

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

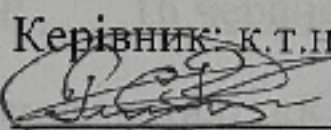
на тему:

«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС КЛАПАНА 12.01.004»»

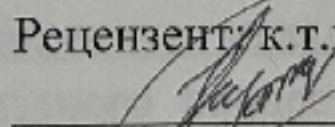
Виконав: студент 4 курсу, групи 1ПМ-216
спеціальності 131 – Прикладна механіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)



Костянтин НЯНЬЧУК

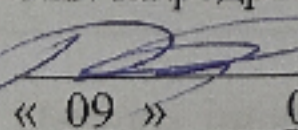
Керівник: к.т.н., доц., доцент каф. ТАМ
 Сергій РЕПІНСЬКИЙ

« 06 » 06 2025 р.

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

« 13 » 06 2025 р.

Допущено до захисту
Зав. кафедри ТАМ

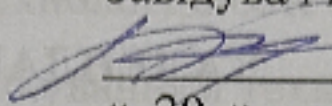
 д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ
« 09 » 06 2025 р.

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.

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

Няньчуку Костянтину Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус клапана 12.01.004»

Керівник роботи Репінський Сергій Володимирович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

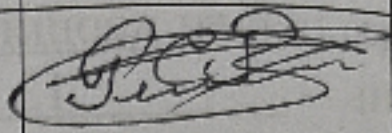
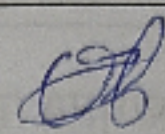
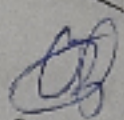
2. Термін подання студентом роботи: 16 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Корпус клапана 12.01.004»; річна програма випуску 30 000 шт.; довідкова література

4. Зміст текстової частини: анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус»; розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус клапана 12.01.004»; розрахунок елементів ділянки механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус клапана 12.01.004»; охорона праці; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
деталь «Корпус клапана 12.01.004» (A3); 3D-модель деталі (A1); корпус клапана (прокат) (A3); маршрут механічної обробки (A1); розмірний аналіз технологічного процесу (A1); карта налагоджень (операція 015) (A1); графіки завантаження обладнання (A1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконано прийнято
Спеціальна частина	Сергій РЕПІНСЬКИЙ, доцент кафедри ТАМ	 20.03.25 р.	 06.06.25 р.
Охорона праці	Олег БЕРЕЗЮК, професор кафедри БЖД ПБ	 26.05.25 р.	 06.06.25 р.

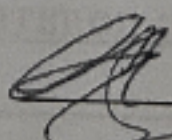
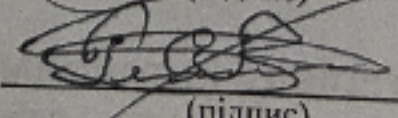
7. Дата видачі завдання « 20 » 03 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

Керівник роботи


(підпис)

(підпис)

Костянтин НЯНЬЧУК

Сергій РЕПІНСЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 94 сторінок формату А4, на яких є 16 рисунків, 28 таблиць, список використаних джерел містить 29 найменувань.

Метою роботи є проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус клапана 12.01.004».

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

В розділі розрахунку елементів 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 94 A4 pages, which have 16 figures, 28 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 «Valve body 12.01.004».

In the general part of the work, a review of the technology for manufacturing a part of the «Housing» 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 «КОРПУС»	8
1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	8
1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Корпус»	15
2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС КЛАПАНА 12.01.004»	18
2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі	18
2.2 Вибір способу виготовлення заготовки	23
2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки	23
2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення	24
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	30
2.3 Розробка маршруту механічної обробки	33
2.3.1 Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 18h9_{(-0,043)}$	33
2.3.2 Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз	34
2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки	37
2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу	39
2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь	46
2.3.6 Визначення режимів різання	50
2.3.7 Визначення технічних норм часу	57

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС КЛАПАНА 12.01.004»	61
3.1 Розрахунок приведеної програми	61
3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	66
3.3 Побудова графіків завантаження обладнання	69
3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці	70
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	73
4.1 Причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних чинників факторів у приміщенні	73
4.2 Карта умов праці	77
4.3 Пожежна безпека	80
ВИСНОВКИ	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	83
ДОДАТКИ	86
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	86
Додаток Б (обов'язковий). Графічна частина	87

ВСТУП

Актуальність. Сучасний розвиток технологій обробки металів різанням зазнає значних змін. Інтенсифікація технологічних процесів завдяки впровадженню ріжучих інструментів з новітніх матеріалів, розширення застосування верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), створення роботизованих верстатних комплексів та гнучких виробничих систем з комп'ютерним управлінням – усе це сприяє підвищенню розмірної та геометричної точності обробки. Важливими напрямками розвитку технології механічної обробки в машинобудуванні є підвищення ефективності та якості виробничих процесів. Ці зміни не тільки забезпечують високу точність виготовлення деталей, але й дозволяють знизити виробничі витрати та покращити загальну продуктивність підприємств.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус клапана 12.01.004».

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 клапана 12.01.004»;
- розмірний аналіз технологічного процесу;
- визначення режимів різання та норм часу технологічного процесу механічної обробки;
- розрахунок приведеної програми, кількості обладнання та працівників на проектуємій дільниці;
- виконання розділу з охорони праці.

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»

1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

1.1.1 Визначення типу виробництва

Визначення типу виробництва виконується за коефіцієнтом закріплення операцій [1, 2]:

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

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

$\sum P_i$ – сумарна кількість робочих місць для виконання операцій.

Згідно креслення деталі встановлено найбільш характерні переходи механічної обробки деталі «Корпус клапана 12.01.004»:

- свердлити отвір $\varnothing 8H9$;
- розточити отвір $\varnothing 14H9$ попередньо;
- розточити отвір $\varnothing 14H9$ остаточно;
- розточити отвір $\varnothing 13$ одноразово;
- точити поверхню $\varnothing 29$ одноразово;
- розточити отвір $\varnothing 17H9$ попередньо;
- розточити отвір $\varnothing 17H9$ попередньо;
- розточити отвір $\varnothing 17H9$ остаточно.

Усі дані занесено в таблицю 1.1.

Розрахуємо штучно-калькуляційний час на виконання характерних переходів за формулою

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

де T_o – основний час обробки, хв.;

φ_k – коефіцієнт, що залежить від типу виробництва та типу верстатів, що використовуються для обробки даної партії деталей [1, 2].

Таблиця 1.1 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій $K_{з.о.}$

Переходи механічної обробки	T_o , хв.	φ_k	$T_{\text{мех-к}}$, хв.	C_p	$P_{\text{пр}}$	$\eta_{\text{з.ф.}}$	$\eta_{\text{з.п.}}$	O	$K_{\text{з.о.}}$
1. Свердлити отвір $\varnothing 8H9$	0,19	1,17	0,3	0,051	1	0,051	0,75	15	15,5
2. Розточити отвір $\varnothing 14H9$ попередньо	0,0143								
3. Розточити отвір $\varnothing 14H9$ остаточно	0,04								
4. Розточити отвір $\varnothing 13$ одноразово	0,0124								
5. Точити поверхню $\varnothing 29$ одноразово	0,037	1,17	0,29	0,049	1	0,049	0,75	16	
6. Розточити отвір $\varnothing 17H9$ попередньо	0,046								
7. Розточити отвір $\varnothing 17H9$ попередньо	0,13								
8. Розточити отвір $\varnothing 17H9$ остаточно	0,032								

Свердлити отвір $\varnothing 8H9$

$$T_{осл\ 1} = 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 0,00056 \cdot 8 \cdot 42 = 0,19 \text{ (хв.)}$$

Розточити отвір $\varnothing 14H9$ попередньо

$$T_{осл\ 2} = 0,000068 \cdot D \cdot \ell = 0,000068 \cdot 14 \cdot 15 = 0,0143 \text{ (хв.)}$$

Розточити отвір $\varnothing 14H9$ остаточно

$$T_{осл\ 3} = 0,00019 \cdot D \cdot \ell = 0,00019 \cdot 14 \cdot 15 = 0,04 \text{ (хв.)}$$

Розточити отвір $\varnothing 13$ одноразово

$$T_{\text{осн } 4} = 0,000068 \cdot D \cdot \ell = 0,000068 \cdot 13 \cdot 14 = 0,0124 \text{ (хв.)}$$

Точити поверхню $\varnothing 29$ одноразово

$$T_{\text{осн } 5} = 0,000075 \cdot D \cdot \ell = 0,000075 \cdot 29 \cdot 17 = 0,037 \text{ (хв.)}$$

Розточити отвір $\varnothing 17\text{H9}$ попередньо

$$T_{\text{осн } 6} = 0,000068 \cdot D \cdot \ell = 0,000068 \cdot 17 \cdot 40 = 0,046 \text{ (хв.)}$$

Розточити отвір $\varnothing 17\text{H9}$ попередньо

$$T_{\text{осн } 7} = 0,00019 \cdot D \cdot \ell = 0,00019 \cdot 17 \cdot 40 = 0,13 \text{ (хв.)}$$

Розточити отвір $\varnothing 17\text{H9}$ остаточно

$$T_{\text{осн } 8} = 0,000047 \cdot D \cdot \ell = 0,000047 \cdot 17 \cdot 40 = 0,032 \text{ (хв.)}$$

Переходи 1-4 планується виконувати на одному верстаті з ЧПК, тому

$$T_{\text{о\Sigma 1-4}} = 0,19 + 0,0143 + 0,04 + 0,0124 = 0,26 \text{ (хв.)}$$

Переходи 3-10 планується виконувати на другому верстаті з ЧПК, тому

$$T_{\text{о\Sigma 5-8}} = 0,037 + 0,046 + 0,13 + 0,032 = 0,245 \text{ (хв.)}$$

Приймаємо φ_k для токарно-револьверного верстата з ЧПК для умов великосерійного виробництва, визначеного наближено за програмою випуску $N = 30000$ шт. і масою деталі 0,225 кг (до 10 кг) [2].

Тоді

$$T_{\text{мтв-к 1-4}} = \varphi_{\text{к}} \cdot T_{\text{ос 1-4}} = 1,17 \cdot 0,26 = 0,3 \text{ (хв.)};$$

$$T_{\text{мтв-к 5-8}} = \varphi_{\text{к}} \cdot T_{\text{ос 5-8}} = 1,17 \cdot 0,245 = 0,29 \text{ (хв.)}$$

Кількість верстатів для обробки деталі для вказаних переходів (враховуючи фонд часу для верстатів з ЧПК і наближено встановленої серійності виробництва)

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

де $N = 30000$ шт. – річна програма випуску деталі «Корпус клапана 12.01.004»;

$T_{\text{мтв-к}}$ – штучно-калькуляційний час, хв.;

$F_{\text{д}}$ – дійсний фонд роботи обладнання ($F_{\text{д}} = 3890$ год. при роботі в 2 зміни);

$\eta_{\text{з.н.}}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання (рекомендовано $\eta_{\text{з.н.}} = 0,65 \dots 0,75$, прийнято $\eta_{\text{з.н.}} = 0,75$ для попередньо визначеного великосерійного виробництва [2]).

$$C_{\text{р1}} = \frac{30000 \cdot 0,3}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,051 ;$$

$$C_{\text{р2}} = \frac{30000 \cdot 0,29}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,049 .$$

Для виконання переходів механічної обробки прийнято кількість верстатів:

$$P_{\text{вр 1}} = 1; P_{\text{вр 2}} = 1.$$

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання

$$\eta_{z.\phi.} = \frac{C_{pi}}{P_{npi}}, \quad (1.4)$$

$$\eta_{z.\phi.1} = 0,051/1 = 0,051;$$

$$\eta_{z.\phi.2} = 0,049/1 = 0,049.$$

Кількість операцій, закріплених за кожним робочим місцем:

$$O_i = \frac{\eta_{z.n.}}{\eta_{z.\phi.i}}, \quad (1.5)$$

де $\eta_{z.n.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

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

$$O_1 = \frac{0,75}{0,051} = 14,7 \rightarrow 15 ;$$

$$O_2 = \frac{0,75}{0,049} = 15,3 \rightarrow 16 .$$

Результати розрахунків зведено в таблицю 1.1.

Отже, коефіцієнт закріплення операцій

$$K_{30} = \frac{15 + 16}{1 + 1} = 15,5 .$$

Так як $10 < K_{z.o.} = 15,5 < 20$, то тип даного виробництва середньосерійний.

1.1.2 Визначення форми організації роботи

Заданий добовий випуск виробів:

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

де 254 – кількість робочих днів в році.

$$N_{\partial} = \frac{30000}{254} = 118 \text{ (шт.)}$$

Розрахункова добова продуктивність потокової лінії:

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

де $T_{\text{шт} - \kappa_{\text{оп}}}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних операцій, хв.;

F_{∂} – добовий фонд часу роботи обладнання ($F_{\partial} = 952$ хв.);

$\eta_{\text{з}}$ – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії ($\eta_{\text{з}} = 0,75$).

$$T_{\text{шт} - \kappa_{\text{оп}}} = \frac{0,3 + 0,29}{2} = 0,295 \text{ (хв.)};$$

$$Q_{\partial} = \frac{952}{0,295} \cdot 0,75 = 2420 \text{ (шт.)}$$

Оскільки $N_{\partial} = 118$ шт. < $Q_{\partial} = 2420$ шт., то організація потокової лінії недоцільна.

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

$$n = \frac{N \cdot t}{254} \text{ [шт.]}, \quad (1.8)$$

де t – періодичність запуску партії деталей у виробництво в днях (для великосерійного виробництва прийнято 6 днів);

$$n = \frac{30000 \cdot 6}{254} = 708,66 \text{ (шт.)}, \text{ приймаємо } n = 709 \text{ шт.}$$

Розрахункова кількість змін, що потрібна на обробку партії деталей на основних робочих місцях:

$$C_{зм} = \frac{T_{\text{ном}} - K_{\text{оп}} \cdot n}{476 \cdot 0,75} = \frac{0,295 \cdot 709}{476 \cdot 0,75} = 0,59 \text{ (зміни)};$$

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

Розрахункова кількість змін округляється до прийнятого цілого числа, після чого визначається кількість деталей в партії, яка необхідна для завантаження обладнання протягом цілого числа змін:

$$n = \frac{C_{зм} \cdot 476 \cdot 0,75}{T_{\text{ном}} - K_{\text{оп}}} = \frac{1 \cdot 476 \cdot 0,75}{0,295} = 1210 \text{ (шт.)}$$

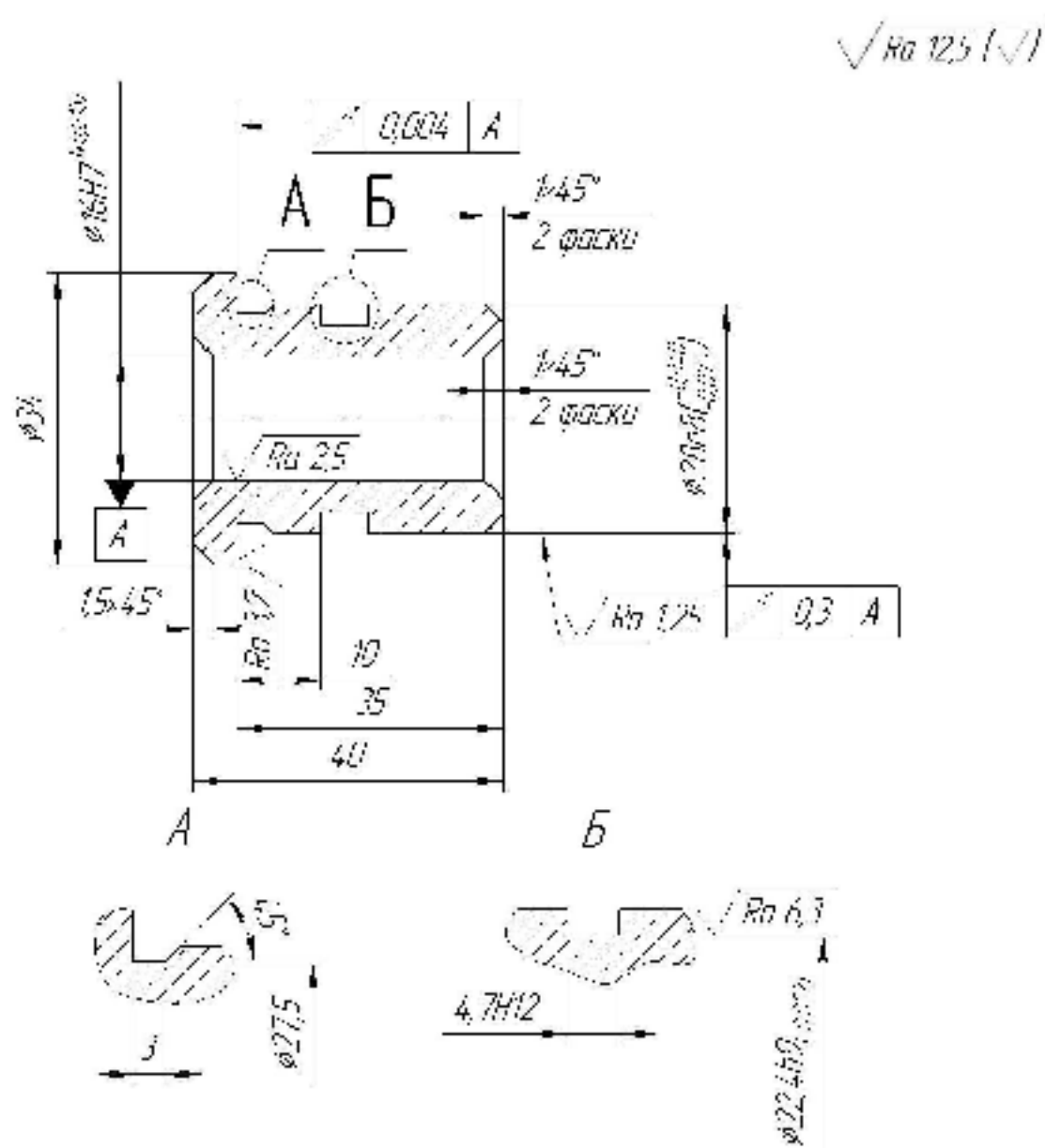
Приймаємо кількість деталей в партії $n = 1210$ шт.

Висновок. Тип виробництва – середньосерійний, форма організації роботи – групова, кількість деталей в партії, що запускається на обробку одночасно $n = 1210$ шт.

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

Задана деталь «Корпус клапана 12.01.004» відноситься до класу деталей типу «Корпус», але за своєю конфігурацією вона близька до деталей типу «Стакан» або «Фланець». Тип виробництва середньосерійний.

Типовий маршрут обробки деталі «Втулка» (рис. 1.1) представлений у вигляді таблиці 1.2 [1-7].



1. Невказані граничні відхилення розмірів: валів h14, отворів H14, інші $\pm IT_2^{16}$
2. Матеріал – сталь 35

Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Втулка»

Таблиця 1.2 – Маршрут механічної обробки деталі «Втулка»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
1	2	3	4
005	Правити пруток.	Прес И5526	
010	Відрізати групову заготовку Ø34 в розмір 2000.	Абразивно-відрізний 8Б242	Спеціальний пристрій
015	Торцювати кінці прутка фасками під кутом 20°.	Токарний ХС-151	
020	Центрувати торець під свердління, свердлити і зенкувати отвір Ø16H7 до Ø15,79 ^{+0,11} під розвертання, точити поверхню Ø28e8 до Ø28,4 ^{-0,13} під шліфування, проточити канавки b = 3 і b = 4,7H12, фаску остаточно. Відрізати деталь в розмір 40,5.	Токарний автомат 1Е140	Патрон цанговий
025	Промити деталь	Машина для миття	
030	Повісити бірку з номером деталі на тару.	Шпонково-фрезерний 6930	Верстатні лещата
035	Підрізати другий торець до розміру 40, точити і розточити фаски. Розвернути отвір Ø16H7 ^(+0,018) остаточно.	Токарно-револьверний 1П340ПЦ	Патрон цанговий Вкладиш Ø28
040	Шліфувати поверхню Ø28e8 ^(-0,040 / -0,073) з підшліфовкою торця остаточно.	Круглошліфувальний 3М153Е	Оправка, центри, хомутик, прилад активного контролю
045	Промити деталь.	Машина для миття	
050	Технічний контроль.	Плита за ГОСТ 10905-75	
055	Нанесення покриття.		

Аналіз типового технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Втулка» дозволяє зробити висновок про те, що схема обробки може бути прийнята за основу. Враховуючи тип виробництва доцільно застосувати універсальні верстати та верстати з ЧПК. Багатошпиндельні та багато інструментальні верстати використовувати недоцільно, оскільки обробка

ведеться партіями, відбувається зміна оброблюваних деталей одного найменування на інше, тому необхідна постійна переналадка верстатів.

На першій операції при обробці заданої деталі «Корпус клапана 12.01.004» необхідно обробляти базові поверхні, які в подальшому будуть служити технологічними базами. Базування заготовки здійснювати по необробленим чорновим базам з тим щоб уникнути похибки базування на наступних операціях. В якості чорнових технологічних можна вибрати вісь зовнішнього діаметра заготовки і торцеву поверхню.

Після обробки базових поверхонь виконується точіння, фрезерування і свердління відповідних точних поверхонь на відповідних операціях. Установка заготовки може бути здійснена в трикулачковому самоцентрувальному патроні. Типізація механічної обробки вносить одноманітність в технологію виготовлення деталей даного класу, скорочує кількість різних варіантів обробки до мінімуму, скорочує терміни проектування і покращує якість проекту, дозволяє впроваджувати обладнання і оснастку на базі типових схем і уніфікованих складальних одиниць.

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС КЛАПАНА 12.01.004»

2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі

2.1.1 Якісний аналіз технологічності деталі

Службове призначення. Деталь «Корпус клапана 12.01.004» (рис. 2.1) є однією із основних деталей клапана підпірного. Основне службове призначення деталі – забезпечення співвісності ущільнення обертового вала з основною конструкторською базою, яка базується по внутрішній поверхні радіального підшипника.

