

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))

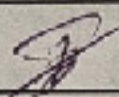
Бакалаврська дипломна робота

на тему:

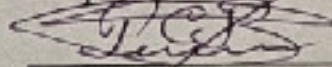
«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ “ВАЖІЛЬ Б03.Н.01.006”»

Виконав: студент 4 курсу, групи ІПМ-206
спеціальності 131 – Прикладна механіка

(бифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

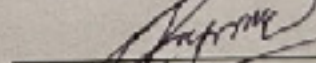
 Олександр БРИЖАК

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

 Сергій РЕПНІСЬКИЙ

« 06 » 06 2024 р.

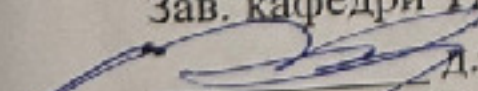
Рецензент: к.т.н., доц., доцент каф. АТМ

 Володимир КУЖЕЛЬ

« 12 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри ТАМ

 д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ

« 07 » 06 2024 р.

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

 Брижаку Олександрю Анатолійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу
«Важіль Б03.Н.01.006»

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 .

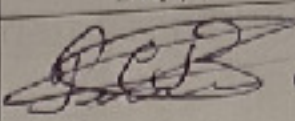
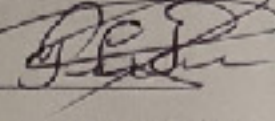
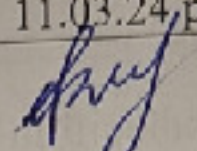
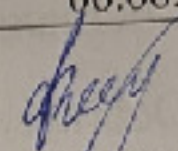
2. Термін подання студентом роботи: 14 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Важіль Б03.Н.01.006»; річна програма
випуску 12 000 шт.; довідкова література

4. Зміст текстової частини: анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі
типу «Важіль»; розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки
деталі типу «Важіль Б03.Н.01.006»; розрахунок елементів ділянки механічної
обробки заготовки деталі типу «Важіль Б03.Н.01.006»; охорона праці; висновки;
список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
деталь «Важіль Б03.Н.01.006» (А2); 3D-модель деталі «Важіль Б03.Н.01.006» (А1);
важіль (виливок) (А2); 3D-модель заготовки (А1); маршрут механічної обробки
(А1); розмірний аналіз технологічного процесу (А1); карта налагоджень (операція
005) (2А1); 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 ГБ	 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.	виконано
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	23.04.24 р.	26.04.24 р.	виконано
3	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	27.05.24 р.	29.05.24 р.	виконано
4	Виконання розділу «Охорона праці»	27.05.24 р.	06.06.24 р.	виконано
5	Перевірка на антиплагіат	06.06.24 р.	07.06.24 р.	виконано
6	Нормоконтроль БДР	06.06.24 р.	07.06.24 р.	виконано
7	Попередній захист БДР	10.06.24 р.	11.06.24 р.	виконано
8	Рецензування БДР	11.06.24 р.	12.06.24 р.	виконано
9	Захист БДР	18.06.24 р.	21.06.24 р.	виконано

Студент

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Олександр БРИЖАК

Сергій РЕПІНСЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 92 сторінок формату А4, на яких є 22 рисунків, 23 таблиць, список використаних джерел містить 27 найменувань.

Метою роботи є проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Важіль Б03.Н.01.006».

У загальній частині роботи виконано огляд технології виготовлення деталі типу «Важіль», 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 92 A4 pages, which have 22 figures, 23 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 «Lever B03.N.01.006».

In the general part of the work, a review of the technology for manufacturing a part of the «Lever» 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 «ВАЖІЛЬ»	7
1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	7
1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Важіль»	16
2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «ВАЖІЛЬ Б03.Н.01.006»	19
2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі	19
2.2 Вибір способу виготовлення заготовки	24
2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки	24
2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення	25
2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки	30
2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки	35
2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого	36
2.3 Розробка маршруту механічної обробки	38
2.3.1 Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 25H7^{(+0,021)}$	38
2.3.2 Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз	40
2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки	42
2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу	44
2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь	50
2.3.6 Визначення режимів різання	57
2.3.7 Визначення технічних норм часу	64

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЖІЛЬ Б03.Н.01.006»	71
3.1 Розрахунок приведеної програми	71
3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	76
3.3 Побудова графіків завантаження обладнання	78
3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці	79
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	82
4.1 Аналіз умов праці	82
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	84
4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки	88
ВИСНОВКИ	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	90
ДОДАТКИ	93
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	93
Додаток Б (обов'язковий). Графічна частина	94

ВСТУП

Актуальність. У сучасному світі розвиток машинобудування відіграє важливу роль у промисловому секторі. Забезпечення ефективного виробництва високоякісних машин та обладнання стає першочерговим завданням для галузі. У контексті конкурентної боротьби та підвищених вимог до собівартості та якості виробів, важливо знаходити шляхи оптимізації технологічних процесів (ТП) виготовлення деталей.

Отже, дослідження, спрямовані на вдосконалення технологічних процесів механічної обробки деталей, мають велике значення для розвитку машинобудівної галузі, забезпечення конкурентоспроможності підприємств та задоволення потреб сучасного виробництва.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Важіль Б03.Н.01.006».

Завдання, що вирішуються в роботі:

- проведення огляду технології виготовлення деталі типу «Важіль»;
- 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 «Важіль Б03.Н.01.006»;
- розмірний аналіз технологічного процесу;
- визначення режимів різання та норм часу технологічного процесу механічної обробки;
- розрахунок приведеної програми, кількості обладнання та працівників на проектуємій дільниці;
- виконання розділу з охорони праці.

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЖІЛЬ»

1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

1.1.1 Визначення типу виробництва

Коефіцієнт закріплення операцій [1, 2]:

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

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

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

Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі «Важіль Б03.Н.01.006»:

- фрезерування поверхні 24_{0,5} (верхній торець);
- фрезерування поверхні 24_{0,5} (нижній торець);
- фрезерування поверхні 64Н16 (верхній торець);
- розточування отвору Ø45Н8 попереднє;
- розточування отвору Ø45Н8 попереднє;
- розточування отвору Ø45Н8 остаточне;
- розточування отвору Ø25Н7 попереднє;
- розточування отвору Ø25Н7 остаточне.

Норми часу $T_{\text{очн}}$ необхідного для обробки вказаних поверхонь визначається за наближеними формулами.

- Фрезерування поверхні 24_{0,5} (верхній торець):

$$T_{\text{очн1}} = 6 \cdot l = 6 \cdot 74 \cdot 10^{-3} = 0,444 \text{ (хв)}.$$

- Фрезерування поверхні 24_{0,5} (нижній торець):

$$T_{\text{очн}2} = 6 \cdot l = 6 \cdot 74 \cdot 10^{-3} = 0,444 \text{ (хв)}.$$

- Фрезерування поверхні 64Н14 (верхній торець):

$$T_{\text{очн}3} = 6 \cdot l = 6 \cdot 34 \cdot 10^{-3} = 0,204 \text{ (хв)}.$$

- Розточування отвору Ø45Н8 попереднє:

$$T_{\text{очн}4} = 0,18 \cdot d \cdot l = 0,18 \cdot 45 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 0,1944 \text{ (хв)}.$$

- Розточування отвору Ø45Н8 попереднє:

$$T_{\text{очн}5} = 0,2 \cdot d \cdot l = 0,2 \cdot 45 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 0,216 \text{ (хв)}.$$

- Розточування отвору Ø45Н8 остаточне:

$$T_{\text{очн}6} = 0,3 \cdot d \cdot l = 0,3 \cdot 45 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 0,324 \text{ (хв)}.$$

- Розточування отвору Ø25Н7 попереднє:

$$T_{\text{очн}7} = 0,18 \cdot d \cdot l = 0,18 \cdot 25 \cdot 36 \cdot 10^{-3} = 0,162 \text{ (хв)}.$$

- Розточування отвору Ø25Н7 остаточне:

$$T_{\text{очн}8} = 0,3 \cdot d \cdot l = 0,3 \cdot 25 \cdot 36 \cdot 10^{-3} = 0,27 \text{ (хв)}.$$

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

$$T_{\text{мш} - \kappa} = T_{\text{осн}} \cdot \varphi_{\kappa} \text{ [ХВ]}, \quad (1.2)$$

де φ_{κ} – коефіцієнт [1, 2].

При програмі випуску $N = 12000$ шт і масі деталі – 0,87 кг. Згідно довідкової таблиці [1, 2] попередньо визначаємо, що виробництво великосерійне. Для великосерійного виробництва згідно [1, 2] вибрано φ_{κ} .

- Фрезерування поверхні 24_{0,5} (верхній торець):

$$T_{\text{мш} - \kappa 1} = T_{\text{осн} 1} \cdot \varphi_{\kappa} = 0,444 \cdot 1,51 = 0,67 \text{ (ХВ)}.$$

- Фрезерування поверхні 24_{0,5} (нижній торець):

$$T_{\text{мш} - \kappa 2} = T_{\text{осн} 2} \cdot \varphi_{\kappa} = 0,444 \cdot 1,51 = 0,67 \text{ (ХВ)}.$$

- Фрезерування поверхні 64Н14 (верхній торець):

$$T_{\text{мш} - \kappa 3} = T_{\text{осн} 3} \cdot \varphi_{\kappa} = 0,204 \cdot 1,51 = 0,31 \text{ (ХВ)}.$$

- Розточування отвору Ø45Н8 попереднє:

$$T_{\text{мш} - \kappa 4} = T_{\text{осн} 4} \cdot \varphi_{\kappa} = 0,1944 \cdot 2,8 = 0,544 \text{ (ХВ)}.$$

- Розточування отвору Ø45Н8 попереднє:

$$T_{\text{мш} - \kappa 5} = T_{\text{осн} 5} \cdot \varphi_{\kappa} = 0,216 \cdot 2,8 = 0,605 \text{ (ХВ)}.$$

- Розточування отвору Ø45Н8 остаточне:

$$T_{\text{мш} - \kappa 6} = T_{\text{осн} 6} \cdot \varphi_{\kappa} = 0,324 \cdot 2,8 = 0,91 \text{ (хв)}.$$

- Розточування отвору $\varnothing 25\text{H}7$ попереднє:

$$T_{\text{мш} - \kappa 7} = T_{\text{осн} 7} \cdot \varphi_{\kappa} = 0,162 \cdot 2,8 = 0,45 \text{ (хв)}.$$

- Розточування отвору $\varnothing 25\text{H}7$ остаточне:

$$T_{\text{мш} - \kappa 8} = T_{\text{осн} 8} \cdot \varphi_{\kappa} = 0,27 \cdot 2,8 = 0,76 \text{ (хв)}.$$

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

$$C_p = \frac{N \cdot T_{\text{мш} - \kappa}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot \eta_{\gamma}} \text{ [шт.]}, \quad (1.3)$$

де N – річна програма, $N = 12000$ шт.;

$T_{\text{мш} - \kappa}$ – штучно-калькуляційний час, хв;

F_q – дійсний річний фонд часу, год. ($F_q = 3980$ год.) [1, 2];

η_{γ} – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_{\gamma} = 0,75$ – для серійного типу виробництва).

- Фрезерування поверхні $24_{-0,5}$ (верхній торець):

$$C_{p1} = \frac{N \cdot T_{\text{мш} - \kappa 1}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot \eta_{\gamma}} = \frac{12000 \cdot 0,67}{60 \cdot 3980 \cdot 0,75} = 0,046 \text{ .}$$

- Фрезерування поверхні $24_{-0,5}$ (нижній торець):

$$C_{p2} = \frac{N \cdot T_{\text{мш} - \kappa 2}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot \eta_{\gamma}} = \frac{12000 \cdot 0,67}{60 \cdot 3980 \cdot 0,75} = 0,046 \text{ .}$$

- Фрезерування поверхні 64H14(верхній торець):

$$C_{p3} = \frac{N \cdot T_{\text{мм} - \kappa 3}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot \eta_z} = \frac{12000 \cdot 0,31}{60 \cdot 3980 \cdot 0,75} = 0,0213 \text{ .}$$

- Розточування отвору Ø45H8 попереднє:

$$C_{p4} = \frac{N \cdot T_{\text{мм} - \kappa 4}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot \eta_z} = \frac{12000 \cdot 0,544}{60 \cdot 3980 \cdot 0,75} = 0,0373 \text{ .}$$

- Розточування отвору Ø45H8 попереднє:

$$C_{p5} = \frac{N \cdot T_{\text{мм} - \kappa 5}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot \eta_z} = \frac{12000 \cdot 0,605}{60 \cdot 3980 \cdot 0,75} = 0,0415 \text{ .}$$

- Розточування отвору Ø45H8 остаточне:

$$C_{p6} = \frac{N \cdot T_{\text{мм} - \kappa 6}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot \eta_z} = \frac{12000 \cdot 0,91}{60 \cdot 3980 \cdot 0,75} = 0,0624 \text{ .}$$

- Розточування отвору Ø25H7 попереднє:

$$C_{p7} = \frac{N \cdot T_{\text{мм} - \kappa 7}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot \eta_z} = \frac{12000 \cdot 0,45}{60 \cdot 3980 \cdot 0,75} = 0,031 \text{ .}$$

- Розточування отвору Ø25H7 остаточне:

$$C_{p8} = \frac{N \cdot T_{\text{мм} - \kappa 2}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot \eta_z} = \frac{12000 \cdot 0,76}{60 \cdot 3980 \cdot 0,75} = 0,0521 \text{ .}$$

Для виконання кожного з механічних переходів достатньо одного верстата:

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

Коефіцієнт завантаження фактичний визначається за формулою:

$$\eta_{\text{эф}} = \frac{C_p}{P}, \quad (1.4)$$

де P – прийняте число робочих місць.

- Фрезерування поверхні 24_{0,5} (верхній торець):

$$\eta_{\text{эф}1} = \frac{C_{p1}}{P_1} = \frac{0,046}{1} = 0,046.$$

- Фрезерування поверхні 24_{0,5} (нижній торець):

$$\eta_{\text{эф}2} = \frac{C_{p2}}{P_2} = \frac{0,046}{1} = 0,046.$$

- Фрезерування поверхні 64Н14 (верхній торець):

$$\eta_{\text{эф}3} = \frac{C_{p3}}{P_3} = \frac{0,0213}{1} = 0,0213.$$

- Розточування отвору Ø45Н8 попереднє:

$$\eta_{\text{эф}4} = \frac{C_{p4}}{P_4} = \frac{0,0373}{1} = 0,0373.$$

- Розточування отвору $\varnothing 45\text{H}8$ попереднє:

$$\eta_{\text{зф } 5} = \frac{C_{p5}}{P_5} = \frac{0,0415}{1} = 0,0415 \text{ .}$$

- Розточування отвору $\varnothing 45\text{H}8$ остаточне:

$$\eta_{\text{зф } 6} = \frac{C_{p6}}{P_2} = \frac{0,0624}{1} = 0,0624 \text{ .}$$

- Розточування отвору $\varnothing 25\text{H}7$ попереднє:

$$\eta_{\text{зф } 7} = \frac{C_{p7}}{P_7} = \frac{0,031}{1} = 0,031 \text{ .}$$

- Розточування отвору $\varnothing 25\text{H}7$ остаточне:

$$\eta_{\text{зф } 8} = \frac{C_{p8}}{P_8} = \frac{0,0521}{1} = 0,0521 \text{ .}$$

Кількість операцій закріплених за кожним робочим місцем визначається за формулою:

$$O = \frac{\eta_z}{\eta_{\text{зф}}}, \quad (1.5)$$

- Фрезерування поверхні 24_{-0,5} (верхній торець):

$$O_1 = \frac{\eta_z}{\eta_{\text{зф } 1}} = \frac{0,75}{0,046} \approx 16 \text{ .}$$

- Фрезерування поверхні 24_{-0,5} (нижній торець):

$$O_2 = \frac{\eta_2}{\eta_{\text{зф } 2}} = \frac{0,75}{0,046} \approx 16 \text{ .}$$

- Фрезерування поверхні 64H14 (верхній торець):

$$O_3 = \frac{\eta_3}{\eta_{\text{зф } 3}} = \frac{0,75}{0,0213} \approx 35 \text{ .}$$

- Розточування отвору Ø45H8 попереднє:

$$O_4 = \frac{\eta_4}{\eta_{\text{зф } 4}} = \frac{0,75}{0,0373} \approx 20 \text{ .}$$

- Розточування отвору Ø45H8 попереднє:

$$O_5 = \frac{\eta_5}{\eta_{\text{зф } 5}} = \frac{0,75}{0,0415} \approx 18 \text{ .}$$

- Розточування отвору Ø45H8 остаточне:

$$O_6 = \frac{\eta_6}{\eta_{\text{зф } 6}} = \frac{0,75}{0,0624} \approx 12 \text{ .}$$

- Розточування отвору Ø25H7 попереднє:

$$O_7 = \frac{\eta_7}{\eta_{\text{зф } 7}} = \frac{0,75}{0,031} \approx 24 \text{ .}$$

- Розточування отвору $\varnothing 25H7$ остаточне:

$$O_8 = \frac{\eta_z}{\eta_{\text{зф}8}} = \frac{0,75}{0,0521} \approx 15 .$$

Таким чином, коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{\text{з.о.}} = \frac{16 + 16 + 35 + 20 + 18 + 12 + 24 + 15}{1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1} = 19,5 .$$

Отже, $10 < K_{\text{з.о.}} < 20$ – виробництво середньосерійне.

1.1.2 Визначаємо форму організації роботи

Порівняємо потрібний добовий випуск виробів N_d і розрахункову добову продуктивність лінії Q_d :

$$N_d = \frac{N}{254} = \frac{12000}{254} = 47,2 \text{ (шт.)}; \quad (1.6)$$

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{\text{шт} - \kappa_{\text{ср}}}} \cdot \eta_z = \frac{952}{0,703} \cdot 0,75 = 1015,6 \approx 1016 \text{ (шт.)} \quad (1.7)$$

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

$$T_{\text{шт} - \kappa_{\text{ср}}} = \frac{\sum T_{\text{шт} - \kappa_i}}{\sum n_i} = \frac{0,67 + 0,67 + 0,31 + 0,544 + 0,605 + 0,91 + 0,45 + 0,76}{8} = 0,703 \text{ (хв)},$$

де $T_{\text{шт} - \kappa_i}$ – штучний час i -ої основної операції; n_i – кількість основних операцій.

Так як $N_a \leq Q_a$, то організація потокової лінії недоцільна.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{12000 \cdot 6}{254} = 284 \text{ (шт.)} \quad (1.8)$$

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

Розрахункове число змін:

$$C = \frac{T_{\text{зм-к-сп}} \cdot n}{476 \cdot 0,75} = \frac{0,703 \cdot 284}{476 \cdot 0,75} = 0,56.$$

Визначаємо кількість деталей у партії:

$$n_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot C_{\text{пр}}}{T_{\text{зм-к-сп}}} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{0,703} = 507,8 \rightarrow 508 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо кількість деталей у партії 508 шт.

Висновок: тип виробництва середньосерійний, форма організації роботи – групова, кількість деталей у партії $n_{\text{пр}} = 508$ шт.

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

Задана деталь «Важіль Б03.Н.01.006» відноситься до класу деталей типу «Важіль», з деякими ознаками корпусу, тому її не можна віднести до якогось більш поширеного типу деталей [2-7].

Типовий технологічний процес механічної обробки деталі типу «Важіль» (рис. 1.1) показаний у таблиці 1.1.

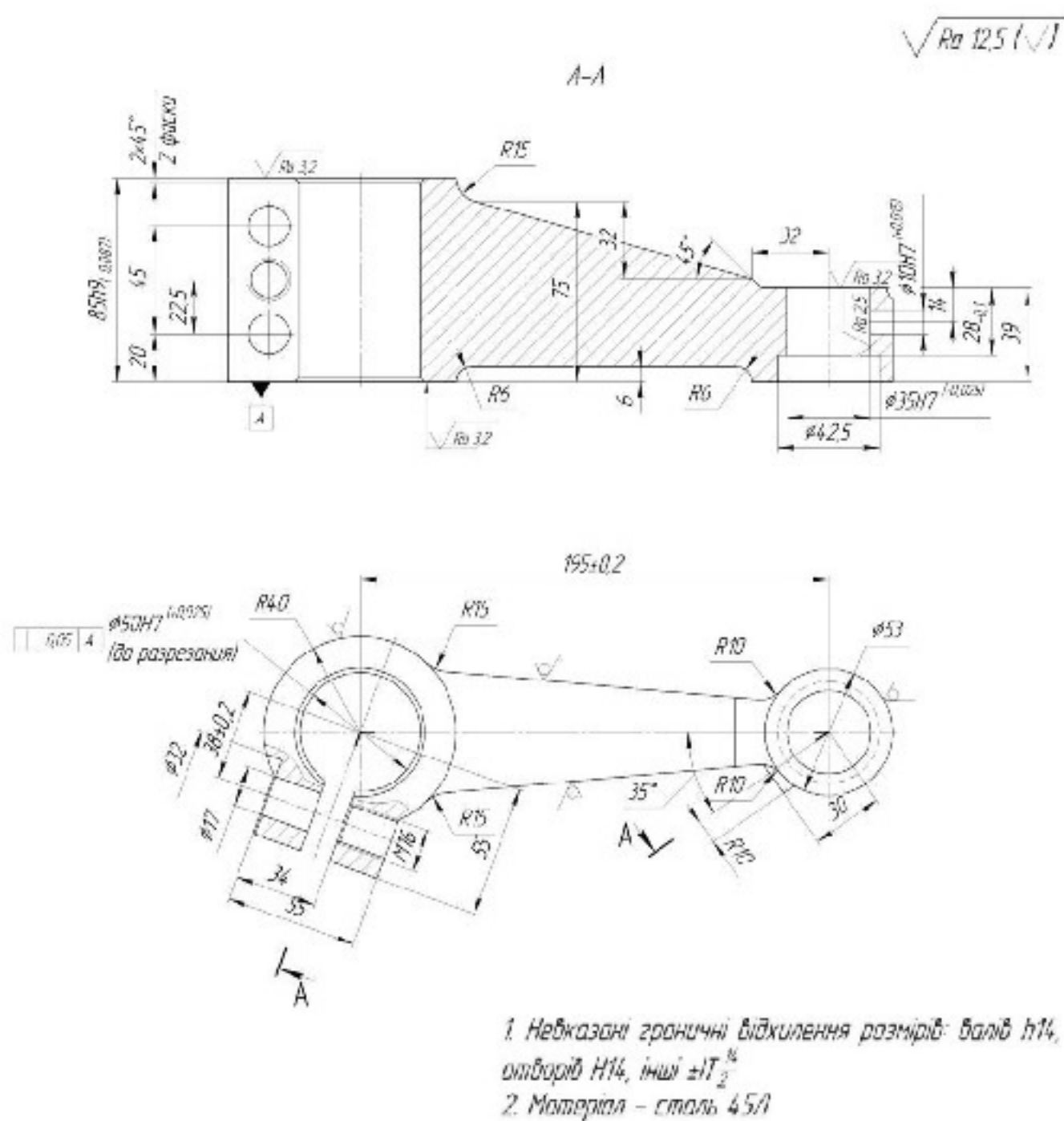


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі типу «Вагіль»

Таблиця 1.1 – Маршрут механічної обробки деталі «Вагіль»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
1	2	3	4
005	Лиття		
010	Обрубкування і очищення виливка		
015	Фрезерувати литники	Вертикально-фрезерний консольний 6Т13	Лещата
020	Повісити бирку з номером деталі		
025	Фрезерувати нижню площину з припуском на шліфування	Вертикально-фрезерний консольний 6Т13	Пристосування
030	Шліфувати нижню площину остаточно	Плоскошліфувальний з прямокутним столом і горизонтальним шпинделем підвищеної точності 3П722ДВ	

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
035	У першій позиції: фрезерувати поверхню бобишок в розмір 85 і 39 остаточно, розточити отвори Ø50H7, Ø35H7 і фаски остаточно; цекувати виточку Ø42,5 остаточно. В другій позиції: обробити два отвори Ø32/ Ø17/ M16 і один отвір M12 остаточно, фрезерувати паз В = 3 остаточно	Багатоцільовий (свердлильно-фрезерно-розточний) вертикальний високої точності 2256ВМФ4	Наладка УСПО двопозиційна
040	Обробити отвір Ø10H7 остаточно	Радіально-свердлильний 2K52-1	Кондактор
045	Зачистити заусенці	Машина для зняття заусенців	
050	Миюча	Машина для миття	
055	Технічний контроль		

Аналіз типового технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Важіль» дозволяє зробити висновок про те, що схема обробки може бути прийнята за основу. Враховуючи тип виробництва доцільно застосувати універсальні верстати та верстати з ЧПК. Багатошпиндельні та багато інструментальні верстати використовувати недоцільно, оскільки обробка ведеться партіями, відбувається зміна оброблюваних деталей одного найменування на інше, тому необхідна постійна переналадка верстатів.

На першій операції при обробці заданої деталі «Важіль Б03.Н.01.006» необхідно обробляти базові поверхні, які в подальшому будуть служити технологічними базами. Базування заготовки здійснювати по необробленим чорновим базам одноразово з тим щоб уникнути похибки базування на слідуючих операціях. Після обробки базових поверхонь виконується фрезерування і свердління вікна. Установка заготовки може бути на площину і два пальці. Потім проводиться фрезерування лиски, обробка різьбового отвору. Різьбовий отвір обробляють на верстатах з ЧПК, точність яких складає $\pm 0,01$ мм. Типізація механічної обробки вносить одноманітність в технологію виготовлення деталей даного класу, скорочує кількість різних варіантів обробки до мінімуму, скорочує терміни проектування і покращує якість проекту, дозволяє впроваджувати обладнання і оснастку на базі типових схем і уніфікованих складальних одиниць.

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «ВАЖІЛЬ Б03.Н.01.006»

2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі

2.1.1 Якісний аналіз технологічності деталі

Деталь «Важіль Б03.Н.01.006» має досить складну форму і є складовою одиницею механізму для розмолу зерна. Деталь застосовують для перемикання напрямку заслонки руху зерна. Деталь «Важіль Б03.Н.01.006» має масу 0,87 кг, конструктивні особливості – лиска під кутом 6° , різьбовий отвір М12-7Н, забезпечення перпендикулярності отвору $\varnothing 45\text{H}8$ до бази А, забезпечення паралельності поверхонь обмежених розміром 16 до бази Б, забезпечення паралельності поверхонь обмежених розміром 16 до бази В.

