

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

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

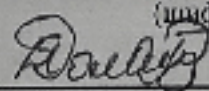
Бакалаврська кваліфікаційна робота

на тему:

«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ “КОРПУС ГІДРОЦИЛІНДРА 100.50.01.08Б”»

Виконав: студент 4 курсу, групи 1ПМ-23мс
спеціальності 131 – Прикладна механіка

(цифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)



Ярослав ДОЛІНСЬКИЙ

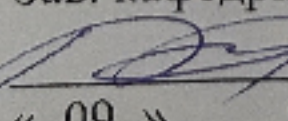
Керівник: к.т.н., проф., професор каф. ТАМ
Юрій БУРЄННІКОВ

« 06 » 06 2025 р.

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

« 13 » 06 2025 р.

Допущено до захисту
Зав. кафедри ТАМ

 д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ
« 09 » 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

Вінницький національний технічний університет

Факультет машинобудування та транспорту

(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

(повна назва кафедри)

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань – 13 Механічна інженерія

(шифр і назва)

Спеціальність – 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

Освітньо-професійна програма –

Комп'ютеризовані технології та механотронні системи в машинобудуванні

(назва освітньо-професійної програми)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ

« 20 » 03 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Долінському Ярославу Борисовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус гідроциліндра 100.50.01.08Б»

Керівник роботи Буренніков Юрій Анатолійович, к.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

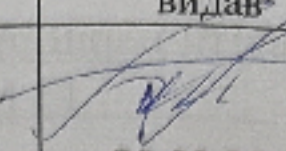
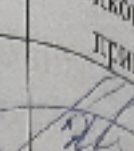
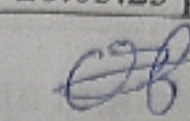
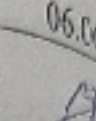
2. Термін подання студентом роботи: 16 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Корпус гідроциліндра 100.50.01.08Б»;
річна програма випуску 3 000 шт.; довідкова література

4. Зміст текстової частини: анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Пустотілі циліндри»; розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус гідроциліндра 100.50.01.08Б»; розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус гідроциліндра 100.50.01.08Б»; охорона праці; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
деталь «Корпус гідроциліндра 100.50.01.08Б» (A3); 3D-модель деталі (A3); заготовка корпусу (прокат) (A3); маршрут механічної обробки (A1); розмірний аналіз технологічного процесу (A1); карта налагоджень (операція 005) (A1); графіки завантаження обладнання (A1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконав
Спеціальна частина	Юрій БУРСНІКОВ, професор кафедри ТАМ	 20.03.25 р.	 06.06.25
Охорона праці	Олег БЕРЕЗІОК, професор кафедри БЖД ПБ	 26.05.25 р.	 06.06.25

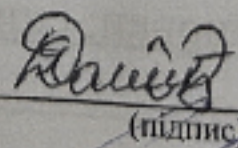
7. Дата видачі завдання « 20 » 03 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

Керівник роботи


(підпис)

(підпис)

Ярослав ДОЛІНСЬКИЙ

Юрій БУРСНІКОВ

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 87 сторінок формату А4, на яких є 14 рисунків, 20 таблиць, список використаних джерел містить 29 найменувань.

Метою роботи є проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус гідроциліндра 100.50.01.08Б».

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

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

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

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

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 87 A4 pages, which have 14 figures, 20 tables, the list of sources used contains 29 items.

The aim of the work is to design a technological process for machining a workpiece of the type «Hydraulic cylinder housing 100.50.01.08B».

In the general part of the work, a review of the technology for manufacturing a part of the «Hollow cylinder» 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	7
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «ПУСТОТІЛІ ЦИЛІНДРИ»	8
1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	8
1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Пустотілі циліндри»	14
2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС ГІДРОЦИЛІНДРА 100.50.01.08Б»	17
2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі	17
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	27
2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки	28
2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого	29
2.3 Розробка маршруту механічної обробки	31
2.3.1 Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 100^{+0,087}$	31
2.3.2 Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз	33
2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки	35
2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу	36
2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь	41
2.3.6 Визначення режимів різання	45

	6
2.3.7 Визначення технічних норм часу	49
3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ГІДРОЦИЛІНДРА 100.50.01.08Б»	53
3.1 Розрахунок приведеної програми	53
3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	57
3.3 Побудова графіків завантаження обладнання	60
3.4 Розрахунок кількості працівників на ділянці	61
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	65
4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих чинників у виробничому приміщенні	65
4.2 Карта умов праці	70
4.3 Пожежна безпека	73
ВИСНОВКИ	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	76
ДОДАТКИ	79
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	79
Додаток Б (обов'язковий). Графічна частина	80

ВСТУП

Актуальність. У розвитку технології обробки металів різанням за останні роки відбуваються принципові зміни. Інтенсифікація технологічних процесів на основі застосування ріжучих інструментів з нових інструментальних матеріалів, розширення сфери застосування обладнання з ЧПК, створення роботизованих верстатних комплексів і гнучких виробничих систем з управлінням від ПК, підвищення розмірної і геометричної точності, що досягається при обробці – такий неповний перелік найважливіших напрямків розвитку технології механічної обробки в машинобудуванні.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус гідроциліндра 100.50.01.08Б».

Завдання, що вирішуються в роботі:

- проведення огляду технології виготовлення деталі типу «Корпус»;
- 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 гідроциліндра 100.50.01.08Б»;
- розмірний аналіз технологічного процесу;
- визначення режимів різання та норм часу технологічного процесу механічної обробки;
- розрахунок приведеної програми, кількості обладнання та працівників на проектуємій ділянці;
- виконання розділу з охорони праці.

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «ПУСТОТІЛІ ЦИЛІНДРИ»

1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

1.1.1 Визначення типу виробництва

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій [1, 2]:

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

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

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

Вихідними даними для визначення $K_{з.о.}$, а значить і типу виробництва, є робоче креслення і річна програма випуску деталі.

Визначення 5 типових переходів:

- Розточування чорнове поверхні $\varnothing 100^{+0,087}$;
- Розточування чистове поверхні $\varnothing 100^{+0,087}$;
- Підрізання торця $\varnothing 114$;
- Фрезерування паза шириною 7 мм;
- Розкочування поверхні $\varnothing 100^{+0,087}$.

Визначення штучно-калькуляційного часу для кожного переходу здійснюється за формулою [1, 2]:

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

Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів

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

де $N = 3000$ шт. – річна програма випуску деталі «Корпус гідроциліндра 100.50.01.08Б»;

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

F_d – дійсний річний фонд часу (при двохзмінній роботі);

$\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_{з.н.} = 0,8$).

Таблиця 1.1 – Характерні переходи обробки

№	Переходи	$T_0 \cdot 10^{-3}$, хв.	T_0 , хв.	ϕ_k	$T_{шк}$, хв.
1	Розточування поверхні $\varnothing 100^{+0,087}$ попереднє	$0,18 \cdot d \cdot l$	$0,18 \cdot 100 \cdot 222 \cdot 10^{-3} = 3,996$	2,14	8,55
2	Розточування поверхні $\varnothing 100^{+0,087}$ попереднє	$0,2 \cdot d \cdot l$	$0,2 \cdot 100 \cdot 222 \cdot 10^{-3} = 4,44$	2,14	9,5
3	Розточування поверхні $\varnothing 100^{+0,087}$ остаточне	$0,3 \cdot d \cdot l$	$0,3 \cdot 100 \cdot 222 \cdot 10^{-3} = 6,66$	2,14	14,25
4	Фрезерування пазу шириною 7	$7 \cdot l$	$7 \cdot 47 \cdot 10^{-3} = 0,349$	1,84	0,64
5	Розточування поверхні $\varnothing 100^{+0,087}$	$0,5 \cdot d \cdot l$	$0,3 \cdot 100 \cdot 222 \cdot 10^{-3} = 6,66$	2,14	14,25

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

$$- C_p = \frac{3000 \cdot 8,55}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,133 \quad C_{np} = 1(\text{шт.});$$

$$- C_p = \frac{3000 \cdot 9,5}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,15 \quad C_{np} = 1(\text{шт.});$$

$$- C_p = \frac{3000 \cdot 14,25}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,221 \quad C_{np} = 1(\text{шт.});$$

$$- C_p = \frac{3000 \cdot 0,64}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,016 \quad C_{np} = 1(\text{шт.});$$

$$- C_p = \frac{3000 \cdot 14,25}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,221 \quad C_{np} = 1(\text{шт.}).$$

Визначено фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

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

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

P_i – кількість робочих місць для виконання даної операції.

$$- \eta_{зф} = \frac{C_p}{P} = \frac{0,133}{1} = 0,133 ;$$

$$- \eta_{зф} = \frac{C_p}{P} = \frac{0,15}{1} = 0,15 ;$$

$$- \eta_{зф} = \frac{C_p}{P} = \frac{0,221}{1} = 0,221 ;$$

$$- \eta_{зф} = \frac{C_p}{P} = \frac{0,016}{1} = 0,016 ;$$

$$- \eta_{зф} = \frac{C_p}{P} = \frac{0,221}{1} = 0,221 .$$

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

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

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

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

$$- O = \frac{\eta_{зн}}{\eta_{зф}} = \frac{0,8}{0,133} = 6 \text{ (опер.)},$$

$$- O = \frac{\eta_{\text{м}}}{\eta_{\text{зф}}} = \frac{0,8}{0,15} = 6 \text{ (опер.)},$$

$$- O = \frac{\eta_{\text{зн}}}{\eta_{\text{зф}}} = \frac{0,8}{0,221} = 4 \text{ (опер.)},$$

$$- O = \frac{\eta_{\text{зн}}}{\eta_{\text{зф}}} = \frac{0,8}{0,016} = 50 \text{ (опер.)},$$

$$- O = \frac{\eta_{\text{зн}}}{\eta_{\text{зф}}} = \frac{0,8}{0,221} = 4 \text{ (опер.)}$$

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

$$\sum O_i = 6 + 6 + 4 + 50 + 4 = 70.$$

Розраховано сумарну кількість прийнятих верстатів $\sum P = 5$.

Встановлено коефіцієнт закріплення $K_{\text{з.о.}}$:

$$K_{\text{з.о.}} = 70/5 = 14,$$

що відповідає серійному виробництву, оскільки, коефіцієнт закріплення знаходиться в межах від 10 до 20.

Отже тип виробництва – серійний.

1.1.2 Визначення форми організації роботи

Добовий випуску виробів [2]:

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

де 254 кількість робочих днів в році;

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

де F_{∂} – добовий фонд часу роботи обладнання (при двозмінному режимі роботи дорівнює 952 хв.); $T_{шт-к_{сер}}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.; η_{∂} – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

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

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

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт-к} = \frac{\sum T_{шт-к_i}}{n} = \frac{8,55 + 9,5 + 14,25 + 0,6 + 14,25}{5} = 9,43 \text{ (хв.)}$$

Добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_{\partial} = \frac{952}{9,43 \cdot 0,8} = 126,2 \rightarrow 127 \text{ (шт.)}$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_{\partial} = \frac{N_{np}}{254} = \frac{3000}{254} = 12 \text{ (шт.)}$$

Так як, $N_{\partial} = 12 \text{ шт.} < Q_{\partial} = 127 \text{ шт.}$, то застосування однономенклатурної потокової лінії недоцільно. Тому приймається групова форма організації роботи.

При груповій формі організації роботи визначається кількість деталей в партії для одночасного запуску:

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

де a – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (6 днів).

$$n = \frac{3000 \cdot 6}{254} = 71 \text{ (шт.)}$$

Розрахункова кількість змін, що потрібна на обробку всієї партії деталей

$$C = \frac{T_{\text{шт-к ср}} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{9,43 \cdot 71}{476 \cdot 0,8} = 1,76 ; \quad C_{\text{пр}} = 2 \text{ зміни.}$$

Кількість деталей в партії для завантаження обладнання на протязі цілого числа змін

$$n = \frac{C_{\text{пр}} \cdot 476 \cdot 0,8}{T_{\text{шт-к ср}}} = \frac{2 \cdot 476 \cdot 0,8}{9,43} = 80,76 \text{ (шт.)}$$

Прийнято $n = 81 \text{ шт.}$

Отже, тип виробництва – серійний, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 81 шт.

1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Пустотілі циліндри»

Задана деталь «Корпус гідроциліндра 100.50.01.08Б» відноситься до класу «Пустотілі циліндри». В більшості випадків в машинобудуванні форму циліндричних деталей мають вали, втулки, стакани, пневмо- та гідроциліндри та інше [1-7].

В більшості випадків, особливо в умовах дрібносерійного виробництва, заготовкою для таких деталей є прокат у вигляді прутків і труб різного сортаменту. Іноді, на заміну прокату може виступати поковки чи литі заготовки у випадках, коли це економічно доцільно.

Основними базуючими поверхнями таких деталей є циліндричні поверхні та торці і буртики різного типу. До цих поверхонь пред'являються досить високі вимоги щодо правильності геометрії та чистоти поверхні. Нерідко в деталях наявні приєднувальні та кріпильні поверхні, основною вимогою до яких є точне позиціонування та взаємне розташування поверхонь. Робочими поверхнями цих деталей найчастіше слугують циліндричні поверхні. До цих поверхонь, як правило, пред'являються найвищі вимоги по точності та шорсткості.

Іноді, деталі цього класу сприймають значні динамічні навантаження, тому від них вимагається висока зносостійкість, твердість, в більшості випадків вимагається термічна обробка. Матеріал, з якого виготовляються деталі, повинен мати добру оброблюваність.

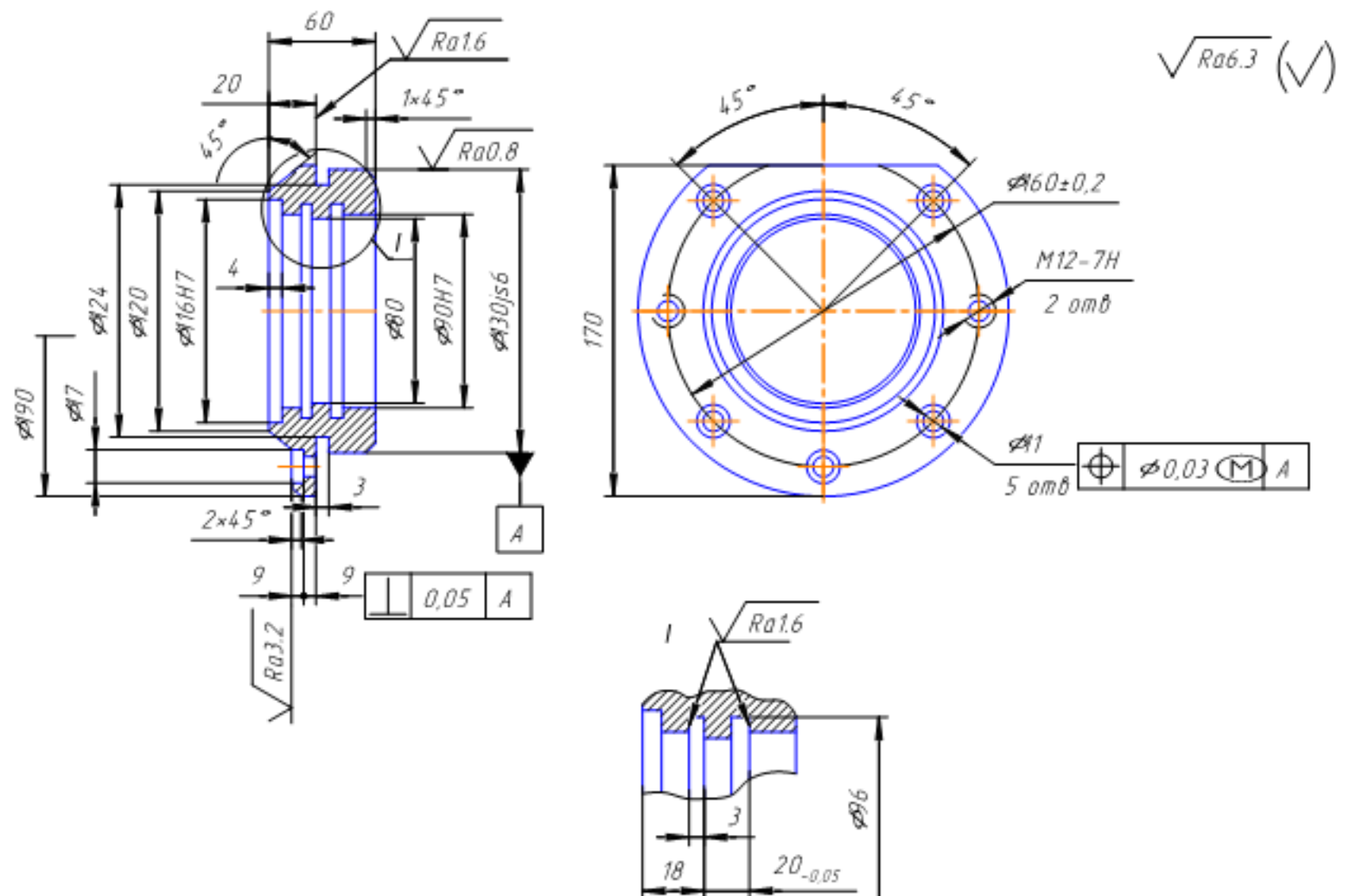
Основними технологічними базами циліндричних деталей звичайно виступають площини і циліндричні поверхні. Площини і циліндричні поверхні попередньо точать. Для цього використовуються універсальні токарні верстати або токарні верстати з ЧПК.

При обробці деталей даного класу намагаються обробити якнайбільшу кількість поверхонь з одного установу. Для цього підбирають відповідне обладнання, яке дозволяє виконувати різні операції. Це, наприклад,

багатоцільові верстати або оброблюючи центри, а в масовому виробництві це можуть бути автоматичні оброблюючи лінії.

В умовах дрібносерійного виробництва використання такого обладнання є недоцільним, оскільки значно підвищує собівартість виготовлення деталі. Тому технологи намагаються проектувати технологічні процеси обробки так, щоб виконувався принцип співпадання баз. Цей принцип дозволяє отримати досить високу точність взаємного розташування поверхонь.

Схема технологічних процесів виготовлення деталей типу «Пустотілі циліндри» наведена в таблиці 1.1 [1-7].



Невказані граничні відхилення розмірів: валів $h14$, отворів $H14$, інші $\pm \frac{IT14}{2}$

Вид заготовки – виливок.

Матеріал – чавун СЧ20.

Число деталей з заготовки – 1.

Рисунок 1.1 – Креслення деталі типу «Циліндр»

Таблиця 1.2 – Технологічна схема виготовлення деталей типу «Циліндр»

Номер операції	Назва і короткий зміст операції, технологічні бази	Верстат
005	Лиття	
010	Обрубка і очистка виливка	
015	Токарна Підрізка торців, точіння циліндричних поверхонь попередньо. Технологічна база – торець і циліндричні поверхні.	Токарно-револьверний або верстат з ЧПК
020	Токарна Точіння зовнішніх поверхонь або розточування великих отворів остаточно. Технологічна база – торець і циліндричні поверхні.	Токарно-револьверний або верстат з ЧПК
025	Фрезерно-свердлильна Фрезерування лисок, свердління, зенкерування, розвертання отворів остаточно, нарізання різьби остаточно. Технологічна база – торець і циліндричні поверхні.	Багатоцільовий вертикальний фрезерно-свердлильний
030	Шліфувальна Остаточне шліфування внутрішніх отворів, фасок деталі в залежності від вимог креслення по якості поверхонь і точності обробки. Технологічна база – торець і циліндричні поверхні.	Внутрішньо-шліфувальний напівавтомат
035	Шліфувальна Остаточне полірування внутрішніх отворів, фасок деталі в залежності від вимог креслення по якості поверхонь і точності обробки. Технологічна база – торець і циліндричні поверхні.	Внутрішньо-шліфувальний напівавтомат
040	Кінцевий контроль	

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС ГІДРОЦИЛІНДРА 100.50.01.08Б»

2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі

2.1.1 Якісний аналіз технологічності

Службове призначення. Деталь «Корпус гідроциліндра 100.50.01.08Б» є однією із основних деталей гідроциліндра. Основне службове призначення деталі є в обмеженні радіального переміщень поршня, що встановлюється в отворі $\varnothing 100^{+0,087}$.

