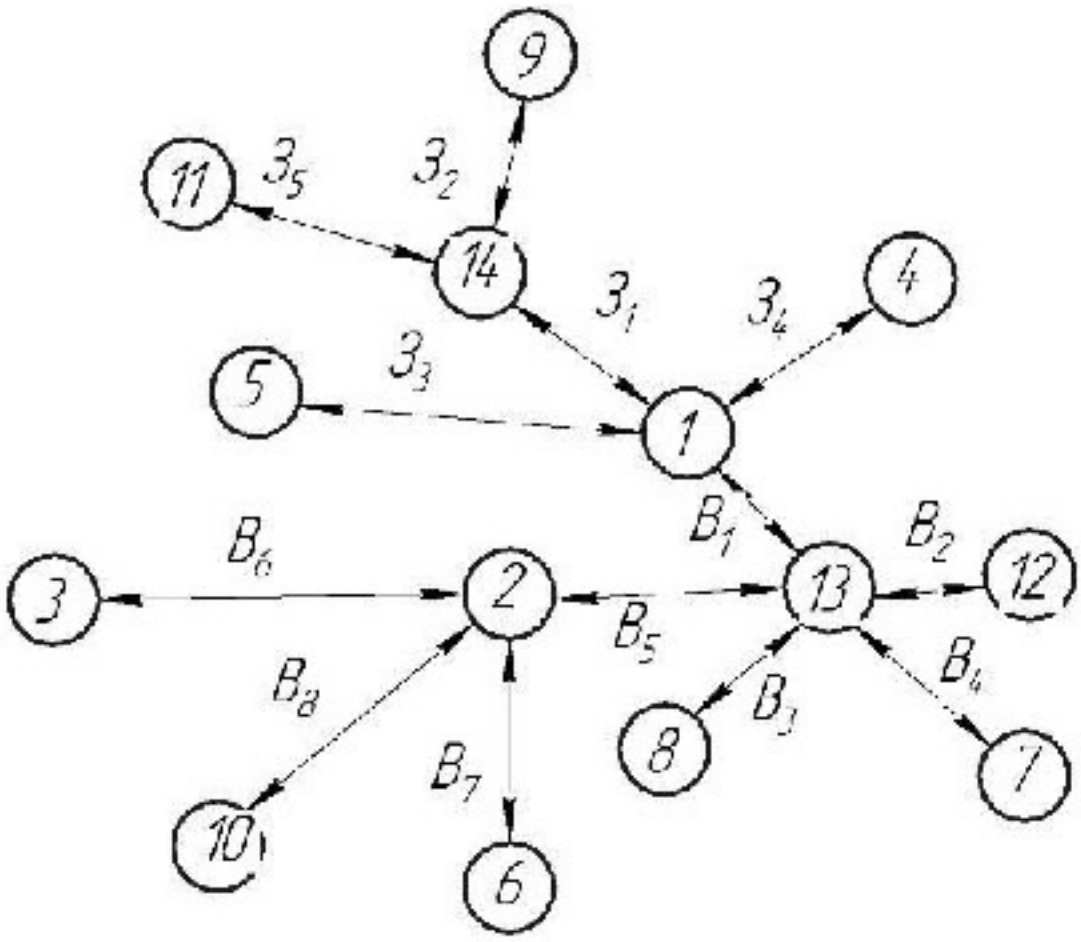


Рисунок 2.13 – Похідний граф-дерево

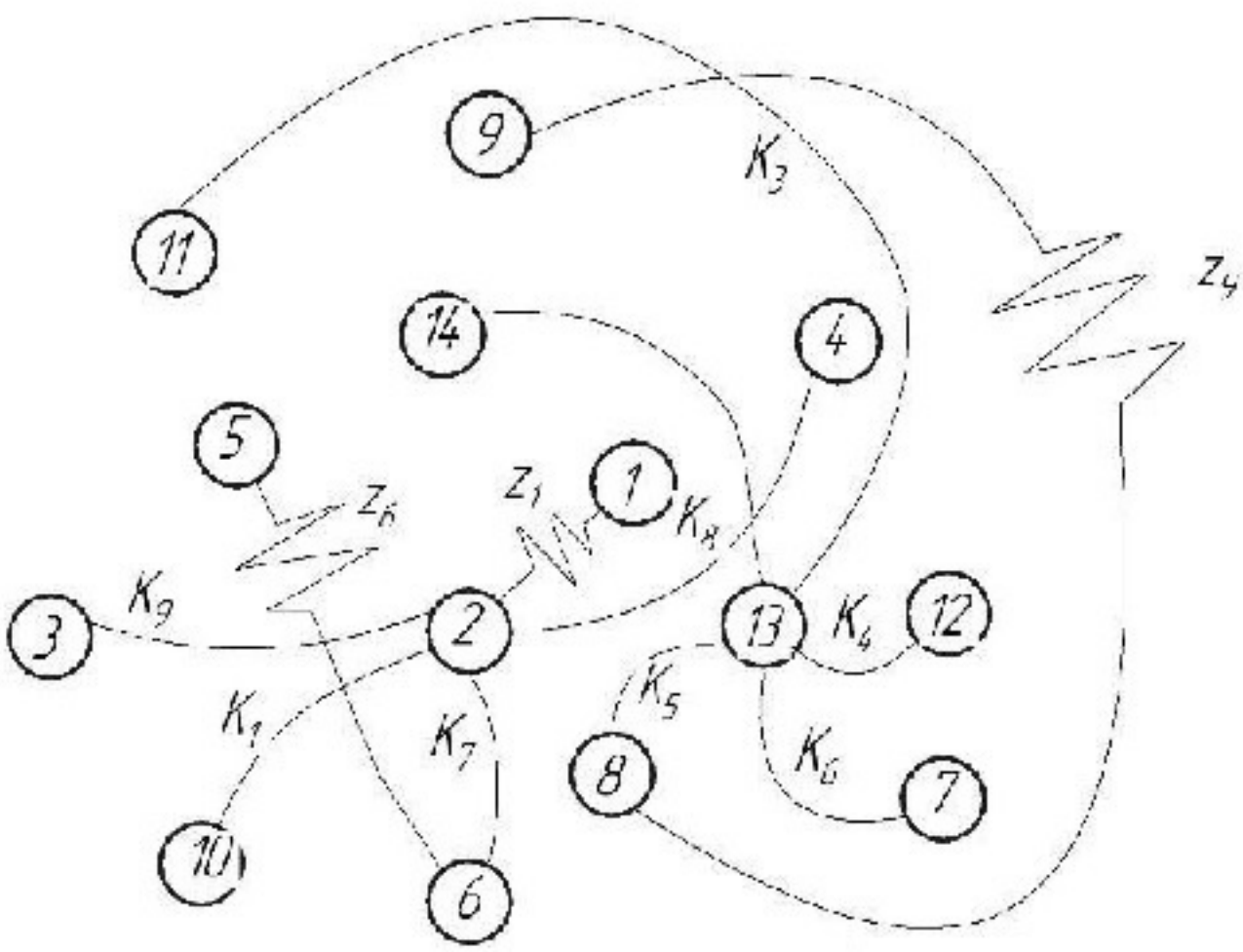


Рисунок 2.14 – Вихідний граф-дерево

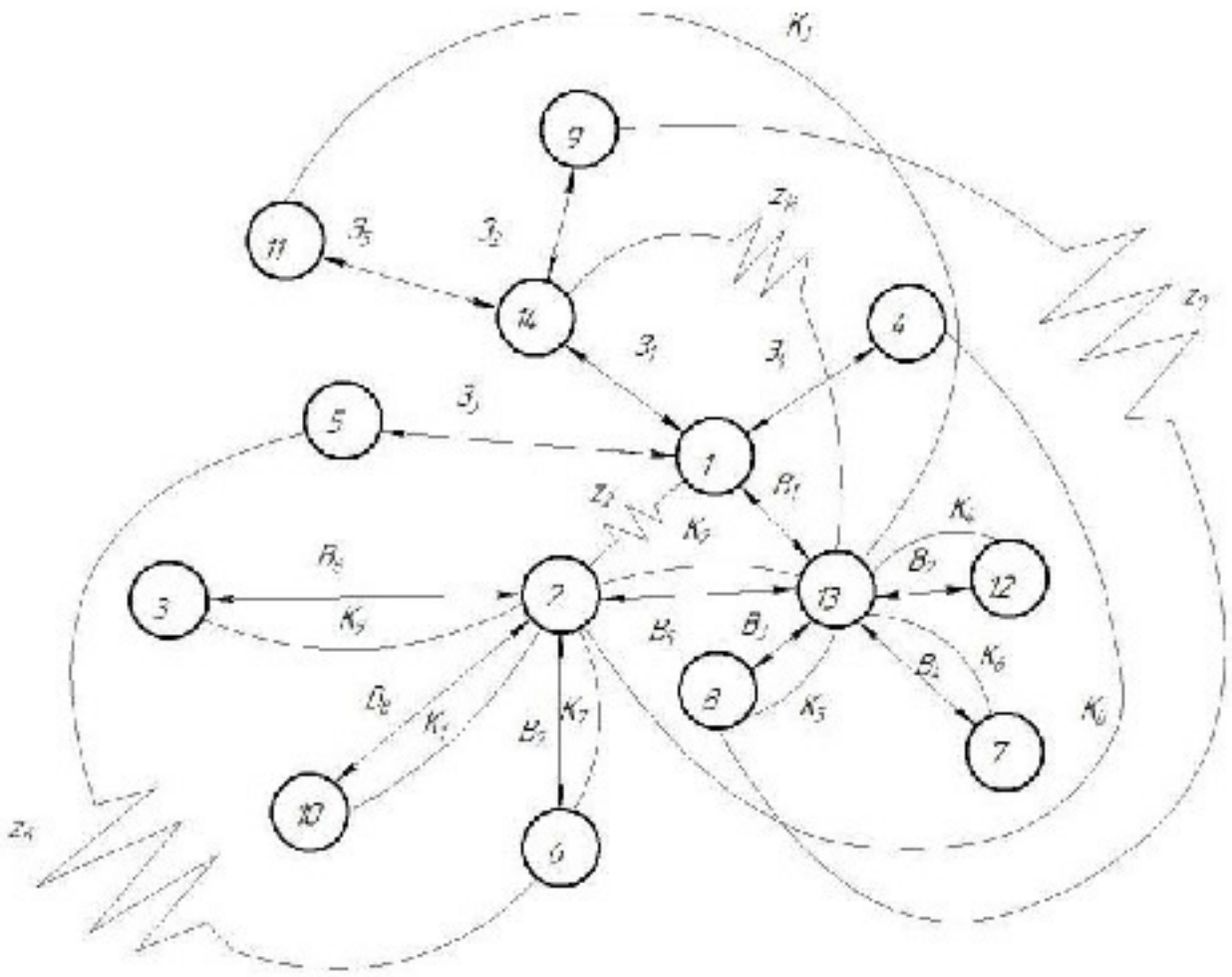


Рисунок 2.15 – Суміщений граф-дерево

2.3.4.5 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Для проведення необхідних розрахунків в подальшому необхідно визначити проміжні мінімальні припуски за довідником [14]. При цьому, мінімальні припуски будуть рівними:

$$Z_2 = Z_{14} = 1{,}5 \text{ мм.}$$

$$Z_6 = Z_9 = 1 \text{ мм.}$$

2.3.4.6 Рівняння розмірних технологічних ланцюгів

Використовуючи граф-дерева записано розрахункові рівняння, що для всіх розмірів занесені до таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Рівняння для розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	2	3
$-K_7+B_7=0$	$K_7=B_7$	B_7
$-K_1+B_8=0$	$K_1=B_8$	B_8
$-K_9+B_6=0$	$K_9=B_6$	B_6
$-K_6+B_4=0$	$K_6=B_4$	B_4
$-K_4+B_2=0$	$K_4=B_2$	B_2
$-K_5+B_3=0$	$K_5=B_3$	B_3
$-K_2+B_5=0$	$K_2=B_5$	B_5
$-z_1+B_1-B_5=0$	$z_1=B_1-B_5$	B_1
$-z_6-З_3+B_1-B_5+B_7=0$	$z_6=-З_3+B_1-B_5+B_7$	$З_3$
$-z_{14}-B_1+З_1=0$	$z_{14}=З_1-B_1$	$З_1$
$-z_9+B_3-B_1+З_1-З_2=0$	$z_9=-З_2+B_3-B_1+З_1$	$З_2$
$-K_3+З_5-З_1+B_1=0$	$K_3=З_5-З_1+B_1$	$З_5$
$-K_8+З_4+B_5-B_1=0$	$K_8=З_4+B_5-B_1$	$З_4$

2.3.4.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків

Відповідно до наведених вище технологічних рівнянь для кожного розміру отримаємо:

$$B_{7min}=K_{7min}=45\ (мм);$$

$$B_{7max}=B_{7min}+T(B_7)=45+0{,}62=45{,}62\ (мм);$$

$$B_{8min}=K_{1min}=60\ (мм);$$

$$B_{8max}=B_{8min}+T(B_8)=60+0{,}74=60{,}74\ (мм);$$

$$B_{6min}=K_{9min}=5\ (мм);$$

$$B_{6max}=B_{6min}+T(B_6)=5+0{,}3=5{,}3\ (мм);$$

$$B_{4min}=K_{6min}=45\ (мм);$$

$$B_{4max}=B_{4min}+T(B_4)=45+0{,}62=45{,}62\ (мм);$$

$$B_{2min}=K_{4min}=5\ (мм);$$

$$B_{2max}=B_{2min}+T(B_2)=5+0{,}3=5{,}3\ (мм);$$

$$B_{3min}=K_{5min}=40\ (мм);$$

$$B_{3max}=B_{3min}+T(B_3)=40+0{,}62=40{,}62\ (мм);$$

$$B_{5min}= K_{2min}= 95 \text{ (мм)};$$

$$B_{5max}= B_{5min}+T(B_5)=95+0,87=95,87 \text{ (мм)};$$

$$B_{1\,min} = Z_{2min}+B_{5min} = 1,5+95,87= 97,37 \text{ (мм)};$$

$$B_{1max} = B_{1\,min}+T(B_1)=97,37+0,87=98,24 \text{ (мм)};$$

$$З_{3min}= -z_{6max}+B_{1min}-B_{5max}+B_{7min}=-1+97,37-95,87+45= 45,5 \text{ (мм)};$$

$$З_{3max}= З_{3min}+T(З_3)=45,5+0,62=46,12 \text{ (мм)};$$

$$З_{1min}=z_{14min}+B_{1min}=1,5+97,37=98,87 \text{ (мм)};$$

$$З_{1max}= З_{1min}+T(З_1)=98,87+0,87=99,74 \text{ (мм)};$$

$$З_{2min}= -z_{9max}+B_{3min}-B_{1max}+З_{1min} =-1+40-98,24+98,87=39,63\text{(мм)};$$

$$З_{2max}= З_{2min}+T(З_2)=39,63+0,62=40,25 \text{ (мм)};$$

$$З_{5min}= K_{3min}+З_{1min}-B_{1max}=10+98,87-98,24=10,63 \text{ (мм)};$$

$$З_{5max}= З_{5min}+T(З_5)= 10,63+0,43=11,06 \text{ (мм)};$$

$$З_{4min}= K_{8min}-B_{5max}+B_{1min}=10-95,87+97,37=11,5 \text{ (мм)};$$

$$З_{4max}= З_{4min}+T(З_4)=11,5+0,43=11,93 \text{ (мм)}.$$

Отже, визначені технологічні розміри при механічні обробці, припуски та розміри заготовки, на їх основі можна розробляти технологічний процес та усю документацію пов’язану із ним.

