

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

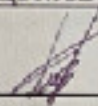
Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

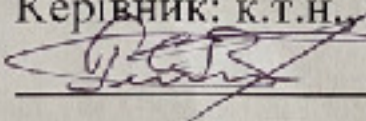
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

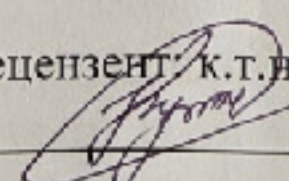
Бакалаврська дипломна робота

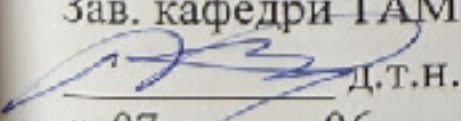
на тему:

«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ “КРИШКА 01.П02.006”»

Виконав: студент 4 курсу, групи ІПМ-206з
спеціальності 131 – Прикладна механіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)
 Максим ЛЕВІЩЕНКО

Керівник: к.т.н., доц., доцент каф. ТАМ
 Сергій РЕПНІСЬКИЙ
« 06 » 06 2024 р.

Рецензент: к.т.н., доц., доцент каф. АТМ
 Володимир КУЖЕЛЬ
« 12 » 06 2024 р.

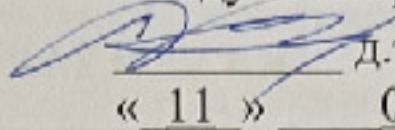
Допущено до захисту
Зав. кафедри ТАМ
 д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ
« 07 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 рік

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

 д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ
« 11 » 03 2024 р.

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

Левіщенко Максиму Петровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 01.П02.006»

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

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

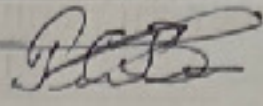
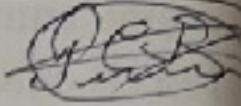
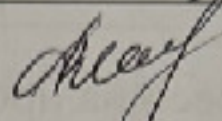
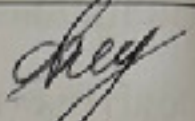
2. Термін подання студентом роботи: 14 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Кришка 01.П02.006»; річна програма випуску 7 000 шт.; довідкова література

4. Зміст текстової частини: анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Фланець»; розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 01.П02.006»; розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 01.П02.006»; охорона праці; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
деталь «Кришка 01.П02.006» (А2); кришка (виливок) (А2); маршрут механічної обробки (А1); розмірний аналіз технологічного процесу (А1); карта налагоджень обробки (А1); розмірний аналіз технологічного процесу (А1); карта налагоджень обробки (А1); графіки завантаження обладнання (А1)

6. Консультанти розділів роботи

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

(підпис)

Максим ЛЕВІЩЕНКО

Керівник роботи

(підпис)

Сергій РЕПІНСЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 82 сторінок формату А4, на яких є 12 рисунків, 27 таблиць, список використаних джерел містить 27 найменувань.

Метою роботи є проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 01.П02.006».

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

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

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

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

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 82 A4 pages, which have 12 figures, 27 tables, the list of sources used contains 27 items.

The aim of the work is to design a technological process for machining a workpiece of the type «Cover 01.P02.006».

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

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

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

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

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ»	7
1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	7
1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Фланець»	11
2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КРИШКА 01.П02.006»	13
2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі	13
2.2 Вибір способу виготовлення заготовки	17
2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки	17
2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення	18
2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки	25
2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки	26
2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого	27
2.3 Розробка маршруту механічної обробки	29
2.3.1 Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 47H8^{(+0,039)}$	29
2.3.2 Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз	31
2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки	34
2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу	35
2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь	43
2.3.6 Визначення режимів різання	49
2.3.7 Визначення технічних норм часу	59

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА 01.П02.006»	61
3.1 Розрахунок приведеної програми	61
3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	65
3.3 Побудова графіків завантаження обладнання	66
3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці	68
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	70
4.1 Аналіз умов праці	70
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	72
4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки	76
ВИСНОВКИ	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	80
ДОДАТКИ	83
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	83
Додаток Б (обов'язковий). Графічна частина	84

ВСТУП

Актуальність. Останніми роками технологія обробки металів різанням зазнала значних змін. Впровадження ріжучих інструментів з новітніх матеріалів, розширення застосування обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК), створення роботизованих верстатних комплексів та гнучких виробничих систем з комп'ютерним управлінням, а також підвищення розмірної та геометричної точності обробки — все це свідчить про динамічний розвиток галузі. Інтенсифікація технологічних процесів не лише підвищує точність виготовлення деталей, але й сприяє зниженню виробничих витрат та підвищенню продуктивності підприємств. Тому удосконалення технологічного процесу механічної обробки стає надзвичайно актуальним для сучасного машинобудування, забезпечуючи конкурентоспроможність та ефективність виробництва.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи — проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 01.П02.006».

Завдання, що вирішуються в роботі:

- проведення огляду технології виготовлення деталі типу «Фланець»;
- встановлення типу виробництва та форми організації роботи;
- якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки;
- проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 01.П02.006»;
- розмірний аналіз технологічного процесу;
- визначення режимів різання та норм часу технологічного процесу механічної обробки;
- розрахунок приведеної програми, кількості обладнання та працівників на проектуємій ділянці;
- виконання розділу з охорони праці.

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ»

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.

Проведення розрахунків $\sum O_i$ та $\sum P_i$ проводимо в наступній послідовності.

Згідно креслення деталі встановлено найбільш характерні переходи механічної обробки деталі «Кришка 01.П02.006» і занесено до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Визначення коефіцієнта закріплення операцій

№ п/п	Зміст технологічних операцій	Формула для розрахунку $T_{осн} \cdot 10^{-3}$	Параметри обробки, мм	$T_{осн},$ хв.	Φ_k	$T_{шт.к.},$ хв.	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O	$K_{з.о.}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Попереднє точіння торцю	$0,037(D^2-d^2)$	$D=134;d=90$	0,37	2,14	0,78	0,028	1	0,028	29	34,4
2	Точіння торцю чистове	$0,052(D^2-d^2)$	$D=134;d=90$	0,51	2,14	1,1	0,0396	1	0,0396	21	
3	Попереднє розточування	$0,2dl$	$D=47;l=22$	0,2068	2,14	0,44	0,0158	1	0,0158	52	
4	Фрезерування бобишки	$4 \cdot 6 \cdot l$	$l=22$	0,53	1,84	0,97	0,035	1	0,035	23	
5	Свердління 4 отворів	$4 \cdot 0,52 \cdot d \cdot l$	$d=11;l=12$	0,27	1,72	0,47	0,0169	1	0,0169	48	

Для записаних в таблиці 1.1 переходів механічної обробки наближено

визначено основний час механічної обробки $T_{\text{осн}}$.

Згідно довідкових даних [1, 2] визначено значення коефіцієнта ϕ_k .

Визначення $T_{\text{шт-к}}$ за формулою:

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

Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів:

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

де $N = 7000$ шт. – річна програма випуску деталі «Кришка 01.П02.006»;

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

F_d – дійсний фонд роботи обладнання ($F_d = 4030$ год.);

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

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

Визначено фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

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

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

P_i – кількість робочих місць для виконання даної операції.

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

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

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

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

Знайдено суму кількості операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях $\sum O_i$.

Розраховано сумарну кількість прийнятих верстатів $\sum P_i$.

На основі розрахованих вище значень обчислено коефіцієнт закріплення $K_{з.в.}$.

Всі розрахункові дані занесено до таблиці 1.1.

1.1.2 Визначення форми організації роботи

Потрібна кількість добового випуску виробів:

$$N_{д} = \frac{N}{254} = \frac{7000}{254} = 27,56 \approx 28 \text{ (шт.)} \quad (1.6)$$

Розрахункова добова продуктивність лінії:

$$Q_{д} = \frac{F_{д}}{T_{шт.к.сер.}} \eta_{з.н.} \text{ [хв.]} \quad (1.7)$$

де $T_{шт.к.сер.} = \frac{\sum T_{шт.к.д.}}{n_i}$ – середня верстатоемність основних операцій, хв.

$$T_{шт.к.сер.} = \frac{0,78 + 1,1 + 0,97 + 0,47 + 0,44}{5} = \frac{3,76}{5} = 0,752 \text{ (хв.)};$$

$F_{д} = 952$ хв. – добовий фонд роботи обладнання;

$\eta_{з} = 0,8$ – добовий коефіцієнт завантаження лінії.

$$Q_{д} = \frac{952}{0,752} \cdot 0,8 = 1012,8 \approx 1013 \text{ (шт.)} \quad (1.8)$$

Оскільки $N_d < Q_d$ ($28 < 1013$), то потокову лінію використовувати недоцільно.

Прийнято групову форму організації виробництва.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску визначено за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{7000 \cdot 12}{254} = 330 \text{ (шт.)}, \quad (1.9)$$

де a – періодичність запуску деталей на обробку, в днях.

Оскільки дрібносерійне виробництво, то рекомендується брати $a=12$.

Розрахункове число змін, що потрібна на обробку партії деталей на основних робочих місцях

$$C_{zu} = \frac{T_{\text{шт}} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{0,752 \cdot 330}{476 \cdot 0,8} = 0,65 \text{ (зміни);}$$

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

Різькість деталей в партії, яка необхідна для завантаження обладнання протягом цілого числа змін

$$n = \frac{C_{zu} \cdot 476 \cdot 0,8}{T_{\text{шт}}} = \frac{1 \cdot 476 \cdot 0,8}{0,752} = 506,4 \text{ (шт.)}$$

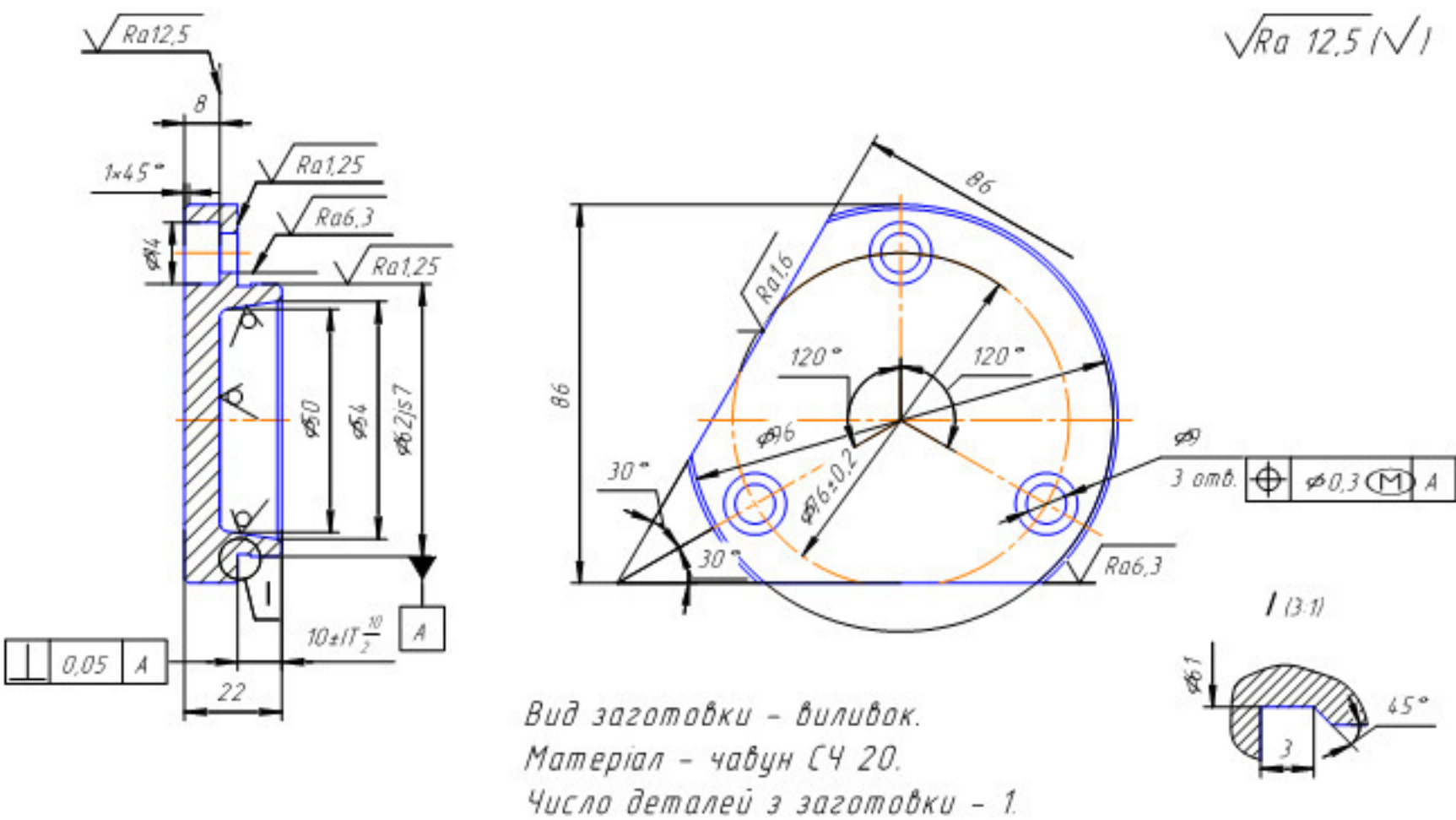
Приймаємо кількість деталей в партії $n = 507$ шт.

Висновок. Тип виробництва – дрібносерійний, так як $20 < K_{3.0} < 40$, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 507 шт.

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

Для проектування ТП механічної обробки деталі «Кришка 01.П02.006» виконано аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва [1-7].

Подібною деталлю до досліджуваної кришки є фланець, креслення якого зображено на рисунку 1.1.



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

Рисунок 1.1 – Деталь типу «Фланець»

Таблиця 1.2 – Маршрут механічної обробки подібної деталі

Операція	Зміст і назва операції	Верстат, обладнання	Оснастка
1	2	3	4
005	Лиття		
010	Обробка та очистка виливка		
015	Малярна		

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4
020	Токарна Підрізати торець $\varnothing 62js7/\varnothing 54$ та $\varnothing 96/\varnothing 62js7$ остаточно, точити поверхню $\varnothing 62js7$ під шліфування, проточити канавку та фаски	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трьохкулачковий пневматичний патрон
025	Токарна Підрізати торець $\varnothing 96$ і точити поверхню $\varnothing 96$	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трьохкулачковий патрон
030	Свердлильно-фрезерна Свердлити та зенкерувати три отвори $\varnothing 9/\varnothing 14$, фрезерувати дві лиски в розмір 86	Багатоцільовий свердлильно-фрезерний 21105H7Ф4	Наладка УСПО
035	Слюсарна Спиляти гострі кромки	Верстак механізований	
040	Шліфувальна Шліфувати поверхню $\varnothing 62js7$ з підшліфовкою торця $\varnothing 96js7$ остаточно	Універсально-шліфувальний 3У131ВМ	Трьохкулачковий патрон
045	Промити деталь	Машина для миття	
050	Технічний контроль		
055	Нанесення антикорозійного покриття		

Аналіз типового технологічного процесу механічної обробки дозволяє зробити висновок про те, що схема обробки, яка використовується, може бути прийнята за основу. Але враховуючи тип виробництва доцільно застосувати верстати з ЧПК. Обробка ведеться партіями, відбувається зміна оброблюваних деталей одного найменування на інше, тому необхідна постійна переналадка верстатів.

Користуючись типовими технологічними процесами механічної обробки, створимо технологічний процес механічної обробки заданої деталі.

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КРИШКА 01.П02.006»

2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі

2.1.1 Якісний аналіз технологічності деталі

Деталь «Кришка 01.П02.006» використовується у коробці відбору потужностей. Закриваючи робочу частину корпусу вона тим самим запобігає виливанню робочого мастила з корпусу коробки.

Службове призначення деталі – закриття отвору коробки відбору потужності.

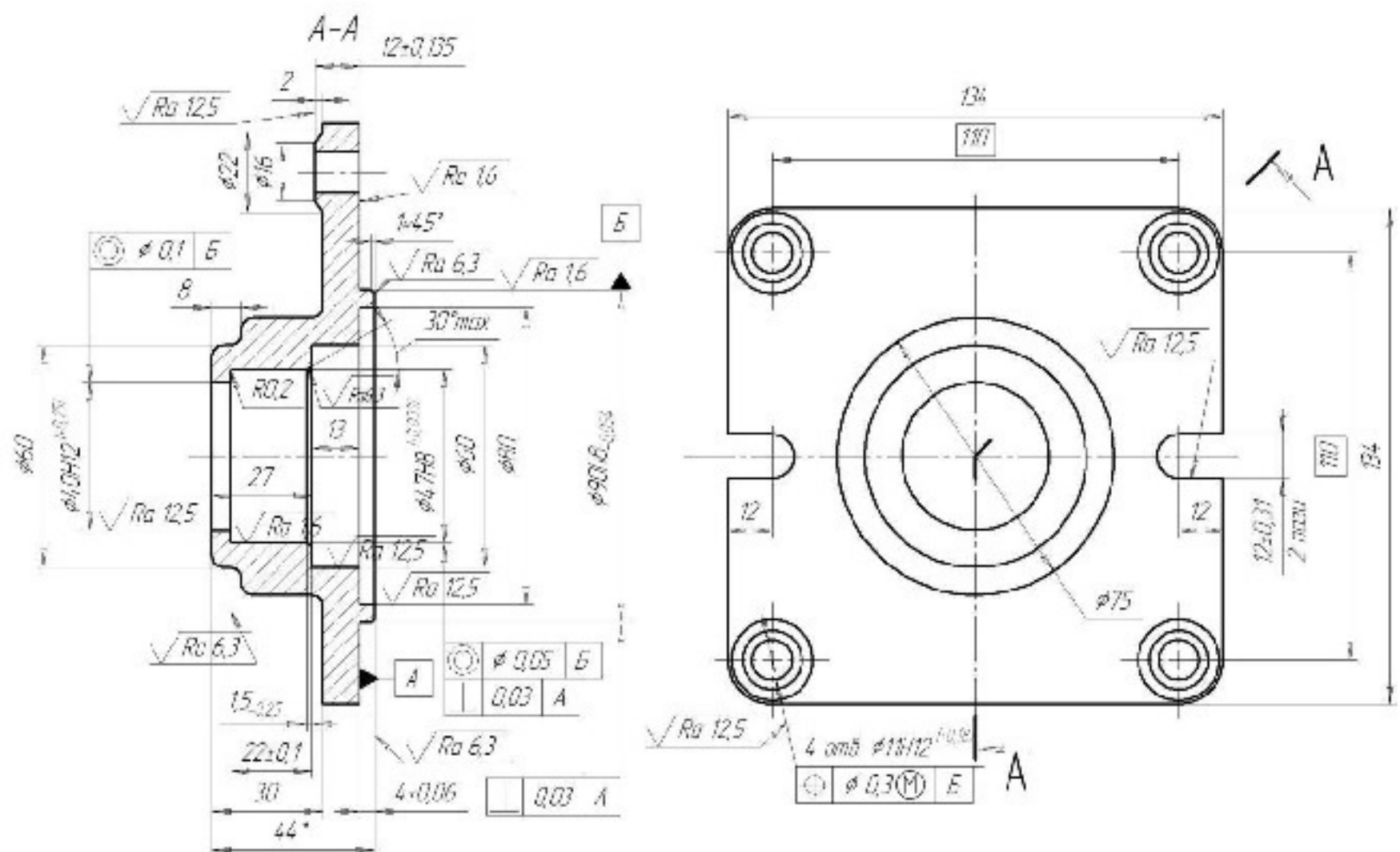


Рисунок 2.1 – Ескіз деталі «Кришка 01.П02.006»

Основні конструкторські бази деталі – $\varnothing 90h8_{(-0,054)}$ та торцева поверхня, що прилягає до даного діаметра.

Допоміжні конструкторські бази деталі – $\varnothing 47H8^{(+0,039)}$, $\varnothing 40H12^{(+0,25)}$, поверхні бобишок $\varnothing 16$.

Кріпильні отвори – 4 отв. $\varnothing 11H12^{(+0,018)}$.

Всі решта поверхонь – вільні.

Маса деталі складає 1,05 кг. Конфігурація зовнішньої та внутрішньої поверхонь деталі не викликає значних труднощів при їх отриманні. 4 отвори $\varnothing 11H12^{(+0,018)}$ мм і пази 12 в заготовці відсутні, вони йдуть у напуск.

По своїй формі, конструкції і технологічним ознакам деталей відноситься до класу «Кришка» або «Фланець» з деякими особливостями.

Матеріал деталі сірий чавун СЧ 20 ГОСТ 1412-85 – порівняно дешевий конструкційний матеріал. Він набув широкого поширення практично у всіх галузях машинобудування завдяки цінним ливарним та технологічними властивостям.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад СЧ 20

C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %	Fe, %
3,3-3,5	1,4-2,4	0,7-1	до 0,15	до 0,2	≈ 93

Механічні властивості СЧ 20 при $t = 20^{\circ}\text{C}$: $\sigma_b = 200$ МПа.

2.1.2 Кількісний аналіз технологічності деталі

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів [1, 2]:

$$K_{ve} = \frac{Q_{ve}}{Q_e}, \quad (2.1)$$

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

Q_e – загальна кількість елементів.