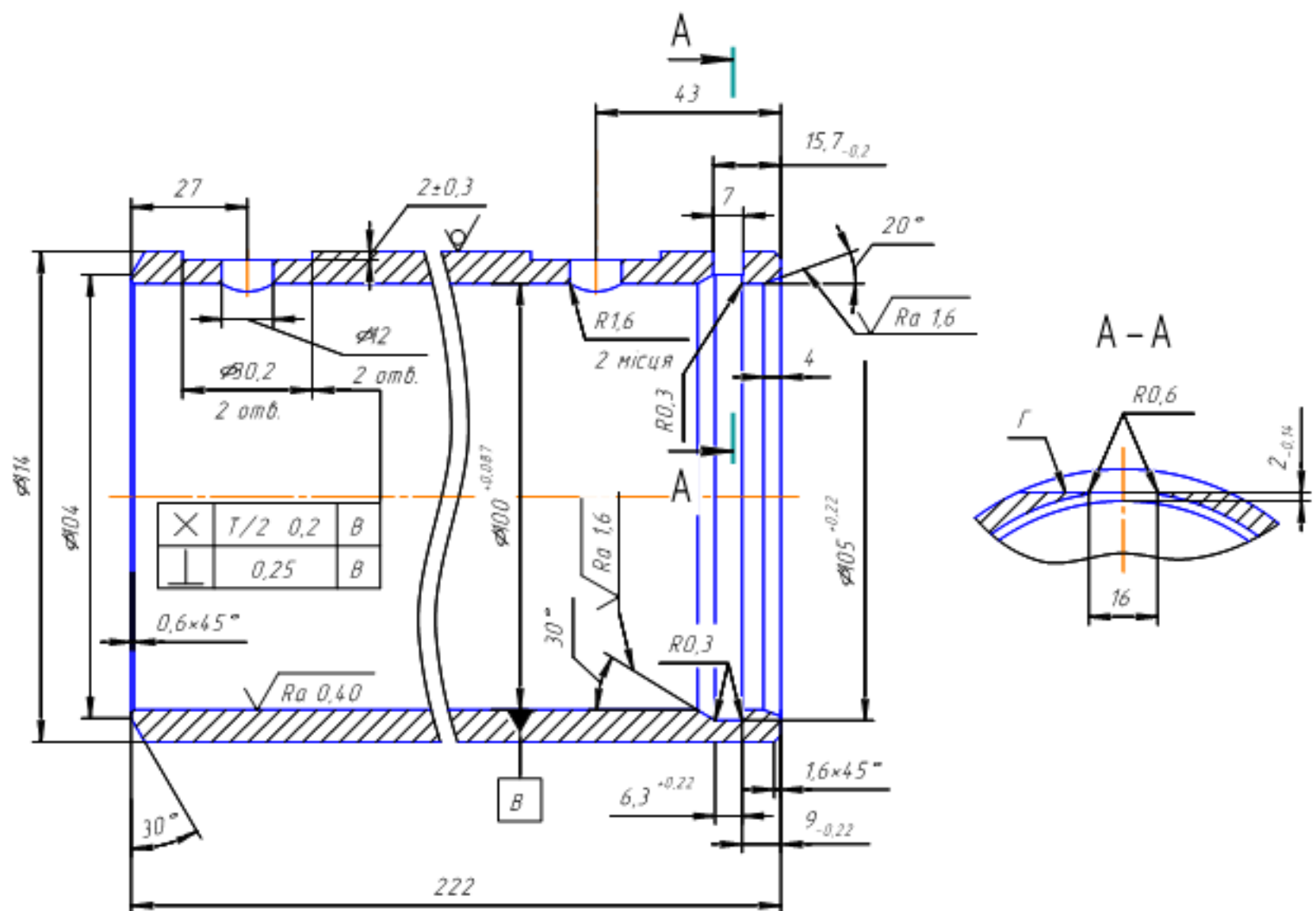


Рисунок 2.1 – Креслення деталі «Корпус гідроциліндра 100.50.01.08Б»

Групу конструкторських баз складають: основні конструкторські бази – ліва торцева поверхня $\varnothing 114$ та частина отвору $\varnothing 100^{+0,087}$; допоміжні конструкторські бази це – правий торець $\varnothing 114$, отвір $\varnothing 100^{+0,087}$, канавка 7 мм, отвори $\varnothing 12$ та $\varnothing 30,2$. Вільна поверхня $\varnothing 114$.

Жорсткі технічні вимоги по точності обробки поверхні ($\varnothing 100^{+0,087}$), допуски форми та розташування та висока чистота обробки Ra 0,4 – зумовлені високими вимогами функціонального призначення деталі і точністю розташування деталей, що приєднуються для забезпечення високої надійності і довговічності роботи вузла.

Мінімальна товщина стінки $S = 4,5$ мм.

Форма деталі – проста, тобто вважається технологічною.

Деталь середніх габаритів, має достатню жорсткість, її можна обробляти на підвищених режимах різання. Всі поверхні для обробки різальним інструментом доступні.

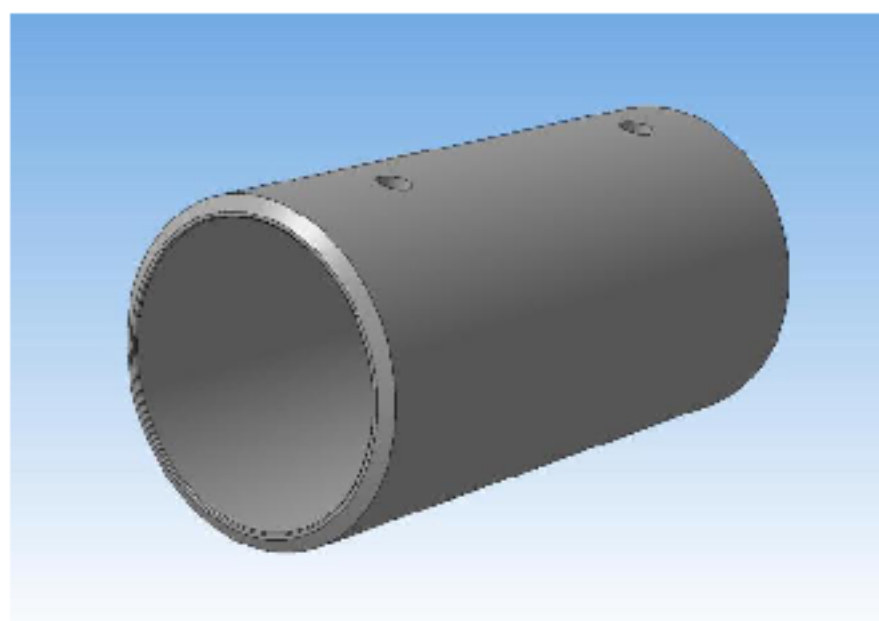


Рисунок 2.2 – 3D-модель деталі «Корпус гідроциліндра 100.50.01.08Б»

Аналізуючи креслення деталі, робимо висновок, що деталь має достатньо поверхонь для базування на різних операціях механічної обробки, тобто немає потреби вводити штучні технологічні бази.

2.1.2 Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі

Коефіцієнт уніфікації [1, 2]:

$$1 > K_{ye} = \frac{Q_{ye}}{Q_e} > 0.6, \quad (2.1)$$

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів;

Q_e – загальна кількість елементів.

Таблиця 2.1 – Дані для розрахунку коефіцієнта уніфікації

Кутовий розмір	20°		30°(2 отв.)			45° (2 отв.)	
Уніфікований розмір	+		+			+	
Кількість кутових розмірів	5		К-ть уніфікованих розмірів			5	

Лінійний розмір	15,7 _{-0,2}	6,3 ^{+0,22}	43	4	7	9 _{-0,22}	222
Уніфікований розмір	—	—	+	+	+	+	+
Лінійний розмір	1,6	27	2±0,3	16	2 _{-0,14}	0,6	
Уніфікований розмір	—	+	+	+	+	+	
Кількість лінійних розмірів	13		Кількість уніфікованих розмірів			10	

Діаметр. розмір	Ø100 ^{+0,087}		Ø104		Ø105 ^{+0,22}	
Уніфікований розмір	+		+		+	
Діаметр. розмір	Ø12(2 отв.)		Ø30,2(2 отв.)			
Уніфікований розмір	+		—			
Кількість діаметр. Розмірів	6		Кількість уніфікованих розмірів		4	

Радіус	0,3	0,3	1,6	0,6
Уніфікований розмір	+	+	+	+
Кількість розмірів радіусів	4	Кількість уніфікованих розмірів		4

Шорсткість	12,5 (18 пов.)	1,6 (2 пов.)	0,4 (1 пов.)
Уніфікований розмір	+	+	+
Кількість	21	Кількість уніфікованих розмірів	21

Тоді коефіцієнт уніфікації буде рівним:

$$K_{ye} = \frac{Q_{ye}}{Q_e} = \frac{44}{49} = 0,9 > 0,6$$

Умова виконується, деталь за коефіцієнтом уніфікації технологічна.

Коефіцієнт точності механічної обробки:

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{CP}}, \quad (2.2)$$

де T_{CP} – середня квадратична точність поверхонь деталі

Значення середнього квалітету буде рівним:

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

де T_i – квалітет точності поверхні;

n_i – кількість поверхонь.

Таблиця 2.2 – Параметри точності поверхонь деталі

Квалітет	Розміри	К-ть поверхонь	Розрахунок
9	$\varnothing 100^{+0,087}$	1	$9 \cdot 1 = 9$
11	$\varnothing 105^{+0,22}$	1	$11 \cdot 1 = 11$
12	$15,7_{-0,2}$	1	$12 \cdot 1 = 12$
13	$6,3^{+0,22}, 9_{-0,22}$	2	$13 \cdot 2 = 26$
14	$\varnothing 104, \varnothing 114, \varnothing 30,2(2 \text{ отв.}),$ $\varnothing 12(2 \text{ отв.}), 4, 7, 43, 2 \pm 0,3, 1,6,$ $27, 222, 0,6, 2_{-0,14}, 16$	16	$14 \cdot 16 = 224$
Всього		21	282

$$T_{CP} = \frac{282}{21} = 13,42.$$

Коефіцієнт точності:

$$K_T = 1 - \frac{1}{13,42} = 0,925 > 0,8.$$

Умова виконується, деталь за коефіцієнтом точності технологічна.

Коефіцієнта шорсткості:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{ср}}, \quad (2.4)$$

де $Ш_{ср}$ – середня шорсткість поверхонь деталі

$$Ш_{ср} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.5)$$

де $Ш_i$ – шорсткість поверхонь деталі;

n_i – кількість поверхонь.

Таблиця 2.3 – Шорсткість поверхонь деталі

Шорсткість	Поверхні	К-ть поверхонь	Розрахунок
0,4	$\varnothing 100^{+0,087}$	1	$0,4 \cdot 1 = 0,4$
1,6	$6.3^{+0,22}$, 4 (фаска 20°)	2	$1,6 \cdot 2 = 3,2$
12,5	$\varnothing 105^{+0,22}$, $\varnothing 30.2$ (2 отв.), $\varnothing 104$, $\varnothing 12$ (2 отв.), 7, 43, 2 ± 0.3 , $15.7_{-0,2}$, 222(2 пов.), 4, $9_{-0,22}$, $2_{-0,14}$, 16, 27, $1.6 \times 45^\circ$	18	$12,5 \cdot 18 = 225$
Всього		21	228,6

Тоді значення середньої шорсткості буде рівним:

$$Ш_{ср} = 228,6/21 = 10,88.$$

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{III} = 1/10,88 = 0,092 < 0,32.$$

Умова виконується, деталь за коефіцієнтом шорсткості технологічна.

Висновок. Провівши якісний та кількісний аналіз, можна зробити висновок, що деталь технологічна.

2.2 Вибір способу виготовлення заготовки

2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Дана деталь – «Корпус гідроциліндра 100.50.01.08Б» випускається в умовах серійного виробництва, оскільки маса деталі 3,96 кг, а програма випуску $N = 3000$ шт.

Матеріал деталі – сталь 45: конструкційна сталь, до її складу входять: 0,95...1% C, 0,8...0,9% Cr, 0,9...0,95% Mn. Заготовку можна виготовити методом пластичного деформування або із стандартного прокату.

Можливі способи виготовлення поковки [8-12]:

- штампування на гвинтових пресах;
- штампування на молотах;
- штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах (КГШП);
- штампування на горизонтально-кувальних машинах (ГКМ);
- прокат.

Проаналізувавши різні способи виготовлення заготовок можна зробити висновок, що для даного типу виробництва найбільш доцільним та економічним будуть такі способи виготовлення заготовки, як штампування на гвинтових пресах та трубний прокат, оскільки перепади діаметрів зовнішніх і внутрішніх поверхонь незначні. Контур деталі за своєю конфігурацією наближається до профілю прокату.

2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

Клас точності T вибирається в залежності від обладнання і типу виробництва:

- штампування на гвинтових пресах – $T4$.

Група сталі M призначається по заданому матеріалі деталі і легуючих елементів [8, 9]:

- штампування на гвинтових пресах – $M2$.

Ступінь складності призначається в залежності від співвідношення маси поковки, яка рахується попередньо, і маси найменшої простої геометричної фігури, яка описує деталь. Враховуючи те, що наша деталь має форму труби, у якості фігури, що описує нашу деталь, також вибираємо трубу. При цьому всі габаритні розміри деталі збільшуємо на коефіцієнт $K=1,05$, при цьому вважаємо, що розмір зовнішньої циліндричної поверхні не зміниться відповідно $D = 114$ мм, $d = 95$ мм, $L = 233,1$ мм.

$$G_{\phi} = \left(\frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot L \right) \cdot \rho =$$

$$= \left(\frac{3,14}{4} \cdot ((119,7 \cdot 10^{-3})^2 - (99,7 \cdot 10^{-3})^2) \cdot 233,1 \cdot 10^{-3} \right) \cdot 7800 = 6,26 \text{ (кг)},$$

$$G_{\Pi} = G_{\phi} \cdot K_p = 3,96 \cdot 1,5 = 5,94 \text{ (кг)},$$

де K_p – коефіцієнт, що залежить від конфігурації деталі [8, 9].

$$C = \frac{G_{\Pi}}{G_{\phi}} = \frac{5,94}{6,26} = 0,95 .$$

Враховуючи те, що значення коефіцієнта $C > 0,63$, тому призначаємо ступінь складності $C1$ [8, 9].

Оскільки деталь є простої конфігурації, без вигинів, то поверхня роз'єму буде плоскою Π .

Вихідний індекс – визначається в залежності від маси поковки ($5,6 \text{ кг} > G_{\text{п}} = 5,94 \text{ кг} > 10 \text{ кг}$), марки сталі (сталь 45), ступеня складності та класу точності поковки, необхідний для наступного призначення основних припусків, допусків та допустимих відхилень. [8, 9].

- штамповка на гвинтових пресах – 13.

Таблиця 2.4 – Вихідні дані штампування на гвинтових пресах

Вхідні дані	Штампування на гвинтових пресах	
Клас точності	Т4	
Марка матеріалу	М2	
Ступінь складності	С1	
Індекс	13	
Конфігурація поверхні роз'єму штампа	П	
	Розрахункові розміри, мм	
Припуски:	$\varnothing 100^{-0,087}$	222
Основні	2,0	1,9
Додаткові: на зміщення по поверхні роз'єму штампа	0,3	–
для врахування вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності	0,5	0,5
	Розміри заготовок, мм	
	$\varnothing 94,4$	226,8
Допуски: розмірів	$2,8^{+1,8}_{-1,0}$	$3,2^{+2,1}_{-1,1}$
зміщення по поверхні роз'єму штампа	0,8	
по вигнутості від площин. і прямолін. радіусів заокруглень	1,0	
величина залишкового облою	1,0	
висоти заусенцю	6 мм	
від концентричності отворів	1,5	

Вибір припусків

Основні припуски вибираються в залежності від розміру, шорсткості і індексу, причому якщо розмір пов'язує поверхні з різними шорсткостями то необхідно на ці поверхні призначити різні припуски [8, 9].

Додаткові припуски призначаються для врахування знімання по площині роз'єму штампа і врахування вигнутості, відхилення від площинності і прямолінійності [8, 9].

При розрахунку розмірів заготовки основні і додаткові припуски сумуються.

Для штамповки на гвинтових пресах

Для розміру $\varnothing 100^{-0,087}$:

$$100 - 2 \cdot (2 + 0,3 + 0,5) = 94,4 \text{ (мм)};$$

Для розміру 222:

$$222 + 2 \cdot (1,9 + 0,5) = 226,8 \text{ (мм)}.$$

Вибір допусків

Допуски розмірів вибираються в залежності від розміру і індексу (Індекс=13)

Для конструювання штампу і призначення його допустимого зносу вибираються допуски зміщення, залишкового облою, заусенцю, відхилення від концентричності пробитого отвору, вигнутості, між осьової відстані, кутових елементів, радіусів закруглень [8, 9]. Ці допуски вибираються в залежності від класу точності (Т4) і маси поковки (до 10 кг).

Вибір конструктивних елементів заготовки

Радіуси заокруглень

Радіуси закруглень призначаються для уникнення тріщин, зменшення залишкових напружень $R = 3 \dots 4 \text{ мм}$ [8, 9].

Нахили

Нахили призначаються для полегшення виймання заготовки з матриць і запобігання заклинювання пуансона при штампуванні.

При штампуванні на гвинтових пресах – зовнішні – 2^0 , внутрішні 3^0 .

Положення лінії роз'єму

При штампуванні на гвинтових пресах лінія роз'єму буде проходити перпендикулярно вісі деталі посередині заготовки.

Призначення технічних вимог на заготовки

Технічні вимоги призначаються для кожного з альтернативних способів отримання заготовки [8, 9].

- Гвинтові преси:

Клас точності – *T4*, група сталі – *M2*, ступінь складності – *C1*.

Невказані штампувальні нахили 2^0 , радіуси 3 мм.

Допускаємий заусенець 6 мм.

Допускаємі зміщення по площині роз'єму 0,8.

Невказані допуски радіусів заокруглень 2,0 мм.

- Прокат:

Дану заготовку можна виготовити із круглого трубного прокату, так як контур деталі наближається за своєю конфігурацією до профілю прокату. В машинобудуванні приймають товарні заготовки, сортові і фасонні профілі загального призначення.

Габаритні розміри деталі: зовнішній діаметр Ø114 мм, внутрішній діаметр Ø100 Н9 та довжина 222 мм, тому доцільніше приймати трубного прокат.

Для середньосерійного типу виробництва приймається відрізання прокату сортовими ножицями моделі Н1834.

Припуски на обробку поверхонь заготовки із прокату:

1. Розточити попередньо Ø 100 припуск 2,0 мм;
2. Розточити остаточно Ø 100 припуск 0,8 мм.
3. Підрізати торці по розміру 222 припуск 1,0 мм.

$$100 - 2 \cdot 0,2 - 0,5 \cdot 2 = 94 \text{ (мм)},$$

$$222 + 1,5 \cdot 2 = 225 \text{ (мм)}.$$

Тобто необхідно підібрати стандартний (за ГОСТ) трубний прокат, який би мав такі параметри: зовнішній діаметр 114 мм; внутрішній діаметр – від 94 мм і менше; довжина заготовки не менше 225 мм.

Згідно ГОСТ 8732-78 “Труба (безшовна горячедеформована)” приймаємо трубний прокат – Труба $\frac{114 \times 10 \text{ ГОСТ } 8732-78}{\text{В } 45 \text{ ГОСТ } 8731-74}$.

Вибираємо стандартний трубний прокат $\varnothing 114$ мм, товщиною стінки 10 та довжиною $l = 225$ мм.