Матеріал деталі Сталь 35 ГОСТ 1050-74 відповідає вимогам за службовим призначенням, тому заміна матеріалу є недоцільна. Маса деталі $m = 0,225$ кг. Заготовку можна отримувати штампуванням або використовувати прокат. Виробництво серійне і доцільним є застосування верстатів, що дозволяють ввести елементи автоматизації в даних умовах, тобто верстати з ЧПК.

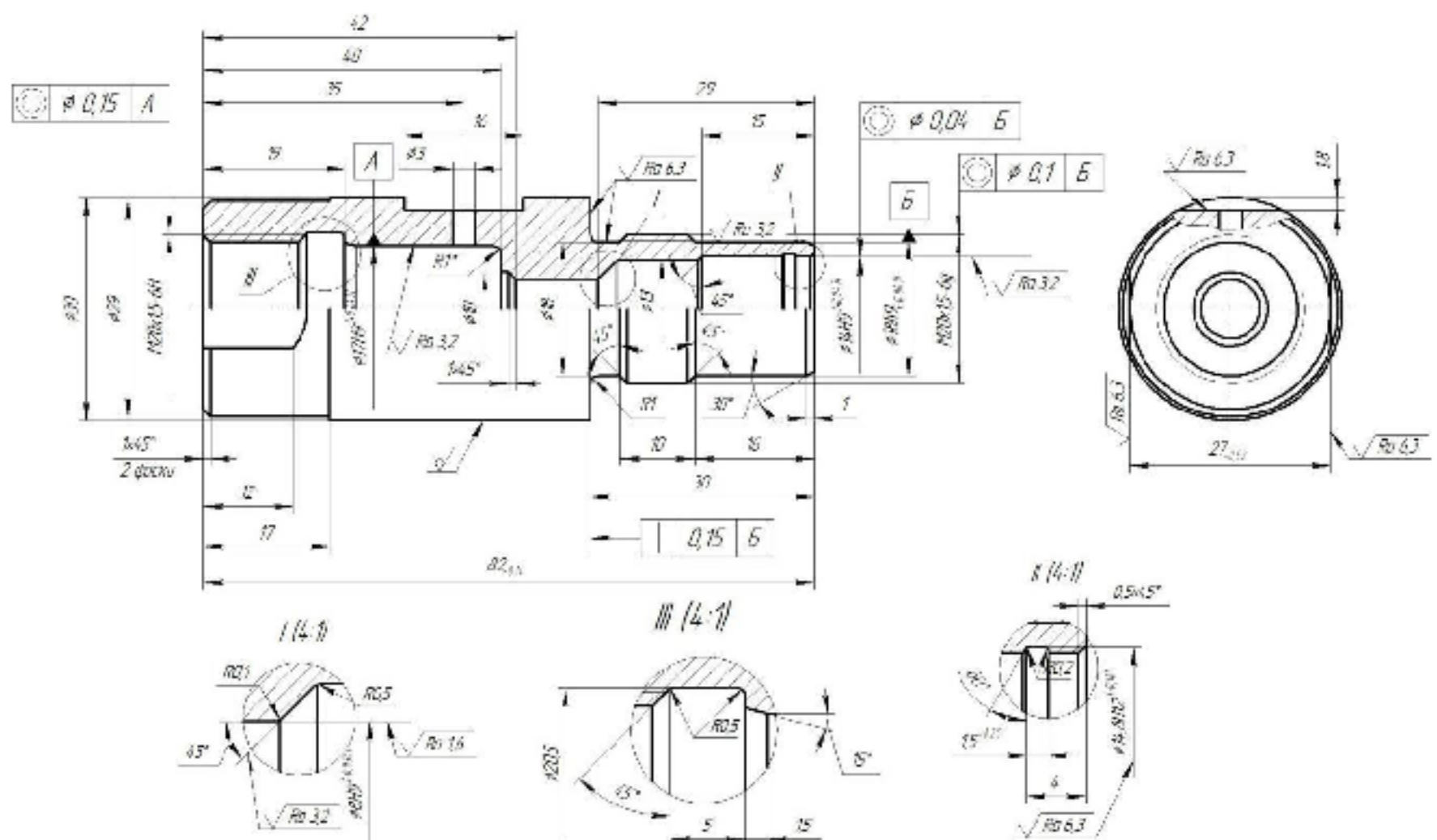


Рисунок 2.1 – Креслення деталі «Корпус клапана 12.01.004»

Основними конструкторськими базами деталі «Корпус клапана 12.01.004» є зовнішня різьбова поверхня $M20 \times 1,5-6g$ та торцева поверхня, що прилягає до даної поверхні ($\phi 30$).

Допоміжними конструкторськими базами є отвори $\phi 8H9^{(+0,036)}$, $\phi 17H9^{(+0,043)}$, $\phi 14H9^{(+0,043)}$, $\phi 14,8H12^{(+0,18)}$, конічний отвір під кутом 45° зі сторони $\phi 13$, зовнішня циліндрична поверхня $\phi 18h9_{(-0,043)}$, внутрішня різьбова поверхня $M20 \times 1,5-6H$, торцеві поверхні розміром $82_{-0,14}$, дві лиски розміром $27_{-0,52}$, лиска розміром 16 (глибиною 1,8).

Задані вимоги точності, шорсткості та відносного розташування поверхонь є найбільш високими для основних конструкторських баз та допоміжних конструкторських баз:

- допуск співвісності різьбової поверхні $M20 \times 1,5-6H$ відносно бази А;
- допуск співвісності поверхні $\phi 14H9^{(+0,043)}$ відносно бази Б;
- допуск співвісності різьбової поверхні $M20 \times 1,5-6g$ відносно бази Б;
- допуск перпендикулярності торця розміром 30 відносно бази Б.

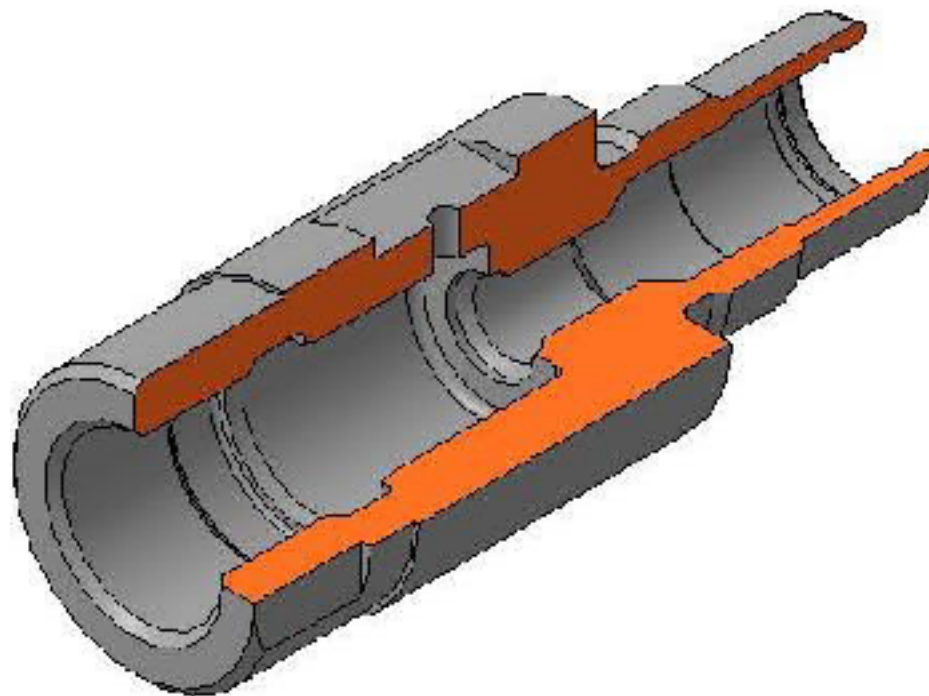


Рисунок 2.2 – 3D-модель деталі «Корпус клапана 12.01.004»

В конструктивному відношенні деталь є досить технологічною без наявності важкодоступних для обробки місць.

Деталь «Корпус клапана 12.01.004» – це тіло обертання, тому одним з найраціональніших способів обробки її є операції типу точіння, розточування та інші з установкою в токарному патроні.

Отже, деталь досить технологічна за якісними показниками.

2.1.2 Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі

- Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів [1, 2]:

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

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі;

Q_e – загальна кількість елементів.

Таблиця 2.1 – Визначення коефіцієнту уніфікації

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Різь метрична	Шорсткість
1	2	3	4	5
1*	ø29	45°*	M20×1,5-6g*	Ra 12,5* (25 пов.) Ra 6,3* (6 пов.) Ra 3,2* (4 пов.) Ra 1,6* (1 пов.)
12*	ø3*	45°*	M20×1,5-6H*	
17*	ø14H9 ^{(+0,043)*}	45°*		
82 _{-0,14}	ø18h9 _{(-0,043)*}	45°*		
30*	ø18*	60°*		
10*	ø13*	45°*		
16*	ø14,8H12 ^(+0,18)	45°*		
1*	ø10*	15°*		
0,5*	ø17H9 ^{(+0,043)*}	45°*		
4*	ø20,5	45°*		
1,5*	ø8H9 ^{(+0,036)*}			
15*	R0,1*			
29 _{-0,13}	R0,5*			
16*	R0,5* (2 пов.)			
35±0,5	R0,2* (2 пов.)			
40±0,08*	R1*			
42*				
19*				

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
1,5* 5* 27 1,8*				
$\Sigma Q_y = 18$ $\Sigma Q_{\text{заг}} = 22$	$\Sigma Q_y = 15$ $\Sigma Q_{\text{заг}} = 18$	$\Sigma Q_y = 10$ $\Sigma Q_{\text{заг}} = 10$	$\Sigma Q_y = 2$ $\Sigma Q_{\text{заг}} = 2$	$\Sigma Q_y = 36$ $\Sigma Q_{\text{заг}} = 36$

Проаналізувавши розміри, проставлені на кресленні деталі, визначаємо

$$K_y = \frac{81}{88} = 0,92 > 0,6 .$$

- Коефіцієнт точності обробки [1, 2]:

$$K_r = 1 - \frac{1}{T_{\varphi}} , \quad (2.2)$$

де T_{φ} – середній квалітет точності

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

де T_i – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі,

n_i – кількість поверхонь деталі, що мають точність T_i квалітету.

$$T_{\varphi} = \frac{478}{36} = 13,3 ;$$

$$K_r = 1 - \frac{1}{13,3} = 0,92 > 0,8 .$$

Таблиця 2.2 – Розрахунок коефіцієнта точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь, шт.	Розрахунок
9 – $\varnothing 8H9^{(+0,036)}$; $\varnothing 17H9^{(+0,043)}$; $\varnothing 14H9^{(+0,043)}$; $\varnothing 18h9_{(-0,043)}$	4	$9 \cdot 4 = 36$
10 – $82_{-0,14}$	1	$10 \cdot 1 = 10$
12 – $\varnothing 14,8H12^{(+0,18)}$	1	$12 \cdot 1 = 12$
14 – всі інші	30	$14 \cdot 30 = 420$
Сума	36	478

- Коефіцієнт шорсткості поверхні [1, 2]:

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

де $Ш_{ср}$ – середня шорсткість поверхні.

$$Ш_{ср} = \frac{\sum Ш_k \cdot n_k}{\sum n_k} \text{ [мкм]}, \quad (2.5)$$

де $Ш_k$ – шорсткість оброблюваних поверхонь даної деталі;

n_k – кількість поверхонь, що мають шорсткість, яка відповідає певному числовому значенню R_a , мкм.

Таблиця 2.3 – Розрахунок коефіцієнта шорсткості поверхонь

Шорсткість, мкм	Кількість поверхонь, шт.	Розрахунок
1,6 – $\varnothing 8H9^{(+0,036)}$	1	$1,6 \cdot 1 = 1,6$
3,2 – $\varnothing 17H9^{(+0,043)}$; $\varnothing 14H9^{(+0,043)}$; $\varnothing 18h9_{(-0,043)}$; конічний отвір під кутом 45° зі сторони $\varnothing 13$	4	$3,2 \cdot 4 = 12,8$
6,3 – $\varnothing 14,8H12^{(+0,18)}$; торець 30; $\varnothing 18$; лиска $27_{-0,52}$ (2 пов.); лиска 16 (1,8)	6	$6,3 \cdot 6 = 37,8$
12,5 – всі інші	25	$12,5 \cdot 25 = 312,5$
Сума	36	364,7

$$Ш_{\text{сп}} = \frac{364,7}{36} = 10,13 ;$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{10,13} = 0,1 < 0,32 .$$

Висновок. Отже, виконуються умови: $K_{\text{г}} = 0,92 > 0,6$; $K_{\text{т}} = 0,92 > 0,8$;
 $K_{\text{ш}} = 0,1 < 0,32$. Деталь за кількісними показниками технологічна.

2.2 Вибір способу виготовлення заготовки

2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Вихідними даними для проектування заготовки є:

- креслення деталі «Корпус клапана 12.01.004»;
- маса деталі 0,225 кг;
- тип виробництва – середньосерійний;
- матеріал деталі – Сталь 35 ГОСТ 1050-74;
- річна програма – 30000 штук.

Так як матеріал деталі сталь 35, методом виготовлення заготовки є пластичне деформування. Суть способу це виготовлення поковок у штампах, при якому переміщення металу в сторони під час деформування обмежене поверхнями порожнини штампа. Можливі способи виготовлення поковки [8-12]:

- штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах;
- штампування на гвинтових пресах;
- штампування на молотах;
- штампування на гідравлічних пресах;
- кування;
- штампування на ГKM
- прокат.

Проаналізувавши різні способи виготовлення заготовки і врахувавши серійність деталі, її не дуже складну форму, велику шорсткість, обираємо такі способи виготовлення заготовки: штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах та гарячекатаний прокат.

2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох варіантів її виготовлення

- Вибір норм точності заготовки [8, 9]

Клас точності Т вибирається в залежності від обладнання і типу виробництва

- КГШП – Т4-Т5, прийнято Т5 (середньосерійне виробництво).

Група сталі М призначається по заданому матеріалу деталі і легуючих елементів

- КГШП – М1 (вуглецю 0,35%).

Ступінь складності призначається в залежності від співвідношення маси поковки, яка розраховується попередньо, і маси найменшої простої геометричної фігури, яка описує деталь. Цією фігурою є циліндр.

$$Q_{\phi} = V_{\phi} \cdot \rho ;$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot H = \frac{3,14 \cdot 3^2 \cdot 1,05^2}{4} \cdot 8,2 \cdot 1,05 = 67,06 \text{ (см}^3\text{)};$$

$$Q_{\phi} = 67,06 \cdot 7,8 = 523,1 \text{ (г)} = 0,523 \text{ (кг)};$$

$$Q_{\kappa} = Q_{\phi} \cdot K_p = 0,523 \cdot 1,45 = 0,758 \text{ (кг)};$$

де K_p – коефіцієнт, що залежить від конфігурації деталі. В даному випадку $K_p = 1,3 \dots 1,6$, приймаємо $K_p = 1,45$ (серійне виробництво).

$$C = \frac{Q_{\kappa}}{Q_{\phi}} = \frac{0,758}{0,523} = 1,45 \text{ (кг)}.$$

Призначаємо ступінь складності С2.

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

Таблиця 2.4 – Розрахунок розмірів штампованої заготовки

Вхідні дані (норми точності)	Штамповка на КГШП				
	Згідно з ДСТУ 8981-2020			Прийнято	
Клас точності	Т4-Т5			Т5	
Марка матеріалу	М1			М1	
Ступінь складності	С2			С2	
Індекс	10			10	
Конфігурація поверхні роз'єднання штампа	П			П	
	Розрахункові розміри, мм				
	M20×1,5-6g	82 _{-0,14}	30		
Припуски: основні	1,1	1,2	1,1 (Ra 12,5) 1,4 (Ra 6,3)		
додаткові - на зміщення по поверхні роз'єднання штампа	0,2	0,2	0,2		
- для врахування вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності	0,4	0,4	0,4		
Загальні припуски	1,7	1,8	1,7 (Ra 12,5) 2,0 (Ra 6,3)		
	Розміри заготовки, мм				
	ø23,4	85,6	29,7		
Допуски: розмірів	1,4 ^(+0,9 -0,5)	1,6 ^(+1,1 -0,5)	1,4 ^(+0,9 -0,5)		
на зміщення по поверхні роз'єднання штампа	0,4				
по вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності	0,8				
радіусів заокруглень	2,0				
величини залишкового облою	0,6				

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

- КГШП – 10.

- Вибір припусків

Основні припуски вибираються в залежності від розміру, шорсткості і індексу, причому якщо розмір пов'язує поверхні з різними жорсткостями то необхідно на ці поверхні призначати різні припуски.

Додаткові припуски призначаються для врахування зміщення по площині роз'єму штампа і врахування вигнутості, відхилення від площинності і прямолінійності.

При розрахунку розмірів заготовки основні і додаткові припуски сумуються.

- Вибір допусків

Допуски розмірів вибираються в залежності від розміру та індексу.

Для конструювання штампа і призначення його допустимого зносу вибираються допуски зміщення, залишкового облою, вигнутості, радіусів заокруглень. Ці допуски вибираються в залежності від класу точності і маси поковки.

- Розрахунок розмірів штампованої заготовки

Штампкування на КГШП:

$$M20 \times 1,5-6g \quad 20 + 1,7 \cdot 2 = 23,4 \text{ (мм);}$$

$$82_{-0,14} \quad 82 + 1,8 \cdot 2 = 85,6 \text{ (мм);}$$

$$30 \quad 30 + 1,8 - 2,0 = 29,8 \text{ (мм);}$$

- Вибір конструктивних елементів

Радіуси заокруглень

Радіуси заокруглень призначаються для уникнення тріщин, зменшення залишкових напружень: $R = 1,6$ мм.

Положення лінії роз'єму.

При штампуванні лінія роз'єму буде проходити горизонтально по осі заготовки.

Другий варіант виготовлення заготовки – гарячекатаний прокат. При цьому вибір розміру прокату виконується по найбільшому діаметру деталі. Найбільший діаметр – 30 мм, але він не підлягає обробці, тобто залишається в стані поставки. Тому діаметр прокату 30 мм, відхилення $- \begin{smallmatrix} +0,4 \\ -0,5 \end{smallmatrix}$, тобто $30 \begin{smallmatrix} +0,4 \\ -0,5 \end{smallmatrix}$ (ГОСТ 2590-88). Торцеві поверхні обробляються з шорсткістю $Ra = 12,5$ мкм, тобто виконується одноразове підрізання. Припуск складає 1,5 мм, тобто довжина заготовки

$$82 + 2 \cdot 1,5 = 85 \text{ (мм), допуск } \pm 0,5 \text{ мм.}$$

2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки

Ескіз заготовки при штампуванні на КГШП показано на рис. 2.3.

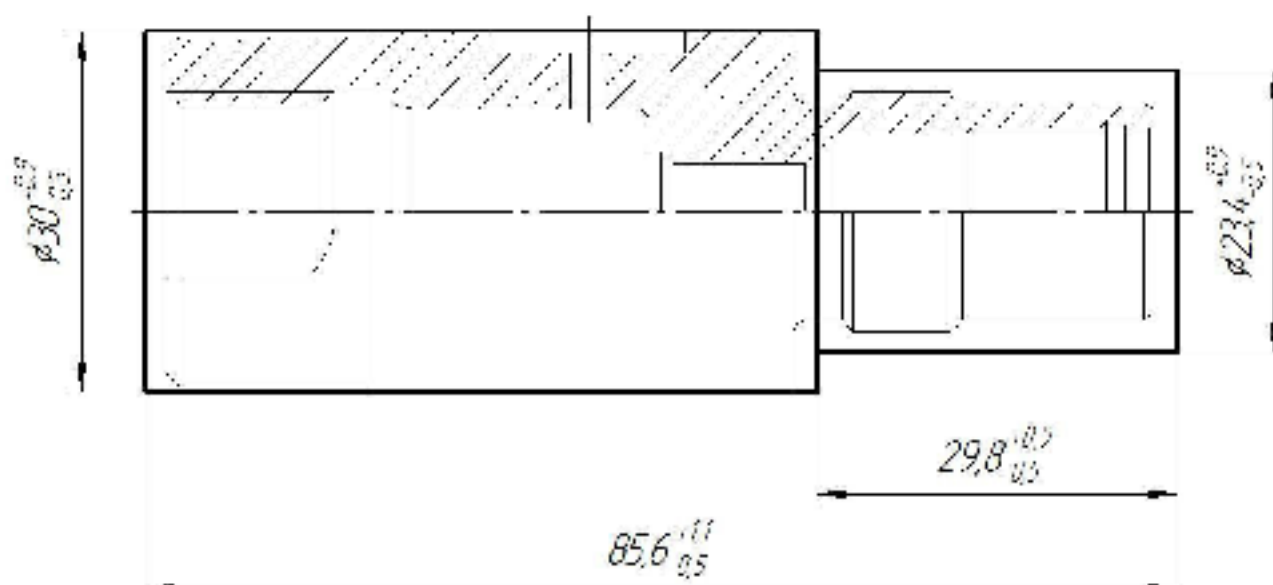


Рисунок 2.3 – Ескіз заготовки при штампуванні на КГШП

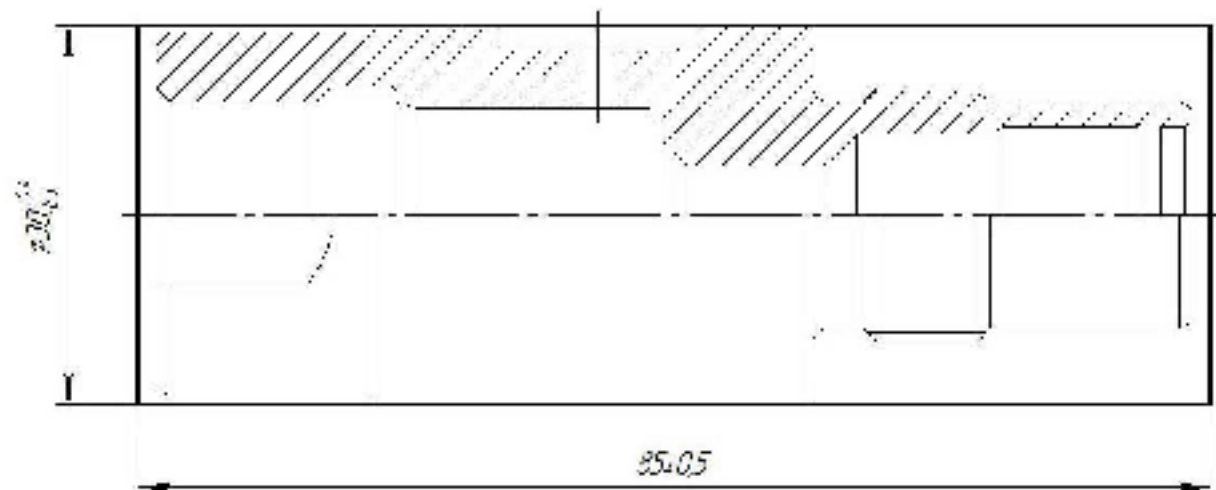


Рисунок 2.4 – Ескіз заготовки із гарячекатаного прокату

Призначення технічних вимог на заготовки.