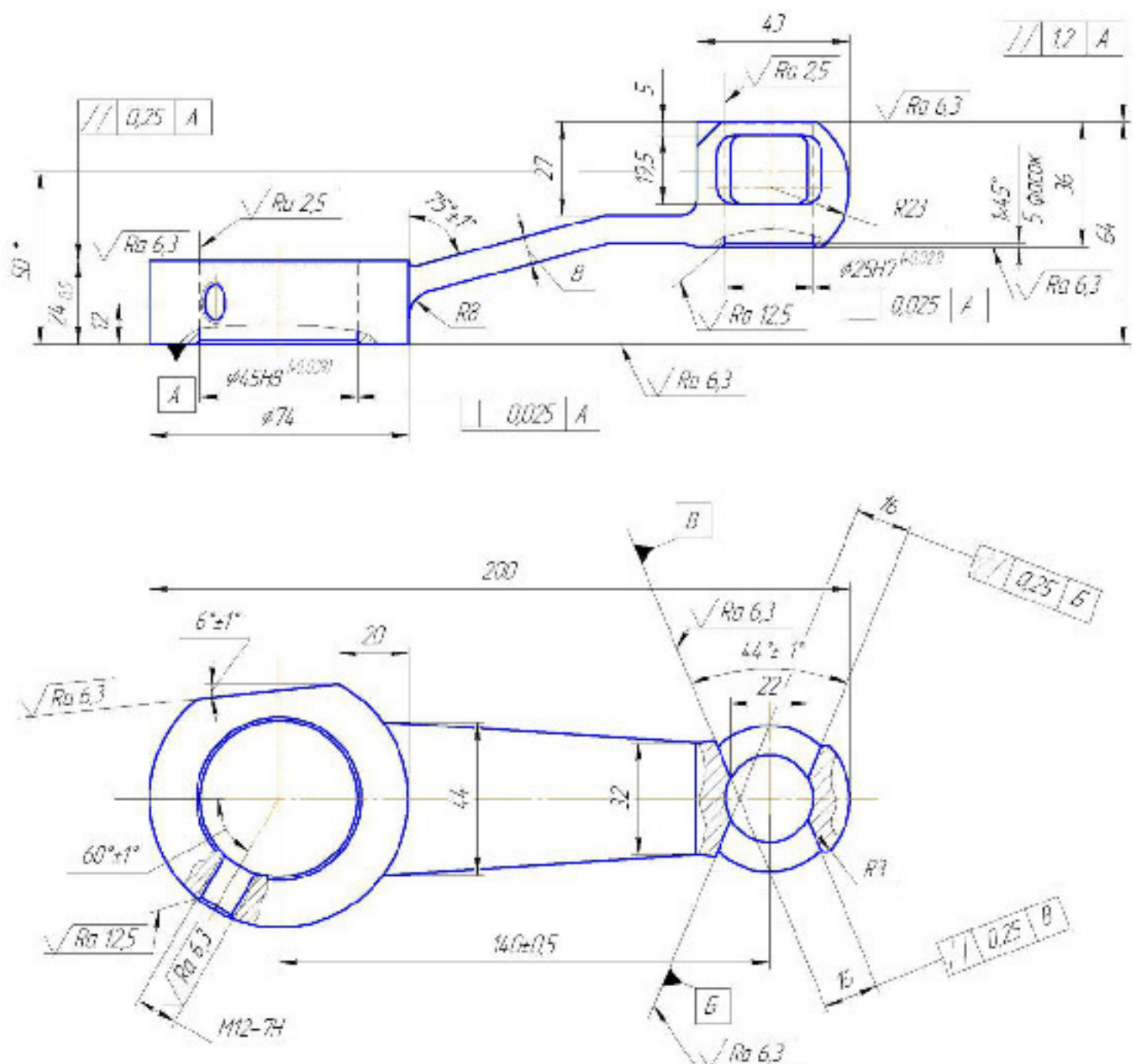


Рисунок 2.1 – Креслення деталі «Важіль Б03.Н.01.006»

Основними конструкторськими базами данної деталі є отвори $\varnothing 45H8$; $\varnothing 25H7$ та площина А.

Допоміжними поверхнями є верхня площина, обмежена розміром $24_{-0.05}$ та нижня і верхня площини, обмежені розміром 36 мм, вікно, що прилягає до отвору $\varnothing 25H7$, лиска під кутом $6^{\circ} \pm 1^{\circ}$.

Кріпильний отвір M12-7H.

Вільною поверхнею є ребро жорсткості.

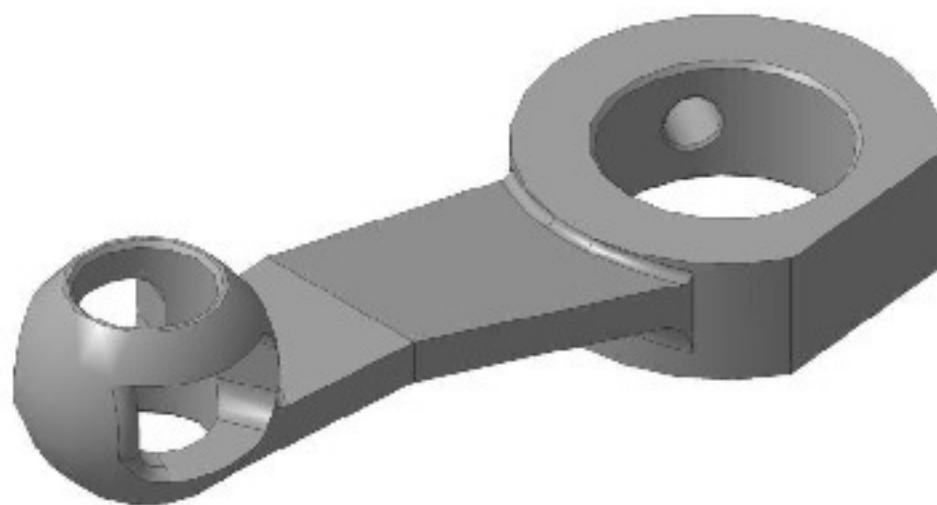


Рисунок 2.2 – 3D-модель деталі «Важіль Б03.Н.01.006»

На деталь не діють ударні навантаження. Заготовка виготовляється литтям в оболонкові форми, що дає високу якість вилівка (13-17 квалітет, шорсткість $Ra = 2,5 \dots 5$ мкм), можливість виготовлення складних геометричних форм та легко автоматизувати і механізувати виробничий процес.

Якщо аналізувати конструктивні елементи в технологічному відношенні, то важкодоступним для обробки є різьбовий отвір M12. При обробці лиски під кутом 6° доцільно застосовувати фрезерування.

Можливість безпосереднього вимірювання заданих на кресленні розмірів, тобто вимірювання за допомогою універсального вимірювального інструмента, буде досягнута на більшість розмірів. Виключенням будуть такі лінійні розміри 22; $140 \pm 0,5$; 20; 50; 12 та кутовий розмір $60^{\circ} \pm 1^{\circ}$.

При базуванні можуть бути використані такі поверхні: нижня і верхня площини, отвори $\varnothing 45H8$ і $\varnothing 25H7$ мм. Для послідууючої обробки заготовки деталі

будемо використовувати схеми базування в призмах та на площину і два пальці, тому в даному випадку недоцільно введення штучних технологічних баз.

2.1.2 Кількісний аналіз технологічності деталі [1, 2]

- Коефіцієнт уніфікації

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

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів; Q_e – загальна кількість елементів.

Для знаходження даного коефіцієнта використаємо таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Дані для розрахунку коефіцієнта уніфікації

Розміри							
Лінійні, мм		Діаметральні, мм		Радіуси, мм		Кутові	
P_L	$P_{L,y}$	P_D	$P_{D,y}$	P_R	$P_{R,y}$	P_K	$P_{K,y}$
1	2	3	4	5	6	7	8
50	50	Ø45H8	Ø45H8	8	8	75°±1°	75°±1°
24 _{-0,5}	24 _{-0,5}	Ø74	-	23	-	45°	45°
12	12	Ø25H7	Ø25H7	28	28	45°	45°
42	42			3	3	45°	45°
8	8					45°	45°
27	-					45°	45°
19,5	-					6°±1°	6°±1°
5	5					60°±1°	60°±1°
43	-					44°±1°	-
1	1						
1	1						
1	1						
1	1						
1	1						
36	36						
64	-						
200	200						
20	20						
44	-						

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8
32	32						
140±0,5	140±0,5						
22	22						
15	15						
Σ23	Σ18	Σ3	Σ2	Σ4	Σ3	Σ9	Σ8
Різьба метрична, мм		Шорсткість Ra, мкм					
P _p	P _{p.y}	Ш		Ш _y			
M12-7H	M12-7H	6,3 (верхній торець циліндричної поверхні Ø74)		6,3 (верхній торець циліндричної поверхні Ø74)			
		6,3 (нижній торець циліндричної поверхні Ø74)		6,3 (нижній торець циліндричної поверхні Ø74)			
		2,5 (внутрішня циліндрична поверхня отвору Ø45)		2,5 (внутрішня циліндрична поверхня отвору Ø45)			
		12,5 (внутрішня циліндрична поверхня отвору Ø25)		12,5 (внутрішня циліндрична поверхня отвору Ø25)			
		12,5 (фаска)		12,5 (фаска)			
		12,5 (фаска)		12,5 (фаска)			
		12,5 (фаска)		12,5 (фаска)			
		12,5 (фаска)		12,5 (фаска)			
		12,5 (фаска)		12,5 (фаска)			
		6,3 (внутрішня різбова поверхня отвору M12)		6,3 (внутрішня різбова поверхня отвору M12)			
Σ1	Σ1	Σ10		Σ10			

Тоді коефіцієнт уніфікації

$$K_{y.e} = \frac{Q_{y.e}}{Q_e} = \frac{42}{50} = 0,84 > 0,6 .$$

Умова виконується, деталь технологічна.

- Коефіцієнт точності

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

де $T_{\text{ср}}$ – середній квалітет точності;

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

де T_i – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі; n_i – кількість поверхонь деталі, що мають точність T_i квалітету.

Для знаходження даного коефіцієнта використаємо таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок коефіцієнта точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
7 (Ø25H7, нижня частина; Ø25H7, верхня частина;)	2	7×2=14
8 (Ø45H8)	1	8×1=8
14 (всі інші)	10	14×10=140
	Σ13	Σ162

Отже,

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{162}{13} = 12,5 \approx 13 ;$$

$$K_r = 1 - \frac{1}{T_{\text{ср}}} = 1 - \frac{1}{12,5} = 0,92 > 0,8 .$$

Умова виконується, деталь технологічна.

- Коефіцієнт шорсткості

$$K_w = \frac{1}{\text{Ш}_{\text{ср}}}, \quad (2.4)$$

де $\text{Ш}_{\text{ср}}$ – середня шорсткість поверхні.

$$Ш_{\text{ср}} = \frac{\sum Ш_{\kappa} \cdot n_{\kappa}}{\sum n_{\kappa}}, \quad (2.5)$$

де $Ш_{\kappa}$ – шорсткість оброблюваних поверхонь даної деталі; n_{κ} – кількість поверхонь, що мають шорсткість, яка відповідає певному числовому значенню R_a .

Для знаходження даного коефіцієнта використаємо таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Визначення коефіцієнта шорсткості

Шорсткість R_a , мкм	Кількість поверхонь	Розрахунок
2,5 (Ø45H8)	2	$2,5 \times 2 = 5,0$
6,3 (M12-7H; 24 _{-0,5})	5	$6,3 \times 5 = 31,5$
12,5 (1×45°, 5 фасок; Ø25H7)	6	$12,5 \times 6 = 75$
	$\Sigma 13$	$\Sigma 111,5$

Отже,

$$Ш_{\text{ср}} = \frac{\sum Ш_{\kappa} \cdot n_{\kappa}}{\sum n_{\kappa}} = \frac{111,5}{13} = 8,57 ;$$

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{\text{ср}}} = \frac{1}{8,57} = 0,12 < 0,32 .$$

Умова виконується, деталь технологічна.

Таким чином, деталь за кількісними показниками технологічна.

2.2 Вибір способу виготовлення заготовки

2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

- Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Оскільки матеріал заготовки – сталь 35Л, що має досить гарні ливарні властивості, тому метод виготовлення заготовки обираємо лиття [8-12].

Спосіб лиття в піщано-глинисті форми в даному випадку не підходить, тому що забезпечує низьку точність, великі припуски і допуски на механічну обробку, велику шорсткість, важкі умови праці, значні затрати матеріалу.

Спосіб лиття в облицьований кокіль не підходить для даної деталі за технологічними особливостями (товстостінні виливки простої і середньої складності).

Спосіб лиття за виплавними моделями є доречним, так як дає найвищу точність, можливість відливати не один вилівок, малі припуски на механічну обробку, підходить за технологічними особливостями (мілкі і середні виливки складної конфігурації).

Спосіб лиття в оболонкові форми також доцільно використати для виготовлення даної деталі, тому що підходять технологічні особливості (товстостінні виливки компактної форми).

Отже, чітко проаналізувавши всі можливі способи лиття, ми обираємо лише два найоптимальніші з них: лиття в оболонкові форми та лиття за виплавними моделями.

2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

Призначення припусків на механічну обробку та розрахунок граничних розмірів. Вибір конструктивних елементів заготовки [8, 9].

Результат визначення необхідних параметрів заносимо у таблицю 2.4 та 2.5 відповідно для операцій лиття в оболонкові форми та за виплавними моделями.

Пояснення до таблиць 2.6 і 2.7 [8, 9].

- Клас розмірної точності.

10 для лиття в оболонкові форми і 7 для лиття за виплавними моделями.

- Ступінь жолоблення елементів виливка.

Оскільки ми маємо відповідні розміри 200 мм – найбільший, 8 мм – найменший, то їх співвідношення становитиме $8/200 = 0,04$. Термічна обробка попередньо не відбувалася. Оскільки даний матеріал – сталь 35Л, то обираємо: 8 – при литті оболонкові форми, та 7 – при литті за виплавними моделями.

- Ступінь точності поверхонь виливка.

Враховуючи що найбільший габаритний розмір виливка становить 200 мм, тип сплаву – сталь, не відбувалася попередня термічна обробка. Значить в результаті отримаємо значення: 11 і 7 при литті в оболонкові і за виплавними моделями.

Таблиця 2.4 – Розрахунок розмірів заготовки при литті в оболонкові форми

Вихідні дані	ДСТУ 8981–2020		Прийнято	
Клас розмірної точності	8 – 13т		10	
Ступінь жолоблення елементів виливка	6 – 9		8	
Ступінь точності поверхонь виливка	8 – 14		11	
Шорсткість поверхонь виливка	$R_a = 20$ мкм		$R_a = 20$ мкм	
Клас точності маси	7 – 14		10	
Ряд припусків	4 – 7		5	
Розрахункові розміри	24 _{-0,5}	Ø45H8	64	Ø25H7
Допуски				
Розмірів	2	2,4	2,8	2,0
Форми чи розміщення	0,64	0,64	0,64	0,64
Зміщення по площині роз'єму	–	–	–	–
Зміщення через перекося стержня	–	1,4	–	1,4
Маси, %	16	16	16	16
Нерівностей	0,5	0,5	0,5	0,5
Загальний допуск	2,2	2,4	3,2	2,4
Припуски				
Мінімальний	0,5	0,5	0,5	0,5
	Кількість переходів механічної обробки			
За точністю розмірів	0,25 – 1 п	0,016 – 4 п	0,68 – 1п	0,0095 – 4 п
За відхиленням форм, взаємним розміщенням поверхонь	0,4 – 1 п	0,04 – 3 п	1,9 – 1 п	0,04 – 3п
Прийнята кількість переходів	1	4	1	4
Загальний припуск	1,9	3,4	2,4	3,4
Розміри заготовки	$24 + 2 \cdot 2,4 = 28,8$	$45 - 2 \cdot 3,4 = 38,2$	$64 + 2 \cdot 2,4 = 68,8$	$25 - 2 \cdot 3,4 = 18,2$

Таблиця 2.5 – Розрахунок розмірів заготовки при литті за виплавними моделями

Вихідні дані	ДСТУ 8981–2020		Прийнято	
Клас розмірної точності	5 – 9		7	
Ступінь жолоблення елементів виливка	6 – 9		7	
Ступінь точності поверхонь виливка	5 – 10		7	
Шорсткість поверхонь виливка	$R_a = 8$ мкм		$R_a = 8$ мкм	
Клас точності маси	4 – 11т		7	
Ряд припусків	2 – 5		3	
Розрахункові розміри	24 _{-0,5}	Ø45H8	64	Ø25H7
Допуски				
Розмірів	0,8	1	1,1	0,8
Форми чи розміщення	0,5	0,5	0,5	0,5
Зміщення по площині роз'єму	–	–	–	–
Зміщення через перекос стержня	–	0,44	–	0,44
Маси, %	6,4	6,4	6,4	6,4
Нерівностей	0,2	0,2	0,2	0,2
Загальний допуск	1	1,2	1,4	1,2
Припуски				
Мінімальний	0,3	0,3	0,3	0,3
	Кількість переходів механічної обробки			
За точністю розмірів	0,625 – 1 п	0,039 – 4 п	1,73 – 1 п	0,021 – 4 п
За відхиленням форм, взаємним розміщенням поверхонь	0,5 – 1 п	0,05 – 3 п	2,4 – 1 п	0,05 – 3 п
Прийнята кількість переходів	1	4	1	4
Загальний припуск	1,7	1,9	1,7	1,9
Розміри заготовки	$24 + 2 \cdot 1,7 = 27,4$	$45 - 2 \cdot 1,9 = 41,2$	$64 + 2 \cdot 1,7 = 67,4$	$25 - 2 \cdot 1,9 = 21,2$

- Шорсткість поверхонь виливка.

Призначаємо шорсткість R_a в мкм: 20 та 8 при литті оболонкові та за виплавними моделями.

- Клас точності маси.

Приймаємо в залежності від технологічного способу лиття, враховуючи, що номінальна маса виливка становить для лиття в оболонкові форми

$$m_v = k_{v.m.}/m_d = 0,9/0,87 = 1,034 \text{ (кг)}$$

і для лиття за виплавними моделями

$$m_v = k_{v.m.}/m_d = 0,95/0,87 = 1,03 \text{ (кг)}.$$

Також враховуємо в залежності від типу сплаву та наявності термічної обробки. Отже, в результаті отримаємо відповідно 10 і 7.

- Ряд припусків.

Приймаємо середні значення: 5 і 3 відповідно.

- Допуски розмірів вилівка.

Вибираємо у відповідності з номінальним розміром деталі та вже отриманих необхідних класів точності

- Допуски форми чи розміщення, допуски зміщення по площині роз'єму.

П литті в оболонкові форми допуски зміщення по площині роз'єму будуть відсутні, тому що розміри 24_{-0,5} і 64 мм – це товщини, а Ø45H8 і Ø25H7 – діаметри, на які не впливає площина роз'єму.

Як проходить площина роз'єму показано на рис. 2.3.

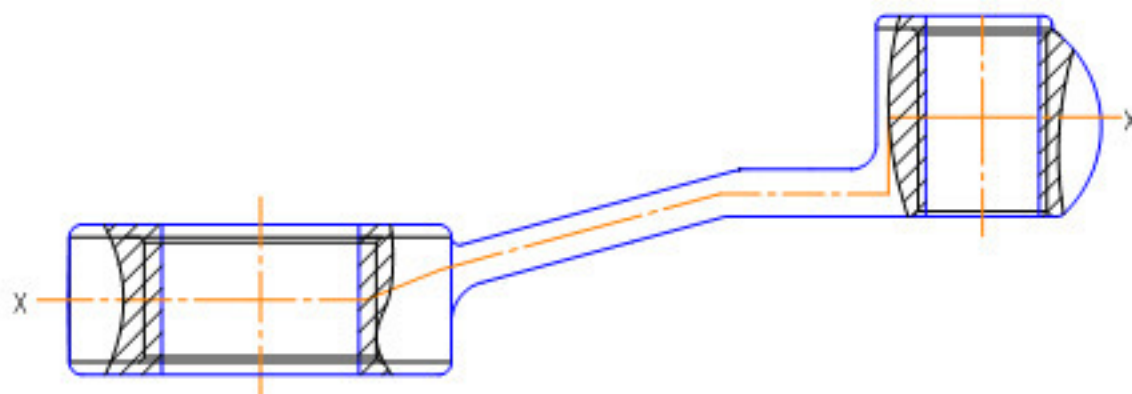


Рисунок 2.3 – Зображення площини роз'єму

- Допуск зміщення через перекіс стержня.

Найменша товщина стінки для розміру Ø45H8 – 14,5 мм, Ø25H7 – 8 мм.

- Кількість переходів механічної обробки за точністю розмірів.

Для лиття в оболонкові форми:

$24_{-0,5}$ - $T_{\text{дет.}}/T_{\text{вил}} = 0,5/2 = 0,25$ – чорнова обробка – 1 перехід;
 $\emptyset 45H8$ - $T_{\text{дет.}}/T_{\text{вил}} = 0,039/2,4 = 0,016$ – тонка обробка – 4 переходи;
 $64H16$ - $T_{\text{дет.}}/T_{\text{вил}} = 1,9/2,8 = 0,68$ – чорнова обробка – 1 перехід;
 $\emptyset 25H7$ - $T_{\text{дет.}}/T_{\text{вил}} = 0,021/2,0 = 0,0105$ – тонка обробка – 4 переходи.

Для лиття за виплавними моделями:

$24_{-0,5}$ - $T_{\text{дет.}}/T_{\text{вил}} = 0,5/0,8 = 0,625$ – чорнова обробка – 1 перехід;
 $\emptyset 45H8$ - $T_{\text{дет.}}/T_{\text{вил}} = 0,039/1 = 0,039$ – тонка обробка – 4 переходи;
 $64H16$ - $T_{\text{дет.}}/T_{\text{вил}} = 1,9/1,1 = 1,73$ – напівчистова обробка – 1 перехід;
 $\emptyset 25H7$ - $T_{\text{дет.}}/T_{\text{вил}} = 0,021/0,8 = 0,026$ – тонка обробка – 4 переходи.

- Кількість переходів механічної обробки за точністю форми і розміщення оброблюваної поверхні деталі.

Для лиття в оболонкові форми:

$\emptyset 45H8$ - $T_{\text{ф.дет.}}/T_{\text{ф.вил}} = 0,025/0,64 = 0,04$ – чистова обробка – 3 переходи;

$24_{-0,5}$ - $T_{\text{ф.дет.}}/T_{\text{ф.вил}} = 0,25/0,64 = 0,4$ – чорнова обробка – 1 перехід;
 $64H16$ - $T_{\text{ф.дет.}}/T_{\text{ф.вил}} = 1,2/0,64 = 1,9$ – чорнова обробка – 1 перехід;
 $\emptyset 25H7$ - $T_{\text{ф.дет.}}/T_{\text{ф.вил}} = 0,025/0,64 = 0,04$ – чистова обробка – 3 переходи.

Для лиття за виплавними моделями:

$\emptyset 45H8$ - $T_{\text{ф.дет.}}/T_{\text{ф.вил}} = 0,025/0,5 = 0,05$ – чистова обробка – 3 переходи;
 $24_{-0,5}$ - $T_{\text{ф.дет.}}/T_{\text{ф.вил}} = 0,25/0,5 = 0,5$ – чорнова обробка – 1 перехід;
 $64H16$ - $T_{\text{ф.дет.}}/T_{\text{ф.вил}} = 1,2/0,5 = 2,4$ – чорнова обробка – 1 перехід;
 $\emptyset 25H7$ - $T_{\text{ф.дет.}}/T_{\text{ф.вил}} = 0,025/0,5 = 0,05$ – чистова обробка – 3 переходи.

Прийнята остаточна кількість переходів механічної обробки за більшим числом у порівнянні із двома попередніми пунктами.

- Загальний припуск.

Обираємо в залежності від загального допуску, виду остаточної механічної обробки та ряду припусків.

- Розрахунок розмірів заготовок.

Для розмірів $\varnothing 45H8$ та $\varnothing 25H7$ припуск подвоюємо та віднімаємо від розміру готової деталі, оскільки поверхні є охоплюючими. Для розмірів 64 і 24 припуск подвоюємо та додаємо до розміру готової деталі. Але припуск 1,9 на розмір 24 змінюємо на припуск 2,4, тому що він відкладається в одну сторону для розмірів 24 і 64 мм – при литті в оболонкові форми. Припуск 1 на розмір 24 змінюємо на припуск 1,7, тому що він відкладається в одну сторону для розмірів 24 і 64 мм – при литті за виплавними моделями.

2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки

Визначаємо формувальні нахили

Формувальні нахили назначаємо на вертикальних стінках виливка. Визначаємо нахили в залежності від висоти формоутворюючої поверхні h_n і способу лиття.

Для лиття в оболонкові форми (рис. 2.4):

- 1) $h_n = 14,4$ мм; $\beta = 1^\circ 16'$;
- 2) $h_n = 20$ мм; $\beta = 0^\circ 57'$;
- 3) $h_n = 8$ мм; $\beta = 1^\circ 43'$.

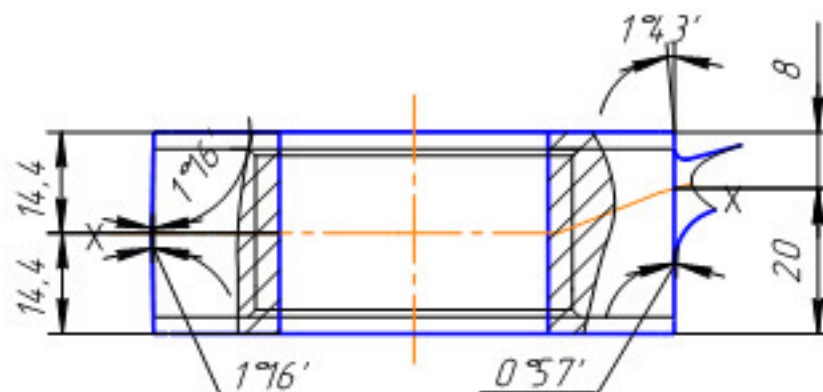


Рисунок 2.4 – Формувальні нахили

Для лиття за виплавними моделями висота формуютьючих поверхонь суттєво не зміниться в порівнянні з литтям в оболонкові форми, змінюватись буде лише кут. Отже, $\beta = 0^\circ 20'$; $\beta = 0^\circ 15'$; $\beta = 0^\circ 30'$.

Визначаємо радіуси заокруглення

Після формування контура виливків в місцях переходу від одного елемента до другого призначаємо радіуси заокруглень, які в значній степені визначають якість литої заготовки. Їх величина повинна бути оптимальною. Радіуси заокруглень у спряженнях залежать від матеріалу виливка, товщини спряжених стінок і кута α , що утворюється між ними. Вибір здійснюємо по графікам.

Для лиття в оболонкові форми:

$$1) \quad \alpha = 90^\circ + 1^\circ 16' = 91^\circ 16';$$

$$\frac{S_1 + S_2}{2} = \frac{14 + 17}{2} = 15,5(\text{мм});$$

$$R = 2,5 \text{ мм, (рис. 2.5);}$$

$$2) \quad \alpha = 90^\circ + 0^\circ 57' = 90^\circ 57';$$

$$\frac{S_1 + S_2}{2} = \frac{14 + 17}{2} = 15,5(\text{мм});$$

$$R = 2,5 \text{ мм, (рис. 2.5);}$$

$$3) \quad \alpha = 90^\circ + 1^\circ 43' = 91^\circ 43';$$

$$\frac{S_1 + S_2}{2} = \frac{14 + 17}{2} = 15,5(\text{мм});$$

$$R = 2,5 \text{ мм, (рис. 3.3);}$$

$$4) \quad \alpha = 90^\circ + 0^\circ 57' = 90^\circ 57';$$

$$\frac{S_1 + S_2}{2} = \frac{6 + 10}{2} = 8(\text{мм});$$

$$R = 1,6 \text{ мм, (рис. 2.6);}$$

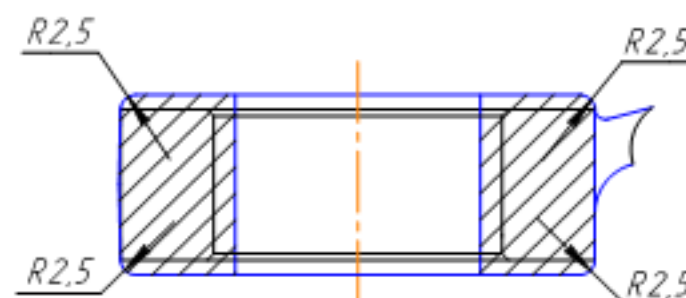


Рисунок 2.5 – Радіуси заокруглень

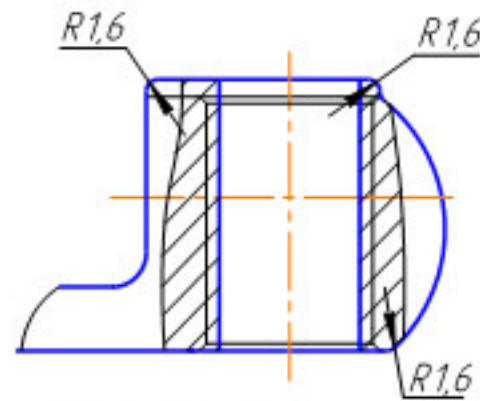


Рисунок 2.6 – Радіуси заокруглень

Для лиття за виплавними моделями очевидно, що ливарні радіуси будуть такі ж як і при литті в оболонкові форми, тому що товщини спряжених стінок будуть майже однаковими, а кут α , що утворюється між стінками буде входити в межі $75...105^\circ$. Отже:

- 1) $R = 2,5$ мм, (рис. 2.5);
- 2) $R = 2,5$ мм, (рис. 2.5);
- 3) $R = 2,5$ мм, (рис. 2.5);
- 4) $R = 1,6$ мм, (рис. 2.6).