2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки

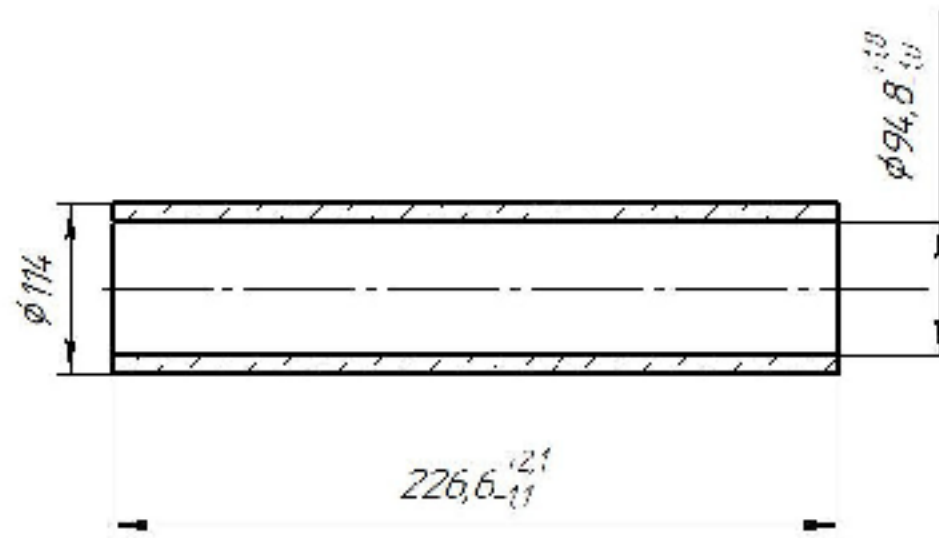


Рисунок 2.3 – Ескіз заготовки, що виготовлена штамповкою на гвинтових пресах

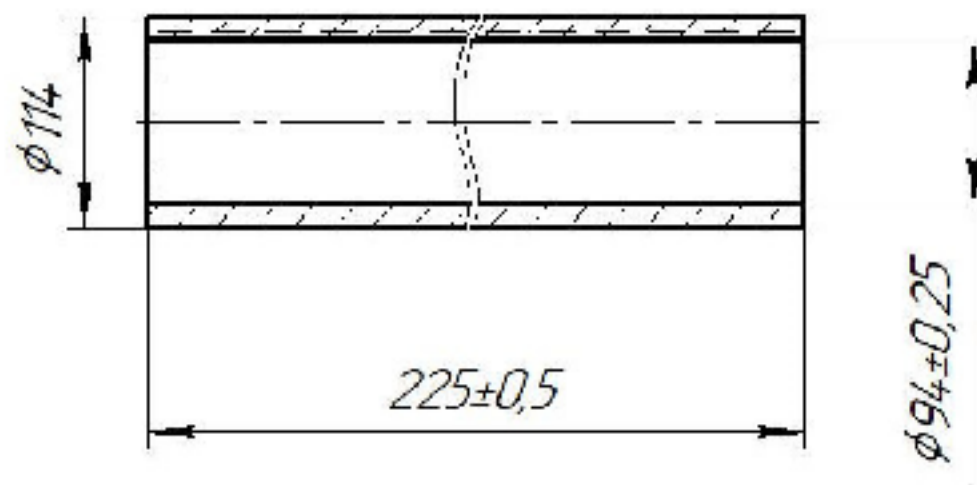


Рисунок 2.4 – Ескіз заготовки, що виготовлена з прокату

2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки

Маса заготовки визначаємо за формулою [8, 9]:

$$Q = V_{\text{заг}} \cdot \rho \text{ [кг]}, \quad (2.6)$$

Щоб розрахувати загальний об'єм заготовки розбиваємо її на прості геометричні фігури, об'єм яких розраховуємо окремо.

- Штамповка на гвинтових пресах

$$V_{\text{заг}} = V_1 + V_2 \text{ [м}^3\text{]},$$

$$\begin{aligned} V_{\text{заг}} &= \frac{(3,14 \cdot 114^2)}{4} \cdot 226,8 - \frac{(3,14 \cdot 94,4^2)}{4} \cdot 226,8 = 733661 \text{ (мм}^3\text{)} = \\ &= 0,733661 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{)}. \end{aligned}$$

$$G = V_{\text{заг}} \cdot \rho = 0,733661 \cdot 10^{-3} \cdot 7800 = 5,722 \text{ (кг)}.$$

Матеріал Сталь 45 ГОСТ 1050-88

Густина $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$

Маса $G = V_{\text{заг}} \cdot \rho = 5,722 \text{ кг}$

Коефіцієнт точності маси заготовки:

$$\gamma = G_{\text{дет}}/G_{\text{заг}} = 3,96/5,722 = 0,692.$$

- Прокат

$$V_{\text{заг}} = \frac{(3,14 \cdot 114^2)}{4} \cdot 225 - \frac{(3,14 \cdot 94^2)}{4} \cdot 225 = 735133 \text{ (мм}^3\text{)} = 0,735133 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{)}.$$

$$G = V_{\text{заг}} \cdot \rho = 0,735133 \cdot 10^{-3} \cdot 7800 = 5,734 \text{ (кг)}.$$

Матеріал Сталь 45 ГОСТ 1050-88

Густина $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$

Маса $G = 5,734 \text{ кг}$

Коефіцієнт точності маси заготовки:

$$\gamma = G_{\text{дет}}/G_{\text{заг}} = 3,96/5,734 = 0,691.$$

Коефіцієнт точності маси заготовки отриманої з прокату та при використанні осадження заготовки з трубчатого прокату на гвинтових пресах майже однакові.

2.2.5 Техніко-економічне порівняння 2-х варіантів виготовлення заготовки і вибір найбільш раціонального

Вартість заготовки визначаємо за формулою [8]:

$$C_{\text{заг}} = \left(\frac{G_{\text{заг}}}{1000} \cdot C_{\text{шт}} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{\Pi} \right) - \left(\frac{G_{\text{заг}} - G_{\text{відх}}}{1000} \right) \cdot C_{\text{відх}} \text{ [грн.]}, \quad (2.7)$$

де $C_{\text{шт}}$ – базова вартість 1 т штамповки;

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок;

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки;

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

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

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

Призначаємо коефіцієнти: $K_T = 1$, $K_M = 1$, $K_C = 1,15$, $K_B = 0,87$, $K_{\Pi} = 1,0$

- Штампування на гвинтових пресах:

$$C_{\text{шт. пр.}} = \left(\frac{5,722 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 0,87 \cdot 1}{1000} \right) \cdot 17730 - \left(\frac{5,722 - 3,96}{1000} \right) \cdot 2000 = 97,98 \text{ (грн.)}$$

- Прокат:

Вартість заготовки із прокату визначається за формулою:

$$C_{\text{заг. пр.}} = C_M + \sum C_{\text{оз}} \text{ [грн.]}, \quad (2.8)$$

де $C_M = 15500$ грн./т. – вартість матеріалу заготовки;

$\sum C_{\text{оз}}$ – технологічна собівартість заготівельних операції (відрізання).

$$C_{\text{оз}} = \frac{C_{\text{пз}} \cdot T_{\text{шт.-к}}}{60 \cdot 100} \text{ [грн.]}, \quad (2.9)$$

де $C_{\text{пз}} = 35$ грн./год. – приведені витрати на заготівельні операції [1, 2, 8];

$T_{\text{шт.-к}}$ – штучно-калькуляційний час виконання заготівельної операції.

Відрізання

$$T_0 = 0,37 \cdot (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,37 \cdot (114^2 - 94^2) \cdot 10^{-3} = 1,54 \text{ (хв.)};$$

$$\varphi_k = 1,72 ;$$

$$T_{\text{шт.-к}} = T_0 \cdot \varphi_k = 1,54 \cdot 1,72 = 2,65 \text{ (хв.)}.$$

$$\text{Тоді } C_{\text{оз}} = \frac{35 \cdot 2,65}{60} = 1,55 \text{ (грн.)}$$

$$C_{np} = \frac{G_{заг}}{1000} \cdot C_{м} - \left(\frac{G_{заг} - G_{дет}}{1000} \right) \cdot C_{відх} \text{ [грн.]}; \quad (2.10)$$

$$C_{np} = \frac{5,734}{1000} \cdot 15500 - \left(\frac{5,734 - 3,96}{1000} \right) \cdot 2000 = 85,33 \text{ (грн.)};$$

$$C_{заг, np} = C_{np} + C_{от} = 85,33 + 1,55 = 86,88 \text{ (грн.)}$$

Отже, при виготовленні заготовки з допомогою осадження трубного прокату на гвинтових пресах собівартість заготовки перевищує собівартість при виготовленні заготовки з трубного прокату. Тому доцільнішим буде використовувати метод отримування заготовки – трубний прокат.

Економічний ефект при цьому

$$E = (C_{заг, нит} - C_{заг, np}) \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (2.11)$$

$$E = (97,98 - 86,88) \cdot 3000 = 33300 \text{ (грн.)}$$

2.3 Розробка маршруту механічної обробки

2.3.1 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності

Визначення числа ступенів обробки на основі розрахунків загального уточнення [1, 2]:

$$\varepsilon = \frac{T_z}{T_n} = \frac{T_z}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{T_2}{T_3} \cdot \dots \cdot \frac{T_n}{T_n}, \quad (2.12)$$

де ε – загальне уточнення;

n – число ступенів обробки;

T_z, T_d, T_i – допуски параметра, що розглядається відповідно до заготовки, деталі, і-го ступеня обробки.

Можна записати, що:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \dots \cdot \varepsilon_n, \quad (2.13)$$

де ε_n – окремі ступені уточнення.

Визначення кількості ступенів механічної обробки для поверхні $\varnothing 100^{+0,087}$.

Вважатимемо, що на першому переході механічної обробки отвору $\varnothing 100^{+0,087}$ знімають напуск з отвору в заготовці з трубного прокату, отримаємо отвір за 14 квалітетом точності з допуском $T_3 = 870$ мкм.

Загальне уточнення для цієї поверхні:

$$\varepsilon = 0,87/0,087 = 10.$$

Приймаємо два переходи з уточненнями:

$$\varepsilon_1 = 4, \varepsilon_2 = 2,5.$$

Допуск розміру після кожного переходу складатиме:

$$T_1 = T_3 / \varepsilon_1 = 0,87/4 = 0,2175 \text{ (мм)};$$

$$T_2 = T_1 / \varepsilon_2 = 0,2175/2,5 = 0,087 \text{ (мм)}.$$

Допуск після першого переходу відповідає 11 квалітету точності, після другого – 9 квалітету.

Для досягнення необхідної шорсткості заданої поверхні $Ra = 0,4$ мкм можна після токарної обробки використати шліфувати. Однак, для збільшення продуктивності і зменшення собівартості деталі замість шліфування використаємо розкатування роликами або кульками.

Отже, прийнято такі способи механічної обробки: попереднє розточування, остаточне розточування та розкатування одноразове.

Методи обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності зведені в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Методи обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності

Поверхні (розміри)	Квалітет точності, IT	Шорсткість Ra, мкм	Методи обробки
$\varnothing 100^{+0,087}$	9	0,4	Розточування попереднє; розточування остаточне; розкатування одноразове
$\varnothing 105^{+0,22}$	10	12,5	Розточування попереднє; розточування остаточне

2.3.2 Вибір чистових та чорнових технологічних баз

В даній деталі конструкторськими базами зовнішня циліндрична поверхня відповідні торці деталі. Усі вимоги точності, що висуваються відносно баз можна забезпечити, якщо правильно збазувати деталь під час обробки.

Чистовими технологічними базами є торець та внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 100^{-0,087}$ (рис. 2.5).

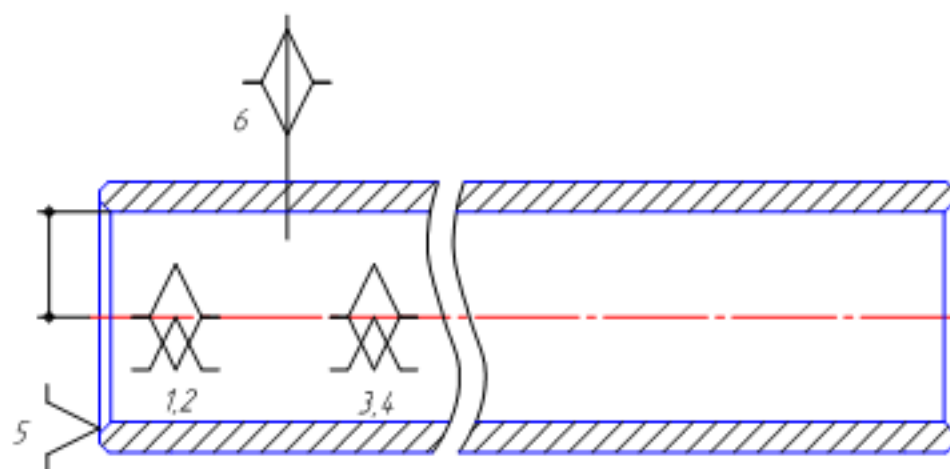


Рисунок 2.5 – Чистові технологічні бази

При такому базуванні планується обробляти поверхні з розмірами: торець в розмір 222, похибка базування $\varepsilon_{6\ 222}=0$ – співпадання технологічної та вимірювальної баз; фаску $0,6 \times 45^\circ$ $\varepsilon_{6\ 0,6}=0$ – обробка з одного установа; фаску під кутом 30° $\varepsilon_6=0$ – обробка з одного установа; отвір $\varnothing 12$ $\varepsilon_{6\ \varnothing 12}=0$ – обробка мірним інструментом; отвір $\varnothing 30,2$ $\varepsilon_{6\ \varnothing 30,2}=0$ – обробка мірним інструментом; канавку шириною 7 мм $\varepsilon_{6\ 7}=0$ – обробка мірним інструментом.

На чорновій операції технологічними базами будуть такі поверхні: торець та зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 114$ (рис. 2.6). При цьому вирішується задача: зв'язку оброблених поверхонь з необробленими. Таким чином готуються чистові технологічні бази, якими є поверхня $\varnothing 100^{+0,087}$.

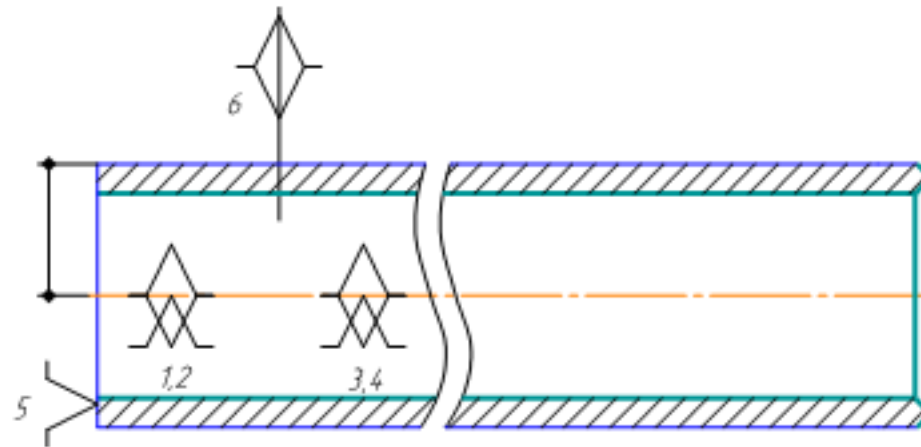
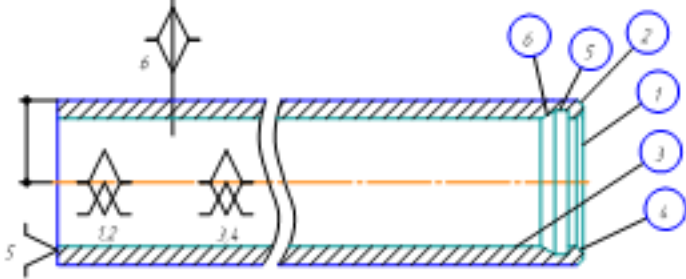
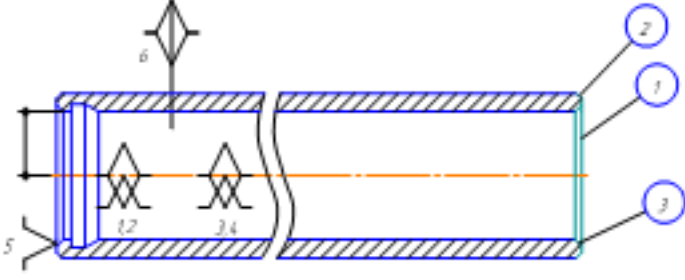
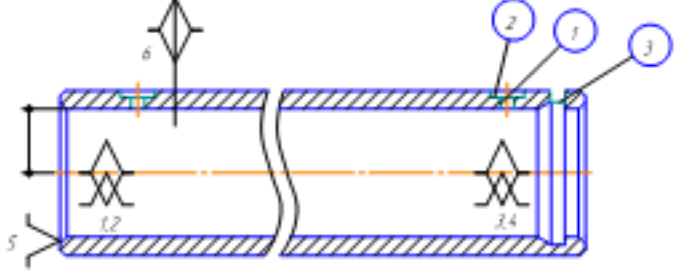
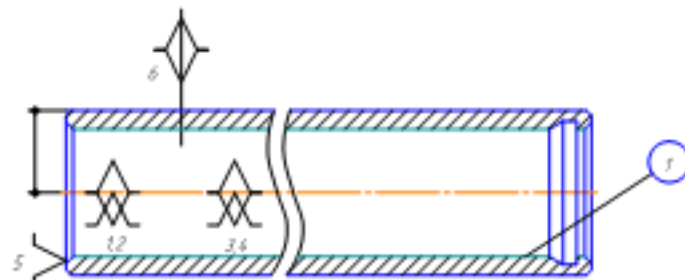


Рисунок 2.6 – Чорнові технологічні бази

При такому базуванні планується обробляти поверхні з розмірами: торець в розмір 222, похибка базування $\varepsilon_{\varnothing 222} = 0$ – співпадання технологічної та вимірювальної баз; отвір $\varnothing 100^{+0,087}$ $\varepsilon_{\varnothing 100} = 0$ – діаметральний розмір; фаску $1,6 \times 45^\circ$ $\varepsilon_{\varnothing 1,6} = 0$ – обробка з одного установа; фаску під кутом 20° $\varepsilon_{\varnothing} = 0$ – обробка з одного установа; канавку шириною $6,3^{+0,22}$ $\varepsilon_{\varnothing 6,3} = 0$ – обробка мірним інструментом.

2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки

Таблиця 2.6 – Маршрут механічної обробки

№ п.п	Назва операції: зміст переходу	Ескіз обробки, схема базування	Обладна- ння
005	<u>Токарно-револьверна з ЧПК</u> 1. Встановити деталь. 2. Точити торець 1, фаску 2 однократно. 3. Розточити поверхню 3 та фаску 4 попередньо. 4. Розточити поверхню 5 однократно та фаску 6 попередньо. 5. Розточити фаски 4 та 6 попередньо. 6. Розточити поверхню 3 та фаски 4, 6 остаточно. 7. Зняти деталь.		Токарно- револьверний з ЧПК 1В340Ф30
010	<u>Токарно-револьверна з ЧПК</u> 1. Встановити деталь. 2. Точити торець 1, фаску 2 однократно. 3. Розточити фаску 3 однократно. 4. Зняти деталь.		Токарно- револьверний з ЧПК 1В340Ф30
015	<u>Свердлильна з ЧПК</u> 1. Встановити деталь. 2. Центрувати 2 атб. 1. 3. Свердлити 2 атб. 1 однократно. 4. Цекувати 2 місця 2. 5. Фрезерувати паз 3 однократно. 6. Зняти деталь.		Вертикально- свердлильний верстат 2Р135РФ3
020	<u>Токарна</u> 1. Встановити деталь. 2. Розкатати поверхню 1 однократно. 3. Зняти деталь.		Токарний верстат 16К20

2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

2.3.4.1 Вибір розташування технологічних розмірів

Технологічні розміри розміщуються в відповідності із технологічним процесом, так щоб їх відносно легко можна було проконтролювати вимірювальним інструментом та розмірні ланцюги були найкоротші [1, 13]. В відповідності із вказаними вимогами проставлені технологічні розміри показані на рис. 2.7.

Розміри V_1 , V_2 , V_3 , V_4 і V_5 отримуються на 005 операціях і визначають розташування торців заготовки відносно чистових баз.

Розміри V_6 і V_7 отримуються на 010 операції і визначають розташування торців заготовки відносно чистових баз та положення внутрішніх розточок відносно торців заготовки.

Розміри V_8 , V_9 , V_{10} та V_{11} отримуються на наступних операції і визначають положення внутрішніх поверхонь відносно торців заготовки.

При складанні розмірної схеми необхідно керуватися принципами єдності і співпадання баз, щоб розмірний ланцюг був найкоротшим.

Конструкторські розміри:

$K_1=0,6$ мм;	$K_2=27$ мм;	$K_3=43$ мм;	$K_4=1,6$ мм;
$K_5=4$ мм;	$K_6=9_{-0,22}$ мм;	$K_7=6,3^{+0,22}$ мм;	$K_8=15,7_{-0,2}$ мм;
$K_9=7$ мм;	$K_{10}=222$ мм.		

2.3.4.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

У відповідності із квалітетами точності для відповідного розміру призначено допуски технологічних розмірів, які занесені до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Допуски технологічних розмірів

Технологічний розмір	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀	B ₁₁
Квалітет точності	14	14	14	13	13	14	14	14	14	12	14
Значення допуску, мм	1,15	0,25	0,3	0,22	0,22	1,15	0,25	0,52	0,62	0,2	0,36

2.3.4.3 Розмірна схема технологічного процесу

На розмірній схемі показано розташування технологічних розмірів у відповідності із технологічним процесом, а також показано розміри заготовки, конструкторські розміри та припуски (рис. 2.7).