Штамповка на КГШП.

1. Клас точності – Т5, група сталі – М1, ступінь складності – С2.
2. Невказані штампувальні радіуси 1,6 мм.
3. Допустиме зміщення по площині роз'єму 0,4 мм.
4. Невказані допуски радіусів заокруглень 2,0 мм.
5. Допустиме відхилення від площинності та прямолінійності 0,8 мм.
6. Штампувальні нахили 3...5°.

Гарячекатаний прокат.

1. Питома кривизна 1 мкм/мм.

2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки

Коефіцієнт точності маси визначається за формулою [9]:

$$K_{T.M.} = \frac{Q_{det}}{Q_{zag}}, \quad (2.6)$$

де Q_{det} – маса деталі; Q_{zag} – маса заготовки.

Масу заготовки визначаємо за допомогою створених 3D-моделей.

При штампуванні на КГШП маса заготовки складає 0,409 кг (рис. 2.5).

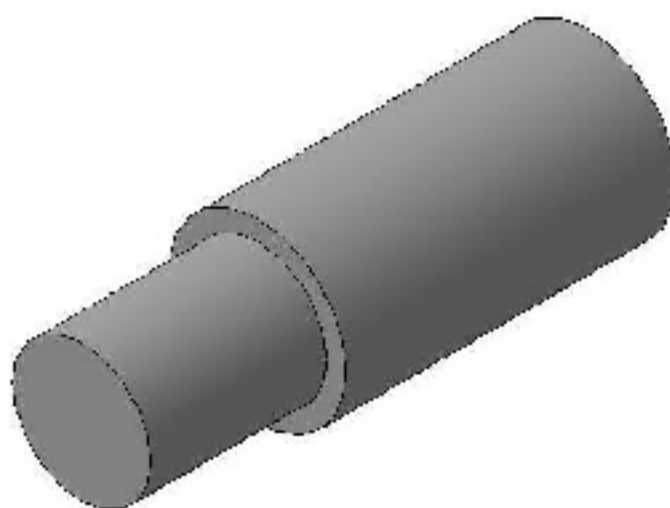


Рисунок 2.5 – 3D-модель поковки при штампуванні на КГШП

Масо-центрувальні характеристики

Матеріал тіла	Сталь 35 ГОСТ 1050-2013
Густина матеріалу тіла	$\rho = 0,007820 \text{ г/мм}^3$
Розрахункові параметри (тіла и компонентів)	
Маса	$M = 408,659630 \text{ г}$
Площа	$S = 8863,438393 \text{ мм}^2$
Об'єм	$V = 52258,264762 \text{ мм}^3$
Центр мас	$X_c = 38,396068 \text{ мм}$
	$Y_c = 0,000000 \text{ мм}$
	$Z_c = 0,000000 \text{ мм}$

Маса заготовки із гарячекатаного прокату складає 0,47 кг (рис. 2.6).

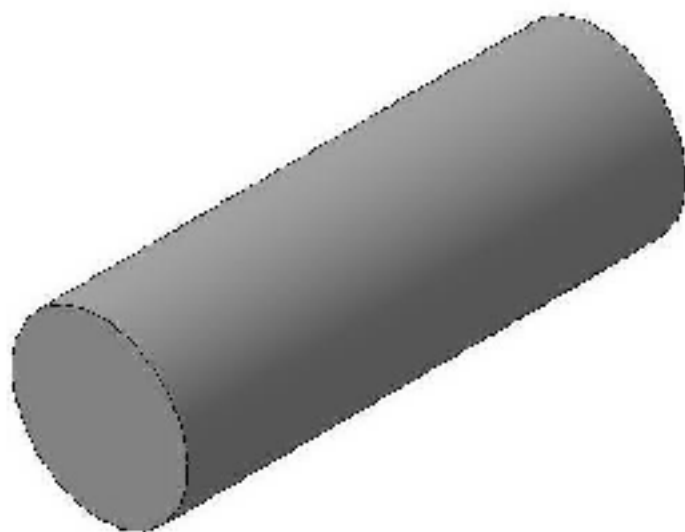


Рисунок 2.6 – 3D-модель заготовки із гарячекатаного прокату

Масо-центрувальні характеристики

Матеріал тіла	Сталь 35 ГОСТ 1050-2013
Густина матеріалу тіла	$R_0 = 0,007820 \text{ г/мм}^3$
Розрахункові параметри (тіла и компонентів)	
Маса	$M = 469,848752 \text{ г}$
Площа	$S = 9424,778184 \text{ мм}^2$
Об'єм	$V = 60082,960615 \text{ мм}^3$
Центр мас	$X_c = -42,500000 \text{ мм}$
	$Y_c = 0,000000 \text{ мм}$
	$Z_c = 0,000000 \text{ мм}$

Коефіцієнт точності маси заготовки при штампуванні на КГШП

$$K_{T.M.1} = \frac{0,225}{0,409} = 0,55 \text{ .}$$

Коефіцієнт точності маси заготовки із гарячекатаного прокату

$$K_{T.M.2} = \frac{0,225}{0,47} = 0,48 \text{ .}$$

2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Остаточний вибір заготовки проводимо на основі порівняння собівартості.

Собівартість заготовок розраховується за формулою [9]:

$$C_{\text{заг}} = \frac{C_{\text{мм}}}{1000} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_H - (Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дем}}) \frac{C_{\text{сидс}}}{1000} \text{ [грн.]}, \quad (2.7)$$

де $C_{\text{мм}}$ – базова вартість однієї тонни заготовок, грн.;

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок;

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовок;

K_B – коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

K_H – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготовок;

$C_{\text{відх}}$ – ціна однієї тонни відходів (стружки), грн.

При штампуванні на КГШП отримаємо:

$$C_{\text{заг.обр.}} = \frac{0,409}{1000} \cdot 19400 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,85 \cdot 1,0 - (0,409 - 0,225) \cdot \frac{2000}{1000} = 12,0 \text{ (грн.)}$$

При виготовленні заготовки із прокату [9]:

$$C_{\text{заг.обр.}} = \frac{Q_{\text{заг.}} \cdot C_M}{1000} + \frac{Q_{\text{заг.}} - Q_{\text{дон.}}}{1000} \cdot C_{\text{відх}} \text{ [грн.]}, \quad (2.8)$$

де C_M – вартість 1 т матеріалу заготовки, грн.;

$$C_{\text{заг.обр.}} = \frac{0,47 \cdot 15500}{1000} + \frac{0,47 - 0,225}{1000} \cdot 2000 = 6,77 \text{ (грн.)}$$

Собівартість обробки заготовки із прокату до форми, яку має штампована заготовка може бути визначена за формулою [1, 9]:

$$C_{\text{обр.}} = \frac{C_{\text{ц-д}} \cdot T_{\text{шт-к}}}{60 \cdot k_B} \text{ [грн.]}, \quad (2.9)$$

де $C_{\text{ц-д}}$ – цехові приведені годинні витрати роботи верстата, грн./год.;

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

k_B – коефіцієнт виконання норм (в машинобудуванні $k_B = 1,3$).

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$T_{шт-к} = T_o \cdot \varphi_k \text{ [хв.]}, \quad (2.10)$$

де T_o – основний час обробки, хв.;

φ_k – коефіцієнт, що визначається типом обладнання та виробництва.

Таким чином, при обробці до розміру $\varnothing 23,4$:

$$T_o = 0,000075 \cdot D \cdot \ell = 0,000075 \cdot 23,4 \cdot 29,7 = 0,052 \text{ (хв.)};$$

$$T_{шт-к} = 0,052 \cdot 1,3 = 0,07 \text{ (хв.)};$$

$$C_{обр} = \frac{39 \cdot 0,07}{60 \cdot 1,3} = 0,034 \text{ (грн.)}$$

Тоді собівартість заготовки із прокату з урахуванням обробки до конфігурації штампованої заготовки буде дорівнювати

$$C_{заг пр} = 6,77 + 0,034 = 6,704 \text{ (грн.)}$$

Отже, економічний ефект за рахунок зниження собівартості заготовки буде:

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

$$E = (12,0 - 6,704) \cdot 30000 = 158800 \text{ (грн.)}$$

Висновок. Вартість заготовки із прокату менша, ніж при штампуванні на КГШП. Коефіцієнт точності маси заготовки при штампуванні на КГШП більший, але не значно. Тому заготовка із гарячекатаного прокату є більш вигідним способом за рахунок меншої собівартості. Цей метод більш рентабельний при середньосерійному виробництві.

2.3 Розробка маршруту механічної обробки

2.3.1 Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності

Визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 18h9_{(-0,043)}$.

Визначимо загальне уточнення [1, 2]:

$$\varepsilon = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{T_2}{T_3} \cdot \dots \cdot \frac{T_n}{T_{\text{дет}}} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \dots \cdot \varepsilon_n. \quad (2.12)$$

де $T_{\text{заг}}$ – допуск заготовки; $T_{\text{дет}}$ – допуск деталі; ε – загальне уточнення; n – число ступенів обробки; $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \dots, \varepsilon_n$ – окремі ступені уточнення; $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ – допуски на проміжні розміри після технологічних переходів.

Так як заготовка – це гарячекатаний прокат, то першим переходом механічної обробки буде попереднє точіння, квалітет IT 12. Допуск розміру по 14 квалітету складає 210 мкм. Тоді

$$\varepsilon = \frac{210}{43} = 4,88.$$

Приймаємо $n = 2$ ступені механічної обробки після попереднього точіння, призначивши:

$$\varepsilon_2 = 3; \quad \varepsilon_3 = 1,63.$$

Допуски на проміжні розміри:

$$T_2 = 210/3 = 70 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{IT10});$$

$$T_3 = 70/1,63 = 43 \text{ (мкм)} \quad (\text{IT9}).$$

Остаточно приймаємо наступні переходи механічної обробки даної поверхні: точіння попереднє; точіння попереднє; точіння остаточне.

Методи обробки і кількість ступенів механічної обробки інших поверхонь визначаються аналогічно, а всі результати занесено до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Поверхневий розмір	Квалітет точності	Шорсткість R_a , мкм	Вид механічної обробки
1	2	3	4
$\varnothing 18h9_{(-0,043)}$	9	3,2	Точіння попереднє; точіння попереднє; точіння остаточне
$\varnothing 17H9^{(+0,043)}$	9	3,2	Свердління; розточування попереднє; розточування остаточне
$\varnothing 14H9^{(+0,043)}$	9	3,2	Свердління; розточування попереднє; розточування остаточне
$\varnothing 14,8H12^{(+0,18)}$	12	6,3	Розточування одноразове
$\varnothing 8H9^{(+0,036)}$	8	1,6	Свердління; розвертання попереднє; розвертання остаточне

Інші поверхні мають 14 квалітет точності, шорсткість поверхні $R_a=12,5$ мкм і обробляються за один перехід.

2.3.2 Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз

Правильний вибір технологічних баз дозволяє суттєво скоротити часові і матеріальні витрати на забезпечення необхідної точності деталі.

Проектуючи технологічний процес механічної обробки, спочатку вибирають чистові технологічні бази, а потім чорнові [1].

2.3.2.1 Вибір чистових технологічних баз

Основною задачею вибору чистових технологічних баз є мінімізація або відсутність похибок базування на отримуваних розмірах.

Чистові бази – бази, які використовуються на всіх операціях механічної обробки окрім першої. Вибрані чистові базові поверхні повинні забезпечувати жорсткість установки заготовки, вони не повинні деформуватися під дією сил різання, закріплення і гравітаційних сил, повинні мати досить високу точність розмірів і геометричних форм. При використанні цих баз повинен виконуватися принцип суміщення баз, що виключає або зводить до мінімуму похибки базування. Повинен виконуватися принцип постійності баз, тобто на всіх операціях механічної обробки використовуються одні і ті ж комплекти баз. Крім того, вибрані бази мають забезпечити просту конструкцію пристосування, зручну установку і знімання оброблюємої деталі.

Базами деталі на операції 010 (рис. 2.7) є вісь зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 30$ – точки 1, 2 та 3, 4; торцева поверхня – точка 5 і уявна точка 6, що реалізується за рахунок сил тертя.

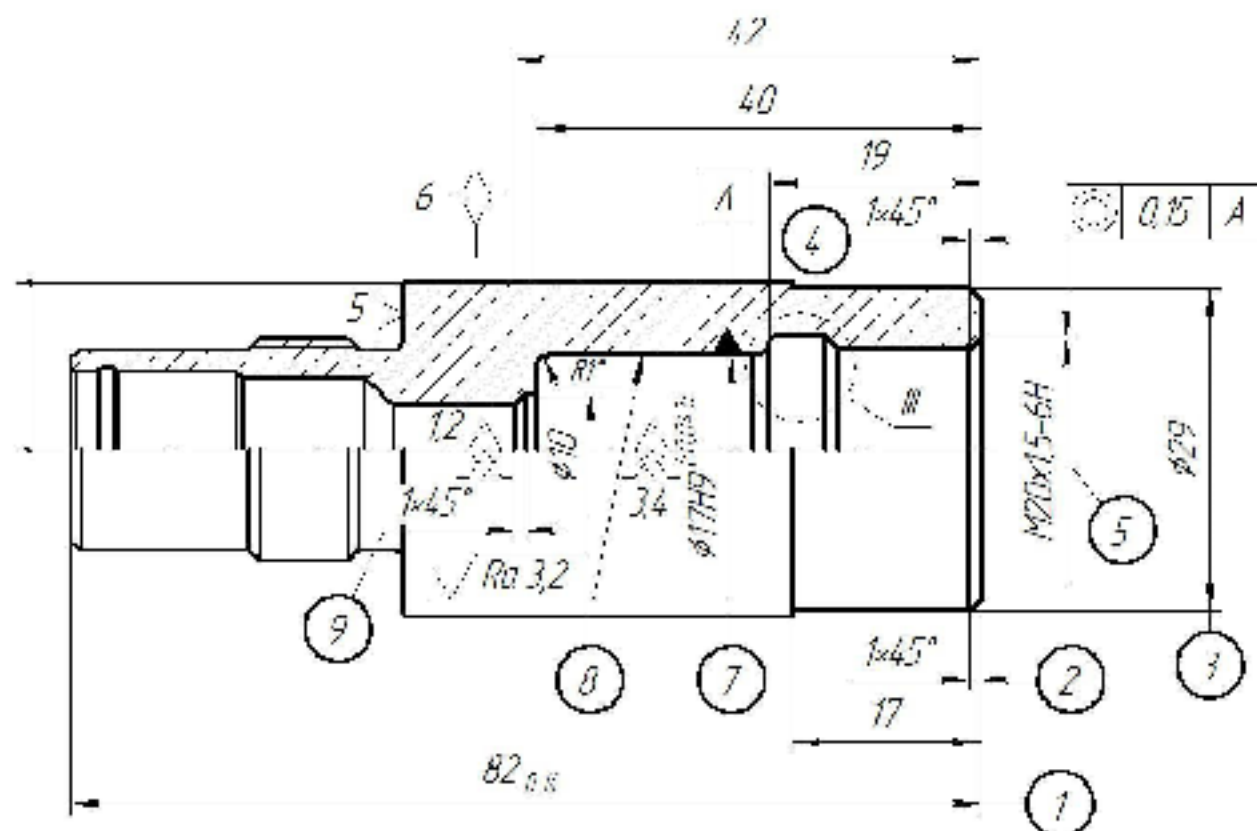


Рисунок 2.7 – Схема базування на операції 010

Базування деталі на операції 015 (рис. 2.8) відбувається в центрах з упором в лівий торець деталі.

2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

2.3.4.1 Вибір розташування технологічних розмірів

Розташування технологічних розмірів вибрано таким чином, щоб забезпечити відсутність або мінімальність похибки базування, тобто щоб виконувався принцип суміщення баз або здійснювалась обробка з одного установа тих поверхонь, які координуються відповідними технологічними розмірами [1, 13].

Розташування технологічних розмірів представлено на розмірній схемі технологічного процесу (рис. 2.10).

2.3.4.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуски розмірів вихідної заготовки вибрано при розрахунку заготовки. Допуски технологічних розмірів прийнято за довідниковими даними [1, 2] згідно квалітету точності виконуваного розміру. Всі дані занесені до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Допуски розмірів вихідної заготовки і технологічних розмірів

Вихідна заготовка			
Розмір	Спосіб виготовлення	Клас розмірної точності	Допуск, мм
Z_1	Гарячекатаний прокат	Звичайної точності	$\pm 0,5$
Механічна обробка			
Технологічний розмір	Спосіб обробки	Квалітет точності	Допуск, мм
V_1	Точіння одноразове	IT 12	0,35
V_2	Точіння одноразове	IT 14	0,43
V_3	Точіння одноразове	IT 14	0,36
V_4	Точіння одноразове	IT 14	0,52
V_5	Точіння одноразове	IT 14	0,43
V_6	Точіння одноразове	IT 14	0,52
V_7	Точіння одноразове	IT 10	0,12
V_8	Точіння одноразове	IT 14	0,52
V_9	Точіння одноразове	IT 14	0,62
V_{10}	Точіння одноразове	IT 14	0,43
V_{11}	Фрезерування одноразове	IT 14	0,43
V_{12}	Свердління	IT 14	0,62

2.3.4.3 Розмірна схема технологічного процесу

Розмірна схема технологічного процесу показана на рис. 2.10.

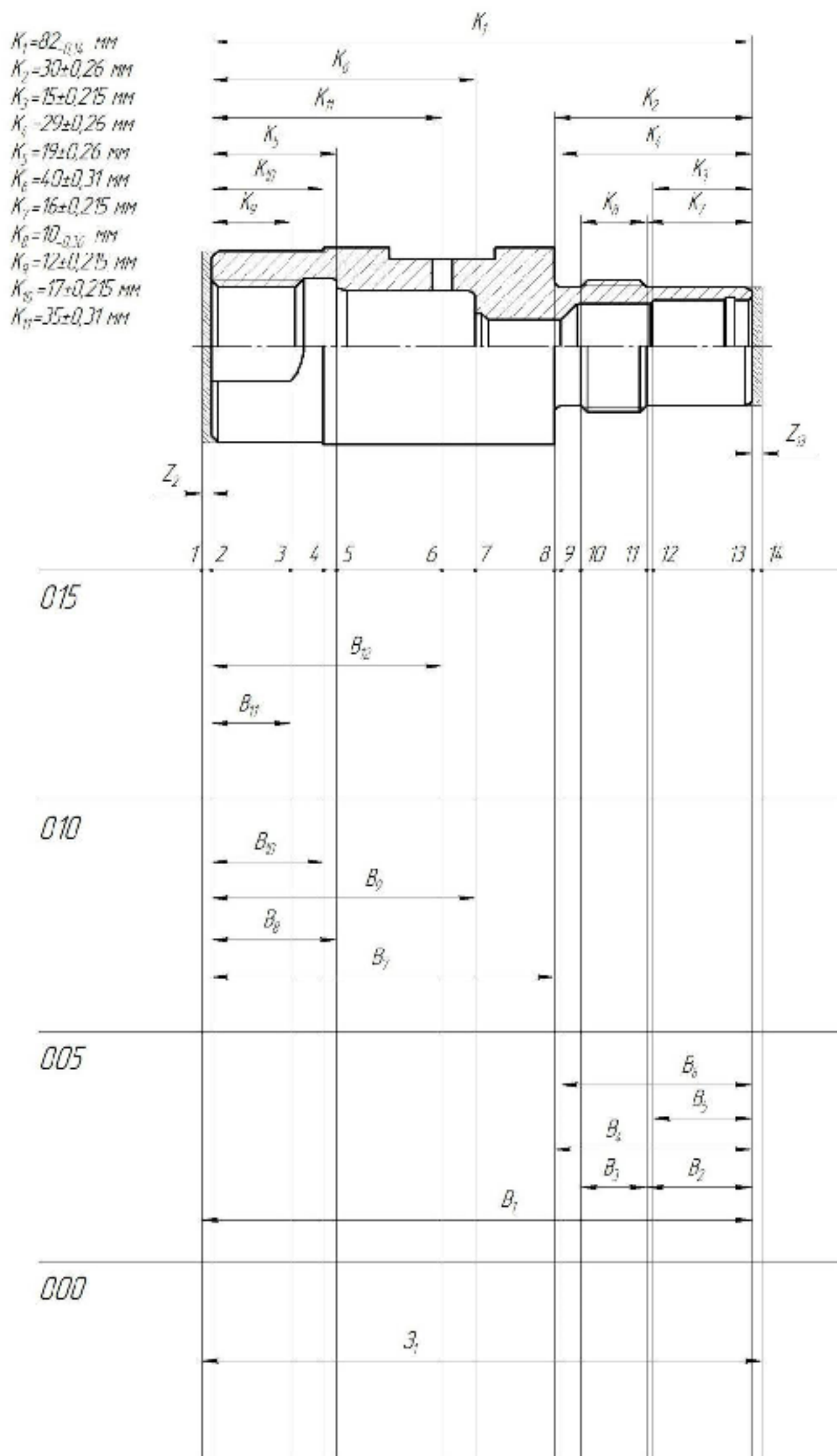


Рисунок 2.10 – Розмірна схема технологічного процесу

2.3.4.4 Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

Графи-дерева зображені на рис. 2.11-2.13.