2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $Ø60H8^{(+0,046)}$ [1].

Технологічний маршрут обробки поверхні $Ø60H8^{(+0,046)}$ складається із подвійного попереднього обточування її та одного остаточного. Обточування здійснюється на токарному верстаті 160НТ при схемі базування в трьохкулачковому самоцентруючому патроні. При розв’язанні поставленої задачі отриманий результат та технологічний маршрут обробки заносимо в розрахункову табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Розрахунок проміжних припусків

Технологічні переходи обробки поверхні ∅60H8$^{(+0,046)}$	Елементи припуску				Розра-хунко-вий припуск	Розрахун-ковий розмір, мм	Допуск мм	Граничні розміри		Граничні значення припусків	
	R_z	T	ρ	ε_y				d_{min}	d_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Заготовка	150	200	2400	–	–	53,241	2,4	52,371	53,241	–	–
Точіння попереднє	50	50	144,07	420	2·2786	58,813	0,290	58,523	58,813	5572	6152
Точіння попереднє	50	50	8,6	21	2·544	59,901	0,073	59,827	59,901	1088	1305
Точіння остаточне	25	25	0,43	19	2·67	60,046	0,069	59,966	60,046	1134	168
Всього										7,794	7,625

Оскільки в даному випадку обробка здійснюється на токарному верстаті за допомогою патрона, похибка базування буде рівна нулю (оброблюється діаметральний розмір), що має значення для даного розміру.

Записуємо розрахункові формули для визначення сумарного значення просторових відхилень:

$$\rho_{з} = \sqrt{\rho_{зм}^{2} + \rho_{жол}^{2}} \quad [мкм], \tag{2.5}$$

де ρ – просторове відхилення на зовнішній діаметр;

$$\rho_{жол} = \sqrt{(\Delta_к d)^2 + (\Delta_к l)^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 60)^2 + (0,7 \cdot 95)^2} = 78,65 \text{ (мкм)},$$

де δ_A – допуск на даний розмір $Ø60H8^{(+0,046)}$:

$$\rho_{зм} = T_{заг}(46) = 2400 \ (мкм).$$

Тоді $\rho_з = \sqrt{78.6^2 + 2400^2} = 2401,28$ (мкм),

де Δ_K – часткова кривизна заготовок на один міліметр довжини;

L – довжина деталі;

$\delta_г$ – допуск на поверхню.

Враховуючи значення коефіцієнта уточнення даного виду заготовки і методу обробки, остаточне значення просторового відхилення можна прийняти наступним:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1} \text{ [мкм]}, \tag{2.6}$$

- після попереднього точіння

$$\rho_1 = 0{,}06 \cdot 2401{,}28 = 144{,}07 \text{ (мкм)};$$

- після попереднього точіння

$$\rho_2 = 0{,}06 \cdot 144{,}07 = 8{,}6 \text{ (мкм)};$$

- після остаточного точіння

$$\rho_3 = 0{,}05 \cdot 8{,}6 = 0{,}43 \text{ (мкм)}.$$

Розрахунок мінімальних значень припусків здійснюємо, використовуючи основну формулу [1]:

$$2Z_{\min} = 2\left(R_{Zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right) \text{ [мкм]}, \tag{2.7}$$

ε_1 – похибка установки при чорновому точінні

Похибка установки при попередньому точінні:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_б^2 + \varepsilon_з^2}, \text{ [мкм]} \tag{2.8}$$

де $\varepsilon_б$ – похибка базування;

$\varepsilon_з$ – похибка закріплення.

При обробці даної поверхні:

$$\varepsilon_б = 0,\ \varepsilon_з = 420 \text{ (мкм)};$$

$$\varepsilon_1 = \sqrt{0 + 420^2} = 420 \text{ (мкм)}.$$

ε_2 – похибка установки при чистовому точінні.

$$\varepsilon_2 = 0.05 \cdot \varepsilon_1 \text{ [мкм]}, \tag{2.9}$$

$$\varepsilon_2 = 0.05 \cdot 420 = 21 \text{ (мкм)}.$$

ε_3 – похибка установки при остаточному розточуванні. $\varepsilon_з$ – похибка закріплення при остаточному розточуванні = 0. εб – похибка базування рівна максимальному зазору між кулачками.

$$\varepsilon_3 = \sqrt{19^2 + 0^2} = 19 \text{ (мкм)}.$$

Тоді матимемо наступні значення мінімальних припусків:

Під попереднє точіння:

$$2Z_{1min}=2(200+150+\sqrt{2400^2+420^2})=2\cdot 2786 \text{ (мкм)}.$$

Під повторне попереднє точіння:

$$2Z_{2min}=2(50+50+\sqrt{144,07^2+420^2})=2\cdot 544 \text{ (мкм)}.$$

Під остаточне точіння:

$$2Z_{3min}=2(25+20+\sqrt{8,6^2+21^2})=2\cdot 67 \text{ (мкм)}.$$

Знаходивши значення розрахункового діаметра, заповнюємо, починаючи з кінцевого (що на кресленні) розміру шляхом послідовного додавання розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу:

$$d_3 = 60{,}046 \text{ (мм)};$$

$$d_2 = 60{,}046 - 2 \cdot 67 \cdot 10^{-3} = 59{,}901 \text{ (мм)};$$

$$d_1 = 59{,}901 - 2 \cdot 544 \cdot 10^{-3} = 58{,}813 \text{ (мм)};$$

$$d_{заг} = 58{,}813 - 2 \cdot 2786 \cdot 10^{-3} = 53{,}241 \text{ (мм)}.$$

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

Тобто:

$$d_{min3} = 58{,}813 - 0{,}290 = 58{,}523 \text{ (мм)};$$

$$d_{min2} = 59{,}901 - 0{,}073 = 59{,}828 \text{ (мм)};$$

$$d_{min1} = 60{,}035 - 0{,}039 = 59{,}996 \text{ (мм)};$$

для заготовки:

$$d_{min\ заг} = 53{,}241 - 0{,}870 = 52{,}371 \text{ (мм)}.$$

Граничні значення припусків

Отже, для остаточного розточування:

$$2Z^{гр}_{min3} = 60{,}046 - 59{,}901 = 134 \text{ (мкм)};$$

$$2Z^{гр}_{max3} = 59{,}996 - 59{,}828 = 168 \text{ (мкм)};$$

- для попереднього розточування:

$$2Z^{гр}_{min2} = 59{,}901 - 58{,}813 = 1{,}088 \text{ (мкм)};$$

$$2Z^{гр}_{max2} = 59{,}828 - 58{,}523 = 1305 \text{ (мкм)};$$

- для попереднього розточування:

$$2Z^{гр}_{min1} = 58{,}813 - 53{,}241 = 5572 \text{ (мкм)};$$

$$2Z^{гр}_{max1} = 58{,}523 - 52{,}371 = 6152 \text{ (мкм)}.$$

2.3.6 Визначення режимів різання

Приведемо приклад розрахунку режимів різання для обробки на верстатах з ЧПК на прикладі виконання переходів операції 015 [1, 15-17].

Розрахунок режимів різання для переходу 2 центрування.

Глибина центрування t = 3,3 мм;

Подача s = 0,2 мм/об.

Швидкість різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} = 1{,}52 \cdot 1{,}15 \cdot 1 = 1{,}75;$$

$$C_v = 7; q = 0{,}4; y = 0{,}7; m = 0{,}2; T = 60;$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s_z^y} K_v = \frac{7 \cdot 6^{0{,}4}}{60^{0{,}2} \cdot 0{,}2^{0{,}7}} 1{,}75 = 31{,}72 (м / хв).$$

Крутний момент та осьова сила:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \text{ [Н·м]}; \quad (2.10)$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0{,}345 \cdot 5^{0{,}4} \cdot 0{,}2^{0{,}7} \cdot 0{,}65 = 1{,}38 \text{ (Н·м)};$$

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \text{ [Н]}; \quad (2.11)$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 5^{0{,}4} \cdot 0{,}2^{0{,}7} \cdot 0{,}65 = 272{,}7 \text{ (Н)}.$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{0,138 \cdot 2038,2}{9750} = 0,289 \text{ (кВт)};$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 32}{3.14 \cdot 5} = 2038,2 \text{ (об\хв)}.$$

Розрахунок режимів різання для переходу 3 свердління.

Глибина свердління t = 5 мм;

Подача s = 0,2 мм/об.

Швидкість різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} = 1,52 \cdot 1,15 \cdot 1 = 1,75;$$

$$C_v = 7; q = 0,4; y = 0,7; m = 0,2; T = 60;$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s_z^y} K_v = \frac{7 \cdot 6^{0,4}}{60^{0,2} \cdot 0,2^{0,7}} 1,75 = 31,72 (м / хв).$$

Крутний момент та осьова сила:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \text{ [Н·м]}; \quad (2.12)$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,345 \cdot 5^{0,4} \cdot 0,2^{0,7} \cdot 0,65 = 1,38 \text{ (Н·м)};$$

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \text{ [Н]}; \quad (2.13)$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 5^{0,4} \cdot 0,2^{0,7} \cdot 0,65 = 272,7 \text{ (Н)}.$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{0,138 \cdot 2038,2}{9750} = 0,289 \text{ (кВт)};$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 32}{3.14 \cdot 5} = 2038,2 \text{ (об\хв)}.$$

Розрахунок режимів різання для переходу 4 нарізання різі М6.

Глибина нарізання різі t = 5 мм;

Подача s = 1 мм/об.

Швидкість різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} = 1,52 \cdot 1,15 \cdot 1,0 = 1,75;$$

$$C_v = 64,8; q = 1,2; y = 0,5; m = 0,9; T = 90;$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s_z^y} K_v = \frac{64,8 \cdot 6^{1,2}}{90^{0,9} \cdot 1^{0,5}} 1,75 = 16,96 (м / хв).$$

Крутний момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0270 \cdot 6^{1,2} \cdot 1^{0,5} \cdot 0,65 = 1,5 \text{ (Н·м)}.$$

Потужність різання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 16,96}{3.14 \cdot 6} = 545 \text{ (об\хв)};$$

$$N = \frac{M \cdot n}{975} = \frac{1,5 \cdot 900}{975} = 1,38 \text{ (кВт)}.$$

Для інших переходів механічної обробки визначим режими різання згідно нормативів, та занесем до таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Режими різання

№	Операції та переходи	t, мм	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв
1	2	3	4	5	6
Операція 005					
2	Підрізати торець 1 однократно	1,27	0,4	1120	125,4
3	Розточити поверхню 2,3,4 попередньо по контуру	1,5	0,3	1120	125,4

Продовження таблиція

1	2	3	4	5	6
5	Підрізати торець 7	1	0,2	1100	104,5
6	Точити поверхню 5,6 по контуру	2	0,2	1120	110,3
7	Точити канавку 10	1,5	0,3	975	24,2
8	Розточити поверхню 2,3,4,9 по контуру попередньо	1,5	0,3	1500	16,75
9	Розточити поверхню 8	4,25	0,2	1120	110,3
10	Розточити поверхню 2,3,4 остаточно	1	0,19	2400	12,43
Операція 010					
2	Підрізати торець 1 однократно	1,27	0,4	1120	125,4
3	Розточити поверхню 2,3,4 попередньо	1,5	0,3	1120	125,4
4	Розточити поверхню 2,3,4 попередньо	1,5	0,3	1500	16,75
5	Підрізати торець 5 однократно	1	0,2	1100	104,5
6	Точити канавку 6	1,5	0,3	975	24,2
7	Розточити поверхню 2,3,4 остаточно	1	0,19	2400	12,43
Операція 015					
2	Центрувати 6 отворів 1	3	0,2	2038	31,72
3	Свердлити 6 отворів 1	5	0,2	2038	31,72
4	Нарізати різь в 6 отворах 1	6	1	545	16,96
Операція 020					
2	Центрувати 6 отворів 1	3	0,2	2038	31,72
3	Свердлити 6 отворів 1	5	0,2	2038	31,72
4	Нарізати різь в 6 отворах 1	6	1	545	16,96
Операція 025					
2	Центрувати 1 отвір 1	3	0,2	1568	25,67
3	Свердлити 1 отвір 1	20	0,2	1568	25,67

2.3.7 Визначення технічних норм часу

Визначення витрат основного часу обробки [1, 16, 17].

Витрати основного часу визначаються в залежності від методу обробки за такими формулами [1, 16, 17]:

Для центрування, свердління, розвертання, зенкерування:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S_o} [хв]; \qquad (2.14)$$

$$L = l + l_1 + l_2\,[мм]. \qquad (2.15)$$

де l – довжина обробки;

l_1 – довжина різання;

l_2 – величина перебігу інструмента після обробки.

Для фрезерування:

$$T_o = \frac{L}{S_{хв}}\,[хв]. \qquad (2.16)$$

де $S_{хв}$ – хвилинна подача.

Для точіння і розточування циліндричних поверхонь:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_{шт} \cdot S} = \frac{l_{обр} + l_{вр} + l_{пер}}{n_{шт} \cdot S} \cdot i. \qquad (2.17)$$

де L – розрахункова довжина обробки в напрямку подачі, мм, що дорівнює сумі ($l_{обр}$, $l_{вр}$, $l_{пер}$);

$l_{обр}$ – довжина оброблюваної поверхні, мм;

$l_{вр}$ – довжина врізання інструменту, мм;

$l_{пер}$ – довжина перебігу інструменту, мм;

$n_{шт}$ – кількість обертів шпинделя для верстатів з обертальним рухом, або число подвійних ходів за хвилину для верстатів з прямолінійним рухом;

S – подача за один оберт або один подвійний хід головного руху, мм;

i – кількість проходів.

Операція 015 – Комбінована.

Модель верстата 2Р135Ф2.

Пристосування: Оправка.

Маса заготовки $m_{заг}$ = 2 кг.

Основний час:

$$T_{o(015)} = T_{o2} + T_{o3} + T_{o4}\,[хв];$$

$$T_{o2} = \frac{l_{обр} + l_{вр} + l_{пер}}{s \cdot n} = \frac{3,3 + 2,5 + 2}{0,2 \cdot 2038} \cdot 6 = 0,114 \ (хв);$$

$$T_{o3} = \frac{l_{обр} + l_{вр} + l_{пер}}{s \cdot n} = \frac{6 + 2,5 + 2}{0,2 \cdot 2038} \cdot 6 = 0,15 \ (хв);$$

$$T_{o4} = \frac{l_{обр} + l_{вр} + l_{пер}}{s \cdot n} = \frac{6 + 2,5 + 2}{1 \cdot 545} \cdot 6 = 0,114 \ (хв);$$

$$T_{o(015)} = 0,114 + 0,15 + 0,114 = 0,408 \ (хв).$$

Час на вимірювання і контроль деталі перекривається основним часом.