Перевіряємо відповідність товщини стінок допустимим межам.

- Для лиття в оболонкові форми

На отвір діаметром $\varnothing 45$:

$$N = \frac{2l + 2D}{4} = \frac{2 \cdot 28,8 + 2 \cdot 38,2}{4} = 33,5 \text{ (мм)}.$$

Цьому значенню відповідає мінімальна товщина стінки $\delta = 3$ мм. Якщо прирівняти дійсну отриману величину, яка становить $\delta = 17,9$ мм, то можна зробити висновок про відповідність розмірів мінімальної товщини стінки виливка допустимим.

- Для лиття за виплавними моделями

На отвір діаметром $\varnothing 45$:

$$N = \frac{21 + 2D}{4} = \frac{2 \cdot 27,4 + 2 \cdot 41,2}{4} = 34,3 \text{ (мм)}.$$

Цьому значенню відповідає мінімальна товщина стінки $\delta = 3,1$ мм. Якщо прирівняти дійсну отриману величину, яка становить $\delta = 16,4$ мм, то можна зробити висновок про відповідність розмірів мінімальної товщини стінки вилівка допустимим.

Ескіз заготовки при литті в оболонкові форми зображений на рис. 2.7.

Ескіз заготовки при литті за виплавними моделями зображений на рис. 2.8.

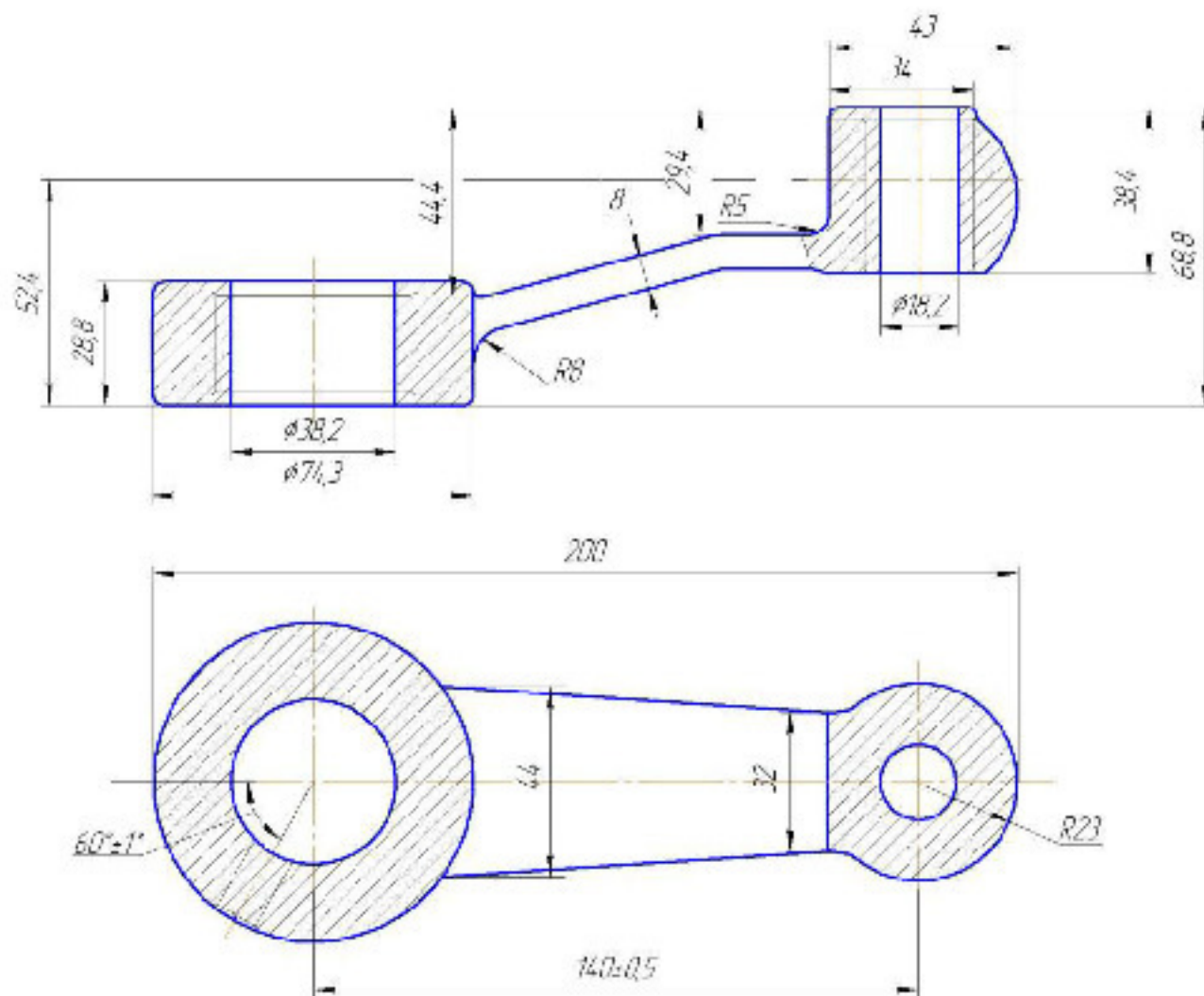


Рисунок 2.7 – Ескіз заготовки при литті в оболонкові форми

2. Маса заготовки – 0,87 – 0,099 – 0,076 – 1,04 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані радіуси заокруглень 1,6 – 2,5.
4. Невказані формувальні нахили $0^{\circ}15' - 0^{\circ}30'$.
5. Невказані граничні відхилення валів h14, отворів H14, інших $\pm IT\ 14/2$ по ГОСТ 25347-82.
6. Матеріал – сталь 35Л ГОСТ 977-88.

2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки

Розрахуємо коефіцієнти точності маси матеріалу для обох варіантів заготовки [8]:

$$\gamma = Q_{\text{дет}}/Q_{\text{заг}}. \quad (2.14)$$

Так як дана заготовка має складну геометричну форму, визначаємо її масу за допомогою створених 3D-моделей в прикладних комп'ютерних програмах.

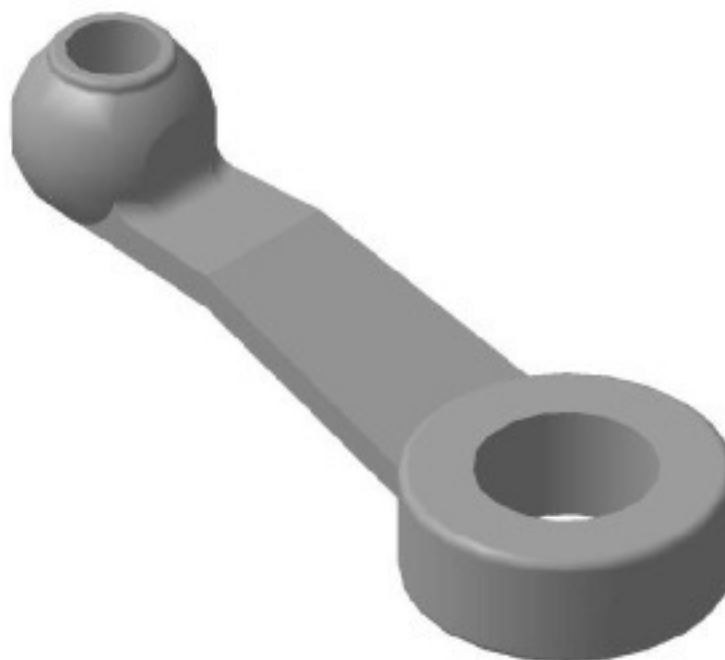


Рисунок 2.9 – 3D-модель заготовки виготовленої литтям в оболонкові форми

Згідно МЦХ (масо-центрувальних характеристик) для заготовки виготовленої литтям в оболонкові форми $Q_{\text{заг.1}} = 1,18$ кг.

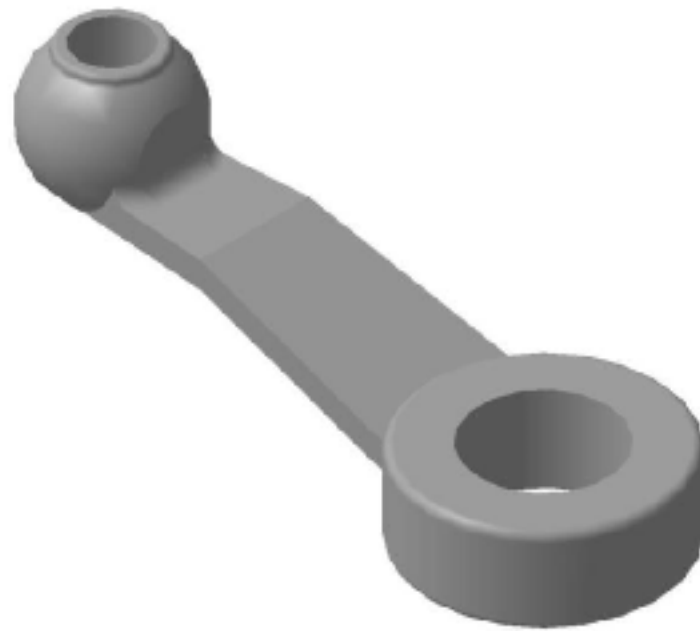


Рисунок 2.10 – 3D-модель заготовки виготовленої литтям за виплавними моделями

Згідно МЦХ для заготовки виготовленої литтям за виплавними моделями $Q_{\text{заг.2}} = 1,06$ кг.

Тоді коефіцієнт точності маси заготовки для лиття в оболонкові форми

$$\gamma_1 = Q_{\text{дет}}/Q_{\text{заг.1}} = 0,87/1,18 = 0,74;$$

та для лиття за виплавними моделями

$$\gamma_2 = Q_{\text{дет}}/Q_{\text{заг.2}} = 0,87/1,06 = 0,82.$$

2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Собівартість заготовок розраховується за формулою [8]:

$$C_{\text{заг}} = \frac{S_{\text{з}}}{1000} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{С}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{П}} - (Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дем}}) \frac{S_{\text{сидх}}}{1000} \text{ [грн.]}, \quad (2.15)$$

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

$K_T, K_M, K_C, K_B, K_{II}$ – коефіцієнти, що залежать, відповідно, від класу точності, марки матеріалу, групи складності, маси і обсягу виробництва заготовок;

$S_{відх}$ – ціна однієї тонни відходів (стружки), $S_{відх} = 2200$ грн.

Тоді вартість заготовки при литті в оболонкові форми:

$$C_{заг.лит.1} = \frac{1,18 \cdot 53400 \cdot 1 \cdot 1,36 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,06}{1000} - \frac{(1,18 - 0,87) \cdot 2200}{1000} = 90,158 \text{ (грн.)}$$

Вартість заготовок при литті за виплавними моделями:

$$C_{заг.лит.2} = \frac{1,06 \cdot 78850 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,62 \cdot 1,23}{1000} - \frac{(1,06 - 0,87) \cdot 2200}{1000} = 63,32 \text{ (грн.)}$$

Враховуючи, що програма випуску заготовок становить $N = 12000$ шт., визначаємо економічний ефект:

$$E = (C_{заг.лит.1} - C_{заг.лит.2}) \cdot N = (90,158 - 63,32) \cdot 12000 = 322056 \text{ (грн.)}$$

Економічний ефект по матеріалу:

$$E_M = (Q_{заг1} - Q_{заг2}) \cdot N \cdot C_{відх} = (1,18 - 1,06) \cdot 2200 / 1000 \cdot 12000 = 3168 \text{ (грн.)}$$

Сумарна економічна ефективність:

$$E + E_M = 322056 + 3168 = 325224 \text{ (грн.)}$$

Висновок. Прирівнюючи коефіцієнти точності маси заготовок при обох способах лиття, тобто для лиття в оболонкові форми $\gamma_1 = 0,74$ та для лиття за виплавними моделями $\gamma_2 = 0,82$, та враховуючи загальну економічну

ефективність та масу заготовок, можна однозначно сказати, що найбільш раціональний варіант буде лиття за виплавними моделями. Це дасть змогу зекономити як матеріал, так і кошти у порівнянні із литтям в оболонкові форми.

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 $\varnothing 25H7^{(+0,021)}$ [1, 2].

Заготовка лиття за виплавними моделями, допуск заготовки на розмір $\varnothing 25H7^{(+0,021)} - T_{\text{заг}} = 800$ мкм, допуск деталі $- T_{\text{дет}} = 21$ мкм.

Визначення кількості ступенів механічної обробки виконується на основі розрахунків за формулою загального уточнення:

$$\varepsilon = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{T_1}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{T_2}{T_3} \cdot \dots \cdot \frac{T_n}{T_{\text{дет}}}, \quad (2.16)$$

де ε – загальне уточнення;

n – число ступенів обробки;

$T_{\text{заг}}$, $T_{\text{дет}}$, T_i – допуски параметра, що розглядається відповідно до заготовки, деталі, n -го ступеня обробки.

Тоді

$$\varepsilon = \frac{800}{21} = 38,095.$$

Можна записати, що:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \dots \cdot \varepsilon_n, \quad (2.17)$$

де ε_n – окремі ступені уточнення.

Розділяючи загальне уточнення на співмножники (ступені), слід врахувати типові рекомендації:

- для першого ступеня чорнової обробки досяжними є величини уточнення – $\varepsilon = 5 \dots 6$;
- для проміжних ступенів напівчистої обробки – $\varepsilon = 3 \dots 4$;
- для проміжних ступенів чистої обробки з допусками точності (IT8...IT10) – $\varepsilon = 2 \dots 2,5$;
- для ступенів чистої обробки з допусками точності (IT5...IT8) – $\varepsilon = 1,5 \dots 2$.

Приймаємо

$$\varepsilon_1 = 6; \varepsilon_2 = 4; \varepsilon_3 = 1,587.$$

Тоді

$$\varepsilon_1 = 6 \cdot 4 \cdot 1,587 = 38,095 \text{ .}$$

Отже, приймаємо 3 переходи механічної обробки. Допуски на проміжні технологічні розміри:

$$T_1 = \frac{800}{6} = 133,33 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{IT } 11);$$

$$T_2 = \frac{133,33}{4} = 33,33 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{IT } 8);$$

$$T_3 = \frac{33,33}{1,587} = 21 \text{ (мкм)} \quad (\text{IT } 7).$$

Остаточно приймаємо 3 переходи механічної обробки:

- розточування попереднє;
- розточування остаточне;
- розвертання однократне.

Методи обробки інших поверхонь зведені в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Методи обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності

Розмір	Коефіцієнт уточнення	Розподіл ε	Допуски, мм	Квалітет	Метод обробки
$\varnothing 45H8^{(+0,039)}$	$\varepsilon=1,0/0,039=25,64$	$\varepsilon_1=5,0$ $\varepsilon_2=3,5$ $\varepsilon_3=1,47$	$T_{заг}=1,0$ $T_1=1,0/5,0=0,2$ $T_2=0,2/3,5=0,057$ $T_3=0,057/1,47=0,039$	11 9 8	Розточування попереднє Розточування попереднє Розточування остаточне
$\varnothing 25H7^{(+0,021)}$	$\varepsilon=0,8/0,021=38,095$	$\varepsilon_1=6,0$ $\varepsilon_2=4,0$ $\varepsilon_3=1,587$	$T_{заг}=0,8$ $T_1=0,8/6,0=0,133$ $T_2=0,133/4,0=0,033$ $T_3=0,033/1,587=0,021$	11 8 7	Розточування попереднє Розточування остаточне Розвертання однократне
M12-7H					Центрування отвору Свердління отвору Нарізання різьби
24H14 _(-0,5)					Фрезерування однократне
64 $\pm 0,95$					Фрезерування однократне

2.3.2 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

Оптимальним варіантом вибору баз є варіант з мінімальною похибкою базування ($\varepsilon_6 = 0$), коли вимірювальна та технологічна бази співпадають.

При виборі чистових баз ми маємо мінімізувати похибку базування на отримувані розміри. Відповідно в якості чистових баз запропонована схема базування на площину і два пальці, вона показана на рис. 2.11.

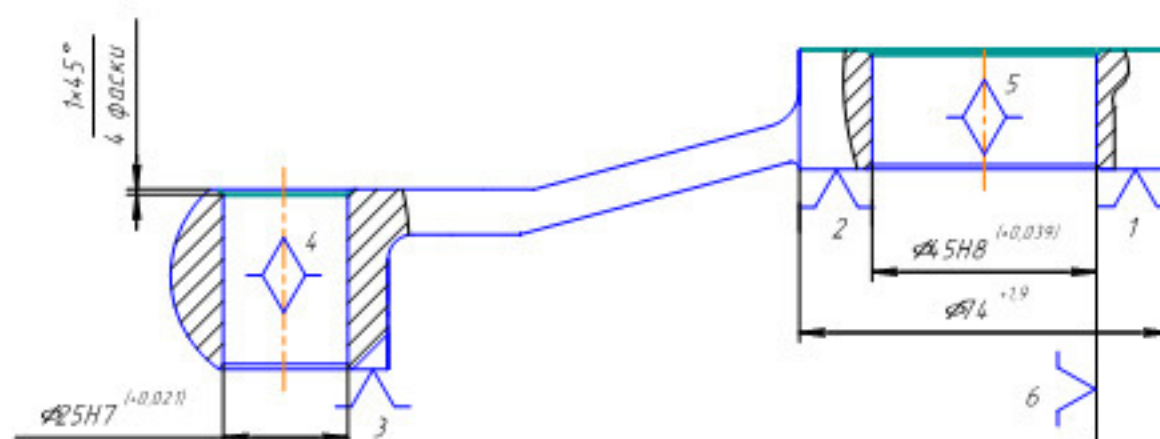


Рисунок 2.11 – Чистові технологічні бази

Похибка базування складатиме:

$\varepsilon_{6(\varnothing 45)} = 0$ – діаметральний розмір;

$\varepsilon_{6(\varnothing 25)} = 0$ – діаметральний розмір.

Похибка базування на перпендикулярність отвору $\varnothing 45$ відносно поверхні А рівна нулю, оскільки дана поверхня виконується з одного установу.

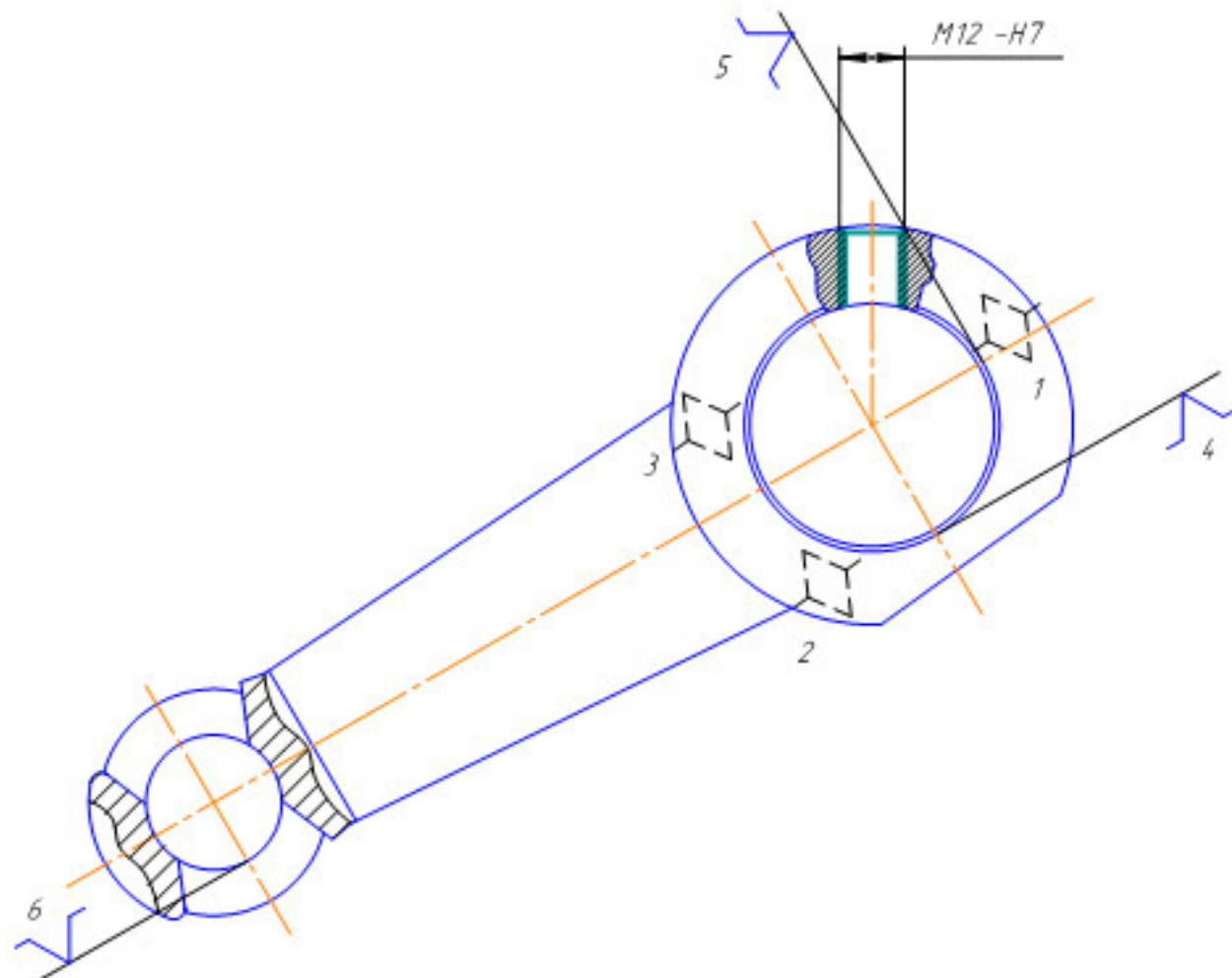


Рисунок 2.12 – Чистові технологічні бази (1-ий комплект)

При обробці отвору M12 похибка базування складатиме $\varepsilon_{6(M12-7H)} = 0$ – обробка мірним інструментом.

При фрезеруванні лиски деталь встановлюється на площину та два пальці (рис. 2.13).

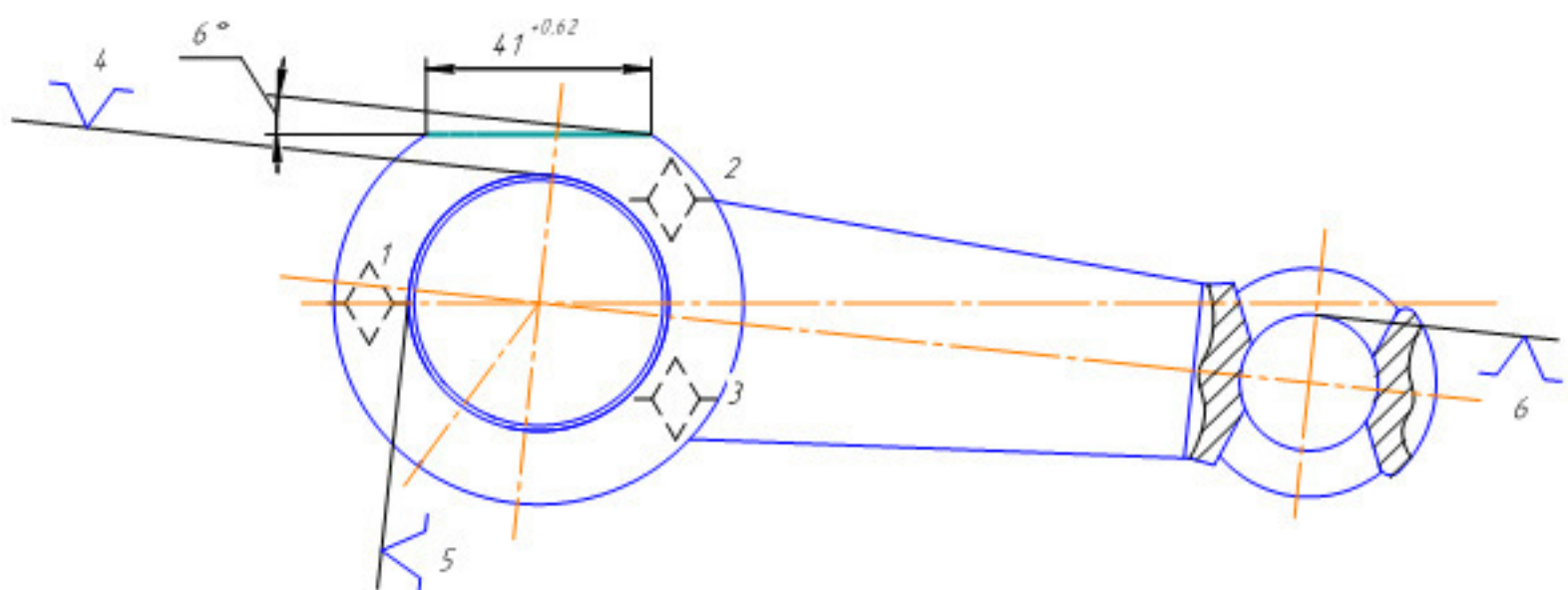


Рисунок 2.13 – Чистові технологічні бази (2-ий комплект)

При виборі чорнових технологічних баз має вирішуватися одна із двох

задач: зняття рівномірного мінімального припуску з поверхні при подальшій механічній обробці чи зв'язок оброблюваних і необроблюваних поверхонь.

В якості чорнових технологічних баз можна використати схему базування в призмах (рис. 2.14). Це забезпечить зв'язок оброблюваних і необроблюваних поверхонь.