Ребрами похідного графа-дерева (рис. 2.11) є розміри, які визначаються в результаті виконання розмірного аналізу, а саме всі технологічні розміри і розміри вихідної заготовки.

Ребрами вихідного графа-дерева (рис. 2.12) є конструкторські розміри і припуски.

Обидва суміщені граф-дерева (при співпадінні їх вершин) – це суміщений граф або граф технологічних розмірних ланцюгів (рис. 2.13).

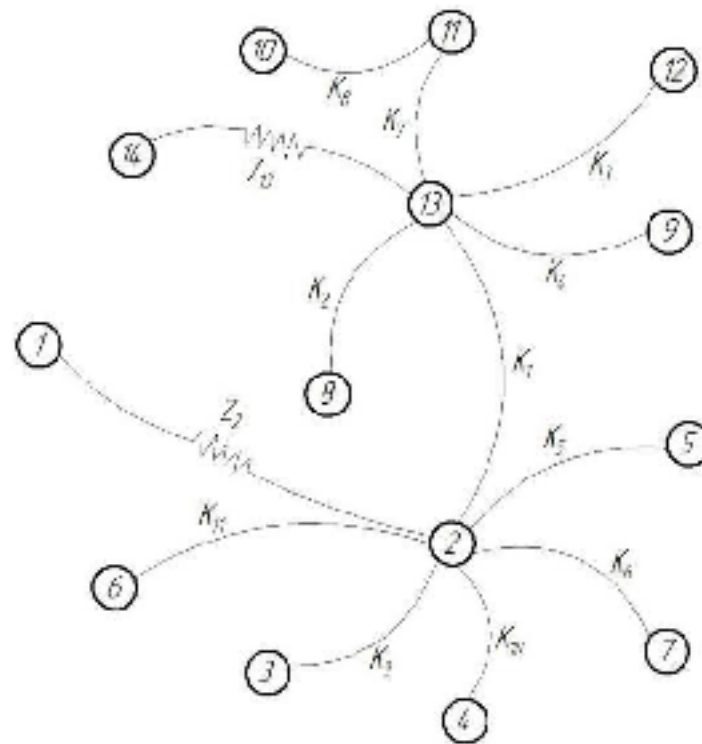


Рисунок 2.11 – Вихідний граф-дерево

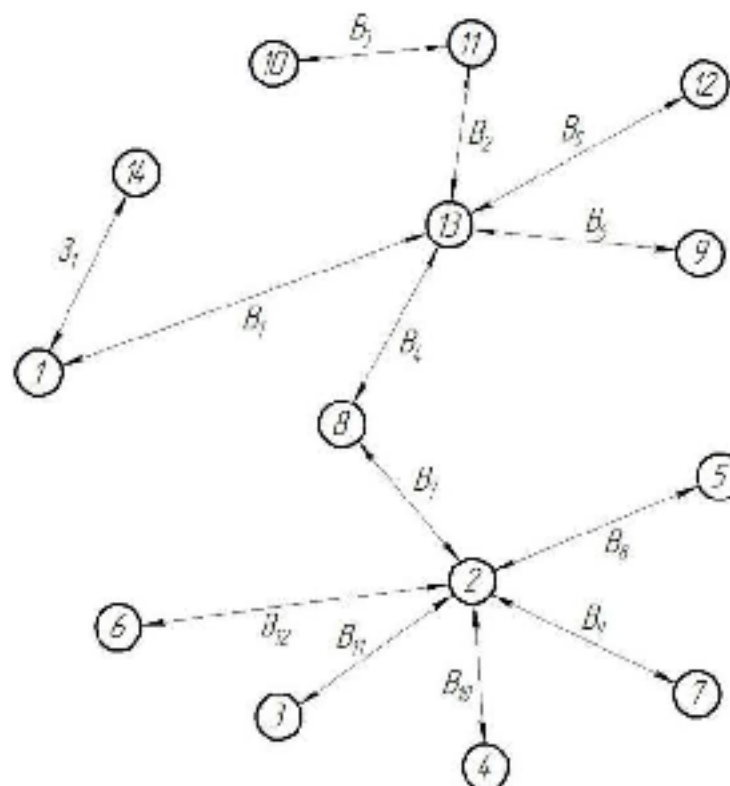


Рисунок 2.12 – Похідний граф-дерево

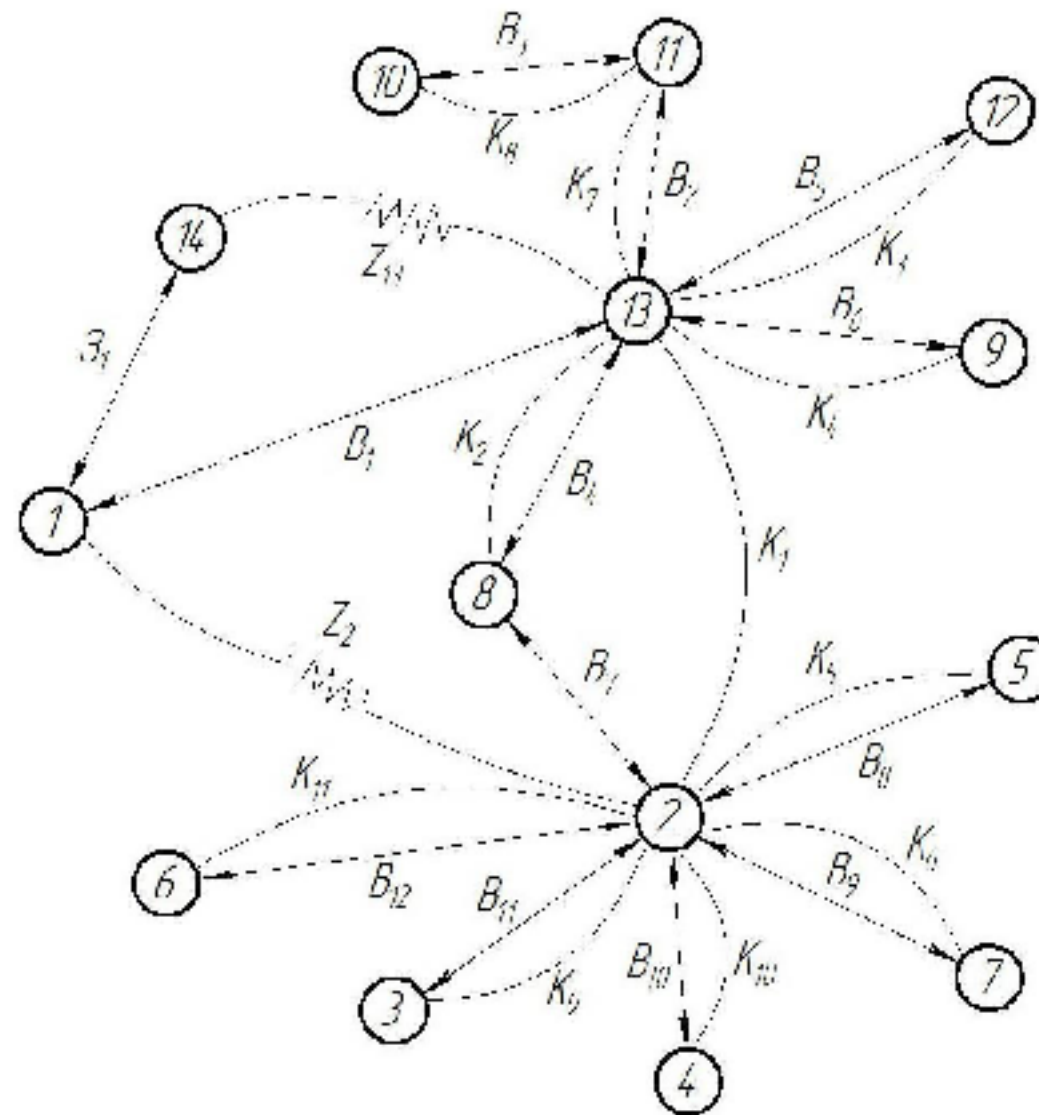


Рисунок 2.13 – Суміщений граф

2.3.4.5 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Таблиця 2.9 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

№ п/п	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K_7 + B_2 = 0$	$K_7 = B_2$	B_2
2	$-K_8 + B_3 = 0$	$K_8 = B_3$	B_3
3	$-K_2 + B_4 = 0$	$K_2 = B_4$	B_4
4	$-K_3 + B_5 = 0$	$K_3 = B_5$	B_5
5	$-K_4 + B_6 = 0$	$K_4 = B_6$	B_6
6	$-K_5 + B_8 = 0$	$K_5 = B_8$	B_8
7	$-K_6 + B_9 = 0$	$K_6 = B_9$	B_9
8	$-K_{10} + B_{10} = 0$	$K_{10} = B_{10}$	B_{10}
9	$-K_9 + B_{11} = 0$	$K_9 = B_{11}$	B_{11}
10	$-K_{11} + B_{12} = 0$	$K_{11} = B_{12}$	B_{12}
11	$-K_1 + B_7 + B_4 = 0$	$K_1 = B_7 + B_4$	B_7
12	$-Z_2 + B_1 - B_4 + B_7 = 0$	$Z_2 = B_1 - B_4 + B_7$	B_1
13	$-Z_{13} - B_1 + 3_1 = 0$	$Z_{13} = 3_1 - B_1$	3_1

2.3.4.6 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь (за нормативами)

Проміжні мінімальні припуски вибрані згідно [1, 14]. Дані табличних припусків зводимо в таблицю 2.10.

Таблиця 2.10 – Проміжні мінімальні припуски на обробку плоских поверхонь

Позначення припуску	Спосіб обробки, під час використання якої знімається припуск	Кількісне значення мінімального припуску, мм
Z_2	Точіння одноразове	1,2
Z_{13}	Точіння одноразове	1,2

2.3.4.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція (за необхідністю) допусків технологічних розмірів і (або) маршруту механічної обробки

1. $K_7 = B_2$;

$B_2 = 16 \pm 0,215$ мм.

2. $K_8 = B_3$;

$B_3 = 10_{-0,36}$ мм.

3. $K_2 = B_4$;

$B_4 = 30 \pm 0,26$ мм.

4. $K_3 = B_5$;

$B_5 = 15 \pm 0,215$ мм.

5. $K_4 = B_6$;

$B_6 = 29 \pm 0,26$ мм.

6. $K_5 = B_8$;

$B_8 = 19 \pm 0,26$ мм.

7. $K_6 = B_9$;

$B_9 = 40 \pm 0,31$ мм.

8. $K_{10} = B_{10}$;

$$B_{10} = 17 \pm 0,215 \text{ мм.}$$

$$9. K_9 = B_{11};$$

$$B_{11} = 12 \pm 0,215 \text{ мм.}$$

$$10. K_{11} = B_{12};$$

$$B_{12} = 35 \pm 0,31 \text{ мм.}$$

$$11. K_{1\min} = B_{7\min} + B_{4\min};$$

$$B_{7\min} = K_{1\min} - B_{4\max} = 81,86 - 30,26 = 51,6 \text{ (мм);}$$

$$B_{7\max} = B_{7\min} + T(B_7) = 51,6 + 0,12 = 51,72 \text{ (мм);}$$

$$B_{7\text{ном}} = 51,72_{-0,12} \text{ мм.}$$

Перевіримо можливість забезпечення необхідної точності розміру K_1

$$K_{1\max} = B_{7\max} + B_{4\max} = 51,72 + 30,26 = 81,98 \text{ (мм).}$$

Поле розсіювання розміру K_1

$$\delta(K_1) = K_{1\max} - K_{1\min} = 81,98 - 81,86 = 0,12 \text{ (мм)} < T(K_1) = 0,14 \text{ мм} - \text{умова}$$

виконується, точність розміру K_1 забезпечується.

$$12. Z_{2\min} = B_{1\min} - B_{4\max} - B_{7\max};$$

$$B_{1\min} = Z_{2\min} + B_{4\min} + B_{7\min} = 1,2 + 29,74 + 51,6 = 82,54 \text{ (мм);}$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 82,54 + 0,35 = 82,89 \text{ (мм);}$$

$$B_{1\text{ном}} = 82,89_{-0,35} \text{ мм;}$$

$$Z_{2\max} = B_{1\max} - B_{4\min} - B_{7\min} = 82,89 - 29,74 - 51,6 = 1,55 \text{ (мм).}$$

$$13. Z_{13\min} = 3_{1\min} - B_{1\max};$$

$$3_{1\min} = Z_{13\min} + B_{1\max} = 1,2 + 82,54 = 83,74 \text{ (мм);}$$

$$3_{1\max} = 3_{1\min} + T(3_1) = 83,74 + 1,0 = 84,74 \text{ (мм);}$$

$$3_{1\text{ном}} = 84,74_{-1,0} \text{ мм;}$$

$$Z_{13\max} = 3_{1\max} - B_{1\min} = 84,74 - 82,54 = 2,2 \text{ (мм).}$$

Отримані значення максимальних припусків записано до таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Максимальні припуски, мм

Припуски		Z_2	Z_{13}
Граничні значення	$Z_{\min}$	1,2	1,2
	$Z_{\max}$	1,55	2,2

Остаточні значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів приведені в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів, мм

Поначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	min	max				
B_1	82,54	82,89	0,35	82,89	$82,89_{-0,35}$	-
B_2	15,785	16,215	0,43	16	$16 \pm 0,215$	-
B_3	9,64	10	0,36	10	$10_{-0,36}$	-
B_4	29,74	30,26	0,52	30	$30 \pm 0,26$	-
B_5	14,785	15,215	0,43	15	$15 \pm 0,215$	-
B_6	28,74	29,26	0,52	29	$29 \pm 0,26$	-
B_7	51,6	51,72	0,12	51,72	$51,72_{-0,12}$	-
B_8	18,74	19,26	0,52	19	$19 \pm 0,26$	-
B_9	39,69	40,31	0,62	40	$40 \pm 0,31$	-
B_{10}	16,785	17,215	0,43	17	$17 \pm 0,215$	-
B_{11}	11,785	12,215	0,43	12	$12 \pm 0,215$	-
B_{12}	34,69	35,31	0,62	35	$35 \pm 0,31$	-
Z_1	83,74	84,74	1,0	84,74	-	$84,74_{-1,0}$

Висновок. Таким чином, в результаті виконання розмірного аналізу технологічного процесу механічної обробки деталі визначені технологічні розміри $B_1 \dots B_{12}$, розмір вихідної заготовки Z_1 . Це дозволяє забезпечити знаходження дійсних значень всіх конструкторських розмірів $K_1 \dots K_{11}$ в межах полів допусків. Корекція допусків технологічних розмірів і (або) маршруту механічної обробки не потрібна.

2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

2.3.5.1 Визначення розрахунково-аналітичним методом припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 18h9_{(-0,043)}$

Значення R_z і T , які характеризують якість поверхні заготовки визначаємо згідно [1], вони складають відповідно 200 і 300 мкм.

Значення R_z і T після технологічних переходів знаходимо по [1], записуємо їх в розрахункову таблицю 2.13.

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

$$\rho_3 = \rho_{кор} \text{ [мкм]}. \quad (2.13)$$

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

$$\rho_3 = \rho_{кор} = \sqrt{(\Delta_K d)^2 + (\Delta_K \ell)^2} = \sqrt{(0,12 \cdot 18)^2 + (0,12 \cdot 16)^2} \approx 3 \text{ (мкм)},$$

де $\Delta_K = 0,12$ – питома кривизна заготовки [1] (гарячекатаний прокат $\varnothing 30$),

$d = 18$ мм – діаметр оброблюваної поверхні,

$\ell = 16$ мм – довжина оброблюваної поверхні.

Остаточні просторові відхилення

- після точіння попереднього $\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 3 = 0,15 \approx 0$ (мкм);

- після точіння попереднього $\rho_2 = 0,05 \cdot \rho_1 = 0,05 \cdot 0,15 \approx 0$ (мкм).

Похибка установки при попередньому точінні

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_{\theta}^2 + \varepsilon_y^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.14)$$

де ε_{θ} – похибка базування,

ε_3 – похибка закріплення.

При вибраній схемі базування $\varepsilon_6 = 0$.

Похибку закріплення заготовки [1] ε_3 приймаємо рівною 320 мкм.

Тоді похибка установки при попередньому точінні

$$\varepsilon_1 = \sqrt{0^2 + 320^2} = 320 \text{ (мкм)}.$$

Остаточні похибки установки

- при послідовному точінні попередньому $\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_1 = 0,05 \cdot 320 = 16 \text{ (мкм)}$,
- при точінні остаточному $\varepsilon_3 = 35 \text{ мкм}$.

На основі записаних в таблиці даних проводимо розрахунок мінімальних значень між операційних припусків, користуючись загальною формулою:

$$2Z_{\min} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}) \text{ [мкм]}. \quad (2.15)$$

Мінімальний припуск

- під точіння попереднє

$$2Z_{\min} = 2(150 + 250 + \sqrt{3^2 + 320^2}) = 2 \cdot 720 \text{ (мкм)};$$

- під точіння попереднє

$$2Z_{\min} = 2(100 + 100 + \sqrt{0^2 + 16^2}) = 2 \cdot 216 \text{ (мкм)};$$

- під точіння остаточне

$$2Z_{\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{0^2 + 35^2}) = 2 \cdot 135 \text{ (мкм)}.$$

Розрахункові розміри:

$$d_{p2} = 17,957 + 0,27 = 18,227 \text{ (мм)};$$

$$d_{p1} = 18,227 + 0,432 = 18,66 \text{ (мм)};$$

$$d_{p\text{заг}} = 18,66 + 1,44 = 20,1 \text{ (мм)}.$$

Визначаємо найбільші граничні розміри d_{max} :

$$d_{\text{max}3} = 17,957 + 0,043 = 18 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{max}2} = 18,227 + 0,07 = 18,297 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{max}1} = 18,66 + 0,18 = 18,84 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{max заг}} = 20,1 + 0,9 = 21 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 2.13 – Розраховані припуски на обробку і проміжні граничні розміри по технологічним переходам для зовнішньої циліндричної поверхні $\phi 18h9_{(-0,043)}$

Технологічний процес механічної обробки поверхні $\phi 18h9_{(-0,043)}$	Елементи припуску, мкм				Розрах. припуск $2Z_{\text{min}}$, мкм	Розрах. розмір d_p , мкм	Допуск δ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z	T	ρ	ε_y				d_{min}	d_{max}	$2Z_{\text{min}}^{\text{пр}}$	$2Z_{\text{max}}^{\text{пр}}$
Заготовка	150	250	3	—	—	20,1	900	20,1	21	—	—
Точіння попереднє	100	100	—	320	2·720	18,66	180	18,66	18,84	1440	2160
Точіння попереднє	50	50	—	16	2·216	18,227	70	18,227	18,297	433	543
Точіння остаточне	30	30	—	35	2·135	17,957	43	17,957	18	270	297
										$\Sigma 2143$	$\Sigma 3000$

Граничні значення припусків:

$$2Z_{\text{max}3}^{\text{пр}} = 18,297 - 18 = 0,297 \text{ мм} = 297 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\text{max}2}^{\text{пр}} = 18,84 - 18,297 = 0,543 \text{ мм} = 543 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 1}^{sp} = 21 - 18,84 = 2,16 \text{ мм} = 2160 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\min 3}^{sp} = 18,227 - 17,957 = 0,27 \text{ мм} = 270 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\min 2}^{sp} = 18,66 - 18,227 = 0,433 \text{ мм} = 433 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\min 1}^{sp} = 20,1 - 18,66 = 1,44 \text{ мм} = 1440 \text{ (мкм)}.$$

Загальний номінальний припуск і номінальний розмір заготовки

$$Z_{0\text{ном}} = Z_{0\text{min}} + H_3 - H_d = 2143 + 900 - 43 = 3000 \text{ (мкм)};$$

$$d_{\text{заг ном}} = d_{\text{дет ном}} + Z_{0\text{ном}} = 18 + 3,0 = 21,0 \text{ (мм)}.$$

Проводимо перевірку правильності виконаних розрахунків

$$2Z_{\max 3}^{sp} - 2Z_{\min 3}^{sp} = 297 - 270 = 27 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 70 - 43 = 27 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2}^{sp} - 2Z_{\min 2}^{sp} = 543 - 433 = 110 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 180 - 70 = 110 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 1}^{sp} - 2Z_{\min 1}^{sp} = 2160 - 1440 = 720 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_{\text{заг}} - \delta_1 = 900 - 180 = 720 \text{ (мкм)}.$$

Отже, розрахунок припусків виконано вірно.

Так як заготовка виготовляється із прокату $\varnothing 30$ мм, то по $\varnothing 18h9_{(-0,043)}$ при першому переході точіння кріп припуску, потрібно зняти напуск. Максимальний напуск – 9,9 мм, мінімальний – 9 мм.

2.3.5.2 Визначення за нормативами проміжних мінімальних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку решти циліндричних поверхонь

Нормативний вибір припусків та між операційних розмірів на інші поверхні показано в табл. 2.14.

Таблиця 2.14 – Нормативний вибір припусків та між операційних розмірів на інші поверхні

Технологічні переходи обробки	Розрахун- ковий мінімальний припуск $2Z_{\min}$, мм	Розрахун- ковий розмір, мм	Допуск, мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мм	
				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
1	2	3	4	5	6	7	8
$\phi 17H9^{(+0,043)}$							
Свердління	14	-	-	-	-	-	-
Розточування попереднє	0,5	16,843	70	16,773	16,843	0,5	0,61
Розточування остаточне	0,2	17,043	30	17,0	17,043	0,2	0,227
$\phi 14H9^{(+0,043)}$							
Свердління	13	-	-	-	-	-	-
Розточування попереднє	0,5	13,843	70	13,773	13,843	0,5	0,61
Розточування остаточне	0,2	14,043	43	14,0	14,043	0,2	0,227

В заготовці отвори під $\phi 17H9^{(+0,043)}$ та $\phi 14H9^{(+0,043)}$ не виготовляються, так як використовується гарячекатаний прокат, тому на першому переході знімається напуск свердлінням. Після чого виконується обробка розточуванням.

