

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

**Пояснювальна записка**  
до магістерської кваліфікаційної роботи  
за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр»

на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ  
ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА НАСОСА НШ32.У»**

08-26.МКР.009.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, гр. 1ПМ-18м  
спеціальності 131 – Прикладна механіка

Збегерський А. М. \_\_\_\_\_

Керівник: д.т.н., професор каф. ТАМ

Козлов Л. Г. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ р.

Рецензент: \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ р.

Вінниця ВНТУ – 2019 рік

Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування  
Освітньо-кваліфікаційний рівень – «Магістр»  
Спеціальність 131 – «Прикладна механіка»

ПОГОДЖЕНО  
Директор \_\_\_\_\_  
(назва підприємства)

\_\_\_\_\_  
(ініціали та прізвище директора)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Зав. кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Л.Г.Козлов

\_\_\_\_\_  
(підпис)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Збегерському Андрію Михайловичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У»

керівник МКР Козлов Леонід Геннадійович, д.т.н., професор,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року №\_\_.

2. Строк подання студентом МКР: \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до МКР: креслення деталі «Кришка насоса НШ32.У»; базовий маршрут механічної обробки; річна програма випуску 8500 шт.; довідкова література

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Кришка»; удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У»; розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У»; економічна доцільність удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У»; охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): мета і завдання роботи (А1); наукова новизна, практичне значення одержаних результатів (А1); деталь «Кришка насоса НШ32.У» (А2); 3D-модель деталі (А1); 3D-модель вилівка при литті в кокіль (А1); 3D-модель вилівка при литті під тиском (А1); заготовка деталі (вилівок) (А2); маршрут механічної обробки (А1); розмірний аналіз технологічного процесу (А1); карта налагоджень на 005 операцію (А1); план дільниці механічного цеху (А1); техніко-економічні показники (А1)

## 6. Консультанти розділів МКР

| Розділ  | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|---|---|----------------|------------------|
|   |   | завдання видав | завдання прийняв |
| Спеціальна частина                                | Козлов Л. Г.,<br>професор кафедри ТАМ     |                |                  |
| Економічна частина                                | Руда Л. П.,<br>доцент кафедри ЕПВМ        |                |                  |
| Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях | Віштак І. В.,<br>доцент кафедри БЖДПБ     |                |                  |

7. Дата видачі завдання « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів МКР  | Строк виконання етапів МКР | Примітка |
|-------|---|----------------------------|----------|
| 1     | Визначення об'єкту та предмету дослідження  |                            |          |
| 2     | Аналіз відомих рішень, постановка задач   |                            |          |
| 3     | Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень                                 |                            |          |
| 4     | Розв'язання поставлених задач   |                            |          |
| 5     | Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів |                            |          |
| 6     | Виконання розділу «Економічна частина»  |                            |          |
| 7     | Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»               |                            |          |
| 8     | Попередній захист МКР   |                            |          |
| 9     | Перевірка роботи на плагіат   |                            |          |
| 10    | Нормоконтроль МКР   |                            |          |
| 11    | Рецензування МКР  |                            |          |
| 12    | Захист МКР  |                            |          |

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Збегерський А. М.

Керівник МКР

\_\_\_\_\_

(підпис)

Козлов Л. Г.

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| АНОТАЦІЯ  | 7  |
| ABSTRACT  | 8  |
| ВСТУП   | 9  |
| 1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА»  | 13 |
| 1.1 Сутність технічної проблеми   | 13 |
| 1.2 Характеристика об'єкту виробництва, його службове призначення та технічні умови на виготовлення   | 13 |
| 1.3 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Кришка»  | 15 |
| 1.4 Вибір та критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі   | 18 |
| 1.5 Характеристика удосконаленого технологічного процесу  | 20 |
| 1.6 Економічна доцільність розробки удосконаленого технологічного процесу   | 22 |
| 1.7 Розробка технічного завдання на МКР   | 24 |
| 1.8 Висновки  | 24 |
| 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА НАСОСА НШЗ2.У»  | 25 |
| 2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі  | 25 |
| 2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт   | 30 |
| 2.3 Використання 3D-моделювання заготовок деталі «Кришка насоса НШЗ2.У» для визначення показників їх ефективності та вибору оптимального варіанту | 37 |
| 2.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь   | 55 |
| 2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз  | 57 |

|   |     |
|---|-----|
| 2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу  | 58  |
| 2.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат   | 61  |
| 2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу  | 63  |
| 2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів   | 71  |
| 2.10 Призначення режимів різання  | 76  |
| 2.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання  | 80  |
| 2.12 Визначення технічних норм часу   | 81  |
| 2.13 Висновки   | 85  |
| 3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА НАСОСА НШ32.У»   | 86  |
| 3.1 Розрахунок приведеної програми  | 86  |
| 3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження  | 89  |
| 3.3 Побудова графіків завантаження обладнання   | 90  |
| 3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці  | 92  |
| 3.5 Висновки  | 94  |
| 4 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА НАСОСА НШ32.У»                       | 95  |
| 4.1 Оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки  | 95  |
| 4.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» | 102 |
| 4.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції  | 108 |
| 4.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу  | 111 |
| 4.5 Розрахунок величини чистого прибутку  | 112 |
| 4.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення   | 113 |

|   |     |
|---|-----|
| 4.7 Висновки  | 115 |
| 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ                   | 116 |
| 5.1 Аналіз умов праці   | 116 |
| 5.2 Виробнича санітарія   | 117 |
| 5.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи | 120 |
| 5.4 Пожежна безпека   | 122 |
| 5.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях                                  | 123 |
| 5.6 Висновки  | 127 |
| ВИСНОВКИ  | 128 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ  | 130 |
| ДОДАТКИ   | 132 |

## АНОТАЦІЯ

Збегерський А. М. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» : дисертація на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістр за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / А. М. Збегерський. – Вінницький національний технічний університет. – Вінниця, 2019.

Метою роботи є удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У», що базується на використанні сучасних підходів до вибору прогресивного, оптимального способу виготовлення заготовки деталі, який дозволяє суттєво зменшити матеріаломісткість, об'єм послідувочої механічної обробки, удосконалити технологію, застосувавши автоматизоване обладнання, принцип концентрації операцій при мінімальній кількості верстатів, працюючих, площ із забезпеченням високої якості оброблюваних деталей, зменшенні технологічної собівартості виконання операцій і собівартості продукції в цілому.

Для досягнення поставленої мети проведено огляд технологій виготовлення деталей типу «Кришка»; проведено дослідження показників ефективності при виборі способу виготовлення заготовки деталі шляхом 3D-моделювання та встановлено найбільш доцільний варіант; розроблено варіанти маршруту механічної обробки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» з використанням сучасних верстатів з ЧПК та вибір кращого з них за мінімумом приведених витрат; проведено розмірно-точнісне моделювання удосконаленого технологічного процесу механічної обробки; визначено режими різання та норми часу; розраховано кількість обладнання та працівників; удосконалено ділянку механічної обробки.

В економічній частині МКР розраховані капітальні вкладення, собівартість механічної обробки заготовки деталі, термін окупності та економічний ефект, одержаний в результаті удосконалення технологічного процесу та ділянки механічної обробки.

В МКР також розроблено заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Графічна частина ілюстративно доповнює матеріали, які представлені в пояснювальній записці.

## ABSTRACT

Zbegerskyi A. M. Improvement of the technological process of mechanical processing of a workpiece of the type «Pump cover NS32.U»: dissertation for the master's degree qualification in the specialty 131 «Applied mechanics» / A. M. Zbegerskyi. – Vinnitsia National Technical University. – Vinnytsia, 2019.

The aim of the work is to improve the technological process of machining workpiece type «Pump cover NS32.U», based on the use of modern approaches to the choice of progressive, optimal method of manufacturing workpiece, which can significantly reduce the material consumption, the volume of subsequent mechanical processing, applying the automated equipment, the principle of concentration of operations at the minimum number of machines, working, areas with ensuring high quality of workpieces, nshenni technology cost of operations and cost of production in general.

To achieve this goal, a review of technologies for manufacturing parts of the type «Cover» was carried out; research of efficiency indicators at the choice of a method of manufacturing of a workpiece by means of 3D-modeling is carried out and the most expedient option is established; variants of the route of mechanical processing of details of the type «Pump cover NSH32.U» were developed using modern CNC machines and choosing the best of them at the minimum of the given costs; dimensional-accurate modeling of advanced technological process of machining is carried out; cutting modes and time limits are defined; the amount of equipment and workers is calculated; machining section has been improved.

In the economic part of the work, capital investments, cost of machining the workpiece parts, payback period and economic effect obtained as a result of improvement of the technological process and machining section are calculated.

Occupational safety and health measures have also been developed in the work.

The graphic part illustrates the illustrations in the explanatory note.



## **ВСТУП**

**Актуальність.** Технологія машинобудування – галузь науки і техніки, яка займається теоретичними дослідженнями, проектуванням та удосконаленням технологічних процесів виготовлення деталей машин, технологічного обладнання, оснащення машинобудівних цехів та складанням виробів.

Машинобудування є однією з базових галузей, від стану якої залежить розвиток і рівень промислового виробництва України. Основне завдання галузі полягає в забезпеченні виробництва високоефективними машинами і обладнанням.

В умовах ринкових відносин при конкуренції і боротьбі за ринки збуту важливу роль відіграє собівартість і якість виробів, що випускаються. Вони повинні бути конкурентноспроможними. А для цього потрібно домагатися прискорення темпів росту виробництва, удосконалювати організацію виробництва, застосувати комплексну механізацію і автоматизацію виробничих і допоміжних операцій.

**Мета і завдання дослідження.** Мета магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У», що базується на використанні сучасних підходів до вибору прогресивного, оптимального способу виготовлення заготовки деталі, який дозволяє суттєво зменшити матеріаломісткість, об'єм послідувочої механічної обробки, удосконалити технологію, застосувавши автоматизоване обладнання, принцип концентрації операцій при мінімальній кількості верстатів, працюючих, площ із забезпеченням високої якості оброблюваних деталей, зменшенні технологічної собівартості виконання операцій і собівартості продукції в цілому.

Для досягнення поставленої мети повинні бути вирішені наступні **завдання:**

- провести огляд технології виготовлення деталі типу «Кришка»;

- на основі робочого креслення деталі виконати якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- встановити тип виробництва та форму організації роботи;
- вибрати метод та оптимальний спосіб виготовлення заготовки, виконавши відповідне техніко-економічне обґрунтування;
- вибрати методи обробки поверхонь деталі «Кришка насоса НШ32.У»;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- розробити удосконалені варіанти маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У»;
- вибрати кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;
- провести розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки деталі;
- розрахувати режими різання;
- виконати нормування операцій технологічного процесу;
- встановити приведену програму виробів;
- розрахувати кількість обладнання та працюючих, що необхідні для забезпечення механічної обробки деталі;
- провести розрахунок економічної доцільності впровадження удосконаленого ТП;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес виготовлення деталей типу «Кришка».

**Предмет дослідження** – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У».

**Методи дослідження.** Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У»; метод лінійного програмування (симплекс-метод), який дозволив визначити оптимальні режими різання.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Дістала подальший розвиток методика використання 3D-моделювання заготовок деталі «Кришка насоса НШ32.У» для визначення показників їх ефективності та вибору оптимального варіанту.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» на базі використання сучасних підходів до вибору найбільш доцільного, прогресивного способу виготовлення заготовки, що забезпечує високу точність і, відповідно, зменшує об'єм послідувочої механічної обробки, застосування автоматизованого обладнання, яке дозволяє звести об'єм ручної роботи до мінімуму або повністю її виключити, гарантуючи при цьому якість продукції, підвищення продуктивності праці, зниження собівартості. При цьому запропоновані такі рішення:

- варіантним вибором встановлено, що найбільш доцільними способами виготовлення заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» є лиття в кокіль та лиття під тиском. Проведені дослідження з використанням 3D-моделювання показали, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям під тиском, оскільки коефіцієнт точності маси заготовки при литті під тиском більший ніж при литті в кокіль, а також вартість заготовки при цьому складає 45,31 грн., що менше у порівнянні з литтям в кокіль – 176,75 грн.;

- розроблено удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» з використанням високопродуктивних верстатів з ЧПК; техніко-економічний аналіз показав, що впровадження удосконаленого технологічного процесу в виробництво є економічно доцільним;

- для удосконаленого маршруту механічної обробки спроектовано дільницю механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи дільниці в великосерійному виробництві, яка складає 60070 шт.; дільниця механічної обробки повинна містити 3 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 3 чол., всього працівників на дільниці – 7 чол.

**Апробація результатів роботи.** Основні положення і результати роботи доповідалися й обговорювалися на конференції:

- Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2020)». – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2020> (м. Вінниця, ВНТУ, 01-15 травня 2020 р.)

*Публікації.* Оpubліковано тезу доповіді:

- Використання 3D-моделювання заготовок деталей машин для визначення показників їх ефективності та вибору оптимального варіанту [Електронний ресурс] / Л. Г. Козлов, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, А. М. Збегерський // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2020)», м. Вінниця, 01-15 травня 2020 р. – 2020. – Режим доступу : ... .

## 1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА»

### 1.1 Сутність технічної проблеми

В магістерській кваліфікаційній роботі розглядається деталь «Кришка насоса НШ32.У», яка входить до складу шестеренних насосів. Деталь «Кришка насоса НШ32.У», має складну геометричну форму, не має недоступних для обробки місць, немає нетехнологічних елементів. Оскільки технологічний процес за яким на даний момент на базовому підприємстві виготовляється деталь не забезпечує необхідних вимог точності та не відповідає типу виробництва (верстати для масового виробництва займають великі площі, спеціалізовані, дорогі), то постала проблема розробити удосконалений технологічний процес механічної обробки, який надасть змогу отримувати якісні та точні деталі, і по можливості, знизити собівартість деталі та зменшити час обробки.

Виконати поставлені задачі можливо тільки із використанням обладнання з числовим програмним керуванням. Тому в МКР поставлена задача розробити удосконалений технологічний процес та ділянку механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У», запропонувати декілька маршрутів механічної обробки та визначити найоптимальніший.

### 1.2 Характеристика об'єкту виробництва, службове призначення, технічні умови на виготовлення

Деталь «Кришка насоса НШ32.У» (рис. 1.1) виготовлена із алюмінієвого сплаву АК12М2. Деталь типу «Кришка насоса НШ32.У» призначена для герметизації корпусу шестеренчастого насоса, встановлення в ній підшипника з сальником ведучої вал-шестерні, а також корпусу підшипника веденої вал-шестерні. За допомогою даної деталі насос кріпиться до агрегату.

Основними конструкторськими базами є плоска поверхня прилягання кришки до корпусу насоса. Чотири отвори  $\varnothing 11$ , що служать для закріплення

кришки в насосі. Допоміжними конструкторськими базами є зовнішня циліндрична поверхня  $\varnothing 90f9(-0,036/-0,123)$ , торець лівий розміром 6 (поверхня Л), внутрішні циліндричні поверхні  $\varnothing 37H8(+0,039)$ ;  $\varnothing 42H9(+0,062)$ ;  $\varnothing 42,5^{+0,1}$ ;  $\varnothing 45,3^{+0,2}$  та вісім отворів  $\varnothing 11$ . Вільними поверхнями є поверхні, що не стикаються з іншими деталями виробу.