Таблиця 2.2 – Дані для розрахунку коефіцієнта уніфікації

Розміри								Шорсткість	
Лінійні		Діаметральні		Радіуси		Кути			
P_L	$P_{L.y.}$	P_D	$P_{D.y.}$	P_R	$P_{R.y.}$	P_K	$P_{K.y.}$	Ш	Ш _y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12±0,135	12	22	22	0,2±0,1	0,2	30	30	1,6	1,6
4±0,06	4	60	60	12	12	20	20	1,6	1,6
4	4	40 ^{+0,25}	40	12	12	20	20	1,6	1,6
1±0,07	1	47 ^{+0,039}	-	12	12	45	45	3,2	3,2
13	13	60	60	12	12			6,3	6,3
27	-	80	80	3±0,03	3			6,3	6,3
8	8	90h8 _(-0,054)	90	3±0,03	3			6,3	6,3
1,5 _{-0,25}	1,5	11 ^{+0,18}	11					12,5	12,5
22±0,1	22	11 ^{+0,18}	11					12,5	12,5
32	32	11 ^{+0,18}	11					12,5	12,5
44	-	11 ^{+0,18}	11					12,5	12,5
134	-							12,5	12,5
110	110							12,5	12,5
50±0,31	50								
3 ^{+0,25}	3								
86	-								
110	110								
Σ17	Σ13	Σ11	Σ10	Σ7	Σ7	Σ4	Σ4	Σ13	Σ13

Загальна кількість розмірів $Q_e = 52$, кількість уніфікованих розмірів $Q_{e.y.} = 47$.

Тоді коефіцієнт уніфікації

$$K_{ye} = 47/52 = 0,9.$$

Коефіцієнт точності обробки згідно [1, 2]:

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

де T_{cp} – середній квалітет точності

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

де T_i – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі,

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

Таблиця 2.3 – Дані для розрахунку коефіцієнта точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
1	2	3
8 ($47^{(+0,039)}$, $90h8_{(-0,054)}$)	2	$8 \times 2 = 16$
11 ($3 \pm 0,03$)	1	$11 \times 1 = 11$
12 ($4 \pm 0,06$; $22 \pm 0,1$; $3^{(+0,25)}$; $40^{(+0,25)}$; $11^{(+0,18)}$)	5	$12 \times 5 = 60$
13 ($12 \pm 0,135$; $1 \pm 0,07$)	2	$13 \times 2 = 26$
14 ($50 \pm 0,31$; $1,5_{(-0,25)}$)	2	$14 \times 2 = 28$
	$\Sigma 12$	$\Sigma 141$

$$T_{\varphi} = \frac{141}{12} = 11,75 ;$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{11,75} = 1 - 0,085 = 0,915 .$$

Коефіцієнт шорсткості поверхні згідно [1, 2]:

$$K_w = \frac{1}{\overline{R_a}}, \quad (2.4)$$

де $\overline{R_a}$ – середня шорсткість поверхні

$$\overline{R_a} = \frac{\sum R_{a_k} \cdot n_k}{\sum n_k}, \quad (2.5)$$

де R_{a_k} – шорсткість оброблюваних поверхонь даної деталі;

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

Таблиця 2.4 – Дані для розрахунку коефіцієнта шорсткості обробки

Шорсткість R_a , мкм	Кількість поверхонь	Розрахунок
1	2	3
1,6 (8; 47 ^(+0,039) ; 90h8 _(-0,054))	3	1,6×3=4,8
3,2 (22±0,1)	1	3,2×1=3,2
6,3 (1,5 _(-0,25) ; 1±0,07; 4±0,06)	3	6,3×3=18,9
12,5 (40 ^(+0,25) ; 11 ^(+0,18) ; 50±0,31; 3±0,03; 12±0,135; 4)	6	12,5×6=75
	$\Sigma 13$	$\Sigma 101,9$

$$III_{\text{ср}} = \frac{101,9}{13} = 7,84 ;$$

$$K_T = \frac{1}{7,84} = 0,129 = 0,13 .$$

Висновок. Оскільки $K_y > 0,6$; $K_T > 0,8$; $K_{\text{ш}} < 0,32$, то деталь за кількісними показниками вважається технологічною.

2.2 Вибір способу виготовлення заготовки

2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Вихідні дані:

- креслення деталі – «Кришка 01.П02.006»;
- маса деталі – 1,05 кг;
- тип виробництва – дрібносерійний;
- матеріал деталі – сірий чавун СЧ-20.

Проаналізувавши умови, одержані в якості вихідних і розрахункових даних, робимо висновок, що заготовку потрібно одержати литтям, так як чавун СЧ-20 має добрі ливарні властивості.

Можливими способами виготовлення даної деталі «Кришка 01.П02.006» є [8-11]:

- лиття в піщано-глинисті форми;
- лиття в оболонкові форми;
- лиття в облицьований кокіль.

Враховуючи, що при литті сірого чавуну в кокіль на поверхні заготовки утворюється відроблений шар, структура металу має пористості та внутрішні дефекти внаслідок різкого охолодження металу (металева форма – це хороший провідник теплоти) прийнято до розгляду варіанти виготовлення заготовки – лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші та лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші (запропонований варіант).

2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

При виконанні розрахунків використано [8, 9], дані занесено до табл. 2.5-2.6.

Клас розмірної точності виливка.

Клас розмірної точності залежить від технологічного процесу лиття (в даному випадку лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші і лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші), найбільшого габаритного розміру виливка (134 мм), типу сплаву (чавун СЧ20), наявності термічної обробки (в даному випадку відсутня), температури плавлення металу заготовки. Вибирається діапазон можливих класів точності виготовлення виливка для даного способу лиття:

- лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші 8-13т;
- лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші 8-13т.

Для призначення конкретного значення необхідно скористатись даними про тип виробництва. Вважаємо, що лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші більш точний спосіб лиття, тому клас розмірної точності виливка при литті в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші – 11,

при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші – 10.

Таблиця 2.5 – Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

Вихідні дані (норми точності)	Лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші						Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші					
	Згідно ГОСТ			Прийнято			Згідно ГОСТ			Прийнято		
Клас розмірної точності	8-13т			11			8-13т			10		
Ступінь жолоблення елементів виливка	5-8			7			5-8			6		
Ступінь точності поверхонь виливка	10-17			14			8-14			11		
Шорсткість поверхонь виливка	Ra=40,0мкм			Ra=40мкм			Ra=20,0мкм			Ra=20мкм		
Клас точності маси	6-13			11			5-13т			10		
Ряд припусків	5-8			7			4-7			5		
Розрахункові розміри	Ø40 ^{+0,25}	Ø47H8 ^(+0,039)	Ø90h8 ^(-0,054)	44 [*]	12±0,135	Ø40 ^{+0,25}	Ø47H8 ^(+0,039)	Ø90h8 ^(-0,054)	44 [*]	22±0,1	4±0,06	12±0,135
Допуски, мм:												
розмірів	3,6	4,0	4,4	4,0	2,8	2,2	2,4	2,8	2,4	2,0	1,2	1,8
форми чи розміщення	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
зміщення через перекося стержня	2,2	2,4	-	-	-	1,2	1,4	-	-	-	-	-
маси	32%						20%					
нерівностей	1,0						0,5					
загальний допуск	5,0	5,0	5,0	4,0	3,2	2,8	3,2	3,2	2,4	2,0	1,4	2,0
Припуски, мм:												
мінімальний	0,8						0,5					
	Кількість переходів механічної обробки											
за точністю розмірів	2	4	4	1	1	2	4	4	1	1	2	1
за відхиленням форм, взаємним розміщенням поверхонь	2	3	3	-	1	2	3	3	-	-	-	1
прийнята кількість переходів	2	4	4	1	1	2	4	4	1	1	2	1
загальний припуск, мм	4,9	6,3	6,3	3,2	3,2	3,0	4,3	4,3	2,0	2,5	1,5	1,7
Розміри заготовки, мм	30,2	34,4	102,6	47,2	18,4	34	38,4	96,6	46	19,5	5,4	15,4

Ступінь жолоблення елементів виливка вибирається в залежності від співвідношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого (5/134 мм), типу ливарних форм та наявності термічної обробки (в даному випадку відсутня). Із можливого діапазону призначається конкретне значення:

- лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші 5-8, прийнято 7;
- лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші 5-8, прийнято 6.

Ступінь точності поверхонь виливка вибирається у відповідності з технологічним процесом лиття (лиття в піщано-глинисті форми з ручним та машинним формуванням суміші), найбільшим габаритним розміром виливка (134 мм), типом сплаву (чавун СЧ20) та наявності термічної обробки (відсутня). Із можливого діапазону призначається конкретне значення:

- лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші 10-17, прийнято 14;
- лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші 8-14, прийнято 11.

Шорсткість поверхонь виливка R_a вибирається згідно зі ступенем точності поверхонь виливка:

- лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші $R_a=40$ мкм;
- лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші $R_a=20$ мкм.

Клас точності маси приймається в залежності від технологічного способу лиття (лиття в піщано-глинисті форми з ручним та машинним формуванням суміші), номінальної маси виливка (1,05 кг), типу сплаву (чавун СЧ20), наявності термічної обробки (відсутня), температури плавлення. Оскільки рекомендується призначити клас точності маси виливка таким же, як і клас розмірної точності, тоді:

– лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші 6-13, прийнято 11;

– лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші 5-13т, прийнято 10.

Ряд припусків на обробку виливка приймається згідно із ступенем точності поверхні. Із вибраного діапазону можливих рядів припусків вибирається конкретне значення:

– лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші 5-8, прийнято 7;

– лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші 4-7, прийнято 5.

Допуск розмірів виливка вибирають у відповідності з номінальним розміром деталі та класом розмірної точності.

1. Лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші:

Ø 40 допуск 3,6 мм;	44* допуск 4,0 мм;
Ø 47 допуск 4,0 мм;	12±0,135 допуск 2,8 мм.
Ø 90 допуск 4,4 мм;	

2. Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші:

Ø 40 допуск 2,2 мм;	22±0,1 допуск 2,0 мм;
Ø 47 допуск 2,4 мм;	4±0,06 допуск 1,2 мм;
Ø 90 допуск 2,8 мм;	12±0,135 допуск 1,8 мм.
44* допуск 2,4 мм;	

Допуск форми та розміщення поверхонь виливка вибираються згідно з номінальним розміром та ступенем жолоблення елементів виливка:

- лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші 0,5 мм;
- лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші 0,4 мм.

Допуск зміщення по площині роз'єму для даного виливка відсутній для двох способів виготовлення заготовки.

Допуск зміщення через перекося стержня:

- лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші:

Ø 40 допуск 2,2 мм;

Ø 47 допуск 2,4 мм;

- лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші:

Ø 40 допуск 1,2 мм;

Ø 47 допуск 1,4 мм.

Допуск маси призначається в залежності від маси виливка та класу точності маси виливка:

- лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші 32%;
- лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші 20%.

Допуск нерівностей (шорсткостей) поверхонь виливка вибирається в залежності від ступеня точності поверхонь виливка:

- лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші 1,0 мм;
- лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші 0,5 мм.

Загальний допуск враховує сумарний вплив допуску розміру і допусків форми та розміщення поверхні і приймається згідно.

1. Лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші:

Ø 40 допуск 5,0 мм;

44* допуск 4,0 мм;

Ø 47 допуск 5,0 мм;

12±0,135 допуск 3,2 мм.

Ø 90 допуск 5,0 мм;

2. Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші:

Ø 40 допуск 2,8 мм;

22±0,1 допуск 2,0 мм;

Ø 47 допуск 3,2 мм;

4±0,06 допуск 1,4 мм;

Ø 90 допуск 3,2 мм;

12±0,135 допуск 2,0 мм.

44* допуск 2,4 мм;

Призначення припусків на механічну обробку та розрахунок розмірів обох заготовок

- Мінімальний ливарний припуск на сторону.
- Кількість переходів механічної обробки в залежності від необхідної точності розмірів оброблюваної деталі:

Залежить від допуску розміру виливка і від співвідношення між допусками розміру деталі і виливка від бази обробки до оброблюваної поверхні:

1. Лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші:

$$\varnothing 40 \text{ кількість переходів } \frac{T_{\text{розм.дет.}}}{T_{\text{розм.вил.}}} = \frac{0,25}{3,6} = 0,07 \text{ (два переходи);}$$

$$\varnothing 47 \text{ кількість переходів } \frac{T_{\text{розм.дет.}}}{T_{\text{розм.вил.}}} = \frac{0,039}{4,0} = 0,01 \text{ (чотири переходи);}$$

$$\varnothing 90 \text{ кількість переходів } \frac{T_{\text{розм.дет.}}}{T_{\text{розм.вил.}}} = \frac{0,054}{4,4} = 0,012 \text{ (чотири переходи);}$$

$$16 \pm 0,135 \text{ кількість переходів } \frac{T_{\text{розм.дет.}}}{T_{\text{розм.вил.}}} = \frac{1}{2,8} = 0,357 \text{ (один перехід).}$$

2. Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші:

$$\varnothing 40 \text{ кількість переходів } \frac{T_{\text{розм.дет.}}}{T_{\text{розм.вил.}}} = \frac{0,25}{2,2} = 0,11 \text{ (два переходи);}$$

$$\varnothing 47 \text{ кількість переходів } \frac{T_{\text{розм.дет.}}}{T_{\text{розм.вил.}}} = \frac{0,039}{2,4} = 0,016 \text{ (чотири переходи);}$$

$$\varnothing 90 \text{ кількість переходів } \frac{T_{\text{розм.дет.}}}{T_{\text{розм.вил.}}} = \frac{0,054}{2,8} = 0,019 \text{ (чотири переходи);}$$

$$22 \pm 0,1 \text{ кількість переходів } \frac{T_{\text{розм.дет.}}}{T_{\text{розм.вил.}}} = \frac{0,27}{2,0} = 0,9 \text{ (один перехід);}$$

$$4 \pm 0,06 \text{ кількість переходів } \frac{T_{\text{розм.дет.}}}{T_{\text{розм.вил.}}} = \frac{0,12}{1,2} = 0,1 \text{ (два переходи);}$$

$$12 \pm 0,135 \text{ кількість переходів } \frac{T_{\text{розм.дет.}}}{T_{\text{розм.вил.}}} = \frac{0,52}{2,0} = 0,26 \text{ (один перехід).}$$

– Кількість переходів механічної обробки в залежності від необхідної точності форми, розміщення поверхонь оброблюваної деталі.

Залежить від допуску розміру виливка і співвідношенням між допусками форми і розташування оброблюваної поверхні деталі і оброблюваної поверхні виливка.

1. Лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші:

$$\varnothing 40 \text{ кількість переходів } \frac{T_{\text{дон.дет.}}}{T_{\text{дон.виз.}}} = \frac{0,1}{0,5} = 0,2 \text{ (два переходи);}$$

$$\varnothing 47 \text{ кількість переходів } \frac{T_{\text{дон.дет.}}}{T_{\text{дон.виз.}}} = \frac{0,03}{0,5} = 0,06 \text{ (три переходи);}$$

$$\varnothing 90 \text{ кількість переходів } \frac{T_{\text{дон.дет.}}}{T_{\text{дон.виз.}}} = \frac{0,03}{0,5} = 0,06 \text{ (три переходи).}$$

2. Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші:

$$\varnothing 40 \text{ кількість переходів } \frac{T_{\text{дон.дет.}}}{T_{\text{дон.виз.}}} = \frac{0,1}{0,4} = 0,25 \text{ (два переходи);}$$

$$\varnothing 47 \text{ кількість переходів } \frac{T_{\text{дон.дет.}}}{T_{\text{дон.виз.}}} = \frac{0,03}{0,4} = 0,075 \text{ (три переходи);}$$

$$\varnothing 90 \text{ кількість переходів } \frac{T_{\text{дон.дет.}}}{T_{\text{дон.виз.}}} = \frac{0,03}{0,4} = 0,075 \text{ (три переходи).}$$

– Остаточно кількість переходів механічної обробки встановлюється по більшому із значень, знайдених згідно рекомендацій.

– Загальний припуск призначається на сторону.

Розрахунок розмірів литої заготовки.

– Лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші:

$$\varnothing 40 - 4,9 \cdot 2 = \varnothing 30,2 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 47 - 6,3 \cdot 2 = \varnothing 34,4 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 90 + 6,3 \cdot 2 = \varnothing 102,6 \text{ (мм);}$$

$$44 + 3,2 = 47,2 \text{ (мм);}$$

$$12 + 2 \cdot 3,2 = 18,4 \text{ (мм).}$$

– Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші:

$$\varnothing 40 - 3,0 \cdot 2 = \varnothing 34 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 47 - 4,3 \cdot 2 = \varnothing 38,4 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 90 + 4,3 \cdot 2 = \varnothing 98,6 \text{ (мм);}$$

$$44 + 2 = 46 \text{ (мм);}$$

$$12 + 2 \cdot 1,7 = 15,4 \text{ (мм);}$$

$$22 - 2,5 = 19,5 \text{ (мм).}$$

Вибір конструктивних елементів заготовки

Найменша товщина стінок виливків, що виготовляються литтям в піщано-глинисті форми з ручним та машинним формуванням суміші 3-4 мм [8, 9].

Значення внутрішніх радіусів r при сполученні стінок різної товщини в литих заготовках залежить від відношення товщини сполучуваних стінок S/s і мінімальної товщини стінки або ребра. Внутрішній радіус $r = 5$ мм [8, 9].

Радіуси закруглень призначаються для уникнення тріщин, зменшення залишкових напружень [8, 9]:

- при литті в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші $R = 3$ мм,

- при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші $R = 2,5$ мм.

При литті в піщано-глинисті форми лінія роз'єму форми буде проходити вертикально.

2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки

Ескіз заготовки при литті в піщано-глинисті форми з ручним / машинним формуванням суміші показано на рис. 2.2.

Призначення технічних вимог для кожного з альтернативних способів виготовлення заготовки [8, 9]

Лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші:

1. Точність вилівка 11 – 7 – 14 – 11 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 1,05 – 0,3 – 0,13 – 1,48 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані на кресленні радіуси заокруглень 3 мм.

Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші:

1. Точність вилівка 10 – 6 – 11 – 10 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 1,05 – 0,2 – 0,13 – 1,38 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані на кресленні радіуси заокруглень 2,5 мм.

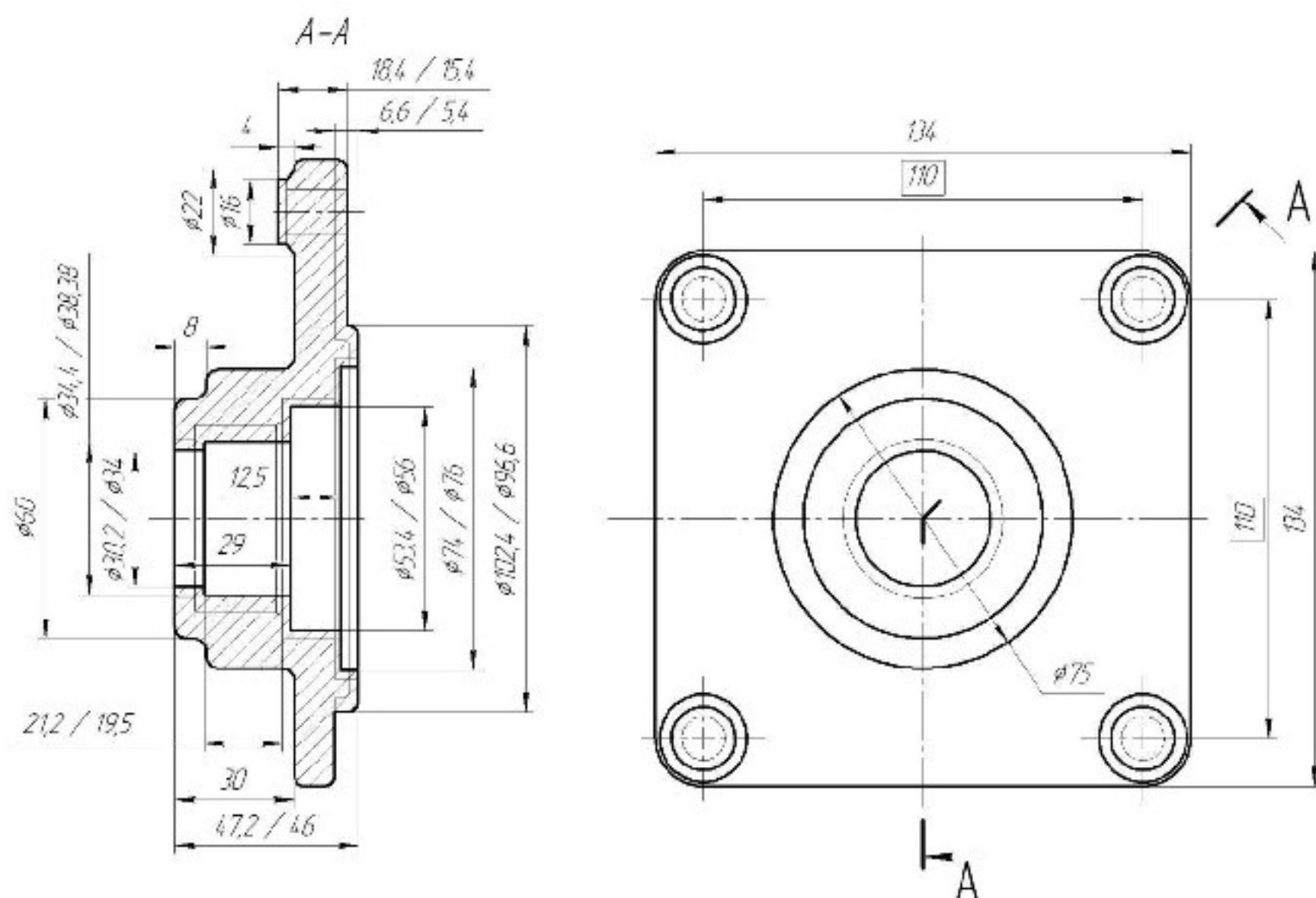


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки при литті в піщано-глинисті форми з ручним / машинним формуванням суміші

2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки

Коефіцієнт точності маси визначається за формулою

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

де $Q_{дет}$ – маса деталі; $Q_{заг}$ – маса заготовки.