Поверхня $\phi 14,8H12^{(+0,12)}$ обробляється за 1 перехід, припуск складає 0,4 мм (з $\phi 14$ мм).

Інші поверхні визначені по 14 квалітету, шорсткість поверхні $Ra\ 12,5$ і обробляються за 1 перехід.

2.3.6 Визначення режимів різання на обробку

Приведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для точіння попереднього поверхні $\phi 18h9_{(-0,043)}$ [15-17].

Для операції попереднього точіння поверхні $\phi 18h9_{(-0,043)}$ вибираємо марку сплава для ріжучої частини різця Т15К6. Різець прохідний: $\alpha=12^\circ$; $r=2,4$; $\varphi=45^\circ$; $\varphi_1=45^\circ$; $\lambda=0$.

При чорновому точінні $t = 3,7$ (мм); $T = 60$ (хв.).

Згідно [15-17] вибираємо подачу $S=0,5-0,8$ мм/об. Приймаємо $S=0,6$ мм/об.

Знаходимо швидкість різання за формулою [15-17]:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} \cdot K_v, [\text{М/ХВ.}], \quad (2.16)$$

де $C_v=340$; $x=0,15$; $y=0,45$; $m=0,20$ за [15-17].

Поправковий коефіцієнт K_v складається з:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{пв} \cdot K_{ИВ} \cdot K_{\phi} \cdot K_{\phi 1}, \quad (2.17)$$

де K_{MV} – коефіцієнт, враховуючий якість обробки матеріалів

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{mv}, \quad (2.18)$$

де $K_r=1$ – коефіцієнт, що характеризує групу сталі, $n_v=1$, $\sigma_s=500-610$ МПа [15-17].

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{550} \right)^1 = 1,36,$$

$K_{пв}=1$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні.

$K_{ИВ}=1$ – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструменту.

$K_{\phi}=1$, $K_{\phi 1}=0,87$ – коефіцієнти, що враховують кути в плані.

$$K_v = 1,36 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 1,18.$$

Отже,

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 3,7^{0,15} \cdot 0,4^{0,45}} \cdot 1,18 = 158,7 \text{ (М/ХВ.)}$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} [\text{об/ХВ.}] \quad (2.19)$$

$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot 158,7}{3,14 \cdot 95} = 518 \text{ (об/хв.)}$$

Приймаємо $n = 520$ об/хв.

Розраховуємо дійсну швидкість різання за формулою:

$$V_s = \frac{\pi d n}{1000} \text{ [м/хв.]}, \quad (2.20)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 95 \cdot 520}{1000} = 155,12 \text{ (м/хв.)}$$

Сила різання

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \text{ [Н]}, \quad (2.21)$$

де $C_p=300$, $x=1$, $y=0,75$, $n=-0,15$ згідно [15-17].

$K_p=K_{mp} \cdot K_{фр} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{гp}=0,51 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1=0,51$ – поправковий коефіцієнт [15-17].

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n = \left(\frac{550}{750} \right)^{2,14} = 0,51 ;$$

Отже,

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3,0^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 155,12^{-0,15} \cdot 0,51 = 303,5 \text{ (Н)}.$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \text{ [кВт]}, \quad (2.22)$$

$$N_{\max} = \frac{303,5 \cdot 155,12}{1020 \cdot 60} = 0,77 \text{ (кВт)}.$$

Висновок. Потужність різання складає $N_{\max} = 0,77$ кВт, а потужність попередньо вибраного верстата 1П420ПФ30 – $N = 30$ кВт. Оскільки потужність різання менша, ніж вибраного попередньо верстата $N_{\max} = 0,77 \text{ кВт} < N = 30 \text{ кВт}$, то верстат може бути використаний для обробки.

Приведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для свердління отвору $\varnothing 8$.

Аналітичний розрахунок режимів різання для свердління отвору $\varnothing 8$ розпочинається із визначення глибини різання, яка рівна половині діаметру отвору, який свердлиться і в даному випадку складає 4,0 мм.

Подачу рекомендують приймати в межах від 0,15 до 0,20 мм/об при заданих умовах обробки. Приймаємо подачу рівною 0,20 мм/об.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v \text{ [м/хв.]}, \quad (2.23)$$

де T – стійкість інструменту, 15 хв.;

C_v, x_v, y_v, m, q_v – коефіцієнти і показники степені в формулі для розрахунку швидкості різання.

Згідно з [15-17] вони рівні: $C_v=9,8$; $y=0,5$; $m=0,2$, $q=0,4$.

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

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv}, \quad (2.24)$$

Всі складові відображають вплив певного фактора на швидкість різання:

K_{Mv} – якість оброблюваної поверхні, 1,36;

K_{uv} – матеріал ріжучої частини, 1,0 (Р6М5);

K_{lv} – глибину отвору, що свердлиться, 0,6.

Отже, загальний поправковий коефіцієнт:

$$K = 1,36 \cdot 1,0 \cdot 0,6 = 0,816.$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{9,8 \cdot 8,0^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,2^{0,5}} \cdot 0,816 = 24,2 \text{ (м/хв.)}$$

Крутний момент при свердлінні розраховується за формулою:

$$M = 10 \cdot C_m D^q S^y K_p \text{ [Н·м]}, \quad (2.25)$$

де C_m , q , y – коефіцієнти і показники степені для розрахунку крутного моменту при свердлінні.

Вони рівні: $C_m=0,0345$; $q=2$; $y=0,8$.

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

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 8,0^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1,0 = 6,07 \text{ (Н·м)}.$$

Осьова сила при свердлінні визначається за формулою:

$$P_o = 10 \cdot C_p D^q S^y K_p \text{ [Н]}, \quad (2.26)$$

де C_p , q , x – коефіцієнти і показники степені для розрахунку осьової сили при свердлінні.

Вони рівні: $C_p=68$; $q=1$; $y=0,7$.

З урахуванням цього осьова сила:

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 8,0^1 \cdot 0,2^{0,7} \cdot 1,0 = 1795,2 \text{ (Н)}.$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N_e = M_{кр} \cdot n / 9750 \text{ [кВт]}, \quad (2.27)$$

де n – число обертів інструмента, що становить:

$$n = 1000 \cdot 24,2 / 3,14 \cdot 8,0 = 963,4 \text{ (об/хв.)}$$

Приймаємо $n = 950$ об/хв.

Потужність:

$$N = 6,07 \cdot 950 / 9750 = 0,6 \text{ (кВт)}.$$

Висновок. Потужність різання складає $N_{\max} = 0,47$ кВт, а потужність попередньо вибраного верстата 1П420ПФ30 – $N = 30$ кВт. Оскільки потужність різання менша, ніж вибраного попередньо верстата $N_{\max} = 0,47 \text{ кВт} < N = 30 \text{ кВт}$, то верстат може бути використаний для обробки.

В таблиці 2.15 наведені результати визначення (за нормативами) режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів для розробленого маршруту механічної обробки даної деталі.

Таблиця 2.15 – Зведена таблиця режимів різання

Операції, переходи	Розрахункові розміри $D (B)$, мм	Припуск t , мм	Режими різання		
			S , мм/об	V , м/хв.	n , об/хв.
1	2	3	4	5	6
005 Токарно-револьверна з ЧПК					
2. Точити торець 1 одноразово, поверхню 2 попередньо, поверхню 3 одноразово, торець 4 попередньо.	1,5	3,0	0,4	47	500
	$\varnothing 18,8_{-0,18}$; 16	-	0,4	30	500
	$\varnothing 20_{-0,52}$; 10	-	0,4	37,4	500
		-	0,4	47	500

Продовження таблиці 2.15

1	2	3	4	5	6
3. Точити поверхню 2 попередньо.	$\varnothing 18,3_{-0,7}; 16$	0,25	0,15	46	800
4. Точити фаску 5 одноразово, поверхню 2 остаточно, фаску 6, фаску 7, поверхню 8 одноразово, торець 4 остаточно.	$1 \times 30^\circ$ $\varnothing 18h9_{(-0,043)}$ $1 \times 45^\circ$ $1 \times 45^\circ$ $\varnothing 18$ $\varnothing 30; 30$	1,0 0,14 1,0 1,0 2,0 1,5	0,1 0,1 0,1 0,1 0,1 0,1	50,2 56,5 56,5 62,8 56,5 94,2	1000 1000 1000 1000 1000 1000
5. Нарізати різь на поверхні 3.	M20×1,5-6g	1,5	1,5	15,7	250
6. Центрувати отвір 10.	$\varnothing 6; 7$	3	0,2	11,3	600
7. Свердлити отвір 10.	$\varnothing 13; 29$	7,5	0,2	24,5	600
8. Розточити поверхню 9 попередньо, фаску 11 попередньо.	$\varnothing 13,8H10^{(+0,07)}$ $2,5 \times 45^\circ$	0,4 2,5	0,3 0,3	25 24,5	600 600
9. Центрувати отвір 12.	$\varnothing 5; 6$	2,5	0,2	9,4	600
10. Свердлити отвір 12.	$\varnothing 7H12^{(+0,15)}; 11$	3,5	0,2	15,1	600
11. Розвернути отвір 12 попередньо.	$\varnothing 7,8H10^{(+0,058)}; 11$	0,4	0,1	20,1	800
12. Розвернути отвір 12 остаточно.	$\varnothing 8H9^{(+0,036)}; 11$	0,1	0,05	31,4	1250
13. Розточити фаску 13 одноразово, поверхню 9 остаточно, фаску 14 одноразово, фаску 11 остаточно.	$0,5 \times 45^\circ$ $\varnothing 14H9^{(+0,043)}; 15$ $0,5 \times 45^\circ$ $0,5 \times 45^\circ$	0,5 0,1 0,5 0,5	0,1 0,1 0,1 0,1	44 44 44 40,8	1000 1000 1000 1000
14. Розточити канавку 15 одноразово.	$\varnothing 14,8H12^{(+0,18)}; 1,5$	0,4	0,3	27,9	600
010 Токарно-револьверна з ЧПК					
2. Точити торець 1, фаску 2, поверхню 3 одноразово.	$82_{-0,14}$ $1 \times 45^\circ$ $\varnothing 29$	1,5 1,0 0,5	0,4 0,4 0,4	47 47 45,5	500 500 500
3. Центрувати отвір 7.	$\varnothing 6; 7$	3	0,2	11,3	600
4. Свердлити отвір 7.	$\varnothing 14; 34$	7	0,2	26,4	600
5. Розточити фаску 4, поверхню 5, фаску 6 одноразово, поверхню 7 попередньо з підрізанням торця одноразово, поверхню 8, фаску 9 одноразово.	$1 \times 45^\circ$ $\varnothing 18,5; 19$ $1,5; 15^\circ$ $\varnothing 16,8H10^{(+0,007)}$ $\varnothing 16,8; 40$ $\varnothing 10; 1$ $1 \times 45^\circ$	1,0 4,625 1,5 0,75 1,4 2,5 1,0	0,3 0,3 0,3 0,3 0,3 0,3 0,3	41,4 37,7 37,7 37,7 32 18,8 18,8	600 600 600 600 600 600 600
6. Розточити поверхню 7 остаточно.	$\varnothing 17H9^{(+0,043)}; 40$	0,1	0,1	53,4	1000
8. Розточити фаску 10, канавку 11 одноразово.	$1 \times 45^\circ$ $\varnothing 20,5; 5$	1,0 2,5	0,3 0,3	38,6 38,6	600 600
9. Нарізати різь на поверхні 5.	M20×1,5-6H	1,5	1,5	15,7	250

Продовження таблиці 2.15

1	2	3	4	5	6
015 Вертикально-свердлильна з ЧПК					
2. Фрезерувати поверхні 1, 2 одноразово.	27	1,5	0,3 мм/зуб	50,24	800
3. Фрезерувати поверхню 3 одноразово.	1,8	1,8	3,6 мм/зуб	125,6	800
4. Центрувати отвір 4.	∅1; 2	0,5	0,1	2,5	600
5. Свердлити отвір 4.	∅3; 4,7	1,5	0,1	7,5	600

2.3.7 Визначення технічних норм часу на операції

В серійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу $T_{шт-к}$ [1, 15-17]:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_o + T_d + T_{обс, відп} \quad [\text{хв.}], \quad (2.28)$$

де $T_{п-з}$ – підготовчо-заключний час, хв.; T_o – основний час, хв.; T_d – допоміжний час, хв.; $T_{обс, відп}$ – час обслуговування та відпочинку, хв.; $T_{п-з}$ – підготовчо-заключний час, хв.; n – кількість деталей в партії настройки, шт.;

Основний час визначається на основі прийнятих режимів різання.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} \quad [\text{хв.}], \quad (2.29)$$

де L – довжина робочого ходу супорта, хв.; i – число перебігу; S – подача, мм/хв.; n – частота обертання, об/хв.

Проведемо детальний розрахунок основного часу для операції 015 вертикально-свердлильної з ЧПК.

Модель верстата: вертикально-свердильний з ЧПК 2P135Ф2.

Пристосування: центри.

Маса заготовки 0,47 кг (деталі 0,225 кг).

Основний час на виконання переходів.

Перехід 2. Фрезерувати поверхні 1, 2 одноразово

$$T_{o2} = \frac{(14 + 6 + 6) \cdot 2}{0,3 \cdot 800} = 0,22 \text{ (хв.)}$$

Перехід 3. Фрезерувати поверхню 3 одноразово

$$T_{o3} = \frac{(16 + 6 + 6) \cdot 1}{3,6 \cdot 800} = 0,01 \text{ (хв.)}$$

Перехід 4. Центрувати отвір 4

$$T_{o4} = 4 \cdot \frac{(2 + 2) \cdot 1}{0,1 \cdot 600} = 0,07 \text{ (хв.)}$$

Перехід 5. Свердлити отвір 4

$$T_{o5} = \frac{(4,7 + 3 + 3) \cdot 1}{0,2 \cdot 600} = 0,2 \text{ (хв.)}$$

Основний час

$$\Sigma T_{o10} = 0,22 + 0,01 + 0,07 + 0,2 = 0,5 \text{ (хв.)}$$

Допоміжний час

$$T_D = t_{\text{ухв., знят.}} + t_{\text{акз., вкз.}} + t_{\text{уар.}} + t_{\text{відв., відв.}} + t_{\text{котир.}} \text{ [хв.],} \quad (2.30)$$

де $t_{\text{ухв., знят.}}$ – час установлення, закріплення, розкріплення, зняття деталі,

$$t_{\text{ухв., знят.}} = 0,06 \text{ хв.};$$

$t_{\text{вкл. , викл. верст.}}$ — час включення, виключення верстата (кнопкою);

$$t_{\text{вкл. , викл. верст.}} = 2 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ (хв.)};$$

$t_{\text{упр. верст.}}$ — поворот револьверної головки в наступну позицію;

$$t_{\text{упр. верст.}} = 4 \cdot 0,015 = 0,06 \text{ (хв.)};$$

$t_{\text{підв. , відв. інстр.}}$ — час підведення, відведення інструменту;

$$t_{\text{підв. , відв. інстр.}} = 6 \cdot 0,04 + 4 \cdot 0,01 = 0,28 \text{ (хв.)};$$

$t_{\text{контр.}}$ — час контролю (контролюється кожна 5 деталей);

$$t_{\text{контр.}} = 0,12 \cdot 2 + 0,06 = 0,3 \text{ (хв.)}; \text{ (контроль лінійних розмірів, діаметру отвору).}$$

Тоді

$$T_{\text{д}} = 0,06 + 0,2 + 0,06 + 0,28 + 0,3/5 = 0,66 \text{ (хв.)}$$

Оперативний час

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{о}} + T_{\text{д}} \text{ [хв.]}, \quad (2.31)$$

$$T_{\text{оп}} = 0,5 + 0,66 = 1,16 \text{ (хв.)}$$

Час обслуговування та відпочинку $T_{\text{обс. , відв}}$ складає 7% від $T_{\text{оп}}$

$$T_{\text{обс. , відв}} = 0,07 \cdot T_{\text{оп}} = 0,07 \cdot 1,16 = 0,08 \text{ (хв.)}$$

Підготовчо-заклучний час

$$T_{n-3} = T_{n-31} + T_{n-32} = 5 + 5 = 10 \text{ (хв.)},$$

де $T_{n-31} = 5$ хв. – підготовчо-заклучний час на налагодження інструменту, пристосування;

$T_{n-32} = 5$ хв. – підготовчо-заклучний час на одержання інструменту, документації, пристосування.

Таким чином

$$T_{\text{шт} - \kappa} = 10/1210 + 0,5 + 0,66 + 0,08 = 1,24 \text{ (хв.)}$$

Аналогічно виконуються розрахунки по решті операцій. Результати розрахунків представлені в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Технічні норми часу по операціях, хв.

№ і назва операції	Основний час T_o , хв.	Коефіцієнт φ_{κ}	Штучно- калькуляційний час $T_{\text{шт} - \kappa}$, хв.
005 Токарно- револьверна з ЧПК	0,86	1,3	1,12
010 Токарно- револьверна з ЧПК	0,54	1,3	0,7
015 Вертикально- свердлильна з ЧПК	0,5	2,48 (фактичний) 1,35 (табличний)	1,24

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС КЛАПАНА 12.01.004»

3.1 Розрахунок приведеної програми

Приведена програма може бути розрахована за залежністю [2, 18]:

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

Для визначення коефіцієнтів K_1 , K_2 , K_3 скористаємося даними табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Дані для розрахунку приведеної програми

Деталі	Маса, кг	Про- грама, шт.	Квалітет IT / Шорсткість Ra									
			6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Корпус клапана 12.01.004 (розрах. представник)	0,225	30000	-	-	-	4	1	-	1	-	30	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			-	-	1	-	4	6	5	-	-	
Корпус золотника	0,45	3000	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	3	2	-	1	-	6	-	32	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			-	4	2	-	1	2	35	-	-	
Золотник	0,12	300000	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			3	2	-	1	-	2	1	-	22	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			3	2	-	1	3	2	20	-	-	

Розрахуємо коефіцієнт K_1 для кожного з найменувань виробів. Оскільки в групу об'єднані подібні деталі, то K_1 може бути розрахований за формулою:

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{\text{р.пр}}}\right)^2}, \quad (3.2)$$

де m_i – маса деталі розглядуваного виробу; $m_{p.p.}$ – маса розрахункового представника.

Таким чином коефіцієнт K_1 складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника):

- для деталі «Корпус золотника»: $K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{0,45}{0,225}\right)^2} = 1,58$;

- для деталі «Золотник»: $K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{0,12}{0,225}\right)^2} = 0,66$.

Для визначення коефіцієнта K_2 скористаємося залежністю:

$$K_2 = \left(\frac{N_{p.n}}{N_i}\right)^{\alpha}, \quad (3.3)$$

Таким чином коефіцієнт K_2 складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника):

- для деталі «Корпус золотника»: $K_2 = \left(\frac{30000}{3000}\right)^{0,15} = 1,41$;

- для деталі «Золотник»: $K_2 = \left(\frac{30000}{300000}\right)^{0,15} = 0,708$.

K_3 – коефіцієнт, що враховує точність, шорсткість, складність конструкції деталі та конструктивні показники. Для технологічно подібних деталей визначається за формулами

$$K_3 = K_{31} \cdot K_{32}, \quad (3.4)$$

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

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

$$K_{32} = \left(\frac{\overline{R_{ai}}}{\overline{R_{a,пр}}} \right)^{\alpha_2} \quad (3.5)$$

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K_{Ti}}}{\overline{K_{T,пр}}} \right)^{\alpha_1}, \quad (3.6)$$

де K_{Ti} і $K_{T,пр}$ – середні значення квалітету точності деталі, що приводиться і деталі-представника;

R_{ai} і $R_{a,пр}$ – середні значення параметра Ra шорсткості поверхні деталі, що приводиться і деталі-представника.

Середній квалітет точності $K_{T,пр} = 13,3$.

Середня шорсткість $R_{a,пр} = 10,13$ мкм.