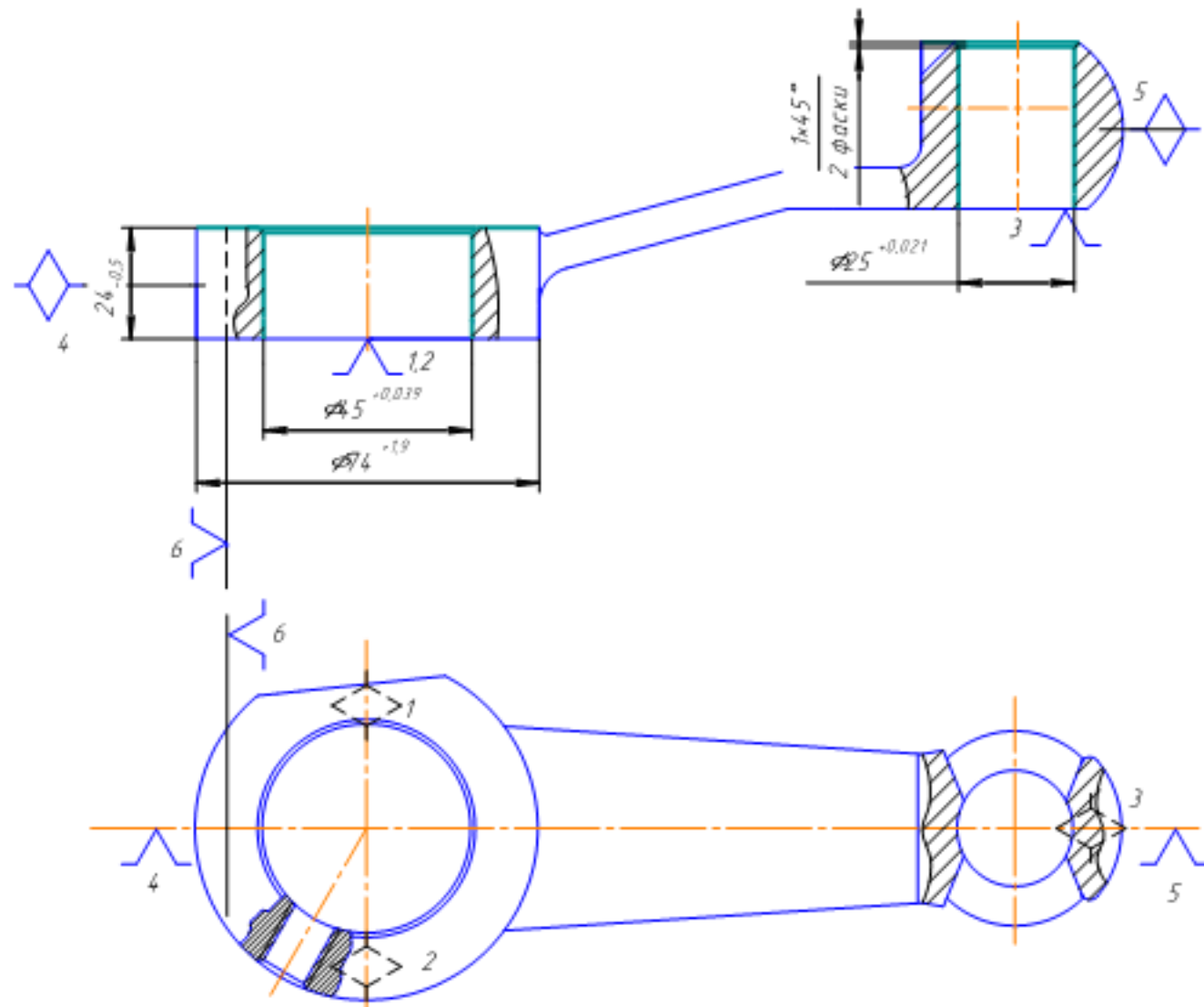


Рисунок 2.14 – Чорнові технологічні бази

При виконанні механічної обробки з використанням даних чистових і чорнових технологічних баз відсутня похибка базування, а, отже, можливо отримати якісні деталі, які будуть відповідати вказаним на кресленні вимогам.

2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки

Розроблений маршрут механічної обробки деталі зводимо до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Маршрут механічної обробки

№ оп.	Назва операції та зміст переходів	Ескіз обробки, схема базування	Тип обладнання
1	2	3	4
005	<u>Комбінована з ЧПК</u> <u>Установ 1</u> 1) Встановити і закріпити заготовку. 2) Фрезерувати поверхні 1, 2 однократно. 3) Розточити отвір 3 попередньо. 4) Розточити отвір 3 попередньо. 5) Розточити отвір 3 остаточно. 6) Розточити отвір 4 попередньо. 7) Розточити отвір 4 остаточно. 8) Розвернути отвір 4 однократно. 9) Розточити фаску 5 в отворі 3. 10) Розточити фаску 6 в отворі 4. 11) Переустановити заготовку. <u>Установ 2</u> 12) Фрезерувати поверхні 7, 8 однократно. 13) Розточити фаску 9. 14) Розточити фаску 10. 15) Зняти заготовку.	<u>Установ 1</u> <u>Установ 2</u>	Багатоцільовий верстат з ЧПК ЛТ260МФ3

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4
010	<u>Комбінована з ЧПК</u> 1) Встановити і закріпити заготовку. 2) Фрезерувати поверхню 1 однократно. 3) Повернути заготовку. 4) Центрувати отвір під паз 2. 5) Свердлити отвір під паз 2. 6) Фрезерувати паз 2. 7) Повернути заготовку. 8) Фрезерувати паз 3. 9) Повернути заготовку. 10) Центрувати отвір 4. 11) Свердлити отвір 4. 12) Зенкувати фаску 5 в отворі 4. 13) Нарізати різьбу в отворі 4. 14) Зняти деталь.	Technical drawing of a mechanical part, showing a front view and a cross-sectional view. The front view includes dimensions: 20, 6, 5, 1, 2, 60°±1°, R12.5, and M12-H7. The cross-sectional view includes dimensions: 22, 16, 8, 44°±1°, and surface roughness Ra 6.3. Numbered callouts 1 through 6 point to specific features on both views.	Багатоцільовий верстат з ЧПК ЛТ260МФ3 з поворотним столом

2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

- Вибір розташування технологічних розмірів [1, 13]

Розташування технологічних розмірів відповідає технологічному процесу та зображене на рис. 2.15.

- Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Отже, користуючись довідниковими даними, вибираємо допуски на отримувані технологічні розміри у відповідності до якості поверхонь:

$$T(B_1) = 0,52 \text{ мм}; T(B_2) = 0,74 \text{ мм}; T(B_3) = 0,74 \text{ мм}; T(B_4) = 0,62 \text{ мм};$$

$$T(3_1) = 0,8 \text{ мм}; T(3_2) = 0,9 \text{ мм}; T(3_3) = 1,1 \text{ мм}.$$

При цьому визначаємо з робочого креслення деталі допуски на конструктивні розміри:

$T(K_1) = 0,52 \text{ mm}$; $T(K_2) = 0,62 \text{ mm}$; $T(K_3) = 0,74 \text{ mm}$.

- Розмірна схема технологічного процесу

Виконаний результат даного пункту показано на рис. 2.15 [1].

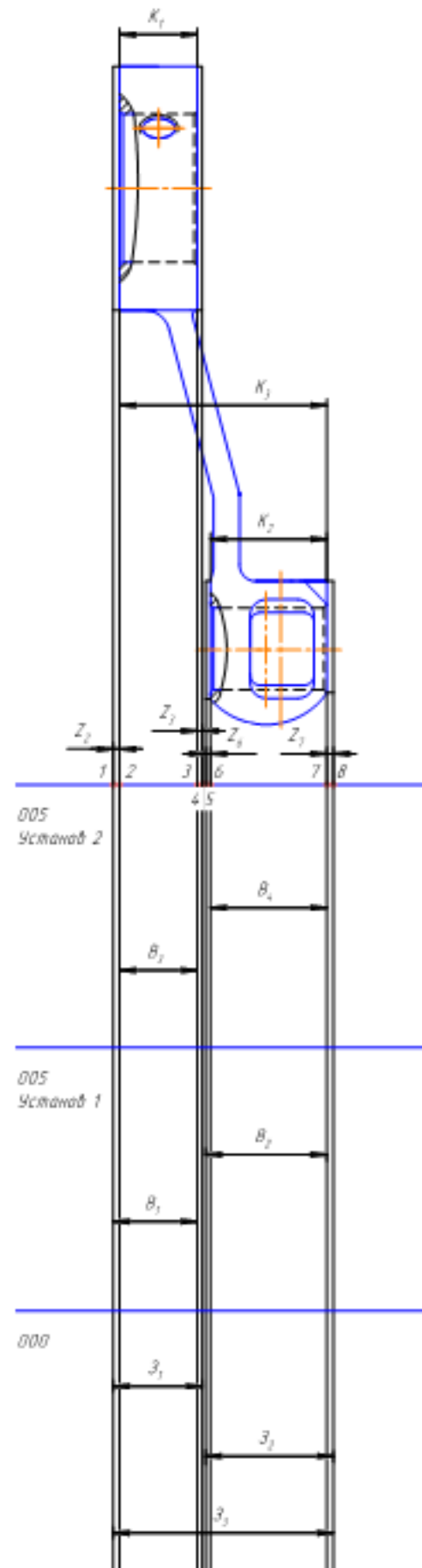


Рисунок 2.15 – Розмірна схема технологічного процесу

- Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

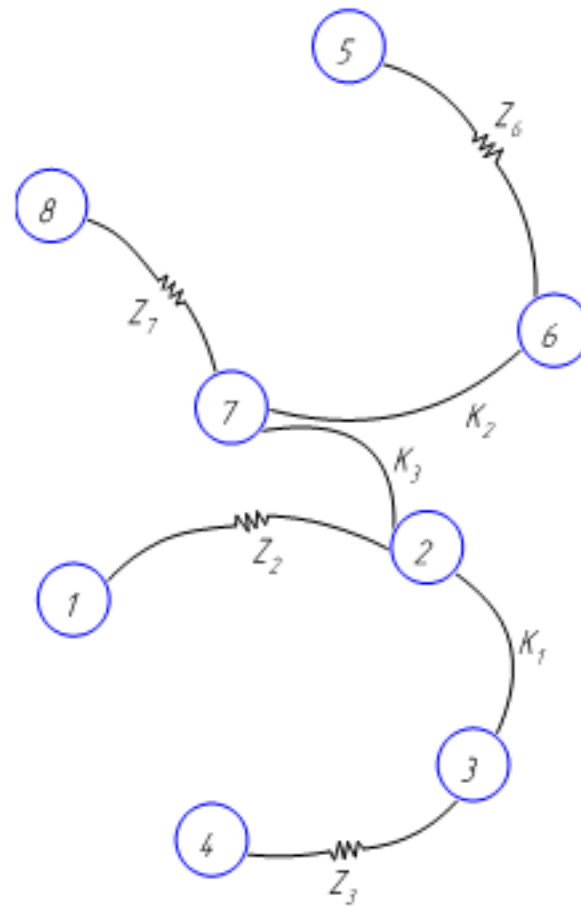


Рисунок 2.16 – Вихідний граф-дерево

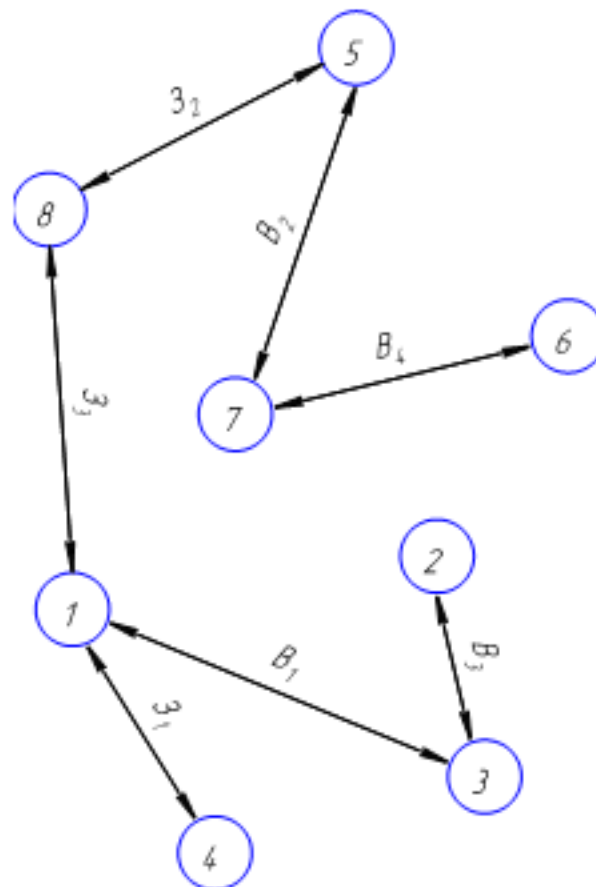


Рисунок 2.17 – Похідний граф-дерево

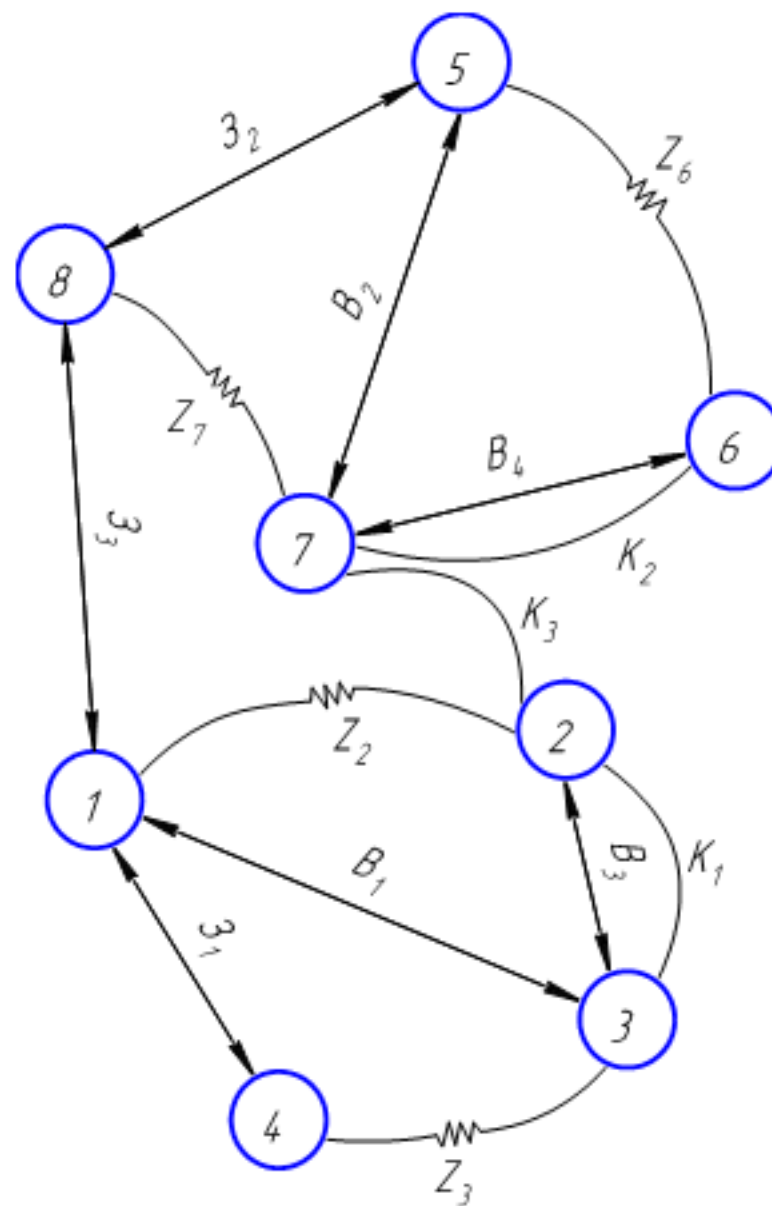


Рисунок 2.18 – Суміщений граф-дерево

- Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Користуючись довідниковими даними, вибираємо необхідні параметри мінімальних припусків [14]:

$$Z_{2\min} = 0,3 \text{ мм}; Z_{3\min} = 0,3 \text{ мм}; Z_{6\min} = 0,3 \text{ мм}; Z_{7\min} = 0,3 \text{ мм}.$$

Далі запишемо конструктивні розміри з урахуванням допусків у відповідності до квалітету:

$$K_1 = 24_{-0,52} \text{ мм}; K_2 = 36_{-0,62} \text{ мм}; K_3 = 64_{-0,74} \text{ мм}.$$

Отже, матимемо наступні величини максимальних розмірів:

$$K_{1\max} = 24 \text{ мм}; K_{2\max} = 36 \text{ мм}; K_{3\max} = 64 \text{ мм}.$$

- Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Рівняння технологічних розмірних ланцюгів заносимо у таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Рівняння для розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№	Вихідне рівняння	Розрахункове рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K_1 + B_3 = 0$	$B_3 = K_1$	B_3
2	$-K_2 + B_4 = 0$	$B_4 = K_2$	B_4
3	$B_1 - B_3 - Z_2 = 0$	$B_1 = B_3 + Z_2$	B_1
4	$B_2 - B_4 - Z_6 = 0$	$B_2 = B_4 + Z_6$	B_2
5	$3_1 - Z_3 - B_1 = 0$	$3_1 = Z_3 + B_1$	3_1
6	$3_2 - Z_7 - B_2 = 0$	$3_2 = Z_7 + B_2$	3_2
7	$3_3 - 3_2 + B_2 - K_3 + B_3 - B_1 = 0$	$3_3 = 3_2 - B_2 + K_3 - B_3 + B_1$	3_3

- Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків

1. $B_3 = K_1$;

$$B_3 = 24_{-0,52} \text{ мм}.$$

2. $B_4 = K_2$;

$$B_4 = 36_{-0,62} \text{ мм}.$$

3. $Z_{2\min} = B_{1\min} - B_{3\max}$;

$$B_{1\min} = Z_{2\min} + B_{3\min} = 0,3 + 23,48 = 23,78 \text{ (мм)};$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 23,78 + 0,52 = 24,3 \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\max} = B_{1\max} - B_{3\min} = 24,3 - 23,48 = 0,82 \text{ (мм)}.$$

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

$$B_{2\min} = Z_{6\min} + B_{4\min} = 0,3 + 35,38 = 35,68 \text{ (мм)};$$

$$B_{2\max} = B_{2\min} + T(B_2) = 35,68 + 0,74 = 36,42 \text{ (мм)};$$

$$Z_{6\max} = B_{2\max} - B_{4\min} = 36,42 - 35,38 = 1,04 \text{ (мм)}.$$

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

$$3_{1\min} = Z_{3\min} + B_{1\min} = 0,3 + 23,78 = 24,08 \text{ (мм)};$$

$$3_{1\max} = 3_{1\min} + T(3_1) = 24,08 + 0,8 = 24,88 \text{ (мм)};$$

$$Z_{3\max} = 3_{1\max} - B_{1\min} = 24,88 - 23,78 = 1,1 \text{ (мм)}.$$

$$6. Z_{7\min} = 3_{2\min} - B_{2\max};$$

$$3_{2\min} = Z_{7\min} + B_{2\min} = 0,3 + 35,68 = 35,98 \text{ (мм)};$$

$$3_{2\max} = 3_{2\min} + T(3_2) = 35,98 + 0,9 = 36,88 \text{ (мм)};$$

$$Z_{7\max} = 3_{2\max} - B_{2\min} = 36,88 - 35,68 = 1,2 \text{ (мм)}.$$

$$7. K_{3\min} = 3_{3\min} - 3_{2\max} + B_{2\min} + B_{3\min} - B_{1\max};$$

$$3_{3\min} = K_{3\min} + 3_{2\min} - B_{2\max} - B_{3\max} + B_{1\min} = 63,26 + 35,98 - 36,42 - 24 + 23,78 = 62,6 \text{ (мм)};$$

$$3_{3\max} = 3_{3\min} + T(3_3) = 62,6 + 1,1 = 63,7 \text{ (мм)}.$$

Перевіримо можливість забезпечення необхідної точності розміру K_3

$$K_{3\max} = 3_{3\max} - 3_{2\min} + B_{2\max} + B_{3\max} - B_{1\min} = 63,7 - 35,98 + 36,42 + 24 - 23,78 = 63,96 \text{ (мм)}.$$

Поле розсіювання розміру K_3

$$\delta(K_3) = K_{3\max} - K_{3\min} = 63,96 - 63,26 = 0,7 \text{ (мм)} < T(K_3) = 0,74 \text{ (мм)} - \text{ умова виконується, точність розміру } K_3 \text{ забезпечується.}$$

В результаті ми отримали наступні результати, які зводимо до таблиць 2.9 та 2.10.

Таблиця 2.9 – Величини отриманих технологічних розмірів

Технологічний розмір	B_1	B_2	B_3	B_4
Квалітет точності	14	14	14	14
Значення (min/max)	23,78	35,36	23,48	35,68
	24,3	36,42	24,0	36,0
Технологічний розмір	3_1	3_2	3_3	
Значення (min/max)	24,08	35,98	62,6	
	24,88	36,88	63,7	

Таблиця 2.10 – Значення максимальних припусків

Спосіб обробки	Фрезерування			
Максимальний припуск	$Z_{2\max}$	$Z_{3\max}$	$Z_{6\max}$	$Z_{7\max}$
Значення	0,82	1,1	1,04	1,2

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 $\varnothing 25H7^{(+0,021)}$.

Виконаємо розрахунок припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 25H7^{(+0,021)}$ [1].

Технологічний маршрут обробки поверхні $\varnothing 25H7^{(+0,021)}$ складається із розточування попереднього, розточування остаточного і розвертання.

Знаходимо значення R_z і T для трьох переходів:

$R_z = 50$ мкм, $T = 50$ мкм – для розточування попереднього;

$R_z = 20$ мкм, $T = 25$ мкм – для розточування остаточного;

$R_z = 10$ мкм, $T = 25$ мкм – для розвертання.

Записуємо розрахункові формули для визначення сумарного значення просторових відхилень:

$$\rho_d = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.23)$$

де $\rho_{\text{кор}}$ – короблення отвору, яке треба враховувати в діаметральному і в осьовому перерізі:

$$\rho_d = \sqrt{(\Delta_k d)^2 + (\Delta_k l)^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 25)^2 + (0,7 \cdot 36)^2} = 30,7 \text{ (мкм)},$$

де d і l – діаметр і довжина обробляемого отвору;

$\Delta_k = 0,7$ – питоме короблення вилівка.

Допуск на розмір 23 мм для вилівка 7-го класу розмірної точності в напрямку осі X – 800 мкм і на розмір 23 мм в напрямку осі Y – 800 мкм.

Враховуючи, що сумарне зміщення отвору в виливку відносно зовнішньої її поверхні представляє геометричну суму зміщень в двох взаємноперпендикулярних площинах X, Y, отримаємо:

$$\rho_{\text{сн}} = \sqrt{\rho_{\text{снX}}^2 + \rho_{\text{снY}}^2} = \sqrt{\left(\frac{800}{2}\right)^2 + \left(\frac{800}{2}\right)^2} = 565,69 \text{ (мкм)},$$

де $\rho_{\text{снX}}$ і $\rho_{\text{снY}}$ дорівнюють половині поля допуску на розмір 23 заготовки.

Таким чином, сумарне значення просторового відхилення заготовки:

$$\rho_{\text{г}} = \sqrt{565,69^2 + 30,7^2} = 566,52 \text{ (мкм)}.$$

Залишкове просторове відхилення після розточування попереднього:

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_{\text{г}} = 0,05 \cdot 566,52 = 28,33 \text{ (мкм)}.$$

Залишкове просторове відхилення після розточування остаточного:

$$\rho_2 = 0,04 \cdot \rho_1 = 0,04 \cdot 28,33 = 1,13 \text{ (мкм)}.$$

Залишкове просторове відхилення після розвертання отвору:

$$\rho_3 = 0,02 \cdot \rho_2 = 0,02 \cdot 1,13 = 0,0022 \text{ (мкм)} \approx 0 \text{ (мкм)}.$$

Похибка установки при обробці отвору $\varnothing 25\text{H}7^{(+0,021)}$:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_{\theta}^2 + \varepsilon_{\gamma}^2} \text{ [мкм]}. \quad (2.24)$$

де ε_{δ} – похибка базування, $\varepsilon_{\delta} = 0$ – обробка діаметрального розміру;

ε_{γ} – похибка закріплення заготовки, приймаємо $\varepsilon_{\gamma} = 150$ мкм [1] при установленні литої заготовки на опорні штифти і затиском в призмах.

Похибка установки при розточуванні попередньому:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{0^2 + 150^2} = 150 \text{ (мкм)}.$$

Похибка установки при розточуванні остаточному:

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_1 + \varepsilon_{ind} = 0,05 \cdot 150 + 0 = 7,5 \text{ (мкм)}.$$

де $\varepsilon_{ind} = 0$, так як розточування попереднє і остаточне виконується з одного установа.

Похибка установки при розвертанні:

$$\varepsilon_3 = 0,05 \cdot \varepsilon_2 + \varepsilon_{ind} = 0,05 \cdot 7,5 + 0 = 0,375 \text{ (мкм)} \approx 0 \text{ (мкм)}.$$

де $\varepsilon_{ind} = 0$ так як розточування виконується з одного установа.

Проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, користуючись основною формулою:

$$2Z_{min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{ji}^2}) \text{ [мкм]}. \quad (2.25)$$

Мінімальний припуск під розточування попереднє:

$$2Z_{min1} = 2 \cdot (150 + 150 + \sqrt{566,52^2 + 150^2}) = 1772,08 \text{ (мкм)}.$$

Мінімальний припуск під розточування остаточне:

$$2Z_{\min 2} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{28,33^2 + 7,5^2}) = 258,6 \text{ (мкм)}.$$

Мінімальний припуск під розвертання:

$$2Z_{\min 3} = 2 \cdot (10 + 25 + \sqrt{0^2 + 0,4^2}) = 70,8 \text{ (мкм)}.$$

Розрахунковий розмір:

- для розточування остаточного:

$$d_{p2} = 25,021 - 0,0708 = 24,95 \text{ (мм)};$$

- для розточування попереднього:

$$d_{p1} = 24,95 - 0,2586 = 24,7 \text{ (мм)};$$

- для заготовки:

$$d_{p\text{заг}} = 24,7 - 1,772 = 22,92 \text{ (мм)}.$$

Значення допусків:

- для вилівка 7-го класу розмірної точності: $\delta = 800 \text{ мкм}$;
- для розточування попереднього: $\delta = 130 \text{ мкм}$ по 11 квалітету;
- для розточування остаточного: $\delta = 33 \text{ мкм}$ по 8 квалітету;
- для розвертання: $\delta = 21 \text{ мкм}$ по 7 квалітету.

Найменші граничні розміри:

- для розвертання:

$$d_{\max 3} = 25,021 \text{ мм};$$

$$d_{\min 3} = 25,021 - 0,021 = 25 \text{ (мм)};$$

- для розточування остаточного:

$$d_{\max 2} = 24,95 \text{ мм};$$

$$d_{\min 2} = 24,95 - 0,033 = 24,92 \text{ (мм)};$$

- для розточування попереднього:

$$d_{\max 1} = 24,7 \text{ мм};$$

$$d_{\min 1} = 24,7 - 0,136 = 24,57 \text{ (мм)};$$

- для заготовки:

$$d_{\max 3} = 22,92 \text{ мм};$$

$$d_{\min 3} = 22,92 - 0,8 = 22,12 \text{ (мм)}.$$

Граничні значення припусків:

- для розвертання:

$$2Z_{\min 3}^{zp} = 25,021 - 24,95 = 0,071 \text{ (мм)} = 68 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 3}^{zp} = 25 - 24,92 = 0,08 \text{ (мм)} = 80 \text{ (мкм)};$$

- для розточування остаточного:

$$2Z_{\min 2}^{zp} = 24,95 - 24,7 = 0,25 \text{ (мм)} = 250 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2}^{zp} = 24,92 - 24,56 = 0,36 \text{ (мм)} = 350 \text{ (мкм)};$$

- для розточування попереднього:

$$2Z_{\min 1}^p = 24,7 - 22,92 = 1,78 \text{ (мм)} = 1780 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 1}^p = 24,56 - 22,12 = 2,44 \text{ (мм)} = 2440 \text{ (мкм)}.$$

Всі розраховані припуски та граничні розміри по технологічним переходам зводимо до таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Розраховані припуски та граничні розміри по технологічним переходам на обробку отвору $\varnothing 25H7^{(+0,021)}$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 25H7^{(+0,021)}$	Елементи припуску, мкм				Розра- хунко- вий припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розра- хунко- вий розмір d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мм	
	R_z	T	ρ	ε				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	150	150	566,52	-	-	22,92	800	22,12	22,92	-	-
Розточування попереднє	50	50	28,33	150	1172,08	24,7	130	24,57	24,7	1,78	2,44
Розточування остаточне	20	25	1,13	7,5	258,6	24,95	33	24,91	24,95	0,253	0,35
Розвертання	10	25	-	0,4	70,8	25,021	21	25	25,021	0,068	0,08
Всього										2,101	2,88

Загальні припуски розраховуємо, сумуючи проміжні припуски:

$$2Z_{0\min} = 68 + 250 + 1780 = 2101 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{0\max} = 80 + 350 + 2440 = 2880 \text{ (мкм)}.$$

Виконуємо перевірку правильності виконуваних розрахунків:

$$Z_{\max 1}^p - Z_{\min 1}^p = 2440 - 1780 = 670 \text{ (мм)}; \delta_4 - \delta_3 = 800 - 130 = 670 \text{ (мм)};$$

$$Z_{\max 2}^p - Z_{\min 2}^p = 350 - 253 = 97 \text{ (мм)}; \delta_3 - \delta_2 = 130 - 33 = 97 \text{ (мм)};$$

$$Z_{\max 3}^p - Z_{\min 3}^p = 80 - 68 = 12 \text{ (мм)}; \delta_2 - \delta_1 = 33 - 21 = 12 \text{ (мм)}.$$

Будуємо схему графічного розташування полів припусків і допусків для обробки внутрішнього отвору $\varnothing 25H7^{(+0,021)}$ і зображуємо її на рисунку 2.19.