Масу заготовки визначаємо за допомогою створених 3D-моделей.

Лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші

$$K_{T.M.} = \frac{1,05}{1,48} = 0,71 .$$

Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші

$$K_{г.м.} = \frac{1,05}{1,38} = 0,76 .$$

2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів одержання заготовки і вибір найбільш раціонального

Вартість заготовок, що виготовляються литтям в піщано-глинисті форми з ручним та машинним формуванням суміші можна визначити за формулою [8]:

$$C_{\text{заг. машин.}} = \left(\frac{Q_{\text{заг.}}}{1000} \cdot C_{\text{л}} \cdot K_{\text{г}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}} \right) - \frac{(Q_{\text{заг.}} - Q_{\text{дем.}})}{1000} \cdot C_{\text{відх}} \text{ [грн.]}, \quad (2.7)$$

де $C_{\text{л}}$ – базова вартість 1 т заготовок, грн.;

$K_{\text{г}}, K_{\text{м}}, K_{\text{с}}, K_{\text{в}}, K_{\text{п}}$ – коефіцієнти, що залежать відповідно від класу точності вилівка, марки матеріалу, групи складності, маси і об'єму виробництва заготовок [8];

$C_{\text{відх}}$ – вартість 1 т стружки, для чавуну $C_{\text{відх}} = 1600$ грн./т.

Значення коефіцієнтів наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Коефіцієнти, що залежать відповідно від класу точності вилівка, марки матеріалу, групи складності, маси і об'єму виробництва заготовок

Спосіб виготовлення литої заготовки	$C_{\text{л}}$	$K_{\text{г}}$	$K_{\text{м}}$	$K_{\text{с}}$	$K_{\text{в}}$	$K_{\text{п}}$
Лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші	16300	1,5	1,04	0,83	1,0	1,0
Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші	21680	1,0	1,04	0,9	1,0	1,06

Вартість заготовок, що виготовляються литтям в піщано-глинисті форми з

ручним формуванням суміші:

$$C_{\text{заг.литт.1}} = \left(\frac{1,48}{1000} \cdot 16300 \cdot 1,5 \cdot 1,04 \cdot 0,83 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \right) - \frac{(1,48 - 1,05)}{1000} \cdot 1600 = 30,6 \text{ (грн.)}$$

Вартість заготовок, що виготовляються литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші:

$$C_{\text{заг.литт.2}} = \left(\frac{1,38}{1000} \cdot 21680 \cdot 1,0 \cdot 1,04 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,06 \right) - \frac{(1,38 - 1,05)}{1000} \cdot 1600 = 29,2 \text{ (грн.)}$$

Економічний ефект

$$E = (C_{\text{заг1}} - C_{\text{заг2}}) \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (2.8)$$

$$E = (30,6 - 29,8) \cdot 7000 = 5600 \text{ (грн.)}$$

Таким чином, вартість заготовки при литті в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші більша ніж при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші, коефіцієнт використання матеріалу при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші вищий ніж при литті в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші. Також при розрахунку розмірів заготовки, більш наближені до розмірів готової деталі ми отримуємо розміри при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші.

Отже, лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші більш вигідний спосіб лиття, з урахуванням того, що планується обробка заготовки на верстатах з ЧПК. А в такому випадку необхідно мати невеликі значення припусків і глибин різання.

2.3 Розробка маршруту механічної обробки

2.3.1 Вибір способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 47H8^{(+0,039)}$

Заготовка лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші, допуск заготовки на розмір $\varnothing 47H8^{(+0,039)}$ $T_{\text{заг}} = 2400$ мкм, допуск деталі $T_{\text{дет}} = 39$ мкм.

Коефіцієнт уточнення складає [1, 2]:

$$\varepsilon = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{T_2}{T_3} \dots = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \dots, \quad (2.9)$$

$$\varepsilon = \frac{2400}{39} = 61,54 ,$$

де ε_i – окремі ступені уточнення. Для першого переходу чорнової обробки $\varepsilon_{\text{чор}} \leq 6$; для переходів напівчистої обробки $\varepsilon_{\text{нчист}} = 3 \dots 4$; для чистої обробки (IT 8 - IT 10) $\varepsilon_{\text{чист}} = 2 \dots 2,5$; для фінішної обробки (IT 5 - IT 7) $\varepsilon_{\text{фін}} = 1,5 \dots 2$.

Приймаємо

$$\varepsilon_1 = 6; \varepsilon_2 = 4; \varepsilon_3 = 2; \varepsilon_4 = 1,282.$$

Тоді

$$\varepsilon_1 = 6 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 1,282 = 61,54 .$$

Отже, приймаємо 4 переходи механічної обробки. Допуски на проміжні технологічні розміри:

$$T_1 = \frac{2400}{6} = 400 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{IT } 13);$$

$$T_2 = \frac{400}{4} = 100 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{IT } 10);$$

$$T_3 = \frac{100}{2} = 50 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{IT } 9);$$

$$T_4 = \frac{50}{1,282} = 39 \text{ (мкм)} \quad (\text{IT } 8).$$

Остаточно приймаємо 4 переходи механічної обробки:

- розточування попереднє;
- розточування попереднє;
- розточування попереднє;
- розточування остаточне.

Методи обробки інших поверхонь з підвищеними вимогами точності зведені в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Вибір методів послідовності та кількості переходів механічної обробки поверхонь

Поверхня, розмір	Уточнення $\varepsilon = \frac{T_{\text{зад}}}{T_{\text{дет}}}$	Розподіл ε	Методи обробки	Квалітет
1	2	3	4	5
$\varnothing 90h8_{(-0,054)}$	$\frac{2,8}{0,054} = 52$	$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4 =$ $= 6 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 1,083 =$ $= 52$	Розточування попереднє Розточування попереднє Розточування попереднє Розточування тонке	IT13 IT10 IT9 IT8
$1 \times 45^\circ (\pm 0,5)$			Точіння фаски однократне	
$\varnothing 40H12^{(+0,25)}$	$\frac{2,2}{0,25} = 8,8$	$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 =$ $= 6 \cdot 1,47 = 8,8$	Розточування отвору попереднє Розточування отвору остаточне	IT13 IT11

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5
$\varnothing 47H8^{(+0,039)}$	$\frac{2,4}{0,039} = 61,54$	$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4 =$ $= 6 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 1,28 =$ $= 61,54$	Розточування отвору попереднє Розточування отвору попереднє Розточування отвору попереднє Розточування отвору остаточне	IT13 IT10 IT9 IT8
$1,5 \times 30^\circ_{(-0,25)}$			Розточування фаски однократне	
$12 \pm 0,135$ ліва сторона права сторона	$\frac{1,8}{0,27} = 6,6$	$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 =$ $= 5 \cdot 1,32 = 6,6$	Фрезерування бобишки однократне Точіння торцю попереднє Точіння торцю остаточне	IT13 IT13 IT10
$4 \pm 0,06$ ліва сторона права сторона	$\frac{1,2}{0,12} = 10$ $\frac{2,4}{0,12} = 20$	$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 =$ $= 5 \cdot 2 =$ $= 10$ $\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 =$ $= 5 \cdot 3 \cdot 1,33 =$ $= 20$	Точіння торцю попереднє Точіння торцю остаточне Точіння торцю попереднє Точіння торцю напівчисте Точіння торцю остаточне	IT13 IT10 IT13 IT12 IT10
$22 \pm 0,1$ ліва сторона	$\frac{2,0}{0,2} = 10$	$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 =$ $= 6 \cdot 1,67 = 10$	Підрізання торцю попереднє Підрізання торцю остаточне	IT13 IT10
$\varnothing 11^{+0,18}$			Свердління	
$12 \pm 0,31$			Фрезерування однократне	IT14

2.3.2 Вибір (з обґрунтуванням) чистових та чорнових технологічних баз

Вибір чистових технологічних баз

Найкращим варіантом при виборі чистових технологічних баз є використання в їх якості основних конструкторських баз. Тому для даної деталі за чистові баз приймаємо (рис. 2.3): площина основи – це установна технологічна база, що відповідає рекомендаціям вибору установних технологічних баз (найбільша за площею, забирає 3 ступені вільності у деталі).

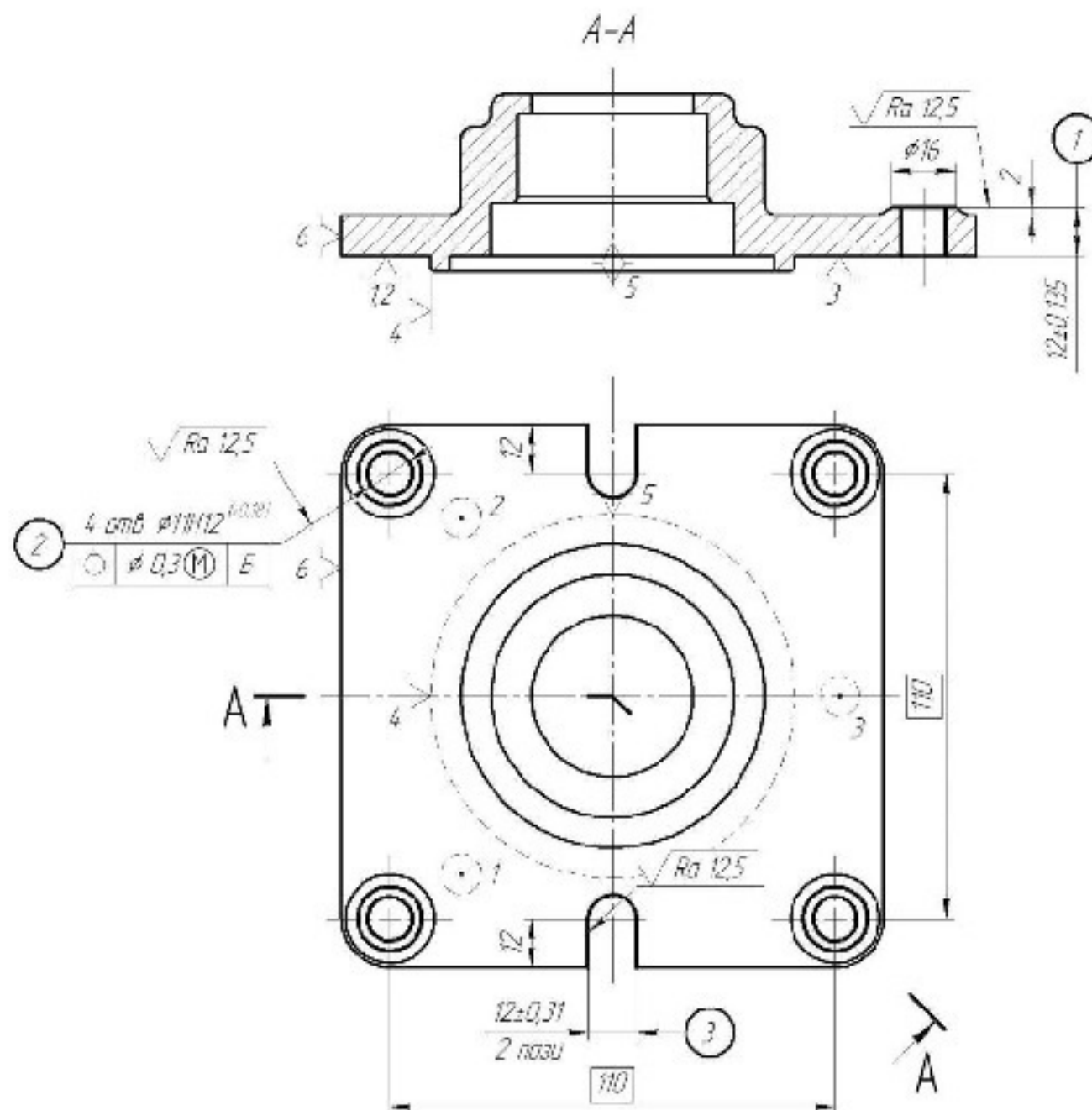


Рисунок 2.3 – Чистові технологічні бази

При вибраній схемі базування

$\varepsilon_{\delta_{\phi 40 \pm 0.25}} = 0$	}	обробка діаметрального розміру, точність забезпечується настройкою інструмента
$\varepsilon_{\delta_{\phi 47 \pm 0.059}} = 0$		
$\varepsilon_{\delta_{\phi 50 \pm 0.054}} = 0$		
$\varepsilon_{\delta_{\phi 11 \pm 0.18}} = 0$		
$\varepsilon_{\delta_{12 \pm 0.135}} = 0$	}	суміщення технологічної і вимірювальної баз поверхню, задану вказаним розміром планується обробляти з одного установка.
$\varepsilon_{\delta_{4 \pm 0.06}} = 0$		

Вибір чорнових технологічних баз

Другим етапом в призначенні технологічних баз при механічній обробці деталі є вибір чорнових технологічних баз.

2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

- Вибір розташування технологічних розмірів [1, 12]

Проаналізуємо операції та переходи деталі, в яких проводиться обробка лінійних розмірів:

- операція 005 переходи 2-7 – розміри B_1 - B_8 , (дво-, три- та чотирикратне підрізання торця);

- операція 010 перехід 2 – розмір.

Таке розташування технологічних розмірів забезпечує легкість їх контролю універсальним інструментом.

Розміщення технологічних розмірів показано на рис. 2.5.

- Попереднє визначення допусків технологічних розмірів [13]

Допуски на технологічні розміри призначаються згідно довідника, для відповідного розміру за відповідним квалітетом. Допуски на ці розміри зведені в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Попередні допуски технологічних розмірів

Розмір	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	3_1	3_2	3_3	3_4
Допуск, мм	0,62	0,12	0,25	0,12	0,12	0,12	0,62	0,25	0,14	1	0,84	0,48	0,7

Визначені допуски використовуються при подальших розрахунках технологічних розмірів.

Одним із перших етапів розмірного аналізу є побудова розмірної схеми технологічного процесу.