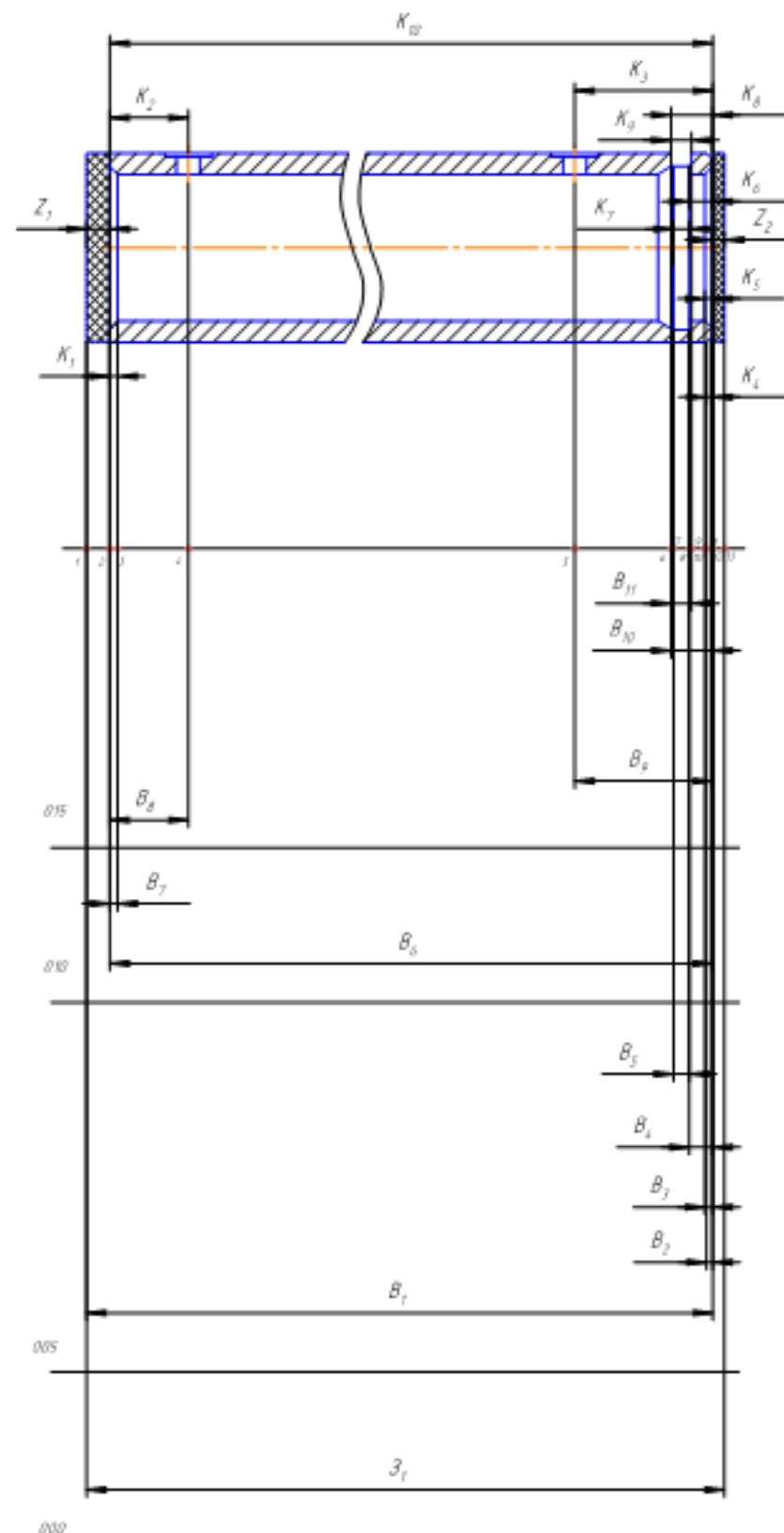


Рисунок 2.7 – Розмірна схема технологічного процесу

2.3.4.4 Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

На вихідному граф-дереві (рис. 2.8) показано конструкторські розміри та припущи.

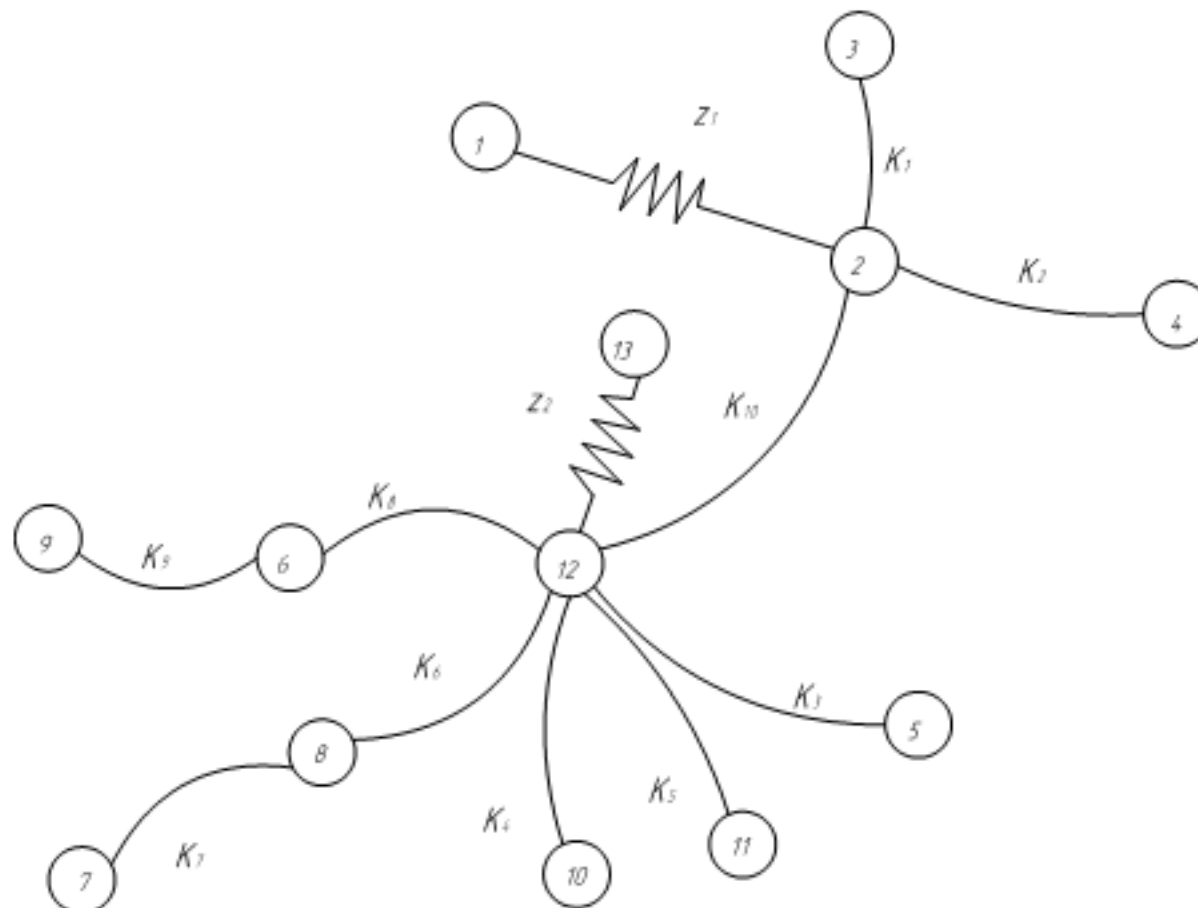


Рисунок 2.8 – Вихідний граф-дерево

На похідному граф дерев (рис. 2.9) показано технологічні розміри та розміри заготовки.

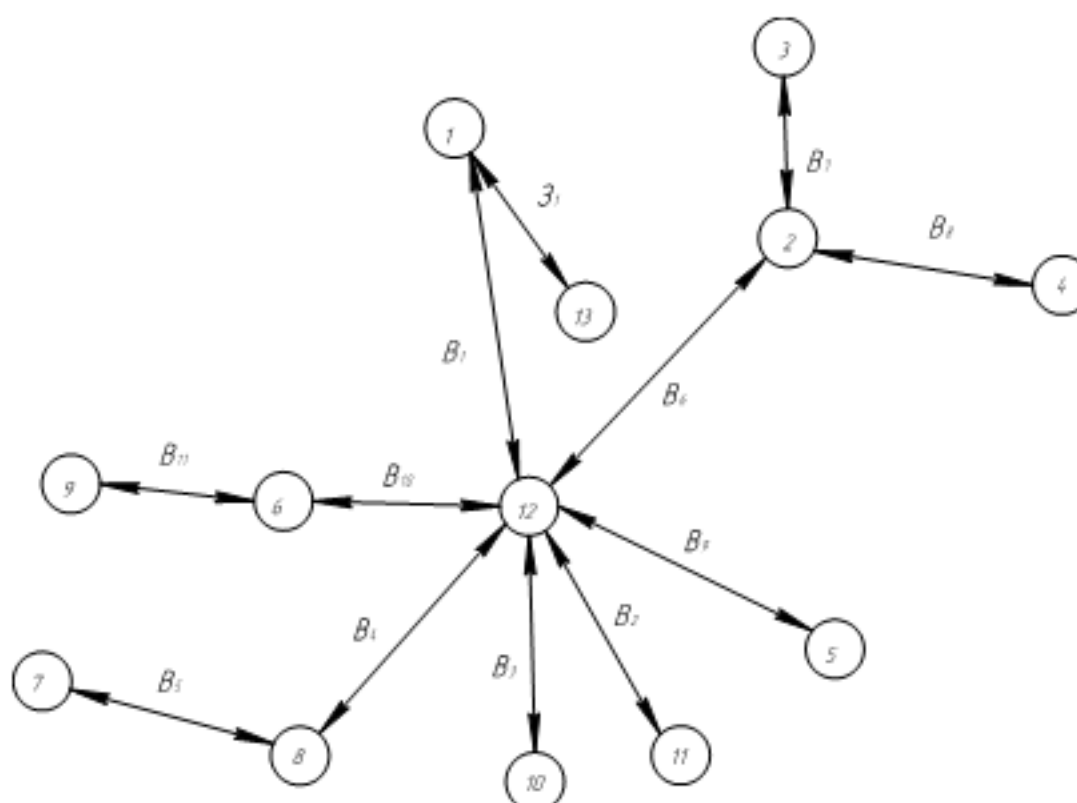


Рисунок 2.9 – Похідний граф-дерево

На суміщеному графові показуються обидва граф-дерева – вихідне та похідне (рис. 4.6), при цьому всі ланки мають не перетинатися.

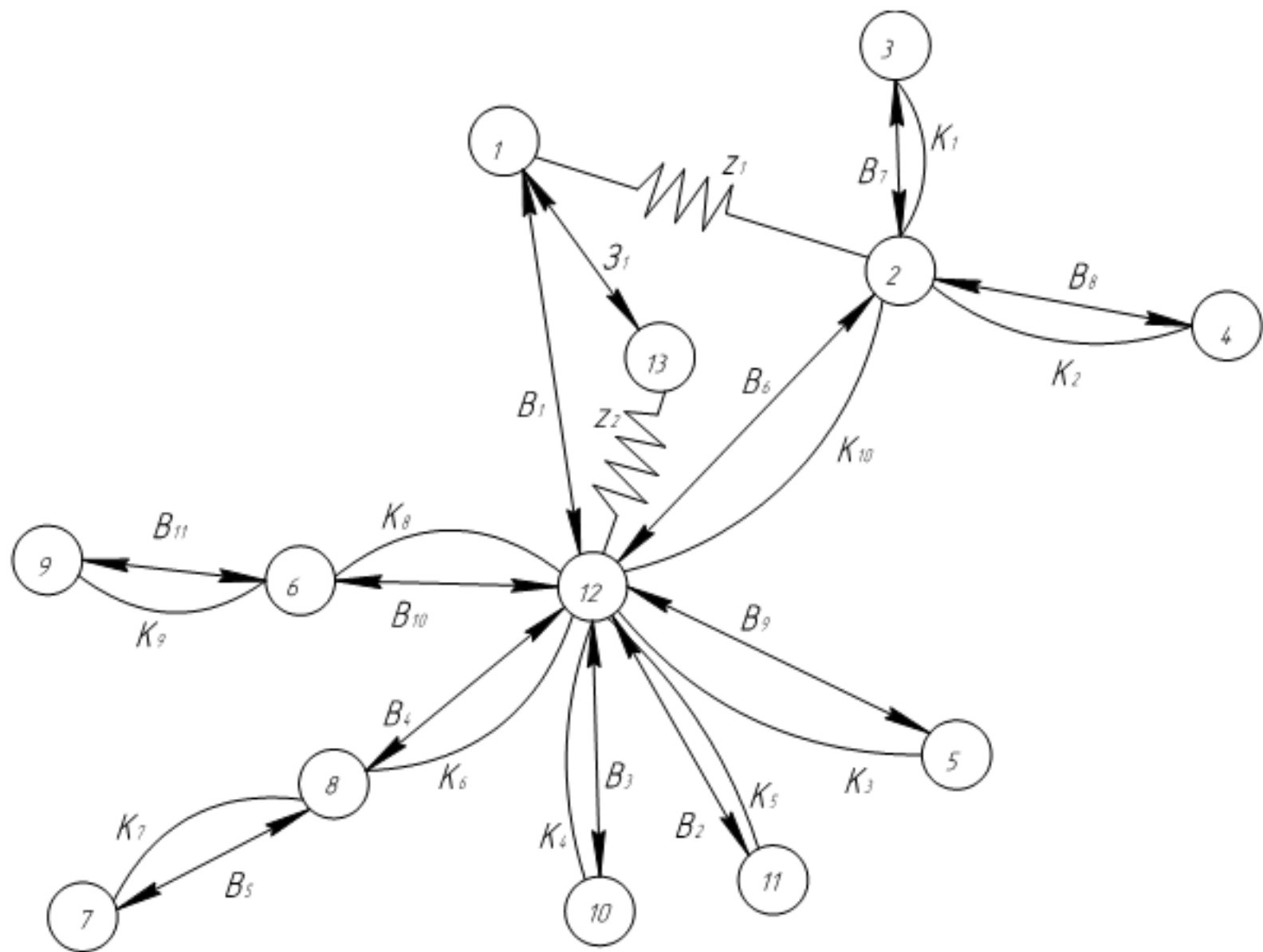


Рисунок 2.10 – Суміщений граф

2.3.4.5 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Допуски заготовки по IT17: $T(Z_1)=3,0$ мм.

Мінімальні припуски згідно [14] можна визначити за таблицями і вони складають:

$$Z_{1\min}=1,1 \text{ мм};$$

$$Z_{2\min}=1,1 \text{ мм}.$$

2.3.4.6 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Рівняння технологічних розмірних ланцюгів наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

№	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$B_2 - K_4 = 0$	$K_4 = B_2$	B_2
2	$B_3 - K_5 = 0$	$K_5 = B_3$	B_3
3	$B_4 - K_6 = 0$	$K_6 = B_4$	B_4
4	$B_5 - K_7 = 0$	$K_7 = B_5$	B_5
5	$B_6 - K_{10} = 0$	$K_{10} = B_6$	B_6
5	$B_7 - K_1 = 0$	$K_1 = B_7$	B_7
6	$B_8 - K_2 = 0$	$K_2 = B_8$	B_8
7	$B_9 - K_3 = 0$	$K_3 = B_9$	B_9
8	$B_{10} - K_8 = 0$	$K_8 = B_{10}$	B_{10}
9	$B_{11} - K_9 = 0$	$K_9 = B_{11}$	B_{11}
10	$-Z_1 - B_6 + B_1 = 0$	$Z_1 = B_1 - B_6$	B_1
11	$-Z_2 - B_1 + 3_1 = 0$	$Z_2 = -B_1 + 3_1$	3_1

2.3.4.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків

$$B_2 = K_4 = 1,6 \text{ (мм)};$$

$$B_3 = K_5 = 4 \text{ (мм)};$$

$$B_4 = K_6 = 9_{-0,22} \text{ (мм)};$$

$$B_5 = K_7 = 6,3^{+0,22} \text{ (мм)};$$

$$B_6 = K_{10} = 222 \text{ (мм)};$$

$$B_7 = K_1 = 0,6 \text{ (мм)};$$

$$B_8 = K_2 = 27 \text{ (мм)};$$

$$B_9 = K_3 = 43 \text{ (мм)};$$

$$B_{10} = K_8 = 15,7_{-0,2} \text{ (мм)};$$

$$B_{11} = K_9 = 7 \text{ (мм)};$$

$$B_{1\min} = Z_{1\min} + B_6 = 1,1 + 222 = 223,1 \text{ (мм)};$$

$$B_{1\max} = T(B_1) + B_{1\min} = 1,15 + 223,1 = 224,25 \text{ (мм)}.$$

$$3_{1\min} = B_{1\min} + Z_{2\min} = 223,1 + 1,1 = 224,2 \text{ (мм)};$$

$$3_{1\max} = B_{1\max} + T(3_1) = 224,25 + 3,0 = 227,25 \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + T(Z_2) = 1,1 + 0,25 = 1,35 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + T(Z_1) = 1,1 + 0,25 = 1,35 \text{ (мм)}.$$

Отже, всі технологічні розміри та розміри заготовки визначені вірно та не потребують уточнення.

2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

Визначення розрахунково-аналітичним методом припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхні $\varnothing 100^{+0,087}$.

Визначення значень R_z і T проводимо відповідно до рекомендацій [1], враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні 200 та 300 мкм відповідно. При попередньому розточуванні приймаємо $R_z = T = 50$ мкм.

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки з прокату визначаємо по формулі:

$$\rho_3 = \rho_{\text{кор}} \text{ [мкм]}. \quad (2.14)$$

Короблення слід враховувати як в діаметральному, так і в осьовому перерізі, тому

$$\rho_3 = \rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_K D)^2 + (\Delta_K \ell)^2} = \sqrt{(0,6 \cdot 100)^2 + (0,6 \cdot 222)^2} \approx 146 \text{ (мкм)},$$

де $\Delta_K = 0,6$ – питома кривизна заготовки [1],

$D = 100$ мм – діаметр оброблюємої поверхні,

$\ell = 222$ мм – довжина оброблюємої поверхні.

Остаточні просторові відхилення після розточування остаточного та розкатування

$$\rho_n = k \cdot \rho_{\text{заг}} \text{ [мкм]}. \quad (2.15)$$

$$\rho_2 = 0,06 \cdot \rho_1 = 0,06 \cdot 146 \approx 9 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_3 = 0,04 \cdot \rho_2 = 0,04 \cdot 9 \approx 0 \text{ (мкм)}.$$

Похибка установки при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.16)$$

де ε_{δ} – похибка базування,

ε_3 – похибка закріплення.

При вибраній схемі базування $\varepsilon_{\delta} = 0$.

Похибку закріплення заготовки [1] ε_3 приймаємо рівною 500 мкм.

При остаточному розточуванні та розкатуванні похибка установки складатиме:

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0,06 = 500 \cdot 0,06 = 30 \text{ (мкм)};$$

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_2 \cdot 0,04 = 30 \cdot 0,04 \approx 1 \text{ (мкм)}.$$

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

$$2Z_{\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{ji}^2}) \text{ [мкм]}. \quad (2.17)$$

Мінімальний припуск:

- попереднє розточування $2Z_{1\min} = 2(200 + 300 + \sqrt{146^2 + 500^2}) = 2 \cdot 1021 \text{ (мкм)},$

- остаточне розточування $2Z_{2\min} = 2(100 + 100 + \sqrt{9^2 + 30^2}) = 2 \cdot 231 \text{ (мкм)};$

- розкатування $2Z_{2\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{0^2 + 1^2}) = 2 \cdot 101 \text{ (мкм)}.$

Результати розрахунків показані в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Припусків і допусків при обробці отвору $\varnothing 100^{+0,087}$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 100^{+0,087}$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск δ , мм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мм	
	R_z	T	ρ	ε				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	200	300	146	-	-	97,381	0,87	96,511	97,381	-	-
Розточув. попереднє	100	100	9	500	$2 \cdot 1021$	99,423	0,22	99,203	99,423	2,042	2,692
Розточув. остаточне	50	50	-	30	$2 \cdot 231$	99,885	0,14	99,745	99,885	0,462	0,542
Розкатування	30	30	-	1	$2 \cdot 101$	100,087	0,087	100	100,087	0,202	0,255
Всього										2,706	3,489

При розкатуванні маємо отримати розмір вказаний на креслені

$$d = 100,087 \text{ мм.}$$

Розрахункові розміри:

- для остаточного розточування $d_2 = 100,087 - (2 \cdot 0,101) = 99,885$ (мм);
- для попереднього розточування $d_1 = 99,885 - (2 \cdot 0,231) = 99,423$ (мм);
- для заготовки $d_{\text{заг}} = 99,423 - (2 \cdot 1,021) = 97,381$ (мм).