Найбільш відповідальними поверхнями є: внутрішні циліндричні поверхні  $\varnothing 37H8(+0,039)$ ,  $\varnothing 42H9(+0,062)$  зовнішні поверхні  $\varnothing 90f9(-0,036/-0,123)$ , 27h14.

Вимоги до взаємного розміщення поверхонь може бути забезпечене за рахунок застосування механічної обробки з одного установка або спів падання технологічної і вимірювальної бази.

У відповідності з призначенням поверхонь до них ставляться такі вимоги: найбільш точними є виконавчі, основні, допоміжні та конструкторські бази. До основної конструкторської бази ставлять вимоги обробки з шорсткістю  $Ra=2,5$  мкм. До допоміжних баз  $\varnothing 90f9(-0,036/-0,123)$   $Ra=2,5$  мкм,  $\varnothing 42H9(+0,062)$   $Ra=2,5$  мкм ставлять вимоги обробки по 9 квалітету.

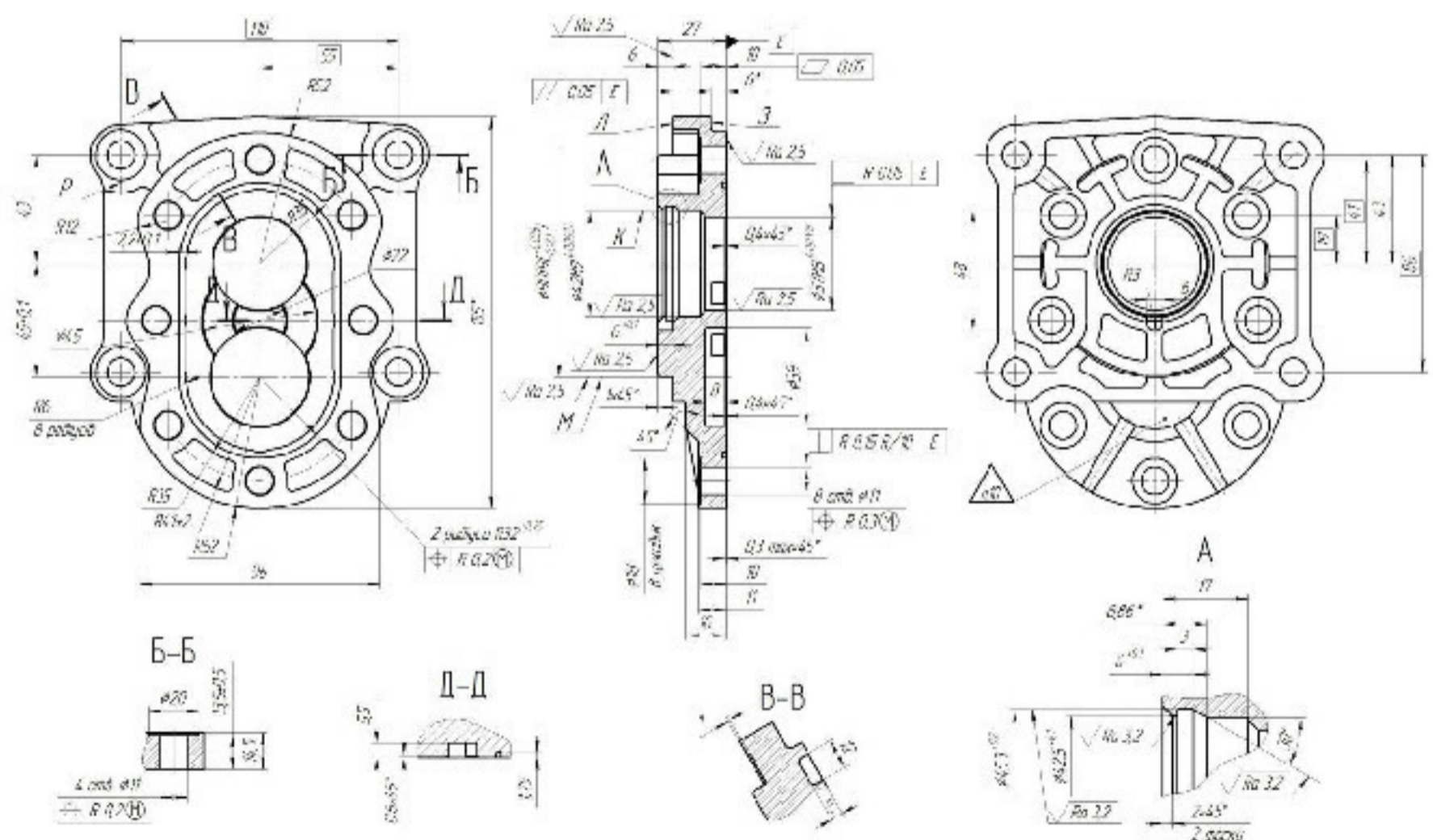


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Кришка насоса НШ32.У»

До даної деталі також встановлюються вимоги взаємного розташування поверхонь:

- паралельність торця лівої поверхні відносно основної конструкторської бази E;
- відхилення перпендикулярності вісі отвору  $\varnothing 37H8^{(+0,035)}$  відносно основної конструкторської бази E;
- позиційне відхилення 8 отворів  $\varnothing 11$ ;
- відхилення перпендикулярності 8 отворів  $\varnothing 11$  відносно основної конструкторської бази E;
- позиційне відхилення 4 отворів  $\varnothing 11$ ;
- відхилення від площинності основної конструкторської бази E.

### 1.3 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Кришка»

При розробці ТП механічної обробки доцільно орієнтуватися на типові або групові ТП обробки подібних деталей. При цьому можна скоротити терміни проектування і покращити якість розробки [1-3, 7].

Задана деталь «Кришка насоса НШ32.У» відноситься до класу корпусних, але за своєю конфігурацією вона близька до деталей типу «Стакан» або «Фланець». Тип виробництва великосерійний.

В великосерійному виробництві доцільно застосовувати високопродуктивне обладнання, верстати з ЧПК, багатоцільові верстати і т. ін. Оснащення може бути стандартним, УСП, так і спеціалізованим.

На першій операції необхідно обробляти базові поверхні (бажано основні конструкторські бази), які в подальшому будуть слугувати технологічними базами. Для базування заготовки використовуються необроблені чорнові поверхні (бази).

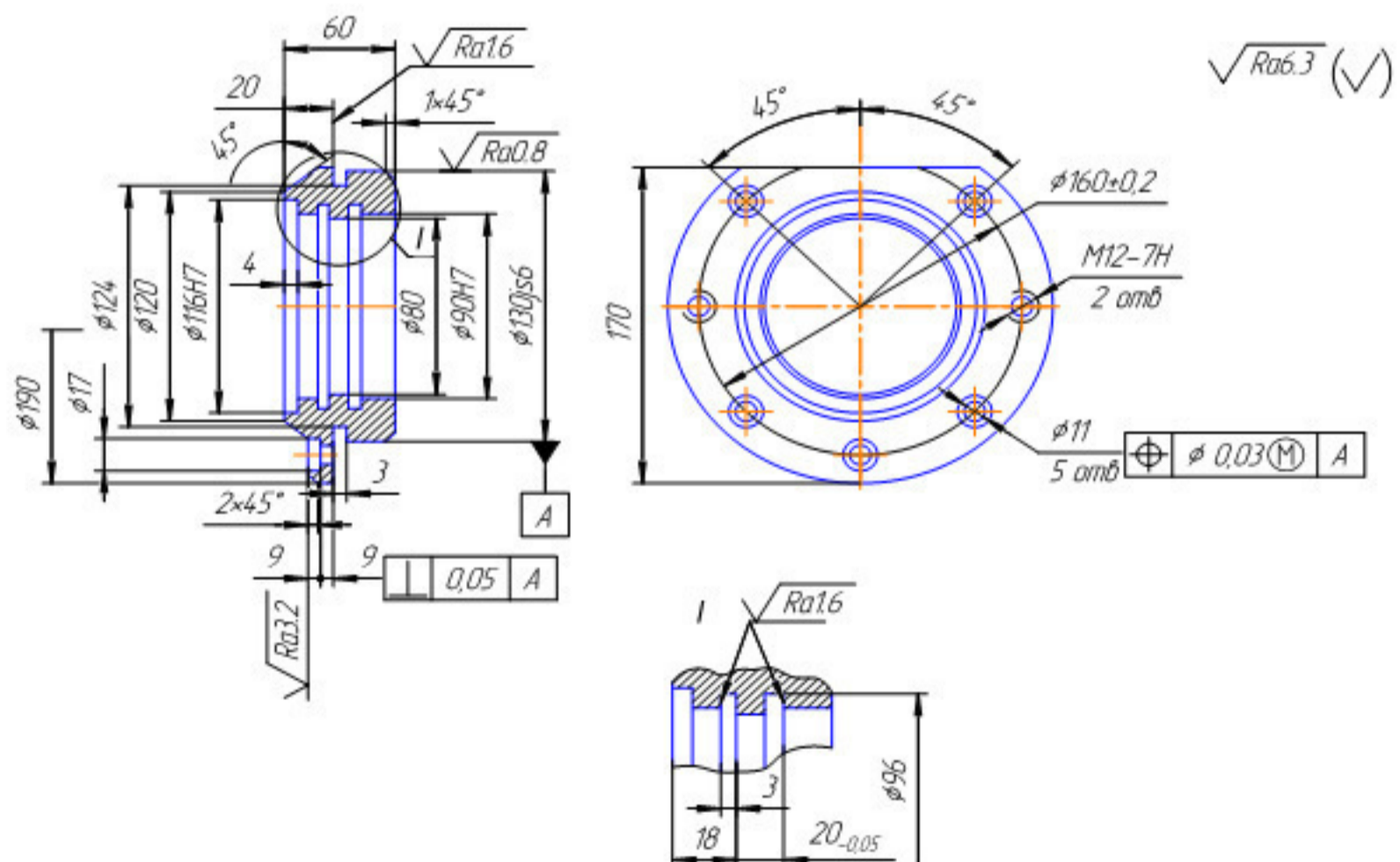
Після того як проведено обробку базових поверхонь виконується токарна обробка всіх зовнішніх поверхонь деталі. Для установлення заготовки може бути

використаний 3-х кулачковий самоцентрувальний патрон, цанговий, поводковий з плаваючим переднім центром тощо. Найбільш продуктивним способом обробки є точіння (або розточування) отворів різцевими головками.

Після чистової обробки поверхонь обертання проводяться операції по обробці місцевих елементів: фрезерування шпонкових пазів, канавок, обробка різьбових отворів і т. ін. При використанні установлення заготовки в призмі виникає похибка базування у вигляді зміщення осі заготовки. Різьбові отвори обробляють по кондуктору або на верстатах з ЧПК, точність яких складає  $\pm 0,01$  мм.

При обробці деталей даного класу намагаються обробити якнайбільшу кількість поверхонь з одного установу. Для цього підбирають відповідне обладнання, яке дозволяє виконувати різні операції. Це, наприклад, багатоцільові верстати або оброблюючі центри, а в масовому виробництві це можуть бути автоматичні оброблюючі лінії.

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



Вид заготовки – вилівок.  
Матеріал – чавун СЧ20.

Рисунок 1.2 – Ескіз деталі типу «Стакан»



Таблиця 1.1 – Маршрут механічної обробки деталі типу «Стакан»

| Операція | Зміст та найменування операції  | Верстат, обладнання                   | Пристосування        |
|----------|---|---------------------------------------|----------------------|
| 1        | 2   | 3                                     | 4                    |
| 005      | Лиття.  |                                       |                      |
| 010      | Обрубка і очищення виливка.   |                                       |                      |
| 015      | Підрізати торці $\varnothing 130Js6/\varnothing 90H7$ , торець $\varnothing 190$ (правий торець), точити поверхню $\varnothing 130Js6$ , точити канавку, розточити отвори $\varnothing 80$ і $\varnothing 90H7$ з підрізанням внутрішнього торця $\varnothing 90H7/\varnothing 80$ .  | Токарний патронний напівавтомат КТ141 | Трикулачковий патрон |
| 020      | Підрізати торці $\varnothing 190$ (лівий торець), торець $\varnothing 144$ , розточити отвір $\varnothing 116H7$ , точити поверхні $\varnothing 190$ і конічну поверхню $\varnothing 144 \times 45^\circ$ .   | Токарний патронний напівавтомат КТ141 | Трикулачковий патрон |
| 025      | Термічна обробка.   |                                       |                      |
| 030      | Підрізати торець $\varnothing 130Js6/\varnothing 90H7$ остаточно, точити поверхню $\varnothing 130Js6$ з підрізанням торця $\varnothing 190$ (правий торець) під шліфування, фаски, канавку остаточно. Розточити отвір $\varnothing 90H7$ з підрізанням внутрішнього торця $\varnothing 90H7/\varnothing 80$ і отвір $\varnothing 80$ , канавки $3 \times \varnothing 96$ остаточно, притупити гострі кромки. | Токарний патронний напівавтомат КТ141 | Трикулачковий патрон |

Продовження таблиці 1.1

| 1   | 2  | 3  | 4                                 |
|-----|--|--|-----------------------------------|
| 035 | Підрізати торці $\varnothing 144/\varnothing 116H7$ , точити поверхню $\varnothing 190$ , конусну поверхню $\varnothing 144 \times 45^\circ$ остаточно. Розточити отвори $\varnothing 90H7$ , з підрізанням внутрішнього торця $\varnothing 90H7/\varnothing 80$ під тонке розточування виточки $\varnothing 116H7$ і двох канавок $3 \times \varnothing 96$ . | Токарний патронний напівавтомат КТ141                    | Трикулачковий пневматичний патрон |
| 040 | Свердлити 5 отворів $\varnothing 11$ , два отвори $\varnothing 10,2$ під різьбу $M12 - 7H$ , зенкувати 5 отворів $\varnothing 11/\varnothing 17$ , фаски $2 \times 60^\circ$ , нарізати різьбу $M12$ . Фрезерувати лиски у розмір 120.   | Багатоцільовий вертикальний фрезерно-свердлильний ГФ2171 | Наладка УСПО                      |
| 045 | Зачистити заусенці.  | Машина для зняття заусенців                              |                                   |
| 050 | Розточити два отвори $\varnothing 90H7$ .  | Алмазно-розточний (спеціальний)                          | Установочне пристосування         |
| 055 | Шліфувати $\varnothing 130Js6$ з підшліфовуванням торця $\varnothing 190$ (правий торець).   | Круглошліфувальний напівавтомат ЗУ131ВМ                  | Спеціальна оправка                |
| 060 | Промити деталь.  | Машина для миття   |                                   |
| 065 | Технічний контроль.  |  |                                   |
| 070 | Нанесення антикорозійного покриття.  |  |                                   |

#### 1.4 Вибір та критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

Існуючий технологічний процес, що використовується базовим підприємством при виготовленні деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» для шестеренного насоса представлений в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Базовий технологічний процес деталі типу «Кришка насоса НШ32.У»

| № операції | Найменування операції, короткий зміст операції                          | Тип верстату                      |
|------------|---|-----------------------------------|
| 005        | Карусельно-фрезерна<br>Фрезерувати поверхню основи.                     | Карусельно-фрезерний<br>621МС1Н   |
| 010        | Вертикально-свердлильна<br>Зенкувати фаски в отворі зі сторони основи.  | Вертикально-свердлильний<br>2Б118 |
| 015        | Вертикально-свердлильна<br>Розвернути отвори.                           | Вертикально-свердлильний<br>2Н125 |
| 020        | Вертикально-свердлильна<br>Свердлити отвори.                            | Вертикально-свердлильний<br>2Н125 |
| 025        | Алмазно-розточувальна<br>Розточити отвори і підрізати круглий торець    | Розточувальний ОС-6383            |
| 030        | Токарно-револьверна<br>Розточити фасочну виточку.                       | Токарно-револьверний 1341         |
| 035        | Токарно-гвинторізна<br>Підрізати торець, обточити борт, обточити фаску. | Токарно-гвинторізний 1К62         |

Даний технологічний процес розроблявся для умов великосерійного виробництва. На першій операції використовується карусельно-фрезерний верстат 621МС1Н, що відповідає типу виробництва. На операціях 010-020, 030-035 обробка заготовки деталі виконується на універсальних верстатах з ручним керуванням (2Б118, 2Н125, 1341, 1К62), що не дає можливості забезпечити високу продуктивність праці, знижується точність обробки із-за переустановлень деталі з одного верстата на інший. Такий вибір не відповідає великосерійному виробництву. На операції 025 використовується верстат розточувальний ОС-6383 для досягнення необхідної точності найбільш відповідальних отворів  $\varnothing 37\text{H}8^{(+0,039)}$ ,  $\varnothing 42\text{H}9^{(+0,062)}$ , верстат спеціальний, продуктивність та точність відповідає умовам великосерійного виробництва, керування ручне.