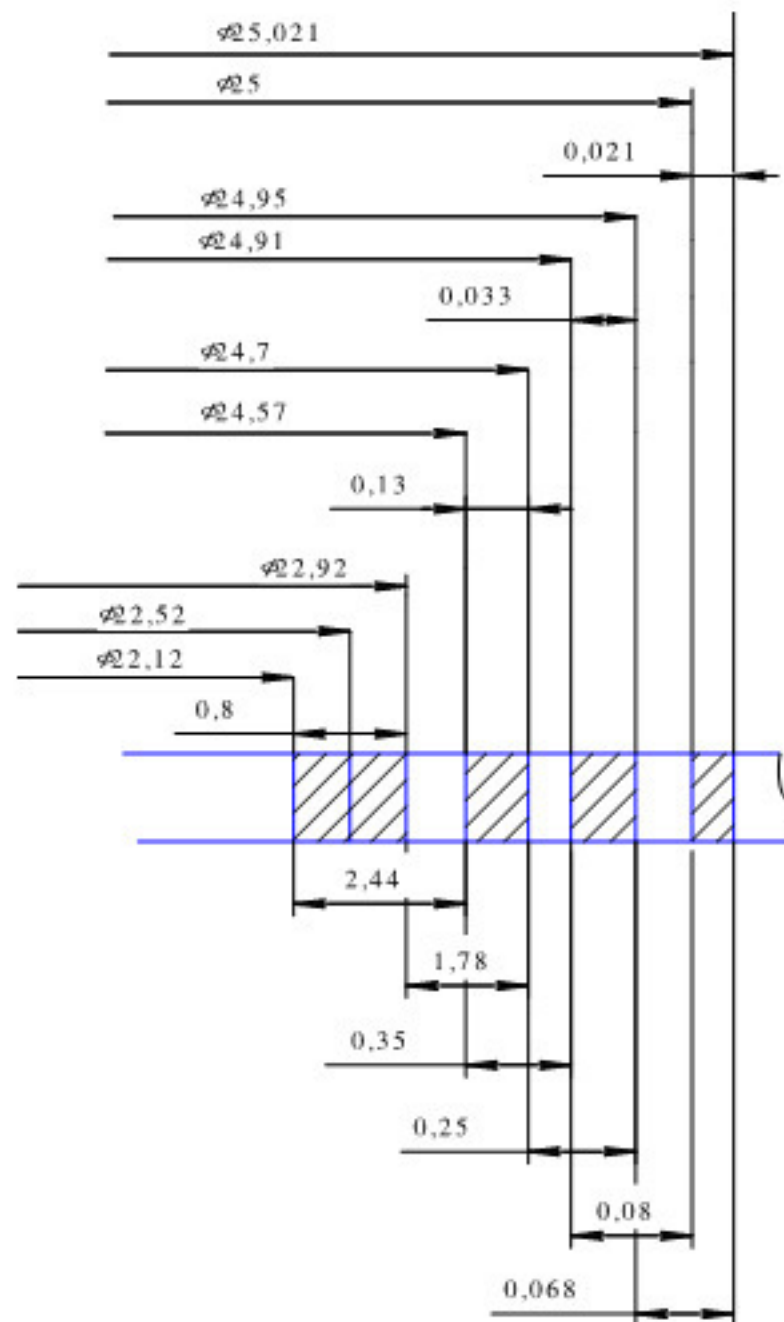


Рисунок 2.19 – Схема графічного розташування полів припусків і допусків для обробки внутрішнього отвору $\varnothing 25H7^{(+0,021)}$

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

За нормативами призначаємо проміжні припуски на обробку всіх циліндричних поверхонь і розраховуємо технологічні розміри і максимальні припуски. Дані заносимо в таблицю 2.12.

Таблиця 2.12 – Визначення технологічних розмірів і максимальних припусків

Розмір	Технологічний перехід	$2Z_{\min}$, ММ	d_p , ММ	Δ , ММ	$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2z_{\min}^{pp}$, ММ	$2z_{\max}^{pp}$, ММ
$\varnothing 45H8^{(+0,039)}$	Заготовка	-	43,52	1000	42,52	43,52	-	-
	Розточити попередньо	2·590	44,7	160	44,54	44,7	1,18	2,02
	Розточити попередньо	2·130	44,96	62	44,69	44,96	0,15	0,26
	Розточити остаточно	2·40	45,039	39	45	45,039	0,088	0,1

2.3.6 Визначення режимів різання

Виконуємо розрахунок режимів різання [15-17] для таких видів обробки:

- розточування попереднє отвору $\varnothing 45H8^{(+0,039)}$ (операція 005, перехід 3),
- фрезерування поверхні в розмір $24_{-0,5}$ (операція 005, перехід 12).

Для переходу розточування отвору $\varnothing 45H8^{(+0,039)}$ вибираємо марку сплава для ріжучої частини різця Т5К10.

Так як точіння чорнове, то приймаємо глибину різання рівною припуску на обробку $t = 1,8$ мм.

Приймаємо подачу максимальною, враховуючи, що обробка чорнова $S = 0,5-0,3$ мм. Приймаємо $S = 0,5$ мм.

Визначаємо швидкість різання:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{xy} \cdot S^{yz}} \cdot K_v \text{ [М/ХВ]}, \quad (2.26)$$

де C_v – коефіцієнт, $C_v = 350$;

x, y, m – показники степеня: $x = 0,15$; $y = 0,35$, $m = 0,2$;

T – період стійкості при одноінструментальній обробці, $T = 30 \dots 60$ хв.

Приймаємо $T = 50$ хв.

Знаходимо значення поправкового коефіцієнту K_v :

$$K_{\vartheta} = K_{M\vartheta} \cdot K_{n\vartheta} \cdot K_{H\vartheta}, \quad (2.27)$$

де $K_{M\vartheta}$ – поправковий коефіцієнт, який враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання;

$$K_{M\vartheta} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_{\vartheta}}, \quad (2.28)$$

де K_{Γ} – коефіцієнт, що характеризує групу сталі по обробці, $K_{\Gamma} = 1$;

n_{ϑ} – показник степеня, $n_{\vartheta} = 1$;

$\sigma_s = 350$ МПа.

$$K_{M\vartheta} = 1 \left(\frac{750}{350} \right)^1 = 2,14.$$

де $K_{n\vartheta}$ – поправковий коефіцієнт, який враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання, $K_{n\vartheta} = 0,8-0,85$; приймаємо $K_{n\vartheta} = 0,83$;

$K_{H\vartheta}$ – поправковий коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання, $K_{H\vartheta} = 0,65$;

$$K_{\vartheta} = 2,14 \cdot 0,83 \cdot 0,65 = 1,15.$$

Отже,

$$\vartheta = \frac{350}{50^{0,2} \cdot 1,8^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} 1,15 = 216,17 \text{ (м/хв)}.$$

Знаходимо частоту обертання:

$$n = \frac{1000\vartheta}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 216,2}{\pi \cdot 45} = 1530 \text{ (об/хв)}. \quad (2.29)$$

Визначаємо силу різання:

$$P_z = 10 C_{pz} \cdot t^{x_{pz}} \cdot S^{y_{pz}} \cdot g^{n_{pz}} \cdot K_{pz} [H];$$

$$P_y = 10 C_{py} \cdot t^{x_{py}} \cdot S^{y_{py}} \cdot g^{n_{py}} \cdot K_{py} [H];$$

$$P_x = 10 C_{px} \cdot t^{x_{px}} \cdot S^{y_{px}} \cdot g^{n_{px}} \cdot K_{px} [H].$$

Постійну C_p та показники степені x , y , n для кожної зі складових сили різання:

$$C_{pz} = 300; \quad x_{pz} = 1; \quad y_{pz} = 0,75; \quad n_{pz} = -0,15;$$

$$C_{py} = 243; \quad x_{py} = 0,9; \quad y_{py} = 0,6; \quad n_{py} = -0,3.$$

$$C_{px} = 339; \quad x_{px} = 1; \quad y_{px} = 0,5; \quad n_{px} = -0,4.$$

Визначаємо поправковий коефіцієнт:

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (2.30)$$

Чисельні значення коефіцієнтів:

$$K_{\varphi z} = 1; \quad K_{\gamma z} = 1,1; \quad K_{\lambda z} = 1;$$

$$K_{\varphi y} = 1; \quad K_{\gamma y} = 1,4; \quad K_{\lambda y} = 1,25;$$

$$K_{\varphi x} = 1; \quad K_{\gamma x} = 1,4; \quad K_{\lambda x} = 0,85.$$

Визначаємо поправковий коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності:

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n,$$

де n – показник степеня, $n = 0,75$.

$$K_{Mp} = \left(\frac{350}{750} \right)^{0,75} = 0,56,$$

$$K_{pz} = 0,56 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 = 0,616;$$

$$K_{py} = 0,56 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,25 = 0,98;$$

$$K_{px} = 0,56 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 0,85 = 0,67.$$

Отже, сили різання будуть рівні:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,8^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 216,2^{-0,15} \cdot 0,616 = 883,2(H);$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1,8^{0,9} \cdot 0,5^{0,6} \cdot 216,2^{-0,3} \cdot 0,98 = 534,4(H);$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1,8^1 \cdot 0,5^{0,5} \cdot 216,2^{-0,4} \cdot 0,67 = 348,3(H).$$

Визначаємо потужність різання:

$$N_p = \frac{P_z \cdot g}{1020 \cdot 60} = \frac{883,2 \cdot 216,2}{1020 \cdot 60} = 3,1 \text{ (кВт)}. \quad (2.31)$$

Верстат ЛТ260МФ3 має достатню потужність для виконання даної операції (7,5 кВт).

Для переходу – фрезерування поверхні в розмір $24_{-0,5}$.

Фрезерування здійснюємо насадною фрезою з швидкоріжучої сталі.

Визначаємо діаметр фрези, необхідної для обробки:

$$D_{фр} = (1,25 \dots 1,5)B = (1,25 \dots 1,5)74 = 92,5 \text{ (мм)},$$

де B – ширина фрезерування.

Приймаємо стандартний діаметр фрези $D_{\text{фр}} = 100$ мм.

Приймаємо глибину фрезерування t рівною припуску, що зрізається $t = 1,1$ мм.

Вибираємо подачу на зуб $S_z = 0,08 \dots 0,15$ мм. Приймаємо $S_z = 0,12$ мм.

Визначаємо швидкість різання, тобто кругову швидкість фрези:

$$v_g = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p} K_g [\text{м / хв}],$$

де z – число зубців торцевої фрези, яке вибирається в залежності від діаметра фрези, $z = 12$.

Значення коефіцієнта C_v та показників степеня рівні:

$$C_v = 332; q = 0,2; x = 0,1; y = 0,4; u = 0,2; p = 0; m = 0,2.$$

Період стійкості $T = 180$ хв.

Загальний поправковий коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання визначається:

$$K_g = K_{m g} \cdot K_{n g} \cdot K_{\sigma_B g},$$

де $K_{m g}$ – поправковий коефіцієнт, який враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання;

$$K_{m g} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_g},$$

де K_{Γ} – коефіцієнт, що характеризує групу сталі по обробці, $K_{\Gamma} = 1$;

n_g – показник степеня, $n_g = 1$; $\sigma_B = 350$ МПа.

$$K_{m, g} = 1 \left(\frac{750}{350} \right)^1 = 2,14 .$$

$K_{n, g}$ – поправковий коефіцієнт, який враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання, $K_{n, g} = 0,83$;

$K_{u, g}$ – поправковий коефіцієнт, який враховує матеріал інструменту матеріалу, $K_{u, g} = 0,65$.

$$K_g = 2,14 \cdot 0,83 \cdot 0,65 = 1,15 .$$

Отже, швидкість різання:

$$g = \frac{332 \cdot 100^{0,2} \cdot 1,78}{180^{0,2} \cdot 1,1^{0,1} \cdot 0,12^{0,4} \cdot 74^{0,2} \cdot 12^0} \cdot 1,15 = 543 \text{ (м/хв.)}$$

Знаходимо частоту обертання фрези:

$$n = \frac{1000g}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 543}{\pi \cdot 100} = 1729 \text{ (об / хв.)}.$$

Визначаємо силу різання при фрезеруванні

$$P_z = \frac{10 C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^\omega} K_{mp} [H],$$

Коефіцієнт C_p та показники степеня рівні: $C_p = 82,5$; $x = 0,95$; $y = 0,8$; $u = 1,1$; $q = 1,1$; $\omega = 0$.

Визначаємо поправковий коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності:

$$K_{\text{mp}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^a = \left(\frac{350}{750} \right)^{0,75} = 0,56.$$

Отже, сила різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 1,1^{0,95} \cdot 0,12^{0,8} \cdot 74^{1,1} \cdot 12}{100^{1,1} \cdot 1729^0} \cdot 0,56 = 1648 \text{ (Н)}.$$

Величини інших складових сили різання: горизонтальної (сила подачі) P_h , вертикальної P_v , радіальної P_y , осьової P_x встановлюються із відношення до головної складової:

$$P_h/P_z = 0,6 \dots 0,8;$$

$$P_v/P_z = 0,6 \dots 0,7;$$

$$P_y/P_z = 0,3 \dots 0,4;$$

$$P_x/P_z = 0,5 \dots 0,55.$$

Отже, виходячи з даних співвідношень, отримуємо: $P_y = 577 \text{ Н}$; $P_h = 1154 \text{ Н}$; $P_v = 1071 \text{ Н}$; $P_x = 857 \text{ Н}$.

Визначаємо крутний момент на шпинделі:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{1648 \cdot 100}{2 \cdot 100} = 824 \text{ (Нм)},$$

де D – діаметр фрези.

Визначаємо потужність різання (ефективну):

$$N_p = \frac{P_z \cdot g}{1020 \cdot 60} = \frac{1648 \cdot 543}{1020 \cdot 60} = 7,2 \text{ (кВт)}.$$

Верстат ЛТ260МФ3 має достатню потужність для виконання данної операції (7,5 кВт).

Таблиця 2.13 – Результати визначення (за нормативами) режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів [15-17]

Операції, переходи	Режими різання			
	s, мм/об	n, об/хв	v, м/хв	t, мм
1	2	3	4	5
005 Комбінована з ЧПК				
Установ 1				
2) Фрезерувати поверхню 1, 2 однократно	1,44	1729	543	0,82 1,04
3) Розточити отвір 3 попередньо	0,5	1530	216	1,8
4) Розточити отвір 3 попередньо	0,2	1720	243	0,25
5) Розточити отвір 3 остаточно	0,15	2000	282	0,1
6) Розточити отвір 4 попередньо	0,5	1530	120	2,0
7) Розточити отвір 4 остаточно	0,2	1720	135	0,3
8) Розвернути отвір 4 однократно	1,5	520	40,8	0,075
9) Розточити фаску 5 в отворі 3	1,5	800	118	1,0
10) Розточити фаску 6 в отворі 4	1,5	800	70	1,0
Установ 2				
12) Фрезерувати поверхню 7, 8 однократно	1,44	1729	543	1,1 1,2
13) Розточити фаску 9	2,1	800	118	1,0
14) Розточити фаску 10	1,14	800	70	1,0
010 Комбінована з ЧПК				
2) Фрезерувати поверхню 1	1,44	1740	273,6	6,0
3) Центрувати отвір під паз 2	0,5	800	15	3,0
4) Свердлити отвір під паз 2	0,2	800	38	0,5
5) Фрезерувати паз 2	0,023	2600	334,5	0,3
6) Фрезерувати паз 3	0,023	2600	334,5	0,3
7) Центрувати отвір 4	0,5	800	15	3,0
8) Свердлити отвір 4	0,2	1110	36	0,3
9) Зенкувати фаску 5 в отворі 4	0,5	800	35	1
10) Нарізати різь в отворі 4	1,1	560	21,1	1,5

2.3.7 Визначення технічних норм часу

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

$$T_{шт-к} = \frac{T_{н-з}}{n} + T_o + T_d + T_{обс, відн} \quad [\text{хв}], \quad (2.32)$$

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

n – кількість деталей в партії настройки, $n = 508$ шт.;

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

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} [\text{хв}], \quad (2.33)$$

де L – довжина робочого ходу суппорта;

i – число пербігу;

s – подача;

n – частота обертання;

T_d – допоміжний час, який складається із затрат часу на окремі прийоми;

$T_{обс.відв}$ – час на обслуговування робочого місця і відпочинок.

Приведемо приклад розрахунку норм часу для операцій 005-015.

Для операції 005.

Визначаємо підготовчо-заключний час $T_{п-з}$, що складається з:

- установка спеціального пристосування, що встановлюється вручну і кріпиться 4-ма болтами – 16 хв; установка другого пристосування – 16 хв;
- установка фрез – 2 хв; різців розточних – 9 хв; різців розточних (для фасок) – 2 хв;
- отримання інструменту і пристосувань до початку роботи і їх здача по завершенні – 10 хв.

$$T_{п-з} = 32 + 13 + 10 = 55 \text{ (хв)}.$$

Допоміжний час

$$T_d = T_{уз} + T_{зв} + T_{вм.вим} + T_{підв.відв} + T_{зам.інст.} + T_{конт} [\text{хв}], \quad (2.34)$$

де $T_{уз} = 0,043$ хв – час на установку деталей у призму; на площину і 2 пальці – $T_{уз} = 0,06$ хв;

$T_{зв} = 0,024$ хв – час на закріплення і відкріплення деталі вручну рукояткою (двічі);

$T_{вм.вим} = 2 \cdot 0,01 = 0,02$ хв. – час на вмикання і вимикання верстата кнопкою;

$$T_{підв.відв} = 0,04 \cdot 4 + 0,025 \cdot 4 + 0,025 \cdot 4 + 0,025 \cdot 4 + 0,01 \cdot 4 + 0,01 \cdot 4 + 0,01 \cdot 4 = 0,7 \text{ (хв)},$$

де $0,04 \cdot 4$ хв. – підведення або відведення фрези до деталі до двох поверхонь;

$0,025 \cdot 4$ хв. – підведення або відведення різця до деталі до двох поверхонь;

$0,025 \cdot 4$ хв. – підведення або відведення різця до деталі до двох поверхонь;

$0,025 \cdot 4$ хв. – підведення або відведення різця до деталі до двох поверхонь;

$0,01 \cdot 4$ хв. – підведення або відведення різця до деталі до двох поверхонь;

$T_{зам.інст.} = 0,015 \cdot 14 = 0,21$ (хв). – час на зміну інструменту (на даній операції інструмент змінюється 14 раз);

$T_{конт} = 0,12/5 = 0,024$ (хв). – час на контрольні проміри штангенциркулем з установкою його на розмір в процесі вимірювання (вимірюємо 5 розмірів на даній операції);

$$T_{д} = 0,103 + 0,048 + 0,02 + 0,7 + 0,21 + 0,024 = 1,105 \text{ (хв)}.$$

Основний час:

$$T_o = T_{o1} + T_{o2} + T_{o3} + T_{o4} + T_{o5} + T_{o6} + T_{o7} + T_{o8} + T_{o9} + T_{o10} + T_{o11} + T_{o12} + T_{o13} + T_{o14} \text{ [хв]},$$

$$\text{де } T_{o1} = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{134 \cdot 1}{1,44 \cdot 1729} = 0,054 \text{ (хв)};$$

$$T_{o2} = \frac{74 \cdot 1}{1,44 \cdot 1530} = 0,026 \text{ (хв)};$$

$$T_{o3} = \frac{30 \cdot 1}{1,44 \cdot 1530} = 0,04 \text{ (XB)};$$

$$T_{o4} = \frac{30 \cdot 1}{0,2 \cdot 1720} = 0,09 \text{ (XB)};$$

$$T_{o5} = \frac{30 \cdot 1}{0,15 \cdot 2000} = 0,1 \text{ (XB)};$$

$$T_{o6} = \frac{42 \cdot 1}{0,5 \cdot 1530} = 0,055 \text{ (XB)};$$

$$T_{o7} = \frac{42 \cdot 1}{0,2 \cdot 1720} = 0,12 \text{ (XB)};$$

$$T_{o8} = \frac{42 \cdot 1}{1,5 \cdot 520} = 0,054 \text{ (XB)};$$

$$T_{o9} = \frac{1,1 \cdot 1}{1,5 \cdot 800} = 0,001 \text{ (XB)};$$

$$T_{o10} = \frac{1,1 \cdot 1}{1,5 \cdot 800} = 0,001 \text{ (XB)};$$

$$T_{o11} = \frac{134 \cdot 1}{1,44 \cdot 1729} = 0,054 \text{ (XB)};$$

$$T_{o12} = \frac{74 \cdot 1}{1,44 \cdot 1980} = 0,026 \text{ (XB)};$$

$$T_{o13} = \frac{1,1 \cdot 1}{1,5 \cdot 800} = 0,001 \text{ (XB)};$$

$$T_{o14} = \frac{1,1 \cdot 1}{1,5 \cdot 800} = 0,001 \text{ (XB)};$$

$$T_o = 0,054+0,026+0,04+0,09+0,1+0,055+0,12+0,054+0,001+ \\ +0,001+0,054+0,026+0,001+0,001 = 0,623 \text{ (XB)}.$$

Час на обслуговування робочого місця і відпочинок складає 6% від оперативного часу:

$$T_{\text{обс.відв}} = 6\%(T_{\text{оп}}) = 6\%(T_o + T_d) = 6\%(0,623 + 1,434)/100\% = 0,12 \text{ (хв)}.$$

Отже,

$$T_{\text{мв-к}} = \frac{55}{508} + 0,623 + 1,105 + 0,12 = 1,956 \text{ (хв)}.$$

Для операції 010.

Визначаємо підготовчо-заклучний час $T_{\text{п-з}}$, що складається з:

- установка спеціального пристосування з поворотним столом, що встановлюються вручну і кріпиться 4-ма болтами – 16 хв;
- установка фрези – 4 хв;
- установка свердл, зенківки, мітчика – 6 хв;
- отримання інструменту і пристосування до початку роботи і їх здача по завершенні – 10 хв.

$$T_{\text{п-з}} = 16 + 4 + 6 + 10 = 36 \text{ (хв)}.$$

Допоміжний час

$$T_d = T_{\text{уз}} + T_{\text{зв}} + T_{\text{вм.вим}} + T_{\text{підв.відв}} + T_{\text{зам.інст.}} + T_{\text{конт}} \text{ [хв]},$$

де $T_{\text{уз}} = 0,06$ хв – час на установку на горизонтальну площину і два пальці;

$T_{\text{зв}} = 0,024$ хв – час на закріплення і відкріплення деталі рукояткою пневмозажима;

$T_{\text{вм.вим}} = 2 \cdot 0,01 = 0,02$ (хв) – час на вмикання і вимикання верстата кнопкою;

$$T_{\text{підв.відв}} = 0,04 \cdot 30,01 \cdot 2 \cdot 2 = 0,16 \text{ (хв)},$$

де $0,04 \cdot 3$ хв – підведення або відведення фрези до деталі;

$0,01 \cdot 2 \cdot 2$ хв – підведення або відведення свердла, зенківки до деталі до двох поверхонь;

$T_{\text{зам.інст.}} = 0,015 \cdot 5 = 0,075$ (хв) – час на зміну інструменту (на даній операції інструмент змінюється 3 рази);

$T_{\text{конт}} = 0,12/3 = 0,04$ (хв) – час на контрольні проміри штангенциркулем з установкою його на розмір в процесі вимірювання (вимірюємо 3 розмірів на даній операції);

$$T_d = 0,06 + 0,024 + 0,02 + 0,16 + 0,075 + 0,04 = 0,379 \text{ (хв)}.$$

Основний час:

$$T_o = T_{o1} + T_{o2} + T_{o3} + T_{o4} + T_{o5} + T_{o6} + T_{o7} + T_{o8} + T_{o9} + T_{o10} + T_{o11} \text{ [хв]},$$

$$\text{де } T_{o1} = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{84 \cdot 1}{1,44 \cdot 1740} = 0,034 \text{ (хв)};$$

$$T_{o2} = \frac{8 \cdot 1}{0,5 \cdot 800} = 0,02 \text{ (хв)};$$

$$T_{o3} = \frac{15 \cdot 1}{0,2 \cdot 800} = 0,094 \text{ (хв)};$$

$$T_{o4} = \frac{14 \cdot 1}{0,023 \cdot 2600} = 0,23 \text{ (хв)};$$

$$T_{o5} = \frac{8 \cdot 1}{0,5 \cdot 800} = 0,02 \text{ (хв)};$$

$$T_{o6} = \frac{15 \cdot 1}{0,2 \cdot 800} = 0,094 \text{ (хв)};$$

$$T_{o7} = \frac{14 \cdot 1}{0,023 \cdot 2600} = 0,23 \text{ (хв)};$$

$$T_{o8} = \frac{5 \cdot 1}{0,5 \cdot 800} = 0,0125 \text{ (хв)};$$

$$T_{o9} = \frac{10 \cdot 1}{0,2 \cdot 1110} = 0,09 \text{ (хв)};$$

$$T_{o10} = \frac{1,0 \cdot 1}{0,5 \cdot 800} = 0,003 \text{ (хв)};$$

$$T_{o11} = \frac{16 \cdot 1}{1,1 \cdot 560} = 0,24 \text{ (хв)};$$

$$T_o = 0,034 + 0,02 + 0,094 + 0,23 + 0,02 + 0,094 + 0,23 + \\ + 0,0125 + 0,09 + 0,003 + 0,24 = 1,068 \text{ (хв)}.$$

Час на обслуговування робочого місця і відпочинок складає 6% від оперативного часу:

$$T_{\text{обс., відп.}} = 6\%(T_{\text{оп}}) = 6\%(T_o + T_d) = 6\%(1,068 + 0,379)/100\% = 0,087 \text{ (хв)}.$$

Отже,

$$T_{\text{опт.-к}} = \frac{36}{508} + 1,068 + 0,379 + 0,087 = 1,605 \text{ (хв)}.$$

Дані розрахунків заносимо до таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Норми часу

Операція	T_o , хв	T_d , хв	$T_{\text{обс., відп.}}$, хв	$T_{\text{опт.-к}}$, хв
005	0,623	1,105	0,12	1,956
010	1,068	1,068	0,087	1,605

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЖІЛЬ Б03.Н.01.006»

3.1 Розрахунок приведеної програми

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

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

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

Таблиця 3.1 – Дані для розрахунку приведеної програми

Деталі	Маса, кг	Програма, кг	Квалітет / Шорсткість										
			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Важіль (розрах. представ- ник)	0,87	12000	-	2	1	-	-	-	-	-	10	-	-
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	8	12,5	-	-	-
			-	-	-	2	-	5	-	6	-	-	-
			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Вилка 1	0,5	1300	1	3	-	-	-	-	2	-	9	-	8
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	8	12,5	-	-	-
			-	-	1	2	-	4	10	6	-	-	-
			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Вилка 2	0,6	1900	-	4	-	-	-	-	-	-	10	-	8
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	8	12,5	-	-	-
			-	-	2	3	1	2	7	7	-	-	-
			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Кронш- тейн	1,2	50000	1	1	2	-	-	-	-	-	6	-	-
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	8	12,5	-	-	-
			-	-	1	1	1	1	-	6	-	-	-
			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Розрахуємо коефіцієнт K_1 для кожного з найменувань виробів. Оскільки в групу об'єднані подібні деталі, то K_1 може бути розрахований за формулою [2, 18]:

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

де m – маса деталі розглядуваного виробу;

$m_{p.pr.}$ – маса розрахункового представника.