Мінімальні граничні розміри:

$$97,381 - 0,87 = 96,511 \text{ (мм);}$$

$$99,423 - 0,22 = 99,203 \text{ (мм);}$$

$$99,885 - 0,14 = 99,745 \text{ (мм);}$$

$$100,087 - 0,087 = 100 \text{ (мм).}$$

Граничні значення припусків:

- для розкатування:

$$2Z_{\min 3} = 100,087 - 99,885 = 0,202 \text{ мм} = 202 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 3} = 100 - 99,745 = 0,255 \text{ мм} = 255 \text{ (мкм)};$$

- для остаточного розточування:

$$2Z_{\min 2} = 99,885 - 99,423 = 0,462 \text{ мм} = 462 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2} = 99,745 - 99,203 = 0,542 \text{ мм} = 542 \text{ (мкм)};$$

- для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 1} = 99,423 - 97,381 = 2,042 \text{ мм} = 2042 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 1} = 99,203 - 96,511 = 2,692 \text{ мм} = 2692 \text{ (мкм)}.$$

На основі даних розрахунку будемо схему графічного розташування припусків і допусків по обробці отвору $\varnothing 100^{+0,087}$ (рис. 2.11).

Загальні припуски $Z_{0\min}$ і $Z_{0\max}$ визначаємо сумуючи проміжні припуски:

$$2Z_{0\min} = 2042 + 462 + 202 = 2706 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{0\max} = 2692 + 542 + 255 = 3489 \text{ (мкм)}.$$

Загальний номінальний припуск і номінальний розмір заготовки

$$Z_{0\text{ном}} = Z_{0\min} + H_3 - H_d = 2706 + 435 - 87 = 3054 \text{ (мкм)};$$

$$d_{\text{заг ном}} = d_{\text{дет ном}} - Z_{0\text{ном}} = 100 - 3,054 = 96,946 \text{ (мм)}.$$

Проводимо перевірку правильності виконаних розрахунків

$$2Z_{\max 3}^{\text{пр}} - 2Z_{\min 3}^{\text{пр}} = 255 - 202 = 53 \text{ (мкм)}; \quad \delta_2 - \delta_3 = 140 - 87 = 53 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2}^{\text{пр}} - 2Z_{\min 2}^{\text{пр}} = 542 - 462 = 80 \text{ (мкм)}; \quad \delta_1 - \delta_2 = 220 - 140 = 80 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max}^{zp} - 2Z_{\min}^{zp} = 2692 - 2042 = 650 \text{ (мкм)}; \quad \delta_{\text{заг}} - \delta_1 = 870 - 220 = 650 \text{ (мкм)}.$$

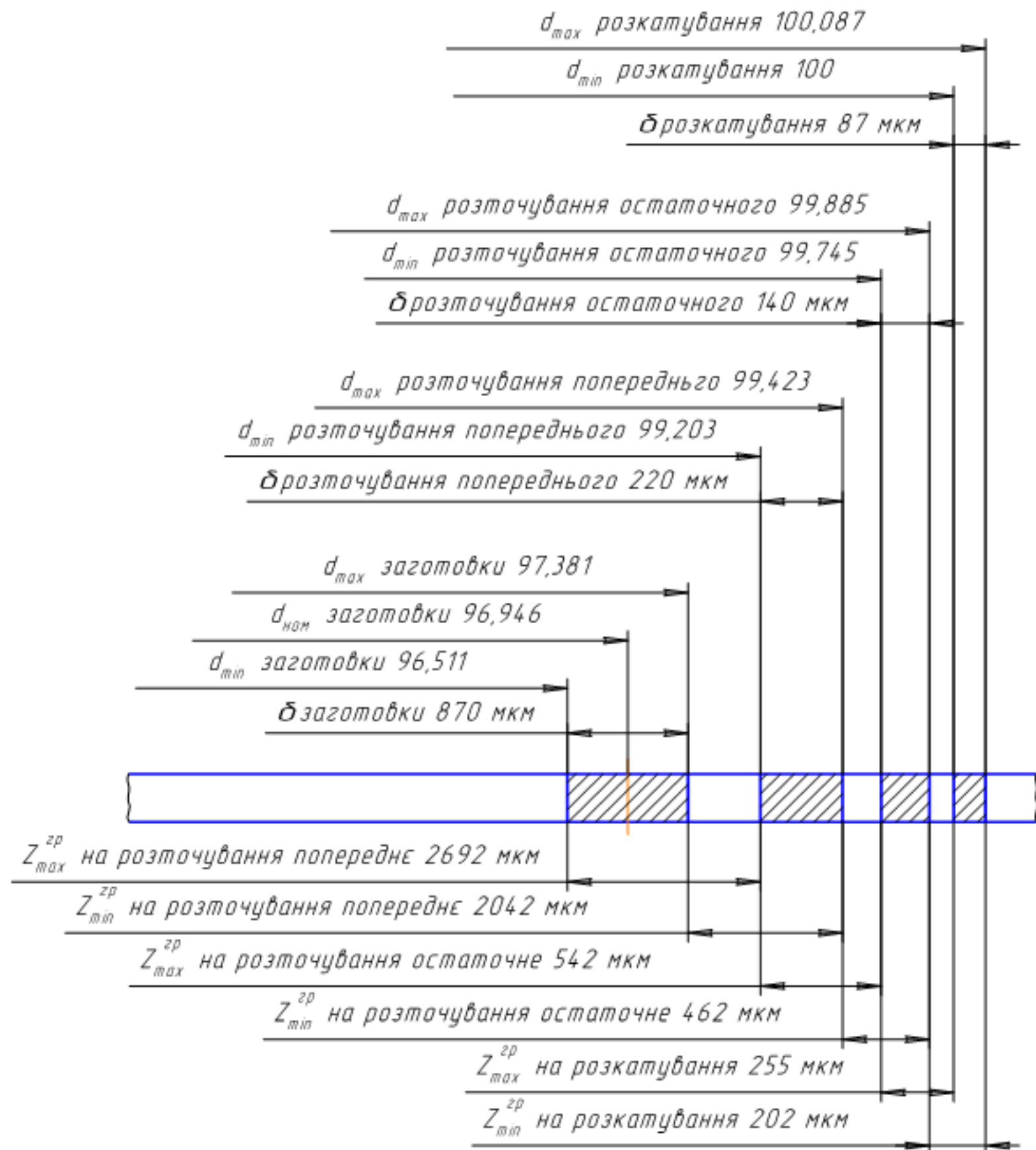


Рисунок 2.11 – Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 100^{+0,087}$

2.3.6 Визначення режимів різання

Визначаємо режими різання на механічну обробку поверхні $\varnothing 100^{+0,087}$:

- попереднє розточування.

Визначаємо швидкість різання [1, 15-17]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v \text{ [м/хв]}, \quad (2.18)$$

де C_v, K_v – коефіцієнти;

m, x, y – показники степеня;

T – стійкість інструменту, хв;

t – глибина різання (припуск), $t = 2,5$ мм;

S – подача, мм/об.

$$S_0 = S_{\text{таб}} \cdot K_{ls} = 0,38 \cdot 1,0 = 0,38 \text{ (мм/об.)}.$$

Корегуючи по паспорту верстата, приймаємо $s = 0,4$ мм/об;

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

$C_v = 350$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $m = 0,2$; T15K6

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{rv}, \quad (2.19)$$

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

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

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

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

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

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

Тоді

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 0,56 = 100,3 \text{ (м/хв)}.$$

Розрахуємо частоту обертання:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 100,3}{3,14 \times 94} = 314 \text{ (об/хв.)}.$$

Згідно паспортних даних приймаємо $n=300^{\text{об}}/\text{хв.}$

Уточнюємо швидкість різання:

$$V = \frac{3,14 \cdot 94 \cdot 300}{1000} = 98,7 \text{ (м/хв.)};$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot T^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p = 980 \text{ (Н)};$$

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{980 \cdot 98,7}{1020 \cdot 60} = 1,580 \text{ (кВт)}.$$

Визначаємо потужність різання при заданих режимах різання, $N_{\text{таб}}=3 \text{ кВт.}$

Ефективна потужність на шпинделі токарно-револьверного верстата складає

$$N_B = 15 \text{ кВт}; \quad N_B > N_{\text{таб}}.$$

Умови обробки по потужності виконуються.

- остаточне розточування $\varnothing 100^{+0,087}$:

$$t = 0,3 \text{ мм};$$

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

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

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

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

T15K10,

Тоді

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,3^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,46 = 130 \text{ (м/хв.)}$$

Розрахуємо частоту обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 140,28}{3,14 \cdot 100} = 446,75 \text{ (об/хв.)}$$

Згідно паспортних даних приймаємо $n=450 \text{ }^{об}/_{хв.}$

Уточнюємо швидкість різання:

$$V = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 450}{1000} = 141,3 \text{ (м/хв.)};$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot T^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p = 845 \text{ (Н)};$$

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = 1251 \text{ (Вт)}.$$

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

Ефективна потужність на шпинделі токарно-револьверного верстата складає $N_B=15 \text{ кВт}$; $N_B > N_{таб}$.

Умови обробки по потужності виконуються.

В таблиці 2.10 наведені результати визначення (за нормативами) режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів для розробленого маршруту механічної обробки даної деталі. Верстати мають необхідну потужність для виконання всіх переходів механічної обробки по виготовленню даної деталі.

Таблиця 2.10 – Режими різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів

Операції, переходи	Режими різання			
	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	t, мм
Операція 005				
2. Точити торець 1 однократно,	0,2	800	286	2,5
фаску 2 однократно	0,2	800	286	1,6
3. Розточити поверхню 3 попередньо,	0,4	300	98,7	2,5
фаску 4 попередньо	0,4	300	98,7	2,0
4. Розточити канавку 5 однократно,	0,3	300	98,9	3,15
фаску 6 попередньо	0,3	300	98,9	2,0
5. Розточити фаску 4 попередньо,	0,2	400	157	1,0
фаску 6 попередньо	0,2	400	157	1,0
6. Розточити поверхню 3 остаточно,	0,2	500	157	0,3
фаску 4 остаточно,	0,15	500	157	0,5
фаску 6 остаточно	0,15	500	157	0,5
Операція 010				
2. Точити торець 1 однократно,	0,2	800	286	2,5
точити фаску 2 однократно	0,2	800	286	1,6
3. Розточити фаску 3 однократно	0,2	800	263	0,6
Операція 015				
2. Центрувати 2 отвори 1.	0,3	500	9,8	2
3. Свердли 2 отвори 1.	0,3	500	18,84	6
4. Цекувати 2 отвори 2.	0,3	500	47,4	9,6
5. Фрезерувати паз 3 однократно	0,4	500	78,5	3
Операція 020				
2. Розкатати поверхню 1 однократно	1	100	314	0,2

2.3.7 Визначення технічних норм часу

Проведемо детальний розрахунок технічних норм часу на операцію 005.

В серійному виробництві норма штучно-калькуляційного часу визначається за формулою [1, 15-17]:

$$T_{\text{шк-к}} = \frac{T_{\text{п-з}}}{n} + T_{\text{шт}}, [\text{хв.}] \quad (2.20)$$

де $T_{\text{п-з}}$ – підготовчо-заклучний час, хв.;

$T_{шт}$ – штучний час, хв.;

n – кількість деталей в налагоджуваній партії, шт.

Визначаємо склад підготовчо-заключного часу:

– налагодження верстата, інструменту і пристосування – 11 хв.;

– додаткові прийоми – 4 хв.;

– отримання інструменту і пристосування до початку роботи і здача їх після завершення роботи – 10 хв.

$$T_{п-з} = 11 + 4 + 10 = 25 \text{ (хв.)}$$

Прийнятий розмір партії деталей $n = 81$ шт.

Норма штучного часу для верстатів з ЧПК визначається за формулою:

$$T_{шт} = (T_{ц} + T_{доп}) \cdot \left(1 + \frac{T_{обс} + T_{випл}}{100} \right), [\text{хв.}] \quad (2.21)$$

де $T_{ц} = 5,33$ хв. – розрахований час на цикл роботи за програмою [1, 15-17];

$T_{доп}$ – допоміжний час;

$$T_{доп} = T_{в.з.} + T_{з.р.} + T_{уп} + T_{вим} \text{ [хв]}, \quad (2.22)$$

де $T_{в.з.} + T_{з.р.} = 0,2$ – час на встановлення і зняття деталі, закріплення і розкріплення;

$T_{уп}$ – час на прийоми управління верстатом і додаткові прийоми: ввімкнення і вимкнення верстата кнопкою – 0,01 хв.; встановлення заданого взаємного розташування деталі і інструмента по координатам – 0,32 хв.; перевірка приходу інструменту в задану точку після обробки – 0,15 хв.;

$$T_{уп} = 0,01 + 0,32 + 0,15 = 0,48 \text{ (хв.)};$$

$T_{вим}$ – час на контрольні вимірювання: вимірювання штангенциркулем, час на зовнішній огляд і перевірку робочими зразками шорсткості;

$$T_{вим} = 0,4 \text{ хв.}$$

Допоміжний час

$$T_{доп} = 0,2 + 0,48 + 0,4 = 1,08 \text{ (хв.)}$$

Оперативний час

$$T_{оп} = T_{ц} + T_{доп} = 5,33 + 1,08 = 6,41 \text{ (хв.)} \quad (2.23)$$

$T_{об} + T_{вип}$ – час на технічне і організаційне обслуговування робочого місця та час перерв та відпочинку і індивідуальні потреби робітника, що складає 9% від оперативного часу;

$$T_{об} + T_{вип} = \frac{T_{оп} \cdot 9}{100} = \frac{6,41 \cdot 9}{100} = 0,58 \text{ (хв.)}.$$

Штучний час

$$T_{шт} = (5,33 + 1,08) \cdot \left(1 + \frac{0,58}{100}\right) = 6,45 \text{ (хв.)}$$

Штучно-калькуляційний час

$$T_{шт-к} = \frac{25}{81} + 6,45 = 6,76 \text{ (хв.)}$$

На інші операції технічні норми часу визначаємо аналогічно згідно рекомендацій і дані розрахунків зводимо в таблицю 2.11.

Таблиця 2.11 – Технічні норми часу операцій маршруту механічної обробки кришки

№ оп-ції	Найменування операції	$T_{ц}$ або $T_{осн}$	$T_{доп}$	$T_{оп}$	$T_{об} +$ $T_{вдпт}$	$T_{шт}$	$T_{п-з}$	n	$T_{шт-к}$
005	Токарно-револьверна з ЧПК	5,33	1,08	6,41	0,58	6,45	25	81	6,76
010	Токарно-револьверна з ЧПК	0,072	0,74	0,81	0,07	0,81	25	81	1,12
015	Свердлильна з ЧПК	0,29	0,68	0,97	0,09	0,97	25	81	1,28
020	Токарна	3,28	0,2	3,48	0,22	3,7	22	81	3,97

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ГІДРОЦИЛІНДРА 100.50.01.08Б»

3.1 Розрахунок приведеної програми

Приведена програма визначається за формулою [2, 18]

$$N_{np} = N_{пред} + \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{пр} \quad [\text{шт.}], \quad (3.1)$$

де $N_{пред}$ – програма випуску представника; N_i – програма випуску деталей, якими довантажуються верстати; $K_{пр}$ – коефіцієнт приведення деталей, якими довантажуються верстати.

Визначаємо межі значень річної програми та маси деталей для довантаження.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку приведеної програми

Найменування деталі	Річна програма, шт.	Маса деталі, кг
Корпус гідроциліндра 100.50.01.08Б	3000	3,96
Ступиця	12000	2
Втулка	800	7,8
Стакан	30000	2,3

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

$$k_{пр} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3. \quad (3.2)$$

а) k_1 – коефіцієнт приведення по масі,

$$k_1 = \sqrt[3]{\frac{m_i}{m_{пр}}}, \quad (3.3)$$

де m_i – маса i -ої деталі, $m_{пр}$ – маса представника.

$$k_{11} = \sqrt[3]{\left(\frac{2}{3,96}\right)^2} = 0,694 \quad \text{– для деталі 1;}$$

$$k_{12} = \sqrt[3]{\left(\frac{7,8}{3,96}\right)^2} = 1,273 \quad \text{– для деталі 2;}$$

$$k_{13} = \sqrt[3]{\left(\frac{2,3}{3,96}\right)^2} = 0,824 \quad \text{– для деталі 3;}$$

Таблиця 3.2 – Вихідні дані для розрахунку приведеної програми

Корпус гідроциліндра 100.50.01.08Б (розрахунковий представник)	6	7	8	9	10	11	12	13	14
				1		1	1	2	16
	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5			
	1		2			18			
Ступиця	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			1	1	1			2	18
	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5			
		1	2	1		11			
Втулка	6	7	8	9	10	11	12	13	14
					3	2		1	11
	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5			
		1	1		3	12			
Стакан	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			1	1	1			2	9
	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5			
	1		3		3	7			

б) k_2 – коефіцієнт приведення по серійності,

$$k_2 = \left(\frac{N_{np}}{N_i} \right)^\alpha, \quad (3.4)$$

де α – коефіцієнт для середнього машинобудування = 0,15.

$$k_{21} = \left(\frac{3000}{12000} \right)^{0.15} = 0,812 \quad \text{— для деталі 1;}$$

$$k_{22} = \left(\frac{3000}{800} \right)^{0.15} = 1,219 \quad \text{— для деталі 2;}$$

$$k_{23} = \left(\frac{3000}{30000} \right)^{0.15} = 0,708 \quad \text{— для деталі 3;}$$

в) k_3 – коефіцієнт приведення по складності,

$$k_3 = \left(\frac{\overline{K}_{Ti}}{\overline{K}_{Tnp}} \right)^{\alpha 1} \cdot \left(\frac{\overline{R}_{ai}}{\overline{R}_{anp}} \right)^{\alpha 2}, \quad (3.5)$$

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

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

$$\overline{K}_{Tnp} = \frac{\sum T \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{1 \cdot 9 + 1 \cdot 11 + 1 \cdot 12 + 2 \cdot 13 + 16 \cdot 14}{21} = 13,42$$

$$\overline{K}_{T1} = \frac{1 \cdot 8 + 1 \cdot 9 + 1 \cdot 10 + 2 \cdot 13 + 18 \cdot 14}{23} = 13,26 \quad \text{— для деталі 1;}$$

$$\overline{K}_{T2} = \frac{3 \cdot 10 + 2 \cdot 11 + 1 \cdot 13 + 11 \cdot 14}{17} = 12,88 \quad \text{— для деталі 2;}$$

$$\overline{K}_{T3} = \frac{1 \cdot 8 + 1 \cdot 9 + 1 \cdot 10 + 2 \cdot 13 + 9 \cdot 14}{14} = 12,78 \quad \text{— для деталі 3;}$$

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

$\overline{R}_{anp}$ – середня шорсткість розрахункового представника.

$$\overline{R}_{anp} = \frac{1 \cdot 0,4 + 2 \cdot 1,6 + 18 \cdot 12,5}{21} = 10,89$$

$$\overline{R}_{a1} = \frac{1 \cdot 0,8 + 2 \cdot 1,6 + 1 \cdot 3,2 + 11 \cdot 12,5}{15} = 9,65 \quad \text{— для деталі 1;}$$

$$\overline{R}_{a2} = \frac{1 \cdot 0,8 + 1 \cdot 1,6 + 3 \cdot 6,3 + 12 \cdot 12,5}{17} = 10,08 \quad \text{— для деталі 2;}$$

$$\overline{R}_{a3} = \frac{1 \cdot 0,4 + 3 \cdot 1,6 + 3 \cdot 6,3 + 7 \cdot 12,5}{14} = 7,97 \quad \text{— для деталі 3.}$$

Отже, коефіцієнт приведення по складності:

$$k_{31} = \left(\frac{13,26}{13,42} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{9,65}{10,89} \right)^{\alpha_2} = \frac{0,806}{0,785} \cdot \frac{0,945}{0,982} = 1,021 \quad \text{— для деталі 1;}$$

$$k_{32} = \left(\frac{12,88}{13,42} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{10,08}{10,89} \right)^{\alpha_2} = \frac{0,814}{0,785} \cdot \frac{0,976}{0,982} = 1,075 \quad \text{— для деталі 2;}$$

$$k_{33} = \left(\frac{12,78}{13,42} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{7,97}{10,89} \right)^{\alpha_2} = \frac{0,829}{0,785} \cdot \frac{0,869}{0,982} = 0,934 \quad \text{— для деталі 3.}$$

Загальний коефіцієнт приведення для трьох деталей буде рівний:

$$k_{np1} = 0,694 \cdot 0,812 \cdot 1,021 = 0,575 ;$$

$$k_{np2} = 1,237 \cdot 1,219 \cdot 1,075 = 1,621 ;$$

$$k_{np3} = 0,824 \cdot 0,708 \cdot 0,934 = 0,54 .$$

$$N_{np} = N_{пред} + N_1 \cdot K_{np1} + N_2 \cdot K_{np2} + N_3 \cdot K_{np3} . \quad (3.6)$$

$$N_{np} = 3000 + 12000 \cdot 0,575 + 800 \cdot 1,621 + 30000 \cdot 0,54 = 27397 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо $N_{\text{пр}} = 27500$ шт.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку приведеної програми

Номер виробу	Річний випуск, шт.	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма, шт.
			По масі	По сер.	По скл.	загальний	
Корпус гідроциліндра 100.50.01.08Б (розрах. представник)	3000	3,96	1	1	1	1	3000
Ступиця	12000	2	0,694	0,812	1,021	0,575	6900
Втулка	800	7,8	1,237	1,219	1,075	1,621	1297
Стакан	30000	2,3	0,824	0,708	0,934	0,54	16200

Отже, при подальших розрахунках кількості обладнання, працівників та інших складових дільниці буде використовуватися приведена програма, яка складає – 27500 шт.