Таким чином, базовий технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» включає 7 операцій, що виконуються на 7 верстатах, задіяно при обробці 14 робітників-верстатників при роботі в дві зміни. Такий підхід в умовах великосерійного виробництва не є ефективним.

Пропонується використати верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК), що дасть можливість суттєво скоротити кількість обладнання, робітників-верстатників, площі, підвищити точність обробки, продуктивність праці, знизити собівартість продукції. Для впровадження такого рішення необхідно також вирішити питання щодо забезпечення необхідної точності виготовлення вихідної заготовки.

## 1.5 Характеристика удосконаленого технологічного процесу

### 1.5.1 Сучасні досягнення в галузі технології, обладнання та оснастки при виготовленні подібних виробів

В час високого розвитку техніки та автоматички бурхливого розвивається та вдосконалюється верстатобудування. Зараз випускаються верстати із широкими можливостями: із двома або трьома робочими органами, із значно більшим магазином інструментів, із частотою обертання шпинделя до 8000 об/хв., із керуванням одночасно по шести координатам та рядом інших переваг, які відкривають широкі можливості при побудові маршрутів механічної обробки. Крім того широкого розповсюдження набувають нові методи обробки, наприклад алмазним інструментом або пластичним деформуванням: розказування, обкатування, волочіння та ін.

З метою підвищення точності обробки, збільшення продуктивності, зменшення штучно-калькуляційного часу, використовується широкий асортимент верстатів із ЧПК. Застосування верстатів з ЧПК дозволяє вирішувати ряд інших, в тому числі і соціальних задач, таких як поліпшення умов праці, полегшення самої праці, тощо.

### 1.5.2 Основні пропозиції щодо побудови удосконалених технологічних процесів

Річна програма випуску деталі складає 8500 шт., але оскільки при такому обсязі верстати будуть недовантаженими, то дільниця буде використовуватися і для виготовлення інших подібних деталей. Приведена програма складатиме приблизно 60070 деталей на рік. Оскільки верстати мають легко і швидко

переналагоджуватися на випуск іншої продукції то, очевидно, використовуватимемо обладнання з числовим програмним управлінням. Також використання верстатів з ЧПК дозволить значно зменшити виробничу площу, скоротити час на обробку деталей, також знизить використання електроенергії за рахунок зменшення обладнання.

В таблицях 1.3, 1.4 приведені варіанти удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У».

Таблиця 1.3 – Удосконалений маршрут механічної обробки (варіант 1)

| № операції | Назва операції, зміст  | Обладнання                                  |
|------------|--|---|
| 005        | Токарна з ЧПК<br>Точіння торцевої поверхні, розточування точного отвору $\varnothing 37H8^{(+0,039)}$ , фаски.   | Токарний верстат з ЧПК 16К20Ф3              |
| 010        | Вертикально-фрезерна з ЧПК<br>Фрезерування площини циліндричної поверхні $\varnothing 90f9^{(-0,036)}_{-0,123}$ , точіння фаски, розточування отвору $\varnothing 42H9^{(+0,062)}$ , фасок, фрезерування канавки, розточування фаски, отвору $\varnothing 42,5^{+0,1}$ . | Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК ГФ2171М |

Таблиця 1.4 – Удосконалений маршрут механічної обробки (варіант 2)

| № операції | Назва операції, зміст  | Обладнання                                   |
|------------|--|--|
| 005        | Вертикально-фрезерна з ЧПК<br>Фрезерування площини, розточування точного отвору $\varnothing 37H8^{(+0,039)}$ , фаски.   | Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК ЛТ260МФ3 |
| 010        | Вертикально-фрезерна з ЧПК<br>Фрезерування площини циліндричної поверхні $\varnothing 90f9^{(-0,036)}_{-0,123}$ , точіння фаски, розточування отвору $\varnothing 42H9^{(+0,062)}$ , фасок, фрезерування канавки, розточування фаски, отвору $\varnothing 42,5^{+0,1}$ . | Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК ЛТ260МФ3 |

В запропонованих варіантах при удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» використано принцип концентрації операцій, що дозволяє виконати обробку на

двох операціях. Верстати запропоновані порівняно невисокої вартості, точність обробки на них забезпечується відповідно до креслення деталі.

1.6 Економічна доцільність розробки удосконаленого технологічного процесу

1.6.1 Визначення величини зменшення собівартості одиниці продукції

Величину зменшення собівартості одиниці продукції  $\Delta S$  при удосконаленні технологічного процесу можна розрахувати за формулою [4]:

$$\Delta S = \frac{(B_a - B_n \cdot K_n) \cdot 100}{\Pi} \text{ [грн.],} \quad (1.1)$$

де  $B_a$  – величина однієї із статей прямих витрат в одиниці продукції, що визнана аналогом (вартість матеріалу),  $B_a = 176,75$  грн.;

$B_n$  – величина цієї ж статті прямих витрат на матеріал заготовки в одиниці нової продукції,  $B_n = 45,31$  грн.;

$K_n$  – коефіцієнт, що враховує конструктивні та технологічні особливості нової розробки,  $K_n = 1 \dots 1,2$ ;

$\Pi$  – питома вага цієї статті витрат в собівартості продукції, яка є аналогом;

$$\Delta S = \frac{(176,75 - 45,31 \cdot 1,1)}{60} \cdot 100 = 211,52 \text{ (грн.)}$$

1.6.2 Визначення величини додаткових капітальних вкладень

Додаткові капітальні вкладення  $\Delta K$ , необхідні для здійснення налагодження нового технологічного процесу, розраховуються за формулою [4]:

$$\Delta K = (2 \dots 4) \cdot \Delta B_{обл} \text{ [грн.],} \quad (1.2)$$

де  $(2 \dots 4)$  – коефіцієнт, що враховує витрати на проектування, оренду

приміщення, тощо;

$\Delta B_{обл}$  – вартість додаткового обладнання, яке необхідно придбати для удосконалення технологічного процесу (це 3 верстати вертикально-фрезерних з ЧПК ЛТ260МФ3, що були у використанні), грн.

$$\Delta K = 2 \cdot (450000 + 450000 + 450000) = 2700000 \text{ (грн.)}$$

З урахуванням проданих верстатів, на яких виконувався базовий технологічний процес (850000 грн.)

$$\Delta K = 2700000 - 850000 = 1850000 \text{ (грн.)}$$

1.6.3 Визначення терміну окупності удосконаленого технологічного процесу

Термін окупності визначаємо за формулою [4]:

$$T_o = \frac{\Delta K}{\Delta S \cdot N_2} \text{ [років]}, \quad (1.3)$$

де  $N_2$  – обсяг виробництва продукції за рік при застосуванні модернізованого технологічного процесу, шт.

$$T_o = \frac{1850000}{211,52 \cdot 8500} = 1,03 \text{ (року).}$$

З урахуванням приведеної програми

$$T_o = \frac{1850000}{211,52 \cdot 60070} = 0,15 \text{ (року).}$$

Так як термін окупності менше рекомендованих значень 3...5 років, то удосконалення технологічного процесу є доцільним.

### 1.7 Розробка технічного завдання на МКР

Розроблене технічне завдання на МКР представлене в додатку.

### 1.8 Висновки

В даному розділі проаналізовано проблему удосконалення ділянки при виконанні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У». По базовому варіанту механічної обробки використовується застаріле обладнання, яке не забезпечує необхідної якості продукції. Процес є трудомістким, із значною кількістю ручної роботи, кваліфікація робітників при цьому вимагається висока. Використання обладнання з ручним керуванням вимагає збільшення його кількості, відповідно ділянкою зайнята значна площа.

Проведено розгляд характеристик об'єкту виробництва, його службове призначення, технічні вимоги на виготовлення. Детально проаналізовано типовий, базовий технологічні процеси, що дозволило сформулювати пропозиції по удосконаленню існуючого процесу.

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що дана розробка є перспективною для впровадження в виробництво як з технічної, так і з економічної точки зору, так як вона має відносно низьку вартість, кращі, ніж аналог технічні параметри.

Попередні розрахунки показали, що термін окупності удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» складає 1,03 року, а з урахуванням приведеної програми – 0,15 року, що значно менше за нормативні значення – 3...5 років. Отже, впровадження розробленого маршруту є економічно доцільним.



## **2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА НАСОСА НШ32.У»**

### 2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі

#### 2.1.1 Якісний аналіз технологічності деталі [1-3]

Задана деталь «Кришка насоса НШ32.У» входить до конструкції шестеренного гідронасоса. Деталь має складну геометричну форму, не має недоступних для обробки місць, немає нетехнологічних елементів.

Після вивчення умов роботи деталі «Кришка насоса НШ32.У», а також враховуючи річну програму 8500 шт. можна зробити висновок, що конструкція деталі досить складна, але через те, що більшість поверхонь деталі не підлягають обробці, вона є технологічною. Виробництво великосерійне і доцільним є застосування верстатів, що дозволяють ввести автоматизацію в даних умовах, тобто верстати з ЧПК.

Для виготовлення даної деталі можливе застосування високопродуктивних методів обробки.

Проаналізувавши конструктивні елементи деталі в технологічному відношенні, використовуючи при цьому рекомендації по технологічності конструкцій можна сказати, деталь технологічна і недоступних для обробки місць немає.

При обробці є можливість забезпечити суміщення вимірювальних і технологічних баз, використавши в якості технологічних баз зовнішню циліндричну поверхню, внутрішній отвір та два отвори (при установці на два пальці).

Проведено перевірку відповідності вказаних на кресленні допустимих відхилень розмірів, шорсткості та відхилень геометричної форми та взаємного розміщення поверхонь з геометричними похибками верстатів. В результаті перевірки було виявлено, що відхилення не перевищують норми.

Вказані на кресленні розміри деталі можуть бути проконтрольовані безпосередньо вимірювальним інструментом.

Чорновими технологічними базами є площина Л та вісь зовнішнього діаметру  $\varnothing 90f9^{(-0,036)}_{(-0,123)}$ . Чистовими технологічними базами є основна конструкторська база, тобто площина Е та вісь отвору  $\varnothing 37H8^{(+0,035)}$ . Потреби у введенні штучних технологічних баз немає.

Немає необхідності у додаткових технологічних операціях, що викликані специфічними вимогами.

Немає необхідності передбачати в конструкції деталі, що підлягає термічній обробці, конструктивні елементи, що зменшують жолоблення деталі в процесі нагрівання та охолодження. З урахуванням термічної обробки матеріал даної деталі підібрано вірно.

Решта розмірів повинна відповідати  $\pm IT14/2$ .

Матеріал деталі алюмінієвий ливарний сплав АК12М2, який відноситься до системи алюміній-кремній-мідь. Використовується для виробництва чушок і фасонних виливків за допомогою лиття під тиском. Великий вміст кремнію в складі сплаву (близько 12%) призводить до низької пластичності металу. Позбутися цього недоліку можна було б термообробкою, але вона відносно сплаву не практикується.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад в % матеріалу АК12М2

| Al                       | Si        | Mn        | Ni        | Ti        | Fe        | Cu          | Pb         | Mg        | Zn        | Sn        | Домішок       |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| основа<br>81,55-<br>86,6 | 11-<br>13 | до<br>0,5 | до<br>0,3 | до<br>0,2 | 0,6-<br>1 | 1,8-<br>2,5 | до<br>0,15 | до<br>0,2 | до<br>0,8 | до<br>0,1 | всього<br>2,2 |

Таблиця 2.2 – Механічні властивості при  $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  матеріалу АК12М2

| Властивості                              | Значення    |
|--|-------------|
| Границя короточасної міцності $\sigma$   | 186-260 МПа |
| Відносне подовження при розриві $\delta$ | 1-1,5 %     |

### 2.1.2 Кількісний аналіз технологічності деталі

Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі в роботі проводимо за такими показниками: коефіцієнт уніфікації, коефіцієнт точності, коефіцієнт шорсткості [1, 2].

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

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

де  $Q_{ye}$ ,  $Q_e$  – відповідна кількість уніфікованих елементів і загальна кількість типорозмірів конструктивних елементів (різьба, отвори, фаски і т. ін.)

Розміри для розрахунку коефіцієнта уніфікації наведено в табл. 2.3, в якій показано лінійні, діаметральні, кутові та інші конструктивні елементи, що зображені на кресленні деталі та відмічено, які з них є уніфіковані.