Знайдемо значення коефіцієнта K_{31} для кожної деталі:

- для деталі «Корпус золотника»:

$$\overline{K_{T,пр}^B} = \frac{\sum K_{vi} \cdot n_{ki}}{\sum n_{ki}} = \frac{7 \cdot 3 + 8 \cdot 2 + 10 \cdot 1 + 12 \cdot 6 + 14 \cdot 32}{3 + 2 + 1 + 6 + 32} = 12,9;$$

$$K_{3,1} = \left(\frac{\overline{K_{Ti}^B}}{\overline{K_{T,пр}^B}} \right)^{\alpha_1} = \frac{(12,9)^{\alpha_1}}{(13,3)^{\alpha_1}} = \frac{0,81}{0,79} = 1,025;$$

- для деталі «Золотник»:

$$\overline{K_{T,пр}^B} = \frac{\sum K_{vi} \cdot n_{ki}}{\sum n_{ki}} = \frac{6 \cdot 3 + 7 \cdot 2 + 9 \cdot 1 + 11 \cdot 2 + 12 \cdot 1 + 14 \cdot 22}{3 + 2 + 1 + 2 + 1 + 22} = 11,2;$$

$$K_{3,1} = \left(\frac{\overline{K_{\tau}^{B2}}}{K_{\tau, \text{нр}}} \right)^{\alpha_1} = \frac{(11,2)^{\alpha_1}}{(13,3)^{\alpha_1}} = \frac{0,91}{0,79} = 1,15 .$$

Знайдемо значення коефіцієнта K_{32} для кожної деталі:

- для деталі «Корпус золотника»:

$$\overline{R_a^{B1}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{\text{пов}}}{\sum n_{\text{пов}}} = \frac{1,25 \cdot 4 + 1,6 \cdot 4 + 3,2 \cdot 1 + 6,3 \cdot 2 + 12,5 \cdot 35}{4 + 4 + 1 + 2 + 35} = 10,1 ;$$

$$K_{32}^{B1} = \left(\frac{\overline{R_a^{B1}}}{R_{a, \text{пн}}} \right)^{\alpha_2} = \frac{(10,1)^{\alpha_2}}{(10,13)^{\alpha_2}} = \frac{0,95}{0,95} = 1,0 ;$$

- для деталі «Золотник»:

$$\overline{R_a^{B1}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{\text{пов}}}{\sum n_{\text{пов}}} = \frac{0,8 \cdot 3 + 1,25 \cdot 2 + 2,5 \cdot 1 + 3,2 \cdot 3 + 6,3 \cdot 2 + 12,5 \cdot 20}{3 + 2 + 1 + 3 + 2 + 20} = 9,02 ;$$

$$K_{32}^{B1} = \left(\frac{\overline{R_a^{B1}}}{R_{a, \text{пн}}} \right)^{\alpha_2} = \frac{(9)^{\alpha_2}}{(10,13)^{\alpha_2}} = \frac{0,955}{0,95} = 1,005 .$$

Знайдемо значення коефіцієнта K_3 для кожної деталі:

- для деталі «Корпус золотника»:

$$K_3 = 1,025 \cdot 1,0 = 1,025 ;$$

- для деталі «Золотник»:

$$K_3 = 1,15 \cdot 1,005 = 1,16 .$$

Знайдемо значення коефіцієнта $K_{\text{нр}}$ для кожного виробу

- для деталі «Корпус золотника»:

$$K_{\text{кр}} = 1,58 \cdot 1,41 \cdot 1,025 = 2,28 ;$$

- для деталі «Золотник»:

$$K_{\text{кр}} = 0,66 \cdot 0,708 \cdot 1,16 = 0,54 .$$

На основі приведених вище розрахунків приведена програма становитиме:

$$N_{\text{кр}} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{\text{кри}} = 30000 \cdot 1,0 + 3000 \cdot 2,28 + 300000 \cdot 0,54 = 198840 \quad (\text{шт.})$$

Таблиця 3.2 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт.	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма, шт.
			по масі	по серійності	по складності	загальний	на річний випуск
Корпус клапана 12.01.004	30000	0,225	1,0	1,0	1,0	1,0	30000
Корпус золотника	3000	0,45	1,58	1,41	1,025	2,28	6840
Золотник	300000	0,12	0,66	0,708	1,16	0,54	162000
Всього:							198840

Приймаємо $N_{\text{кр}} = 198840$ шт.

Отже, при подальших розрахунках кількості обладнання, працівників та інших складових дільниці буде використовуватися приведена програма, тобто проектується дільниця, на якій вироблятиметься 2 подібні деталі.

3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Розрахункова кількість верстатів для кожної операції визначається за формулою [2, 18]:

$$C_p = \frac{T_{\text{шт}} \cdot N}{60 \cdot \Phi_s}, \quad (3.7)$$

де $T_{\text{шт}}$ – штучно-калькуляційний час, хв.; N – програми випуску, шт.; Φ_s – дійсний фонд часу роботи верстата, год.

Кількість верстатів необхідних для обробки розглядуваної деталі (з урахуванням річної програми деталі):

- операція 005: $C_{p005} = \frac{1,12 \cdot 30000}{60 \cdot 3890} = 0,14 ;$

- операція 010: $C_{p010} = \frac{0,7 \cdot 30000}{60 \cdot 3890} = 0,09 ;$

- операція 015: $C_{p015} = \frac{1,24 \cdot 30000}{60 \cdot 3890} = 0,16 .$

Кількість верстатів необхідних для обробки розглядуваної деталі (з урахуванням приведеної програми):

- операція 005: $C_{p005} = \frac{1,12 \cdot 198840}{60 \cdot 3890} = 0,95 ;$ прийнято $C_{p005} = 1;$

- операція 010: $C_{p010} = \frac{0,7 \cdot 198840}{60 \cdot 3890} = 0,6 ;$ прийнято $C_{p010} = 1;$

- операція 015: $C_{p015} = \frac{1,24 \cdot 198840}{60 \cdot 3890} = 1,16 ;$ прийнято $C_{p015} = 2.$

Визначаємо коефіцієнт завантаження верстатів за формулою

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

де C_p – розрахункова кількість верстатів; C_{np} – прийнята кількість верстатів.

Операція 005: $\eta_{z005} = \frac{0,95}{1} = 0,95 .$

Операція 010: $\eta_{z010} = \frac{0,6}{1} = 0,6 .$

Операція 015: $\eta_{z015} = \frac{1,06}{2} = 0,53 .$

Приведені розрахунки зводимо до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Коефіцієнт завантаження верстатів

№ операції	η_z
005	0,95
010	0,6
015	0,53

Середній коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{zср} = \frac{0,95 + 0,6 + 0,53}{3} = 0,7 .$$

Визначаємо коефіцієнт використання за основним часом за формулою

$$\eta_{осн} = \frac{T_{осн}}{T_{осн} - \kappa} . \quad (3.9)$$

Операція 005: $\eta_{осн 005} = \frac{0,86}{1,12} = 0,77 .$

Операція 010: $\eta_{осн\ 010} = \frac{0,54}{0,7} = 0,77 \ .$

Операція 015: $\eta_{осн\ 015} = \frac{0,5}{1,24} = 0,4 \ .$

Приведені розрахунки зводимо до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Коефіцієнт використання за основним часом

№ операції	$\eta_{осн}$
005	0,77
010	0,77
015	0,4

Середній коефіцієнт завантаження обладнання за основним часом:

$$\eta_{оснсер} = \frac{0,77 + 0,77 + 0,4}{3} = 0,65 \ .$$

Таблиця 3.5 – Розрахунок кількості обладнання

N _{оп}	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження за основним часом	Середній коефіцієнт використання за основним часом
005	Токарно-револьверна з ЧПК	0,95	1	0,95	0,7	0,77	0,65
010	Токарно-револьверна з ЧПК	0,6	1	0,6		0,77	
015	015 Вертикально- свердлильна з ЧПК	1,06	2	0,53		0,4	

3.3 Побудова графіків завантаження обладнання

Графік завантаження обладнання показаний на рис. 3.1.

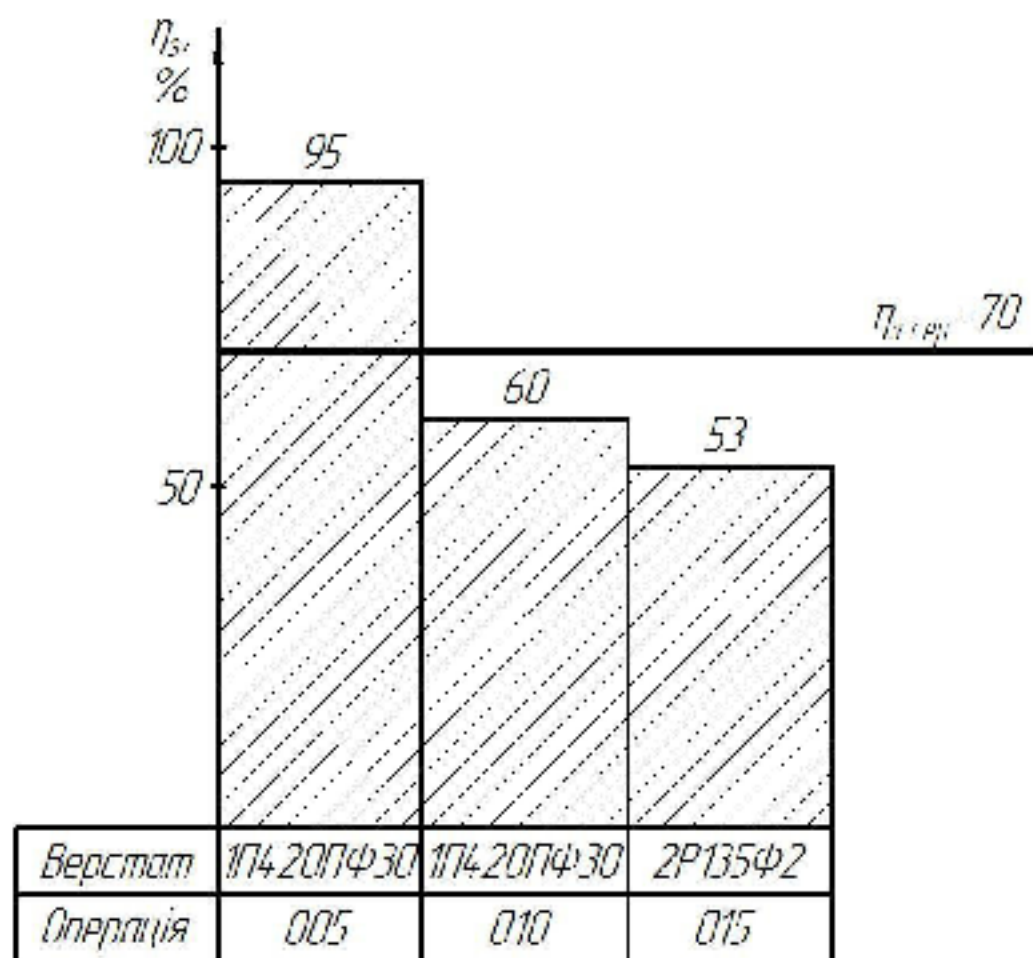


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

Графік використання обладнання за основним часом зображений на рис. 3.2.

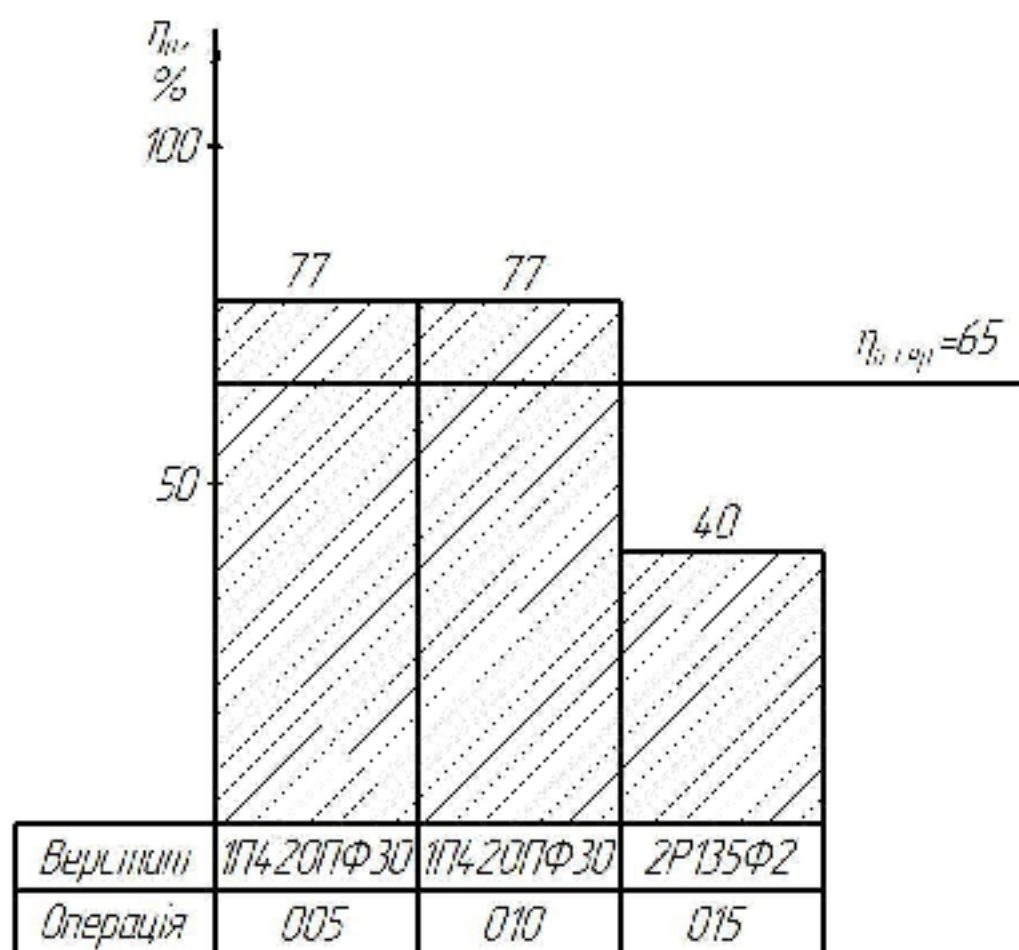


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Висновок. Завантаження верстатів на операції 005 є досить високим при заданій приведеній програмі випуску виробів. Верстати на операціях 010, 015 можуть бути довантажений обробкою інших деталей, що не ввійшли в об'єм приведеної програми.

Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом є досить високим. Це свідчить про доцільність використання запропонованого варіанту технологічного процесу, обладнання.

3.4 Розрахунок кількості працюючих на дільниці

Кількість робітників-верстатників дільниці механічного цеху може бути підрахована в залежності від прийнятої кількості верстатів за формулою [2, 18]:

$$P_i = \frac{\Phi_d \cdot C_{np} \cdot \eta_z \cdot \eta_{осн}}{\Phi_p \cdot K_m}, \quad (3.10)$$

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

Φ_p – ефективний річний фонд роботи верстатника, $\Phi_p = 1860$ год.
(тривалість робочої неділі – 41 год., основної відпустки – 18 днів);

Φ_d – ефективний фонд роботи верстата, год.;

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

η_z – коефіцієнт завантаження обладнання;

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

Так кількість верстатників на операції 005 складає:

$$P_{005} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,95 \cdot 0,77}{1860 \cdot 1} = 1,16 .$$

Приймаємо 2 токаря.

Кількість верстатників на операції 010 складає:

$$P_{010} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,6 \cdot 0,77}{1860 \cdot 1} = 0,55 \text{ .}$$

Приймаємо 1 токаря.

Кількість верстатників на операції 015 складає:

$$P_{015} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,53 \cdot 0,4}{1860 \cdot 1} = 0,44 \text{ .}$$

Приймаємо 1 свердловщика.

Результати розрахунків записуємо до таблиці 3.6.

На операції 005 один робітник буде працювати лише в одну зміну.

Згідно таблиці 3.6 сума всіх основних робочих – 4 чол.

Таблиця 3.6 – Кількість робітників-верстатників

№ оп.	Назва операції	Прийнята кількість верстатів, $C_{вр}$	Φ_{σ} , год.	η_z	$\eta_{осн}$	K_m	P_i , чол.	$P_{вр}$, чол.
005	Токарно-револьверна з ЧПК	1	3890	0,95	0,77	1	1,16	2
010	Токарно-револьверна з ЧПК	1	3890	0,6	0,77	1	0,55	1
015	015 Вертикально-свердлильна з ЧПК	2	3890	0,53	0,4		0,44	1

Кількість допоміжних робітників:

$$P_{доп} = (0,2 \dots 0,25) \cdot 4 = 0,8 \dots 1,0.$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника.

Кількість ІТР:

$$P_{\text{ІТР}} = (0,16 \dots 0,22) \cdot 4 = 0,64 \dots 0,88.$$

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

Кількість службовців:

$$P_{\text{СКП}} = (0,009 \dots 0,019) \cdot 4 = 0,036 \dots 0,076.$$

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

Кількість молодшого обслуговуючого персоналу:

$$P_{\text{МОП}} = (0,01 \dots 0,02) \cdot 7 = 0,07 \dots 0,14.$$

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

Отримані дані занесемо до таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники	розрахунок	2,15	4
Допоміжні робітники	20...25%	0,8...1,0	1
ІТР	16...22%	0,64...0,88	1
СКП	0,9...1,9%	0,036...0,076	1
МОП	1...2%	0,07...0,14	1

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

У даному розділі при використанні нормативної документації здійснюється аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників у виробничому приміщенні; заповнюється карта умов праці; вказуються рекомендації щодо покращення умов праці, а також розглядаються протипожежні норми.

4.1 Причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних чинників факторів у приміщенні

При роботі в даному приміщенні, виникає низка небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які класифікуються за [19].

Вказане 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: підвищений рівень інфразвуку, шуму, ультразвуку та вібрації; підвищений рівень електромагнітних випромінювань; понижена або підвищена температура, вологість і рухливість повітря робочої зони; підвищена інтенсивність теплового випромінювання; недостатність або відсутність природного освітлення; недостатня освітленість робочої зони.

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

3) Біологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори – відсутні.

4) Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

а) фізичні перевантаження – відсутні.

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

Вкажемо імовірні підстави появи вказаних факторів і стисло опишемо їхню дію на організм працівника.

Підвищений рівень шуму і вібрації робочої зони спричиняється наявністю рухомих частин технологічного обладнання, що може викликати швидку стомленість працюючого, погіршення слуху, нервові розлади.

Підвищений рівень інфразвуку спричиняється інфразвуковими складовими, що як правило, присутні у спектрі шуму, який генерується промисловими установками і транспортними засобами, що може викликати нездужання типу морської хвороби, нервову втому.

Підвищений рівень ультразвуку може бути викликаний як супутній фактор при експлуатації технологічного і вентиляційного устаткування, що може викликати функціональні порушення нервової системи, головний біль, зміну тиску, складу і властивостей крові, втрату слухової чутливості, підвищену втомлюваність.

Підвищений рівень електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону спричиняється вимірювальними та контролюючими пристроями, дослідницькими установками, а також ЕОМ, що 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 тощо.

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

Понижена або підвищена температура повітря робочої зони спричиняється тим, що при роботі ЕОМ утворене тепле повітря видують назовні із системного блоку спеціальні вентилятори. Це приводить до підвищення температури в приміщенні. Це може викликати тепловий удар, який супроводжується втратою свідомості, блювотою, судомами.

Понижена або підвищена відносна вологість повітря робочої зони спричиняється різною кількістю води, що випаровується у приміщенні, метеорологічними умовами поза приміщенням, що може викликати зменшення або збільшення тепловіддачі організмом людини, що сприяє його перегріванню або переохолодженню.

Понижена або підвищена рухливість повітря робочої зони спричиняється нераціональними параметрами системи вентиляції або її відсутністю, що може викликати порушення реакції терморегуляції організму працівника.

Підвищена інтенсивність теплового випромінювання спричиняється теплом, що потрапляє у виробниче приміщення від обладнання, опалювальних приладів, людей тощо, що може викликати підвищення температури повітря в приміщенні вище допустимих меж.

Недостатність або відсутність природного освітлення спричиняється відсутністю або недостатніми розмірами віконних проїм. Відсутність або недостатність природного освітлення приводить до напруження зору, послабляє увагу, приводить до настання передчасної стомленості.

Недостатня освітленість робочої зони спричиняється нераціональним розташуванням світильників та ламп штучного освітлення і може стати причиною багатьох важких травм і смертельних випадків на виробництві.

Шкідливі хімічні речовини в повітрі робочої зони спричиняються утворенням такої речовини, як пил зерновий в процесі роботи за комп'ютером. У приміщеннях із ПК оператори підпадають впливу пилу, що притягається до працівника і дуже наелектризованого устаткування. Пил може бути вибухонебезпечним. Нижній поріг вибухонебезпечної концентрації зернового пилу в повітрі складає 40 г/м^3 .

Перенапруження аналізаторів спричиняється інтенсивною роботою за ЕОМ, що призводить до різкої втоми очей працівника і навіть до погіршення зору.

Монотонність праці спричиняється одноманітністю роботи працюючого і викликає у працюючого переоцінку тривалості робочого часу (зміна здається

значно довшою), а також підвищує аварійність і травматизм, призводить до текучості кадрів.

Обґрунтуємо вибір 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 небезпеки і має ГДК = 4 мг/м³.

Враховуючи вид вібрації – загальна, встановлюємо нормований еквівалентний рівень віброприскорення 33 дБ [22].

Враховуючи призначення приміщення – виготовлення і вид шуму – постійний, встановлюємо 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 205,47 МГц нормована напруженість електричного поля восьмигодинного робочого дня складає 10 В/м згідно з [24].

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

За показником енерговитрат 144 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 не повинна перевищувати 140 Вт/м².

За найменшим розміром об'єкта розрізнення 0,92 мм, вибираємо розряд зорових робіт – 4, для якого нормоване КПО для бокового освітлення складає 1,5 % [26].

Так як приміщення знаходиться в м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а вікна орієнтовані за азимутом 326°, то для таких умов нормоване КПО визначатиметься за формулою [26]:

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

$$e_n = 1,5 \cdot 0,9 = 1,4 (\%),$$

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

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – порядковий номер групи забезпеченості природним світлом.

Враховуючи співвідношення контрасту (середній) та фону (світлий), вибираємо підрозряд зорових робіт – г, в межах якого встановлюємо нормовану освітленість для загального штучного освітлення – 200 лк.

4.2 Карта умов праці

З метою проведення атестації робочого місця за умовами праці потрібна карта умов праці. Атестацію робочих місць проводять за наслідками всебічного обстеження і оцінки характеру та умов праці.

4.2.1 Оцінка факторів трудового та виробничого процесів

Оцінювання стану робочого місця за умовами праці виконують з урахуванням впливу на працівників усього комплексу чинників виробничого середовища і трудового процесу, передбачених Гігієнічною класифікацією праці [27].

В таблиці 4.1 наведено оцінку чинників трудового та виробничого процесів.