- Розмірна схема технологічного процесу

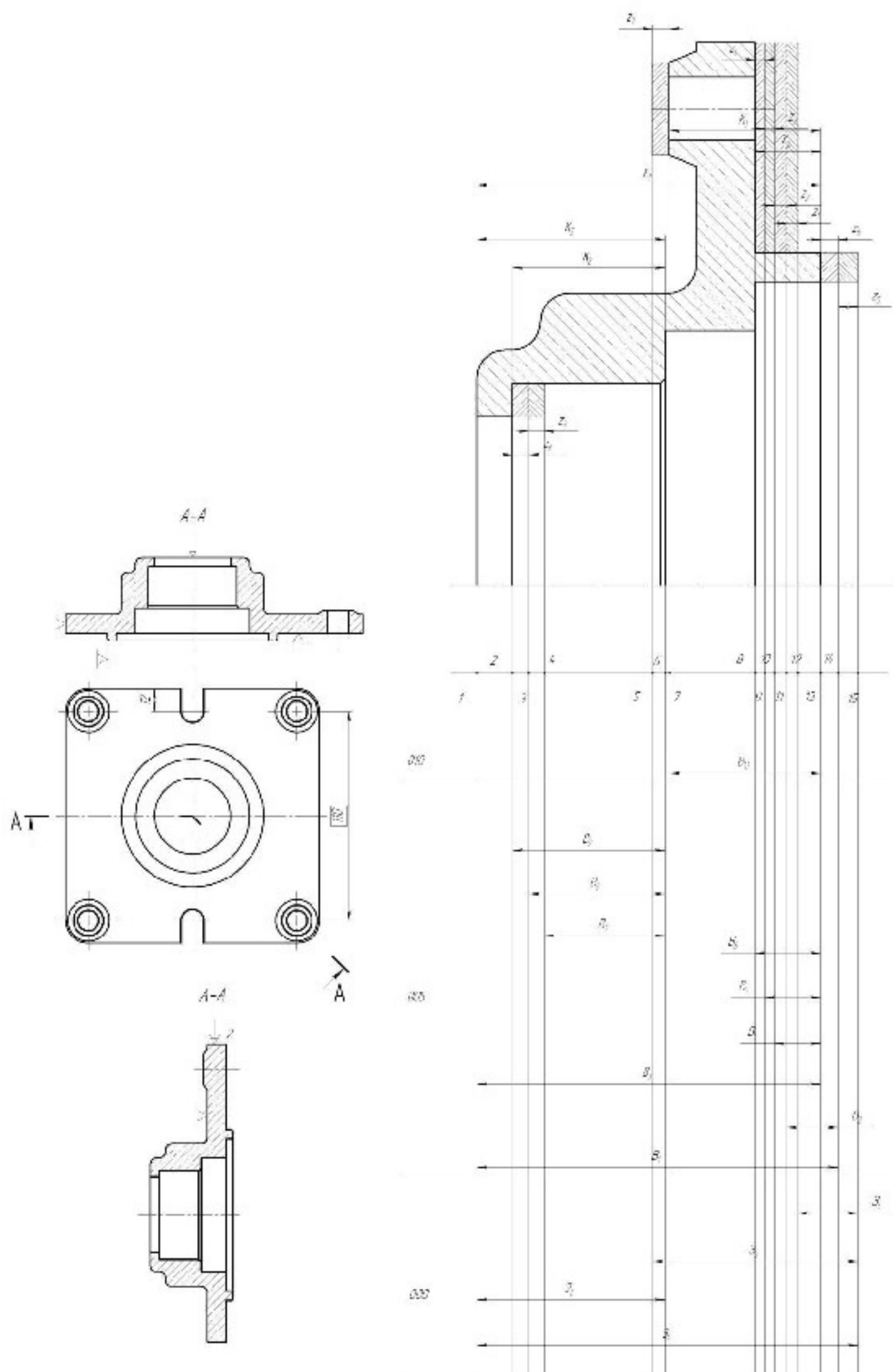


Рисунок 2.5 – Розмірна схема технологічного процесу

- Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

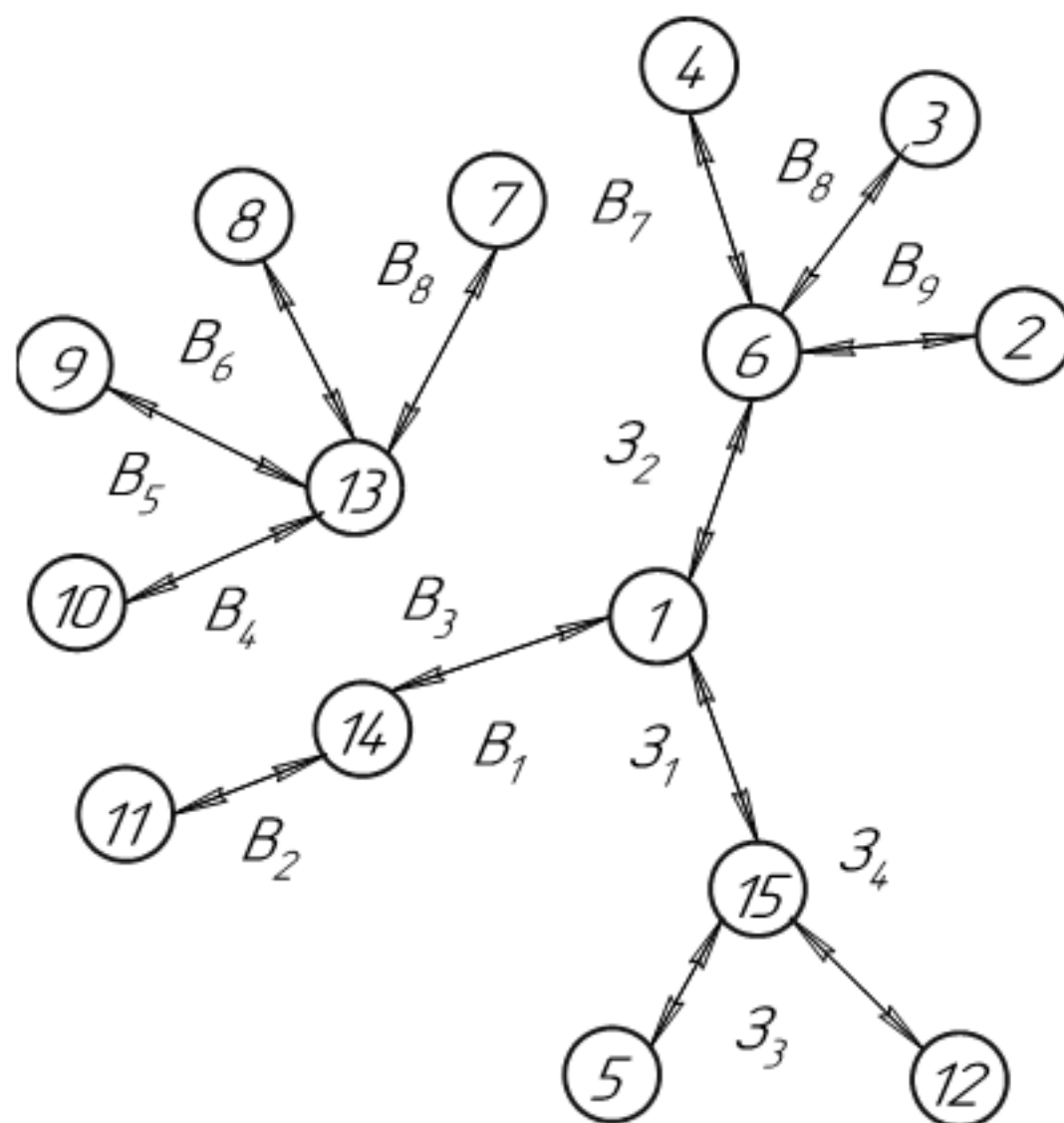


Рисунок 2.6 – Похідний граф-дерево

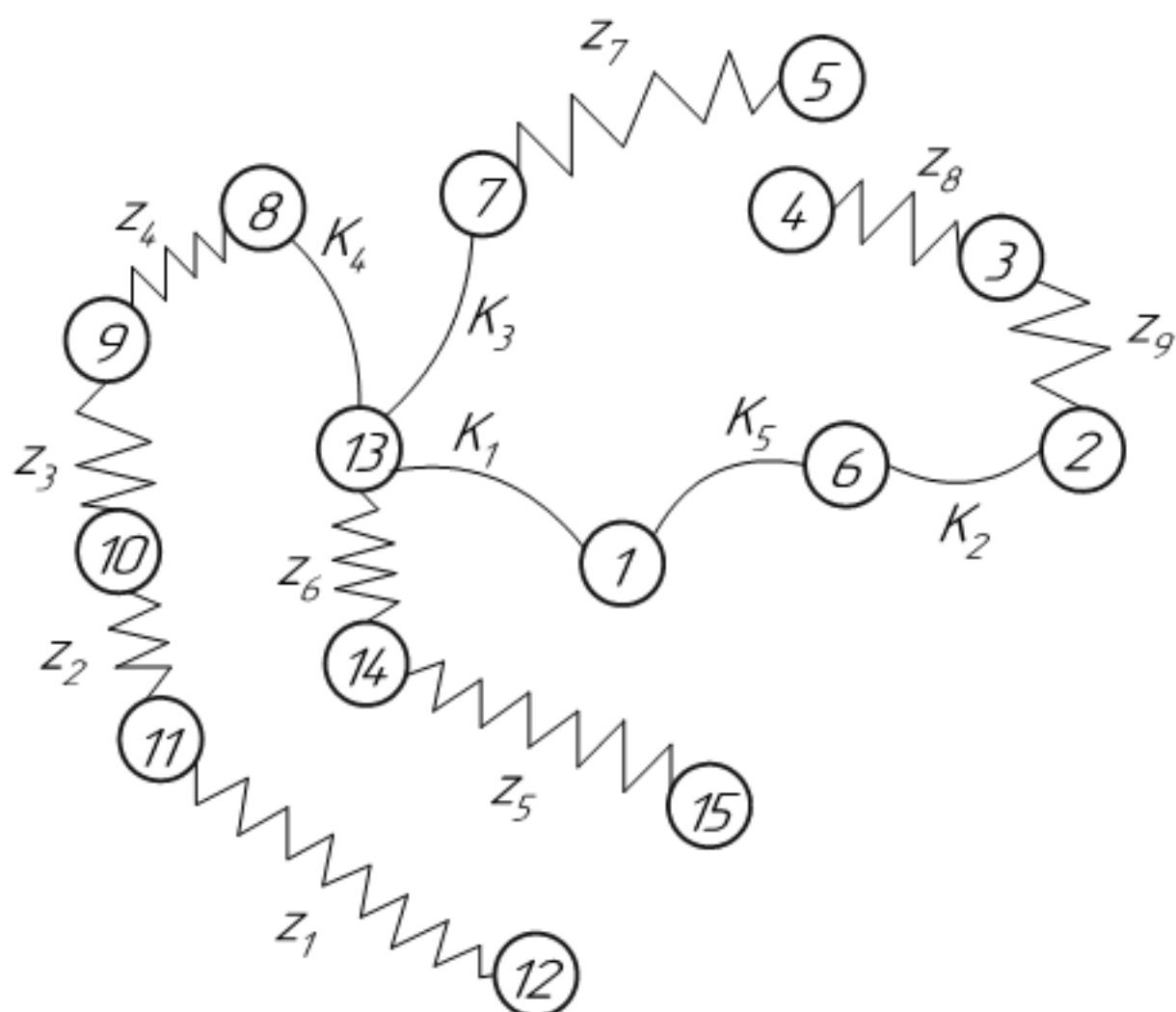


Рисунок 2.7 – Вихідний граф-дерево

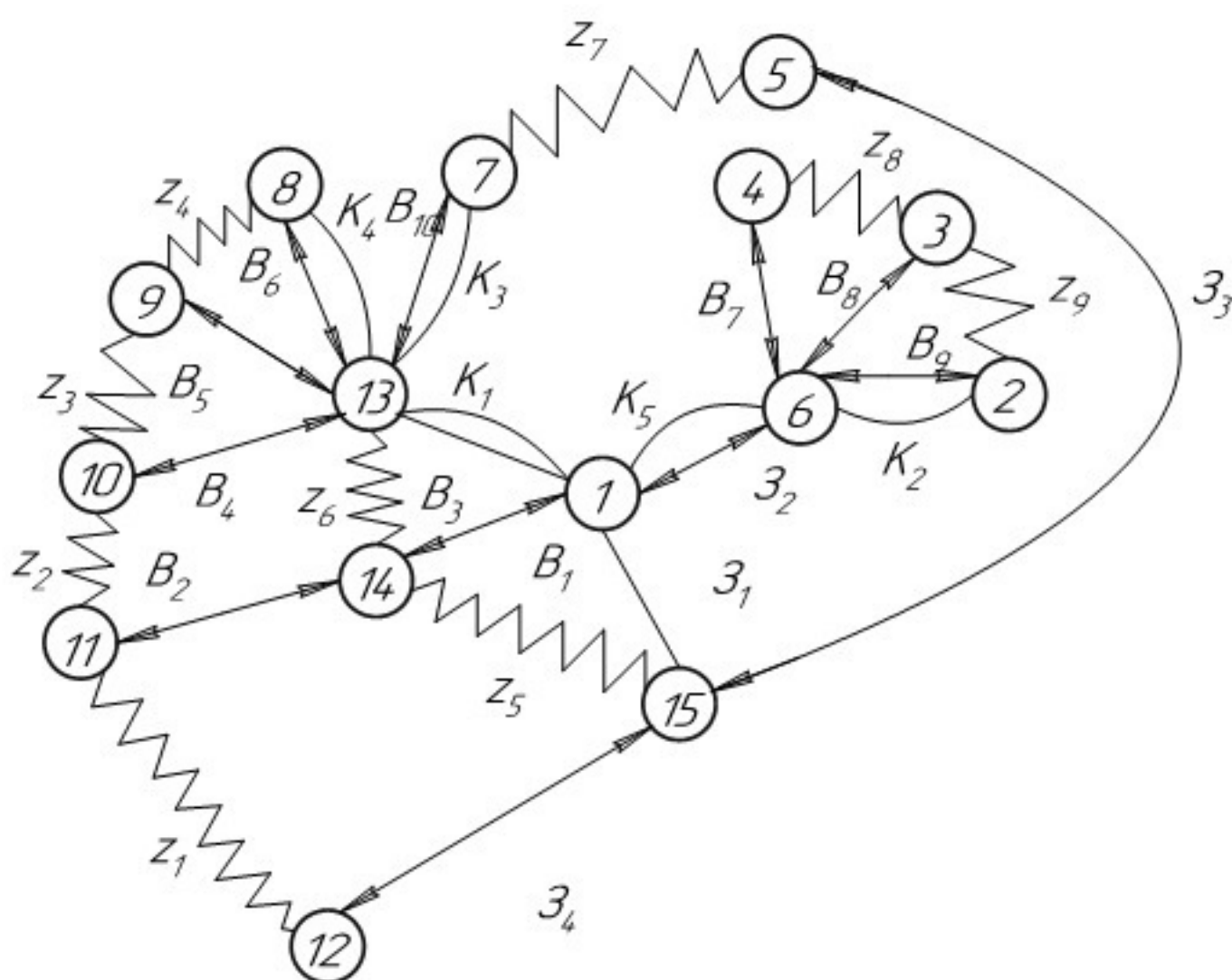


Рисунок 2.8 – Суміщений граф

- Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Для проведення необхідних розрахунків в подальшому необхідно визначити проміжні мінімальні припуски на оброблювані поверхні. Оскільки заготовкою для нашої деталі є виливок і майже всі розміри отримуються за один-два проходи, то необхідно розрахувати припуски на обробку того торця, розмір якого отримується за чотири переходи. Тому розрахунок проведемо для розміру $4 \pm 0,06$ мм, який отримується точінням.

Розрахунок припусків на обробку плоских поверхонь проводиться за формулою [1]:

$$Z_{\min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \epsilon_i \text{ [мкм]}, \quad (2.10)$$

де параметри Rz_{i-1} та T_{i-1} характеризують якість поверхні, отриманій на попередній операції, параметр ρ_{i-1} характеризує значення просторових відхилень поверхні та параметр ϵ_i характеризує похибку установки деталі в пристосування.

Для заготовки параметри мають такі значення:

$$\begin{aligned} R_z &= 150 \text{ мкм}; T = 250 \text{ мкм}; \\ \rho &= \Delta_k \cdot D = 0,3 \cdot 134 = 40 \text{ (мкм)}; \\ \varepsilon &= \varepsilon_6 + \varepsilon_3 = 0 + 100 = 100 \text{ (мкм)}. \end{aligned}$$

Для попереднього точіння параметри мають такі значення:

$$\begin{aligned} R_z &= 50 \text{ мкм}; T = 50 \text{ мкм}; \\ \rho &= \Delta_k \cdot D = 0,3 \cdot 134 = 40 \text{ (мкм)}; \\ \varepsilon &= \varepsilon_6 + \varepsilon_3 = 0 + 100 = 100 \text{ (мкм)}. \end{aligned}$$

Для попереднього точіння параметри мають такі значення:

$$\begin{aligned} R_z &= 50 \text{ мкм}; T = 50 \text{ мкм}; \\ \rho &= \Delta_k \cdot D = 0,3 \cdot 134 = 40 \text{ (мкм)}; \\ \varepsilon &= \varepsilon_6 + \varepsilon_3 = 0 + 100 = 100 \text{ (мкм)}. \end{aligned}$$

Для попереднього точіння параметри мають такі значення:

$$\begin{aligned} R_z &= 30 \text{ мкм}; T = 30 \text{ мкм}; \\ \rho &= \Delta_k \cdot D = 0,3 \cdot 134 = 40 \text{ (мкм)}; \\ \varepsilon &= \varepsilon_6 + \varepsilon_3 = 0 + 100 = 100 \text{ (мкм)}. \end{aligned}$$

Отже, розраховуємо мінімальний припуск:

$$\begin{aligned} Z_{\min 1} &= 150 + 250 + 40 + 100 = 540 \text{ (мкм)}; \\ Z_{\min 2} &= 50 + 50 + 40 + 100 = 240 \text{ (мкм)}; \\ Z_{\min 3} &= 50 + 50 + 40 + 100 = 240 \text{ (мкм)}; \\ Z_{\min 4} &= 30 + 30 + 40 + 100 = 200 \text{ (мкм)}. \end{aligned}$$

- Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Використовуючи граф-дерева, записано розрахункові рівняння для розрахунку значень всіх розмірів, які занесені до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Рівняння для розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
$B_9 - K_2 = 0$	$B_9 = K_2$	B_9
$B_3 - K_1 = 0$	$B_3 = K_1$	B_3
$B_{10} - K_3 = 0$	$B_{10} = K_3$	B_{10}
$B_6 - K_4 = 0$	$B_6 = K_4$	B_6
$3_2 - K_5 = 0$	$3_2 = K_5$	3_2
$Z_4 + B_5 - B_6 = 0$	$Z_4 = B_6 - B_5$	B_5
$Z_3 + B_4 - B_5 = 0$	$Z_3 = B_5 - B_4$	B_4
$Z_9 + B_8 - B_9 = 0$	$Z_9 = B_9 - B_8$	B_8
$Z_8 + B_7 - B_8 = 0$	$Z_8 = B_8 - B_7$	B_7
$B_1 - Z_6 - B_3 = 0$	$Z_6 = B_1 - B_3$	B_1
$Z_2 + B_4 + Z_6 - B_2 = 0$	$Z_2 = B_2 - Z_6 - B_4$	B_2
$B_1 + Z_5 - 3_1 = 0$	$Z_5 = 3_1 - B_1$	3_1
$Z_1 + B_2 + Z_5 - 3_4 = 0$	$Z_1 = 3_4 - Z_5 - B_2$	3_4
$Z_7 + B_{10} - B_3 + 3_1 - 3_3 = 0$	$Z_7 = 3_3 - B_{10} + B_3 - 3_1$	3_3

- Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків

Відповідно до наведених вище рівнянь знаходимо значення технологічних розмірів.

Наведемо значення конструкторських розмірів:

$$K_1 = 44_{-0,62} \text{ мм};$$

$$K_2 = 22 \pm 0,042 \text{ мм};$$

$$K_3 = 16 \pm 0,135 \text{ мм};$$

$$K_4 = 4 \pm 0,06 \text{ мм};$$

$$K_5 = 30 \pm 0,26 \text{ мм}.$$

$$1. B_9 = K_2 = 22 \pm 0,042 \text{ мм}.$$

$$2. B_3 = K_1 = 44_{-0,62} \text{ мм}.$$

$$3. B_{10} = K_3 = 16 \pm 0,135 \text{ мм}.$$

$$4. B_6 = K_4 = 4 \pm 0,06 \text{ мм.}$$

$$5. 3_2 = K_5 = 27 \pm 0,26 \text{ мм.}$$

$$6. Z_{4 \text{ min}} = B_{6 \text{ min}} - B_{5 \text{ max}}$$

$$B_{5 \text{ max}} = B_{6 \text{ min}} - Z_{4 \text{ min}} = 3,94 - 0,2 = 3,74 \text{ (мм);}$$

$$B_{5 \text{ min}} = B_{5 \text{ max}} - T(B_5) = 3,74 - 0,12 = 3,62 \text{ (мм);}$$

$$Z_{4 \text{ max}} = B_{6 \text{ max}} - B_{5 \text{ min}}$$

$$Z_{4 \text{ max}} = 4,06 - 3,62 = 0,44 \text{ (мм).}$$

Номинальне значення B_5 :

$$B_{5 \text{ ном}} = (B_{5 \text{ min}} + B_{5 \text{ max}}) / 2 = (3,62 + 3,74) / 2 = 3,68 \text{ (мм).}$$

$$7. Z_{3 \text{ min}} = B_{5 \text{ min}} - B_{4 \text{ max}}$$

$$B_{4 \text{ max}} = B_{5 \text{ min}} - Z_{3 \text{ min}} = 3,62 - 0,24 = 3,38 \text{ (мм);}$$

$$B_{4 \text{ min}} = B_{4 \text{ max}} - T(B_4) = 3,38 - 0,12 = 3,26 \text{ (мм);}$$

$$Z_{3 \text{ max}} = B_{5 \text{ max}} - B_{4 \text{ min}}$$

$$Z_{3 \text{ max}} = 3,74 - 3,26 = 0,48 \text{ (мм).}$$

Номинальне значення B_4 :

$$B_{4 \text{ ном}} = (B_{4 \text{ min}} + B_{4 \text{ max}}) / 2 = (3,26 + 3,38) / 2 = 3,32 \text{ (мм).}$$

$$8. Z_{9 \text{ min}} = B_{9 \text{ min}} - B_{8 \text{ max}}$$

$$B_{8 \text{ max}} = B_{9 \text{ min}} - Z_{9 \text{ min}} = 21,938 - 0,48 = 21,458 \text{ (мм);}$$

$$B_{8 \text{ min}} = B_{8 \text{ max}} - T(B_8) = 21,458 - 0,25 = 21,208 \text{ (мм);}$$

$$Z_{9 \text{ max}} = B_{9 \text{ max}} - B_{8 \text{ min}}$$

$$Z_{9 \text{ max}} = 22,042 - 21,208 = 0,834 \text{ (мм).}$$

Номинальне значення B_8 :

$$B_{8 \text{ ном}} = (B_{8 \text{ min}} + B_{8 \text{ max}}) / 2 = (21,208 + 21,458) / 2 = 21,3 \text{ (мм).}$$

$$9. Z_{8 \text{ min}} = B_{8 \text{ min}} - B_{7 \text{ max}}$$

$$B_{7 \text{ max}} = B_{8 \text{ min}} - Z_{8 \text{ min}} = 21,208 - 1,08 = 20,2 \text{ (мм);}$$

$$B_{7 \text{ min}} = B_{7 \text{ max}} - T(B_7) = 20,2 - 0,62 = 19,58 \text{ (мм);}$$

$$Z_{8 \text{ max}} = B_{8 \text{ max}} - B_{7 \text{ min}}$$

$$Z_{8 \text{ max}} = 21,458 - 19,58 = 1,88 \text{ (мм).}$$

Номинальне значення B_7 :

$$B_{7 \text{ ном}} = (B_{7 \text{ min}} + B_{7 \text{ max}}) / 2 = (19,58 + 20,2) / 2 = 19,9 \text{ (мм).}$$

$$10. Z_{6\min} = B_{1\min} - B_{3\max}$$

$$B_{1\min} = B_{3\max} + Z_{6\min} = 44 + 0,48 = 44,48 \text{ (мм)};$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 44,48 + 0,62 = 45,1 \text{ (мм)};$$

$$Z_{6\max} = B_{1\max} - B_{3\min}$$

$$Z_{6\max} = 45,1 - 43,38 = 1,72 \text{ (мм)}.$$

Номинальне значення B_1 :

$$B_{1\text{ном}} = (B_{1\min} + B_{1\max})/2 = (44,48 + 45,1)/2 = 44,8 \text{ (мм)}.$$

$$11. Z_{2\min} = B_{2\min} - Z_{6\max} - B_{4\max}$$

$$B_{2\min} = Z_{2\min} + B_{4\max} + Z_{6\max} = 0,48 + 2,94 + 1,72 = 5,14 \text{ (мм)};$$

$$B_{2\max} = B_{2\min} + T(B_2) = 5,14 + 0,12 = 5,26 \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\max} = B_{2\max} - Z_{6\min} - B_{4\min}$$

$$Z_{2\max} = 5,26 - 0,48 - 2,82 = 1,96 \text{ (мм)}.$$

Номинальне значення B_2 :

$$B_{2\text{ном}} = (B_{2\min} + B_{2\max})/2 = (5,14 + 5,26)/2 = 5,2 \text{ (мм)}.$$

$$12. Z_{5\min} = 3_{1\min} - B_{1\max}$$

$$3_{1\min} = B_{1\max} + Z_{5\min} = 45,1 + 1,08 = 46,18 \text{ (мм)};$$

$$3_{1\max} = 3_{1\min} + T(3_1) = 46,18 + 1 = 47,18 \text{ (мм)};$$

$$Z_{5\max} = 3_{1\max} - B_{1\min}$$

$$Z_{5\max} = 47,18 - 44,48 = 2,7 \text{ (мм)}.$$

Номинальне значення 3_1 :

$$3_{1\text{ном}} = (3_{1\min} + 3_{1\max})/2 = (46,18 + 47,18)/2 = (мм)}.$$

$$13. Z_{1\min} = 3_{4\min} - B_{2\max} - Z_{5\max}$$

$$3_{4\min} = Z_{1\min} + Z_{5\max} + B_{2\max} = 1,08 + 2,7 + 5,26 = 9,04 \text{ (мм)};$$

$$3_{4\max} = 3_{4\min} + T(3_4) = 9,04 + 0,48 = 9,52 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\max} = 3_{2\max} - Z_{5\min} - B_{2\min}$$

$$Z_{1\max} = 9,52 - 1,08 - 5,14 = 3,3 \text{ (мм)}.$$

Номинальне значення 3_4 :

$$3_{4\text{ном}} = (3_{4\min} + 3_{4\max})/2 = (9,04 + 9,52)/2 = 9,3 \text{ (мм)}.$$

$$Z_7 = 3_3 - B_{10} + B_3 - 3_1$$

$$14. Z_{7\min} = 3_{3\min} - B_{10\max} + B_{3\min} - 3_{1\max}$$

$$Z_{3\min} = Z_{7\min} + B_{10\max} - B_{3\min} + Z_{1\max} = 1,08 + 16,135 - 43,38 + 47,18 = 21,015 \text{ (мм)};$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + T(Z_3) = 21,015 + 0,48 = 21,495 \text{ (мм)};$$

$$Z_{7\max} = Z_{3\max} - B_{10\min} + B_{3\max} - Z_{1\min} = 21,495 - 15,865 + 44 - 46,18 = 3,45 \text{ (мм)}.$$

Номінальне значення Z_3 :

$$Z_{3\text{ном}} = (Z_{3\min} + Z_{3\max}) / 2 = (21,015 + 21,495) / 2 = 21,25 \text{ (мм)}.$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Технологічні розміри, розміри заготовки, припуски

Технологічні розміри, мм	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀
max	44,48	5,26	44	3,38	3,74	4,06	20,2	21,458	22,042	16,135
min	45,1	5,14	43,38	3,26	3,62	3,94	19,58	21,208	21,958	15,865
Розміри заготовки, мм	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Припуски, мм	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	
max	47,18	30,52	27,26	9,52	max	3,3	1,96	0,48	0,44	
min	46,18	29,48	26,74	9,04	min	0,54	0,24	0,24	0,2	

В результаті виконання розмірного аналізу технологічного процесу механічної обробки деталі визначені технологічні розміри $B_1 \dots B_{10}$, розміри вихідної заготовки $Z_1 \dots Z_2$. Це дозволяє забезпечити знаходження дійсних значень всіх конструкторських розмірів $K_1 \dots K_5$ в межах полів допусків.