Таблиця 2.3 – Визначення коефіцієнту уніфікації

| Лінійні розміри          | Діаметральні розміри                     | Кутові розміри         | Шорсткість        |
|--------------------------|--|------------------------|-------------------|
| 1                        | 2  | 3                      | 4                 |
| 43                       | $\varnothing 37H8^{(+0,039)}$            | $45^{\circ*}$          | Ra 2,5* (5 пов.)  |
| 55*                      | $\varnothing 42H9^{(+0,062)*}$           | $45^{\circ*}$          | Ra 3,2* (3 пов.)  |
| $45 \pm 0,1^*$           | $\varnothing 90f9^{(-0,036}_{-0,123})^*$ | $45^{\circ*}$          | Ra 6,3* (13 пов.) |
| 27                       | $\varnothing 45,3^{+0,2}$                | $45^{\circ*}$          |                   |
| 10*                      | $\varnothing 42,5^{+0,1}$                | $30^{\circ*}$          |                   |
| 6*                       |  | $45^{\circ*}$ (2 пов.) |                   |
| 8*                       |  | $45^{\circ*}$          |                   |
| $0,4 \times 45^{\circ}$  |  | $45^{\circ*}$          |                   |
| $0,4 \times 45^{\circ}$  |  |                        |                   |
| $0,3 \times 45^{\circ*}$ |  |                        |                   |
| 10*                      |  |                        |                   |
| 11*                      |  |                        |                   |
| 16*                      |  |                        |                   |
| $1 \times 45^{\circ*}$   |  |                        |                   |
| $6^{+0,1*}$              |  |                        |                   |
| 6*                       |  |                        |                   |

Продовження таблиці 2.1

| 1   | 2   | 3   | 4   |
|---|---|---|---|
| 5*  |   |   |   |
| 17*   |   |   |   |
| 8,86  |   |   |   |
| 3*  |   |   |   |
| 6 <sup>+0,1*</sup>                              |   |   |   |
| 14,5  |   |   |   |
| 2×45°* (2 пов.)                                 |   |   |   |
| 19*   |   |   |   |
| 43  |   |   |   |
| 0,6×45°   |   |   |   |
| 1,75×45°  |   |   |   |
| 5,5   |   |   |   |
| Q <sub>уніф</sub> = 20<br>Q <sub>заг</sub> = 30 | Q <sub>уніф</sub> = 2<br>Q <sub>заг</sub> = 5 | Q <sub>уніф</sub> = 9<br>Q <sub>заг</sub> = 9 | Q <sub>уніф</sub> = 21<br>Q <sub>заг</sub> = 21 |

Визначаємо коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{52}{65} = 0,8 > 0,6 \text{ – деталь технологічна.}$$

Розрахунок коефіцієнта точності

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}}; \quad (2.2)$$

де  $T_{cp}$  – середній квалітет точності розмірів;

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}. \quad (2.3)$$

Розміри для розрахунку коефіцієнта точності обробки наведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Визначення коефіцієнта точності обробки

| Квалітет   | Кількість поверхонь | Розрахунок          |
|--|---------------------|---------------------|
| 8 – $\varnothing 37H8^{(+0,039)}$  | 1                   | $8 \cdot 1 = 8$     |
| 9 – $\varnothing 42H9^{(+0,062)}$ ; $\varnothing 90f9^{(-0,036)}$<br>$^{(-0,123)}$ | 2                   | $9 \cdot 2 = 18$    |
| 14 – (всі інші)  | 18                  | $14 \cdot 18 = 252$ |
| Всього   | 21                  | 278                 |

$$T_{cp} = \frac{278}{21} = 13,24;$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{13,24} = 0,924 > 0,8 \text{ – деталь технологічна.}$$

Коефіцієнт шорсткості поверхні

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

де  $Ш_{cp}$  – середня шорсткість поверхонь;

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{n_i} \text{ [мкм]}. \quad (2.5)$$

Розміри для розрахунку коефіцієнта шорсткості наведено в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Визначення коефіцієнта шорсткості

| Шорсткість   | Кількість поверхонь | Розрахунок             |
|--|---------------------|------------------------|
| 2,5 – $\varnothing 37H8^{(+0,039)}$ ; $\varnothing 42H9^{(+0,062)}$ ;<br>$\varnothing 90f9^{(-0,036)}$ ; правий і лівий торець 27<br>$^{(-0,123)}$ | 5                   | $2,5 \cdot 5 = 12,5$   |
| 3,2 – $\varnothing 45,3^{+0,2}$ ; $\varnothing 42,5^{+0,1}$ ; поверхня $30^\circ$ ; 8,86   | 3                   | $3,2 \cdot 3 = 9,6$    |
| 6,3 – всі інші   | 16                  | $6,3 \cdot 16 = 100,8$ |
| Всього   | 24                  | 122,9                  |

$$Ш_{cp} = \frac{122,9}{24} = 5,85;$$

$$K_{ш} = \frac{1}{5,85} = 0,17 < 0,32 \text{ – деталь технологічна.}$$

Висновок.  $K_y = 0,8 > 0,6$ ;  $K_T = 0,924 > 0,8$ ;  $K_{ш} = 0,17 < 0,32$ . Отже, деталь за кількісними показниками є технологічною.

## 2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт

### 2.2.1 Визначення типу виробництва

Визначаємо тип виробництва за коефіцієнтом закріплення операцій [1, 2]

$$K_{z.o.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (2.6)$$

де  $\sum O_i$  – сумарна кількість операцій, що виконуються на даному робочому місці;  $\sum P_i$  – сумарна кількість робочих місць для виконання операцій.

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

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

Згідно креслення деталі встановлено найбільш характерні переходи механічної обробки деталі «Кришка насоса НШ32.У»:

- фрезерування торця  $l = 149$  мм однократне;
- розточування  $\varnothing 37H8^{(+0,039)}$  попереднє (9 квалітет);
- розточування  $\varnothing 37H8^{(+0,039)}$  остаточне (8 квалітет);
- фрезерування  $\varnothing 90f9^{(-0,036)}_{-0,123}$  попереднє (10 квалітет);
- фрезерування  $\varnothing 90f9^{(-0,036)}_{-0,123}$  остаточне (9 квалітет);
- розточування  $\varnothing 42H9^{(+0,062)}$  попереднє (10 квалітет);

- розточування  $\varnothing 42\text{H}9^{(+0,062)}$  остаточне (9 квалітет).

Норми часу  $T_{осн}$  необхідного для обробки вказаних поверхонь визначаємо за формулами наближеного нормування.

Фрезерування торця  $\ell = 149$  мм однократне

$$T_{осн1} = 0,0059 \cdot \ell = 0,0059 \cdot 149 = 0,88 \text{ (хв.)}$$

Розточування  $\varnothing 37\text{H}8^{(+0,039)}$  попереднє (9 квалітет)

$$T_{осн2} = 0,000068 \cdot D \cdot \ell = 0,000068 \cdot 37 \cdot 10 = 0,025 \text{ (хв.)}$$

Розточування  $\varnothing 37\text{H}8^{(+0,039)}$  остаточне (8 квалітет)

$$T_{осн3} = 0,00019 \cdot D \cdot \ell = 0,00019 \cdot 37 \cdot 10 = 0,07 \text{ (хв.)}$$

Фрезерування  $\varnothing 90\text{f}9^{(-0,036 / -0,123)}$  попереднє (10 квалітет)

$$T_{осн4} = 0,0059 \cdot \ell = 0,0059 \cdot 282,6 = 1,67 \text{ (хв.)}$$

Фрезерування  $\varnothing 90\text{f}9^{(-0,036 / -0,123)}$  остаточне (9 квалітет);

$$T_{осн5} = 0,0048 \cdot \ell = 0,0048 \cdot 282,6 = 1,36 \text{ (хв.)}$$

Розточування  $\varnothing 42\text{H}9^{(+0,062)}$  попереднє (10 квалітет)

$$T_{осн6} = 0,000068 \cdot D \cdot \ell = 0,000068 \cdot 42 \cdot 17 = 0,049 \text{ (хв.)}$$

Розточування  $\varnothing 42\text{H}9^{(+0,062)}$  остаточне (9 квалітет)

$$T_{осн7} = 0,00019 \cdot D \cdot \ell = 0,00019 \cdot 42 \cdot 17 = 0,14 \text{ (хв.)}$$

Розрахуємо штучно-калькуляційний час за формулою

$$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k \text{ [хв.],} \quad (2.7)$$

де  $T_{осн}$  – основний час обробки, хв.;

$\varphi_k$  – коефіцієнт, що залежить від типу виробництва та типу верстатів, що використовуються для обробки даної партії деталей. За програмою  $N = 8500$  шт. та масою деталі  $m = 0,47$  попередньо визначено, що тип виробництва великосерійний [2].

Переходи 1-3 планується виконувати на одному верстаті:

$$T_{шт.-к1-3} = 1,35 \cdot (0,88 + 0,025 + 0,07) = 1,32 \text{ (хв.)}$$

Переходи 4-7 планується виконувати на другому верстаті:

$$T_{шт.-к4-7} = 1,35 \cdot (1,67 + 1,36 + 0,049 + 0,14) = 4,35 \text{ (хв.)}$$

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

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{шт.-к.}}{60 F_d \cdot \eta_{з.п.}} \text{ [шт.],} \quad (2.8)$$

де  $N = 8500$  шт. – річна програма випуску деталі «Кришка насоса НШ32.У»;

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

$F_d$  – дійсний фонд роботи обладнання ( $F_d = 3890$  год. при роботі в 2 зміни);



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

$$C_{p1-3} = \frac{8500 \cdot 1,32}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,064 \text{ (шт.)} \quad C_{p1-3np} = 1;$$

$$C_{p4-7} = \frac{8500 \cdot 4,35}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,21 \text{ (шт.)} \quad C_{p4-7np} = 1.$$

Для виконання кожного з механічних переходів достатньо одного верстата. Коефіцієнт завантаження фактичний визначається за формулою

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_{pi}}{C_{npi}}; \quad (2.9)$$

де  $C_{npi}$  – прийняте число робочих місць.

$$\eta_{з.ф.1-3} = \frac{0,064}{1} = 0,064;$$

$$\eta_{з.ф.4-7} = \frac{0,21}{1} = 0,21.$$

Кількість операцій закріплених за кожним робочим місцем визначаємо за формулою

$$O_i = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.i}} \text{ [шт.]}, \quad (2.10)$$

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

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

$$O_{1-3} = \frac{0,75}{0,064} = 11,7 \approx 12 \text{ (шт.)};$$

$$O_{4-7} = \frac{0,75}{0,21} = 3,57 \approx 4 \text{ (шт.)}$$

Таким чином, коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{з.о.} = \frac{12 + 4}{1 + 1} = 8.$$

Оскільки  $1 < K_{з.о.} < 10$ , то виробництво великосерійне.

Результати виконання розрахунків наведено в таблиці 2.6 [3].

Таблиця 2.6 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

| Переходи мех. обробки   | $T_{осл}$ ,<br>хв. | $\varphi_k$ | $T_{шт-к}$ ,<br>хв. | $C_p$ ,<br>шт. | $C_{np}$ ,<br>шт. | $\eta_{з.ф.}$ | $\eta_{з.н}$ | O,<br>шт. | $K_{з.о.}$ |
|---|--------------------|-------------|---------------------|----------------|-------------------|---------------|--------------|-----------|------------|
| 1   | 2                  | 3           | 4                   | 5              | 6                 | 7             | 8            | 9         | 10         |
| 1. Фрезерування торця<br>$\ell = 149$ мм однократне                         | 0,88               | 1,35        | 1,32                | 0,064          | 1                 | 0,064         | 0,75         | 12        | 8          |
| 2. Розточування<br>$\varnothing 37H8^{(+0,039)}$ попереднє (9<br>квалітет)  | 0,025              |             |                     |                |                   |               |              |           |            |
| 3. Розточування<br>$\varnothing 37H8^{(+0,039)}$ остаточне (8<br>квалітет)  | 0,07               |             |                     |                |                   |               |              |           |            |
| 4. Фрезерування<br>$\varnothing 90f9^{(-0,036)}$ попереднє<br>(10 квалітет) | 1,67               | 1,35        | 4,35                | 0,21           | 1                 | 0,21          | 0,75         | 4         |            |
| 5. Фрезерування<br>$\varnothing 90f9^{(-0,036)}$ остаточне (9<br>квалітет)  | 1,36               |             |                     |                |                   |               |              |           |            |
| 6. Розточування<br>$\varnothing 42H9^{(+0,062)}$ попереднє<br>(10 квалітет) | 0,049              |             |                     |                |                   |               |              |           |            |
| 7. Розточування<br>$\varnothing 42H9^{(+0,062)}$ остаточне (9<br>квалітет)  | 0,14               |             |                     |                |                   |               |              |           |            |

### 2.2.2 Визначення форми організації роботи

Визначаємо заданий добовий випуск виробів

$$N_o = \frac{N}{254} \text{ [шт.]}, \quad (2.11)$$

де 254 – кількість робочих днів в році.

$$N_o = \frac{8500}{254} = 33,46 \approx 34 \text{ (шт.)}$$

Розрахункова добова продуктивність потокової лінії

$$Q_o = \frac{F_o}{T_{шт-к,ср}} \cdot \eta_z \text{ [шт.]}, \quad (2.12)$$

де  $T_{шт-к,ср}$  – середній штучно-калькуляційний час виконуваних операцій, хв.;

$F_o$  – добовий фонд часу роботи обладнання ( $F_o = 952$  хв.);

$\eta_z$  – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії ( $\eta_z = 0,75$ ).

$$T_{шт-к,ср} = \frac{1,32 + 4,35}{2} = 2,835 \text{ (хв.)};$$

$$Q_o = \frac{952}{2,835} \cdot 0,75 = 251,85 \approx 252 \text{ (шт.)}$$

Оскільки потрібний добовий випуск виробів значно менший добової продуктивності лінії  $N_o = 34 < Q_o = 252$  шт., то організація потокової лінії недоцільна.

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

$$n = \frac{N \cdot t}{254} \text{ [шт.]}, \quad (2.13)$$

де  $t$  – періодичність запуску деталей на обробку в днях (для серійного виробництва прийнято 2 дні).

$$n = \frac{8500 \cdot 2}{254} = 66,9 \text{ (шт.)}, \text{ приймаємо } n = 67 \text{ шт.}$$

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

$$C_{зм} = \frac{T_{шт-к_{ср}} \cdot n}{476 \cdot 0,75} = \frac{2,835 \cdot 67}{476 \cdot 0,75} = 0,53 \text{ (зміни)};$$

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

Розрахункова кількість змін округляється до прийнятого цілого числа, після чого визначається число деталей в партії, яке необхідне для завантаження обладнання протягом цілого числа змін

$$n = \frac{C_{зм} \cdot 476 \cdot 0,75}{T_{шт-к_{ср}}} = \frac{1 \cdot 476 \cdot 0,75}{2,835} = 125,93 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо кількість деталей в партії  $n = 126$  шт.

Висновок. Тип виробництва – великосерійний, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 126 шт.

### 2.3 Використання 3D-моделювання заготовок деталі «Кришка насоса НШ32.У» для визначення показників їх ефективності та вибору оптимального варіанту

На вибір методу, способу виготовлення заготовки впливає цілий ряд факторів: матеріал, службове призначення, конфігурація, розміри, маса, точність, шорсткість, вимоги відносного розташування поверхонь, серійність випуску деталі [14, 15].

Оптимальний варіант виготовлення заготовки деталі визначається на основі аналізу перерахованих факторів з урахуванням техніко-економічних показників. До найбільш важливих показників ефективності відносяться маса, коефіцієнт точності маси заготовки, собівартість її виготовлення [5, 15].

Наближення коефіцієнта точності маси заготовки до одиниці свідчить про мінімальні відходи матеріалу заготовки в стружку, тобто максимальне наближення її маси до маси готової деталі. При цьому витрати на матеріал заготовки будуть мінімальними, що впливає на собівартість виготовлення заготовки, тобто призводить до її зменшення.

Для визначення коефіцієнта точності маси заготовки, собівартості її виготовлення необхідно розрахувати масу заготовки. Масу заготовки для визначення вказаних показників її ефективності можна розрахувати способами, що приведені в [5].

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

- розгляд можливих способів виготовлення заготовки деталі, їх аналіз та вибір найбільш доцільних варіантів;
- розрахунок розмірів заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» для вибраних варіантів її виготовлення;
- оформлення 3D-моделей заготовок деталі типу «Кришка насоса НШ32.У»;
- визначення маси заготовок деталі для розглянутих варіантів їх виготовлення;
- визначення коефіцієнта точності маси;

- розрахунок собівартості виготовлення заготовок для вибраних варіантів;
- аналіз одержаних результатів та вибір оптимального варіанту виготовлення заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У».

Мета роботи – використання комп'ютерної програми для оформлення креслення заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У», її 3D-моделі, маси з метою визначення показників ефективності та вибору оптимального способу виготовлення.

### 2.3.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Для визначення розмірів заготовки шляхом призначення табличних значень припусків користуємось рекомендаціями [5-6]. Вихідними умовами є:

- серійність виробництва – великосерійне;
- матеріал деталі – АК12М2 ДСТУ 2839-94;
- маса деталі – 0,47 кг.;
- наявність термічної обробки вилівка – 80-105 НВ;
- найбільший габаритний розмір деталі – 155 мм;
- найменша товщина стінки – 10 мм.