Штучно-калькуляційний час визначаємо за формулою:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} [хв].$$

Штучний час визначаємо за формулою:

$$T_{шт} = T_o + T_{доп} + t_{ш.о} + t_{о.о} + t_п [хв].$$

Оперативний час:

$$t_{оп} = T_o + T_{доп} [хв].$$

Час на встановлення, закріплення, знімання деталі:

$$T_{доп} = \underset{уп}{\underline{t_{вст}}} + \underset{кикл}{\underline{t_{вкз}}} + \underset{відв}{\underline{t_{підв}}} + t_{контр} [хв];$$

$$T_{доп} = 0,07 + (0,01 \cdot 2) + (0,01 \cdot 6 \cdot 2) + \left(\frac{0,22}{5} \right) = 0,194 \ (хв);$$

$$t_{оп} = 0,408 + 0,194 = 0,602 \ (хв).$$

Час на технічне обслуговування складає 4% від оперативного. Час на організаційне обслуговування 4,5% від $t_{оп}$.

$$t_{т.о} = 0,602 \cdot 0,04 = 0,024 \ (хв);$$

$$t_{о.о} = 0,602 \cdot 0,045 = 0,027 \ (хв).$$

Час на перерви і індивідуальні потреби 5% від $t_{оп}$.

$$t_{п} = 0,602 \cdot 0,05 = 0,0301 \ (хв);$$

$$T_{шт} = 0,408 + 0,194 + 0,024 + 0,027 + 0,0301 = 0,659 \ (хв).$$

Штучно–калькуляційний час при партії деталей для наладок n = 4000 шт.

$$T_{шт.к} = 0,659 + \frac{20}{95} = 0,869 \ (хв).$$

На решту операцій нормування проводимо аналогічно, а дані розрахунків зводимо до таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Зведена таблиця норм часу

№ опер.	Операції	$T_о$	$T_{доп}$	$t_{т.о}$	$t_{о.о.}$	$t_{п.}$	$T_{шт.к.}$
005	Токарна з ЧПК	2,895	0,645	0,05	0,056	0,062	5,759
010	Токарна з ЧПК	2,908	0,603	0,047	0,054	0,061	5,733
015	Вертикально-свердлильна з ЧПК	0,357	0,574	0,039	0,044	0,0491	1,369
020	Вертикально-свердлильна з ЧПК	0,357	0,574	0,039	0,044	0,0491	1,369
025	Вертикально-свердлильна з ЧПК	0,332	0,547	0,035	0,041	0,045	1,104

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС 02.08»

3.1 Розрахунок приведеної програми

Приведену програму випуску можна розрахувати за формулою [2, 18]:

$$N_{пр} = \sum_{i=1}^{n} N_i \cdot K_{пр.i} \; [шт]. \tag{3.1}$$

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

$$K_{пр.i} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \ldots K_n . \tag{3.2}$$

де K_1 – коефіцієнт приведення по масі;

K_2 – коефіцієнт приведення по серійності;

K_3 – коефіцієнт приведення по складності.

K_n – коефіцієнт приведення, який враховує інші особливості об'єкта, наприклад, різницю в точності виробу і виробу-розрахункового представника (верстатобудуванні), наявність комплектуючих поставок по кооперації окремих вузлів та агрегатів і т.д.

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(m_i / m_{пр}\right)^2} . \tag{3.3}$$

де m_i – маса і-тої деталі;

$m_{пр}$ – маса представника.

$$K_1^{I} = \sqrt[3]{(2/2)^2} = 1,0$$

$$K_1^{II} = \sqrt[3]{(1,5/2)^2} = 0,825 ;$$

$$K_1^{III} = \sqrt[3]{(3/2)^2} = 1,31 ;$$

$$K_1^{IV} = \sqrt[3]{(4/2)^2} = 1,58\ ;$$

$$K_1^{V} = \sqrt[3]{(2,3/2)^2} = 1,09\ ;$$

$$K_2 = \left(\frac{N_{пр}}{N_i}\right)^{\alpha}. \qquad (3.4)$$

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

α – показник ступені (α = 0,15 для об'єктів легкого і середнього машинобудування, α = 0,2 для об'єктів важкого машинобудування).

Таблиця 3.1 – Данні для розрахунку приведеної програми

Корпус 02.08	2	4000	Квалітет	6	7	8	9	10	11	12	14
			Кількість	–	–	4	–	–	–	12	9
			Шорсткість	0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	
			Кількість	–	–	4	–	12	–	9	
Кришка 13.01	1,5	40000	Квалітет	6	7	8	9	10	11	12	14
			Кількість	2	–	4	3	–	–	2	18
			Шорсткість	0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	
			Кількість	–	–	4	–	4	2	19	
Стакан 31.07	3	25500	Квалітет	6	7	8	9	10	11	12	14
			Кількість	1	–	2	2	–	–	2	16
			Шорсткість	0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	
			Кількість	–	–	2	–	4	2	15	
Корпус 15.04	4	26800	Квалітет	6	7	8	9	10	11	12	14
			Кількість	1	–	1	1	–	–	–	13
			Шорсткість	0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	
			Кількість	–	–	2	–	2	2	10	
Стакан 132	2,3	16100	Квалітет	6	7	8	9	10	11	12	14
			Кількість	2	–	3	3	–	–	4	17
			Шорсткість	0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	
			Кількість	–	–	4	–	12	6	7	

Тоді

$$K_2^{I} = \left(\frac{4000}{4000}\right)^{0,15} = 1$$

$$K_2^{II} = \left(\frac{4000}{40000}\right)^{0,15} = 0,70;$$

$$K_2^{III} = \left(\frac{4000}{25500}\right)^{0,15} = 0,75;$$

$$K_2^{IV} = \left(\frac{4000}{26800}\right)^{0,15} = 0,75;$$

$$K_2^{V} = \left(\frac{4000}{16100}\right)^{0,15} = 0,81.$$

Коефіцієнт приведення по складності

$$K_3 = K_{31} \cdot K_{32}. \qquad (3.5)$$

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

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

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K_{m1}}}{\overline{K_{mnp}}}\right)^{\alpha_1}; \qquad (3.6)$$

$$K_{32} = \left(\frac{\overline{R_i}}{\overline{R_{np}}}\right)^{\alpha_2}. \qquad (3.7)$$

де $\overline{Km}$ і $\overline{K_{mnp}}$ – середні значення квалітету точності поверхонь деталі, що розглядається і деталі–розрахункового представника;

$\overline{R_i}$ і $\overline{R_{np}}$ – середні значення параметра R_a – шорсткості поверхонь деталі, що розглядається і деталі–розрахункового представника.

$$\overline{K_{m1}} = \frac{6 \cdot 2 + 8 \cdot 4 + 9 \cdot 3 + 12 \cdot 2 + 14 \cdot 18}{2 + 4 + 3 + 2 + 18} = 11,96;$$

$$\left(\overline{K_{m1}}\right)^{\alpha 1} = 0,9\ ;$$

$$\overline{K_{m2}} = \frac{6\cdot 1 + 8\cdot 2 + 9\cdot 2 + 12\cdot 2 + 14\cdot 16}{1 + 2 + 2 + 2 + 16} = 12,52\ ;$$

$$\left(\overline{K_{m2}}\right)^{\alpha 1} = 0,8\ ;$$

$$\overline{K_{m3}} = \frac{6\cdot 1 + 8\cdot 1 + 9\cdot 1 + 14\cdot 13}{1 + 1 + 1 + 13} = 12,81\ ;$$

$$\left(\overline{K_{m3}}\right)^{\alpha 1} = 0,8\ ;$$

$$\overline{K_{m4}} = \frac{6\cdot 2 + 8\cdot 3 + 9\cdot 3 + 12\cdot 4 + 14\cdot 17}{2 + 3 + 3 + 4 + 17} = 12,03\ ;$$

$$\left(\overline{K_{m4}}\right)^{\alpha 1} = 0,9\ ;$$

$$\overline{R_1} = \frac{1,6\cdot 4 + 3,2\cdot 4 + 6,3\cdot 2 + 12,5\cdot 19}{4 + 4 + 2 + 19} = 9,3\ ;$$

$$\left(\overline{R_1}\right)^{\alpha 2} = 0,95\ ;$$

$$\overline{R_2} = \frac{1,6\cdot 2 + 3,2\cdot 4 + 6,3\cdot 2 + 12,5\cdot 15}{2 + 4 + 2 + 15} = 9,4\ ;$$

$$\left(\overline{R_2}\right)^{\alpha 2} = 0,95\ ;$$

$$\overline{R_3} = \frac{1,6\cdot 2 + 3,2\cdot 2 + 6,3\cdot 2 + 12,5\cdot 10}{2 + 2 + 2 + 10} = 9,2\ ;$$

$$\left(\overline{R_3}\right)^{\alpha 2} = 0,95\ ;$$

$$\overline{R_4} = \frac{1,6\cdot 4 + 3,2\cdot 12 + 6,3\cdot 6 + 12,5\cdot 7}{4 + 12 + 6 + 7} = 5,87\ ;$$

$$\left(\overline{R_4}\right)^{\alpha 2} = 1\ ;$$

$$K_3^{I} = 1\cdot 1 = 1\ ;$$

$$K_3^{II} = 0,9\cdot 0,95 = 0,855\ ;$$

$$K_3^{III} = 0,8\cdot 0,95 = 0,76\ ;$$

$$K_3^{IV} = 0,8\cdot 0,95 = 0,76\ ;$$

$$K_3^{V} = 0,9\cdot 1 = 0,9\ ;$$

$$K_{пр\ пр} = 1,0\cdot 1,0\cdot 0,8 = 0,8;$$

$$K_{пр1} = 0,825\cdot 0,70\cdot 0,855 = 0,493;$$

$$К_{пр2} = 1,31 \cdot 0,75 \cdot 0,76 = 0,746;$$

$$К_{пр3} = 1,58 \cdot 0,75 \cdot 0,76 = 0,9;$$

$$К_{пр4} = 1,09 \cdot 0,81 \cdot 0,9 = 0,794;$$

$$N_{пр} = 4000 \cdot 1 + 40000 \cdot 0,493 + 25500 \cdot 0,746 + 26800 \cdot 0,9 + 16100 \cdot 0,794 = 78847\ (шт).$$

Таблиця 3.2. – Визначення розрахункового представника

Програма випуску	Маса, кг	K_1	K_2	K_3	$K_{пр.}$	$N_{пр.}$
$N_{р.пр.}$=4000	2	1	1	1	1	78847
N_1=40000	1,5	0,825	0,7	0,855	0,592	
N_2=25500	3	1,31	0,75	0,76	0,915	
N_3=26800	4	1,58	0,75	0,76	1,104	
N_4=16100	2,3	1,09	0,81	0,9	0,86	

$N_{р.пр}$ – програма випуску розрахункового представника;

N_1, N_2, N_3, N_4 – програма випуску по кожному з найменувань деталей;

$N_{пр.}$ – приведена програма випуску.

3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Розрахунок кількості верстатів [2, 18]:

$$C_{р} = \frac{N_{пр} \cdot T_{шк}}{60 \cdot F_{д}} [шт]. \qquad (3.8)$$

де $F_д$ – дійсний річний фонд обладнання;

$N_{пр}$ – приведена річна програма випуску деталей.;

$T_{шк}$ – штучно-калькуляційний час.

Таблиця 3.3 – Розрахунок кількості верстатів

№ операції	Назва операцій	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів $C_{пр.}$
005	Токарна з ЧПК	$C_p = \frac{78847 \cdot 5,733}{60 \cdot 3890} = 1,93$	2
010	Токарна з ЧПК	$C_p = \frac{78847 \cdot 5,759}{60 \cdot 3890} = 1,94$	2
015	Вертикально-свердлильна з ЧПК	$C_p = \frac{78847 \cdot 1,614}{60 \cdot 3890} = 0,545$	1
020	Вертикально-свердлильна з ЧПК	$C_p = \frac{78847 \cdot 1,614}{60 \cdot 3890} = 0,545$	1
025.	Вертикально-свердлильна з ЧПК	$C_p = \frac{78847 \cdot 1,571}{60 \cdot 3890} = 0,53$	1

Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_з = \frac{C_p}{C_{пр}}. \tag{3.9}$$

де C_p – кількість розрахункового обладнання;

$C_{пр}$ – кількість прийнятого обладнання.

Операції токарні з ЧПК:

$$\eta_{з(005)} = \frac{1,93}{2} = 0,96 \cdot 100\% = 96\% .$$

$$\eta_{з(010)} = \frac{1,94}{2} = 0,97 \cdot 100\% = 97\%$$

Операція вертикально-свердлильна:

$$\eta_{з(015)} = \frac{0,545}{1} = 0,54 \cdot 100\% = 54\% .$$

$$\eta_{з(020)} = \frac{0,545}{1} = 0,54 \cdot 100\% = 54\%$$

$$\eta_{з(025)} = \frac{0,53}{1} = 0,53 \cdot 100\% = 53\%$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{з.сер} = \frac{1,93 + 1,94 + 0,545 + 0,545 + 0,53}{4 + 3} = 0,78 \cdot 100\% = 78\% \ .$$

Розраховуємо коефіцієнт використання обладнання за основним часом [2, 18]:

$$\eta_{oi} = \frac{T_o}{T_{шт.к}}. \qquad (3.10)$$

де T_o – основний час;

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

Операція токарна з ЧПК 005,010:

$$\eta_{o(005)} = \frac{2,895}{5,733} = 0,51 \cdot 100\% = 51\% .$$

$$\eta_{o(005)} = \frac{2,9086}{5,759} = 0,51 \cdot 100\% = 51\% .$$

Операція вертикально-свердлильна з ЧПК 015, 020, 025:

$$\eta_{o(015)} = \frac{0,938}{1,614} = 0,58 \cdot 100\% = 58\% .$$

$$\eta_{o(020)} = \frac{0,938}{1,614} = 0,58 \cdot 100\% = 58\% .$$

$$\eta_{o(025)} = \frac{0,913}{1,571} = 0,58 \cdot 100\% = 58\% .$$

Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом

$$\eta_{о.сер} = \frac{0,51 + 0,51 + 0,58 + 0,58 + 0,58}{5} = 0,55.$$

Таблиця 3.4 – Кількість обладнання та коефіцієнти завантаження і використання верстатів за основним часом

№ операції	Назва операцій	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів $C_{пр.}$	$\eta_{з.і}$	$\eta_{з.сер.}$	$\eta_{о.і}$	$\eta_{о.сер.}$
005	Токарна з ЧПК	1,94	2	0,96	0,78	0,51	0,55
010	Токарна з ЧПК	1,94	2	0,97		0,51	
015	Вертикально-свердлильна з ЧПК	0,545	1	0,54		0,58	
020	Вертикально-свердлильна з ЧПК	0.545	1	0,54		0,58	
025	Вертикально-свердлильна з ЧПК	0,53	1	0,53		0,58	