Таблиця 4.1 – Оцінка чинників трудового та виробничого процесів

Номер	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення (ГДР, ГДК)		фактичне значення	Ступінь 3-го класу: шкідливі умови і характер праці		
		нижнє	верхнє		I	II	III
1	Шкідливі хімічні речовини:						
	1-й клас небезпеки		–	–			
	2-й клас небезпеки		4	10,63	–		
	3-й, 4-й класи небезпеки		–	–			
2	Вібрація		33	48			–
3	Шум		80	35			
4	Інфразвук		110	82			
5	Ультразвук		110	101			
6	Неіонізуючі випромінювання:						
	• радіочастотний діапазон		10	142	–		
	• промислової частоти		5	0,12			
	• оптичний діапазон		0,0	0			
7	Мікроклімат у приміщенні:						
	• температура повітря, °С	21	28	18			
	• швидкість руху повітря, м/с	0,1	0,3	1,5		+	
	• відносна вологість повітря, %		60	98		+	
	• інтенсивність теплового випромінювання, Вт/м ²		140	2055		+	
8	Виробниче освітлення:						
	• розряд зорових робіт	4		4			
	• КІО для природного освітлення, %	1,4		1,2	–		
	• освітленість для штучного освітлення, лк	200		170	–		
	Кількість факторів				4	3	1

4.2.2 Гігієнічна оцінка умов праці

Підвищена концентрація шкідливої хімічної речовини 2-го класу небезпеки – 1 ст. Підвищений рівень вібрації – 3 ст. Підвищений рівень неіонізуючих випромінювань радіочастотного діапазону – 1 ст. Підвищена швидкість руху повітря в теплий період року – 2 ст. Підвищена відносна

вологість повітря в теплий період року – 2 ст. Підвищена інтенсивність теплового випромінювання – 2 ст. Недостатня освітленість робочої зони природнім освітленням – 1 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.

З метою забезпечення нормованих параметрів вібрації в приміщенні доцільно застосувати активний віброзахист шляхом введення додаткового джерела вібрації, яке діє у протифазі.

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

З метою забезпечення допустимих параметрів швидкості руху повітря в приміщенні доцільно зменшити продуктивність вентиляції.

З метою забезпечення допустимих параметрів відносної вологості повітря в приміщенні доцільно організувати підсушування повітря.

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

З метою забезпечення допустимих параметрів КПО для природного освітлення в приміщенні доцільно застосувати необхідні архітектурно-будівельні рішення – положенням світлових проїм (вікон) в стінах.

З метою забезпечення допустимих параметрів освітленості для штучного освітлення в приміщенні доцільно доповнити загальне штучне освітлення місцевим, утворивши систему комбінованого штучного освітлення.

4.3 Пожежна безпека

Мінімальні межі вогнестійкості конструкцій приміщення, що розглядається наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Значення мінімальних меж 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
1	REI 150 M 0	REI 75 M 0	E 30 M 0	EI 30 M 0	R 150 M 0	R 60 M 0	REI 60 M 0	RE 30 M 0	R 30 M 0

Примітки: 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.

В таблиці 4.3 наведено протипожежні норми проектування будівель і споруд.

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

Об'єм приміщення, тис. м ³	Категорія пожежної небезпеки	Ступінь вогнестійкості	Відстань, м, при щільності людського потоку в загальному проході, осіб/м ²			Кількість людей на 1 м ширини евакуивходу	Відстань між будівлями та спорудами, 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	Д	1	н.о.	н.о.	н.о.	260	н.н.	9	12	10	н.о.	н.о.	н.о.

Примітки: н.о. – не обмежується, н.н. – не нормується.

4.4 Висновки

Під час виконання цього розділу розглянуто такі питання охорони праці, як причини виникнення, дія на організм людини та нормування небезпечних та шкідливих виробничих факторів у виробничому приміщенні; карта умов праці (оцінка чинників виробничого і трудового процесів, гігієнічна оцінка умов праці, оцінка технічного і організаційного рівня, атестація робочого місця); заходи щодо 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 клапана 12.01.004». При цьому згідно заданої програми випуску ($N = 30000$ 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 (гарячекатаний 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 $\varnothing 18h9_{(-0,043)}$, визначено режими різання та норми часу по операціях.

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 складас $N_{пр} = 198840$ шт. Встановлено кількість працюючих (основних робітників-верстатників – 4 чол., всіх працівників – 8 чол.), які забезпечать роботу верстатів на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус клапана 12.01.004».

Розроблені заходи з охорони праці на дільниці механічної обробки заданої деталі «Корпус клапана 12.01.004».

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 015 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. Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Савуляк В. В., Сердюк О. В. Механоскладальні ділянки та цехи в машинобудуванні : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2015. 148 с.
3. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Сухоруков С. І. Основи технології машинобудування. Частина 2: Самостійна та індивідуальна робота студентів. Вінниця : ВНТУ, 2021. 90 с.
4. 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. Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення : ДСТУ 8981–2020. [Чинний від 2021-05-01] К. : ДП «Укр НДЦН» 2021. 77 с.
9. 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.

10. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів : Світоч, 1996. 348 с.
11. Добрянський С. С., Малафєєв Ю. М., Пуховський Є. С. Проектування і виробництво заготовок : підручник. К. : НТУУ «КПІ», 2014. 353 с.
12. Руденко П. О., Харламов Ю. О., Шустик О. Г. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин. К. : ІСДО, 1993. 304 с.
13. Дерібо О. В., Репінський С. В. Розмірно-точнісне моделювання конструкцій та технологічних процесів: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс]. Вінниця : ВНТУ, 2024. 105 с. Режим доступу : <https://iq.vntu.edu.ua/repository/card.php?lang=uk&id=8184>.
14. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Сухоруков С. І. Основи технології машинобудування. Частина 2: практикум. Вінниця : ВНТУ, 2015. 116 с.
15. Булига Ю. В., Веселовська Н. Р., Міськов В. П. Теорія різання. Розрахунок режимів різання : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2019. 67 с.
16. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.
17. Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. Під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.
18. Джур Є. О., Бондаренко О. В. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина: навч. посіб. Д. : «Інновація», 2011. 109 с.
19. 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. Міністерство охорони здоров'я України. Наказ № 1596 від 14.07.2020 "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. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи "Атестація робочих місць за умовами праці" з дисципліни "Охорона праці в галузі" для студентів усіх спеціальностей. Уклад. О. В. Березюк, М. С. Лемешев. Вінниця : ВНТУ, 2010. 21 с.
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 клапана 12.01.004»

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

Підрозділ кафедра ТАМ, ФМТ, гр. 1ПМ-216
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі
системою StrikePlagiarism 33,54 %

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) Сергій РЕПІНСЬКИЙ, доцент кафедри ТАМ
(ім'я, прізвище, посада)

Здобувач (підпис) Костянтин НЯНЬЧУК
(ім'я, прізвище)

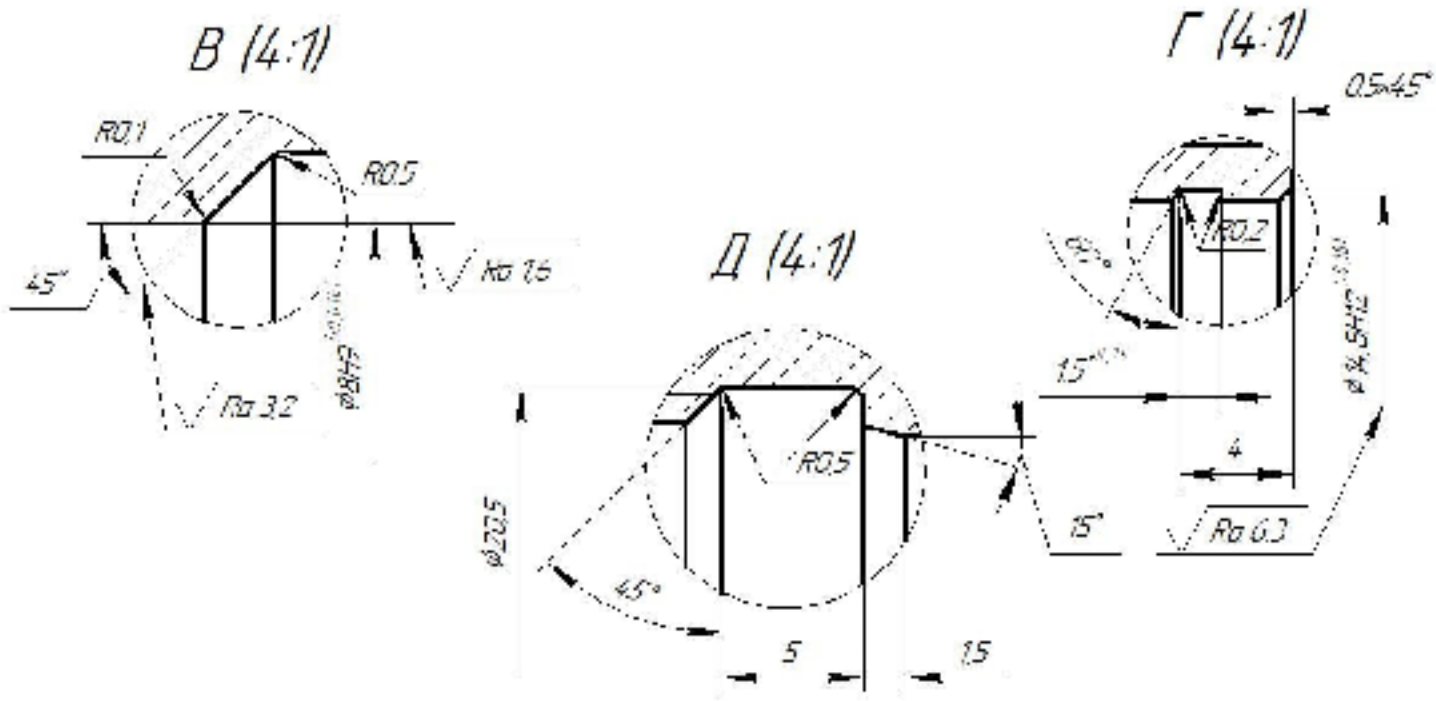
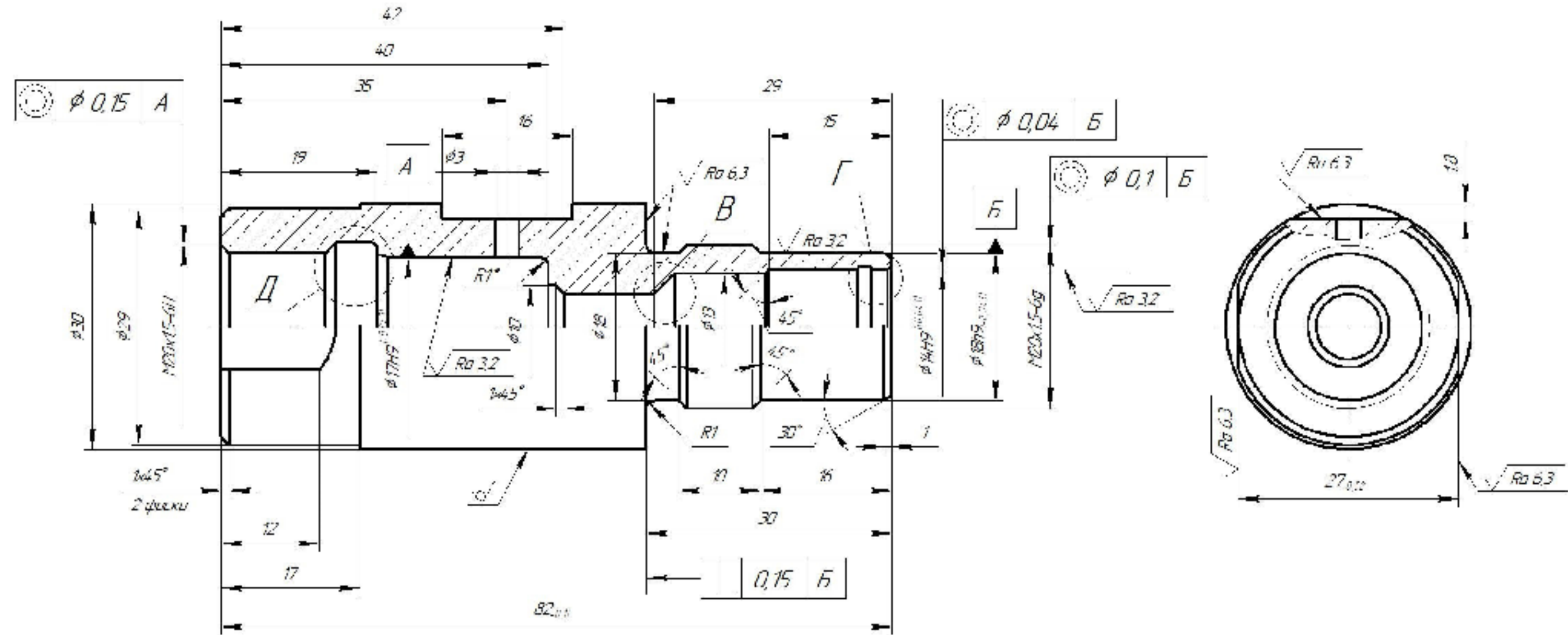
Додаток Б
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ
ТИПУ «КОРПУС КЛАПАНА 12.01.004»

08-64.БКР.019.00.001

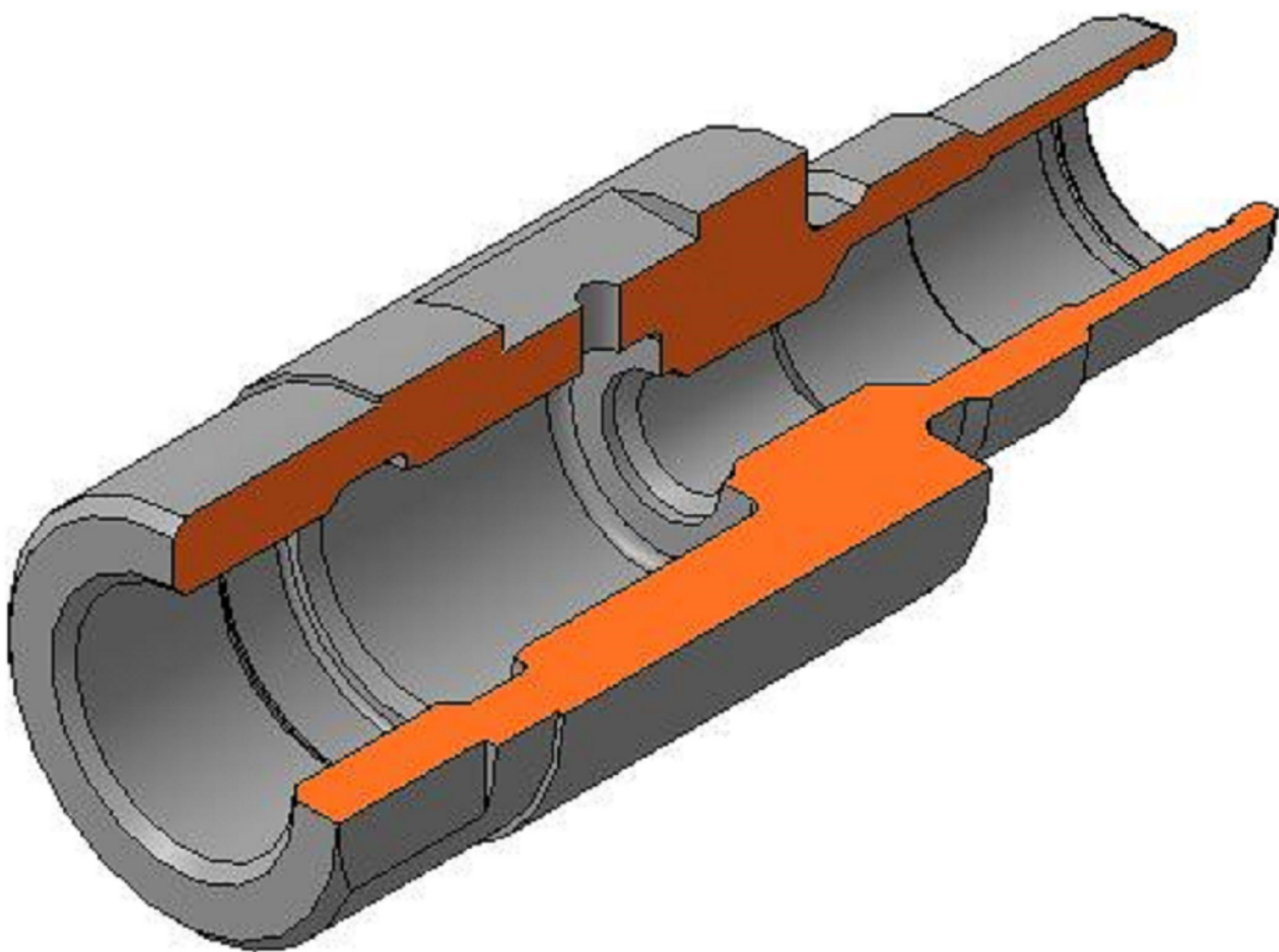
✓ Ra 12,5 (✓)



1 *Размеры для доводки.
 2 Небказати граничні відхилення розмірів отворів H14, валів h14, інших 1/5 IT14.

08-64.БКР.019.00.001				Лист		
Корпус клапана				Масса		
12.01.004				0,225		
Сталь 35 ГОСТ 1050-74				ВНТУ		
				ст. гр. 1ПМ-216		
Контроль				Фигура А7		

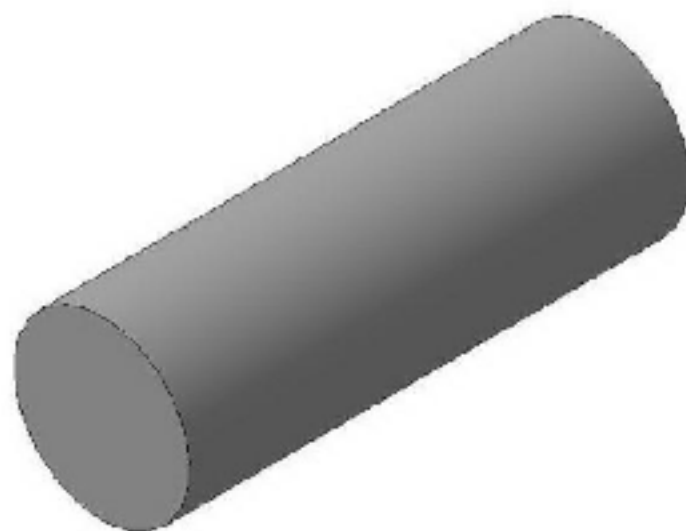
3D-модель деталі "Корпус клапана"



✓ Ra 12,5 (✓)



3D-модель заготовки із прокату



1. Питома кривљина 1 мкм/мм.

					08-64.БКР.019.00.002		
Изм./Изм.	№ докум.	Подп.	Иници.	Корпус клапана (прокат)	Лист	Масса	Максималь
Разработ.	Неньчук КМ					0,47	2,1
Проб.	Резниченко ЛМ						
Т.контр.					Лист	Листов	1
И.контр.	Александров ДС			30-01-001 2190-08	ВНТУ		
Удв.	Кисельов АВ			Сталь 35-Р-2-Т ГОСТ 8750-74	ст. зр. 1ПМ-210		
Корпус клапана					Формат А3		

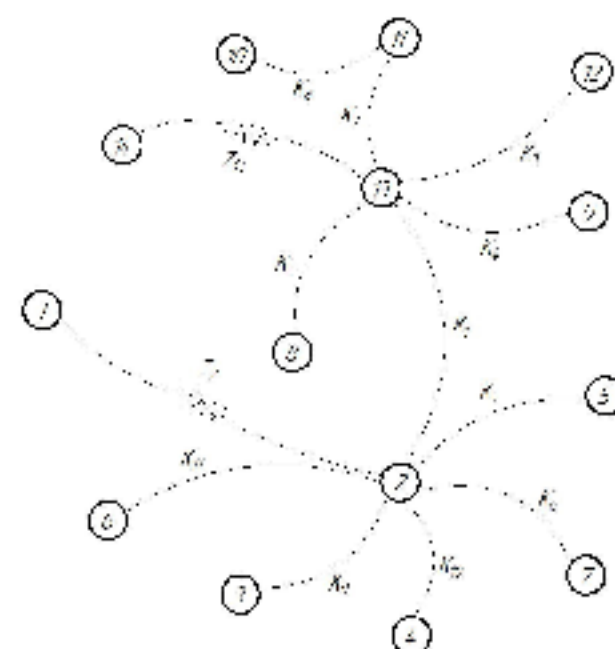
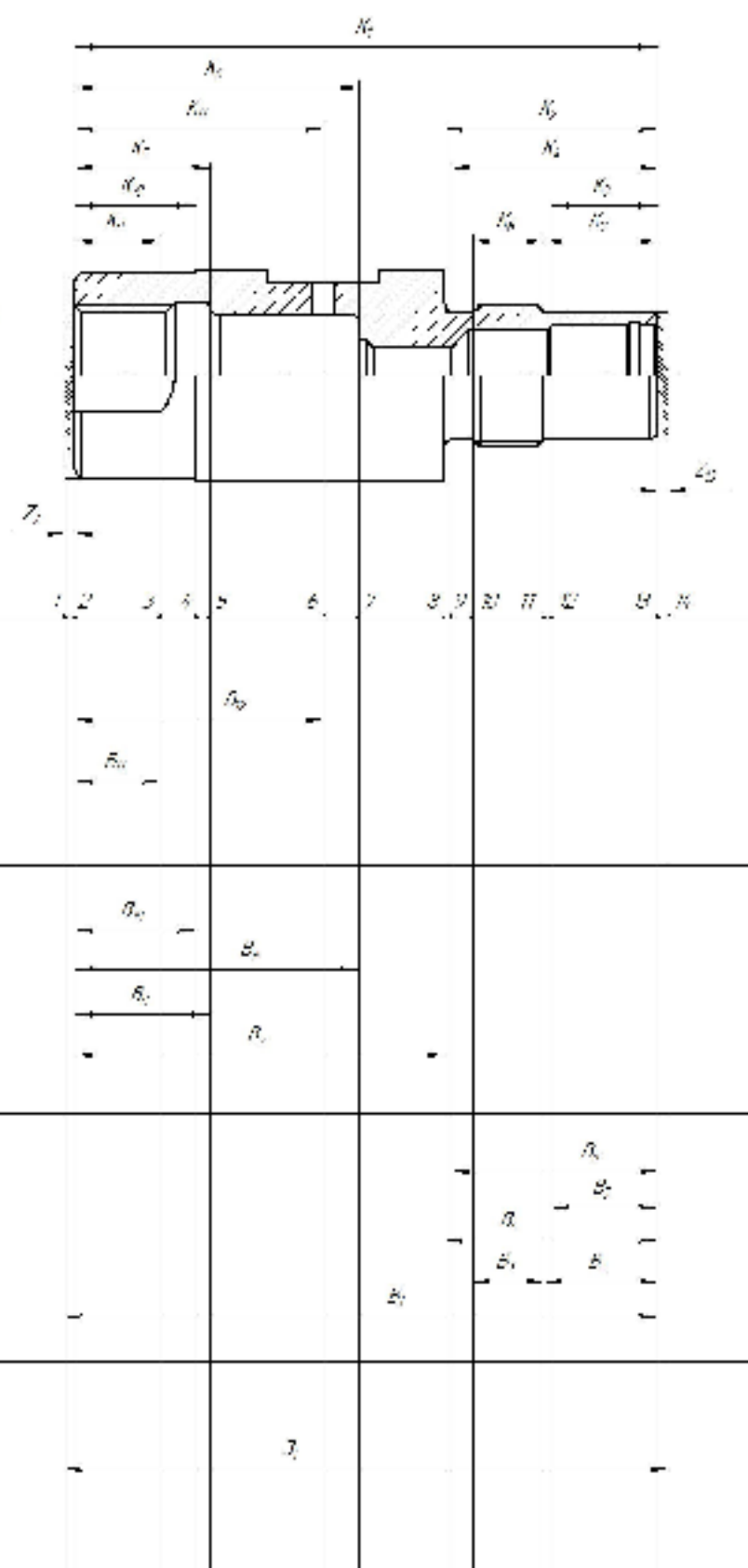
Технологічний процес механічної обробки