Так як матеріал виготовлення заготовки – алюмінієвий сплав, то методом виготовлення для даної заготовки є лиття.

Литтям отримують заготовки практично будь-яких розмірів, як простої так і дуже складної конструкції. При цьому вилівки можуть мати складні внутрішні порожнини з криволінійними поверхнями, що перетинаються під різними кутами. Точність розмірів та якість поверхонь залежить від способу лиття. Деякими спеціальними способами лиття, можна отримати заготовки, що потребують мінімальної механічної обробки [5].

Можливими способами лиття в даному варіанті є: лиття в піщано-глинисті форми, лиття в оболонкові форми, лиття в кокіль, лиття під тиском.

В результаті проведеного кількісного та якісного аналізу способів лиття можна зробити висновок, що лиття в оболонкові форми через складність технології та вартість і лиття в піщано-глинисті форми через низьку точність,

високі параметри шорсткості, великий припуск на механічну обробку не можуть бути використані для виготовлення даного виливка. Тому в подальшому будемо розглядати два способи виготовлення: лиття під тиском та лиття в кокіль, які є найбільш доцільними в умовах великосерійного виробництва, так як використовуються постійні форми і точність виливків є вищою, ніж в 2-ох попередніх варіантах.

### 2.3.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

#### Призначення вихідних даних (норм точності)

- клас розмірної точності;
- клас точності маси;
- ступінь жолоблення елементів виливка;
- ступінь точності поверхні виливка;
- шорсткість поверхні виливка;
- ряд припусків на механічну обробку.

#### Клас розмірної точності виливка

Клас розмірної точності виливка. Для вибору класу розмірної точності (із 22 існуючих – 1, 2, 3т, 3, 4, 5т, 5, 6, 7т, 7, 8, 9т, 9, 10, 11т, 11, 12, 13т, 13, 14, 15, 16) потрібно знати технологічний процес лиття, найбільший габаритний розмір виливка, тип сплаву, наявність термічної обробки, температуру плавлення металу заготовки. Вибираємо діапазон можливих класів точності виготовлення виливка для даного способу лиття. Для призначення конкретного значення класу розмірної точності необхідно скористатися даними про тип виробництва, згідно з яким:

- менші значення класів розмірної точності відносяться до простих виливків і умов масового автоматизованого виробництва;
- більші – до складних виливків одиничного та дрібносерійного виробництва;
- середні – до виливків середньої складності та умов механізованого серійного виробництва

Відповідно до даних рекомендацій, технологічного процесу та найбільшого габаритного розміру вилівка 155 мм. Приймаємо: для лиття в кокіль діапазон класу розмірної точності – 6-10 приймаємо 7т; для лиття під тиском 4-7 приймаємо 5.

#### Ступінь жолоблення

Ступінь жолоблення (із існуючих 11 – 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11) вибирається в залежності від відношення найменшого розміру елемента вилівка до найбільшого, типу ливарних форм та наявності термічної обробки. Із можливого діапазону піймаємо конкретне значення з урахуванням рекомендації:

- менші значення із діапазонів ступенів жолоблення відносяться до простих виливків із легких кольорових сплавів; більші значення – до складних виливків із чорних сплавів;

- ступінь жолоблення вилівка, що вказується на кресленні, потрібно приймати за його елементом з найбільшим ступенем жолоблення.

Відповідно до даних рекомендацій, відношення  $11/155=0,07$  та наявності термообробки визначаємо діапазон ступенів жолоблення: для лиття в кокіль 4-7 приймаємо 6; для лиття під тиском 4-7 приймаємо 5.

#### Ступінь точності поверхонь

Ступінь точності поверхонь вилівка (із існуючих 22 – 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22) вибираємо відповідно до технологічного процесу лиття, найбільшого габаритного розміру вилівка, типу сплаву та наявності термічної обробки. Як і при призначенні класу розмірної точності, конкретне значення приймається згідно з рекомендаціями:

- менші значення ступенів точності поверхонь виливків відносяться до простих виливків і умов масового виробництва;

- більші – до складних виливків одиничного та дрібносерійного виробництва;

- середні – до виливків середньої складності та умов механізованого серійного виробництва.

Відповідно до даних рекомендацій, технологічного процесу та найбільшого



габаритного розміру вилівка 155 мм. Визначаємо: для лиття в кокіль 6-11 приймаємо 7; для лиття під тиском 4-8 приймаємо 5.

#### Шорсткість поверхонь

Шорсткість поверхонь вилівка вибираємо згідно із ступенем точності поверхонь вилівка. До 18 ступеня точності призначається  $R_a$  в мкм, в діапазоні 19-22 ступенів точності призначається  $R_z$  в мкм.

Відповідно до ступеню точності поверхні вилівка визначаємо ступінь шорсткості поверхні: для лиття в кокіль – 8,0 мкм; для лиття під тиском 5,0 мкм.

#### Клас точності маси вилівка

Клас точності маси вилівка (із існуючих 22 – 1, 2, 3т, 3, 4, 5т, 5, 6, 7т, 7, 8, 9т, 9, 10, 11т, 11, 12, 13т, 13, 14, 15, 16) приймається в залежності від технологічного способу лиття, номінальної маси вилівка, типу сплаву, наявності термічної обробки, температури плавлення. Із вибраного діапазону можливих класів точності конкретне значення приймаємо з рекомендаціями:

- менші значення класів точності вилівок відносяться до простих компактних вилівок та умов масового автоматизованого виробництва;
- більші – до складних великогабаритних вилівок одиничного та дрібносерійного виробництва;
- середні – до вилівок середньої складності і умов механізованого серійного виробництва.

При виборі класу точності маси відсутня інформація про масу вилівка. Тому наближено визначаємо її з формули

$$G_{заг} = G_{дет} / K_{ТМ} \text{ [кг]}, \quad (2.14)$$

де  $G_{дет}$  – маса деталі кг. вказана на робочому кресленні;  $K_{ТМ}$  – коефіцієнт точності маси заготовки.

Тоді маса вилівка для лиття в кокіль становить

$$G_{заг} = 0,47/0,74 = 0,64 \text{ (кг)}.$$

Маса виливка для лиття під тиском:

$$G_{\text{заг}} = 0,47/0,97 = 0,49 \text{ (кг)}.$$

Відповідно до технологічного способу лиття, номінальної маси виливка, типу сплаву, наявності термічної обробки, температури плавлення визначаємо: для лиття в кокіль 5т-11 – приймаємо 7т; для лиття під тиском 3т-9т – приймаємо 5.

Ряд припусків на обробку

Ряд припусків на обробку виливка (із 16 – 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16) приймається згідно із ступенем точності поверхні. Із вибраного діапазону можливих рядів припусків конкретне значення приймаємо за рекомендаціями:

- менші значення рядів припусків із діапазону їх значень необхідно приймати для термооброблюваних виливків із кольорових, легкоплавких сплавів;
- більші значення – для виливків із ковкого чавуну;
- середні для виливків із сірого та високоміцного чавуну; термооброблюваних виливків із сталі та кольорових тугоплавких сплавів;
- для верхніх при заливанні поверхонь виливків одиничного та дрібносерійного виробництв, що виготовляються в разових формах, допускається приймати збільшені на 1-3 одиниці значення ряду припусків.

Відповідно до ступеня точності поверхні визначаємо ряд припусків: для лиття в кокіль 2-5 приймаємо 3; для лиття під тиском 1-4 приймаємо 2.

Розрахунок розмірів заготовки

На основі вибраних норм точності виконуємо другий етап проектування заготовки – розрахунок розмірів виливка. На даному етапі призначаємо наступні параметри:

- вибір допусків розмірів;
- вибір допусків форми та розташування елементів виливка;

- вибір допуску зміщення виливка по площі роз'єднання;
- вибір допуску зміщення, що виникає внаслідок перекосу стержня;
- вибір допуску нерівностей поверхонь виливка;
- вибір допуску маси виливка;
- вибір загального допуску.

#### Допуски розмірів

Допуски розмірів виливка вибираємо відповідно до номінального розміру деталі та класу розмірної точності виливка.

Відповідно до номінальних розмірів та класу розмірної точності виливка визначаємо допуски розмірів.

#### Допуски форми та розміщення поверхонь

Відповідно до номінального розміру та ступеня жолоблення виливка приймаємо допуски форми та розташування елементів виливка.

Допуски круглості, співвісності, симетричності, перетину осей, позиційні допуски в діаметральному виразі не повинні перевищувати допуски на розміри, що встановлені згідно. Ці допуски не враховують формувальні нахили, які призначаються згідно з [6].

#### Допуск зміщення по площині роз'єднання

Відповідно до класу розмірної точності виливка та номінальним розміром найбільш тонкої із стінок виливка, що виходить на лінію роз'єднання пів форм. приймаємо допуск зміщення по площині роз'єднання. При литті в кокіль площина роз'єму показана на рис. 3.1. Зміщення по площині роз'єму впливає на розміри: Ø90f9; 27h14. Для даних розмірів визначаємо найбільш тонку із стінок виливка що виходить на лінію роз'єднання пів форм:

Ø90f9 – 10 мм допуск зміщення 0,56;

27h14 – 10 мм допуск зміщення 0,56.

При литті під тиском розміщення площини роз'єму показано на рис. 2.2. При такому розташуванні площини роз'єму, всі розміри, які рахуються не залежать від зміщення половин форми.

Допуск зміщення, що виникає внаслідок перекосу стержня

Допуск зміщення, що виникає внаслідок перекосу стержня при формуванні отворів у виливків, приймаємо на 2 класи точніше класу розмірної точності вилівка, за номінальним розміром найбільш тонкої із стінок вилівка, що формується з участю стержня. Відповідно до робочого креслення найтоншою стінкою при литті в кокіль є:

для Ø42Н9 – товщина стінки до 10 мм; допуск зміщення – 0,24 мм;

для Ø37Н8 – товщина стінки до 10 мм; допуск зміщення – 0,24 мм.

При литті під тиском:

для Ø42Н9 – товщина стінки до 10 мм; допуск зміщення – 0,16 мм;

для Ø37Н8 – товщина стінки до 10 мм; допуск зміщення – 0,16 мм.

Допуск нерівностей

Допуск нерівностей поверхонь вилівка вибираємо в залежності від ступеня точності поверхонь вилівка.

Допуск маси

Допуск маси призначається в залежності від маси вилівка та класу точності маси вилівка. Допуски маси дані у відсотках від номінальної маси вилівка. Оскільки на даному етапі маса вилівка поки що невідома, то приймаємо її наближено розрахованою.

Загальний допуск

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

Вибір припусків

Вибрані норми точності та допуски параметрів вилівка є основою для виконання 3-го етапу проектування – вибору табличних значень припусків. В цей етап входить:

- вибір мінімального значення припуску;
- вибір загальних припусків на оброблювані поверхні.

Мінімальний припуск

Мінімальний припуск на обробку поверхонь призначаємо згідно з рядом припусків. Він для всіх поверхонь вилівка однаковий і призначений для

усунення нерівностей, дефектів литої поверхні, зменшення шорсткості. Він не забезпечує підвищення точності розмірів та розташування оброблюваної поверхні.

Таблиця 2.7 – Розрахунок розмірів вилівка для лиття в кокіль

| Вихідні дані (норми точності)                              |                          | Згідно ГОСТ 26645-85      |   | Прийнято                  |
|--|--------------------------|---------------------------|---|---------------------------|
| Клас розмірної точності                                    |                          | 6-10                      |   | 7Т                        |
| Ступінь жолоблення елементів вилівка                       |                          | 4-7                       |   | 6                         |
| Ступінь точності поверхні вилівка                          |                          | 6-11                      |   | 7                         |
| Шорсткість поверхні вилівка                                |                          | Ra = 8,0 мкм              |   |                           |
| Клас точності маси   |                          | 5Т-11                     |   | 7Т                        |
| Ряд припусків  |                          | 2-5                       |   | 3                         |
| Розрахункові розміри                                       | 27h14 <sub>(-0,52)</sub> | Ø42H9 <sup>(+0,062)</sup> | ø90f9 <sub>(-0,123)</sub> <sup>(-0,036)</sup> | Ø37H8 <sup>(+0,039)</sup> |
| Допуски:   |                          |                           |   |                           |
| розмірів   | 0,7                      | 0,8                       | 0,9   | 0,7                       |
| форми чи розміщення  | 0,4                      | 0,4                       | 0,4   | 0,4                       |
| зміщення по площині  | 0,56                     | -                         | 0,56  | -                         |
| роз'ємну   |                          |                           |   |                           |
| зміщення через перекіс                                     | -                        | 0,24                      | -   | 0,24                      |
| стержня  |                          |                           |   |                           |
| нерівностей  | 0,2                      |                           |   |                           |
| маси   | 6,4 %                    |                           |   |                           |
| загальний допуск   | 1,1                      | 0,9                       | 1,2   | 0,9                       |
| Припуски:  |                          |                           |   |                           |
| мінімальний  | 0,3                      |                           |   |                           |
| загальний  | 1,4                      | 1,4                       | 1,7   | 1,4                       |
| Кількість переходів механічної обробки                     |                          |                           |   |                           |
| за точністю розмірів                                       | 1                        | 3                         | 3   | 3                         |
| за відхиленнями форм,<br>взаємним розміщенням<br>поверхонь | 2                        | -                         | -   | -                         |
| прийнята кількість переходів                               | 2                        | 3                         | 3   | 3                         |
| Розміри заготовки  | 29,8                     | 39,2                      | 93,4  | 34,2                      |

Таблиця 2.8 – Розрахунок розмірів виливка для лиття під тиском

| Вихідні дані (норми точності)                        |                          | Згідно ГОСТ 26645-85      |   | Прийнято                  |
|--|--------------------------|---------------------------|---|---------------------------|
| Клас розмірної точності                              |                          | 4-7                       |   | 5                         |
| Ступінь жолоблення елементів виливка                 |                          | 4-7                       |   | 5                         |
| Ступінь точності поверхні виливка                    |                          | 4-8                       |   | 5                         |
| Шорсткість поверхні виливка                          |                          | Ra = 5,0 мкм              |   |                           |
| Клас точності маси                                   |                          | 3т-9т                     |   | 5                         |
| Ряд припусків  |                          | 1-4                       |   | 2                         |
| Розрахункові розміри                                 | 27h14 <sub>(-0,52)</sub> | Ø42H9 <sup>(+0,062)</sup> | ø90f9 <sub>(-0,123)</sub> <sup>(-0,036)</sup> | Ø37H8 <sup>(+0,039)</sup> |
| Допуски:   |                          |                           |   |                           |
| розмірів   | 0,44                     | 0,5                       | 0,56  | 0,44                      |
| форми чи розміщення                                  | 0,32                     | 0,32                      | 0,32  | 0,32                      |
| зміщення по площині роз'ємну                         | -                        | -                         | -   | -                         |
| зміщення через перекіс стержня                       | -                        | 0,16                      | -   | 0,16                      |
| нерівностей  | 0,12                     |                           |   |                           |
| маси   | 4,0 %                    |                           |   |                           |
| загальний допуск                                     | 0,64                     | 0,64                      | 0,8   | 0,64                      |
| Припуски:  |                          |                           |   |                           |
| мінімальний  | 0,2                      |                           |   |                           |
| загальний  | 0,9                      | 1,0                       | 0,8   | 1,0                       |
| Кількість переходів механічної обробки               |                          |                           |   |                           |
| за точністю розмірів                                 | 1                        | 3                         | 2   | 3                         |
| за відхиленнями форм, взаємним розміщенням поверхонь | 2                        | -                         | -   | 2                         |
| прийнята кількість переходів                         | 2                        | 3                         | 2   | 3                         |
| Розміри заготовки                                    | 28,8                     | 40                        | 91,6  | 35                        |

#### Вибір загальних припусків

При виборі загальних припусків попереднім етапом є вибір кількості переходів механічної обробки за 2-ма параметрами:

- за точністю оброблюваних поверхонь деталі (згідно з квалітетом точності);

- за точністю форми і взаємного розміщення оброблюваних поверхонь деталі (за допусками форми, взаємного розміщення поверхонь).