3.3 Побудова графіків завантаження обладнання

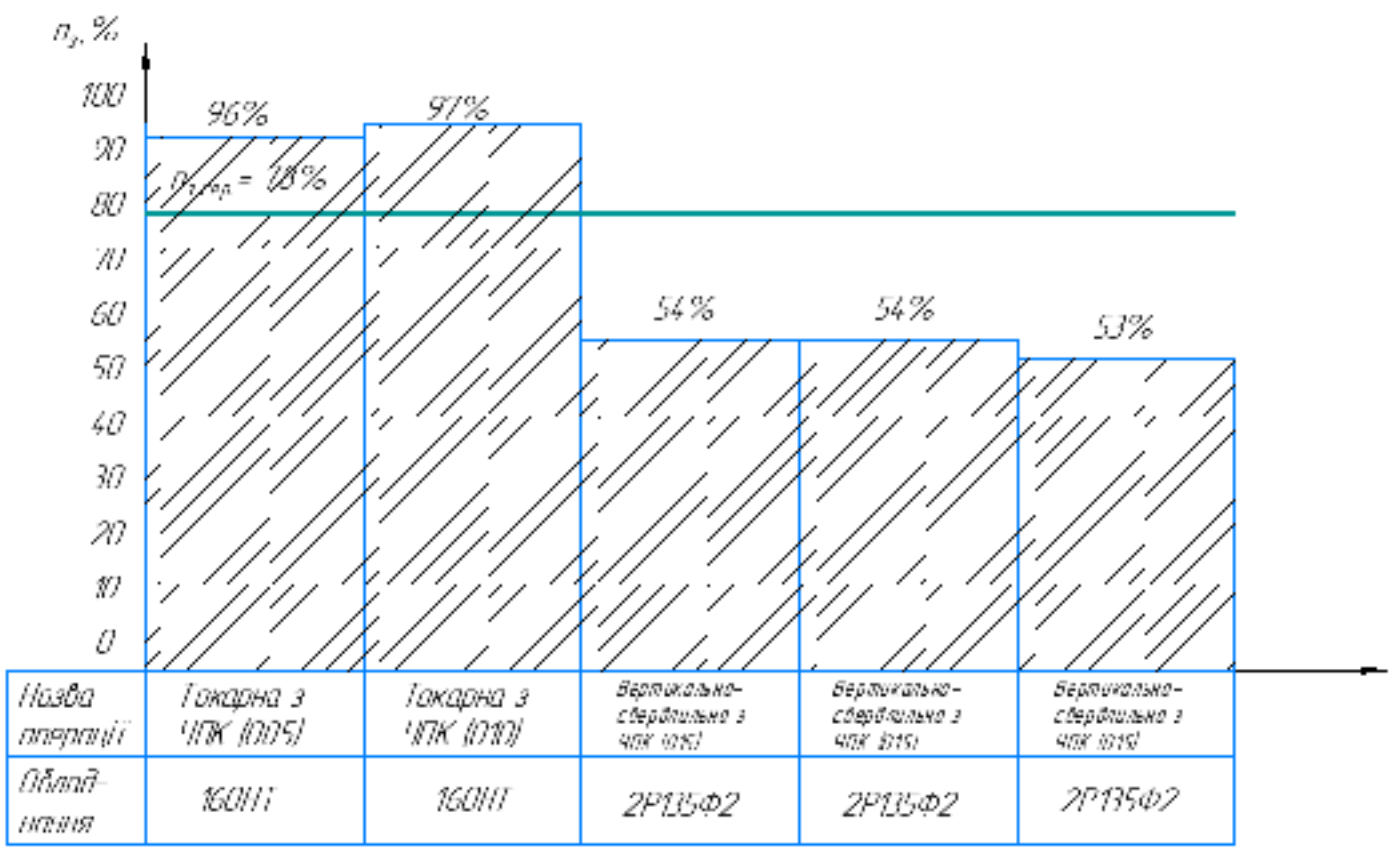


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

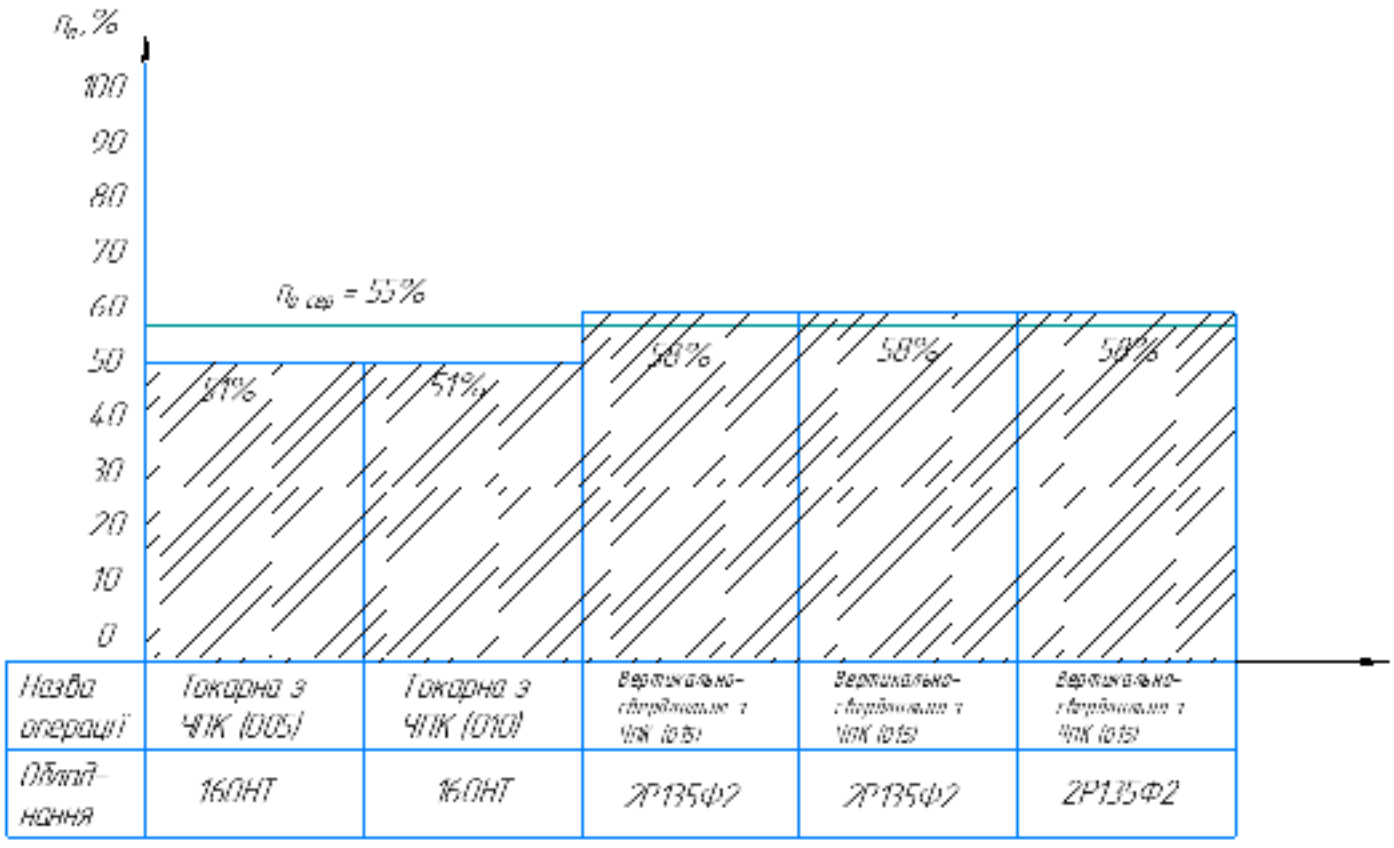


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Аналіз графіка завантаження обладнання свідчить про те, що верстати на операціях 005, 010 завантажені в достатній мірі. На операції 015, 020, 025 верстат, повинен бути довантажений обробкою інших деталей (крім тих, що враховані в приведеній програмі) з метою доведення завантаження верстатів до нормативних рекомендацій.

Аналіз графіка використання обладнання за основним часом свідчить про те, що час на операціях 005, 010, 015, 020, 025 знаходиться в допустимих межах за нормативними рекомендаціями.

3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці

Кількість основних робітників може бути визначена [2, 18]:

$$P = \frac{F_д \cdot C_{пр} \cdot \eta_з \cdot \eta_{от}}{F_{д.роб.} \cdot K_б} [чол]. \quad (3.11)$$

де $F_д$ – дійсний фонд роботи обладнання, $F_д$ = 3890 год (при роботі в 2

зміни і використанні металорізальних верстатів з ЧПК масою до 10 т);

$C_{пр}$ – прийнята кількість верстатів;

$\eta_з$ – коефіцієнт завантаженості верстату;

$\eta_{оз}$ – коефіцієнт використання верстату за основним часом;

$K_б$ – коефіцієнт багатоверстатного обслуговування – середнє число верстатів, що обслуговуються одним робітником;

$F_{д.роб}$ – ефективний річний фонд часу робітника, $F_{д.роб}$ = 1840 год.

$$P_{005,010} = \frac{3890 \cdot 0,96 \cdot 0,51 \cdot 4}{1840 \cdot 2} = 1,97(чол);$$

$$P_{015,020,025} = \frac{3890 \cdot 0,54 \cdot 0,58 \cdot 3}{1840 \cdot 3} = 0,66(чол);$$

Отримуємо необхідну кількість основних робітників для операції 005 – 1 чоловік, 010 – 1 чоловік, та на суміщених операціях 015, 020, 025 – 1 чоловік. Як видно з розрахунків основний робітник на операціях 015, 020, 025 завантажений роботою в недостатній мірі. Тому його потрібно довантажити роботою з іншими деталями, які не враховані в приведеній програмі.

Допоміжні робітники:

$$P_{доп} = 3 \cdot (0,2...0,25) = 0,6...0,75(чол).$$

Приймаємо кількість допоміжних робітників – 1 чоловік. Як видно з розрахунків допоміжні робітники завантажені роботою в недостатній мірі. Тому їх потрібно довантажити роботою на інших дільницях.

Інженерно-технічні працівники:

$$P_{інр} = 5 \cdot (0,15...0,24) = 0,75...1,2(чол).$$

Приймаємо кількість інженерно-технічних працівників – 2 чоловік. Як

видно з розрахунків інженерно-технічні працівники завантажені роботою недостатньо. Тому їх потрібно довантажувати роботою на інших дільницях.

Службовці:

$$P_{служ} = 3 \cdot (0,01...0,02) = 0,03...0,06(чол).$$

Кількість службовців приймаємо – 1 чоловік. Як видно з розрахунків службові працівники завантажені роботою в недостатній мірі. Тому їх потрібно довантажити роботою на інших дільницях.

Молодший обслуговуючий персонал:

$$P_{мол} = 7 \cdot (0,01...0,02) = 0,07...0,14(чол).$$

Кількість робітників молодшого обслуговуючого персоналу – 1 чоловік. Як видно з розрахунків молодший обслуговуючий персонал завантажений роботою в недостатній мірі. Тому їх потрібно довантажити роботою на інших дільницях.

Таблиця 3.5 – Зведена відомість працюючих

Працюючі (категорія)	Загальна кількість	Розподіл по професіям
Основні робітники	3	Токарі – 2
		Свердлильники –1
Допоміжні	1	Контролер – 1
ІТР	1	Майстер – 2
Службовці	1	Бухгалтер – 1
Молодший обслуговуючий персонал	1	Прибиральник – 1

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз умов праці

Аналізуються умови праці в зоні, де проводиться процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 02.08»

При виконанні механічної обробки на робітників можуть впливати шкідливі та небезпечні виробничі фактори. До них належать:

- наявність в повітрі робочої зони шкідливих аерозолів та газів;
- застосування високих напруг;
- підвищений рівень вібрації і шуму;
- наявність теплового випромінювання.

Психофізіологічні: фізичні перевантаження; нервово-психічні перевантаження (монотонність роботи, емоційні перевантаження).

Організація та проведення робіт на дільниці, розташування та експлуатація устаткування повинні відповідати Правилам з техніки безпеки і виробничої санітарії при проведені робіт.

4.2 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

До роботи повинний допускатися обслуговуючий персонал, що добре знає пристрій і роботу установки, що комплектує устаткування, електроживлення, вакуумних вимірів, а також технологічний процес.

Вентиляція, що відсмоктує, повинна бути постачена пиловловлюючим фільтром. Необхідно стежити за своєчасним очищенням пиловловлюючого фільтра.

Профілактичне очищення стінок камери робити пилососом і металевою щіткою.

Паління в таких приміщеннях забороняється.

У приміщеннях, де виробляються роботи, необхідно мати засоби для

гасіння пожежі – вогнегасники ОУ – 5 (не менш 2-х шт.).

Для забезпечення умов безпеки роботи і для запобігання неправильних дій обслуговуючого персоналу, що можуть привести до аварії і виходу з ладу устаткування, передбачені блокування.

Додаткові заходи безпеки при роботі з конкретними матеріалами повинні бути зазначені у відповідних технологічних інструкціях з нанесення визначених видів покриття та пайки.

Кожен споживач зобов'язаний (у залежності від конкретних умов) розробити свою інструкцію з техніки безпеки.

4.2.1 Електробезпека

У обладнанні застосовуються електродвигуни, які живляться від 3-х фазної 4-х провідної мережі U=380В, f=50Гц. Згідно ПУЕ-86 приміщення відноситься до особливо небезпечних, так як є наявність 2-х умов таких приміщень:

- струмопровідна підлога(залізобетон)
- можливість однозначного дотику людини до об'єктів, які з'єднані з землею, побудов і до металічних частин електрообладнання.

Для захисту від ураження струмом передбачено занулення, обладнання із заземленням – нейтралі.

4.3 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.3.1 Мікроклімат

Мікроклімат нормується в залежності від категорії робіт та періоду року, від того постійне чи непостійне робоче місце. Параметри мікроклімату та гігієнічні нормативи в робочій зоні нормуються згідно [19]. Цей стандарт встановлює санітарно-гігієнічні заходи до показників мікроклімату. Мікроклімат характеризується наступними показниками: T – температура повітря, ^{O}C; I – відносна вологість повітря, %; V – інтенсивність теплового опромінення, Вт/м^2; v – швидкість руху повітря, м/с. Параметри мікроклімату наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура					Відносна вологість %		Швидкість руху пов.	
		Оптимальна	Допустима верхня		Допустима нижня		Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима
			Пост. роб. місце	Непост. роб. місце	Пост. роб. місце	Непост. роб. місце				
Холодн.	IIб	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	≥0,4
Теплий	IIб	20-22	27	29	16	15	40-60	70	0,3	0,2-0,5

Категорія робіт IIб – енерговитрати 200-250 ккал/год (233-290Вт). Норми інтенсивності теплового опромінення (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Норми інтенсивності теплового опромінення

Відсоток опромінення поверх тіла людини	Більше 50	25-50	Менше 25
Допустима інтенсивність теплового опромінення,Вт/м^2	35	70	100

Концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинна перевищувати встановлених норм.

Для вилучення шкідливих викидів від місць їх виникнення необхідно встановити місцеві відсмоктувачі. Аварійна вентиляція повинна забезпечувати кратність повітрообміну не нижче загальнообмінної. Забороняється працювати у виробничих приміщеннях де виділяються шкідливі речовини при несправній або відключеній вентиляції.

ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони приведені в табл. 4.3 [20].

Викиди в атмосферу із системи вентиляції слід розташовувати на відстані від приймальних пристроїв не менше 10 м по горизонталі, або 6 м по вертикалі при цьому горизонтальній відстані менше 10 м. Викиди із систем місцевих відсмоктувачів слід розміщувати на висоті не менше 2 м над найвищою точкою крівлі, а викиди аварійної вентиляції – не менше 3 м від рівня землі.

Таблиця 4.3 – Гранично допустима концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м^3	Клас небезпеки	Агрегатний стан
Дизельне паливо	100	4	П
Сірчана кислота	12	А	А
Свинець та його неорганічні з'єднання	0,01	1	А

Кількість повітря, необхідного для розчинення шкідливих аерозолів до ГДК при повинна бути не менше 38700 м^3/кг при швидкості руху створюваного місцевими витягами ≥ 1,3 м/с. У приміщенні використовується приточно-витяжні системи вентиляції й місцеві витяги. Повітроводи повинні систематично очищатися від пилу, щоб кількість зваженого в повітрі й осілого пилу не могли створити вибухонебезпечні повітряні суміші в об’ємі більш 1% від об’єму приміщення.