2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

Визначення розрахунково-аналітичним методом припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 47H8^{(+0,039)}$.

Заготовка являє собою виливок в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші. Технологічний маршрут обробки отвору $\varnothing 47H8^{(+0,039)}$ складається з чотирьох переходів: попереднього, напівчистого, остаточного, тонкого розточування, що виконуються при одній установці оброблюваної деталі. Схема базування при обробці показана на рис. 2.9.

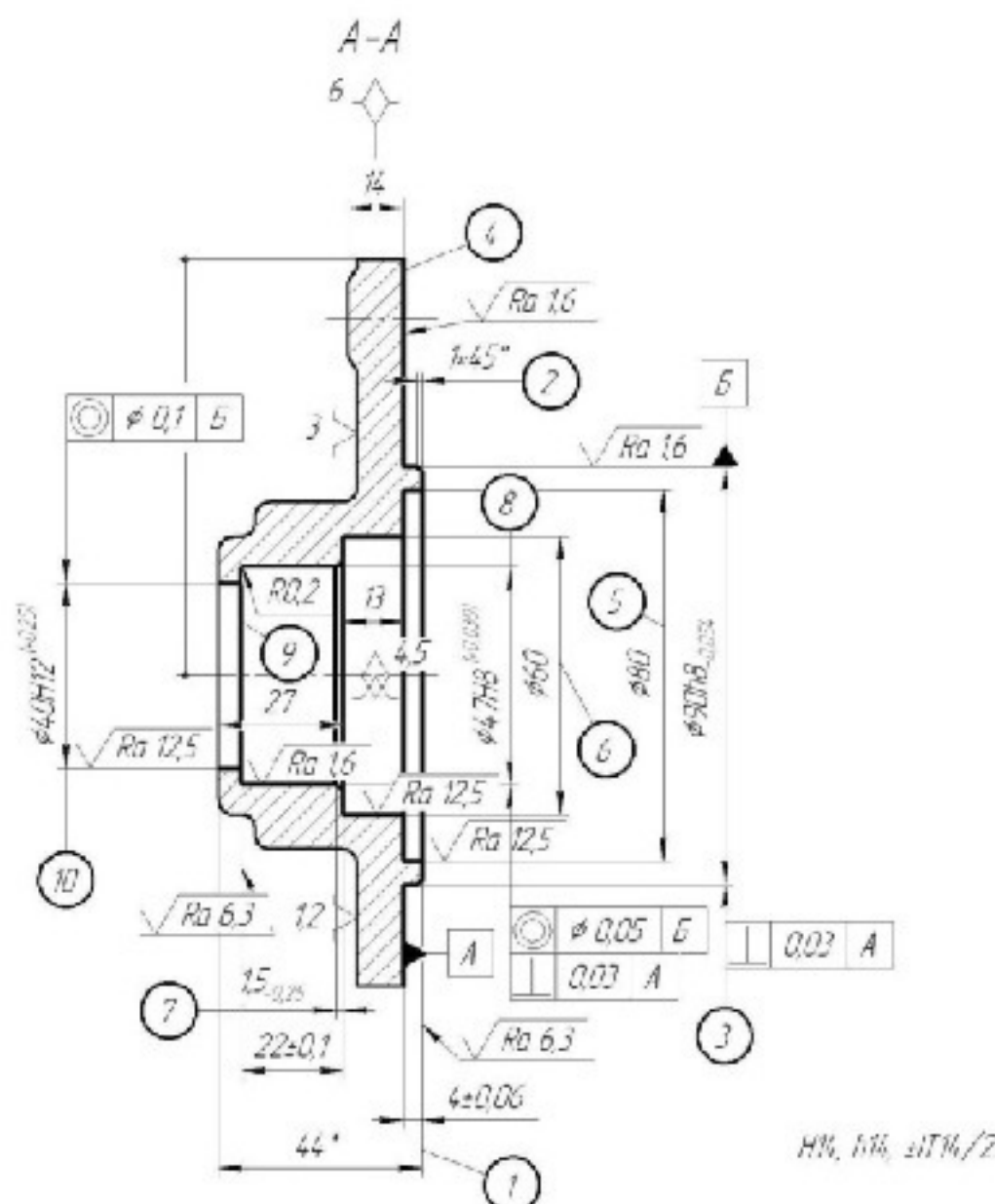


Рисунок 2.9 – Кришка (креслення і схема базування при обробці отвору $\text{Ø}47\text{H}8^{(+0,039)}$)

Мінімальний проміжний припуск на механічну обробку циліндричних поверхонь із застосуванням розрахунково-аналітичного методу визначається за формулою [1]

$$2Z_{i\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ [мкм]}, \quad (2.11)$$

де R_z , T , ρ – відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та просторові відхилення оброблюваної поверхні (відносно технологічних баз); ε – похибка встановлення заготовки у верстатний пристрій, яка виникає на виконуваному технологічному переході.

Розрахунок припусків на обробку отвору $\text{Ø}47\text{H}8^{(+0,039)}$ наведений в таблиці 2.12, в якій послідовно записується технологічний маршрут обробки отвору і всі

його значення елементів припуску.

Сумарне значення R_z і T , що характеризують якість поверхні литих заготовок, складає 500 мкм. Для технологічних переходів визначаємо значення R_z і T [1] і записуємо в розрахункову таблицю 2.12.

Таблиця 2.12 – Розрахунок припусків і граничних розмірів за технологічними переходами на обробку отвору кришки $\varnothing 47H8^{(+0,039)}$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 47H8^{(+0,039)}$	Елементи припуску, мкм				Розрахункові розміри		Допуск δ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мкм	
	R_z	T	ρ	ε_i	$2Z_{\min}$	$D_{\max}$		$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	500		1400	-	-	42,416	3200	39,216	42,416	-	-
Розточування попереднє	50	50	84	370	2·1949	46,314	390	45,924	46,314	3898	6708
Розточування попереднє	20	25	56	18	2·184	46,682	100	46,582	46,682	368	658
Розточування попереднє	10	20	28	-	2·101	46,884	62	46,822	46,884	202	240
Розточування остаточне	5	10	-	-	2·58	47,039	39	47	47,039	155	178
Всього										4623	7784

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки даного типу визначають за формулою:

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2} \text{ [мкм]}. \quad (2.12)$$

Короблення отвору необхідно враховувати як в діаметральному, так і в осьовому його перетині, тому:

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_{\kappa} d)^2 + (\Delta_{\kappa} l)^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.13)$$

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(0,7 \cdot 47)^2 + (0,7 \cdot 22)^2} = \sqrt{1319,58} = 36,33 \text{ (мкм)}.$$

Сумарне зміщення отвору вилівка залежить від перекосу стержня:

$$\rho_{зм} = \rho_{переходу} = 1400 \text{ мкм}.$$

Таким чином, сумарне значення просторового відхилення заготовки:

$$\rho_{\gamma} = \sqrt{36,33^2 + 1400^2} = \sqrt{1961319,58} = 1400,47 \text{ (мкм)}.$$

Остаточне просторове відхилення після технологічних переходів:

- після попереднього розточування

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_{\gamma} = 0,06 \cdot 1400,47 = 84,02 \text{ (мкм)};$$

- після напівчистого розточування

$$\rho_2 = 0,04 \cdot \rho_{\gamma} = 0,04 \cdot 1400,47 = 56,02 \text{ (мкм)};$$

- після остаточного розточування

$$\rho_3 = 0,02 \cdot \rho_{\gamma} = 0,02 \cdot 1400,47 = 28 \text{ (мкм)}.$$

Похибка закріплення при установці в двохкулачковий патрон [1]:
 $\varepsilon_3 = 370 \text{ мкм}.$

Мінімальний припуск на технологічні переходи:

- розточування попереднє

$$2z_{\min 1} = 2\left(500 + \sqrt{1400,47^2 + 370^2}\right) = 2 \cdot 1949 \text{ (мкм)};$$

- розточування попереднє

$$2 z_{\min 2} = 2(50 + 50 + \sqrt{84,02^2}) = 2 \cdot 184 \text{ (мкм)};$$

- розточування попереднє

$$2 z_{\min 3} = 2(20 + 25 + \sqrt{56,02^2}) = 2 \cdot 101 \text{ (мкм)};$$

- розточування остаточне

$$2 z_{\min 4} = 2(10 + 20 + \sqrt{28^2}) = 2 \cdot 58 \text{ (мкм)}.$$

Таким чином, маючи розрахунковий розмір, після останнього переходу (в даному випадку після тонкого розточування 47,039) для наступних переходів отримуємо:

- для розточування попереднього $d_{p3} = 47,039 - 0,116 = 46,884 \text{ (мм)}$;
- для розточування попереднього $d_{p2} = 46,884 - 0,202 = 46,682 \text{ (мм)}$;
- для розточування попереднього $d_{p1} = 46,682 - 0,368 = 46,314 \text{ (мм)}$;
- для заготовки $d_{p1} = 46,314 - 3,898 = 42,416 \text{ (мм)}$.

Значення допусків кожного переходу приймають у відповідності з квалітетом того чи іншого виду обробки.

Так, для тонкого розточування значення допуску складає 39 мкм; для остаточного $\delta = 62 \text{ мкм}$; для напівчистого $\delta = 100 \text{ мкм}$; для попереднього $\delta = 390 \text{ мкм}$.

Найбільший граничний розмір:

- для розточування остаточного $d_{\max 4} = 47,039 \text{ мм}$;
- для розточування попереднього $d_{\max 3} = 46,884 \text{ мм}$;
- для розточування попереднього $d_{\max 2} = 46,682 \text{ мм}$;

- для розточування попереднього $d_{\max 1} = 46,314$ мм;
- для заготовки $d_{\max \text{ заг}} = 42,416$ мм.

Найменший граничний розмір:

- для розточування остаточного $d_{\min 4} = 47,039 - 0,039 = 47$ (мм);
- для розточування попереднього $d_{\min 3} = 46,884 - 0,062 = 46,822$ (мм);
- для розточування попереднього $d_{\min 2} = 46,682 - 0,1 = 46,582$ (мм);
- для розточування попереднього $d_{\min 1} = 46,314 - 0,39 = 45,924$ (мм);
- для заготовки $d_{\min \text{ заг}} = 42,416 - 3,2 = 39,216$ (мм).

Граничні значення припусків для розточування остаточного:

$$2 z_{\min 4}^{\text{пр}} = 47,039 - 46,884 = 0,155 \text{ (мм)} = 155 \text{ (мкм)};$$

$$2 z_{\max 4}^{\text{пр}} = 47 - 46,822 = 0,178 \text{ (мм)} = 178 \text{ (мкм)};$$

- для розточування попереднього

$$2 z_{\min 3}^{\text{пр}} = 46,884 - 46,682 = 0,202 \text{ (мм)} = 202 \text{ (мкм)};$$

$$2 z_{\max 3}^{\text{пр}} = 46,822 - 46,582 = 0,24 \text{ (мм)} = 240 \text{ (мкм)};$$

- для розточування попереднього

$$2 z_{\min 2}^{\text{пр}} = 46,682 - 46,314 = 0,368 \text{ (мм)} = 368 \text{ (мкм)};$$

$$2 z_{\max 2}^{\text{пр}} = 46,582 - 45,924 = 0,658 \text{ (мм)} = 658 \text{ (мкм)};$$

- для розточування попереднього

$$2 z_{\min 1}^{\text{пр}} = 46,314 - 42,416 = 3,898 \text{ (мм)} = 3898 \text{ (мкм)};$$

$$2 z_{\max 1}^{\text{пр}} = 45,924 - 39,216 = 6,708 \text{ (мм)} = 6708 \text{ (мкм)}.$$

Загальні припуски $z_{0 \min}$ і $z_{0 \max}$ визначаємо, додаючи проміжні припуски, і записуємо їх значення знизу відповідних стовпців:

$$2z_{0 \min} = 155 + 202 + 368 + 3898 = 4623 \text{ (мкм)};$$

$$z_{0 \max} = 178 + 240 + 658 + 6708 = 7784 \text{ (мкм)}.$$

Проводимо перевірку вірності виконуваних розрахунків:

$$z_{\max 4}^{\text{пр}} - z_{\min 4}^{\text{пр}} = 178 - 155 = 23 \text{ (мкм)}; \quad \delta_3 - \delta_4 = 62 - 39 = 23 \text{ (мкм)};$$

$$z_{\max 3}^{\text{пр}} - z_{\min 3}^{\text{пр}} = 240 - 202 = 38 \text{ (мкм)}; \quad \delta_2 - \delta_3 = 100 - 62 = 38 \text{ (мкм)};$$

$$z_{\max 2}^{\text{пр}} - z_{\min 2}^{\text{пр}} = 658 - 368 = 290 \text{ (мкм)}; \quad \delta_1 - \delta_2 = 390 - 100 = 290 \text{ (мкм)};$$

$$z_{\max 1}^{\text{пр}} - z_{\min 1}^{\text{пр}} = 6708 - 3898 = 2810 \text{ (мкм)}; \quad \delta_{\text{заг}} - \delta_1 = 3200 - 390 = 2810 \text{ (мкм)}.$$

Отже, розрахунок припусків виконано вірно.

2.3.6 Визначення режимів різання

Проведемо аналітичний розрахунок режимів різання для декількох переходів [1, 15-17].

Операція – точіння попереднє поверхні $\varnothing 90h8_{(-0,054)} \text{ мм}$.

Верстат токарно-револьверний з ЧПК 1В340Ф30. Розмір оброблюваної поверхні $\varnothing 90 \text{ мм}$. Припуск на обробку $h = 3,01 \text{ мм}$. Матеріал ріжучої частини інструменту – ВК6. Границя міцності – $HB = 190 \text{ МПа}$.

Встановлюємо глибину різання: $t = h = 3,01 \text{ мм}$.

Подача: $S = 0,7 \div 1,2 \text{ мм/об}$. Приймаємо $S = 0,8 \text{ мм/об}$.

Призначаємо період стійкості: $T = 40 \text{ хв}$.

Швидкість різання розраховують за емпіричною формулою, яка для точіння має наступний вигляд [1, 15-17]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \text{ [мм/хв.]}, \quad (2.14)$$

де C_v – коефіцієнт, який враховує вид обробки, матеріал ріжучої частини і заготовки, а також подачу;

T – стійкість інструмента, хв.;

t – глибина різання, мм;

s – подача, мм/об.;

m, x, y – показники степеня при стійкості інструмента, глибині різання та подачі відповідно [1, 15-17];

K_v – поправковий коефіцієнт, який враховує фактори механічної обробки. Коефіцієнт K_v є добутком ряду коефіцієнтів:

K_{MV} – коефіцієнт, який враховує якість оброблюваного матеріалу;

K_{PV} – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки;

K_{IV} – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструмента;

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}. \quad (2.15)$$

Поправковий коефіцієнт $K_{MV} = 1^{1,25}$.

Оскільки, заготовка, з якої виготовляється деталь отримана литтям, то $K_{PV} = 1^{0,8}$.

Поправковий коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання, становить $K_{IV} = 1^{1,0}$.

На основі обраних поправкових коефіцієнтів:

$$K_v = 1^{1,25} \cdot 1^{0,8} \cdot 1^{1,0} = 1.$$

На основі знайдених значень, розрахується значення швидкості різання:

$$V_T = \frac{243}{40^{0,2} \cdot 3,01^{0,15} \cdot 0,8^{0,4}} \cdot 1 = 104,3 \text{ (мм/хв.)}$$

Тоді частота обертання шпинделя становитиме:

$$n = \frac{1000 \cdot V_r}{\pi \cdot D} \text{ [об/хв.]}, \quad (2.16)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 104,3}{3,14 \cdot 90} = 369,1 \text{ (об/хв.)}$$

З ряду частот обертання шпинделя верстата обирається найближче значення, яке складає 385 об/хв. Таким чином, дійсне значення швидкості різання складатиме:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ [м/хв.]}, \quad (2.17)$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 385}{1000} = 108,8 \text{ (м/хв.)}$$

$$\text{Знайдемо похибку } \Delta = \frac{V_d - V_r}{V_d} \cdot 100 \% = \frac{108,8 - 104,3}{108,8} \cdot 100 = 4,13 \% \leq 5 \% .$$

Значення похибки в межах норми.

При зовнішньому повздовжньому та поперечному точінні розточуванні, відрізанні тощо сила різання знаходиться за формулою [1, 15-17]:

$$P_z = 10 \cdot C_{Pz} \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p; \text{ [Н]}, \quad (2.18)$$

де C_{Pz} – коефіцієнт, який враховує властивості оброблюваного матеріалу, матеріал ріжучої частини інструмента та вид обробки [1, 15-17];

x, y, n – показники степеня при глибині різання, подачі та швидкості різання відповідно [1, 15-17].

На основі знайдених значень, розраховується значення сили різання:

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 3,01^{1,0} \cdot 0,8^{0,75} \cdot 108,8^0 \cdot 1 = 2342,458 \text{ (Н)}.$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V_{\text{д}}}{1020 \cdot 60} \text{ [кВт]}, \quad (2.19)$$

$$N_{\text{різ}} = \frac{2342,458 \cdot 108,8}{1020 \cdot 60} = 4,1 \text{ (кВт)}.$$

Оскільки обробка здійснюється на токарно-револьверному верстаті моделі 1В340Ф30, потужність якого складає $N_{\text{верст}} = 6,2$ кВт, то виконується умова $N_{\text{верст}} \geq N_{\text{різ}}$.

Розрахунок режимів різання при свердлінні чотирьох отворів $\varnothing 11$.
Глибина різання визначається за формулою:

$$t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 11 = 5,5 \text{ (мм)} \quad (2.20)$$

Подача: $S=0,36$ мм/об.

Період стійкості: $T=45$ хв.

Швидкість різання при свердлінні визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K_v \text{ [м/хв]}, \quad (2.21)$$

де C_v – коефіцієнт, який враховує вид обробки, матеріал ріжучої частини і заготовки, а також подачу;

D – діаметр отвору, що обробляється, мм;

T – стійкість інструмента, хв.;

s – подача, мм/об;

q, m, y – показники степеня при діаметрі оброблюваного отвору, стійкості інструмента та подачі відповідно [1, 15-17];

K_V – поправковий коефіцієнт, який враховує фактори механічної обробки.

Коефіцієнт K_V є добутком ряду коефіцієнтів;

K_{MV} – коефіцієнт, який враховує оброблюваний матеріал;

K_{PV} – коефіцієнт НП інструментальний матеріал;

K_{IV} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління.

Поправковий коефіцієнт K_{MV} визначається за наступною залежністю:

$$K_{MV} = \left(\frac{750}{HB} \right)^{n_V} = \left(\frac{190}{190} \right)^{1,25} = 1,0, \quad (2.22)$$

де n_V – показник степеню.

На основі обраних поправкових коефіцієнтів визначається:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0.$$

На основі знайдених значень, розраховується значення швидкості різання:

$$V_T = \frac{17,1 \cdot 11^{0,25}}{45^{0,125} \cdot 0,36^{0,4}} \cdot 1,0 = 28,85 \text{ (м/хв.)}$$

Тоді частота обертання шпинделя становитиме:

$$n = \frac{1000 \cdot V_T}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 28,85}{3,14 \cdot 11} = 835,26 \text{ (об/хв.)}$$

З ряду частот обертання шпинделя верстата обирається найближче значення, яке складає 835 об/хв.

Знайдемо крутний момент при свердлінні:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_P \text{ [Н·м]}, \quad (2.23)$$

де C_M – коефіцієнт, який враховує вид обробки, матеріал ріжучої частини і заготовки, а також подачу [1, 15-17];

q, y – показники степеня при діаметрі оброблюваного отвору та подачі відповідно [1, 15-17];

На основі знайдених значень, розраховується значення крутного моменту:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,021 \cdot 11^{2,0} \cdot 0,36^{0,8} \cdot 1 = 11,18 \text{ (Н·м)}.$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N_{різ} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{11,18 \cdot 835}{9750} = 0,96 \text{ (кВт)}.$$

Оскільки обробка здійснюється на токарно-револьверному верстаті моделі ГФ2171Р4, потужність якого складає $N_{верст} = 7,5$ кВт, то виконується умова $N_{верст} \geq N_{різ}$.