3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Кількість верстатів визначається за формулою [2, 18]:

$$C_p = \frac{N_{\text{пр}} \cdot T_{\text{шт-к}}}{60 \cdot F_d}, \quad (3.7)$$

де $T_{\text{пр}}$ –сумарна трудомісткість деталей, год.;

F_d – ефективний річний фонд часу роботи верстата при роботі в одну зміну, год.

Операція 005 – токарно-револьверна з ЧПК $T_{\text{шт-к}} = 6,76$ хв.

$$C_{p005} = \frac{27500 \cdot 6,76}{60 \cdot 3890} = 0,8.$$

Прийнята кількість – 1.

Операція 010 – токарно-револьверна з ЧПК $T_{шт-к} = 1,12$ хв.

$$C_{p010} = \frac{27500 \cdot 1,12}{60 \cdot 3890} = 0,13 .$$

Прийнята кількість – 1.

Операція 015 – свердлильна з ЧПК $T_{шт-к} = 1,28$ хв.

$$C_{p015} = \frac{27500 \cdot 1,28}{60 \cdot 3890} = 0,15 .$$

Прийнята кількість – 1.

Операція 020 – токарна $T_{шт-к} = 0,42$ хв.

$$C_{p020} = \frac{27500 \cdot 3,97}{60 \cdot 4060} = 0,45 .$$

Прийнята кількість – 1.

Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_z = \frac{C_p}{C_{пр}}, \quad (3.8)$$

де C_p – кількість розрахункового обладнання;

$C_{пр}$ – кількість прийнятого обладнання.

Операції 005:

$$\eta_{z005} = \frac{0,8}{1} = 0,8 .$$

Операції 010:

$$\eta_{z010} = \frac{0,13}{1} = 0,13 .$$

Операція 015:

$$\eta_{z015} = \frac{0,15}{1} = 0,15 .$$

Операції 020:

$$\eta_{z020} = \frac{0,45}{1} = 0,45 .$$

Операції 005 та 010 можуть бути виконані на одному верстаті, але при цьому доведеться змінювати патрон на оправку після обробки партії деталей 81 штук, що може бути не дуже доцільно.

Розраховуємо середнє значення коефіцієнта завантаження обладнання:

$$\eta_{z.cpr} = \frac{0,8 + 0,13 + 0,15 + 0,45}{4} \cdot 100 \% = 38 \ \%.$$

Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання за основним часом

$$\eta_{oz} = \frac{t_{ocn}}{T_{шт.к}}, \quad (3.9)$$

де t_{ocn} – основний час;

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

Операції 005:

$$\eta_{oz005} = \frac{5,33}{6,76} = 0,79 .$$

Операції 010:

$$\eta_{oz010} = \frac{0,072}{1,12} = 0,06 .$$

Операція 015:

$$\eta_{\text{оз } 015} = \frac{0,29}{1,28} = 0,23 \text{ .}$$

Операція 020:

$$\eta_{\text{оз } 020} = \frac{3,28}{3,97} = 0,83 \text{ .}$$

Розраховуємо середнє значення коефіцієнта використання обладнання за основним часом:

$$\eta_{\text{о,ср}} = \frac{0,79 + 0,06 + 0,23 + 0,83}{4} \cdot 100 \% = 48 \text{ \%}.$$

3.3 Побудова графіків завантаження обладнання

Графік завантаження обладнання показаний на рис. 3.1, графік використання обладнання за основним часом показаний на рис. 3.2.

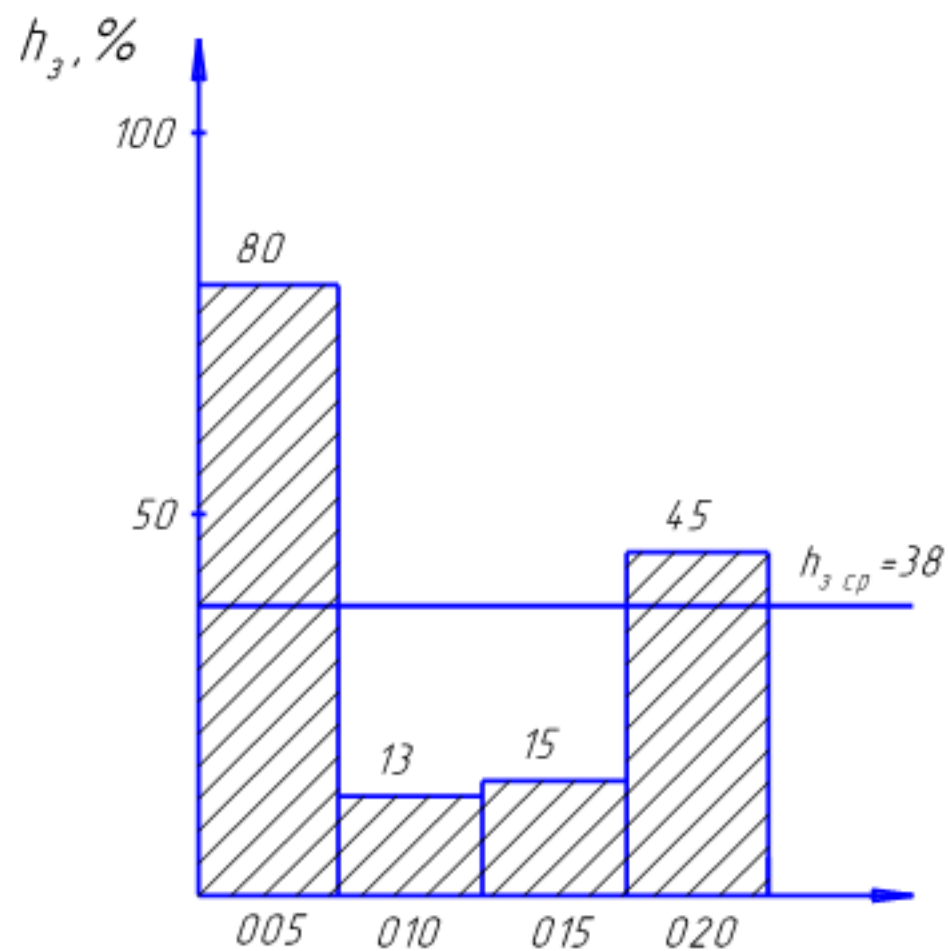


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

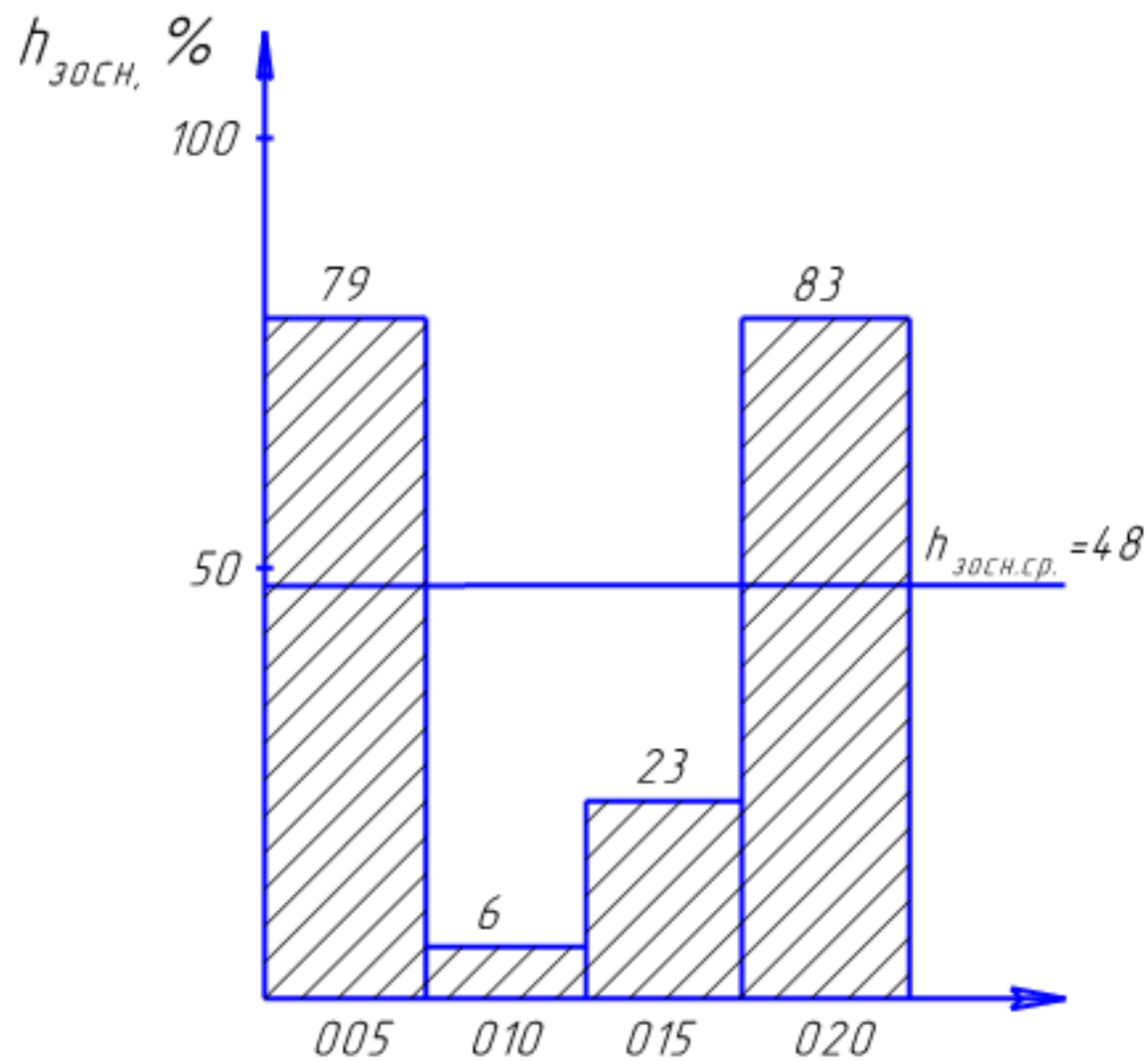


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Висновок. На операціях 010, 015, 020 верстати необхідно довантажити обробкою інших деталей (крім тих, що враховані в приведеній програмі). Коефіцієнт використання за основним часом є також низьким для даних умов виробництва. На операціях 010, 015 необхідно зменшити допоміжний час за рахунок застосування механізованих пристосувань.

3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці

Кількість робочих, які працюють на станках визначається по формулі [2, 18]:

$$P_i = \frac{\Phi_d \cdot C_{np} \cdot \eta_z \cdot \eta_o}{\Phi_e \cdot K_n}, \quad (3.10)$$

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

$\Phi_{\text{в}}$ – ефективний річний фонд роботи верстатника, $\Phi_{\text{в}} = 1820$ год.;

$\Phi_{\text{с}}$ – ефективний фонд роботи верстата, $\Phi_{\text{с}} = 3890$ год.;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт багатоверстатного обслуговування, $K_{\text{в}} = 1,0 \dots 2,2$.

Так кількість верстатників на операції 005 складає:

$$P_{005} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,8 \cdot 0,79}{1820 \cdot 1} = 1,35 \text{ .}$$

Приймаємо 2 токаря.

Кількість верстатників на операції 010 складає:

$$P_{010} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,13 \cdot 0,06}{1820 \cdot 1} = 0,02 \text{ .}$$

Приймаємо 1 токаря.

Кількість верстатників на операції 015 складає:

$$P_{015} = \frac{1 \cdot 4060 \cdot 0,15 \cdot 0,23}{1820 \cdot 1} = 0,077 \text{ .}$$

Приймаємо 1 свердлильника.

Кількість верстатників на операції 020 складає:

$$P_{020} = \frac{1 \cdot 4060 \cdot 0,45 \cdot 0,83}{1820 \cdot 1} = 0,83 \text{ .}$$

Приймаємо 1 токаря.

Розрахункова кількість основних робітників на операціях 010, 015 є надто низькою (0,02; 0,077 відповідно). Приймаючи по одному робітнику в зміну необхідно мати на увазі, що обробкою даних деталей вони завантажені досить мало і тому необхідно планувати їм виконання обробки інших деталей.

Число допоміжних робочих приймається по нормам обслуговування оснащення із розрахунку

$$P_{\text{доп}} = (0,20 \dots 0,25) \cdot 5 = 1,0 \dots 1,25.$$

Приймаємо 2 допоміжних робітника.

Розраховуємо кількість інженерно-технічних робітників (ІТР).

При серійному виробництві кількість ІТР складає 16-22%, від кількості верстатів $C = 5$, більше значення приймаємо коли верстатників менше 50 чоловік.

$$P_{\text{ІТР}} = (0,16 \dots 0,22) \cdot 5 = 0,8 \dots 1,1.$$

Приймаємо 1 ІТР.

Розраховуємо кількість службовців.

При серійному виробництві кількість службовців складає 0,9-1,9%, від загального числа верстатників.

$$P_C = (0,009 \dots 0,019) \cdot 5 = 0,045 \dots 0,095.$$

Приймаємо 1 службовця, який буде обслуговувати ще ряд діляниць.

Розраховуємо кількість молодшого обслуговуючого персоналу (МОП).

Кількість МОП складає 1-2% від загальної кількості робітників:

$$P_{\Sigma} = P_{\text{верст}} + P_{\text{доп}} + P_{\text{ІТР}} + P_C = 5 + 2 + 1 + 1 = 9 \text{ (чол.)}$$

$$P_{\text{МОП}} = (0,001 \dots 0,002) \cdot 9 = 0,009 \dots 0,018.$$

Приймаємо 1 чоловіка, який буде обслуговувати ще інші діляниці.

Отримані дані занесемо до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість, чол.
Основні робітники-верстатники	розрахунок	5	5
Допоміжні робітники	20...25%	1,0...1,25	2
ІТР	16...22%	0,8...1,1	1
СКП	0,9...1,9%	0,045...0,095	1
МОП	1...2%	0,009...0,018	1

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Еволюційно склалося так, що охорона праці як галузь науки виникла на перетині соціально-правових, медичних та технічних наук, безпеки життєдіяльності. Оскільки основним об'єктом охорони праці є людина в процесі праці, то під час розробки норм виробничої санітарії використовуються результати досліджень ряду медичних і біологічних дисциплін.

Завданням розділу є здійснення атестації робочого місця за умовами праці, яке розміщене в приміщенні, що зв'язане з фахом майбутнього спеціаліста після закінчення вищого навчального закладу.

4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих чинників у виробничому приміщенні

Під час роботи в даному приміщенні, виникає низка небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що регламентуються [19].

4.1.1 Класифікація потенційно небезпечних та шкідливих факторів

Дане приміщення характеризується небезпечними та шкідливими виробничими факторами фізичної, хімічної, біологічної та психофізіологічної груп [19, 20], які класифікуються таким чином:

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

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

3) Біологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори – відсутні.

4) Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

а) фізичні перевантаження – немає.

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

Вкажемо імовірні підстави появи цих чинників і коротко опишемо їхню дію на організм людини.

4.1.2 Імовірні причини виникнення шкідливих та небезпечних виробничих чинників

Високий рівень шуму і вібрації робочої зони може бути спричинений роботою таких елементів комп'ютерів, як жорсткий диск, вентилятори блоку живлення, охолодження мікропроцесора, швидкісні пристрої для зчитування та запису інформації з оптичних носіїв, механічні сканери, пересувні механічні частини принтера.

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

Високий рівень ультразвуку може бути викликаний обладнанням, у якому генеруються ультразвукові коливання для виконання технологічних операцій, а також обладнання, при експлуатації якого ультразвук виникає як побічний фактор.

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

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

Підвищена або понижена температура повітря робочої зони може бути спричинена різкою зміною температури повітря навколишнього середовища, наявністю або відсутністю опалення робочого приміщення тощо.

Підвищена або понижена відносна вологість повітря робочої зони може бути спричинена різною кількістю води, що випаровується у приміщенні, метрологічними умовами поза приміщенням.

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

Підвищена інтенсивність теплового випромінювання може бути спричинена теплом, що потрапляє у виробниче приміщення від обладнання, опалювальних приладів, людей тощо.

Відсутність або недостатність природного освітлення може бути спричинена відсутністю або недостатніми розмірами віконних проїм.

Недостатня освітленість робочої зони може бути спричинена малою потужністю світильників та ламп штучного освітлення.

Шкідливі хімічні речовини в повітрі робочої зони можуть бути спричинені утворенням такої речовини, як пил зерновий в процесі роботи за ПК. В приміщеннях із ПК оператори піддаються впливу пилу, який притягається до працівника і дуже наелектризованого устаткування.

Перенапруження аналізаторів може бути спричинене інтенсивною роботою за ЕОМ.

Монотонність праці може бути спричинена одноманітністю роботи працюючого.

4.1.3 Вплив небезпечних та шкідливих виробничих чинників на організм працівника

Високий рівень шуму і вібрації робочої зони може викликати швидку стомленість працюючого, погіршення слуху, нервові розлади.

Високий рівень інфразвуку може викликати нездужання типу морської хвороби, нервову втому.

Високий рівень ультразвуку може викликати зсуви у стані нервової, серцево-судинної, дихальної, ендокринної системах організму, у обміні речовин та терморегуляції людини.

Підвищений рівень електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону може викликати при постійному впливові стійкі функціональні зміни у центральній нервовій та серцево-судинній системах, а при тривалому впливі – сонливість, порушення сну, зниження кров'яного тиску, зміну температури тіла та інше.

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

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

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

Підвищена або понижена швидкість руху повітря робочої зони може викликати порушення реакції терморегуляції організму людини.

Підвищена інтенсивність теплового випромінювання може викликати перегрівання організму працівника.

Відсутність або недостатність природного освітлення приводить до напруження зору, послабляє увагу, приводить до настання передчасної стомленості.

Недостатня освітленість робочої зони може стати причиною багатьох важких і смертельних випадків на виробництві.

Шкідливі хімічні речовини в повітрі робочої зони діють таким чином. Пил може бути вибухонебезпечним. Нижній поріг вибухонебезпечної концентрації зернового пилу в повітрі складає 40 г/м^3 . При тривалій роботі в високоіонізованому повітряному середовищі може виникнути сильна перевтома, що може послабити захисні властивості організму та імунітет до інших захворювань.

Перенапруження аналізаторів призводить до різкої втоми очей працівника і навіть до погіршення зору.

Монотонність праці призводить до швидкої втоми працівника, зниження функціональних можливостей організму та інтересу до роботи, сонливості.

4.1.4 Обґрунтування вибору нормованих значень шкідливих та небезпечних виробничих факторів

Відповідно до [21] для такої шкідливої речовини, як пил зерновий, визначаємо, що вона відноситься до 2-го класу безпеки і має $\text{ГДК} = 4 \text{ мг/м}^3$.

Для виду вібрації – загальна, вибираємо нормований еквівалентний рівень віброприскорення 33 дБ [22].