Виробничі приміщення повинні бути обладнанні опаленням та загальнообмінною вентиляцією відповідно до вимог [20] забезпечувати стан повітря.

Для обігріву і створення у приміщеннях показників мікроклімату повинно застосовуватись опалення. Передбачається парова система опалення, яка повинна забезпечувати рівномірне прогрівання повітря в приміщеннях, можливість місцевого регулювання або вимикання, зручність у експлуатації і доступ до ремонту.

4.3.2 Освітлення

У зоні механічної обробки необхідно передбачити природне (бокове двохстороннє) та штучне освітлення [21]. При боковому освітленні коефіцієнт природного освітлення повинен бути не менше 1,5%. Штучне освітлення повинно складати 400-500 лк.

Таблиця 4.4 – Значення кількісних показників освітлення

Характер зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення	Характеристика фону	Штучне освітлення	Природне освітлення
					Лк	КЕО,%
						Бічне
Середньої точності	1,0-2	IV	Великий	Світлий	500	1,5

Штучне освітлення проводиться світильниками з лампами розжарення. Вони забезпечують усунення сліпучої дії джерела світла. Освітленість проходів в виробничому приміщенні повинна складати – 75 Лк. Світильники місцевого освітлення живляться від мережі напругою 36 В, загального 220 В. Всі світильники повинні мати заземлення і бути герметичними по ступені захисту IP65.

4.3.3 Шум

До організаційно-технічних засобів і методів колективного захисту відноситься: застосування малошумного технологічного процесу; оснащення шумних агрегатів засобами дистанційного керування й автоматичного контролю; застосування малошумних агрегатів; удосконалювання технології ремонту й обслуговування; використання раціональних режимів праці і відпочинку робітників [22].

Таблиця 4.5 – Рівні звукового тиску

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньогеометричними частотами Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку в дБ(А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виконання всіх видів робіт на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях і на території	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

4.3.4 Вібрації

Норми вібрації вибираються за [23]. При роботі з установкою працюючий може піддаватися дії вібрації. Загальна вібрація викликає струс всього організму, місцева – окремі частини тіла. Локальної вібрації піддаються працюючі з ручним електричним. Працюючий може піддаватися одночасно впливу загальної і локальної вібрації (“комбінована вібрація”).

Таблиця 4.6 – Категорія вібрацій

Категорія вібрації по санітарним нормам критерій оцінки	Характеристика умов праці	Приклад джерел вібрацій
Тип «а» Границя зниження рівня виробничої праці	Технологічна вібрація діє на операторів стаціонарних машин і обладнання або на робочі місця від інших джерел вібрації	Верстати, електричні машини, насосні агрегати, вентилятори

Таблиця 4.7 – Характеристики вібрацій

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дії	Нормативне коректування по частоті і еквівалентне коректування значень			
			Вібро-прискорення		Віброшвидкість	
			$м/с^2 \cdot 10^{-2}$	дБ	$м/с^2 \cdot 10^{-2}$	дБ
Локальна Загальна	— 3 тип “а”	Хл,Ул,Zл $Z_0.Y_0.X_0$	2,0 0,1	126 100	2,0 0,2	112 92

4.4 Технічні рішення з пожежної безпеки

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

Категорії виробництв по пожежній небезпеці варто приймати по спеціальних відомчих переліках, затвердженим міністерствами у встановленому порядку [24-27].

Цехи і ділянки механічної обробки відносяться до категорії Г виробництв по пожежній і вибуховій небезпеці. Кількість вогнегасників і інших первинних засобів пожежегасіння для таких цехів і ділянок повинне вибиратися відповідно до зазначених вище Типовими правилами. Приміщення повинні бути побудовані з елементів конструкцій по IV категорії протипожежної безпеки (протипожежна стійкість не менш 2 год.).

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

Таблиця 4.4 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у год.) і максимальні межі розповсюдження полум'я по них (у см.) для даного ступеня вогнестійкості будівель

Ступінь вогнестійкості	Стіни				Колони	Сходчаті площадки і клітки, косоури	Плити, настили і інші несучі конструкції перекриття	Елементи покриття	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі				Плити, настили, прогони	Балки, ферми, арки, рами
IIa	1/0	0,5/0	0,25/40	0,25/40	0,25/0	1/0	0,25/0	0,25/25	0,25/0

Таблиця 4.5 – Ступінь вогнестійкості, допустима кількість поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку будівлі

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

Найбільш прийнятним способом пожежегасіння для проектуємої дільниці є спосіб розбавлення. Він полягає у тому, що при концентрації кисню у повітрі до 14-18% горіння припиняється. Досягається це за рахунок введення в повітря

інертних газів, головним чином вуглекислого. Вуглекислим газом можна гасити все, включаючи електроустановки, що знаходяться під напругою. Для пожежегасіння використовують рідку вуглекислоту. В якості ручних вуглекислотних вогнегасників застосовуються ОУ-2, ОУ-5 та ОУ-8.

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

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

На ділянці механічної обробки був проведений аналіз умов праці в зоні, визначені санітарно-гігієнічні вимоги до приміщення, проведений розрахунок рукавного відсмоктувача, освітлення, електробезпеки, розроблені питання з техніки безпеки роботи на даній дільниці та пожежної безпеки.

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 «Корпус 02.08». 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 «Корпус 02.08».

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., Лозінський Д. О., Сердюк О. В. Технології для верстатів з числовим програмним керуванням: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання. Вінниця : ВНТУ, 2023. 116 с. Електронний ресурс : https://iq.vntu.edu.ua/method/getfile.php?fname=5927.pdf&card_id=1949&id=5927.

4. 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.

5. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. К. : Вища школа, 1993. 414 с.

6. Рудь В. Д. Курсове проектування з технології машинобудування. К. : ІСДО, 1996. 300 с.

7. 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.

8. Дусанюк Ж. П., Шиліна О. П., Репінський С. В., Дусанюк С. В. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2009. 199 с.

9. Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення : ДСТУ 8981–2020. – [Чинний від 2021-05-01] К. : ДП «Укр НДЦН» 2021. – 77 с.

10. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготованок. Львів : Світоч, 1996. 348 с.

11. Добрянський С. С., Малафєєв Ю. М., Пуховський Є. С. Проектування і виробництво заготовок : підручник. К. : НТУУ «КПІ», 2014. 353 с.

12. Руденко П. О., Харламов Ю. О., Шустик О. Г. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин. К. : ІСДО, 1993. 304 с.

13. Дерібо О. В., Репінський С. В. Розмірно-точнісне моделювання конструкцій та технологічних процесів: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс]. Вінниця : ВНТУ, 2024. 105 с. Режим доступу : https://iq.vntu.edu.ua/repository/card.php?lang=uk&id=8184.

14. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Сухоруков С. І. Основи технології машинобудування. Частина 2: практикум. Вінниця: ВНТУ, 2015. 116 с.

15. Булига Ю. В., Веселовська Н. Р., Міськов В. П. Теорія різання. Розрахунок режимів різання : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2019. 67 с.

16. 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.

17. 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.

18. Джур Є. О., Бондаренко О. В. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина: навч. посіб. – Д. : «Інновація», 2011. 109 с.

19. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: http://mozdocs.kiev.ua/vie.

20. ДБНВ.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013.

21. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885.

22. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

23. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.

24. ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. URL: https://ammokote.com/wp-content/uploads/2020/08/DSTU_2272_2006.pdf.

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

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

27. 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 НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: _Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 02.08»

Тип роботи: БДР
(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше (зазначити)

Підрозділ _кафедра технологій та автоматизації машинобудування, ФМТ, гр. 1ПМ-20б
(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Науковий керівник Дерібо О. В., професор каф. ТАМ
(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

Plagiat.pl (StrikePlagiarism)		Unicheck	
КП1		Оригінальність	**88,8**
КП2			
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	**11,2**

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- ☐ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ 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.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи (додається)

Автор _____ Ролінський В. В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Робота може бути допущена до захисту

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

Експерт _____ _____
(за потреби) (підпис) (прізвище, ініціали, посада)

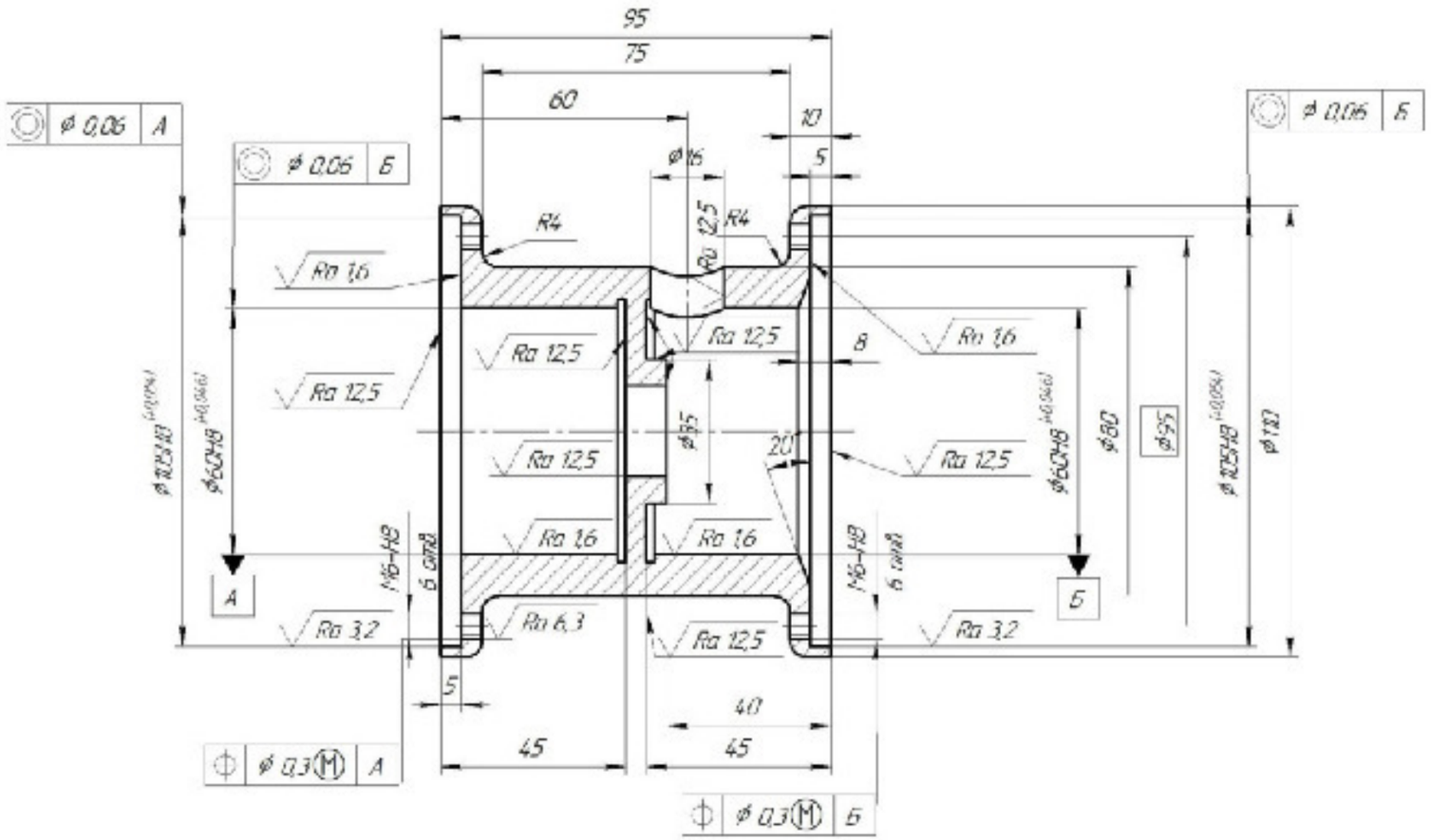
Додаток Б

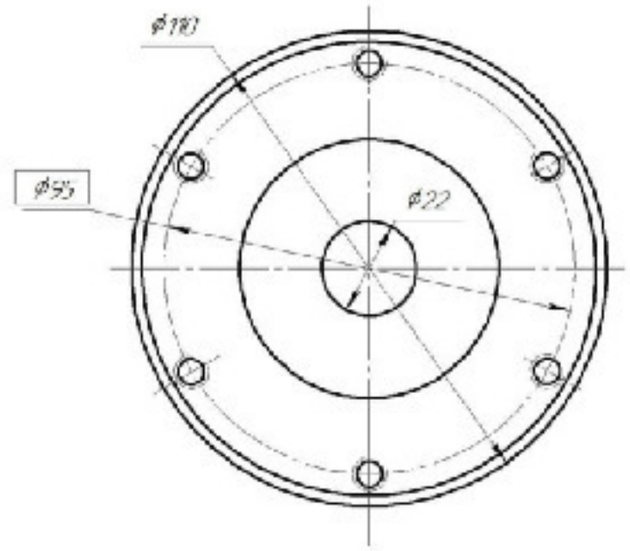
(обов’язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС 02.08»

08-64.БДР.022.00.001





1. 180...220 НВ

2. Невказані граничні відхилення розмірів по IT14, h14, = $\frac{IT14}{2}$

					08-64.БДР.022.00.001			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Корпус 02.08	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Кожемяко Ю.О.					2	1:1
Пров.		Дерко О.В.				Лист	Листов 1	
Т.контр.								
Н.контр.		Кожемяко Ю.О.			Сталь 30л ГОСТ 977-65	ВНТУ ст. гр. 1ВМ-20б		
Утв.		Хомич М.						