Кількість переходів механічної обробки за точністю виконуваних розмірів приймається в залежності від допуску розміру вилівка та відношенням між допусками розміру деталі і вилівка за співвідношенням:  $T_{розмдет.} / T_{розмвил.}$ .

Кількість переходів механічної обробки для лиття в кокіль для розміру 27h14: допуск розміру вилівка 0,7; допуск розміру деталі 0,52; співвідношення  $0,52/0,7=0,74$  – чорнова → 1 перехід. Аналогічно проводимо розрахунок для решти розмірів:

Ø42H9 –  $0,062/0,8=0,078$  – чистова → 3 переходи;

Ø90f9 –  $0,087/0,9=0,097$  – чистова → 3 переходи;

Ø37H8 –  $0,039/0,7=0,056$  – чистова → 3 переходи.

Кількість переходів механічної обробки для лиття під тиском для розміру 27h14: допуск розміру вилівка 0,44; допуск розміру деталі 0,52; співвідношення  $0,52/0,44=1,18$  – чорнова → 1 перехід. Аналогічно проводимо розрахунок для решти розмірів:

Ø42H9 –  $0,062/0,5=0,124$  – чистова → 3 переходи;

Ø90f9 –  $0,087/0,56=0,16$  – чистова → 2 переходи;

Ø37H8 –  $0,039/0,44=0,087$  – чистова → 3 переходи.

Кількість переходів механічної обробки за точністю форми і розміщення приймається в залежності від допуску форми і розміщення вилівка та відношення між допусками форми і розміщення оброблюваної поверхні деталі і відповідної поверхні вилівка за формулою:  $T_{форми\_ши\_розм\_дет.} / T_{форми\_ши\_розм\_вил.}$

Кількість переходів механічної обробки для лиття в кокіль для розміру Ø37H8: допуск форми і розміщення вилівка – 0,4. Тоді  $0,1/0,4=0,25$  – напівчистова → 2 переходи.

27h14 –  $0,05/0,4=0,125$  – чистова → 2 переходи;

Ø90f9 –  $0,06/0,4=0,15$  – чистова → 2 переходи.

Кількість переходів механічної обробки для лиття під тиском

Ø37H8 –  $0,1/0,32=0,31$  – чистова → 2 переходи;

27h14 –  $0,05/0,32=0,16$  – чистова → 2 переходи.

При не вказаних допусках форми і розміщення оброблюваної поверхні

вилівка їх сумарне значення приймається рівним 25% допуску розміру від бази до оброблюваної поверхні вилівка.

При не вказаних допусках форми і розміщення оброблюваної поверхні деталі їх сумарне значення приймається рівним 50% допуску розміру від бази до оброблюваної поверхні деталі.

Прийнята остаточна кількість переходів механічної обробки — приймається за більшим числом із двох попередньо визначених.

Загальний припуск призначається для усунення похибок розмірів, форми, розташування, нерівностей та дефектів оброблюваної поверхні, що формуються при виготовленні вилівка, та послідовних переходах її обробки з метою підвищення точності оброблюваного елемента пилника.

Загальний припуск вибирається і залежності від загального допуску, виду остаточної механічної обробки та ряду припусків.

Загальні припуски на поверхні обертання та протилежні поверхні, що використовуються як взаємні бази при їх обробці, призначаються за половинними значеннями загальних допусків вилівка на відповідні діаметри або відстані між протилежними поверхнями вилівка.

Розрахунок розмірів заготовки

Розрахунок розмірів для лиття в кокіль:

27h14 загальний припуск – 1,4 мм:  $27+(1,4 \cdot 2)=29,8$  (мм);

Ø42H9 загальний припуск – 1,4 мм:  $42-(1,4 \cdot 2)=39,2$  (мм);

Ø90f9 загальний припуск – 1,7 мм:  $90+(1,7 \cdot 2)=93,4$  (мм);

Ø37H8 загальний припуск – 1,4 мм:  $37-(1,4 \cdot 2)=34,2$  (мм);

11H14 загальний припуск – 0,8 мм:  $11-(0,8 \cdot 2)=9,4$  (мм);

$$10+1,4=11,4 \text{ (мм);}$$

$$6+1,4-1,4=6,0 \text{ (мм);}$$

$$11+1,4=12,4 \text{ (мм);}$$

$$16+1,4=17,4 \text{ (мм);}$$

$$6^*+1,4=7,4 \text{ (мм);}$$



$$8+1,4=9,4 \text{ (мм);}$$

$$14,5+1,4=15,9 \text{ (мм);}$$

$$17+1,4=18,4 \text{ (мм);}$$

$$5,5+1,4=6,9 \text{ (мм);}$$

$$5+1,4=6,4 \text{ (мм).}$$

Розрахунок розмірів для лиття під тиском:

$$27h14 \text{ загальний припуск} - 0,9 \text{ мм: } 27+(0,9 \cdot 2)=28,8 \text{ (мм);}$$

$$\text{Ø}42H9 \text{ загальний припуск} - 1,0 \text{ мм: } 42-(1,0 \cdot 2)=40 \text{ (мм);}$$

$$\text{Ø}90f9 \text{ загальний припуск} - 0,8 \text{ мм: } 90+(0,8 \cdot 2)=91,6 \text{ (мм);}$$

$$\text{Ø}37H8 \text{ загальний припуск} - 1,0 \text{ мм: } 37-(1,4 \cdot 2)=35 \text{ (мм);}$$

$$11H14 \text{ загальний припуск} - 0,6 \text{ мм: } 11-(0,6 \cdot 2)=9,8 \text{ (мм);}$$

$$10+0,9=10,9 \text{ (мм);}$$

$$6+0,9-0,9=6,0 \text{ (мм);}$$

$$11+0,9=11,9 \text{ (мм);}$$

$$6^*+0,9=6,9 \text{ (мм);}$$

$$8+0,9=8,9 \text{ (мм);}$$

$$14,5+0,9=15,4 \text{ (мм);}$$

$$17+0,9=17,9 \text{ (мм);}$$

$$5,5+0,9=6,4 \text{ (мм);}$$

$$5+0,9=5,9 \text{ (мм).}$$

Всі розрахунки зводимо для лиття в кокіль до таблиці 2.7, а для лиття під тиском до таблиці 2.8.

### 2.3.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовок

Ескізи двох варіантів заготовки наведено на рисунках 2.1-2.2.

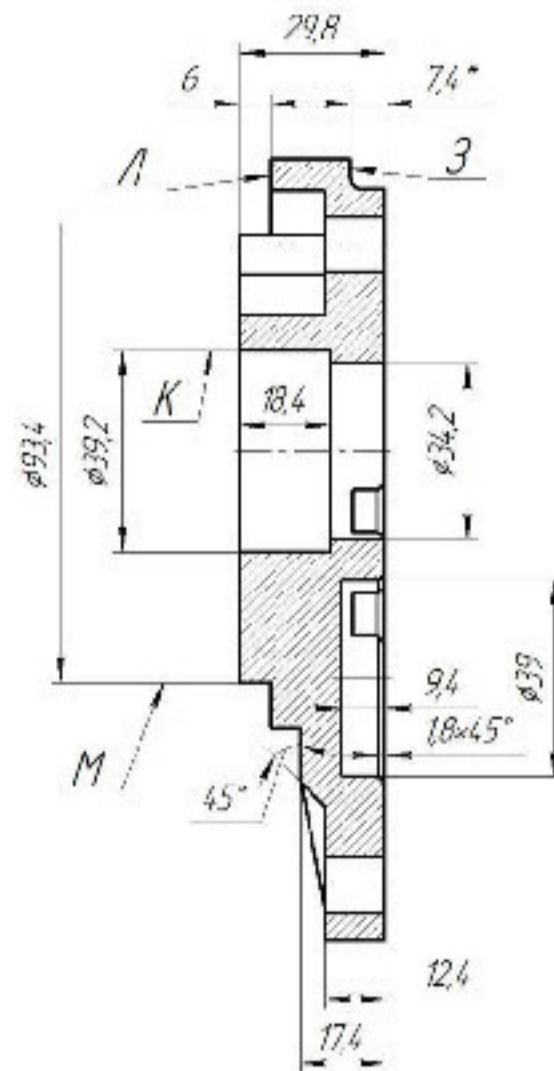


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки для лиття в кокіль

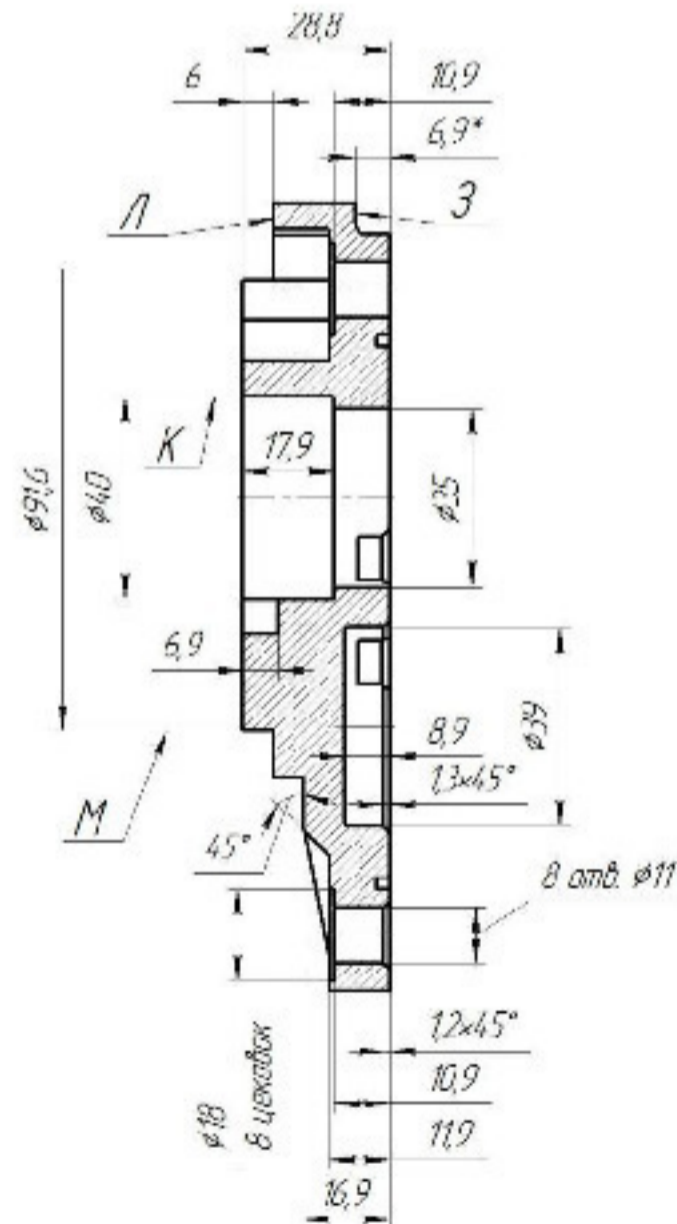


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки при литті під тиском

### 2.3.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси заготовки для двох варіантів заготовки

Коефіцієнт точності маси заготовки

$$K_{T.M.} = \frac{Q_{дет}}{Q_{заг}}, \quad (2.15)$$

де  $Q_{дет}$  – маса деталі, кг (приймається згідно з кресленням деталі);

$Q_{заг}$  – маса заготовки, кг.

Маса заготовки може бути розрахована трьома способами [5]:

- розподіл заготовки на прості геометричні фігури (згідно креслення заготовки), визначення маси кожної із геометричних фігур та встановлення маси заготовки, як суми мас складових конструкції;
- визначення маси заготовки як суми мас деталі, знятих припусків та напусків;
- використання 3D-модельовання заготовки за даними спроектованого креслення при використанні прикладних комп'ютерних програм (наприклад, «Компас-3D»).

Аналіз наведених варіантів визначення маси заготовки дозволяє зробити наступні висновки:

- перший спосіб не може бути використаний, так як конфігурація заготовки є досить складною і розбити її на прості геометричні фігури практично неможливо;
- другий спосіб застосувати теж недоцільно, так як для визначення маси знятих припусків та напусків теж потрібно розглядати складні геометричні фігури, щоб визначити їх об'єм та масу.

Тому найбільш прийнятним є третій спосіб – це побудова 3D-моделей заготовок деталі «Кришка насоса НШ32.У» за допомогою комп'ютерної програми «Компас-3D».

Маса заготовки розрахована з використанням програми «Компас-3D», яка крім тривимірної моделі заготовки автоматично виконує розрахунок маси.

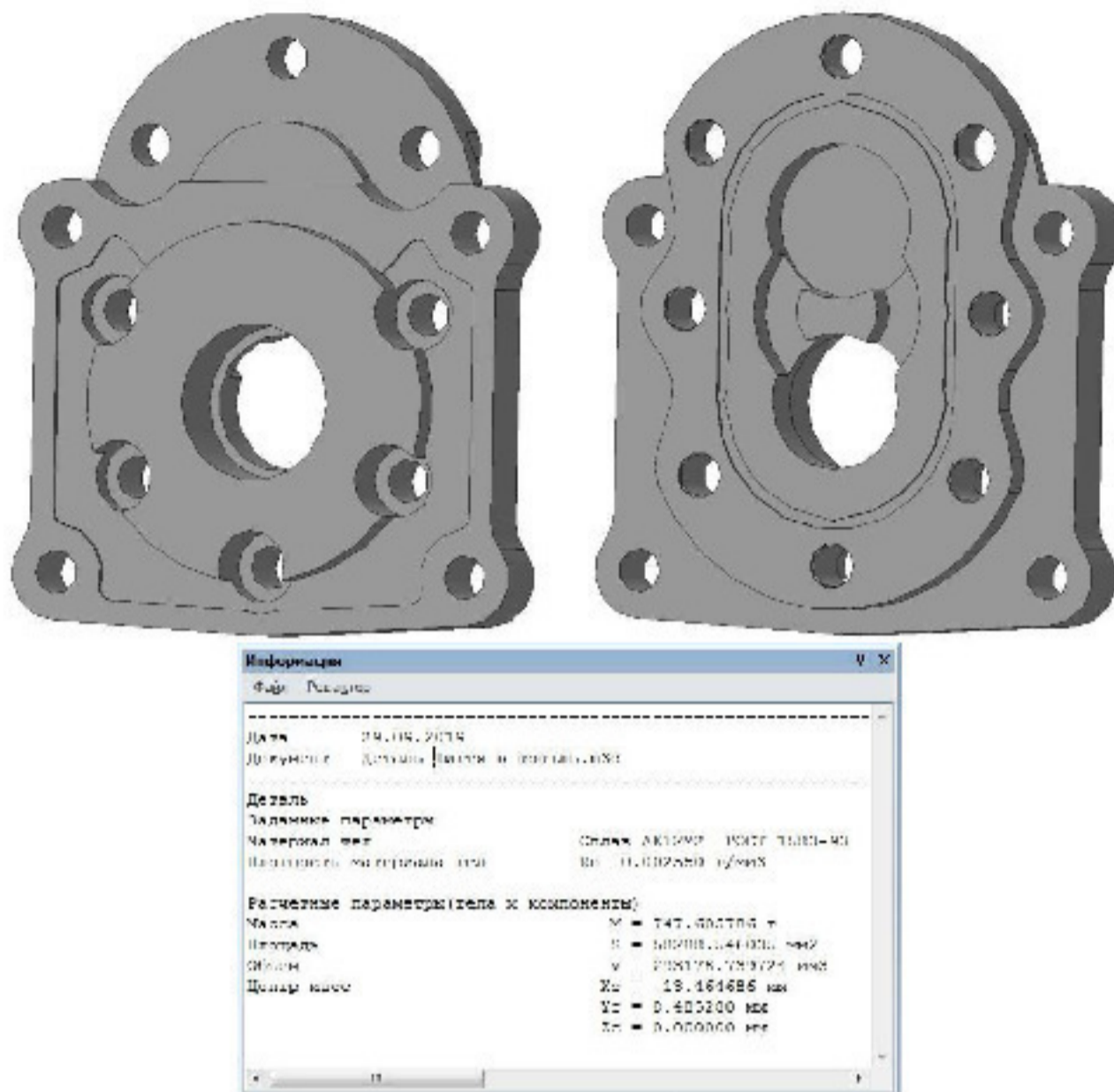


Рисунок 2.3 – 3D-модель та масо-центрувальні характеристики виливка при литті в кокіль

Маса заготовки для лиття в кокіль складає 0,744 кг.