Враховуючи призначення приміщення – виготовлення і вид шуму – постійний, вибираємо нормований еквівалентний рівень шуму 80 дБА [23].

Відповідно до рекомендацій [27] нормований загальний рівень інфразвуку 110 дБ, нормований рівень ультразвуку 110 дБ.

При частоті електричного поля радіочастотного діапазону 162,685 МГц нормована напруженість електричного поля восьмигодинного робочого дня становить 10 В/м згідно з [24].

Допустима напруженість електричного поля промислової частоти для восьмигодинного робочого дня складає 5 кВ/м [24].

За величиною енерговитрат 163 Вт згідно з [25] встановлюємо категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – Іб, для якої в теплий період року для постійних робочих місць допустима температура повітря становить 21...28 °С, допустима швидкість руху повітря 0,1...0,3 м/с, а допустима відносна вологість повітря не більше ніж 60 %. Інтенсивність теплового випромінювання допускається не більше ніж 140 Вт/м².

За найменшим розміром об'єкта розрізнення 0,29 мм, вибираємо розряд зорових робіт – 2, для якого нормоване КПО для бокового освітлення складає 1,5 % [26].

Так як приміщення знаходиться у м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а світлові пройми орієнтовані за азимутом 241°, то для таких умов нормоване КПО визначатиметься за формулою [26]:

$$e_N = e_n m_N [\%]; \quad (4.1)$$

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

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

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – номер групи забезпеченості природним світлом.

За співвідношенням контрасту (малий) та фону (середній), вибираємо підрозряд зорових робіт – б, в межах якого встановлюємо нормовану освітленість для загального штучного освітлення – 750 лк.

4.2 Карта умов праці

4.2.1 Оцінка факторів трудового та виробничого процесів

В таблиці 4.1 наведено оцінку факторів виробничого і трудового процесів [27].

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів виробничого і трудового процесів

Номер	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення (ГДР, ГДК)		Фактичне значення	Ступінь 3-го класу: шкідливі умови і характер праці		
		нижнє	верхнє		I	II	III
1	Шкідливі хімічні речовини:						
1.1	1-й клас небезпеки						
1.2	2-й клас небезпеки		4	19,02		I	
1.3	3-й, 4-й класи небезпеки		–	–			
2	Вібрація		33	61			+
3	Шум		80	52			
4	Інфразвук		110	81			
5	Ультразвук		110	91			
6	Неіонізуючі випромінювання:						
6.1	– радіочастотний діапазон		10	56	I		
6.2	діапазон промислової частоти		5	6,06	+		
6.3	– оптичний діапазон		0	0			
7	Мікроклімат у приміщенні:						
7.1	– температура повітря, °С	21	28	16			
7.2	– швидкість руху повітря, м/с	0,1	0,3	0,6	+		
7.3	– відносна вологість повітря, %		60	88		+	
7.4	– інтенсивність теплового випромінювання, Вт/м ²		140	2430		I	
8	Виробниче освітлення:						
8.1	розряд зорових робіт	4		2		I	
8.2	– КІО для природного освітлення, %	1,28		1,3			
8.3	– освітленість для штучного освітлення, лк	750		491	+		
	Кількість факторів	–	–	–	4	4	I

4.2.2 Гігієнічна оцінка умов праці

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

Підвищений рівень вібрації – 3 ст.

Підвищений рівень неіонізуючих випромінювань радіочастотного діапазону – 1 ст.

Підвищений рівень неіонізуючих випромінювань промислової частоти – 1 ст.

Підвищена швидкість руху повітря в теплий період року – 1 ст.

Підвищена відносна вологість повітря в теплий період року – 2 ст.

Підвищена інтенсивність теплового випромінювання – 2 ст.

Підвищена напруженість зору – 2 ст.

Недостатня освітленість робочої зони штучним освітленням – 1 ст.

4.2.3 Оцінка технічного й організаційного рівня

Технічний рівень робочого місця не відповідає нормативним вимогам.

4.2.4 Атестація робочого місця

Робоче місце атестовано за третім ступенем шкідливості.

4.2.5 Рекомендації щодо покращення умов праці

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

Для забезпечення допустимих параметрів вібрації в приміщенні потрібно використати відбудування від режиму резонансу за допомогою раціонального вибору маси та жорсткості системи, що коливається.

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

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

Для забезпечення нормованих параметрів швидкості руху повітря в приміщенні потрібно зменшити число обертів вентилятора.

Для забезпечення нормованих параметрів відносної вологості повітря в приміщенні потрібно застосувати систему кондиціювання повітря.

Для забезпечення нормованих параметрів інтенсивності теплового випромінювання в приміщенні потрібно використати кондиціювання повітря.

Для підвищеної напруженості зору використовується суміщене освітлення.

Для забезпечення нормованих параметрів освітленості для штучного освітлення в приміщенні потрібно збільшити потужність/кількість ламп в освітлювальних установках.

4.3 Пожежна безпека

Мінімальні межі вогнестійкості конструкцій розглядуваного приміщення наведені в таблиці 4.2.

В таблиці 4.3 приведено протипожежні норми проектування будівель і споруд.

Таблиця 4.2 – Мінімальні межі вогнестійкості приміщення [28]

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Східчасті майданчики	Плити та інші несучі конструкції	Елементи покриття	
	Несучі та східчасті клітки	Самонесучі	Зовнішні несучі	Перегородки				Плити, прогони	Балки, ферми
4	REI 30 M 1	REI 15 M 1	E 15 M 1	EI 15 M 1	R 30 M 1	R 15 M 1	REI 15 M 1	н н н н	н н н н

Примітка. R – втрати несучої здатності; E – втрати цілісності; I – втрати теплоізолювальної спроможності; M – показник здатності будівельної конструкції поширювати вогонь (межа поширення вогню); M0 – межа поширення вогню дорівнює 0 см; M1 – $M \leq 25$ см – для горизонтальних

конструкцій; $M \leq 40$ см – для вертикальних і похилих конструкцій; нн – не нормується.

Таблиця 4.3 – Протипожежні норми проектування будівель і споруд [29]

Об'єм приміщення, тис. м ³	Категорія пожежної небезпеки	Ступінь вогнестійкості	Відстань, м, для щільності людського потоку в загальному проході, осіб/м ²			Кількість людей на 1 м ширини евакуиходу	Протипожежні розриви, м, при ступені їх вогнестійкості			Найбільша кількість поверхів	Максимально допустима площа поверху, м ² , для числа поверхів		
			до 1	2-3	4-5		I,II	III	IV,V		1	2	3 і більше
до 15	В	4	70	40	30	75	12	15	18	2	2600	2000	–

4.4 Висновки

Під час виконання цього розділу було розглянуто такі питання охорони праці, як аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні; карта умов праці; рекомендації стосовно покращення умов праці, а також наведено норми пожежної безпеки.

ВИСНОВКИ

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

В роботі спроектовано технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус гідроциліндра 100.50.01.08Б». При цьому згідно заданої програми випуску ($N = 3000$ шт.) розрахункового представника визначено тип виробництва – середньосерійний, форма організації роботи – групова, виконано аналіз технологічності конструкції деталі, розглянуті можливі методи та способи виготовлення заготовки та вибрано оптимальний (трубний прокат) 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 циліндричної поверхні $\varnothing 100^{+0,087}$, 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, яка складає $N_{пр} = 27500$ шт. Встановлено кількість працюючих (основних робітників-верстатників – 5 чол., всіх працівників – 5 чол.), які забезпечать роботу верстатів на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус гідроциліндра 100.50.01.08Б».

Розроблені заходи з охорони праці на дільниці механічної обробки заданої деталі «Корпус гідроциліндра 100.50.01.08Б».

У графічній частині представлено робочі креслення деталі, заготовки, графічне зображення маршруту механічної обробки деталі, схеми з таблицями, що пояснюють розмірний аналіз технологічного процесу, карта налагоджень на 005 операцію та графіки завантаження верстатів на дільниці.

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. 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.
3. Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Савуляк В. В., Сердюк О. В. Механоскладальні ділянки та цехи в машинобудуванні : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2015. 148 с.
4. Іванов М. І., Дусанюк Ж. П., Дусанюк С. В. та ін. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування : навчальний посібник. Вінниця: Глобус-Прес, 2011. 200 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 «УкрНДЦН» 2021. 77 с.

10. Добрянський С. С., Малафєєв Ю. М., Пуховський Є. С. Проектування і виробництво заготовок : підручник. К. : НТУУ «КПІ», 2014. 353 с.
11. Руденко П. О., Харламов Ю. О., Шустик О. Г. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин. К. : ІСДО, 1993. 304 с.
12. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів : Світоч, 1996. 348 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. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни і визначення.
20. Віштак І. В., Березюк О. В. Охорона праці в галузях механічної інженерії та транспорту : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2023. 195 с.

21. МОЗ України. Наказ № 1596 від 14 липня 2020 "Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони". 81 с.

22. ДСН 3.3.6.039-99. Санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.

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

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

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

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

27. Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці (Затверджено постановою КМУ від 1 серпня 1992 року № 442).

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

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

ДОДАТКИ

Додаток А (обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки
деталі типу «Корпус гідроциліндра 100.50.01.08Б»

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ кафедра ТАМ, ФМТ, гр. 1ПМ-23мс
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі
системою StrikePlagiarism 37,33 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

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

Експертна комісія:

Леонід КОЗЛОВ, завідувач кафедри ТАМ, гарант ОПП
(ім'я, прізвище, посада) (підпис)

Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ, доцент кафедри ТАМ
(ім'я, прізвище, посада) (підпис)

Особа, відповідальна за перевірку (підпис) Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ
(ім'я, прізвище)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник (підпис) Юрій БУРЄННІКОВ, професор кафедри ТАМ
(ім'я, прізвище, посада)

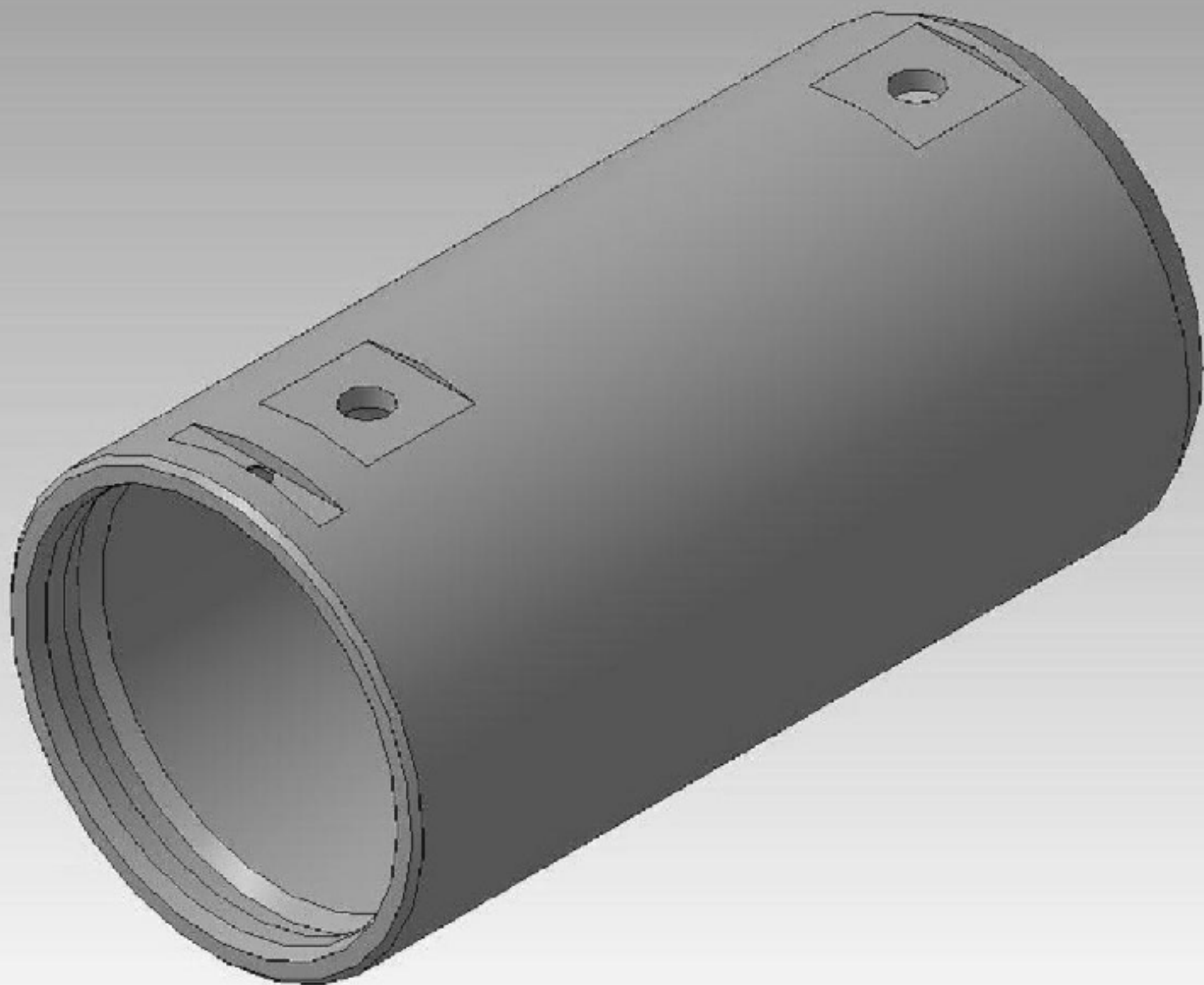
Здобувач (підпис) Ярослав ДОЛІНСЬКИЙ
(ім'я, прізвище)

Додаток Б
(обов'язковий)

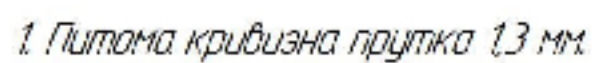
ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ
ТИПУ «КОРПУС ГІДРОЦИЛІНДРА 100.50.01.08Б»

*Деталь "Корпус гідроциліндра"
(3D-модель)*

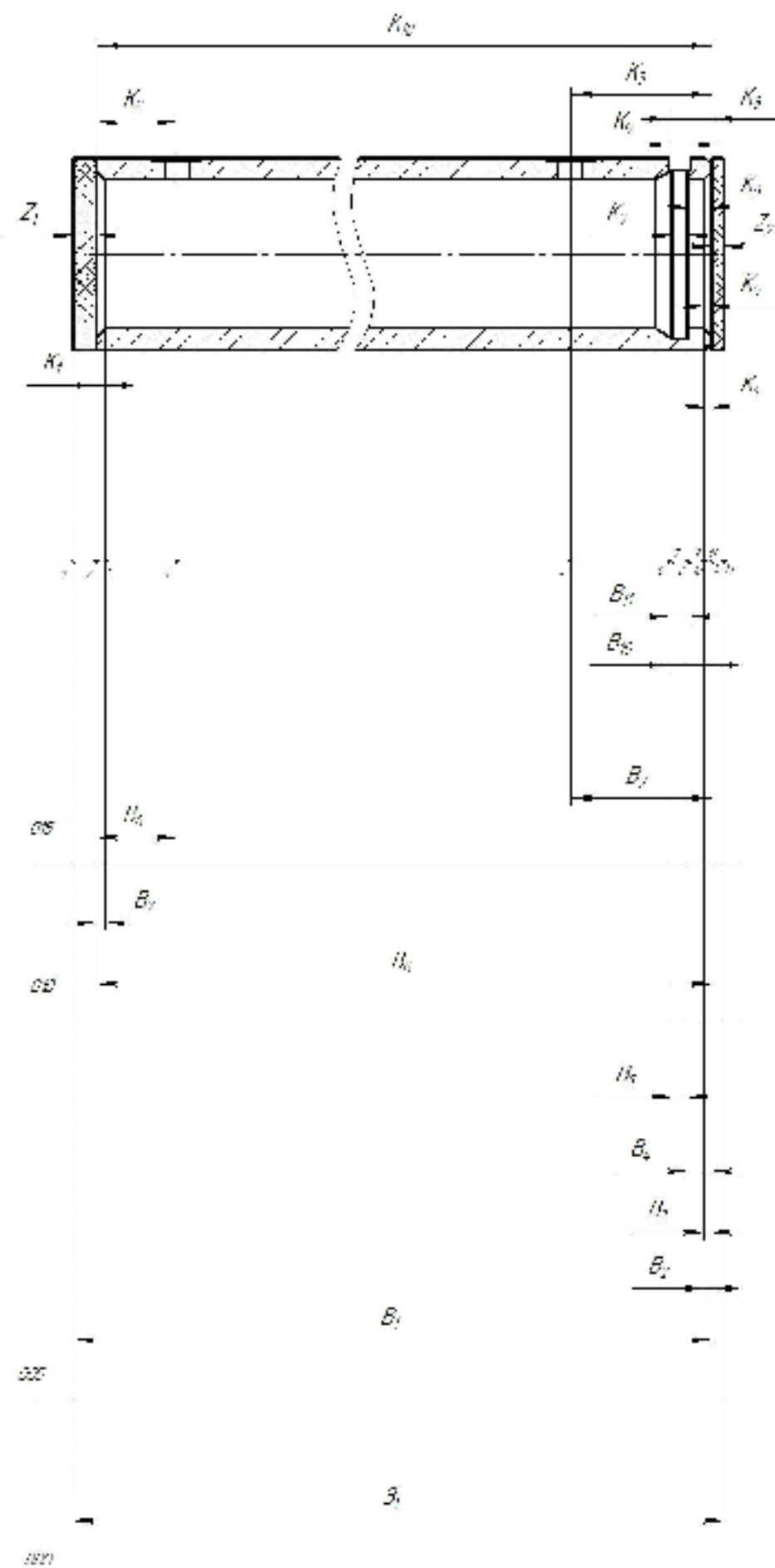


08-64.5KP.028.00.002

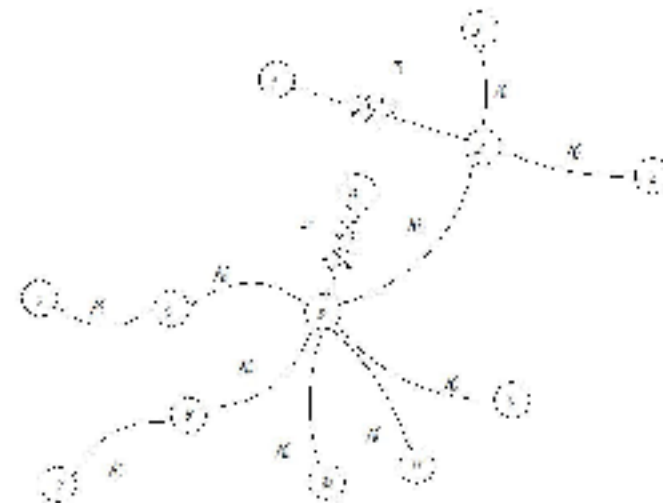


					08-64.БКР.028.00.002			
					Заготовка корпуса (прокат)	Лит	Масса	Маршпоб
Иит/Лит	№ докум	Подп	Вит				5,734	1.5
Разработ	Исполнитель И.И.				Труба 114x15 ГОСТ 9567-75 Сталь 45 ГОСТ 8733-74	Лист		Листов
Грощ	Бухгалтер И.А.							
Т.контр								
И.контр	Исполнитель И.И.				ВНТУ,			
Чит	Климов А.Г.				ст. гр. 1ПМ-23МС			
					Корпусов		Формат А3	