Копировал

Формат А2

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

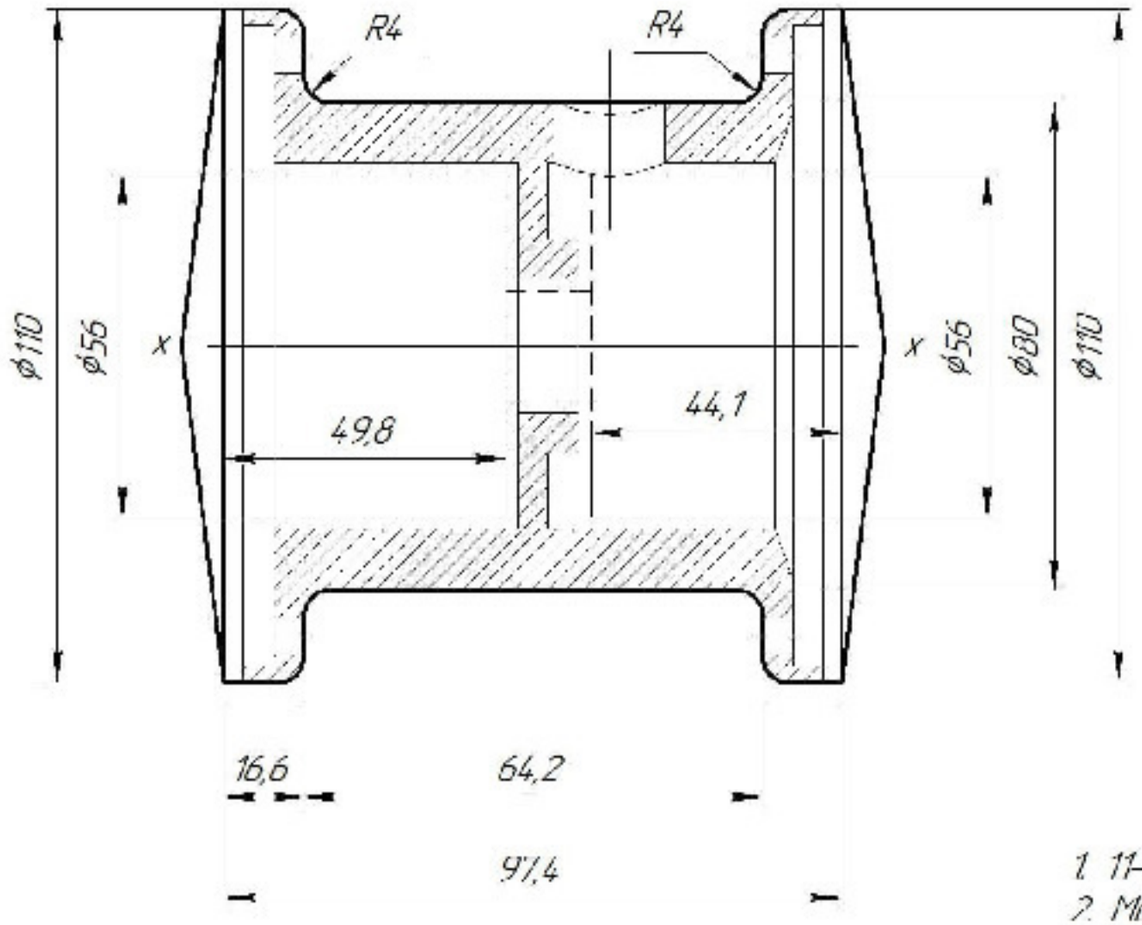
Подп. и дата

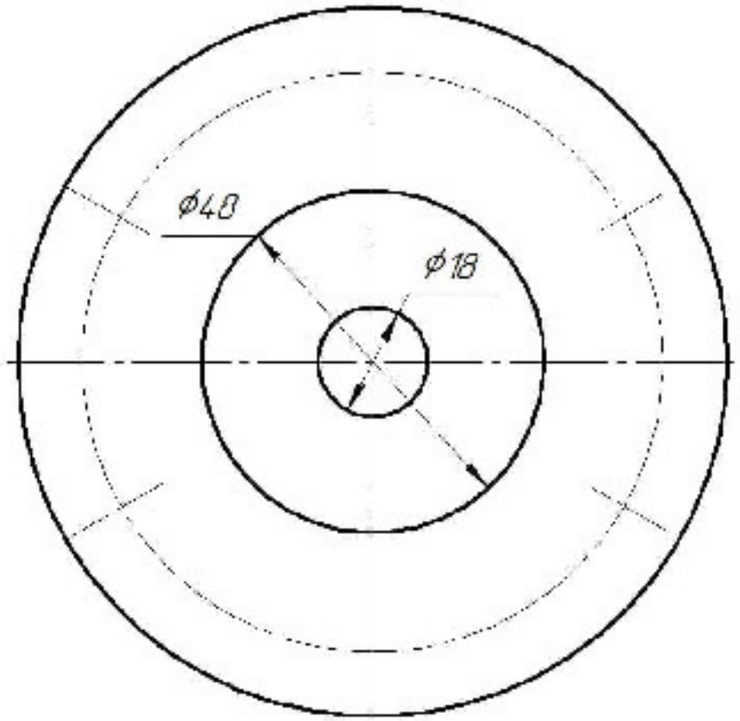
Инв. № подл.

3D- модель деталі "Корпус"

08-64.БДР.022.00.002

Ra 12,5 (√)





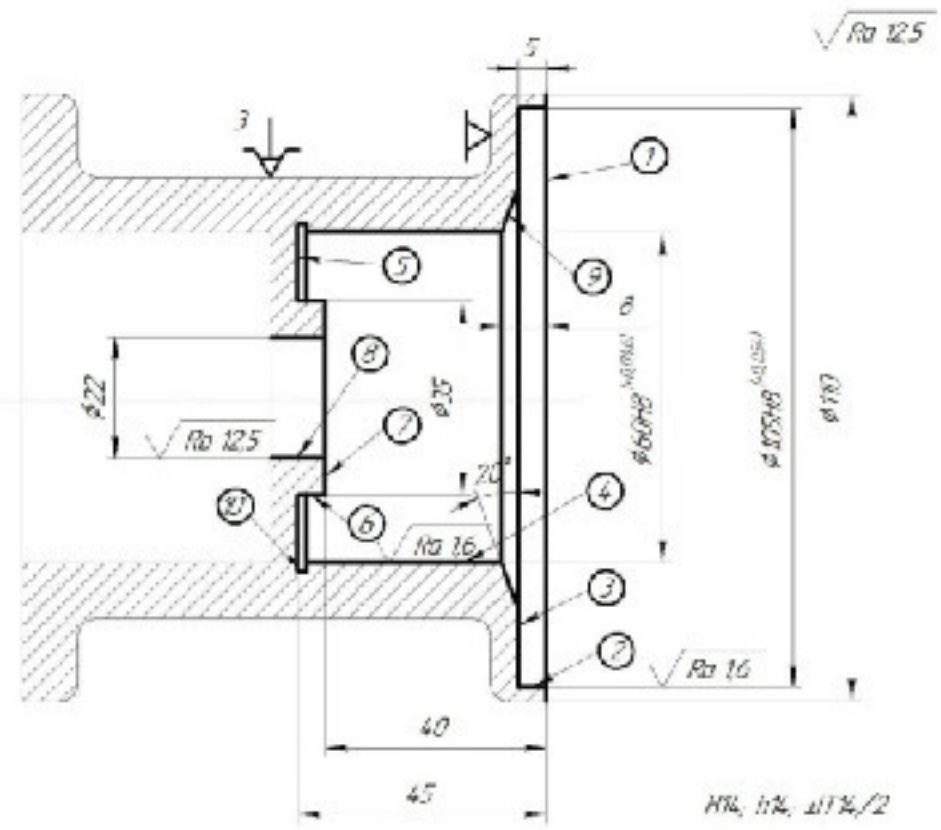
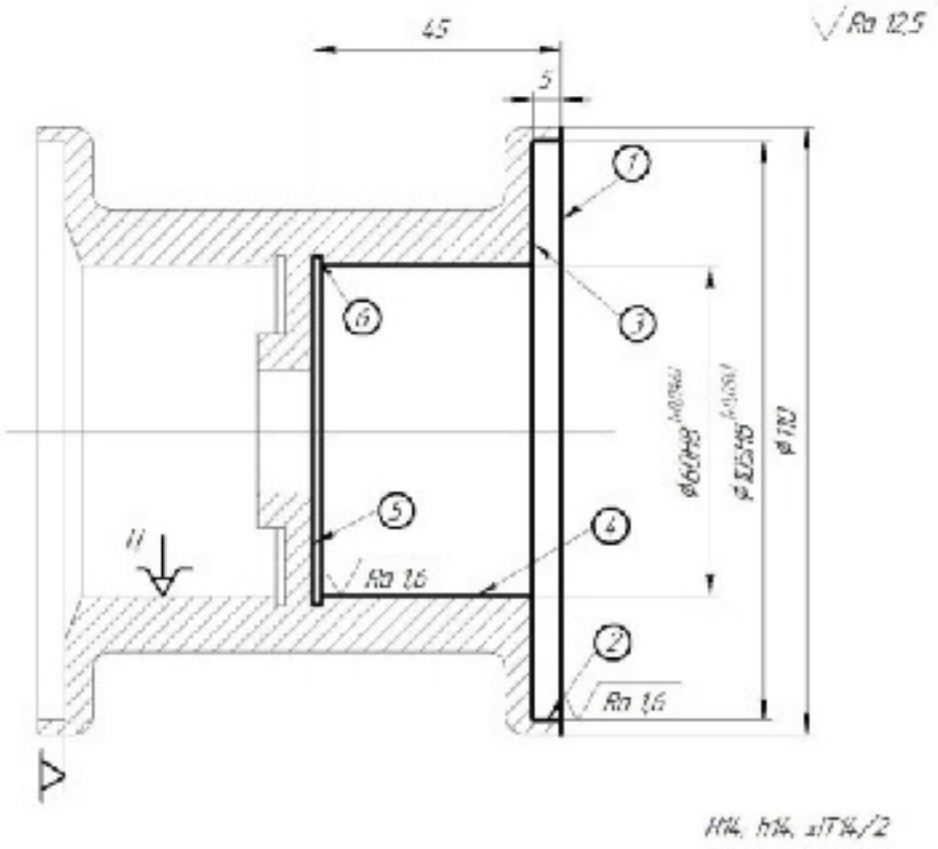
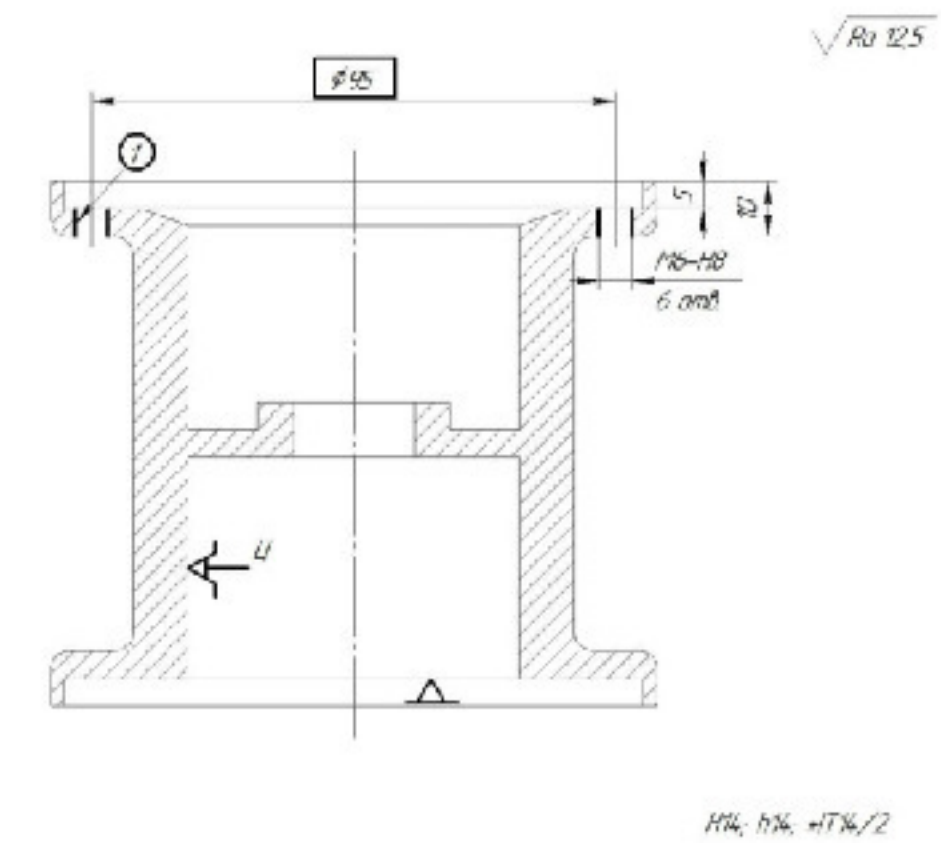
1. 11-4-12-11-5 ГОСТ 26645-85
2. Маст 2,2-0,3 ГОСТ26645-85
3. Для лиття в піщано – глинисті форми нейкласні на креслянні радіуси заокруглень 2-5мм, формувальні нахили 1-3°

4. Для виливка в піщано – глинисті форми допускаються раковини і пустоти діаметром не більше 1-2 мм на глибині 2-4 мм

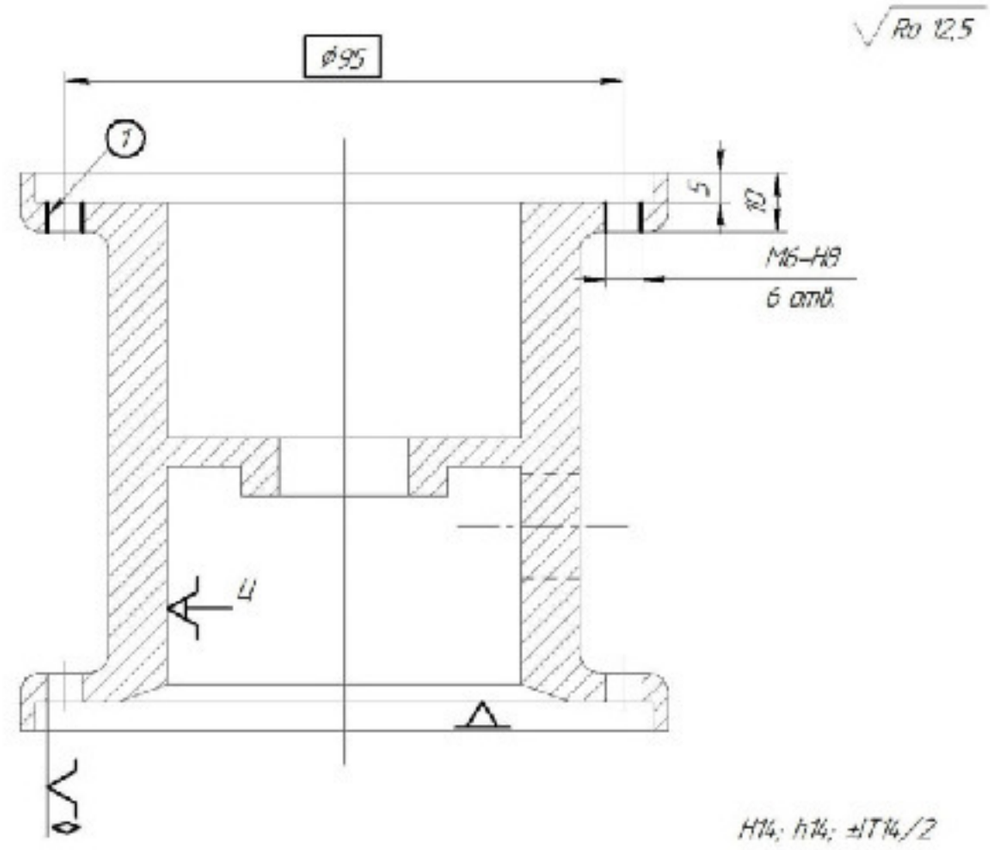
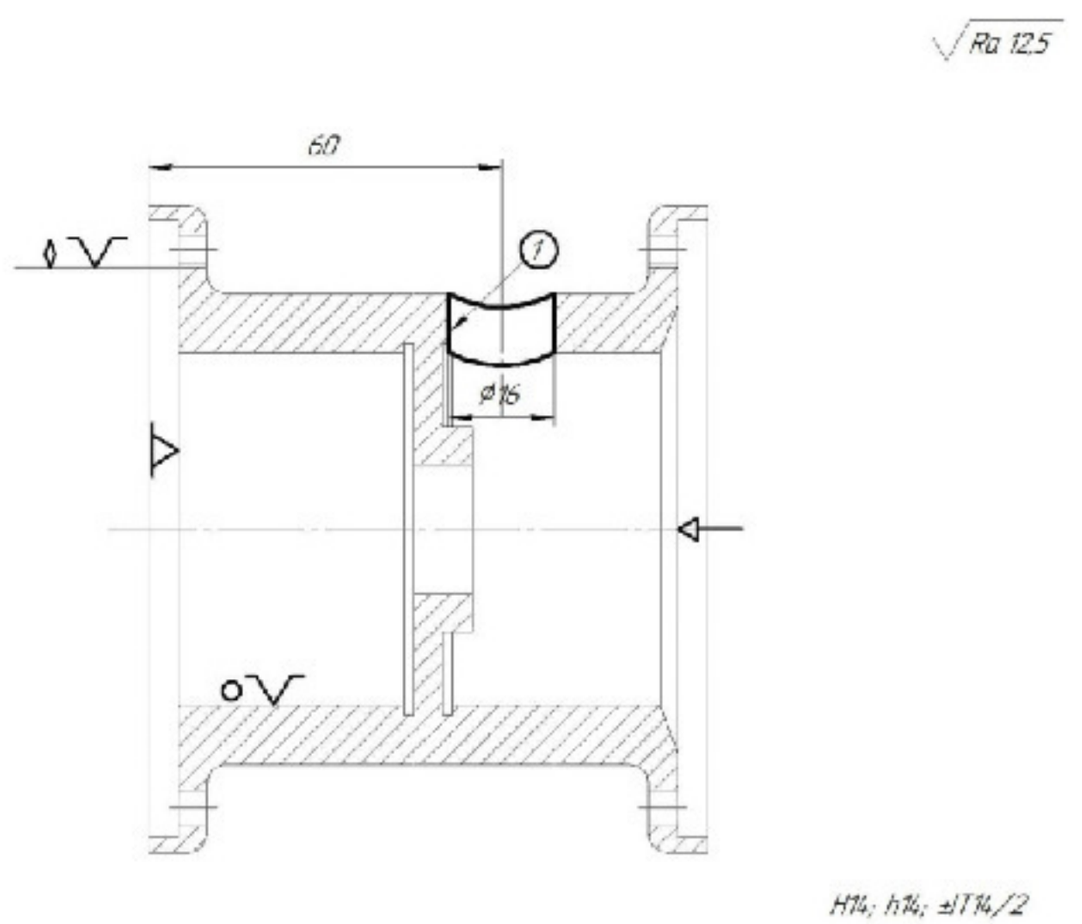
					08-64.БДР.022.00.002		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Корпус (виливок)	Лит.	Масса	Масштаб
Розроб.		Рижський В.О.					2,2	1:1
Пров.		Дерба О.В.				Лист	Листів 1
Т.контр.							
Н.контр.		Лозинський Ш.О.			Сталь 30Л ГОСТ 977-65	ВНТУ, ст. гр. 1ПМ-20б	
Утв.		Ковальчук Л.Г.					