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

$$\text{- для вилки 1: } K_{1B_1} = \sqrt[3]{\left(\frac{0,5}{0,87}\right)^2} = 0,69;$$

$$\text{- для вилки 2: } K_{1B_2} = \sqrt[3]{\left(\frac{0,6}{0,87}\right)^2} = 0,78;$$

$$\text{- для кронштейна: } K_{1K} = \sqrt[3]{\left(\frac{1,2}{0,87}\right)^2} = 1,24;$$

Визначаємо коефіцієнт K_2 :

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

де N_{pn} 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).

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

$$\text{- для вилки 1: } K_{2B_1} = \left(\frac{12000}{1300}\right)^{0,15} = 1,4;$$

- для вилки 2: $K_{2B_2} = \left(\frac{12000}{1900} \right)^{0,15} = 1,32$;

- для кронштейна: $K_{2K} = \left(\frac{12000}{50000} \right)^{0,15} = 0,81$.

Визначаємо коефіцієнт K_3 , що враховує точність, шорсткість, складність конструкції деталі та конструктивні показники:

$$K_{3i} = \left(\frac{\overline{K_{T_i}}}{\overline{K_{T,pr}}} \right)^{\alpha_1}, \quad (3.4)$$

$$\overline{K_T} = \frac{\sum K_\gamma n_\gamma}{\sum n_\gamma},$$

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

K_γ – γ -й квалітет;

n_γ – кількість розмірів γ -го квалітету;

Знайдемо значення коефіцієнта $K_{3,1}$ для кожної деталі:

- для розрахункового представника:

$$\overline{K_{T,pr}} = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 1 + 14 \cdot 10}{2 + 1 + 10} = 12,46 \approx 12,5;$$

- для вилки 1: $\overline{K_{T,pr}^{B_1}} = \frac{6 \cdot 1 + 7 \cdot 3 + 12 \cdot 2 + 14 \cdot 9 + 16 \cdot 8}{1 + 3 + 2 + 9 + 8} = 13,4;$

$$K_{3,1} = \left(\frac{13,4}{12,5} \right)^{\alpha_1} = \frac{0,78}{0,85} = 0,918 ;$$

- для вилки 2: $\overline{K_{T,pr}^{B_{21}}} = \frac{7 \cdot 4 + 14 \cdot 10 + 16 \cdot 8}{4 + 10 + 8} = 13,45 ;$

$$K_{3,1} = \left(\frac{13,45}{12,5} \right)^{\alpha_1} = \frac{0,782}{0,85} = 0,92 ;$$

- для кронштейна: $\overline{K_{тр.кр}} = \frac{6 \cdot 1 + 7 \cdot 1 + 8 \cdot 2 + 14 \cdot 6}{1 + 1 + 2 + 6} = 11,3;$

$$K_{3,1} = \left(\frac{11,3}{12,5} \right)^{\alpha_1} = \frac{0,93}{0,85} = 1,094 .$$

Знайдемо значення коефіцієнта $K_{3,2}$ для кожної деталі:

$$K_{32} = \left(\frac{\overline{R_{ai}}}{\overline{R_{a.pn}}} \right), \quad (3.5)$$

$$\overline{R_a} = \frac{\sum P_{ak} n_k}{\sum n_k} [\text{мкм}],$$

де R_{ai} і $R_{a.pn}$ – середні значення параметра R шорсткості поверхні деталі, що приводиться і деталі-представника;

R_{ak} – значення R_a k -ї поверхні деталі;

n_k – кількість поверхонь, що мають значення R_a .

- для розрахункового представника:

$$\overline{R_a^{р.к.}} = \frac{2,5 \cdot 2 + 6,3 \cdot 5 + 12,5 \cdot 6}{2 + 5 + 6} = 9,3 \text{ (мкм)};$$

- для вилки 1: $\overline{R_a^{B_1}} = \frac{1,6 \cdot 1 + 2,5 \cdot 2 + 6,3 \cdot 4 + 8 \cdot 10 + 12,5 \cdot 6}{1 + 2 + 4 + 10 + 6} = 8,1 \approx 9 \text{ (мкм)};$

$$K_{3,2}^{B_1} = \left(\frac{8,1}{9,3} \right)^{\alpha_2} = \frac{0,97}{0,96} = 1,01 ;$$

- для вилки 2:

$$\overline{R}_a^{B_2} = \frac{1,6 \cdot 2 + 2,5 \cdot 3 + 3,2 \cdot 1 + 6,3 \cdot 2 + 8 \cdot 7 + 12,5 \cdot 7}{2 + 3 + 1 + 2 + 7 + 7} = 7,7 \approx 8(\text{мкм});$$

$$K_{3.2}^{B_2} = \left(\frac{7,7}{9,3} \right)^{\alpha_2} = \frac{0,98}{0,96} = 1,02;$$

- для кронштейна: $\overline{R}_a^K = \frac{1,6 \cdot 1 + 2,5 \cdot 1 + 3,2 \cdot 1 + 6,3 \cdot 1 + 12,5 \cdot 6}{1 + 1 + 1 + 1 + 6} = 8,86 \text{ (мкм)};$

$$K_{3.2}^K = \left(\frac{8,86}{9,3} \right)^{\alpha_2} = \frac{0,965}{0,96} = 1,005.$$

Знайдемо значення коефіцієнта K_3 для кожної деталі:

$$K_3 = K_{3.1}^{\alpha_1} \cdot K_{3.2}^{\alpha_2}, \quad (3.6)$$

- для вилки 1: $K_{3.B_1} = 0,918 \cdot 1,01 = 0,93;$

- для вилки 2: $K_{3.B_2} = 0,92 \cdot 1,02 = 0,94;$

- для кронштейна: $K_{3.K} = 1,094 \cdot 1,005 = 1,1.$

Знайдемо значення коефіцієнта $K_{пр}$ для кожного виробу

- для вилки 1: $K_{прB_1} = 0,69 \cdot 1,4 \cdot 0,93 = 0,9;$

- для вилки 2: $K_{прB_2} = 0,78 \cdot 1,32 \cdot 0,94 = 0,97;$

- для кронштейна: $K_{прK} = 1,24 \cdot 0,81 \cdot 1,1 = 1,1.$

На основі приведених вище розрахунків приведена програма становитиме:

$$N_{пр} = 12000 \cdot 1 + 1300 \cdot 0,9 + 1900 \cdot 0,97 + 50000 \cdot 1,1 = 70013 \text{ (шт.)}$$

Визначенні розрахунки приведеної програми зводимо до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт.	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма
			по масі	по серійності	по складності	загальний	на річний випуск
Важіль	12000	0,87	1	1	1	1	12000
Вилка 1	1300	0,5	0,69	1,4	0,93	0,9	1170
Вилка 2	1900	0,6	0,78	1,32	0,94	0,97	1843
Кронштейн	50000	1,2	1,24	0,81	1,1	1,1	55000
Всього							70013

3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

При груповій формі виробництва кількість верстатів визначається [2, 18]:

$$C_{pi} = \frac{T_{шт-к} \cdot N_{пр}}{F_{\phi} \cdot 60} \text{ [шт.]}, \quad (3.7)$$

де $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляційний час виконання і-тої операції;

$N_{пр}$ – приведена програма випуску;

F_{ϕ} – фонд часу роботи верстата.

Визначаємо кількість верстатів на кожній операції:

$$C_{p005} = \frac{1,956 \cdot 70013}{3890 \cdot 60} = 0,59 \text{ .}$$

Приймаємо 1 верстат ЛТ260МФ3.

$$C_{p010} = \frac{1,605 \cdot 70013}{3890 \cdot 60} = 0,48 \text{ .}$$

Приймаємо 1 верстат ЛТ260МФ3.

Визначену кількість верстатів за приведеною програмою та розрахунковим представником заносимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Кількість верстатів за приведеною програмою та програмою розрахункового представника

Номер операції	C_p , шт.	$C_{пр}$, шт.
005	0,59	1
010	0,48	1
		$\Sigma = 2$

Отже, приймаємо суму верстатів $\Sigma = 2$.

Знаходимо коефіцієнт завантаження верстатів:

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

де C_p – розрахункова кількість верстатів;

$C_{пр}$ – прийнята кількість верстатів.

На операціях 005:

$$\eta_{\gamma 005} = \frac{0,59}{1} = 0,59 .$$

На операціях 010:

$$\eta_{\gamma 010} = \frac{0,48}{1} = 0,48 .$$

Середнє значення коефіцієнту завантаження

$$\eta_{\gamma \text{сер}} = \frac{0,59 + 0,48}{2} = 0,535 .$$

Знаходимо коефіцієнт використання за основним часом для кожної операції:

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{\text{осн}} - K}; \quad (3.9)$$

$$\eta_{o005} = \frac{0,623}{1,956} = 0,32 ;$$

$$\eta_{o010} = \frac{1,068}{1,605} = 0,67 .$$

Середнє значення коефіцієнту використання за основним часом

$$\eta_{\text{сер}} = \frac{0,32 + 0,67}{2} = 0,495 .$$

3.3 Побудова графіків завантаження обладнання

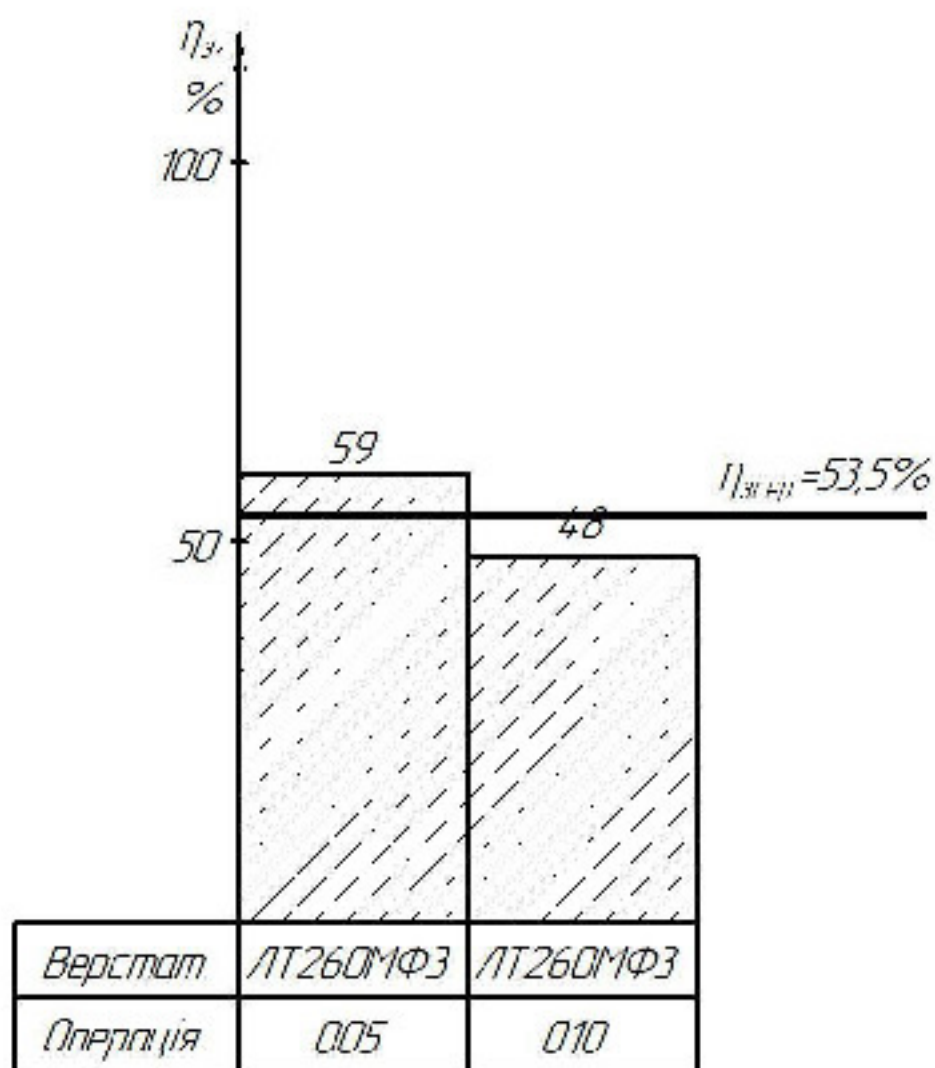


Рисунок 3.1 – Графік завантаження верстатів

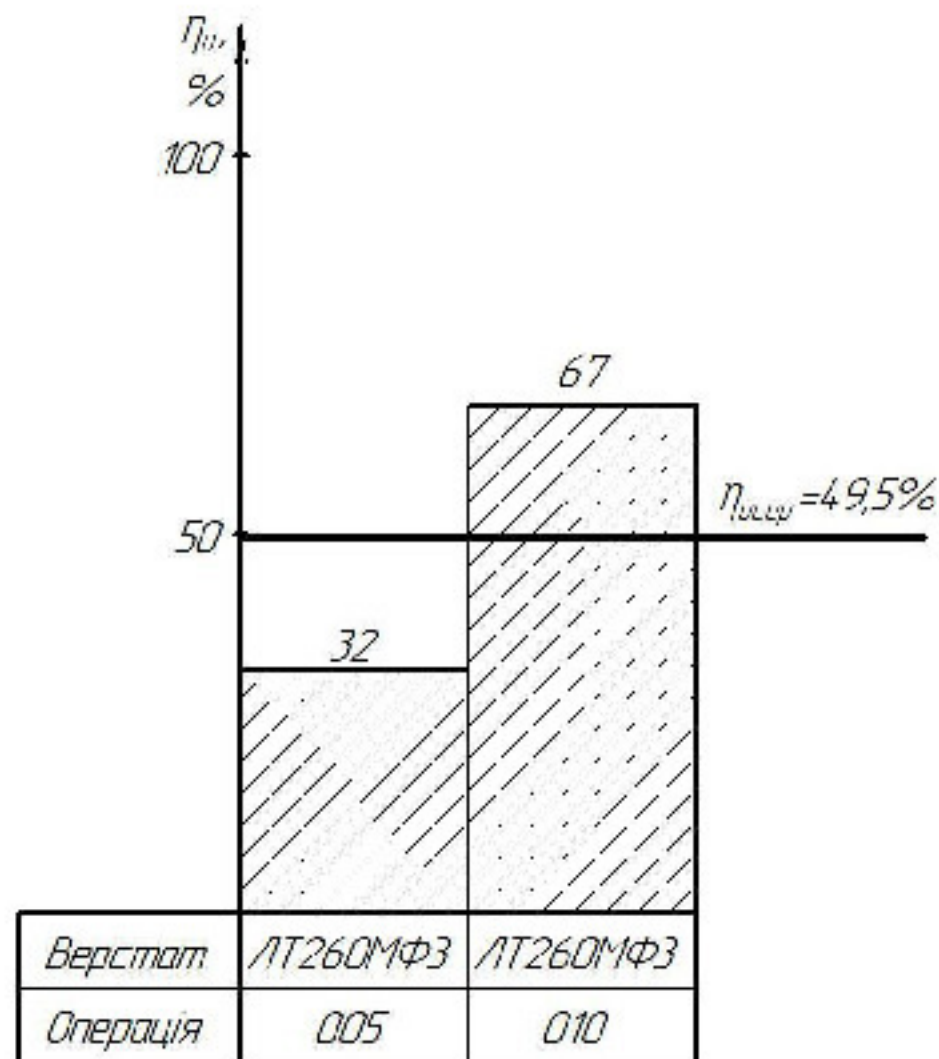


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Висновок. Середній коефіцієнт завантаження обладнання є нижчим рекомендованого нормативного значення (0,75...0,85), тому верстати необхідно довантажити обробкою додаткових деталей, крім врахованих в приведеній програмі.

Коефіцієнт використання за основним часом є недостатньо високим, що вимагає прискорення переміщення інструменту при холостих ходах та використання механізованого затиску деталей.

3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці

Розраховуємо кількість основних робітників на кожній операції технологічного процесу [1, 18]:

$$P_i = \frac{C_{\text{кр}} \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{з}} \cdot \eta_{\text{о}}}{\Phi_{\text{к}} \cdot K_{\text{н}}} \text{ [чол.]}, \quad (3.10)$$

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

$\Phi_{\text{в}}$ – ефективний річний фонд роботи верстатника, $\Phi_{\text{в}} = 1860$ год.;

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

$K_{\text{м}}$ – коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування, $K_{\text{м}} = 1,0 \dots 2,2$;

$\eta_{\text{з}}$, $\eta_{\text{о}}$ – коефіцієнти завантаження.

$$P_{0005} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,59 \cdot 0,32}{1860 \cdot 1} = 0,4 \rightarrow 1 \text{ (чол.)};$$

$$P_{0010} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,48 \cdot 0,67}{1860 \cdot 1} = 0,67 \rightarrow 1 \text{ (чол.)}$$

Приймаємо кількість основних робітників $\Sigma P = 2$, але обробкою даних деталей вони не довантажені, тому потрібно доповнювати програму оброблюваних деталей.

Визначаємо кількість допоміжних робітників.

Їх кількість може бути визначена у відсотках (20...25%) від сумарної кількості основних робітників:

$$P_{\text{д}} = P_{\text{осн}} \cdot 0,2 = 2 \cdot 0,2 = 0,4 \text{ (чол.)}.$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника, якого потрібно довантажувати роботою з інших дільниць.

Визначаємо необхідну кількість інженерно-технічних робітників.

Для механічних цехів їх кількість може бути визначена у відсотках (22...16%) від сумарної кількості прийнятих верстатів:

$$P_{\text{ІТ}} = C_{\text{пр}} \cdot 0,15 = 2 \cdot 0,22 = 0,44 \text{ (чол.)}.$$

Приймаємо одного інженерно-технічного робітника на 0,44 ставки.

Визначаємо необхідну кількість службовців.

Їх кількість може бути визначена у відсотках (0,9...1,9%) від сумарної кількості основних робітників:

$$P_c = P_{\text{осн}} \cdot 0,01 = 2 \cdot 0,01 = 0,02 \text{ (чол.)}$$

Приймаємо одного бухгалтера на 0,02 ставки, а на 0,98 ставки він працюватиме на кількох ділянках.

Загальну кількість працюючих зводимо у таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Загальна кількість працюючих

Працюючі (категорія)	Загальна кількість	Розподіл по професіям	Розподіл по змінам
Основні робітники	2		2 (1-ша зміна)
Допоміжні робітники	1	1 контролер	1 (1-ша зміна)
ІТР	1	1 технолог	1 (1-ша зміна)
СКП	1	1 бухгалтер	1 (1-ша зміна)
МОП	1	1 прибиральник	1 (1-ша зміна)

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз умов праці

Досліджуваним об'єктом є механічна дільниця обробки заготовки деталі типу «Важіль Б03.Н.01.006».

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть впливати на працівників, діляться на чотири групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

До фізичних небезпечних та шкідливих виробничих факторів відносяться:

- запиленість;
- механізми, що рухаються; частини виробничого обладнання, що рухаються; вироби та заготовки, що переміщуються;
- підвищена температура поверхонь обладнання;
- підвищений рівень шуму на робочому місці (через механізми, що рухаються;
- підвищена вологість повітря (випробування на герметичність та охолодження прохолодною водою);
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- підвищена напруга магнітного поля;

Біологічні шкідливі та небезпечні фактори відсутні.

До хімічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів відносяться:

- по характеру впливу на організм людини – канцерогенні;
- по шляху проникнення в організм людини – через органи дихання.

До психофізіологічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів відносяться:

- фізичні перевантаження (статичні фізичні перевантаження);
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці).

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Вимоги до виробничих та допоміжних приміщень. Будівлі повинні відповідати вимогам:

- площа виробничого приміщення на одного працюючого – $4,5 \text{ м}^2$;
- об'єм виробничого приміщення на одного працюючого – 15 м^3 ;
- висота цеху – 3,5 м.

Ремонтні майстерні, інструментальні кладові, службові приміщення повинні розташовуватись в добудованих до основної будівлі.

Висота допоміжних приміщень, розташованих в виробничих будівлях, повинна бути не менше 2,4 м.

Основними вимогами охорони праці, які висуваються в проектуванні машин та механізмів, є безпека для людини, надійність та зручність експлуатації.

Об'єм приміщення на одного працюючого повинен бути не менше 15 м^3 , а площа – не менше $4,5 \text{ м}^2$, виключаючи площу, яка зайнята обладнанням та проходами.

Підлога в приміщенні повинна виконуватись з негорючих матеріалів та задовольняти гігієнічним, технологічним і експлуатаційним вимогам кожного конкретного виробництва у відповідності з вимогами санітарних норм та правил.

4.1.2 Електробезпека

Однією із важливих умов безпеки обладнання є електробезпека – система організаційних та технічних засобів, які забезпечують захист людини від електричного струму. Приміщення відноситься до вологих, в яких пари вологи виділяються короткочасно в невеликій кількості і відносна вологість повітря перевищує 75%. Для подолання небезпеки ураження людини електричним струмом використовують занулення.

В якості захисного засобу на ділянці використовується занулення для трьохфазної чотирьох провідної мережі із заземленою нейтраллю. Занулення в електроустановках не знаходиться під напругою до 1000 В – спеціальне заземлення частин, які нормально не знаходяться під напругою, з глухо-

заземленою нейтраллю генератора або трансформатора в мережах трьохфазного струму.

Занулення перетворює замикання на корпус в однофазне коротке замикання між фазним і нульовим проводами з метою утворення більшого струму, здатного забезпечити спрацювання захисту і відключення установки від мережі.

Другим основним засобом електробезпеки є захисне заземлення всіх струмопровідних корпусів обладнання на ділянці.

Захисна дія заземлення ґрунтується на зменшенні напруги дотику між корпусом обладнання і землею. При замиканні будь-якої фази на струмопровідний корпус через провідник заземлення фаза замикається на землю. Це є однофазне коротке замикання, від струму якого спрацює захисне обладнання, яке відключає дану установку від електромережі.

На ділянці виконане природне заземлення – всі струмопровідні корпуси установок та механізмів заземлені на підземні трубопроводи.

Крім того, на ділянці використовують різні електрозахистні засоби: діелектричні рукавиці, гумові килими, ізолюючі підставки, показники напруги. В різних місцях встановлені різні попереджувальні плакати: дозволяючи, остерігаючи та нагадуючи.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Показники, які характеризують мікроклімат:

- температура повітря;
- відносна вологість повітря;
- швидкість руху повітря;
- інтенсивність теплового випромінювання.

Оптимальні показники мікроклімату поширюються на всю робочу зону, допустимі показники встановлюються диференційовано для постійних та

непостійних робочих місць. Допустимі величини показників мікроклімату встановлюються у випадках, коли по технологічним вимогам, технічним та економічним причинам не забезпечуються оптимальні норми.

З огляду на умови роботи в механічному цеху, приймаємо категорію робіт середньої тяжкості Пб [19, 20]. Відповідно до цього, вимоги до показників мікроклімату вказані у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Оптимальні і допустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Температура, С°			Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
	Оптимальна	Допустима на постійних робочих місцях		Оптимальна	Допустима на постійних і непостійних робочих місцях, не більше	Оптимальна, не більше	Допустима на постійних і непостійних робочих місцях, не більше
		Верхня межа	Нижня межа				
Холодний	17-19	21	15	40-60	75	0,2	<0,4
Теплий	20-22	27	16	40-60	70 при 25С°	0,3	0,2-0,5

4.2.2 Виробниче освітлення

В залежності від зорової роботи в приміщенні, де знаходиться досліджуєми об'єкт, можна віднести до I групи приміщень – це приміщення, в яких проводиться розрізнення об'єктів зорової роботи при фіксованому напрямку лінії зору працюючих на робочу поверхню.

Площа, в якій нормується освітленість – Г (горизонтальна),

- розряд зорових робіт – IVa (для зварювальних робіт, середньої точності зорових робіт та найменшого розміру об'єкту розрізнення – від 0,5 до 1);

- освітленість, лк:

комбінована (загальна + місцева) – 750; загальна – 300;

- показник осліплення – не більше 40%;

- коефіцієнт пульсації - не більше 20%.

Нормовані значення коефіцієнта природного освітлення для III поясу світлового клімату [21].

Робоча поверхня знаходиться на відстані 1,5 м від підлоги.

Норми освітлення для цеху по відновленню деталей містяться у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Норми освітлення

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкту розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Характеристика фону	Контраст об'єкту з фоном	Освітленість КПО, e_H^{IV} , %		
						Штучне освітлення		Природне
						Комбіноване	Загальне	Бокове освітлення
Середньої точності	Більше 0,5 до 1	IV	a	Темний	Малий	750	300	1,2

Для освітлення цеху слід застосувати газорозрядні лампи. Для місцевого освітлення повинні застосовуватись світильники.

4.2.3 Виробничий шум та вібрації

Шум є хаотичним сполученням звуків різної частоти і інтенсивності.

По характеру спектру шум відноситься до широкополосного постійного.

Дія шуму на людину: загально біологічні роздратування, патологічні зміни, функціональні розлади, механічні ушкодження. При довгій дії інтенсивного шуму можуть відбутися патологічні зміни слухового органу.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях в таблиці 4.3 [22].

Таблиця 4.3 – Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях

Вид трудової діяльності	Рівні звукового тиску, дБ, в октавних полосах із середнього метричним й частотами, Гц.									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБ
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних робочих місцях	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Методи і засоби боротьби з шумом відбуваються таким чином: захист від шуму повинен досягатися за рахунок розробки шумобезпечної техніки, використанням засобів і методів колективного захисту і індивідуального захисту, будівельно акустичними методами.

Основні засоби колективного захисту зниження шуму в джерелі його, виникнення і на шляху його розповсюдження.

В нашому випадку категорія вібрації по санітарним нормам і критеріям оцінки: 3 тип "а" – межа зниження продуктивності праці (таблиця 4.4) [23].

Таблиця 4.4 – Норми одночислових показників вібраційного навантаження

Вид вібрацій	Категорія вібрацій по санітарним нормам	Напрямок дії вібрації	Нормативні коректовані по частоті і еквівалентні коректовані значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкості	
			$\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$	дБ	$\text{м} \cdot \text{с}^{-2} \times 10^{-2}$	дБ
Загальна	3 тип "а"	ZoXoYo	0,1	100	0,2	95
Локальна	—	ZoXoYo	2,0	126	2,0	112

Основні засоби колективного захисту від вібрації зниження вібрації дією на джерело збудження, вібродемпфування, віброізоляція та ін.

Засоби індивідуального захисту: нагрудники, пояси та ін. При побудові приміщення потрібно використовувати вібропоглинаючі покриття.

4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки

Цех відноситься до приміщення категорії Г по вибухо – та пожежонебезпеці (цех по відновленню наплавленням на напилюванням) [24-27].

По ступеню вогнестійкості будівля відноситься до Ша – будівлі з переважно каркасною конструктивною схемою. Елементи каркасу – із сталевих незахищених конструкцій. Огороджуючі конструкції – із сталевих не профільованих листів або із негорючих листових матеріалів з важкогорючими утеплювачами.

Межі вогнестійкості конструкції об'єкту повинні бути такими, щоб конструкції зберігали несучі і огороджуючі функції протягом евакуації людей або перебування їх в місцях колективного захисту. При цьому межі вогнестійкості повинні встановлюватись без врахування впливу засобів гасіння пожежі, але з врахуванням пожеже – вибухонебезпеки виробничих процесів. Основні вимоги показані регламентуються.