Операція – фрезерування поверхонь чотирьох бобишок $\varnothing 16$ мм.

Глибина різання $t = 1,7$ мм; подача $s = 0,2$ мм/об; діаметр оброблюваної поверхні – $\varnothing 16$ мм; матеріал ріжучої частини інструменту – ВК6. Період стійкості фрези [1, 15-17] для $D=1,5V=1,5 \cdot 16=24$. Приймаємо стандартну фрезу $D=25$ мм: $T=120$ хв.

Встановлюємо глибину різання. Припуск знімаємо за один прохід: $t=h=1,7$ мм.

Призначаємо подачу за один оберт фрези [1, 15-17] в залежності від матеріалу і потужності верстата вибираємо $S_Z=0,14 \div 0,24$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання, що допускається ріжучими властивостями фрези:

$$V_u = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot s_z^{y_v} \cdot B^{u_v} \cdot Z^{p_v}} \cdot K_v \text{ [мм/хв.]} \quad (2.24)$$

де K_v – поправковий коефіцієнт, який враховує фактори механічної обробки. Коефіцієнт K_v є добутком ряду коефіцієнтів:

K_{MV} – коефіцієнт, який враховує оброблюваний матеріал;

K_{PV} – коефіцієнт НП інструментальний матеріал;

K_{IV} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління.

Знайдемо поправковий коефіцієнт K_{MV} за наступною залежністю:

$$K_{MV} = \left(\frac{750}{HB} \right)^{n_v} = \left(\frac{190}{190} \right)^{1,25} = 1,0;$$

де n_v – показник степеню.

На основі обраних поправкових коефіцієнтів знаходимо:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV} = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,8;$$

$$V_u = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot s_z^{y_v} \cdot B^{u_v} \cdot Z^{p_v}} \cdot K_v = \frac{445 \cdot 25^{0,2}}{120^{0,32} \cdot 1,7^{0,15} \cdot 0,2^{0,35} \cdot 16^{0,2} \cdot 8^0} \cdot 0,8 = 136,36 \text{ (м/хв.)}$$

Тоді частоти обертання шпинделя становитимуть:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot V_{T1}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 136,36}{3,14 \cdot 25} = 1737,1 \text{ (об/хв.)}$$

З ряду частот обертання шпинделя верстата обираємо найближчі значення, які складають відповідно 1500 об/хв.

Таким чином, дійсні значення швидкості різання складатимуть:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 1500}{1000} = 117,75 \text{ (м/хв.)}$$

Хвилинна подача:

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n_d = 0,2 \cdot 8 \cdot 1500 = 2400 \text{ (мм/об)}. \quad (2.25)$$

Приймаємо $S_m = 1200$ мм/об.

На основі знайдених значень, розрахуємо значення сили різання [1, 15-17]:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_{P_z} \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^v} \cdot K_{MP} \text{ [Н]}, \quad (2.26)$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 1,7^{0,9} \cdot 0,2^{0,74} \cdot 16^{1,0} \cdot 8}{25^{1,0} \cdot 1500^0} \cdot 1 = 1347,76 \text{ (Н)};$$

K_{MP} – коефіцієнт, що знаходимо за співвідношенням [1, 15-17]:

$$K_{MP} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{190}{190} \right)^{1,0} = 1.$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N_{риз} = \frac{P_z \cdot V_d}{1020 \cdot 60} \text{ [кВт]}, \quad (2.27)$$

$$N_{риз} = \frac{1347,76 \cdot 117,75}{1020 \cdot 60} = 2,59 \text{ (кВт)}.$$

Оскільки обробка здійснюється на вертикально-фрезерному верстаті моделі ГФ2171Р4, потужність якого складає $N_{верст} = 7,5$ кВт, то виконується умова $N_{верст} \geq N_{риз}$.

Розподіл припусків та встановлення глибини різання по переходам наведено в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Розподіл припуску та встановлення глибини різання

№ операції	Найменування операцій з технічними переходами	Припуск, мм.	t, мм
1	2	3	4
005	Токарно-револьверна з ЧПК		
	1. Закріпити заготовку в 2-х кулачковий патрон.		
	2. Точити торець 1 попер.,	1,08	1,08
	фаску 8 однократно,	$1 \cdot 100\% = 1$	1
	поверхню 2,	$4,3 \cdot 70\% = 3,01$	3,01
	поверхню 3 попередньо.	1,08	1,08
	3. Точити поверхню 1,	0,48	0,48
	поверхню 2 напівчисто.	$4,3 \cdot 20\% = 0,86$	0,86
	4. Точити поверхню 1,	$1,5 \cdot 10\% = 0,15$	0,15
	поверхню 2,	$4,3 \cdot 8\% = 0,344$	0,344
	поверхню 3 остаточно.	0,48	0,48
	5. Точити поверхню 2 тонко.	$4,3 \cdot 2\% = 0,086$	0,086
	6. Розточити фаску 7	$1,5 \cdot 100\% = 1,5$	1,5
	однократно, поверхню 6	5,3	5,3
	з підрізанням торцю 5 і	$2,5 \cdot 70\% = 1,75$	1,75
	поверхню 4 попередньо.	$4,9 \cdot 70\% = 3,43$	3,43
	7. Розточити поверхню 6 напівчисто.	0,51	0,51
	8. Розточити поверхню 6	0,22	0,22
	з підрізанням торцю 5 і	$2,5 \cdot 30\% = 0,75$	0,75
	поверхню 4 остаточно.	$4,9 \cdot 30\% = 1,47$	1,47
	9. Розточити поверхню 6 тонко.	0,17	0,17
010	Вертикально-фрезерна з ЧПК		
	1. Встановити заготовку в 2-х кулачковий патрон.		
	2. Фрезерувати поверхню бобишки 1 однократно.	$1,7 \cdot 100\% = 1,7$	1,7
	3. Центрувати 4 отвори 2.	$2,5 \cdot 100\% = 2,5$	2,5
	4. Свердлити 4 отвори 2.	$5,5 \cdot 100\% = 5,5$	5,5
	5. Фрезерувати поверхню 3.	$3 \cdot 100\% = 3$	3

Табличні значення режимів різання [1, 15-17] наведено в таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Режими різання для модернізованого технологічного процесу обробки заготовки

№ операції	Назва операції з кількістю переходів	t, мм	S, мм/об	V _д , м/хв	n _{верст} , об/хв	N _{різ} , кВт	N _{верст} , кВт
1	2	3	4	5	6	7	8
005	Токарно-револьверна з ЧПК						
	1. Закріпити заготовку в 2-х кулачковий патрон.						
	2. Точити торець 1 попер.,	1,05	0,5	84,78	300	5,7	6,2
	фаску 2 однократно,	1					
	поверхню 3,	3,01					
	поверхню 4 попередньо.	1,19		126,23			
	3. Точити поверхню 1,	0,3	0,15	84,78			
	поверхню 3 попередньо.	0,86					
	4. Точити поверхню 1,	0,15	0,12	197,82	700		
	поверхню 3,	0,344					
	поверхню 4 остаточно.	0,51					
	5. Точити поверхню 3 остаточно.	0,086	0,05	339,12	1200		
	6. Розточити фаску 7	1,5	0,5	44,27	300		
	однократно, поверхню 6	5,3					
	з підрізанням торцю 5 і	1,75					
	поверхню 4 попередньо.	3,43		37,68			
	7. Розточити поверхню 6 попередньо.	0,51	0,15				
8. Розточити поверхню 6	0,22	0,12	130,31	700			
з підрізанням торцю 5 і	0,75						
поверхню 4 остаточно.	1,47						
9. Розточити поверхню 6 остаточно.	0,17			1200			
010	Вертикально-фрезерна з ЧПК						
	1. Встановити заготовку в 2-х кулачковий патрон.						
	2. Фрезерувати поверхню бобишки 1 однократно.	1,7	0,4	40,19	800	2,59	7,5
	3.Центрувати 4 отвори 2.	2,5	0,35	27,63			
	4. Свердли 4 отвори 2.	5,5	0,35			0,96	
	5. Фрезерувати поверхні 3 однократно.	3	0,4	125,6			

2.3.7 Визначення технічних норм часу

Норма штучно-калькуляційного часу $T_{шт-к}$ [1, 17]:

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

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

n – кількість деталей в партії настройки, шт.;

T_o – основний час, хв., визначається на основі прийнятих режимів різання.

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

де L – довжина робочого ходу супорта;

i – число перебігу;

S – подача;

n – частота обертання.

Допоміжний час складається з втрат часу на окремі прийоми:

$$T_{доп} = t_{установка} + t_{вкл. цикл} + t_{відв. відв} + t_{пов. рет. гол} + t_{контр} \text{ [хв.],} \quad (2.30)$$

де $t_{установка}$ – час на установку і зняття деталі вручну, хв.; $t_{вкл. цикл}$ – час на включення або виключення верстату, хв.; $t_{відв. відв}$ – час на підведення чи відведення інструменту, хв.; $t_{пов. рет. гол}$ – час на поворот револьверної головки, хв.; $t_{контр}$ – час на проведення контролю якості деталей, хв.

Розрахунок технічної норми часу для операції 010:

$$T_{осн\ 1} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{16 \cdot 1}{800 \cdot 0,4} = 0,05 \text{ (хв.)};$$

$$T_{осн\ 2} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{10 \cdot 4}{800 \cdot 0,35} = 0,134 \text{ (хв.)};$$

$$T_{осн\ 3} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{20 \cdot 4}{800 \cdot 0,35} = 0,286 \text{ (хв.)};$$

$$T_{осн\ 4} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{56 \cdot 1}{800 \cdot 0,4} = 0,175 \text{ (хв.)};$$

$$\Sigma T_{осн} = 0,654 \text{ (хв.)}.$$

Допоміжний час розраховується за формулою:

$$T_{доп} = 0,2 + 2 \cdot 0,01 + 8 \cdot 0,03 + 3 \cdot 0,02 + \left(\frac{0,22 + 0,09}{6} \right) = 0,572 \text{ (хв.)};$$

$$T_{опер} = T_{осн} + T_{доп} = 0,654 + 0,572 = 1,22 \text{ (хв.)};$$

$$T_{обсл} + T_{відп} = 12\% T_{опер} = 0,15 \text{ (хв.)};$$

$$T_{п.з} = 11 \text{ хв.}$$

$$T_{шт-к} = \frac{11}{83} + 0,654 + 0,572 + 0,15 = 1,51 \text{ (хв.)}$$

Для операції 005 розрахунки виконано аналогічно.

Результати розрахунків представлені в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Норми часу

Операція	$T_{осн}$, хв.	$T_{доп}$, хв.	$T_{оп}$, хв.	$T_{обс} + T_{відп}$, хв.	$T_{п-з}$, хв.	$T_{шт-к}$, хв.
005	2,43	0,851	3,28	0,39	20	3,91
010	0,654	0,572	1,22	0,15	11	1,51

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА 01.П02.006»

3.1 Розрахунок приведеної програми

Проектування ділень і цехів в умовах одиничного, дрібносерійного і серійного виробництва виконують по приведеній програмі [2, 18].

Загальний коефіцієнт приведення:

$$K_{\text{пр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_n, \quad (3.1)$$

де K_1 – коефіцієнт приведення по масі; K_2 – коефіцієнт приведення по серійності; K_3 – коефіцієнт приведення по складності; K_n – коефіцієнт приведення, який враховує інші особливості об'єкта.

Коефіцієнт, який враховує різницю в масі оброблюваних деталей виробу (для геометрично подібних деталей):

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_1}{m_{\text{пр}}}\right)^2}, \quad (3.2)$$

яка виражає співвідношення мас розглядуваної деталі і деталі-представника.

Коефіцієнт приведення по серійності K_2 враховує зміни в трудомісткості обробки чи складання при зміні програми випуску. В практиці проектування цей коефіцієнт визначають по емпіричній формулі:

$$K_2 = \left(\frac{N_{\text{пр}}}{N_i}\right)^{\sigma}, \quad (3.3)$$

де $N_{\text{пр}}$ і N_i – програма випуску відповідно виробу-представника і виробу,

який проводиться;

α – показник степені; $\alpha=0,15$ для об'єктів легкого і середнього машинобудування; $\alpha=0,2$ для об'єктів важкого машинобудування.

Коефіцієнт приведення по складності K_3 враховує вплив технологічності конструкції на верстатомісткість обробки або трудомісткість складання. Для однорідних деталей групи:

$$K_3 = \left(\frac{\overline{K_{T3}}}{\overline{K_{T.p.n.}}} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\overline{R_{\alpha_1}}}{\overline{R_{\alpha_{p.n.}}}} \right)^{\alpha_2}, \quad (3.4)$$

де $\overline{K_{T3}}$ і $\overline{K_{T.p.n.}}$ – середні значення квалітету точності деталі, що приводиться і деталі – представника;

$\overline{R_{\alpha_1}}$ і $\overline{R_{\alpha_{p.n.}}}$ – середні значення параметра R_a шорсткості поверхні деталі, що приводиться і деталі – представника.

$$\overline{K_T} = \frac{\sum K_T}{\sum n_T} \quad (3.5)$$

$$\overline{R_a} = \frac{\sum P_{ak} n_k}{\sum n_k} \quad (3.6)$$

де K_j – j-й квалітет; n_j – кількість розмірів j-го квалітету; P_{ak} – значення R_a k-ї поверхні деталі; n_k – кількість поверхонь, що мають R_a .

Добуток всіх коефіцієнтів приведення має загальне значення коефіцієнта приведення для розглядуваної деталі, складальної одиниці чи виробу. Приведена програма для кожного виробу визначається добутком заданої програми випуску на загальний коефіцієнт приведення.

$$N_{пр} = N_i \cdot K_{пр}, \quad (3.7)$$

де N_i – задана програма випуску i-ої деталі чи виробу.

Таблиця 3.1 – Параметри точності і шорсткості деталей:

Деталі	Маса	Програма випуску	Квалітети точності / Шорсткість								
Кришка 01.П02.006 (розрахунковий представник)	1,05	7000	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	-	2	-	-	1	5	2	2
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5		
			-	-	3	-	1	3	6		
Кришка 2	1,2	7000	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	3	2	3	1	-	3	-	7
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5		
			-	3	2	3	1	3	7		
Кришка 3	1,4	7000	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	-	4	2	2	-	3	-	8
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5		
			-	-	4	2	2	3	8		
Фланець 1	1,5	10000	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			1	2	3	-	-	-	4	-	6
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5		
			1	2	3	-	-	4	6		
Фланець 2	3,2	4000	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	3	2	4	2	-	3	-	5
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5		
			-	3	2	4	2	3	5		

Розрахунок коефіцієнтів приведення:

$$K_{1,1} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_1}{m_{pm}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{1,2}{1,05}\right)^2} = \sqrt[3]{1,31} = 1,09$$

$$K_{1,2} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_1}{m_{pm}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{1,4}{1,05}\right)^2} = \sqrt[3]{1,33} = 1,09$$

$$K_{1,3} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_1}{m_{pm}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{1,5}{1,05}\right)^2} = \sqrt[3]{1,4} = 1,12$$

$$K_{1,4} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_1}{m_{pm}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{3,2}{1,05}\right)^2} = \sqrt[3]{3,05} = 1,45$$

$$K_{2.1} = \left(\frac{N_{pn}}{Ni} \right)^{\alpha} = \left(\frac{7000}{7000} \right)^{0.15} = 1$$

$$K_{2.2} = \left(\frac{N_{pn}}{Ni} \right)^{\alpha} = \left(\frac{7000}{7000} \right)^{0.15} = 1$$

$$K_{2.3} = \left(\frac{N_{pn}}{Ni} \right)^{\alpha} = \left(\frac{7000}{10000} \right)^{0.15} = 0,9479$$

$$K_{2.4} = \left(\frac{N_{pn}}{Ni} \right)^{\alpha} = \left(\frac{7000}{4000} \right)^{0.15} = 1,088$$

$$K_{3.1} = \left(\frac{\overline{K_{Ti}}}{\overline{K_{T.p.n.}}} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\overline{R_{a_1}}}{\overline{R_{a_{p.n.}}}} \right)^{\alpha_2} = 0,726$$

$$K_{3.2} = \left(\frac{\overline{K_{Ti}}}{\overline{K_{T.p.n.}}} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\overline{R_{a_1}}}{\overline{R_{a_{p.n.}}}} \right)^{\alpha_2} = 0,6824$$

$$K_{3.3} = \left(\frac{\overline{K_{Ti}}}{\overline{K_{T.p.n.}}} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\overline{R_{a_1}}}{\overline{R_{a_{p.n.}}}} \right)^{\alpha_2} = 0,6824$$

$$K_{3.4} = \left(\frac{\overline{K_{Ti}}}{\overline{K_{T.p.n.}}} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\overline{R_{a_1}}}{\overline{R_{a_{p.n.}}}} \right)^{\alpha_2} = 0,726$$

Таблиця 3.2 – Відомість розрахунку приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт.	Маса, т	Коефіцієнт приведення				Приведена програма на річний випуск
			по масі	по серійності	по складності	загальний	
Розрах. представник	7000	1,05	1,0	1,0	1,0	1,0	7000
Кришка 2	7000	1,2	1,09	1,0	0,726	1,485	8226
Кришка 3	7000	1,4	1,09	1,0	0,6824	1,41	7341
Фланець 1	10000	1,5	1,12	0,9479	0,6824	1,4	10143
Фланець 2	4000	3,2	1,45	1,088	0,726	2,84	13011
Всього	35000	8,35	-	-	-	-	Σ 45721

Приймаємо приведену програму 45720 шт.

3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Розрахункова кількість верстатів для вибраного варіанту технологічного процесу [1, 2, 18]:

$$C_p = \frac{N \cdot T_{шт.к.}}{60 \cdot F_d}, \quad (3.8)$$

де N – приведена програма випуску деталі «Кришка 01.П02.006»;

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

F_d – дійсний фонд роботи обладнання (для верстатів з ЧПК при роботі в 2 зміни $F_d = 3890$ год.).

Кількість верстатів для даної деталі на операції 005 складе:

$$C_{p005} = \frac{45720 \cdot 3,91}{60 \cdot 3890} = 0,77, \quad C_{p005 пр} = 1.$$

Кількість верстатів на операції 010 складе:

$$C_{p010} = \frac{45720 \cdot 1,51}{60 \cdot 3890} = 0,3, \quad C_{p010 пр} = 1.$$

Коефіцієнт завантаження верстата η_z визначається як відношення розрахункової кількості верстатів C_p до прийнятої (фактичної) кількості $C_{p пр}$:

$$\eta_z = \frac{C_p}{C_{пр}}, \quad (3.9)$$

$$\eta_{z005} = \frac{C_{p005}}{C_{p005 пр}} = \frac{0,77}{1} = 0,77;$$

$$\eta_{\rho 010} = \frac{C_{\rho 010}}{C_{\rho 010 \text{ оп}}} = \frac{0,3}{1} = 0,3.$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{\text{зопр}} = \frac{0,77 + 0,3}{2} = 0,535.$$

Завантаження верстатів на операціях є надто низьким, їх необхідно довантажити обробкою інших деталей.

Коефіцієнт використання обладнання за основним часом η_o відповідає частці машинного часу в загальному часі роботи верстата. Він визначається як відношення основного часу до штучно-калькуляційного:

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{\text{штк}} - K}. \quad (3.10)$$

$$\eta_{o005} = 2,43/3,91 = 0,62;$$

$$\eta_{o010} = 0,654/1,51 = 0,43.$$

Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом:

$$\eta_{\text{оср}} = \frac{0,62 + 0,43}{2} = 0,525.$$

3.3 Побудова графіків завантаження обладнання

Будуємо графік завантаження обладнання (рис. 3.1) та графік використання обладнання за основним часом (рис. 3.2).