Копіювання Формат А3

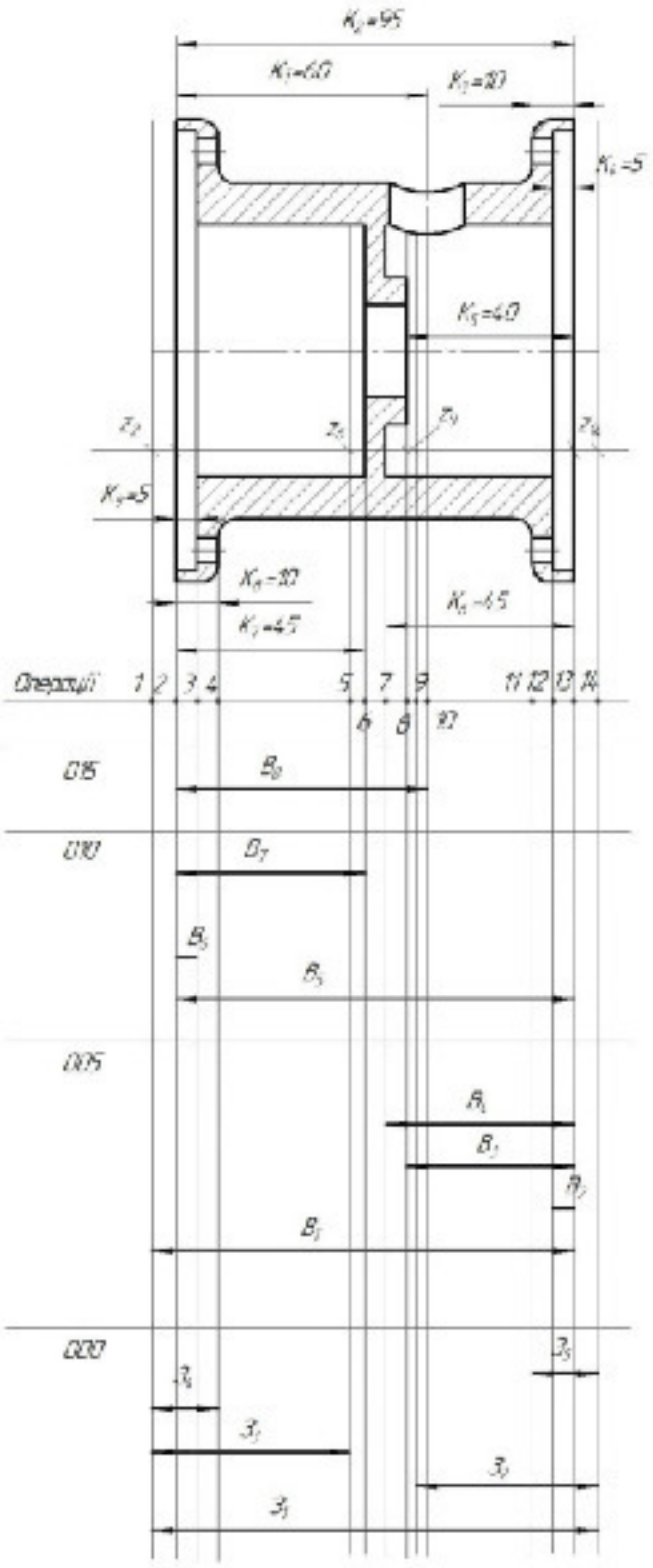
Маршрут механічної обробки

№ Операції	Операції і переходи	Ескіз та схеми установки	Тип обладнання
005	Токарно-револьверна з ЧПК 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Підрізати торець 1 однократно. 3. Розточити поверхню 2,3,4 попередньо по контуру та підрізати торець 7. 4. Точити поверхню 5,6. 5. Точити канавку 10. 6. Розточити поверхню 2,3,4, 9 по контуру попередньо. 7. Розточити поверхню 8. 8. Розточити поверхню 2,3,4 по контуру остаточно. 9. Зняти деталь.		Токарно-револьверний з ЧПК 16ОП1Т
010	Токарно-револьверна з ЧПК 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Підрізати торець 1 однократно. 3. Розточити поверхню 2,3,4 попередньо по контуру. 4. Розточити поверхню 2,3,4 попередньо по контуру. 5. Підрізати торець 5 однократно. 6. Точити канавку 6. 7. Розточити поверхню 2,3,4 остаточно по контуру. 8. Зняти деталь.		Токарно-револьверний з ЧПК 16ОП1Т
015	Вертикально-свердлильна з ЧПК 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Центрувати 6 отворів 1. 3. Свердлити 6 отворів 1. 4. Нарізати різь в 6 отворах 1. 5. Зняти деталь.		Вертикально-свердлильний верстат 2Р135Ф2

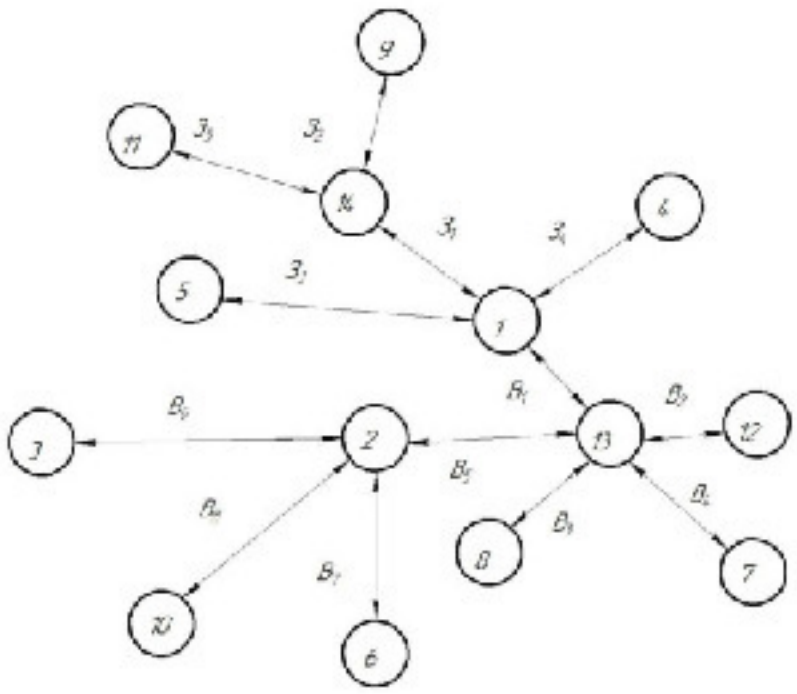
Маршрут механічної обробки
(продовження)

№ Операції	Операції і переходи	Ескіз та схеми установки	Тип обладнання
020	Вертикально свердлильна з ЧПК 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Центрувати 6 отворів 1. 3. Свердлити 6 отворів 1. 4. Нарізати різь в отворах 1. 5. Знати деталь.		Вертикально-свердлильний верстат 2Р135Ф2
025	Вертикально-свердлильна з ЧПК 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Центрувати отвір 1. 3. Свердлити отвір 1. 4. Знати деталь.		Вертикально-свердлильний верстат 2Р135Ф2

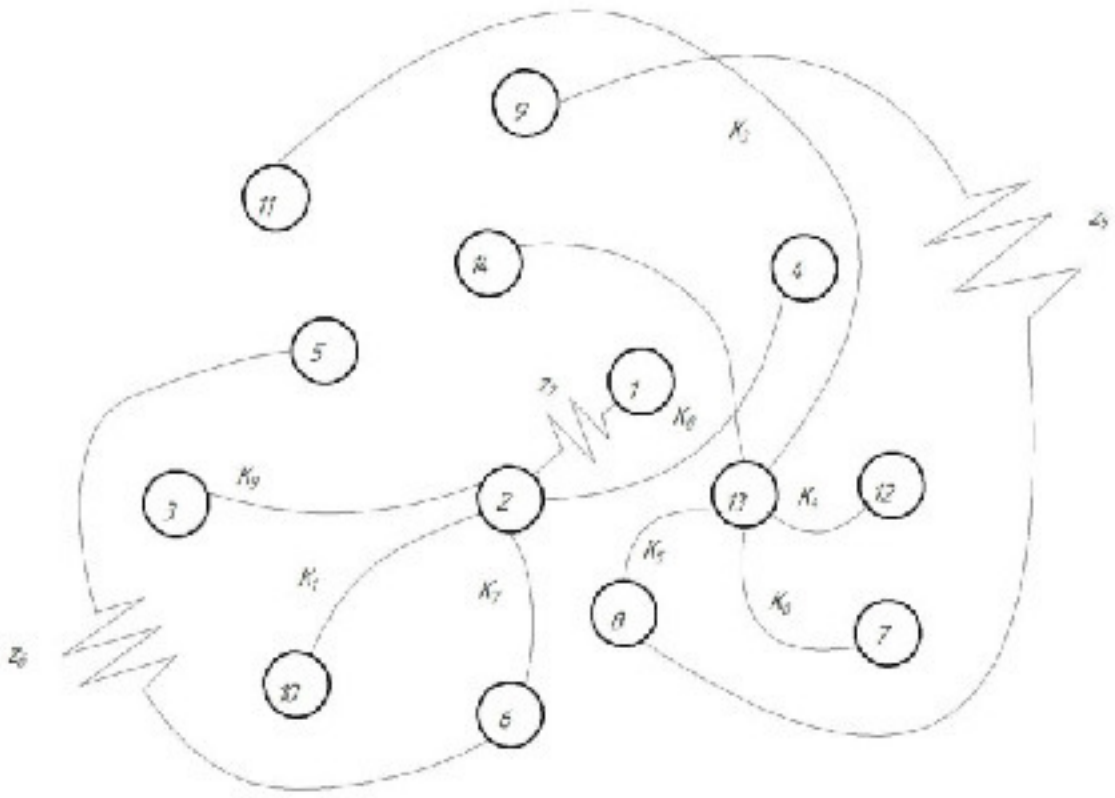
Розмірний аналіз технологічного процесу



Вихідний граф-дерево



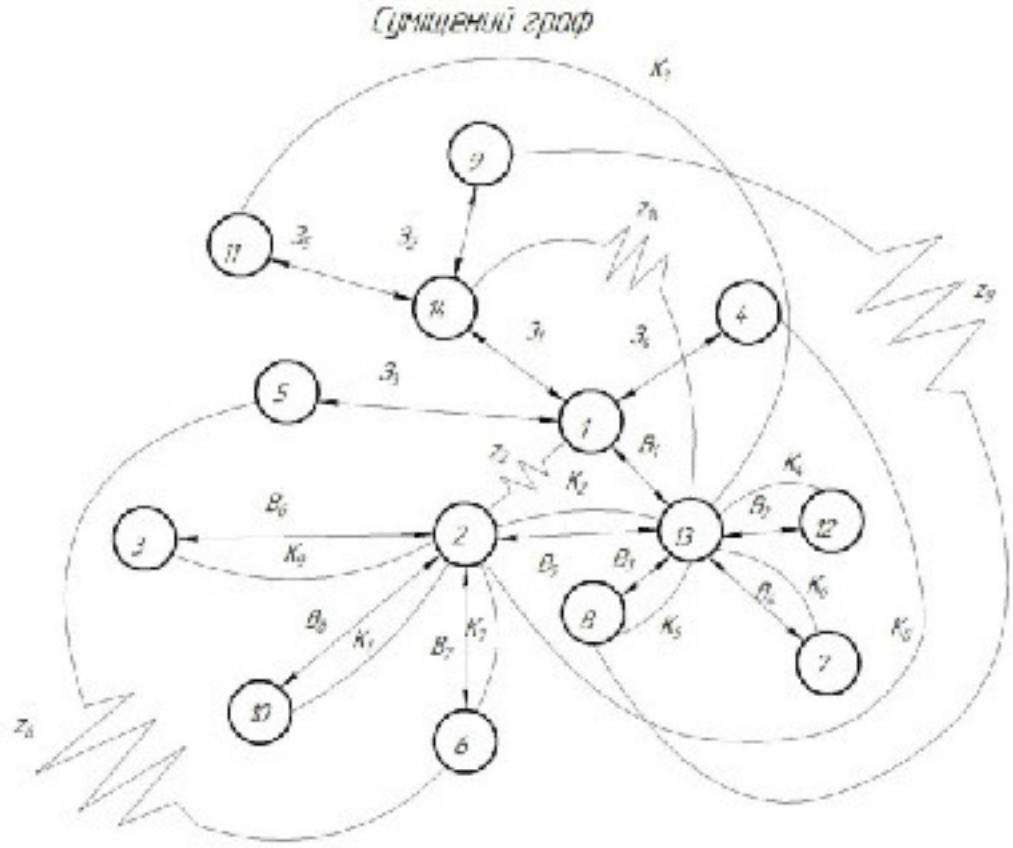
Похідний граф-дерево



Рівняння для розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

Номінальне рівняння	Основне рівняння	Рівняння що вирішується
$-K_1+B_1=0$	$K_1=B_1$	B_1
$-K_2+B_{10}=0$	$K_2=B_{10}$	B_{10}
$-K_3+B_9=0$	$K_3=B_9$	B_9
$-K_4+B_4=0$	$K_4=B_4$	B_4
$-K_5+B_2=0$	$K_5=B_2$	B_2
$-K_6+B_3=0$	$K_6=B_3$	B_3
$-K_7+B_5=0$	$K_7=B_5$	B_5
$-z_1+B_1-B_3=0$	$z_1=B_1-B_3$	B_1
$-z_6-Z_1+B_1-B_3+B_2+B_4=0$	$z_6=-Z_1+B_1-B_3+B_2$	Z_1
$-z_{10}-B_1+Z_1=0$	$z_{10}=Z_1-B_1$	Z_1
$-z_9+B_1-B_1+Z_1-Z_2=0$	$z_9=-Z_2+B_1-B_1+Z_1$	Z_2
$-K_3+Z_2-Z_1+B_1=0$	$K_3=Z_2-Z_1+B_1$	Z_2
$-K_6+Z_1+B_3-B_1=0$	$K_6=Z_1+B_3-B_1$	Z_1