У приміщенні висота від підлоги до низа виступаючих конструкцій перекриття повинна бути не менше 2,2 м, висота від підлоги до низу виступаючих частин комунікацій і обладнання в місцях регулярного проходу людей і на шляхах евакуації – не менше 2 м, а в місцях нерегулярного проходу людей – не менше 1,8 м. Відстані до еваковиходів для категорії приміщення Г і III ступеню вогнестійкості не обмежуються щільністю людського потоку в загальному проході. Кількість людей на 1 м ширини евакуаційного виходу 260.

Евакуаційні шляхи повинні забезпечувати безпечну евакуацію всіх людей, які знаходяться в приміщенні будівлі через еваковиходи.

Кількість еваковиходів із будівлі потрібно приймати не менше двох.

Ширина шляхів евакуації в світлі повинна бути не менше 1 м, а дверей – не менше 0,8 м. Приймаємо для даного приміщення 2 пожежних щити, їх фарбують в білий колір із червоною смужкою по периметру. Всі засоби пожежогасіння фарбують в червоний колір. На кожному щиті повинен бути набір протипожежного інвентарю і первинних засобів пожежегасіння.

ВИСНОВКИ

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

В роботі спроектовано технологічний процес механічної обробки деталі типу «Важіль Б03.Н.01.006». 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 «Важіль Б03.Н.01.006».

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 дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2015. 148 с.
3. Іванов М. І., Дусанюк Ж. П., Дусанюк С. В. та ін. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування : навчальний посібник. Вінниця: Глобус-Прес, 2011. 200 с.
4. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. К. : Вища школа, 1993. 414 с.
5. Рудь В. Д. Курсове проектування з технології машинобудування. К. : ІСДО, 1996. 300 с.
6. Юрчишин І. І., Литвиняк Я. М., Грицай І. Є., Кукляк М. Л., Кусий Я. М., Ступницький В. В., Яцюк В. А., Кук А. М., Махоркін Є. М., Свізінський В. П. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт : навчальний посібник / за ред. І. І. Юрчишина, Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.
7. 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. Литі заготовки: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2009. 199 с.
9. Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення : ДСТУ 8981–2020. [Чинний від 2021-05-01] К. : ДП «Укр НДЦН» 2021. 77 с.

10. Добрянський С. С., Малафєєв Ю. М., Пуховський Є. С. Проектування і виробництво заготовок : підручник. К. : НТУУ «КПІ», 2014. 353 с.
11. Руденко П. О., Харламов Ю. О., Шустик О. Г. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин. К. : ІСДО, 1993. 304 с.
12. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів : Світоч, 1996. 348 с.
13. Дерібо О. В., Репінський С. В. Розмірно-точнісне моделювання конструкцій та технологічних процесів: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс]. Вінниця : ВНТУ, 2024. 105 с. Режим доступу : <https://iq.vntu.edu.ua/repository/card.php?lang=uk&id=8184>.
14. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Сухоруков С. І. Основи технології машинобудування. Частина 2: практикум. Вінниця: ВНТУ, 2015. 116 с.
15. Булига Ю. В., Веселовська Н. Р., Міськов В. П. Теорія різання. Розрахунок режимів різання : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2019. 67 с.
16. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.
17. Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. Під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.
18. Джур Є. О., Бондаренко О. В. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина: навч. посіб. Д. : «Інновація», 2011. 109 с.
19. 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 КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу
«Важіль Б03.Н.01.006»

Тип роботи: БДР
(БДР, МКР)

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

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 93,4 Схожість 6,6

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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

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

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

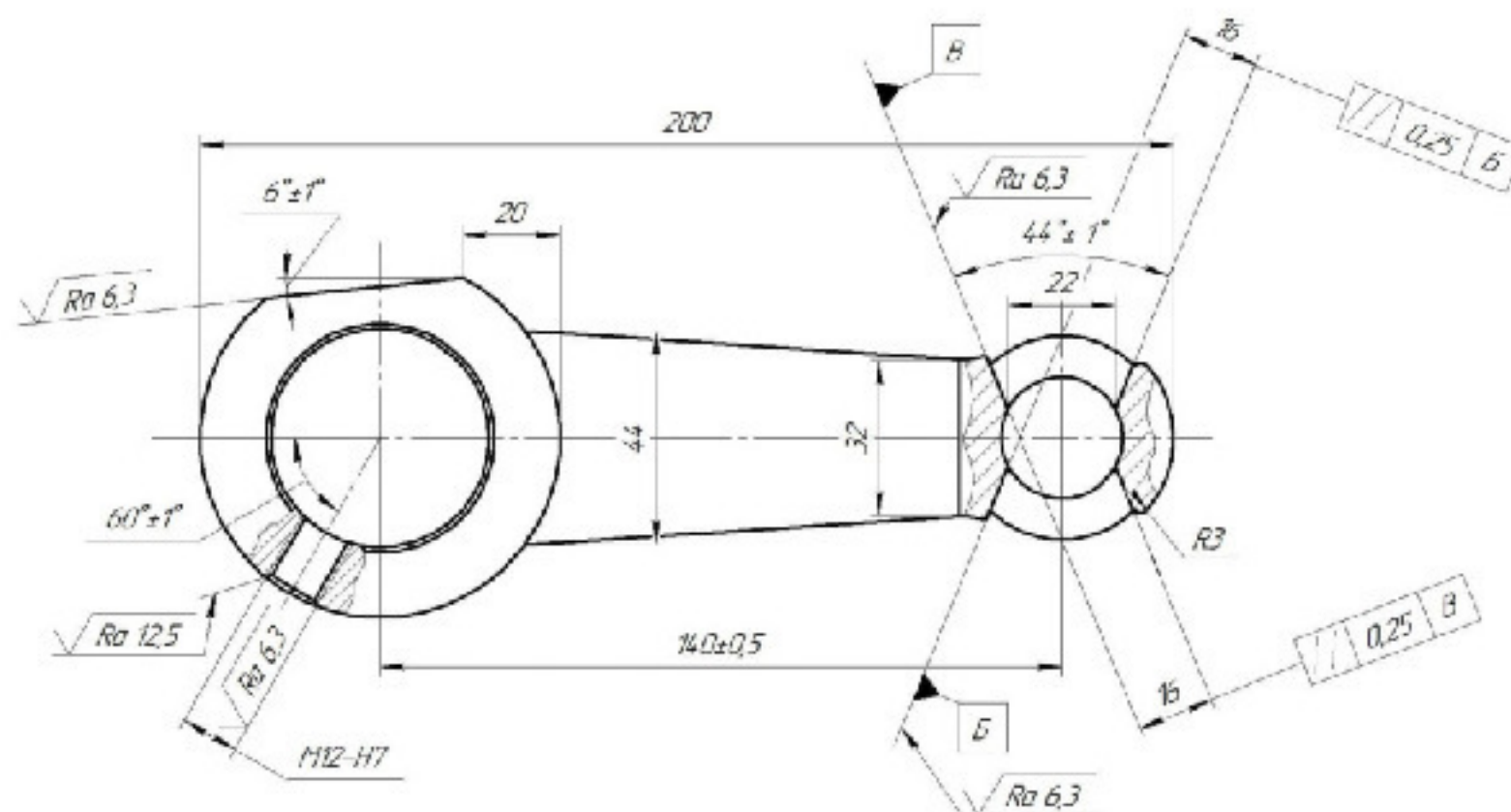
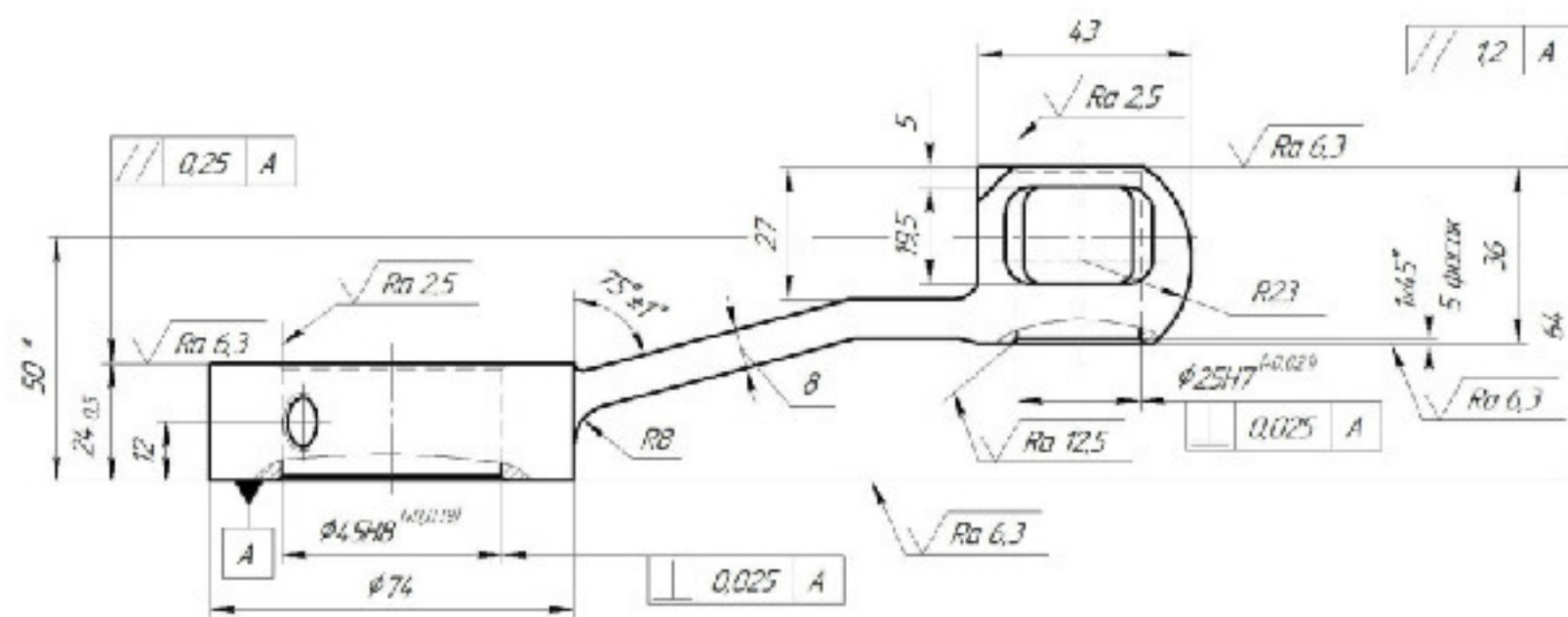
Автор роботи (підпис) Брижак О. А.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи (підпис) Репінський С. В.
(прізвище, ініціали)

Додаток Б
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

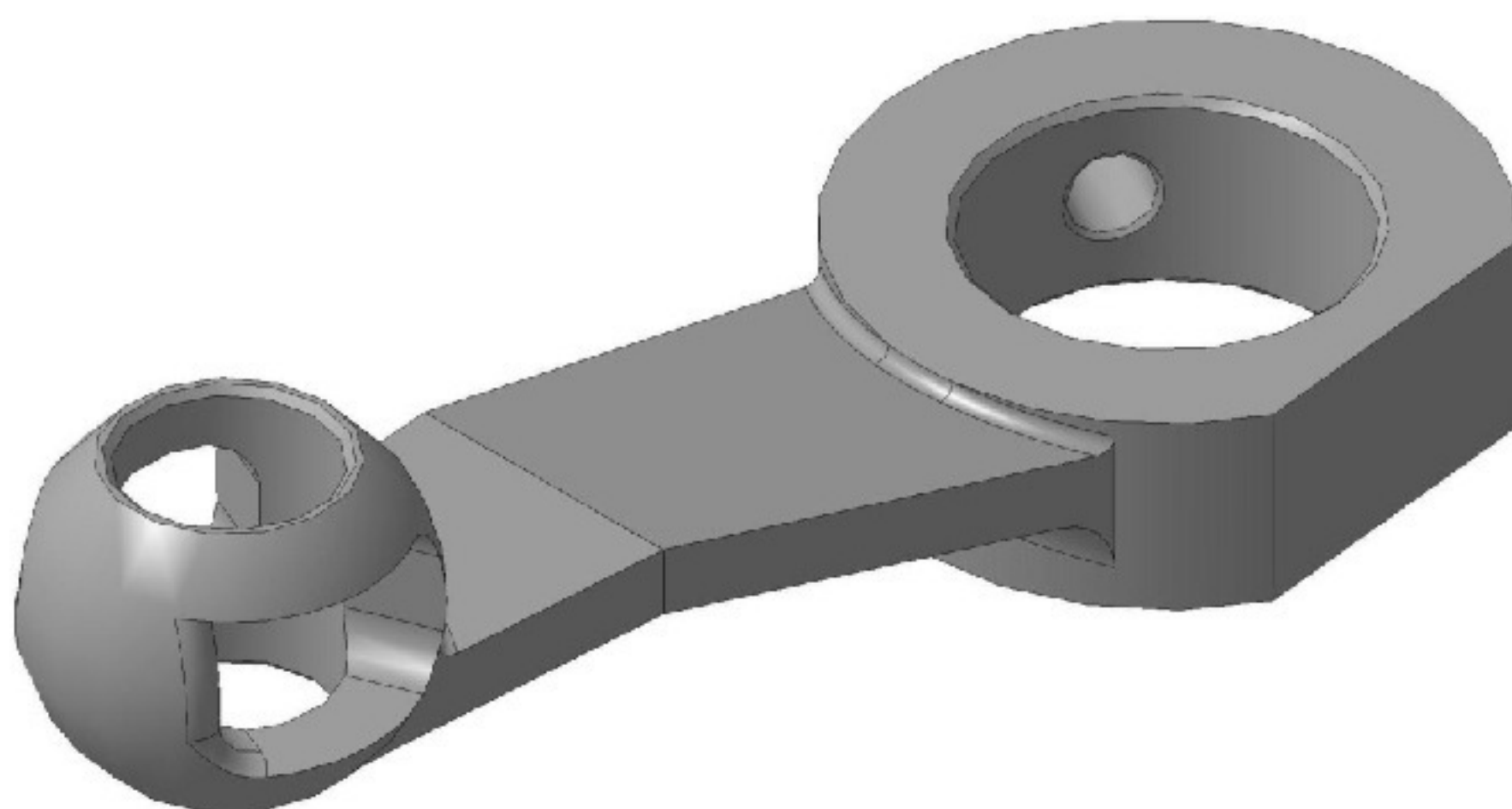
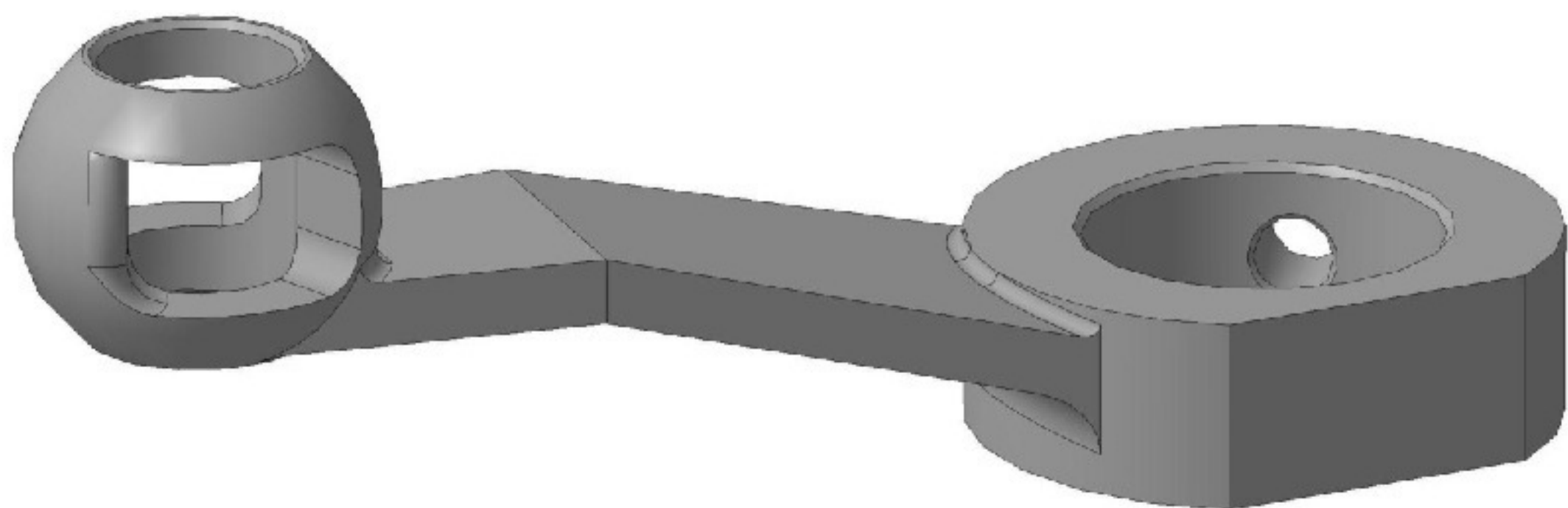
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ
ТИПУ «ВАЖІЛЬ Б03.Н.01.006»

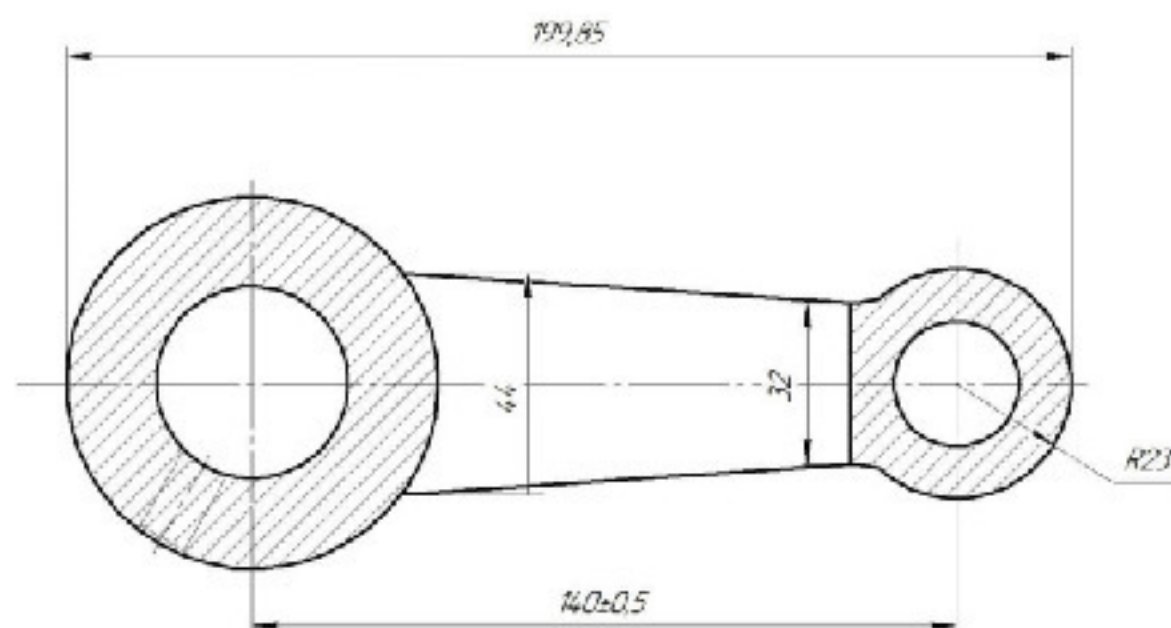
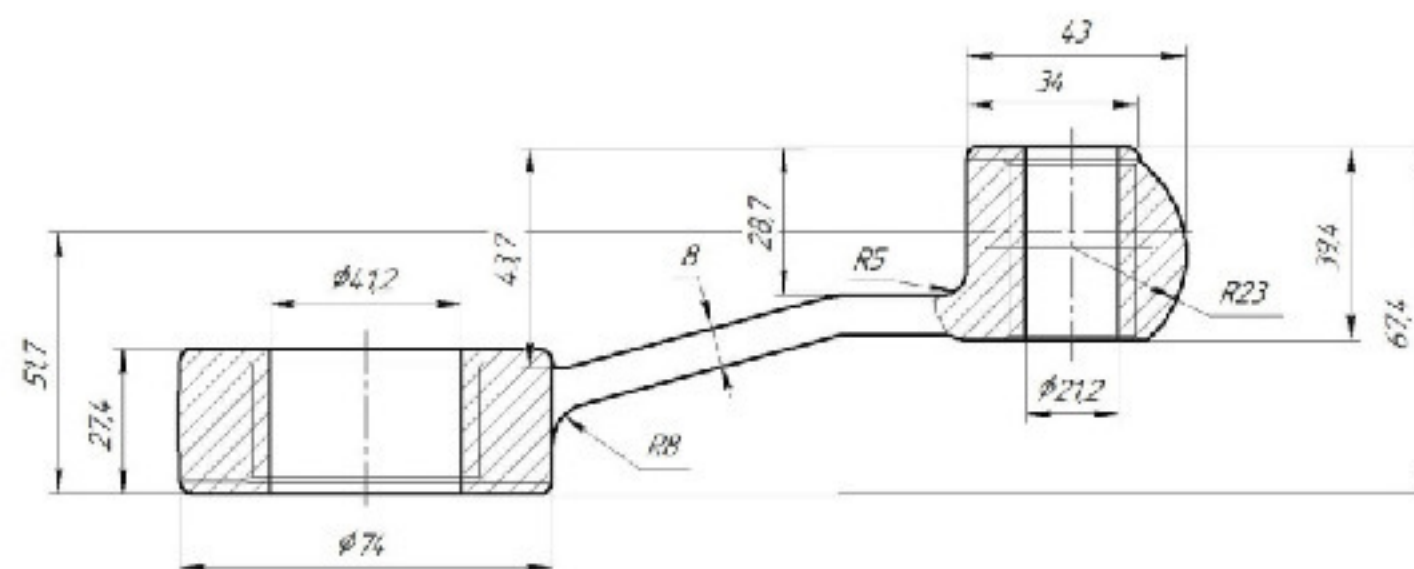


1. Невказані либери радіуси 16...2,5 мм.
2. Либери нахили по $0^{\circ}15'$... $0^{\circ}30'$.
3. *Розміри для обробки.
4. Покрыття - емаль МЛ-12-89 для нч ГОСТ 9754-76.V.IX/14, крім оброблених поверхонь.
5. Невказані граничні відхилення ± 14 , ± 14 , $\pm 14/2$.

08-64.БДР.005.00.001				Важіль Б03.Н.01.006		
Дет. Лист	№ докум.	Лист	Дата	Дет.	Мас	Масштаб
Рисов	Взамин ОЛ				0,87	1:1
Проб	Рисовини СЛ			Дет.	Дет	1
Глант				Сталь 35Л ГОСТ 977-88		
Матер.	Материал по			ВНТЦ		
Чтб	Контракт №			ст. гр. 881-205		
Копіювати				Варіант А2		

3D-модель деталі "Вахіль Б03.Н.01.006"

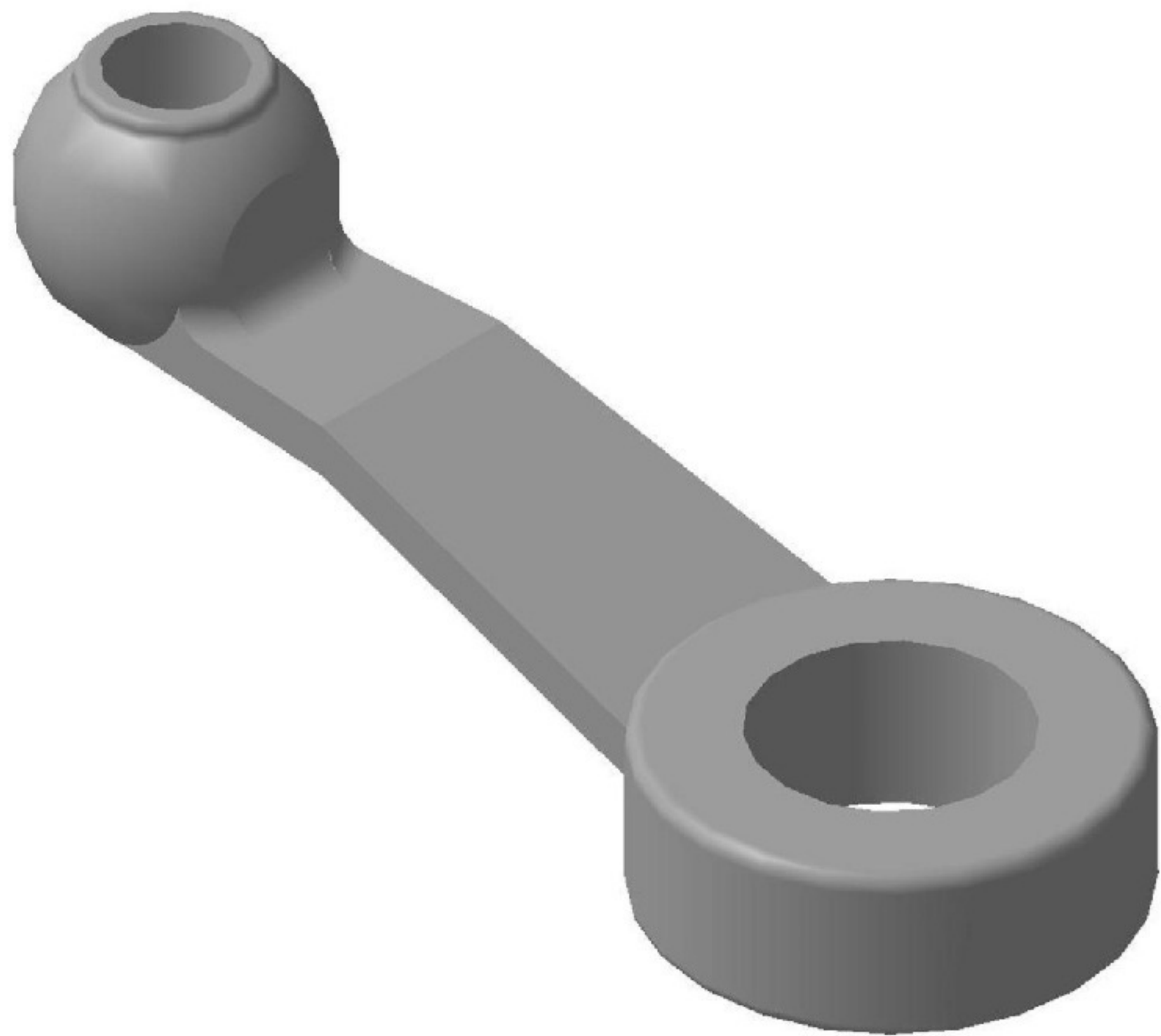




1. Клас точності розмірів – 7, клас точності маси – 7, ступінь жорсткості елементів – 7, ряд допусків на механічну обробку – 3.
2. Твердість 280...320 НВ
3. Недокладні формувальні нахили $0^{\circ}15'..0^{\circ}30'$.
4. Недокладні лінійні радіуси $\{6..25\}$ мм.
5. На оброблених поверхнях допускаються раковини до $\phi 17$ мм і глибини не більше 16 мм.
6. Матеріал – сталь 35Л ГОСТ 977-88.
7. Недокладні граничні відхилення діаметр ± 114 , отвір ± 114 , інші $\pm 114/2$.