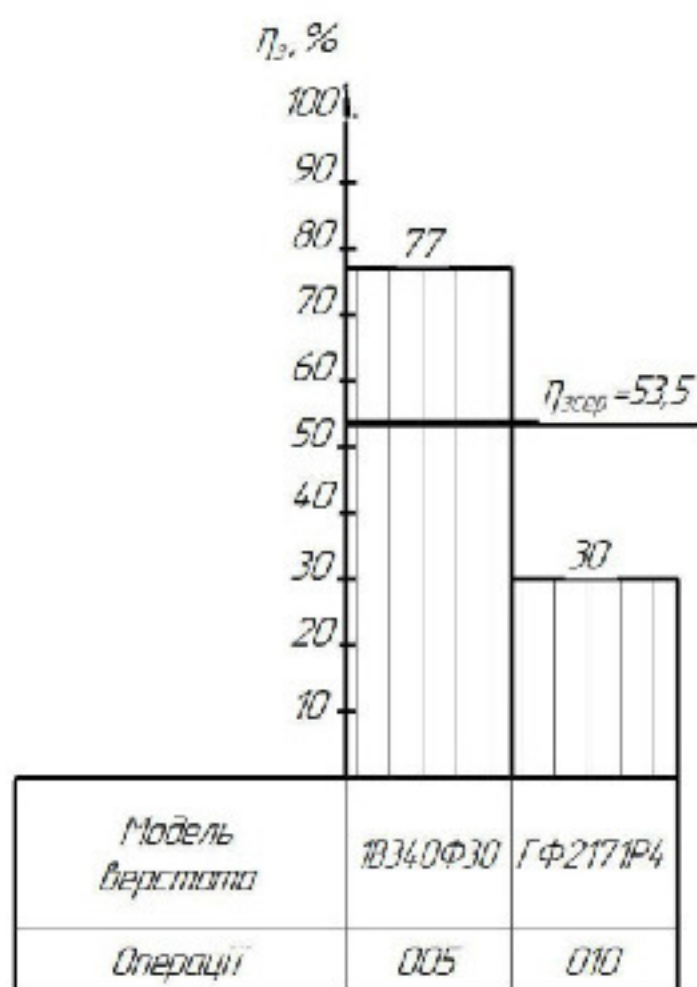


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

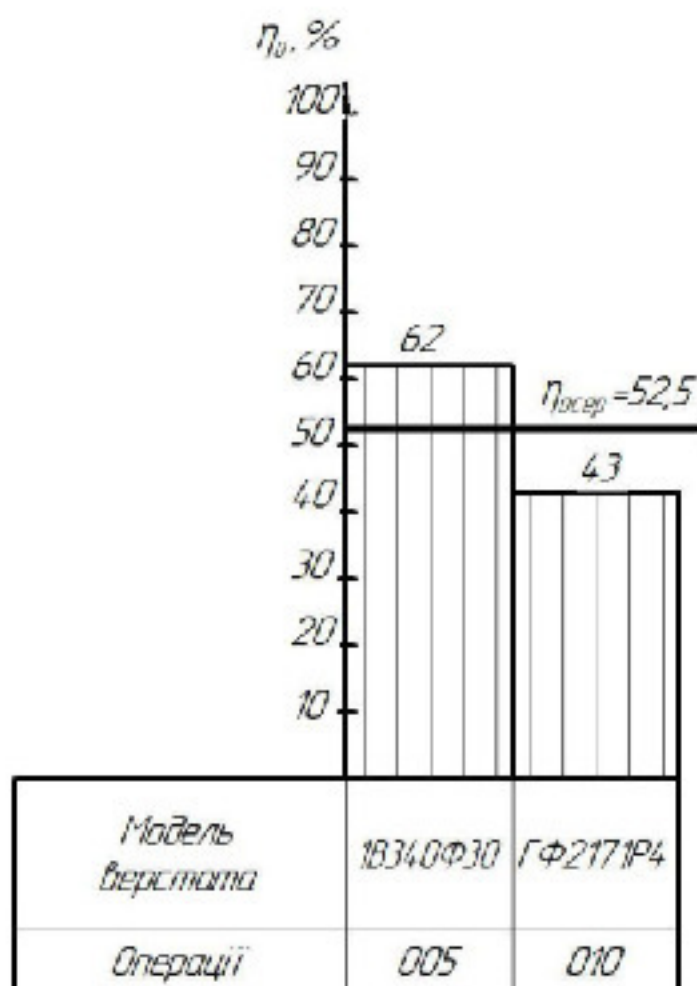


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Висновок. Коефіцієнт завантаження обладнання є нижчим нормативного рекомендованого значення для серійного виробництва (0,75-0,85) за рахунок невисокого завантаження верстатів на операціях 005-010. Верстати на цих

операціях необхідно довантажити обробкою інших деталей, що дасть можливість підвищити коефіцієнт завантаження.

Коефіцієнт використання обладнання за основним часом є досить високим, що свідчить про правильність побудови технологічного процесу.

3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці

Визначення кількості основних робітників [2, 18]:

$$P_{осн} = \frac{\sum T_{шт.к.} \cdot N}{F_{др} \cdot K_{б.обсл} \cdot 60}, \quad (3.11)$$

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

N – річна приведена програма випуску деталі;

$F_{др}$ – дійсний фонд роботи робітника;

$K_{б.обсл}$ – коефіцієнт обслуговування.

$$P_{осн\ 005} = \frac{\sum T_{шт.к.} \cdot N}{F_{др} \cdot K_{б.обсл} \cdot 60} = \frac{3,91 \cdot 45720}{1860 \cdot 1 \cdot 60} = 1,6 \text{ (прийнято 2 чол.)}$$

$$P_{осн\ 010} = \frac{\sum T_{шт.к.} \cdot N}{F_{др} \cdot K_{б.обсл} \cdot 60} = \frac{1,51 \cdot 45720}{1860 \cdot 1 \cdot 60} = 0,6 \text{ (прийнято 1 чол.)}$$

Оскільки при операції 005 на основного робітника припадає 80% роботи на даній дільниці, то його необхідно довантажити на 20% роботою з інших дільниць.

На операції 010 на основного робітника припадає 60% роботи на даній дільниці, то його необхідно довантажити на 30% роботою з інших дільниць.

Оскільки робота в дві зміни, то кількість основних робітників – 3 чол., із них по 1 робітнику в зміну на операції 005, на операції 010 робітник над даними деталями працює лише в першу зміну.

Кількість допоміжних робітників складає 20-25% від $P_{осн}$:

$$P_{доп. роб} = 3 \cdot 0,25 = 0,75 \text{ (прийнято 1 допоміжного робітника).}$$

Кількість інженерно-технічних робітників:

$$P_{\text{ітр}} = (0,15 \dots 0,24) \cdot 2 = 0,3 \dots 0,48;$$

прийнято $P_{\text{ітр}} = 1$.

Оскільки на інженерно-технічного робітника припадає лише 30-48% роботи на даній ділянці, то його необхідно довантажити роботою на інших ділянках.

Кількість службовців:

$$P_{\text{скл}} = (0,012 \dots 0,022) \cdot 3 = 0,036 \dots 0,044;$$

прийнято $P_{\text{скл}} = 1$.

Оскільки службовець завантажений лише на 3,6-4,4% на даній ділянці, то його необхідно довантажити роботою на інших ділянках.

Молодший обслуговуючий персонал:

$$P_{\text{моп}} = (0,01 \dots 0,02) \cdot 6 = 0,06 \dots 0,012;$$

прийнято $P_{\text{моп}} = 1$.

Даний робітник має обслуговувати інші ділянки, так як на даній він завантажений роботою лише на 6-12%.

Отримані дані занесемо до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Відомість складу працюючих ділянки

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники	розрахунок		3
Допоміжні робітники	20...25%	0,6...0,75	1
ІТР	15...24%	0,3...0,48	1
СКП	1,2...2,2%	0,036...0,044	1
МОП	1-2%	0,06...0,012	1

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз умов праці

На ділянці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 01.П02.006» діють шкідливі і небезпечні фактори фізичної, психофізіологічної груп.

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

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

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

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

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

4.1.2 Електробезпека

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

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

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

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

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

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

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Роботи, що виконуються на механічній ділянці відносяться до робіт середньої важкості – II б. Норми для даних робіт вибираються за [19]. Інтенсивність теплового випромінювання, не повинна перевищувати 100 Вт/м при опроміненні не більше 25% поверхні тіла.

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

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

Таблиця 4.1 – Показники мікроклімату

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

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

В наслідок роботи інструменту та обладнання при більшості операцій

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

4.2.2 Освітлення

Виробничі приміщення промислових підприємств по задачах зорових робіт відносяться до першої групи приміщень, в яких відбувається розпізнавані об'єктів зорової роботи при фіксованому напрямку лінії зору працюючих і робочу поверхню згідно [20].

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

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

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

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

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

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

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

m – коефіцієнт світлового клімату;

c – коефіцієнт сонячності клімату.

Природне освітлення:

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

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

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

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

- найбільша 500 лм;
- найменша 150 лм.

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

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

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

Показник засліпленості для світильників загального освітлення в

приміщеннях не повинен перевищувати – 20.

4.2.3 Шум

Джерелами шуму в механічному цеху є робота інструментів та обладнання. Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях в виробничих приміщеннях і на територіях підприємств згідно [21] представленні в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Нормування значень рівнів шуму

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

В якості акустичних засобів захисту від шуму застосовуються:

- звукопоглинаючі обшивки на редукторах приводів - корпус коробки швидкостей;
- звукоізоляція каналів витяжної вентиляції багат шаровими перегородками,
- звукоізолюючі кожухи на клинопасових передачах. Коли ці засоби виявляються не ефективними, потрібно використовувати засоби індивідуального захисту від шуму: шлеми, беруші.

4.2.4 Вібрація

Санітарні норми одночислових показників вібраційного навантаження працівника для довговічності зміни вісім годин приведені згідно [22] в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Категорія вібрації по санітарним нормам і критерії оцінки

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

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

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

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

4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки

Виробництво на даній ділянці відноситься до категорії "Д", яка характеризується наявністю тільки негорючих матеріалів і речовин в холодному стані [24-27].

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

Таблиця 4.5 – Мінімальні межі вогнестійкості приміщення

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ВИСНОВКИ

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

В роботі спроектовано технологічний процес механічної обробки деталі типу «Кришка 01.П02.006». При цьому згідно заданої програми випуску розрахункового представника визначено тип та форму організації виробництва, виконано аналіз технологічності конструкції деталі, розглянуті можливі методи та способи виготовлення заготовки та вибрано оптимальний на основі техніко-економічних розрахунків, вибрані методи обробки поверхонь деталі, чорнові та чистові бази для виконання операцій механічної обробки, проведено розмірний аналіз технологічного процесу, розраховані припуски (аналітичним способом) на обробку отвору, режими різання, норми часу.

Для визначення необхідної кількості верстатів для виконання механічної обробки та забезпечення їх нормального завантаження підібрані аналогічні (за технологією обробки) деталі та розраховано приведену програму. Встановлено кількість працюючих, які забезпечать роботу верстатів на дільниці механічної обробки деталі типу «Кришка 01.П02.006».

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

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Пурдик В. П. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2013. 123 с.
2. Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Савуляк В. В., Сердюк О. В. Механоскладальні ділянки та цехи в машинобудуванні : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2015. 148 с.
3. Дерібо О. В., Лозінський Д. О., Сердюк О. В. Технології для верстатів з числовим програмним керуванням: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс]. Вінниця : ВНТУ, 2023. 116 с. Режим доступу : https://iq.vntu.edu.ua/method/getfile.php?fname=5927.pdf&card_id=1949&id=5927.
4. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. К. : Вища школа, 1993. 414 с.
5. Рудь В. Д. Курсове проектування з технології машинобудування. К. : ІСДО, 1996. 300 с.
6. Юрчишин І. І., Литвиняк Я. М., Грицай І. Є., Кукляк М. Л., Кусий Я. М., Ступницький В. В., Яцюк В. А., Кук А. М., Махоркін Є. М., Свізінський В. П. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт : навчальний посібник / за ред. І. І. Юрчишина, Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.
7. 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.
8. Дусанюк Ж. П., Шиліна О. П., Репінський С. В., Дусанюк С. В. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литьє заготовки: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2009. 199 с.

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

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

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

12. 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>.

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

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

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

16. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

17. Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. Під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ДОДАТКИ

Додаток А (обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 01.П02.006»

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

Підрозділ кафедра технологій та автоматизації машинобудування, ФМТ, гр. ІПМ-20бз
(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Науковий керівник Репінський С. В., доцент каф. ТАМ
(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

Plagiat.pl (StrikePlagiarism)		Unicheck	
КП1		Оригінальність	83,3
КП2			
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	16,7

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

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

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

Автор _____
(підпис)

Левіщенко М. П.
(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Робота може бути допущена до захисту

Особа, відповідальна за перевірку _____
(підпис)

Лозінський Д. О.
(прізвище, ініціали)

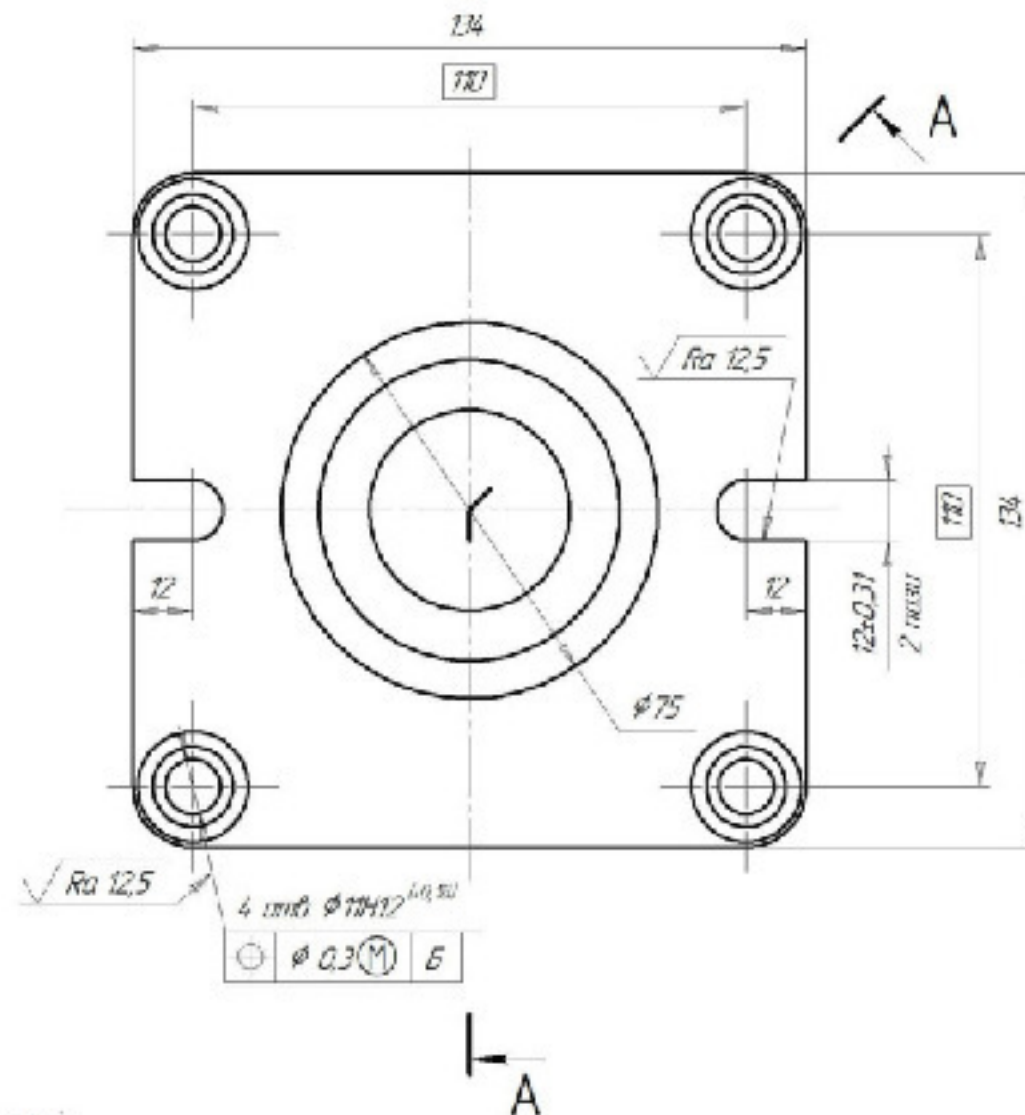
Експерт _____
(за потреби) (підпис)

(прізвище, ініціали, посада)

Додаток Б
(обов'язковий)

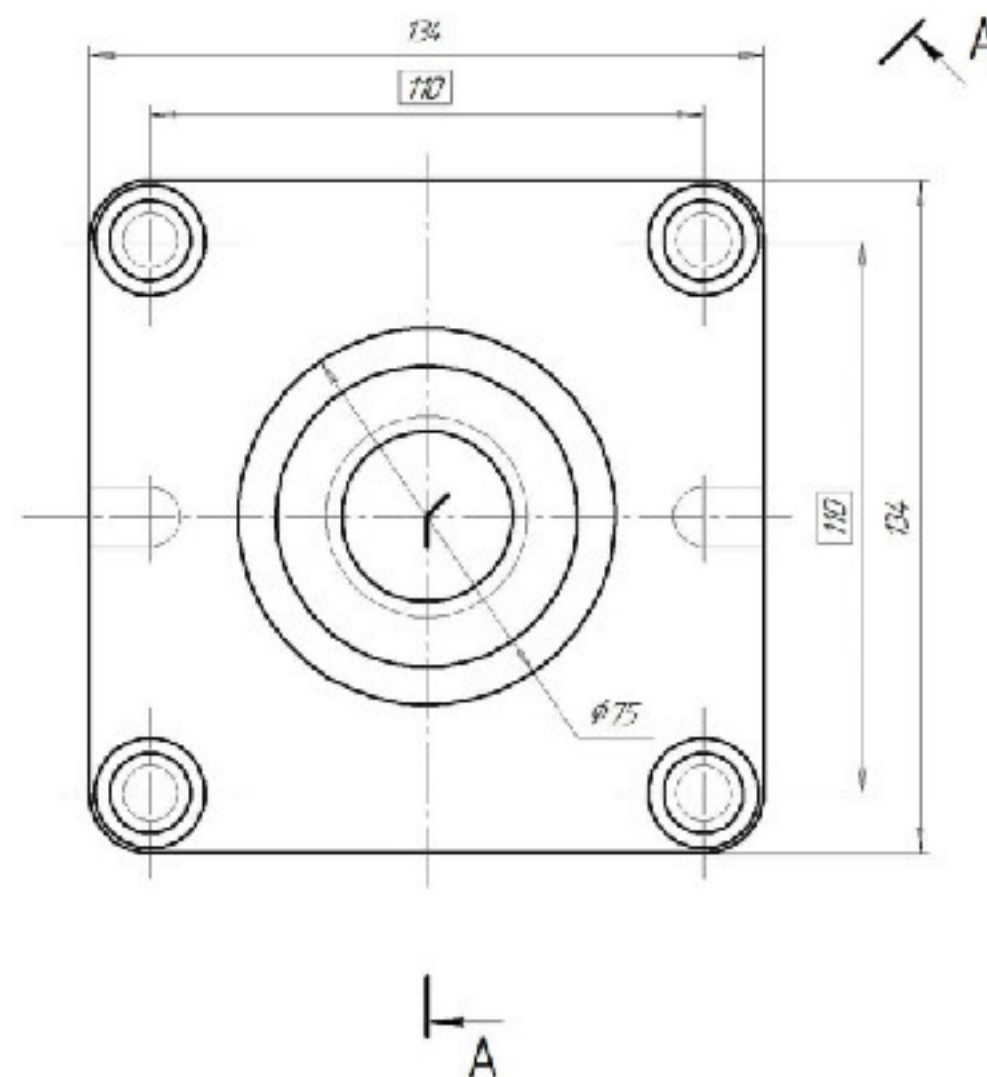
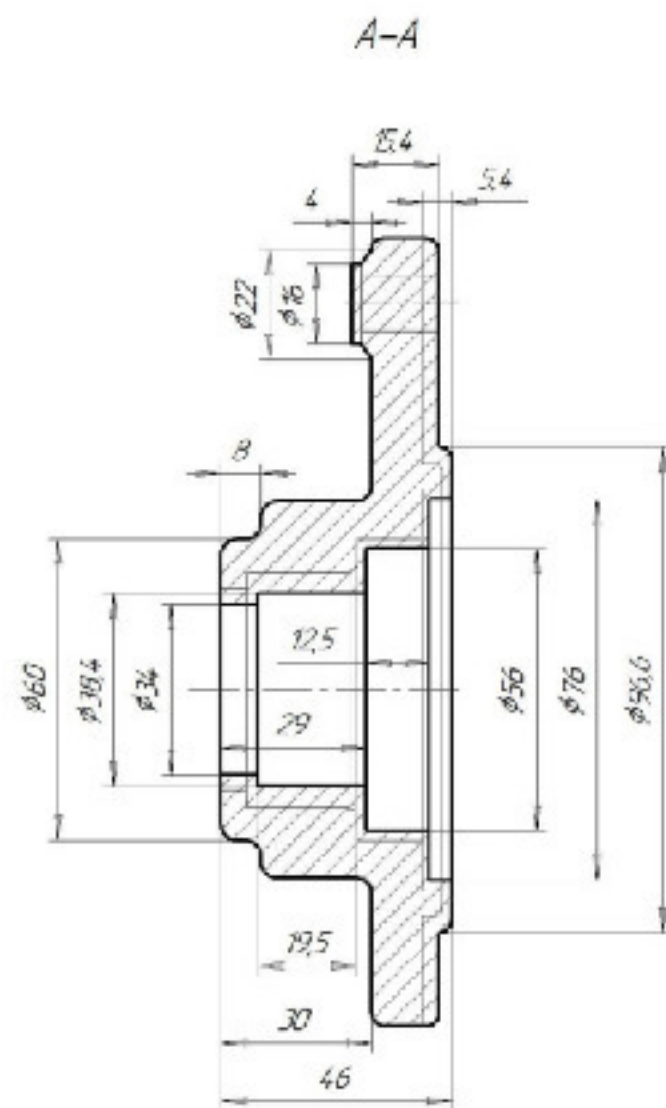
ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА 01.П02.006»

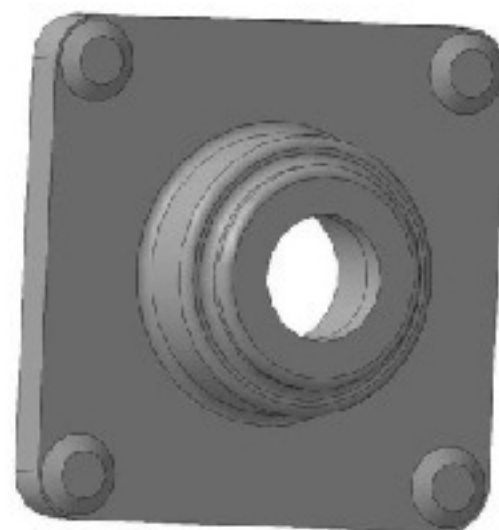


1. Розміри для довідок
2. Допустимі відхилення на розміри вилупка за ГОСТ 26645-85
3. Недозволені лінійні нахили за ГОСТ 3212-80
4. Невідповідні явищні риндуги 2-3 мм
5. H14, h14, H14/2

						08-64.БДР.00100.001			
Имя	Адрес	№ докум.	Лист	Сери		Кришка 01П02.006	Авт.	Маск	Печата
Назад		Входная ID							105
Прав		Результат CB					Авт		Авт
Глав						С420 ГОСТ 1412-85	ВНЧ ст. гр. 171-2053		
Назад		Входная ID							
Прав		Результат CB							



3D-модель вилітка



1. Точність вилітка 10-6-11-10 ГОСТ 26645-85
2. Маса 105 0,2 0,13-138 ГОСТ 26645-85
3. Навказані на кресленні радіуси заокруглень 2,5 мм, внутрішні радіуси 5 мм.