№ оп-ції	Назва операції, зміст переходів	Ескіз обробки, схема установки	Тип обладнання
005	Токарно-револьверна з ЧПК 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Точити торець 1 односторонь, поверхню 2 попередньо в розмір $\Phi 18,84_{-0,02}^{+0,02}$ мм, поверхню 3 односторонь, торець 4 попередньо в розмір $29 \pm 0,26$ мм. 3 Точити поверхню 2 попередньо в розмір $\Phi 10,277_{-0,01}^{+0,01}$ мм. 4 Точити фаску 5 односторонь, поверхню 2 оптимально, фаску 6, фаску 7, поверхню 8 односторонь, торець 4 оптимально згідно ескизу. 5 Наврізати різь на поверхні 3 згідно ескизу. 6 Центрувати отвір 10 в розмірі $\Phi 5$ мм, $l=4$ мм. 7 Глибоити отвір 11 згідно ескизу. 8 Розточити поверхню 9 попередньо, фаску 11 попередньо в розмірі $\Phi 13,773_{-0,01}^{+0,01}$; $27 \pm 0,26$ мм. 9 Центрувати отвір 12 в розмірі $\Phi 5$ мм, $l=4$ мм. 10 Свердлити отвір 12 в розмір $\Phi 7H12_{-0,008}^{+0,008}$ мм. 11 Розвернути отвір 12 попередньо в розмір $\Phi 7,0110_{-0,0005}^{+0,0005}$ мм. 12 Розвернути отвір 12 оптимально згідно ескизу. 13 Розточити фаску 13 односторонь, поверхню 9 оптимально, фаску 14 односторонь, фаску 11 оптимально згідно ескизу. 14 Розточити канівку 15 односторонь згідно ескизу. 15 Зняти заготовку.		Токарно-револьверна з ЧПК 816 20100 307
010	Токарно-револьверна з ЧПК 1 Встановити і закріпити заготовку. 2 Точити торець 1, фаску 2, поверхню 3 односторонь згідно ескизу. 3 Центрувати отвір 7 в розмірі $\Phi 5$ мм, $l=4$ мм. 4 Свердлити отвір 1 в розмір $\Phi 14_{-0,01}^{+0,01}$ мм. 5 Розточити фаску 4, поверхню 5, фаску 6 односторонь, поверхню 7 попередньо в розмір $\Phi 16,773_{-0,01}^{+0,01}$ мм з підняттям торця односторонь, поверхню 6, фаску 9 односторонь згідно ескизу. 6 Розточити поверхню 7 оптимально згідно ескизу. 7 Розточити фаску 10, канівку 11 односторонь згідно ескизу. 8 Наврізати різь на поверхні 5 згідно ескизу. 9 Зняти заготовку.		Токарно-револьверна з ЧПК 816 20100 307
015	Вертикально-глибока з ЧПК 1 Встановити і закріпити заготовку. 2 Фрезерувати поверхні 1, 2 односторонь згідно ескизу. 3 Фрезерувати поверхню 3 односторонь згідно ескизу. 4 Центрувати отвір 4 в розмірі $\Phi 5$ мм, $l=3$ мм. 5 Глибоити отвір 4 згідно ескизу. 6 Зняти деталь.		Вертикально-глибока з ЧПК 20100 307

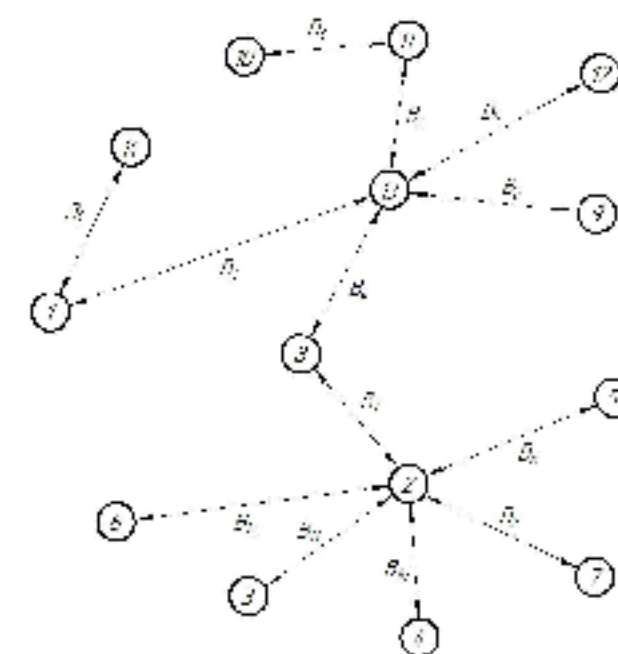
Розмірний аналіз технологічного процесу

Розмірна схема технологічного процесу

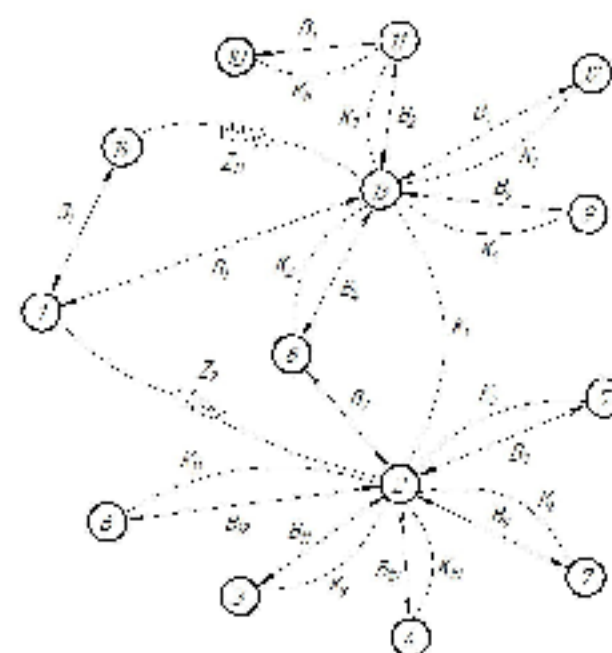
$K_1 = 22,57 \text{ мм}$
 $K_2 = 20 \pm 0,25 \text{ мм}$
 $K_3 = 5 \pm 0,25 \text{ мм}$
 $K_4 = 20 \pm 0,25 \text{ мм}$
 $K_5 = 19 \pm 0,25 \text{ мм}$
 $K_6 = 10 \pm 0,25 \text{ мм}$
 $K_7 = 25 \pm 0,25 \text{ мм}$
 $K_8 = 27 \pm 0,25 \text{ мм}$
 $K_9 = 17 \pm 0,25 \text{ мм}$
 $K_{10} = 35 \pm 0,25 \text{ мм}$



Вихідний граф-дерево



Похідний граф-дерево



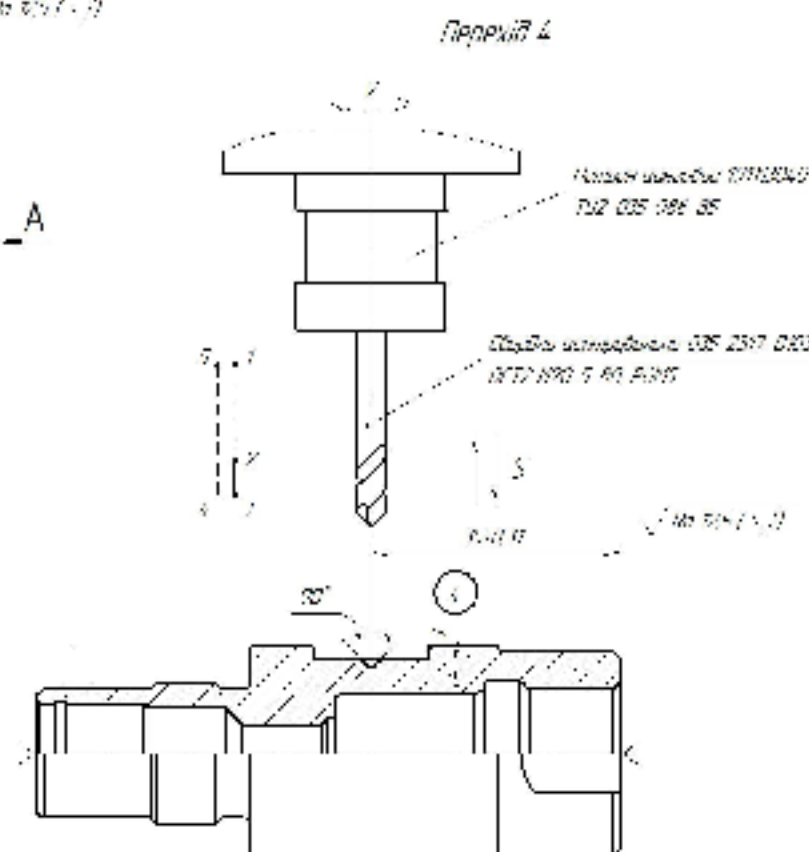
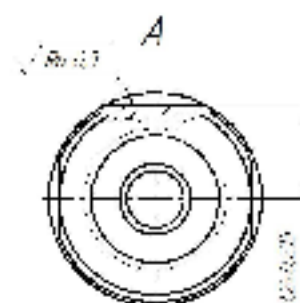
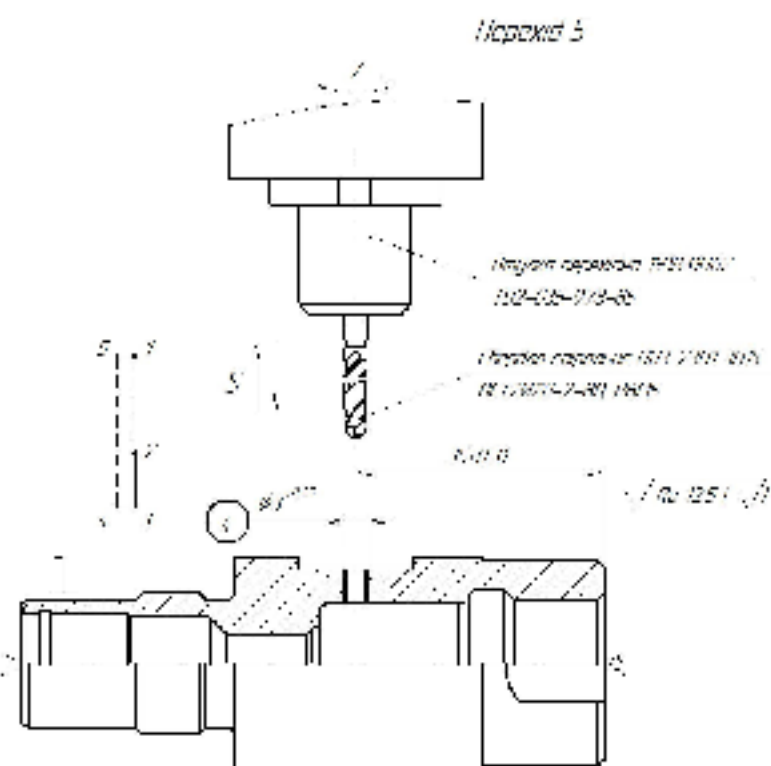
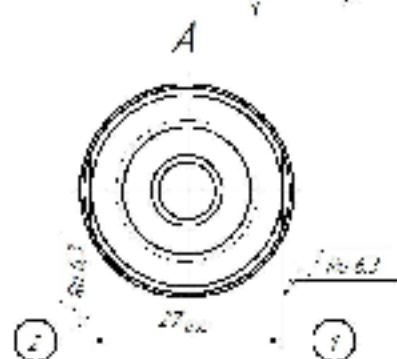
Суміщений граф-дерево

Значення технологічних розмірів, розмірів базових технологічних точок їх допусків, мм

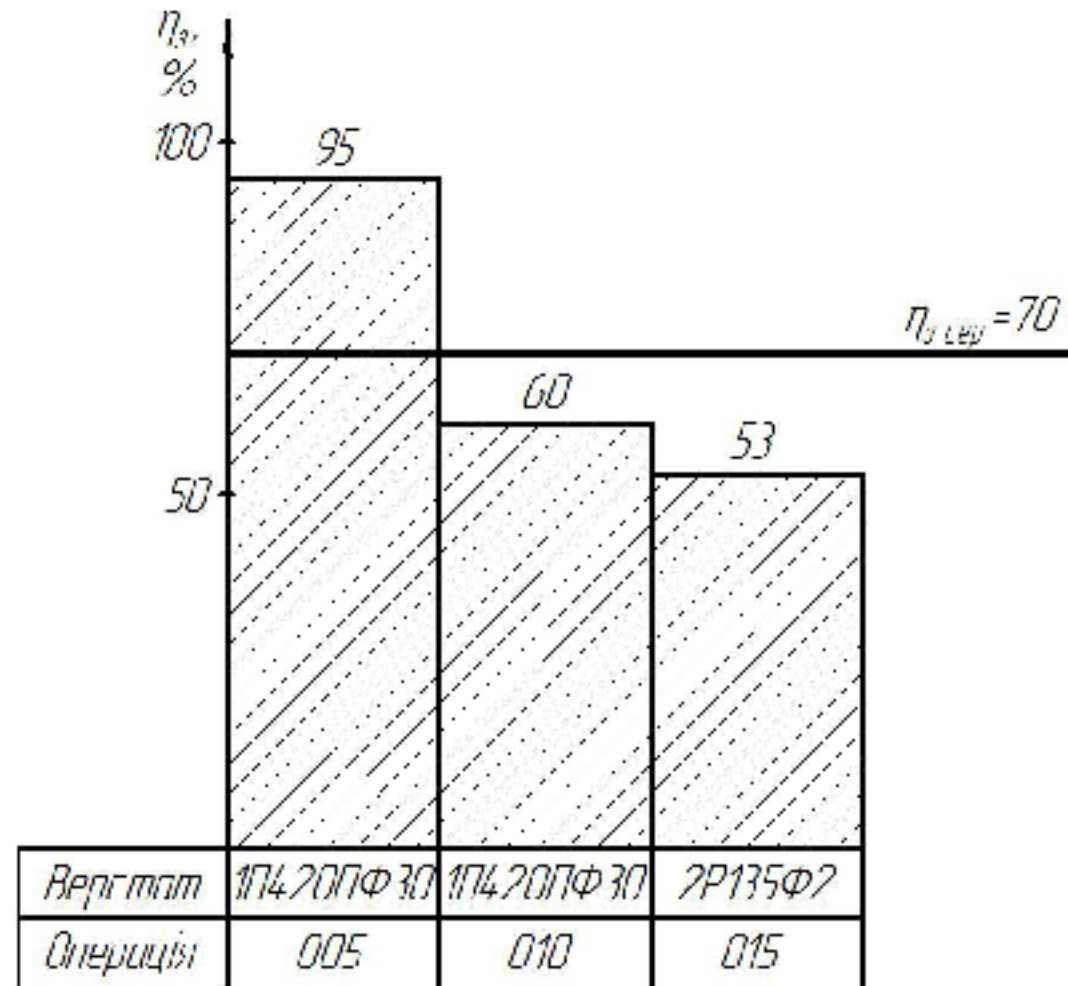
Позначення розмірів	Технологічні розміри		Допуски		Значення розмірів в технологічному процесі	Значення розмірів в технологічному процесі
K_1	22,57	22,57	0,25	22,57	22,57	-
K_2	20,00	20,00	0,25	20,00	20,00	-
K_3	5,00	5,00	0,25	5,00	5,00	-
K_4	20,00	20,00	0,25	20,00	20,00	-
K_5	19,00	19,00	0,25	19,00	19,00	-
K_6	10,00	10,00	0,25	10,00	10,00	-
K_7	25,00	25,00	0,25	25,00	25,00	-
K_8	27,00	27,00	0,25	27,00	27,00	-
K_9	17,00	17,00	0,25	17,00	17,00	-
K_{10}	35,00	35,00	0,25	35,00	35,00	-
L_1	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_2	22,00	22,00	0,25	22,00	22,00	-
L_3	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_4	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_5	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_6	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_7	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_8	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_9	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{10}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{11}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{12}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{13}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{14}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{15}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{16}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{17}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{18}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{19}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{20}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{21}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{22}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{23}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{24}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{25}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{26}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{27}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{28}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{29}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{30}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{31}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{32}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{33}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{34}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{35}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{36}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{37}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{38}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{39}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{40}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{41}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{42}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{43}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{44}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{45}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{46}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{47}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{48}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{49}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{50}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{51}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{52}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{53}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{54}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{55}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{56}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{57}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{58}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{59}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{60}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{61}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{62}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{63}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{64}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{65}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{66}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{67}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{68}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{69}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{70}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{71}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{72}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{73}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{74}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{75}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{76}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{77}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{78}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{79}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{80}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{81}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{82}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{83}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{84}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{85}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{86}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{87}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{88}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{89}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{90}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{91}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{92}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{93}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{94}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{95}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{96}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{97}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{98}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{99}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-
L_{100}	12,00	12,00	0,25	12,00	12,00	-

Значення припусків, мм

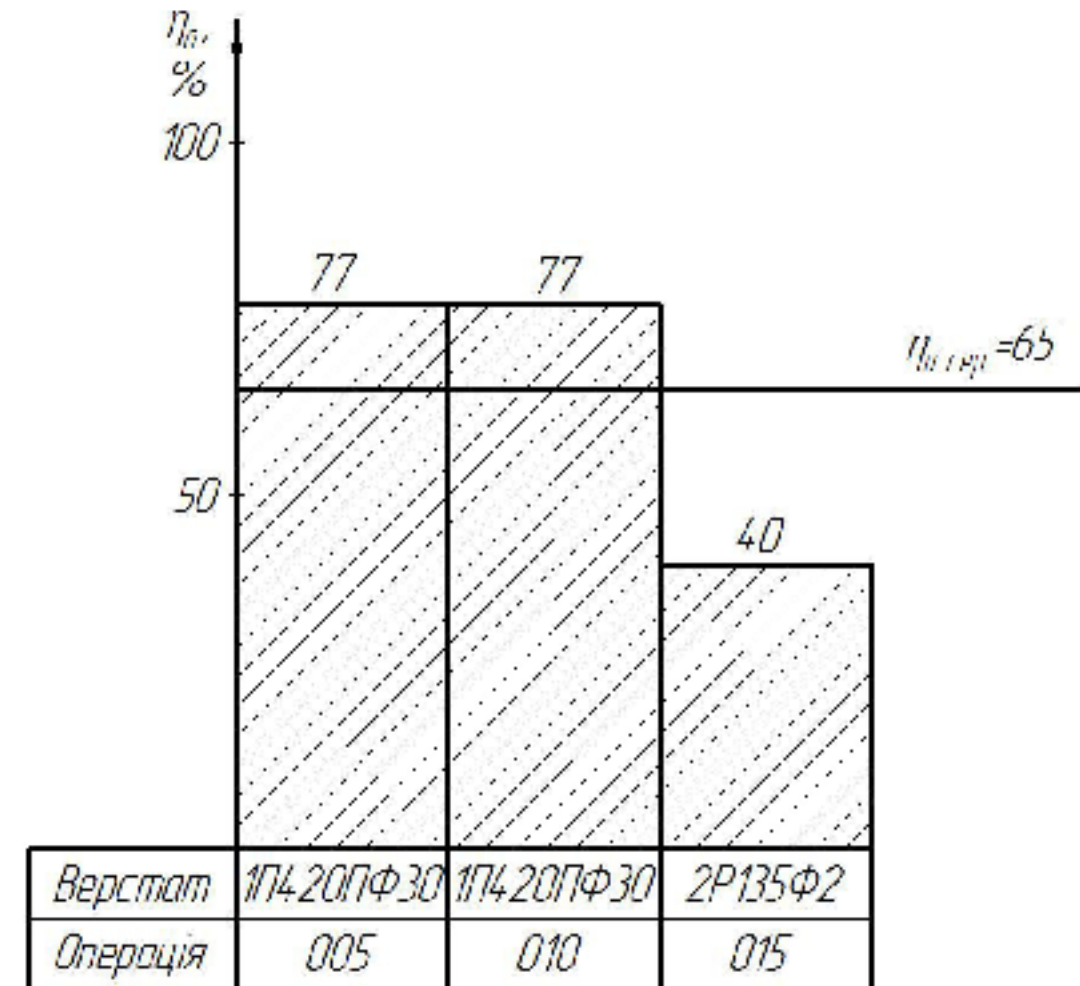
Параметр	L_1	L_2
Граничний припуск	12	12
Значення припусків	12	12

[illegible]

Графіки завантаження обладнання



Графік завантаження обладнання



Графік використання обладнання за основним часом