Сумісний граф



Мінімальні граничні припуски

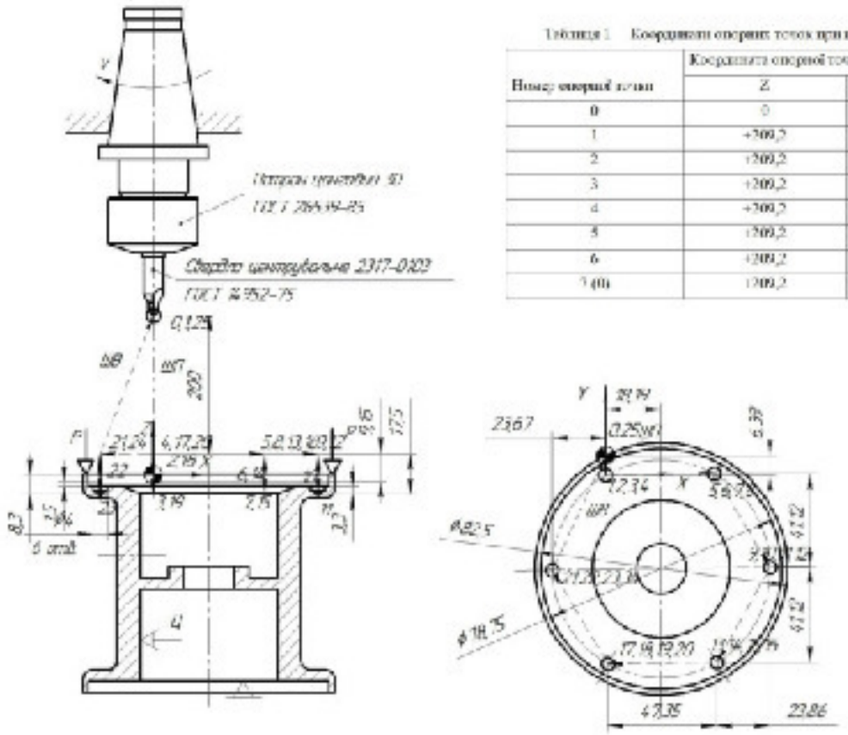
z_{2min}, мм	z_{3min}, мм	z_{8min}, мм	z_{9min}, мм
1,5	1	1	1,5

Значення максимальних та мінімальних технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки

	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8
max	99,74	39,63	45,5	11,5	10,63	97,37	5	40	45	95	5	45	60
min	98,87	40,25	46,12	11,93	11,06	98,24	5,3	40,62	45,62	95,87	5,3	45,62	60,74

08-64.БДР.022.00.004

Перехід 1 – Центрування

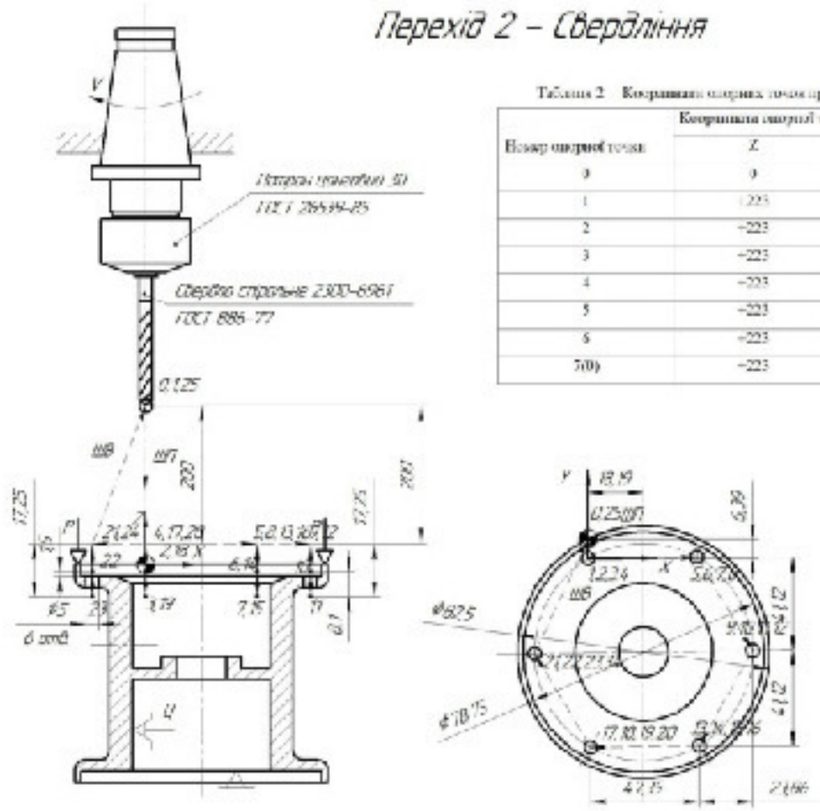


Таблиця 1 – Координати опорних точок при центруванні

Номер опорної точки	Координата опорної точки		
	Z	Y	X
0	0	0	0
1	+200,2	−7,5	+41,12
2	+200,2	+31,36	+41,12
3	+200,2	+78,71	0
4	+200,2	+102,57	+41,12
5	+200,2	+78,71	+41,12
6	+200,2	+31,36	0
7(0)	+200,2	+0	0

Невказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT 14/2

Перехід 2 – Свердління

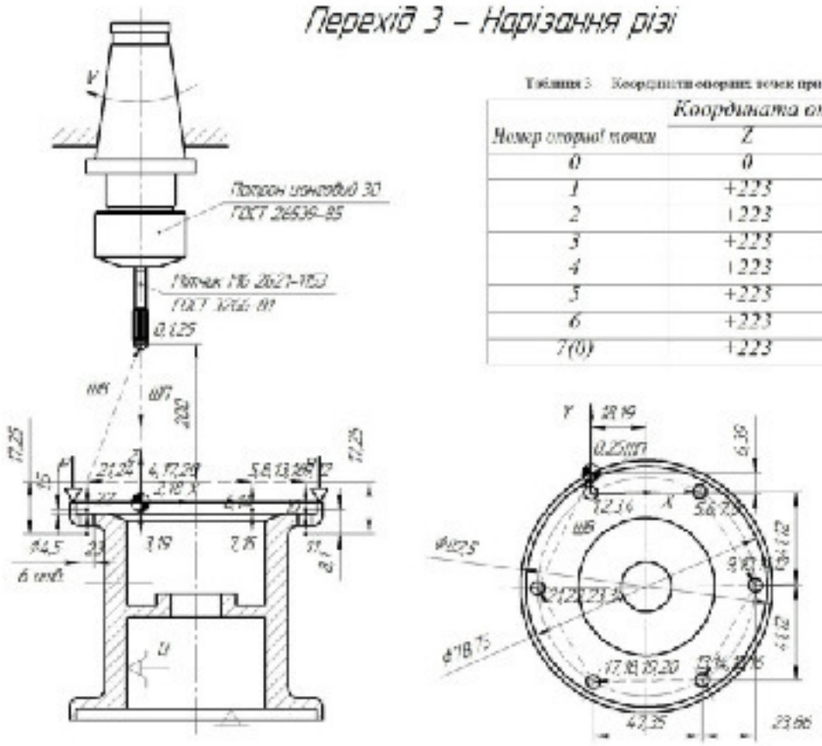


Таблиця 2 – Координати опорних точок при свердлінні

Номер опорної точки	Координата опорної точки		
	Z	Y	X
0	0	0	0
1	+223	+7,5	+41,12
2	−223	+31,36	+41,12
3	−223	+78,71	0
4	−223	−102,57	+41,12
5	−223	+78,71	+41,12
6	−223	+31,36	0
7(0)	−223	+0	0

Невказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT 14/2

Перехід 3 – Нарізання різі



Таблиця 3 – Координати опорних точок при нарізанні різі

Номер опорної точки	Координата опорної точки		
	Z	Y	X
0	0	0	0
1	+223	+7,5	−41,12
2	−223	+31,36	−41,12
3	+223	+78,71	0
4	−223	+102,57	−41,12
5	+223	+78,71	−41,12
6	+223	+31,36	0
7(0)	−223	+0	0

Невказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT 14/2

015	3	Нарізати різьбу М6	5	3	0,49	945	
	2	Свердлити отвір 1	5	0,7	0,17	2086,2	
	1	Центрувати отвір 1	3,3	0,7	0,33	3086,3	
	Вертикально-фрезерна з ЧПК	Обладнання: 2Р135Ф2	Ріжучий інструмент: Різець				

08-64.БДР.022.00.004

Карта налагодження на операцію 015

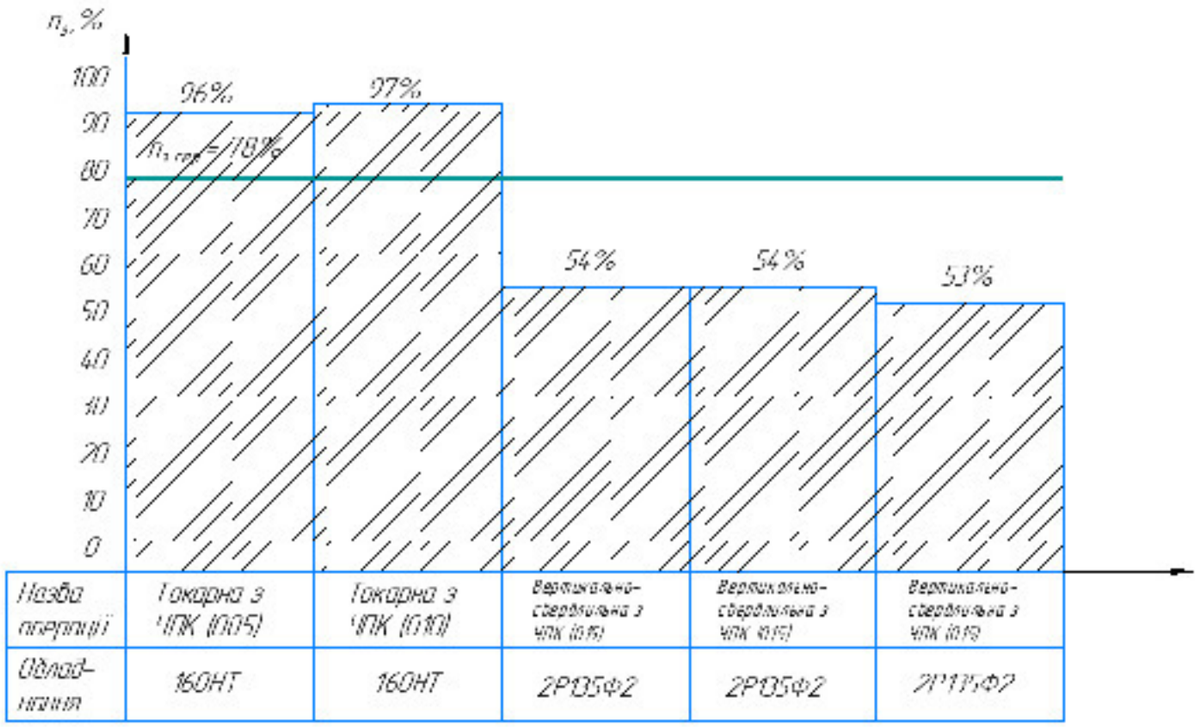
Лит. | Масса | Масштаб 1:1

Лист | Листів 1

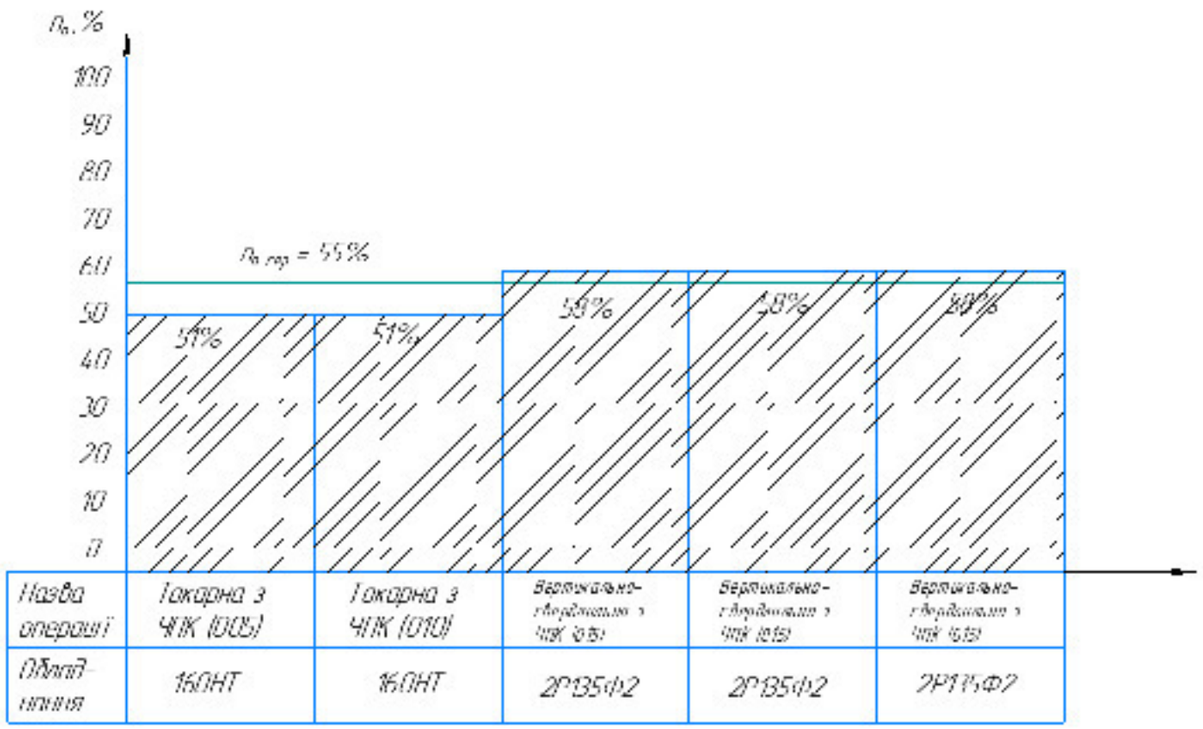
ВНТУ
гр. 2ПМ-21б

Розробив: Гуменюк О.О.
Перевір.: Дмитро О.В.
Затверд.: Кондратенко В.Г.
Н.контр.: Кожемяко О.Г.

Графіки завантаження обладнання



Графік завантаження обладнання



Графік використання обладнання за основним часом