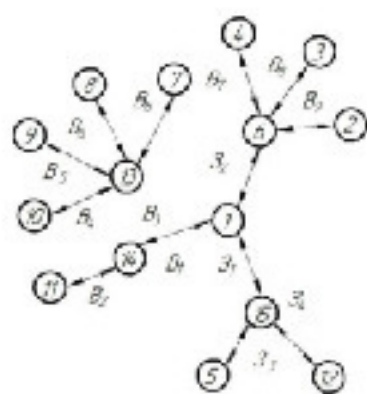
						08-64.БДР.00100.002			
Вид	Лист	№ докум.	Лист	Дата	Кришка (виліток)		Дет.	Маса	Масовість
Рисув.		Деталь 191						1,38	1,1
Проф.		Рисуваний 1/8							
Технік							Деталь	Деталь	
Мастер		Деталь 191			С420 ГОСТ 1412-85		ВНТЦ		
Учб.		Кришка 1/8					ст. зр. 1781-2003		
Копіювати						Матриця А2			

Маршрут механічної обробки

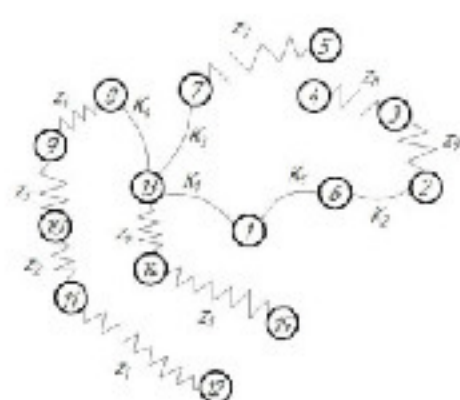
№ оп-ції	Назва операції, переходи	Ескіз обробки, схема установки	Тип обладнання																																	
005	Токарно-револьверна з ЧПК 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити по контуру поверхню 1 попередньо в розмір 44,15 мм, фаску 2 однакратно, поверхні 3, 4 попередньо в розміри $\phi 90,7$ мм, 15,75 мм. 3. Точити поверхню 1 остаточно, поверхні 3, 4 попередньо в розміри $\phi 90,3$ мм, 14,75 мм. 4. Точити поверхні 3, 4 попередньо в розміри $\phi 90,1$ мм, 14,25 мм. 5. Точити поверхні 3, 4 остаточно. 6. Розточити по контуру поверхні 5, 6, фаску 7 однакратно, 8, 9, 10 попередньо в розміри $\phi 45,92 \pm 0,195$ мм, 23 мм, $\phi 38$ мм. 7. Розточити поверхню 8 попередньо в розмір $\phi 46,58 \pm 0,05$ мм, 9, 10 остаточно. 8. Розточити поверхню 8 попередньо в розмір $\phi 46,82 \pm 0,031$ мм. 9. Розточити поверхню 8 остаточно. 10. Зняти заготовку.	Technical drawing of a mechanical part for operation 005. The drawing includes a cross-section A-A and a side view. The part has a central shaft with various diameters and lengths. Key features include a top flange with a central hole, a main body with a central hole, and a bottom flange. Dimensions are given in mm. Surface roughness symbols (Ra) are present. A table of tolerances is included. <table><tr><th>Feature</th><th>Symbol</th><th>Value</th></tr><tr><td>Surface 1</td><td>$\phi 0,1$</td><td>B</td></tr><tr><td>Surface 2</td><td>$\phi 0,05$</td><td>B</td></tr><tr><td>Surface 3</td><td>$\phi 0,03$</td><td>A</td></tr><tr><td>Surface 4</td><td>$\phi 0,03$</td><td>A</td></tr><tr><td>Surface 5</td><td>$\phi 0,03$</td><td>A</td></tr><tr><td>Surface 6</td><td>$\phi 0,03$</td><td>A</td></tr><tr><td>Surface 7</td><td>$\phi 0,03$</td><td>A</td></tr><tr><td>Surface 8</td><td>$\phi 0,03$</td><td>A</td></tr><tr><td>Surface 9</td><td>$\phi 0,03$</td><td>A</td></tr><tr><td>Surface 10</td><td>$\phi 0,03$</td><td>A</td></tr></table>	Feature	Symbol	Value	Surface 1	$\phi 0,1$	B	Surface 2	$\phi 0,05$	B	Surface 3	$\phi 0,03$	A	Surface 4	$\phi 0,03$	A	Surface 5	$\phi 0,03$	A	Surface 6	$\phi 0,03$	A	Surface 7	$\phi 0,03$	A	Surface 8	$\phi 0,03$	A	Surface 9	$\phi 0,03$	A	Surface 10	$\phi 0,03$	A	Токарно-револьверний з ЧПК 18340Ф30
Feature	Symbol	Value																																		
Surface 1	$\phi 0,1$	B																																		
Surface 2	$\phi 0,05$	B																																		
Surface 3	$\phi 0,03$	A																																		
Surface 4	$\phi 0,03$	A																																		
Surface 5	$\phi 0,03$	A																																		
Surface 6	$\phi 0,03$	A																																		
Surface 7	$\phi 0,03$	A																																		
Surface 8	$\phi 0,03$	A																																		
Surface 9	$\phi 0,03$	A																																		
Surface 10	$\phi 0,03$	A																																		
010	Вертикально-фрезерна з ЧПК 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати поверхні боцінок 1 однакратно. 3. Центрувати 4 отв. 2 в розміри $\phi 5$ мм, $l=4$ мм. 4. Свердлити 4 отв. 2. 5. Фрезерувати послідовно 2 пази 3 однакратно. 6. Зняти деталь.	Technical drawing of a mechanical part for operation 010. The drawing includes a cross-section A-A and a top view. The part has a square base with four holes and a central circular feature. Dimensions are given in mm. Surface roughness symbols (Ra) are present. A table of tolerances is included. <table><tr><th>Feature</th><th>Symbol</th><th>Value</th></tr><tr><td>Surface 1</td><td>$\phi 0,1$</td><td>B</td></tr><tr><td>Surface 2</td><td>$\phi 0,05$</td><td>B</td></tr><tr><td>Surface 3</td><td>$\phi 0,03$</td><td>A</td></tr><tr><td>Surface 4</td><td>$\phi 0,03$</td><td>A</td></tr><tr><td>Surface 5</td><td>$\phi 0,03$</td><td>A</td></tr><tr><td>Surface 6</td><td>$\phi 0,03$</td><td>A</td></tr><tr><td>Surface 7</td><td>$\phi 0,03$</td><td>A</td></tr><tr><td>Surface 8</td><td>$\phi 0,03$</td><td>A</td></tr><tr><td>Surface 9</td><td>$\phi 0,03$</td><td>A</td></tr><tr><td>Surface 10</td><td>$\phi 0,03$</td><td>A</td></tr></table>	Feature	Symbol	Value	Surface 1	$\phi 0,1$	B	Surface 2	$\phi 0,05$	B	Surface 3	$\phi 0,03$	A	Surface 4	$\phi 0,03$	A	Surface 5	$\phi 0,03$	A	Surface 6	$\phi 0,03$	A	Surface 7	$\phi 0,03$	A	Surface 8	$\phi 0,03$	A	Surface 9	$\phi 0,03$	A	Surface 10	$\phi 0,03$	A	Вертикально-фрезерний з ЧПК ГФ217Р4
Feature	Symbol	Value																																		
Surface 1	$\phi 0,1$	B																																		
Surface 2	$\phi 0,05$	B																																		
Surface 3	$\phi 0,03$	A																																		
Surface 4	$\phi 0,03$	A																																		
Surface 5	$\phi 0,03$	A																																		
Surface 6	$\phi 0,03$	A																																		
Surface 7	$\phi 0,03$	A																																		
Surface 8	$\phi 0,03$	A																																		
Surface 9	$\phi 0,03$	A																																		
Surface 10	$\phi 0,03$	A																																		

Розмірний аналіз технологічного процесу

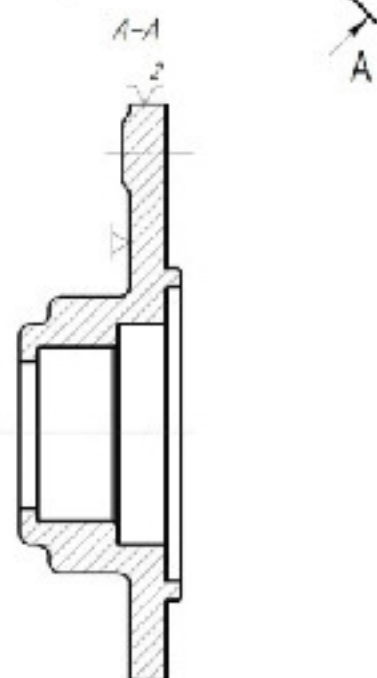
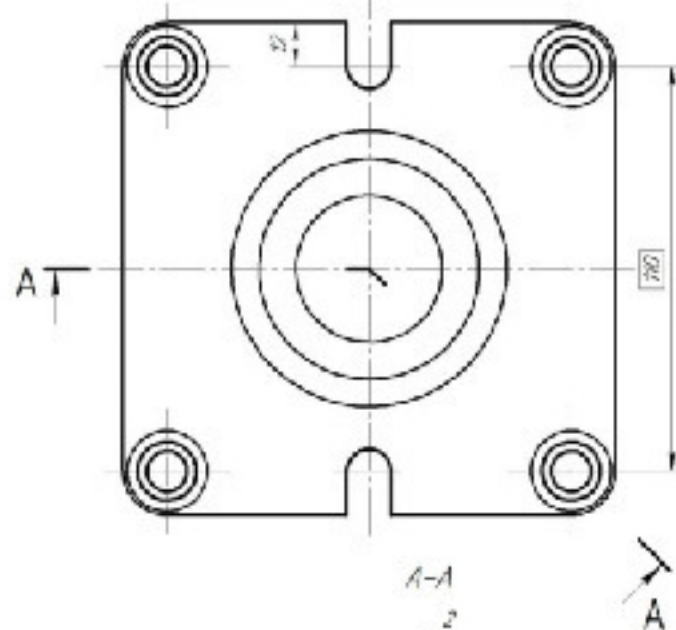
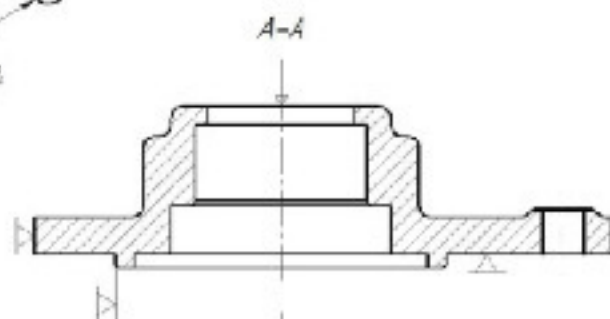
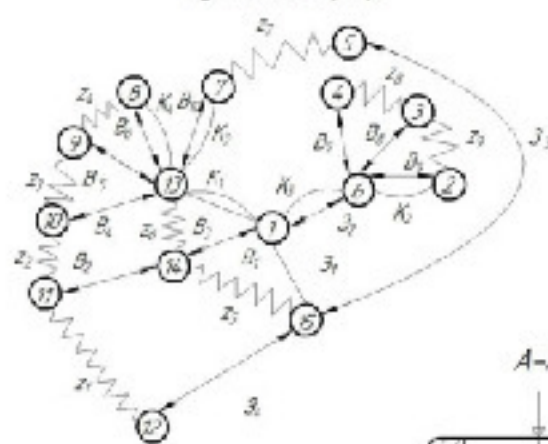
Похідне граф-дерево



Вихідне граф-дерево

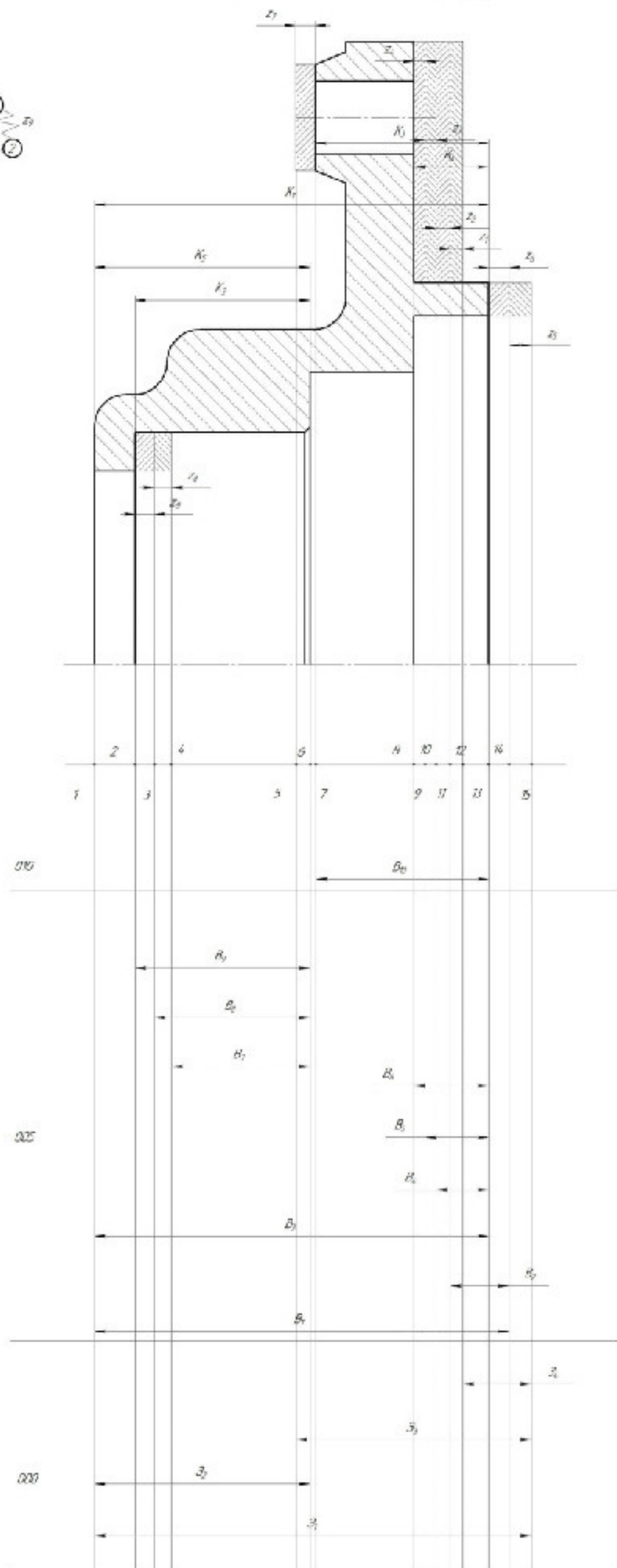


Суммарный граф

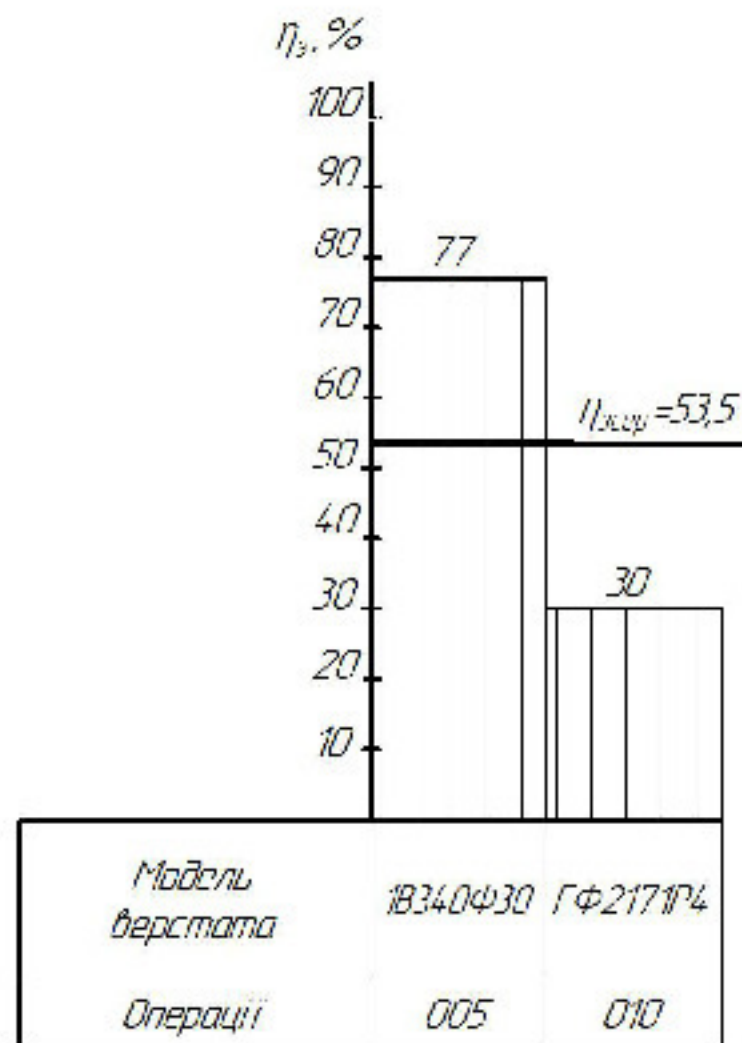


Технологічні розміри, розміри заготовки, пропуски

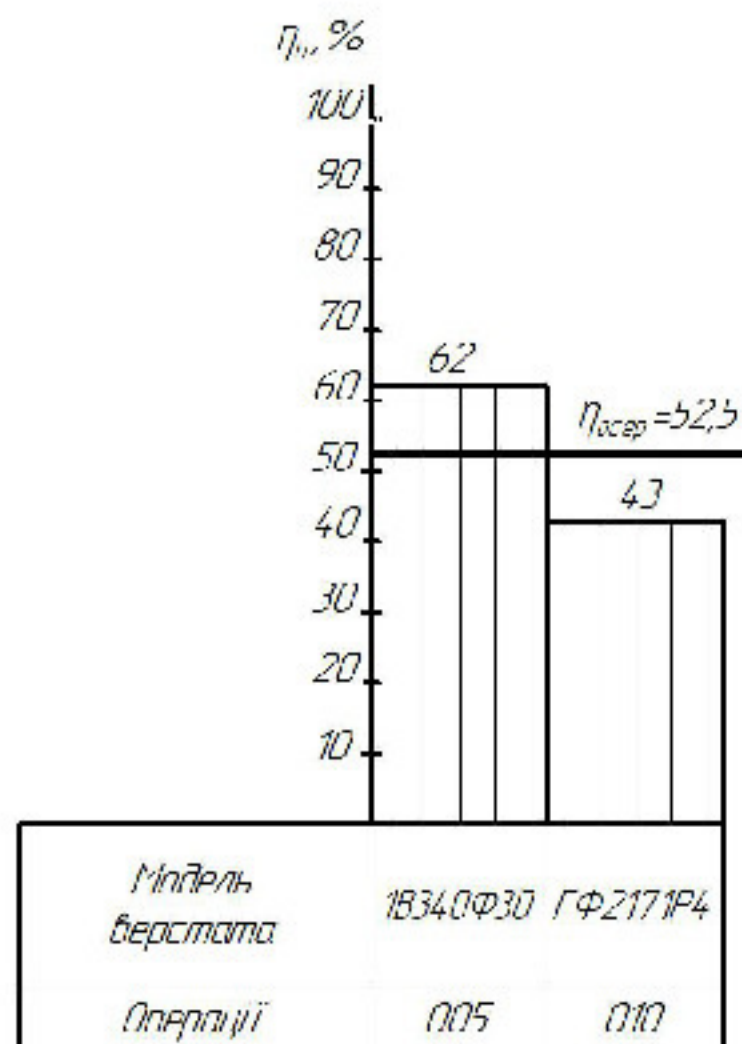
Розмірна схема технологічного процесу



Графіки завантаження обладнання



Графік завантаження обладнання



Графік використання обладнання за основним часом