					08-64.БДР.005.00.002			
Мат. Асс.	№ докум.	Лист	Стор.		Важіль (вилунок)	Авт.	Масш.	Розмір
Розроб.	Брижак ОА						1:25	11
Дроб.	Ромашко СБ					Авт.	Лист	1
Генер.						ВНЧ		
Машин.	Лазаренко Ю				Сталь 35А ГОСТ 977-88	ст. гр. 871-205		
Умб.	Ковалев АВ				Копіював	Станом А2		

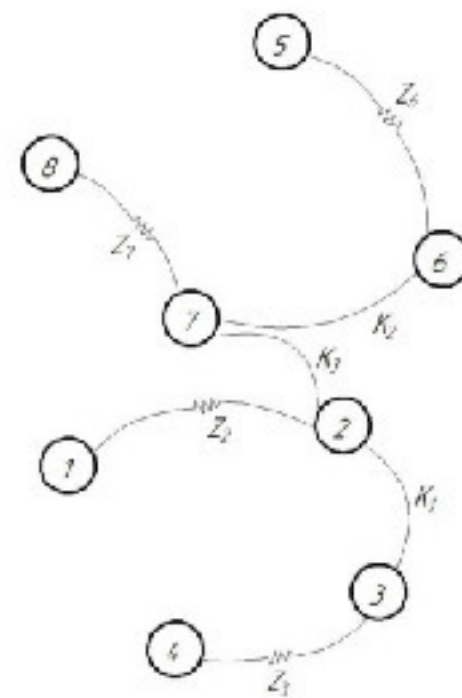
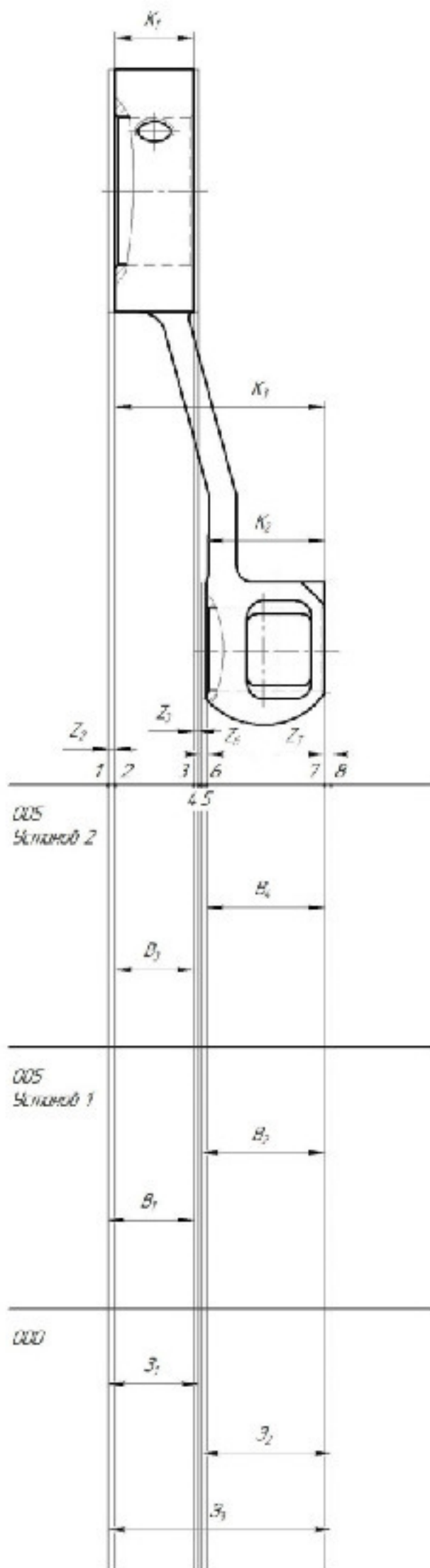
3D-модель заготовки деталі "Вахіль Б03.Н.01.006"



Маршрут механічної обробки

№ деталі	Назва операції, зміст переходів	Ескіз обробки, схема установки	Обладнання
005	Комбінована з ЧПК <u>Установка 1</u> - Встановити і закріпити заготовку. - Фрезерувати послідовно поверхні 1, 2 однократно в розміри згідно ескіза. - Розточити отвір 3 попередньо в розмір $\phi 44,7^{+0,16}_{-0,16}$ мм. - Розточити отвір 3 попередньо в розмір $\phi 44,96^{+0,062}_{-0,062}$ мм. - Розточити отвір 3 остаточно в розмір згідно ескіза. - Розточити отвір 4 попередньо в розмір $\phi 24,7^{+0,13}_{-0,13}$ мм. - Розточити отвір 4 остаточно в розмір $\phi 24,95^{+0,033}_{-0,033}$ мм. - Розвернути отвір 4 однократно в розмір згідно ескіза. - Розточити фаску 5 в отворі 3 в розмір згідно ескіза. - Розточити фаску 6 в отворі 4 в розмір згідно ескіза. - Переустановити заготовку. <u>Установка 2</u> - Фрезерувати послідовно поверхні 7, 8 однократно в розміри згідно ескіза. - Розточити фаску 9 в розмір згідно ескіза. - Розточити фаску 10 в розмір згідно ескіза. - Зняти заготовку.	<u>Установка 1</u> <u>Установка 2</u>	Багатоцільовий верстат з ЧПК ЛТ260МФ3
010	Комбінована з ЧПК - Встановити і закріпити заготовку. - Фрезерувати поверхню 1 однократно в розміри згідно ескіза. - Повернути заготовку на 28°. - Центрувати отвір під паз 2 в розміри $\phi 8$ мм, $l=10$ мм. - Свердлити отвір під паз 2 в розмір $\phi 16$ мм. - Фрезерувати паз 2 в розміри згідно ескіза. - Повернути заготовку на 136°. - Фрезерувати паз 3 в розміри згідно ескіза. - Повернути заготовку 52°. - Центрувати отвір 4 в розміри $\phi 8$ мм, $l=10$ мм. - Свердлити отвір 4 в розмір $\phi 11$ мм. - Зенкувати фаску 5 в отворі 4 в розмір згідно ескіза. - Нарізати різьбу в отворі 4 в розміри згідно ескіза. - Зняти деталь.		Багатоцільовий верстат з ЧПК ЛТ260МФ3 з поворотним столом

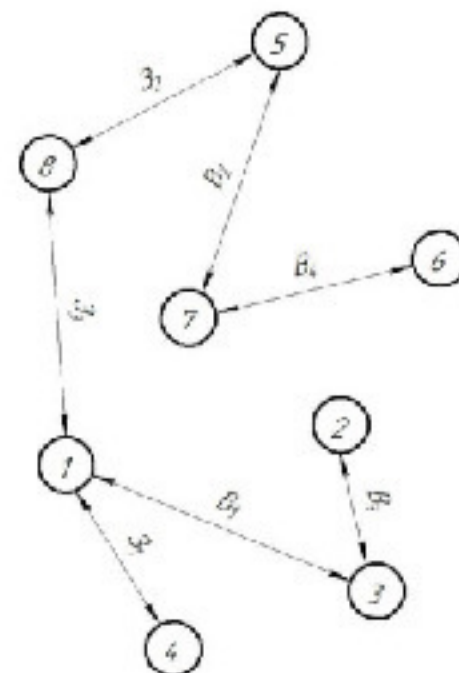
Розмірний аналіз технологічного процесу



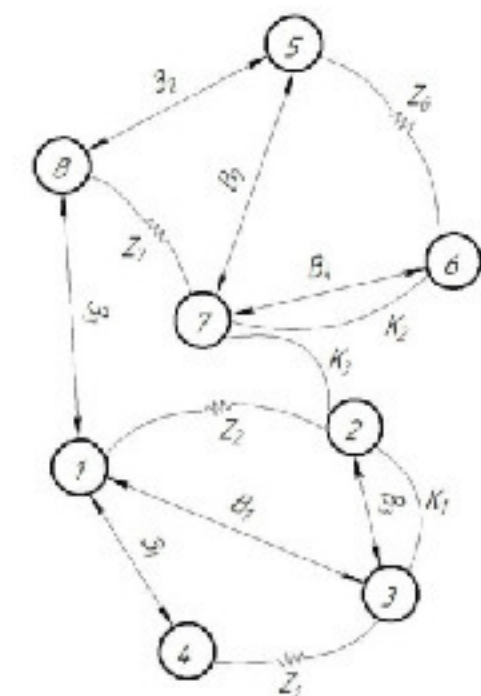
Вихідний граф-дерево

Таблиця величин отриманих технологічних розмірів та значень максимальних припусків

Технологічний розмір	B_1	B_2	B_3	B_4
Кількість точності	14	14	14	14
Значення ліп	23,78	35,36	23,48	35,68
Значення ток	24,3	36,42	24,0	36,0
Технологічний розмір	z_1	z_2	z_3	z_4
Значення ліп	24,08	35,98	62,6	
Значення ток	24,88	36,88	63,7	
Циклус	z_5	z_6	z_7	z_8
ліп	0,3	0,3	0,3	0,3
ток	0,82	1,1	10,4	1,2

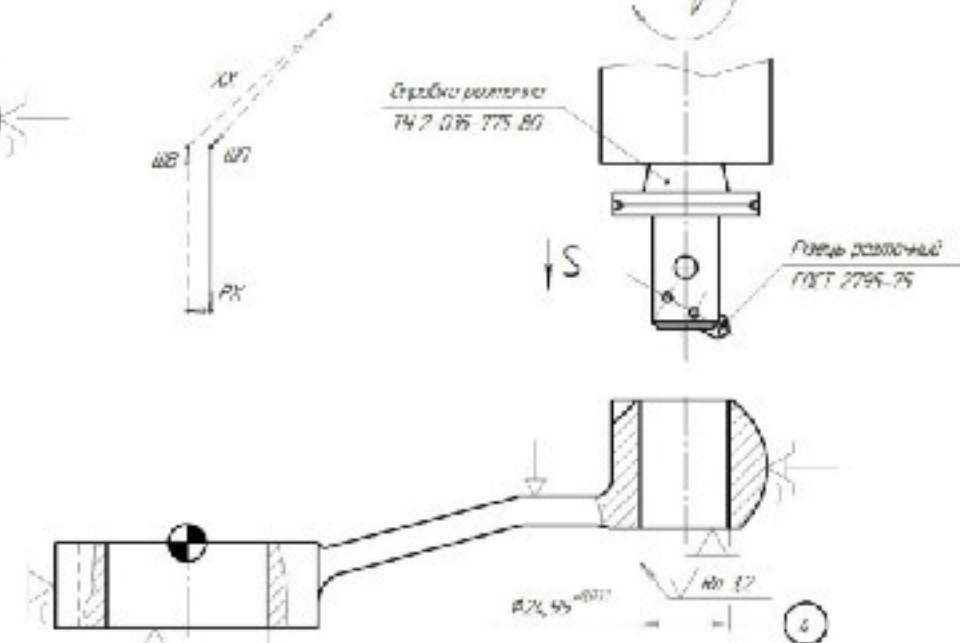


Похідний граф-дерево

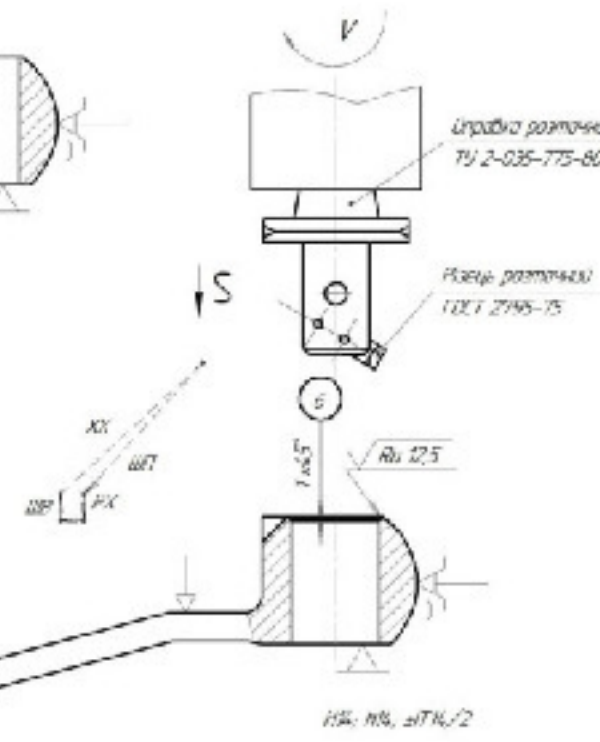


Суміщений граф-дерево

Результат 6-7

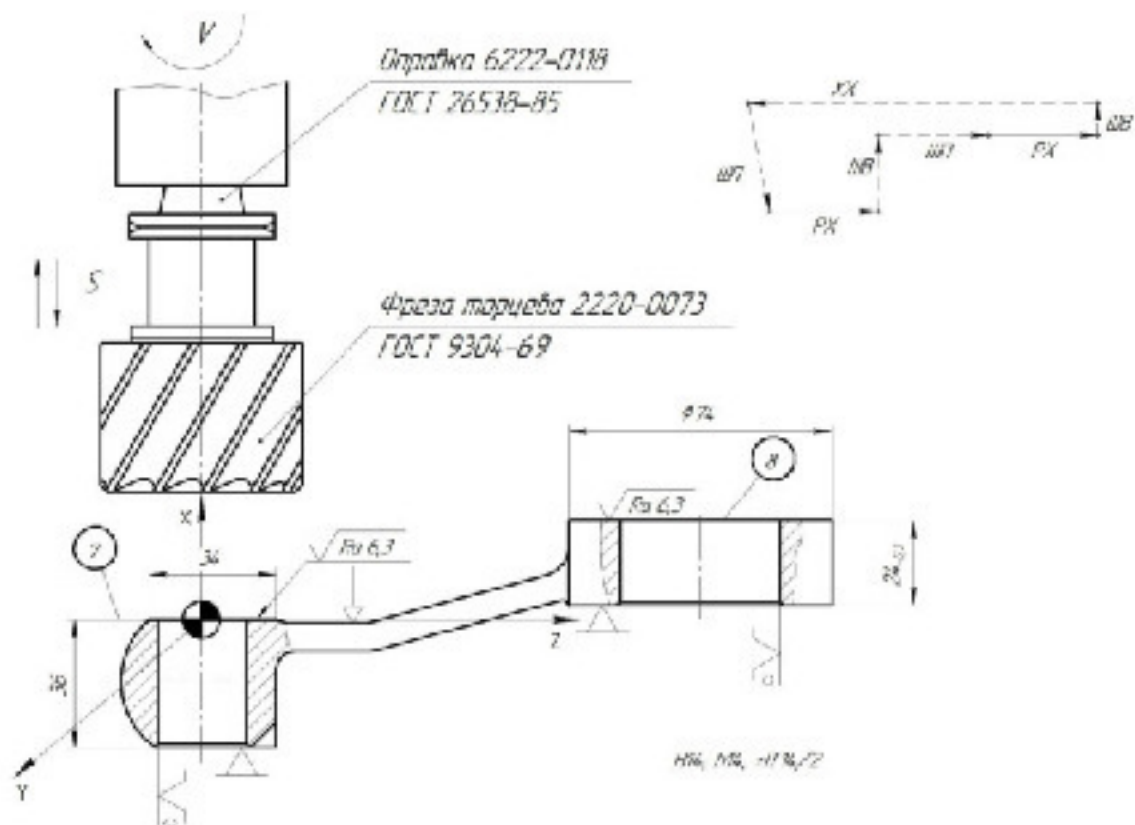


Παραμένει το

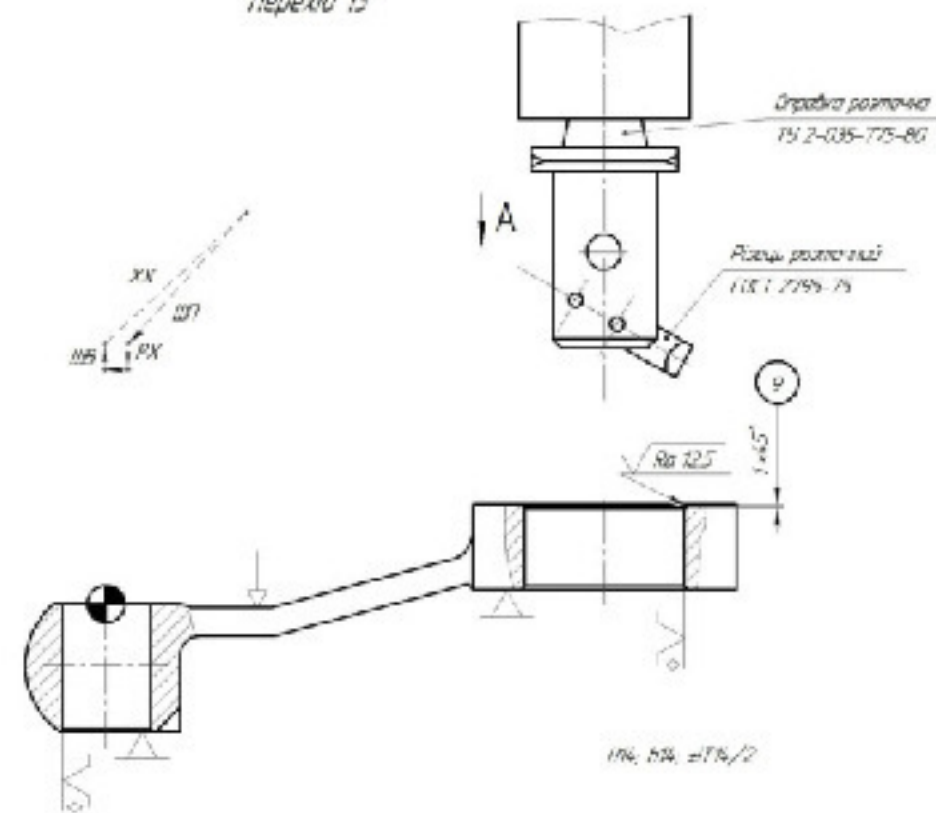


005	8	Резиновые фланцы 23	70	10	800	14			
	13	Резиновые фланцы 9	118	10	800	2,1			
	12	Прокладки поперечные 7, 8 одинаковые	34,3	24	1729	166			
	Итого стр. 7								
	10	Резиновые фланцы 6 8 отборот 4	70	10	800	15			
	9	Резиновые фланцы 5 6 отборот 3	118	10	800	15			
	8	Прокладки отборот 4 одинаковые	40,0	0,05	520	15			
	7	Резиновые отборот 4 отбороты в размер #24, 35	95	0,15	1720	0,2			
	6	Резиновые отборот 4 отбороты в размер #24, 7	120	10	5,30	0,5			
	5	Резиновые отборот 3 из отбороты	287	0,05	2300	0,75			
4	Резиновые отборот 3 отбороты в размер #44, 30	24,3	0,25	1720	0,2				
3	Резиновые отборот 3 отбороты в размер #44, 7	246	10	530	0,5				
2	Прокладки поперечные 1 2 одинаковые	34,3	24	1729	166				
		Итого стр. 1							
Матер	Матер	Контрактная з. ЧЗК		ИТ.20090003		и	с	п	с
				Контрактная з. ЧЗК		и/а	и	и/а	и/а
08-64.БДР.005.00.500									
Карта наладки						Акт	Платеж	Максимум	
								11	
Участник	И.Ф.И.	И.Ф.И.	И.Ф.И.			Акт	Платеж	Максимум	
Результат	Время 0,4								
Результат	Время 0,8								
Результат						Акт	Платеж	Максимум	
Максимум	Время 0,8					ВНТ			
Максимум	Время 0,8					ит. др. 201-208			

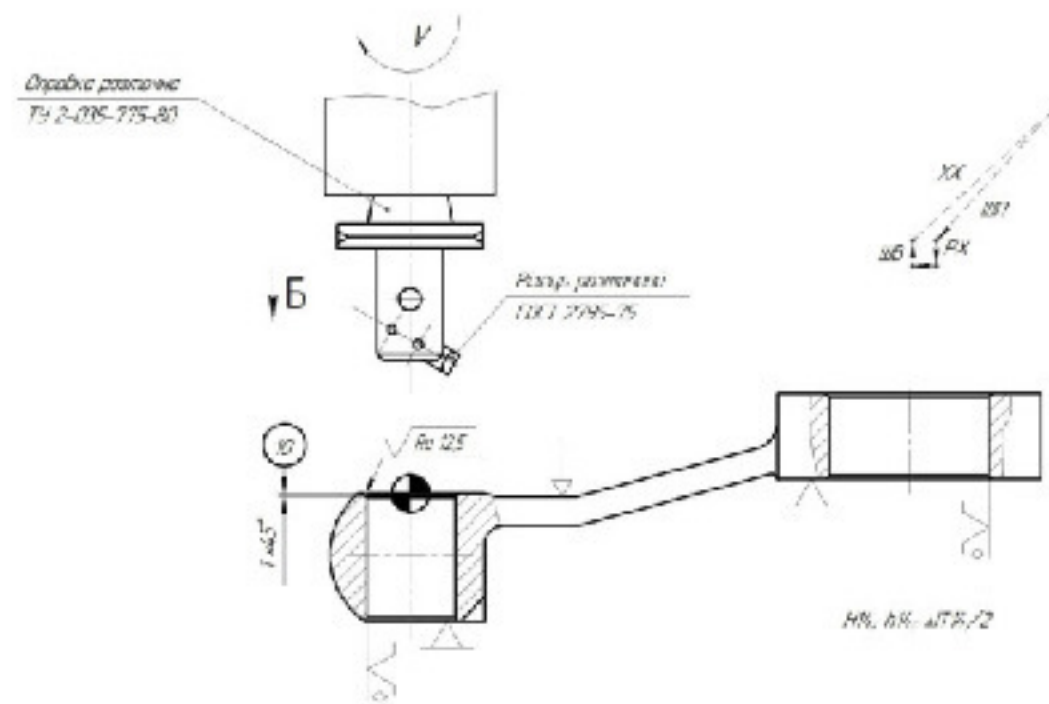
Перехід 12



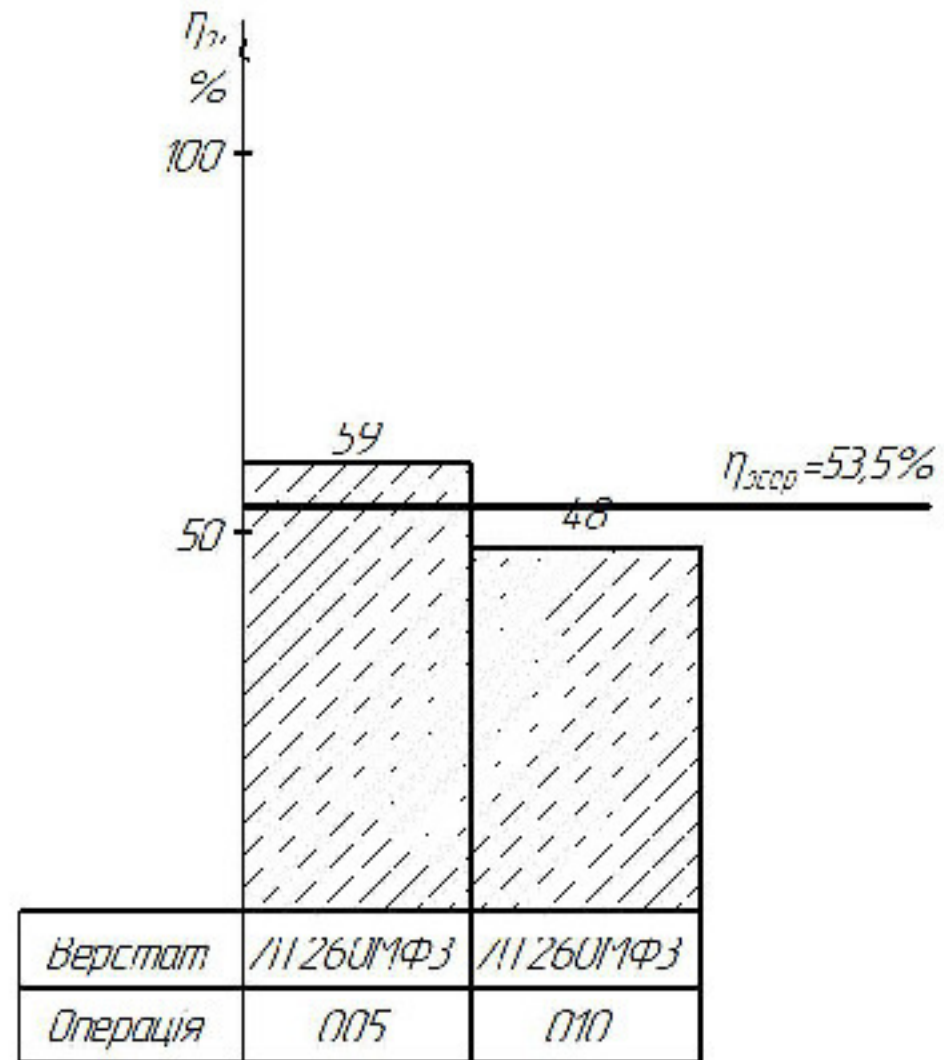
Перехід 13



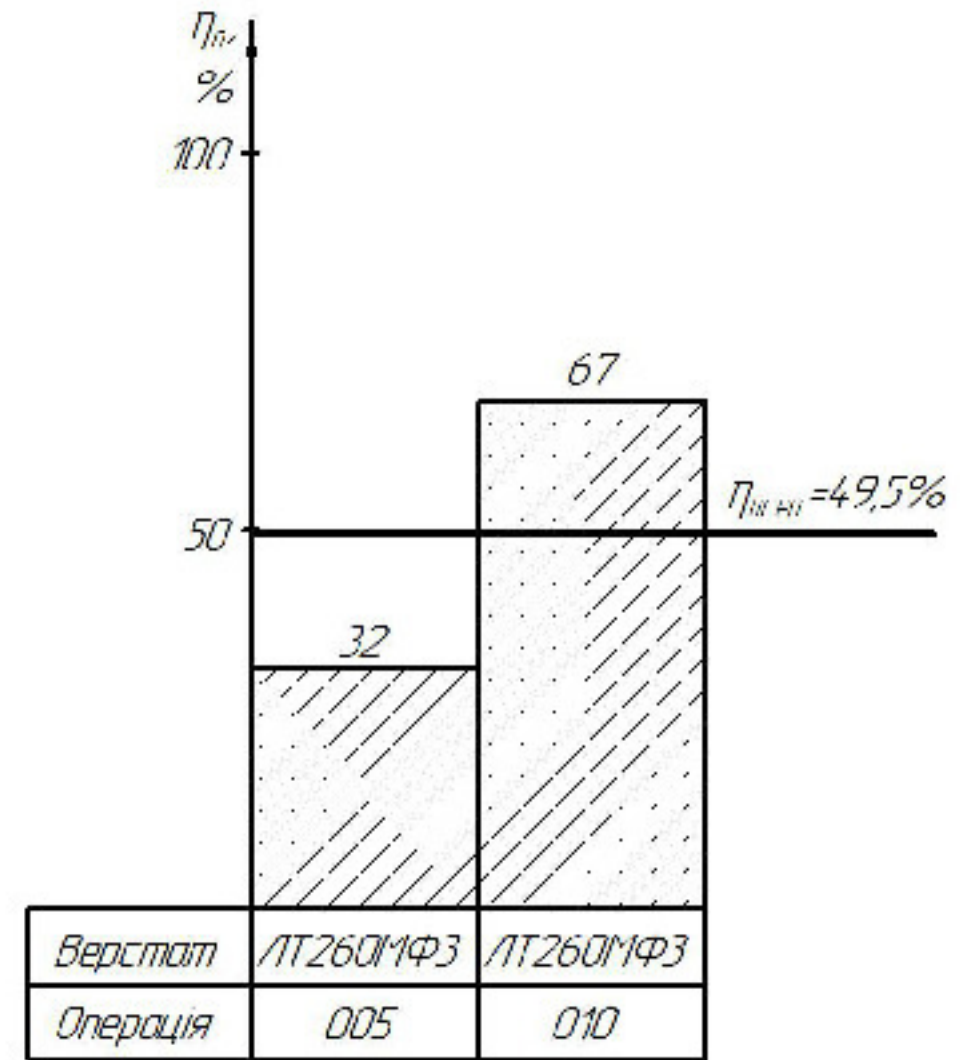
Перехід 14



Графіки завантаження обладнання



Графік завантаження обладнання



Графік використання обладнання за основним часом