Визначаємо коефіцієнт точності маси заготовки при литті в кокіль:

$$K_{T.M.1} = \frac{0,47}{0,744} = 0,63.$$

Маса заготовки при литті під тиском складає 0,539 кг.

Визначаємо коефіцієнт точності маси заготовки при литті під тиском:

$$K_{T.M.2} = \frac{0,47}{0,539} = 0,87.$$

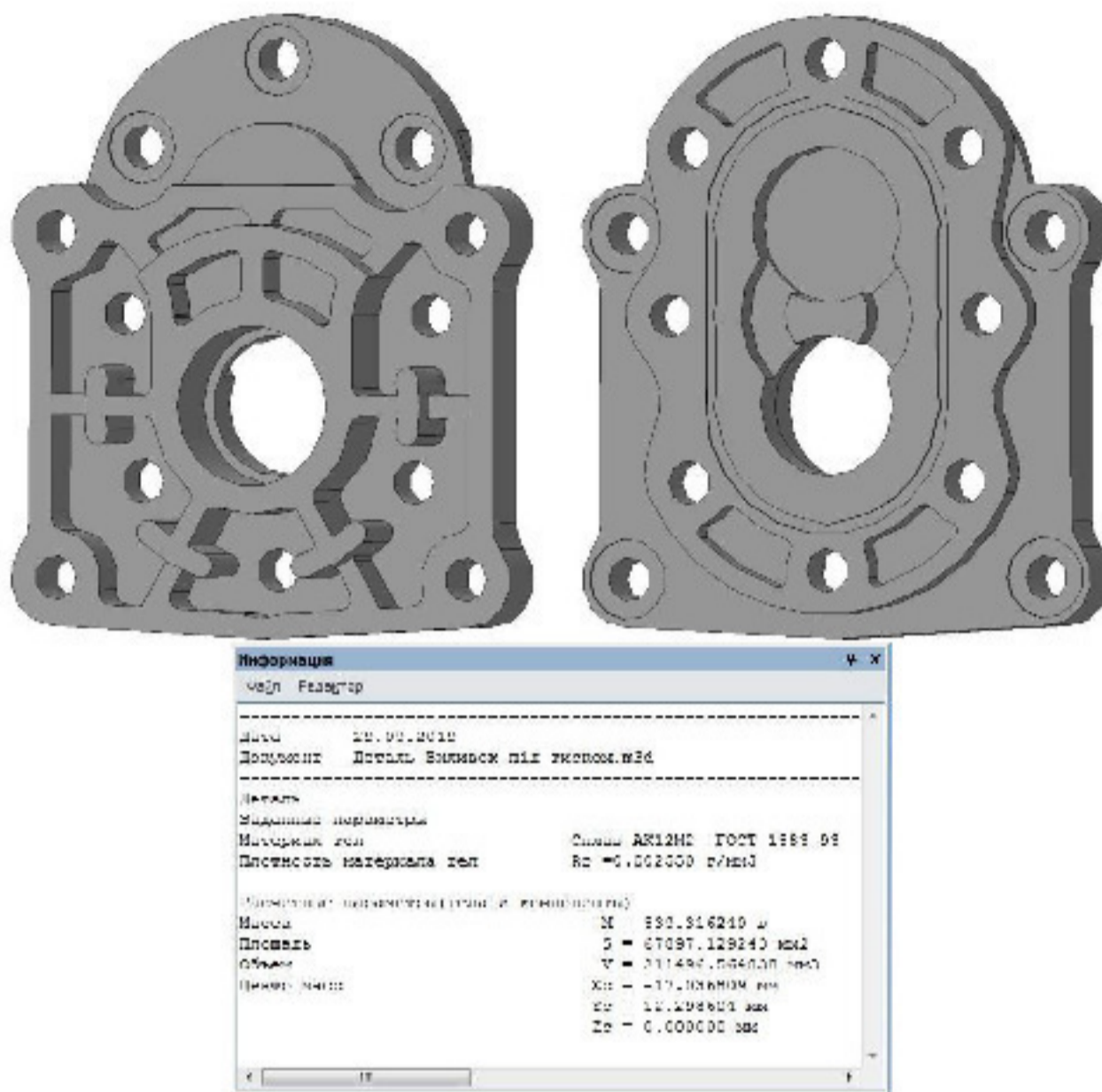


Рисунок 2.4 – 3D-модель та масо-центрувальні характеристики виливка при литті під тиском

### 2.3.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Вартість заготовок визначаємо за формулою [1, 5]

$$C_{заг} = \frac{C_x}{1000} \cdot Q_{заг} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II} - (Q_{заг} - Q_{дет}) \frac{C_{відх}}{1000} \text{ [грн.]}, \quad (2.16)$$

де  $C_x$  – базова вартість 1 грн./т, враховуючи спосіб одержання литої заготовки;

$K_T$  – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок, враховуємо спосіб лиття, матеріал заготовки і клас розмірної точності;

$K_M$  – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки. Враховуємо спосіб лиття та марку матеріалу;

$K_c$  – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки. Дана деталь складної конфігурації і її можна віднести до 3 групи складності, також враховуємо спосіб лиття та матеріал заготовки;

$K_B$  – коефіцієнт, що враховує масу заготовки. Вибираємо згідно способу лиття, маси заготовки, матеріалу заготовки;

$K_{II}$  – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок. Попередньо визначаємо групу серійності в залежності від способу лиття, маси заготовки і об'єму виробництва;

$C_{відх}$  – вартість 1 т відходів. Для даного матеріалу вартість відходів становить 6000 грн./т.

Усі визначені показники зводимо до таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Показники для визначення вартості заготовки

| Коефіцієнти    | Спосіб лиття |            |
|----------------|--------------|------------|
|                | В кокіль     | Під тиском |
| $Q_{заг}$ , кг | 0,744        | 0,539      |
| $C_d$ , грн/т  | 57600        | 96800      |
| $K_T$          | 1            | 1          |
| $K_M$          | 4,23         | 1          |
| $K_C$          | 0,5          | 1,07       |
| $K_B$          | 0,99         | 0,9        |
| $K_{II}$       | 1,15         | 1,09       |

Лиття в кокіль:

$$C_{заг.кок} = \frac{57600}{1000} \cdot 0,59 \cdot 1,0 \cdot 4,23 \cdot 1,09 \cdot 0,99 \cdot 1,15 - (0,744 - 0,47) \frac{6000}{1000} = 176,75 \text{ (грн.)}$$

Лиття під тиском:

$$C_{заг.тиск} = \frac{96800}{1000} \cdot 0,45 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,07 \cdot 0,9 \cdot 1,09 - (0,539 - 0,47) \frac{6000}{1000} = 45,31 \text{ (грн.)}$$

Економічний ефект при використанні лиття під тиском

$$E = (C_{\text{заг.кок}} - C_{\text{заг.тиск.}}) \cdot N \text{ [грн.],} \quad (2.17)$$

$$E = (176,75 - 45,31) \cdot 8500 = 1117240 \text{ (грн.)}$$

Висновки. Порівняння показників ефективності для вибраних способів лиття при виготовленні заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» дозволяє зробити наступні висновки.

1. Найменша маса заготовки деталі і, відповідно, найвищий коефіцієнт точності маси забезпечується при литті під тиском.

2. Найменшу собівартість виготовлення заготовки деталі одержано при литті під тиском.

3. За показниками ефективності  $m_{\text{заг}}$ ,  $\gamma$ ,  $C_{\text{виг.заг}}$  оптимальним є лиття під тиском.

4. Запропонована методика визначення оптимального варіанту виготовлення заготовки за технологічними показниками може бути використана студентами в навчальному процесі, а також на підприємствах машинобудівного виробництва.

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

Визначимо згідно формули загального уточнення кількість ступенів механічної обробки циліндричної поверхні  $\varnothing 37\text{H}8^{(+0,039)}$  (IT 8),  $Ra = 2,5$  мкм.

Заготовка – лиття під тиском, допуск заготовки на розмір  $\varnothing 37\text{H}8^{(+0,039)}$   $T_{\text{заг}} = 440$  мкм, допуск деталі  $T_{\text{дет}} = 39$  мкм.

Коефіцієнт уточнення складає [3]:

$$\varepsilon = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{T_2}{T_3} \dots = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \dots, \quad (2.18)$$

$$\varepsilon = \frac{440}{39} = 11,28,$$

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

Отже, можна прийняти 2 або 3 переходи механічної обробки, для зменшення трудомісткості приймаємо 2 переходи механічної обробки. Тоді

$$\varepsilon_1 = 6; \varepsilon_2 = 1,88.$$

Допуски на проміжні технологічні розміри:

$$T_1 = \frac{440}{6} = 73,3 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{IT 9}); \quad T_2 = \frac{73,3}{1,88} = 39 \text{ (мкм)} \quad (\text{IT 8}).$$

Остаточно приймаємо 2 переходи механічної обробки: розточування попереднє; розточування остаточне.

Методи обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності зведені в таблицю 2.10.

Таблиця 2.10 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

| Розмір  | Загальне уточнення                     | Кількість ступенів механічної обробки         | Допуск, мкм                | Квалітет | Вид механічної обробки                            |
|---|--|---|----------------------------|----------|---|
| 1   | 2                                      | 3   | 4                          | 5        | 6   |
| $\varnothing 37\text{H}8^{(+0,039)}$            | $\varepsilon = \frac{440}{39} = 11,28$ | $\varepsilon_1 = 6$<br>$\varepsilon_2 = 1,88$ | $T_1 = 73,3$<br>$T_2 = 39$ | 9<br>8   | Розточування попереднє,<br>розточування остаточне |
| $\varnothing 90\text{f}9^{(-0,036)}_{(-0,123)}$ | $\varepsilon = \frac{560}{87} = 6,44$  | $\varepsilon_1 = 5$<br>$\varepsilon_2 = 1,3$  | $T_1 = 112$<br>$T_2 = 87$  | 10<br>9  | Точіння попереднє,<br>точіння остаточне           |
| $\varnothing 42\text{H}9^{(+0,062)}$            | $\varepsilon = \frac{500}{62} = 8,07$  | $\varepsilon_1 = 5$<br>$\varepsilon_2 = 1,6$  | $T_1 = 100$<br>$T_2 = 62$  | 10<br>9  | Розточування попереднє,<br>розточування остаточне |



Всі інші поверхні обробляються по 12, 14 квалітетах за один перехід, так як заготовка деталі є досить точною.

## 2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз

Вихідними даними при виборі баз є: робоче креслення деталі, технічні вимоги, метод одержання заготовки та стан її поверхонь.

При виборі чистових баз ми маємо мінімізувати похибку базування на розміри, що утворюються, або звести її до нуля. Ці вимоги забезпечуються за умов співпадання технологічної та вимірювальної баз, або зв'язком обробленої поверхні з необробленою, а також обробка відповідних поверхонь з одного установа. За умов неможливості забезпечення цих принципів необхідно намагатись виконувати умову використання постійного комплекту баз, це не виключає похибку базування, але дозволяє її мінімізувати. Похибка базування на поверхні, розміри яких утворюються за рахунок геометрії інструменту дорівнює нулю.

На операції 010 в якості чистових технологічних баз використовується основна конструкторська база деталі – площина Е та внутрішня циліндрична поверхня  $\phi 37H8^{(+0,039)}$  як напрямна. Схема базування та поверхні, що обробляються зображені на рисунку 2.5.

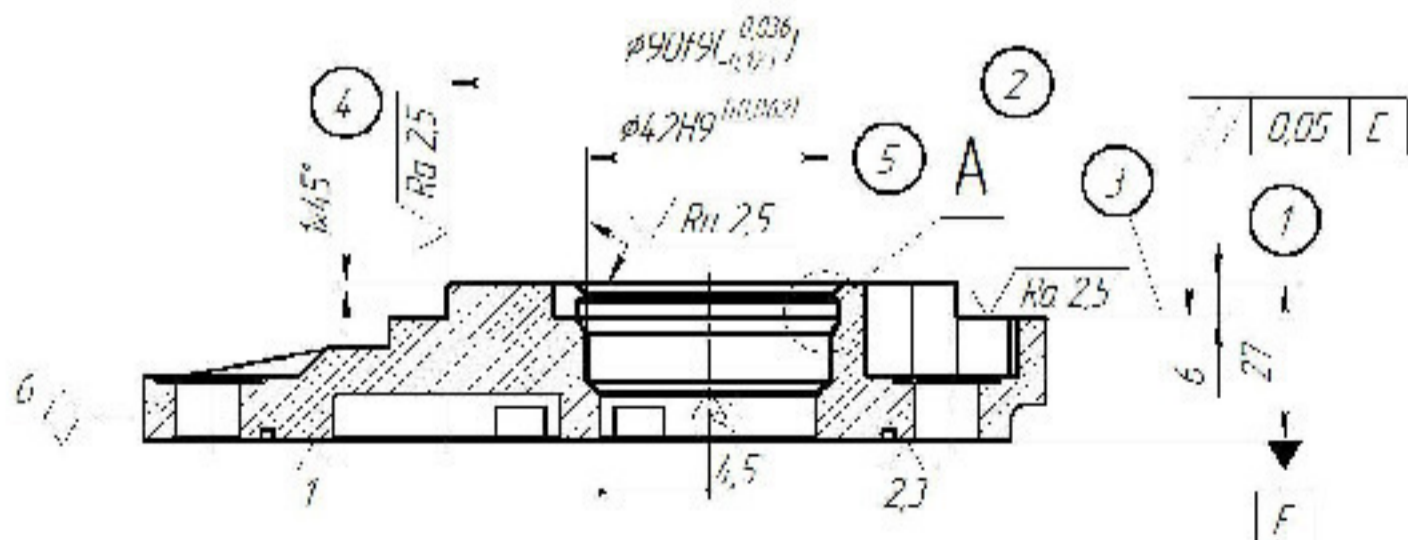


Рисунок 2.5 – Чистові технологічні бази (операція 010)

Аналіз похибок базування на отримуваних розмірах:

$\epsilon_{\phi 42H9} = 0$ ;  $\epsilon_{\phi 90f9} = 0$ ;  $\epsilon_{\phi 45,3} = 0$ ;  $\epsilon_{\phi 42,5} = 0$  – обробка діаметральних поверхонь;

$\epsilon_{63} = 0$  – обробка мірним інструментом;

$\epsilon_{62 \times 45^\circ} = 0$ ;  $\epsilon_{68,86^\circ} = 0$ ;  $\epsilon_{617} = 0$ ;  $\epsilon_{66} = 0$ ;  $\epsilon_{61 \times 45^\circ} = 0$  – обробка з одного установова.