Розмірний аналіз технологічного процесу



Вихідний граф-дерево



Похідний граф-дерево

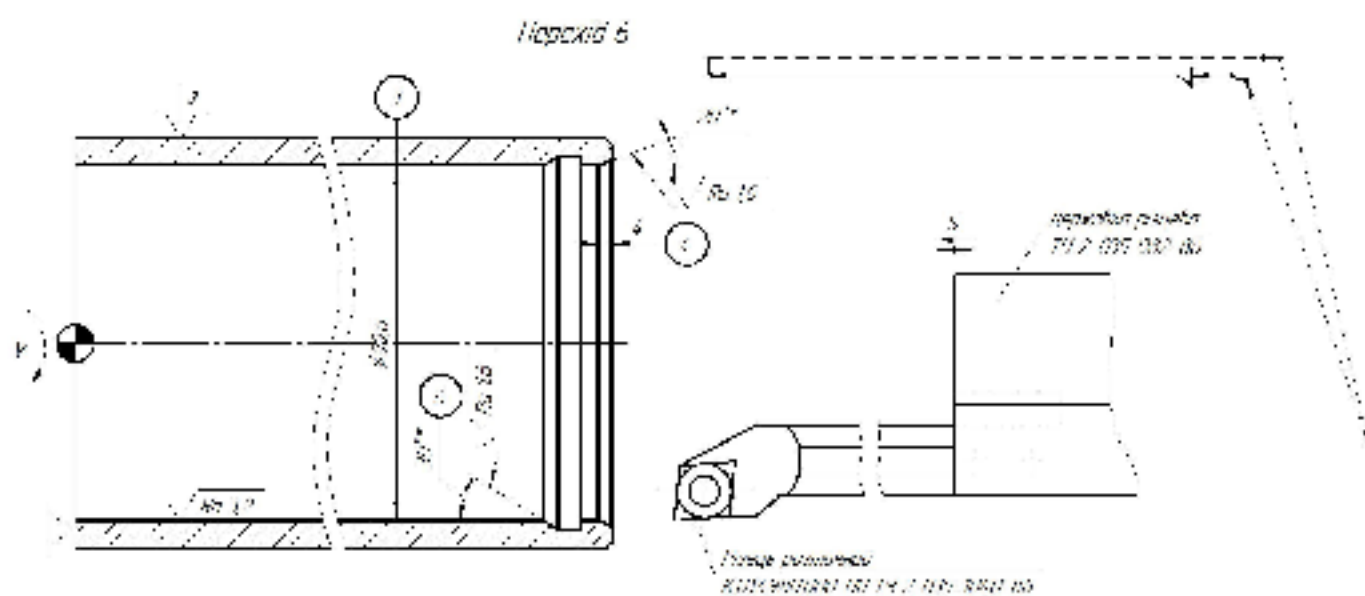
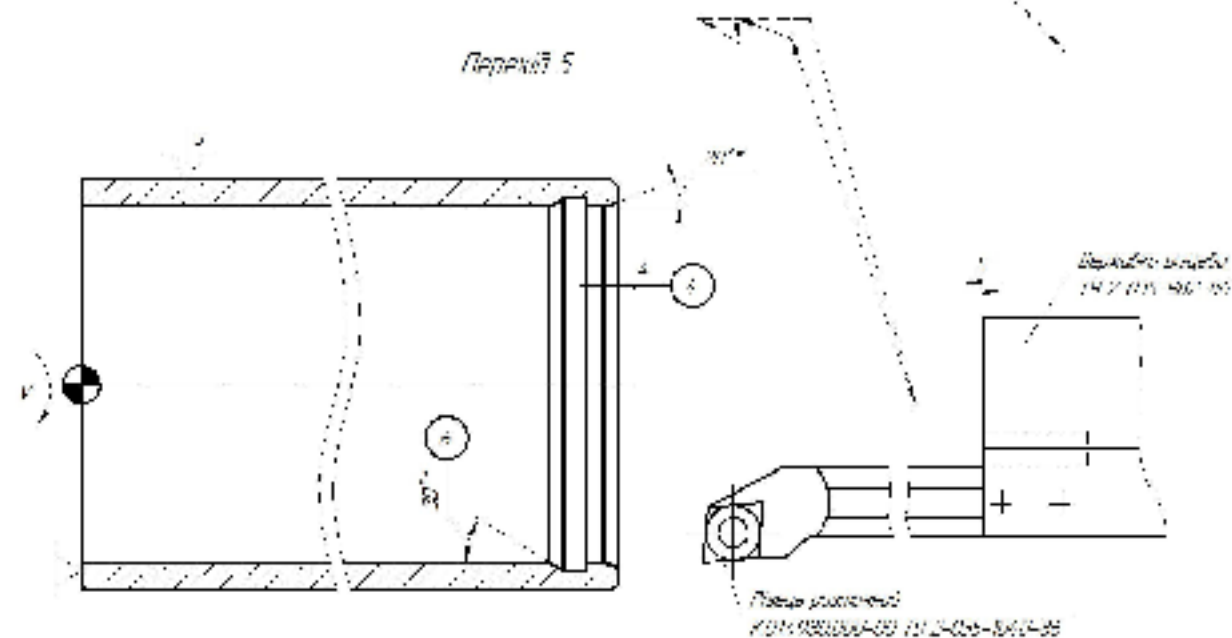
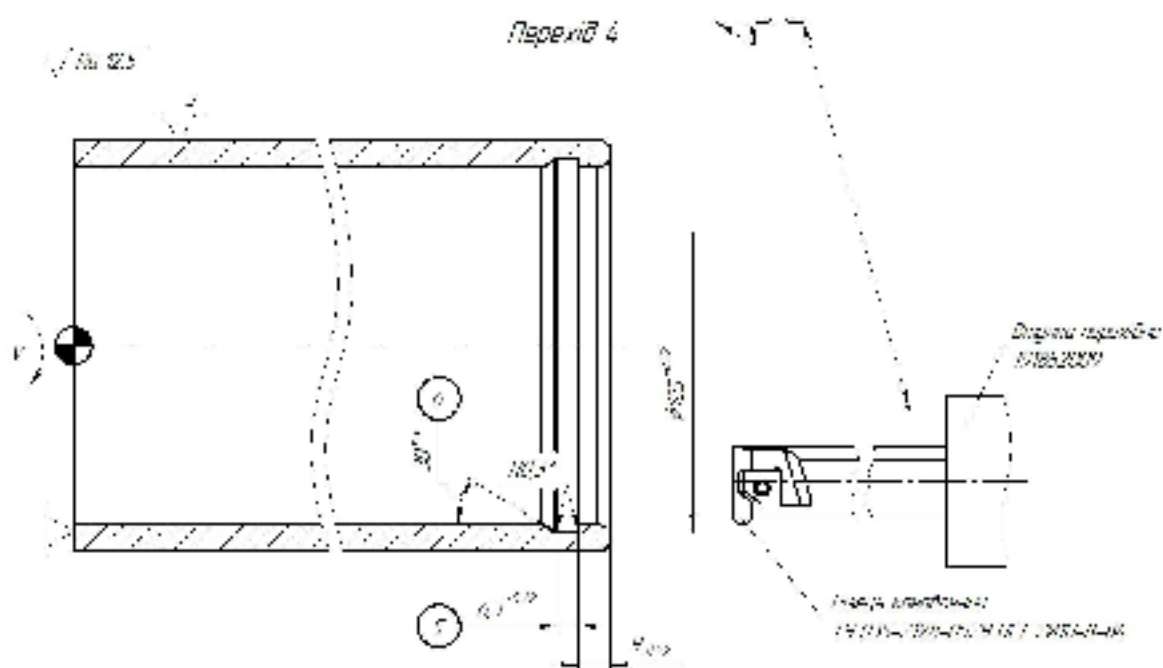
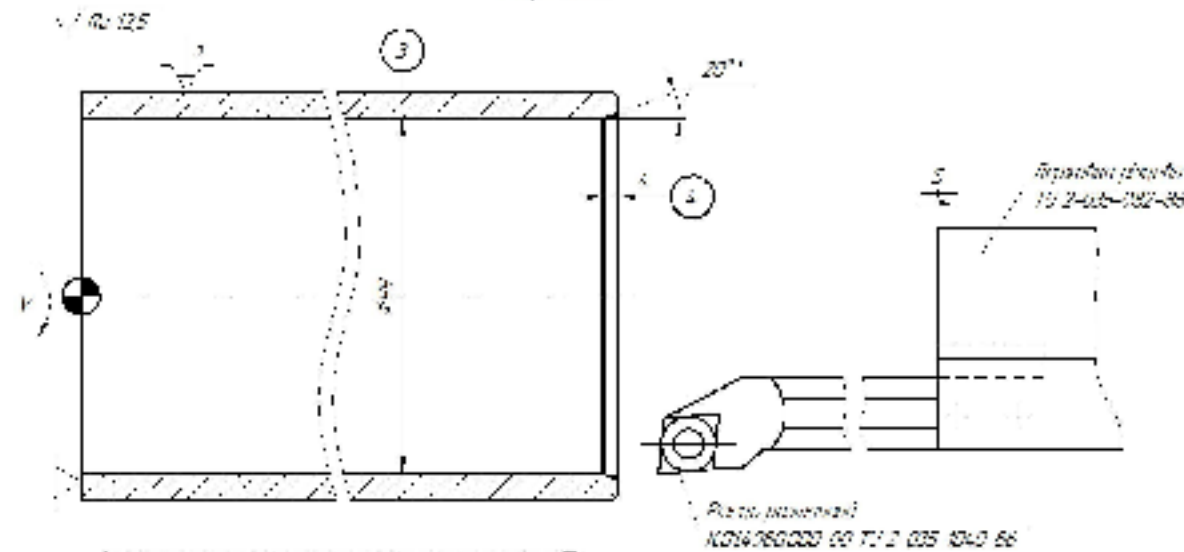
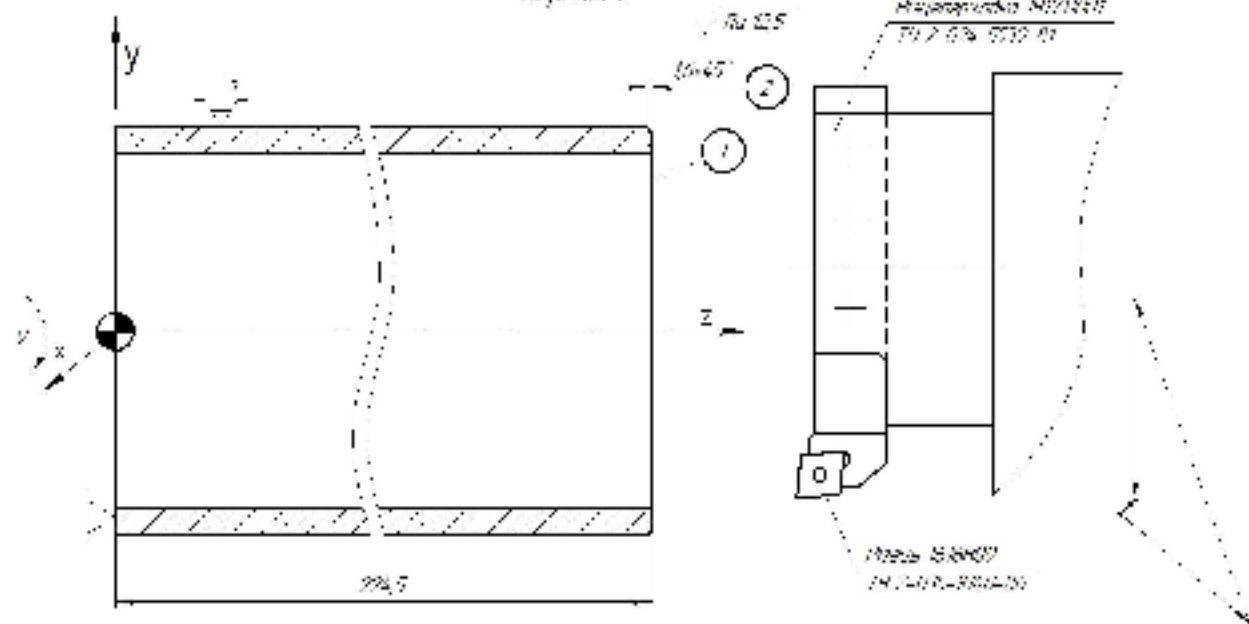


Суміщений граф



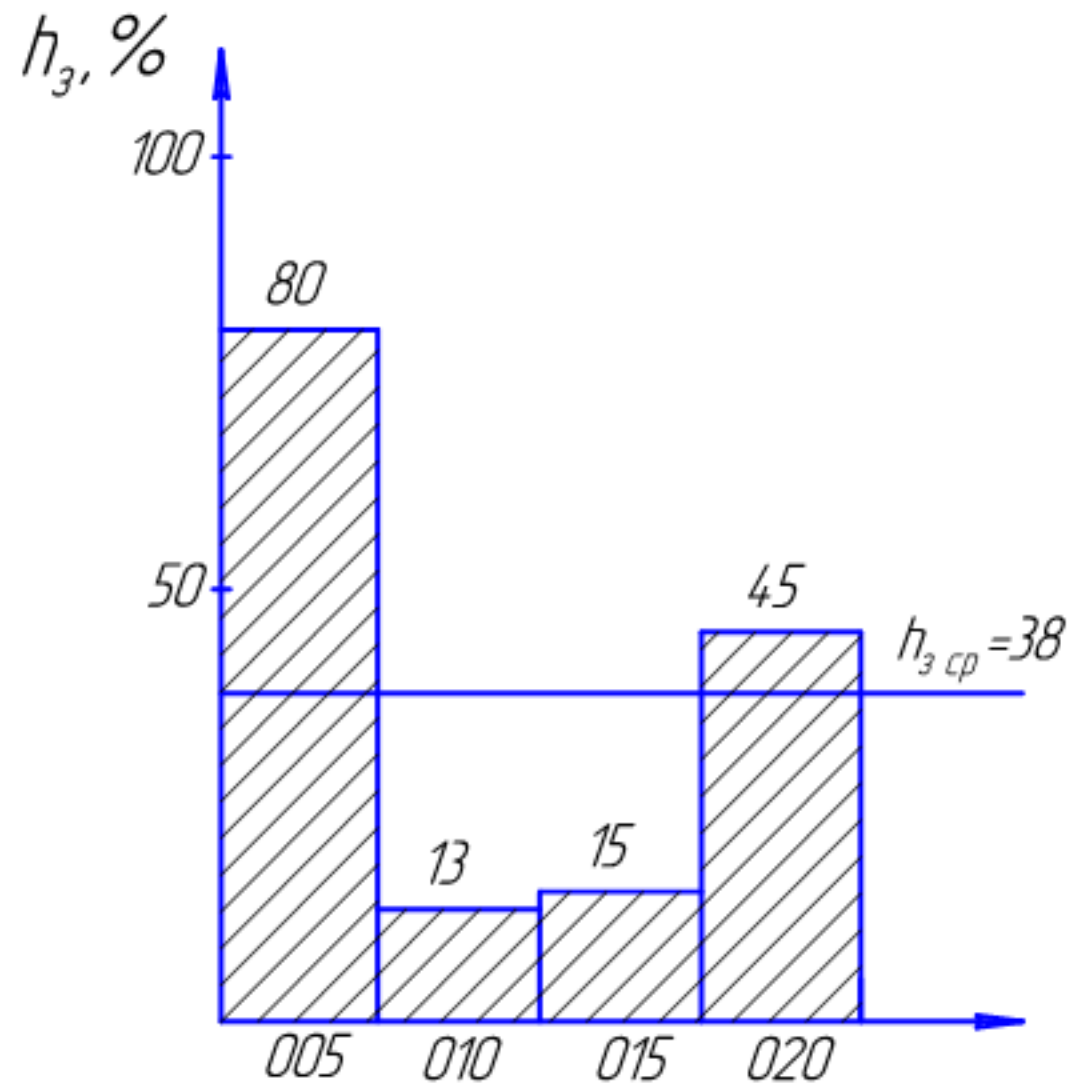
Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

№	Рівняння ланцюга	Рівняння ланцюга	Рівняння ланцюга
1	$K_1 - K_2 - 0$	$K_1 - K_2$	K_1
2	$K_1 - K_3 - 0$	$K_1 - K_3$	K_1
3	$K_1 - K_4 - 0$	$K_1 - K_4$	K_1
4	$K_1 - K_5 - 0$	$K_1 - K_5$	K_1
5	$K_1 - K_6 - 0$	$K_1 - K_6$	K_1
6	$K_1 - K_7 - 0$	$K_1 - K_7$	K_1
7	$K_1 - K_8 - 0$	$K_1 - K_8$	K_1
8	$K_1 - K_9 - 0$	$K_1 - K_9$	K_1
9	$K_1 - K_{10} - 0$	$K_1 - K_{10}$	K_1
10	$K_1 - K_{11} - 0$	$K_1 - K_{11}$	K_1
11	$K_1 - K_{12} - 0$	$K_1 - K_{12}$	K_1

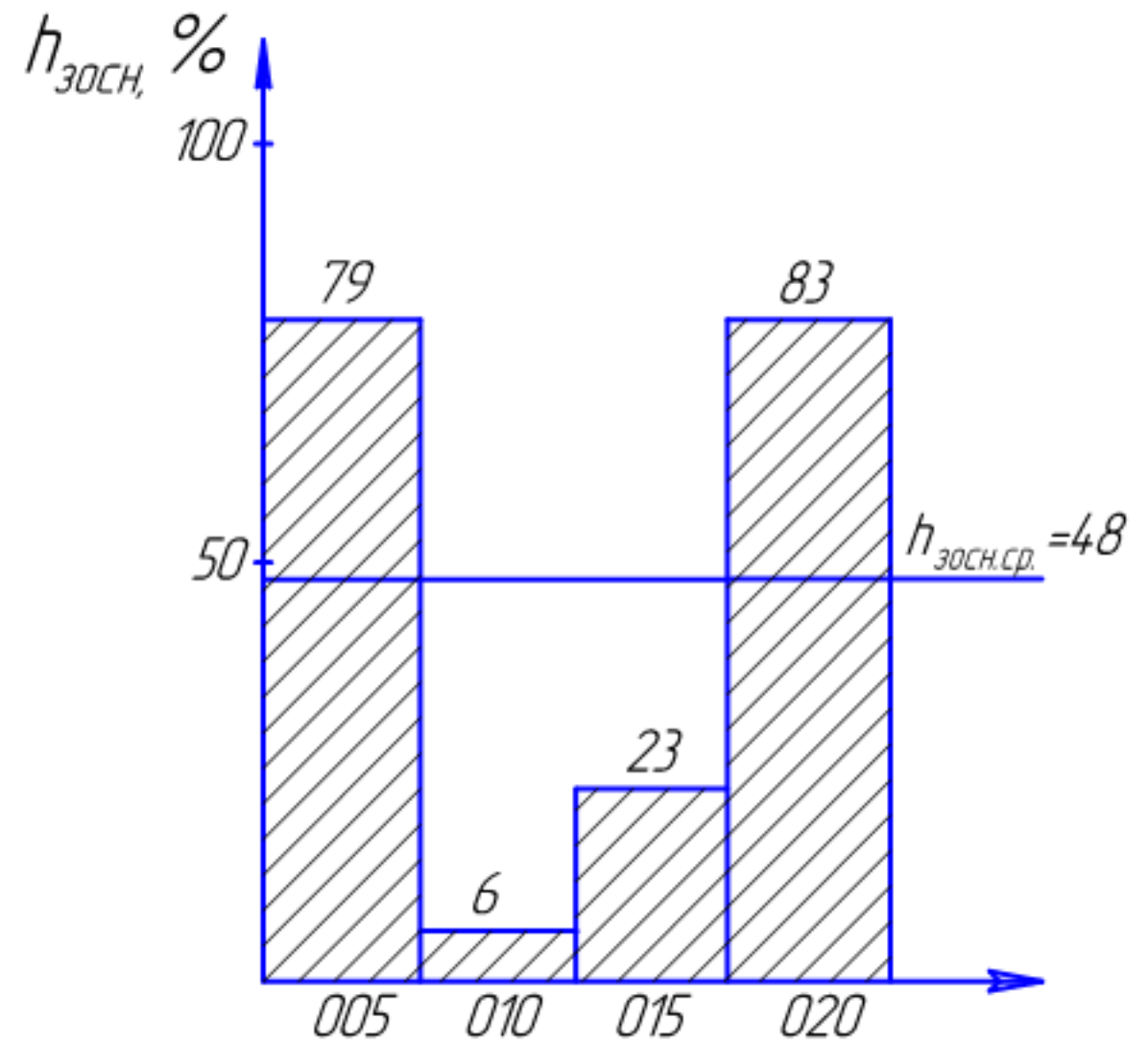


550		материалы фотот. 6 (материалы)	57	0,5	300	0,05																																																																																										
		материалы фотот. 6 (материалы)	157	0,5	300	0,05																																																																																										
	4	Материалы фотот. 1 (материалы)	117	0,1	100	0,02																																																																																										
		материалы фотот. 6 (материалы)	57	10	400	0,2																																																																																										
	5	Материалы фотот. 4 (материалы)	157	10	400	0,2																																																																																										
		материалы фотот. 6 (материалы)	117	10	400	0,2																																																																																										
	6	Материалы фотот. 5 (материалы)	117	10	300	0,2																																																																																										
		материалы фотот. 4 (материалы)	117	2,5	300	0,4																																																																																										
	7	Материалы фотот. 1 (материалы)	117	10	400	0,2																																																																																										
		материалы 2 (материалы)	266	16	800	0,2																																																																																										
8	Материалы фотот. 1 (материалы)	117	2,5	100	0,1																																																																																											
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Графіки завантаження обладнання



Графік завантаження обладнання



Графік використання обладнання за основним часом