В якості чорнових технологічних баз на першій 005 операції використовуємо торець як опорну базу, а вісь  $\phi 90f9$  ( $^{-0,036}_{-0,123}$ ) як напрямну. Ця схема базування реалізується шляхом встановлення в трикулачковому патроні. Схему базування та поверхні, що обробляються зображені на рисунку 2.6.

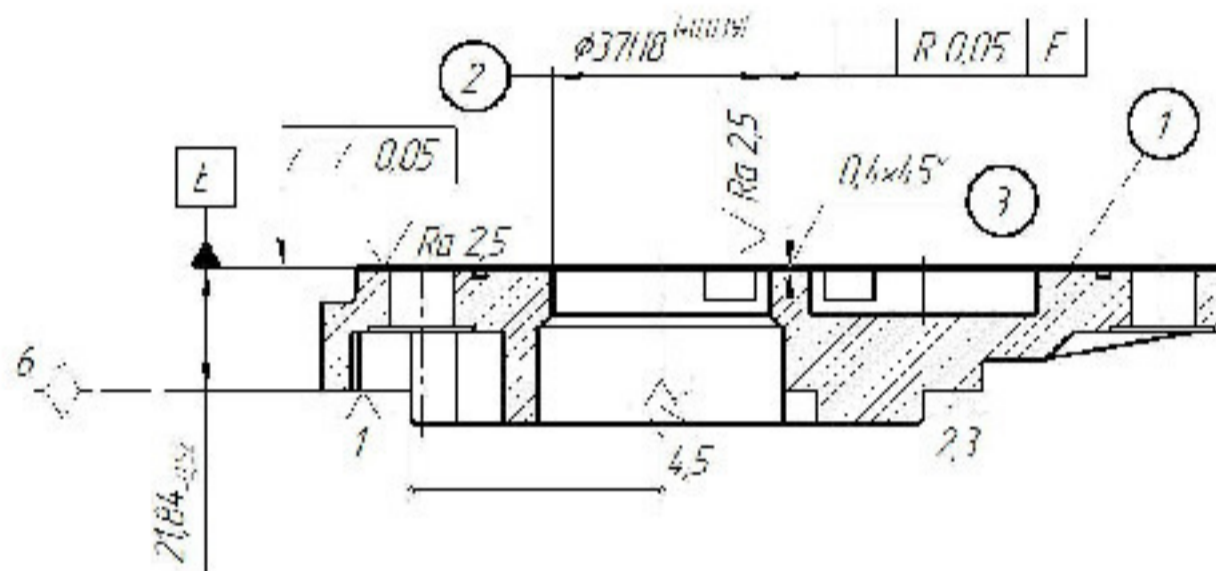


Рисунок 2.6 – Чорнові технологічні бази (операція 005)

При використанні такої схеми вирішується задача зняття рівномірного припуску з найбільш відповідальних поверхонь.

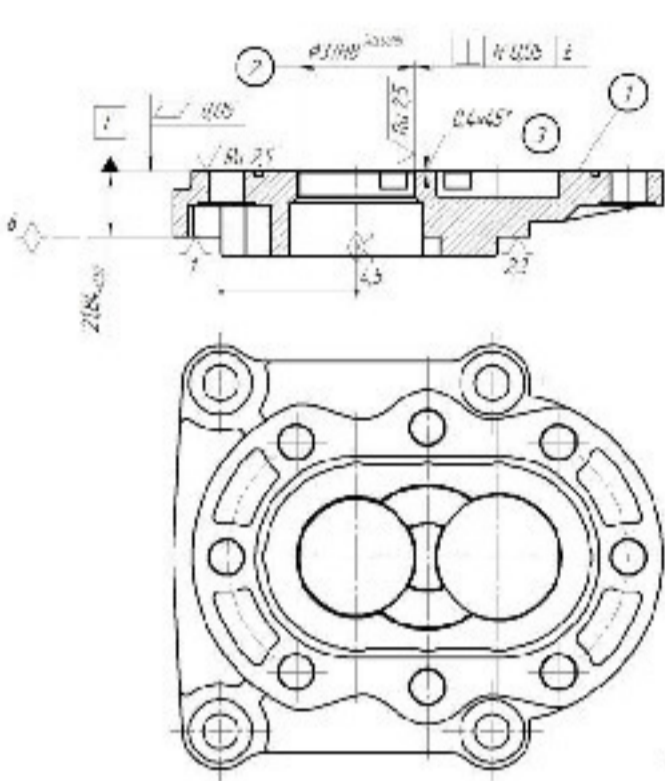
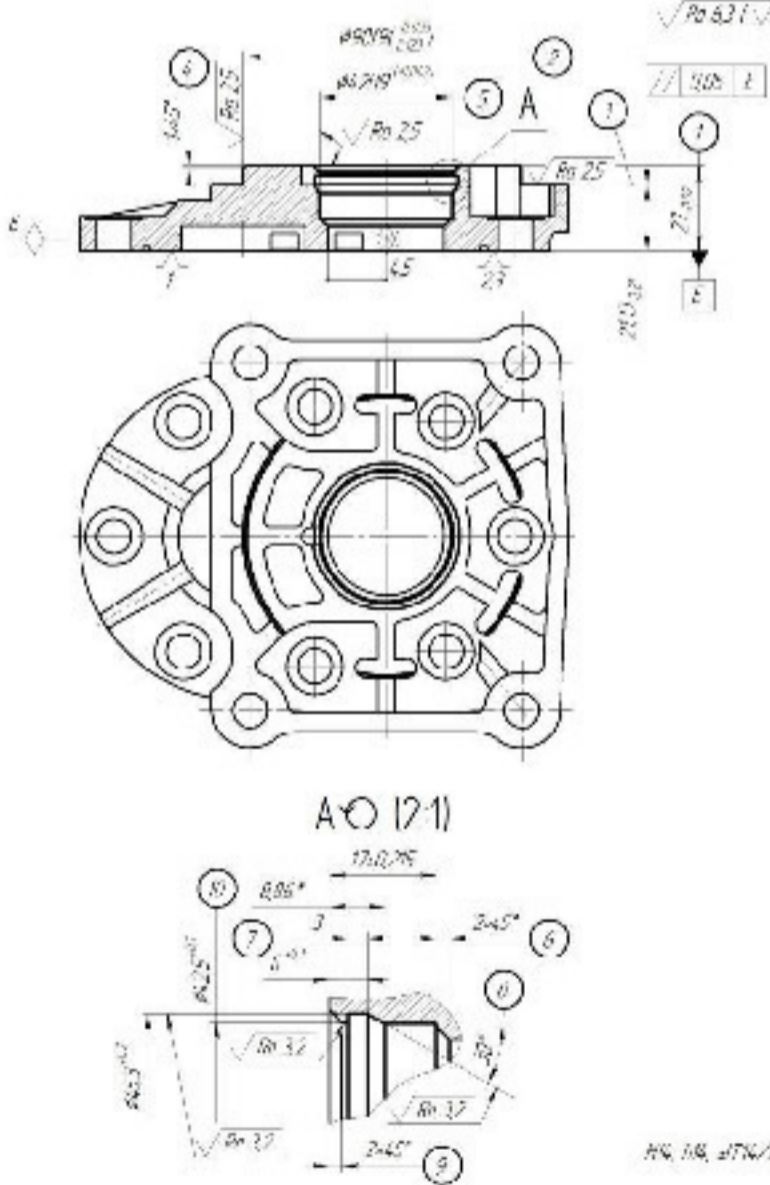
Використання даних схем базування дозволяє нам забезпечити необхідні вимоги точності.

2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу

Варіанти удосконаленого маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» показано в таблицях 2.11-2.12.



Таблиці 2.12 – Маршрут механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» (II варіант)

| № оп-ції | Назва операції, зміст переходів   | Ескіз обробки, схема базування  | Тип обладнання                       |
|----------|---|---|--------------------------------------|
| 005      | <p><u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2 Фрезерувати поверхню 1 однократно.</li> <li>3 Розточити поверхню 2 попередньо.</li> <li>4 Розточити поверхню 2 остаточно.</li> <li>5 Розточити фаску 3 однократно.</li> <li>6 Зняти заготовку.</li> </ol>  |   | Вертикально-фрезерний з ЧПК АТ260МФ3 |
| 010      | <p><u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2 Фрезерувати поверхню 1 однократно.</li> <li>3 Фрезерувати поверхню 2 попередньо.</li> <li>4 Фрезерувати поверхню 2 остаточно.</li> <li>5 Точити фаску 4 однократно.</li> <li>6 Розточити поверхню 5 попередньо фаску 6 однократно.</li> <li>7 Розточити поверхню 5 остаточно.</li> <li>8 Фрезерувати канавку 7, фаску 8 однократно.</li> <li>9 Розточити фаску 9, поверхню 10 однократно.</li> <li>10 Зняти деталь.</li> </ol> |  | Вертикально-фрезерний з ЧПК АТ260МФ3 |

## 2.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат

Технологічна собівартість механічної обробки розраховується за формулою:

$$C_o = \frac{C_{п-в} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot k_B} \text{ [грн.],} \quad (2.19)$$

де  $C_{п-в}$  – цехові приведені годинні витрати роботи верстата, грн./год.;

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

$k_B$  – коефіцієнт виконання норм, який звичайно приймається рівним 1,3.

Виконаємо основний час виконання обробки для варіантів маршруту механічної обробки. Результати розрахунку приведено в таблицях 2.13-2.14.

Таблиця 2.13 – Основний час виконання обробки (I-II варіант)

| Операція, переходи  | Основний час виконання переходу $T_o$ , хв.   |
|---|---|
| 1   | 2   |
| <b>Операція 005</b>   |   |
| 2. Точити торець 1 однократно (I варіант)                   | $T_o = 0,000045 \cdot D \cdot (D-d) = 0,000045 \cdot 149 \cdot (149-0) = 1,0$   |
| 2. Фрезерувати поверхню 1 однократно (II варіант).          | $T_o = 0,0059 \cdot \ell = 0,0059 \cdot 149 = 0,88$   |
| 3. Розточити поверхню 2 попередньо.                         | $T_o = 0,000068 \cdot D \cdot \ell = 0,000068 \cdot 37 \cdot 10 = 0,025$  |
| 4. Розточити поверхню 2 остаточно.                          | $T_o = 0,00019 \cdot D \cdot \ell = 0,00019 \cdot 37 \cdot 10 = 0,07$   |
| 5. Розточити фаску 3 однократно.                            | $T_o = 0,000068 \cdot D \cdot \ell = 0,000068 \cdot 37,8 \cdot 0,4 = 0,001$   |
|   | $\Sigma T_o = 1,096$ хв. (I варіант)<br>$\Sigma T_o = 0,976$ хв. (II варіант)   |
| <b>Операція 010</b>   |   |
| 2. Фрезерувати поверхню 1 однократно.                       | $T_o = 0,0059 \cdot \ell = 0,0059 \cdot 90 = 0,531$   |
| 3. Фрезерувати поверхню 2 попередньо.                       | $T_o = 0,0059 \cdot \ell = 0,0059 \cdot 282,6 = 1,67$   |
| 4. Фрезерувати поверхню 2 остаточно, поверхню 3 однократно. | $T_o = 0,0048 \cdot \ell = 0,0048 \cdot 282,6 = 1,36$   |
| 5. Точити фаску 4 однократно.                               | $T_o = 0,000068 \cdot D \cdot \ell = 0,000068 \cdot 90 \cdot 1 = 1,63$  |
| 6. Розточити поверхню 5 попередньо, фаску 6 однократно.     | $T_o = 0,000068 \cdot D \cdot \ell = 0,000068 \cdot 42 \cdot 17 = 0,049$  |
| 7. Розточити поверхню 5 остаточно.                          | $T_o = 0,00019 \cdot D \cdot \ell = 0,00019 \cdot 42 \cdot 17 = 0,14$   |
| 8. Фрезерувати канавку 7, фаску 8 однократно.               | $T_o = 0,0059 \cdot \ell = 0,0059 \cdot 8,86 = 0,007$   |
| 9. Розточити фаску 9, поверхню 10 однократно.               | $T_o = 0,000068 \cdot D \cdot \ell + 0,000068 \cdot D \cdot \ell =$<br>$= 0,00019 \cdot 46,5 \cdot 2 + 0,000068 \cdot 42,5 \cdot 1 =$<br>$= 0,0063 + 0,0029 = 0,0092$ |
|   | $\Sigma T_o = 5,396$ хв.  |

Таблиця 2.14 – Визначення штучно-калькуляційного часу для операцій варіантів ТП

| Операції, переходи             | $T_o$ , хв. | $\varphi_k$ | $T_{шт-к}$ , хв. |
|--------------------------------|-------------|-------------|------------------|
| 1                              | 2           | 3           | 4                |
| I варіант                      |             |             |                  |
| 005 Токарна з ЧПК              | 1,096       | 1,35        | 1,48             |
| 010 Вертикально-фрезерна з ЧПК | 5,396       | 1,35        | 7,3              |
| II варіант                     |             |             |                  |
| 005 Вертикально-фрезерна з ЧПК | 0,976       | 1,35        | 1,32             |
| 010 Вертикально-фрезерна з ЧПК | 5,396       | 1,35        | 7,3              |

Технологічна собівартість механічної обробки (I варіант)

$$C_{o005} = \frac{38,0 \cdot 1,48}{60 \cdot 1,3} = 0,72 \text{ (грн.); } C_{o010} = \frac{87,2 \cdot 7,3}{60 \cdot 1,3} = 8,36 \text{ (грн.);}$$

$$\Sigma C_{of} = 0,72 + 8,36 = 9,08 \text{ (грн.)}$$

Технологічна собівартість механічної обробки (II варіант)

$$C_{o005} = \frac{80,7 \cdot 1,32}{60 \cdot 1,3} = 1,366 \text{ (грн.); } C_{o010} = \frac{80,7 \cdot 7,3}{60 \cdot 1,3} = 7,55 \text{ (грн.);}$$

$$\Sigma C_{of} = 1,366 + 7,55 = 8,92 \text{ (грн.)}$$

Результати розрахунку технологічної собівартості операцій заносимо до таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Технологічна собівартість операцій

| Тип верстату  | $T_{шт-к}$ , хв. | $C_{n-с}$ , грн./хв. | $C_o$ , грн. |
|---------------|------------------|----------------------|--------------|
| 1             | 2                | 3                    | 4            |
| I варіант ТП  |                  |                      |              |
| 16К20Ф3       | 1,48             | 38,0                 | 0,72         |
| ГФ2171М       | 7,3              | 87,2                 | 8,36         |
| Всього        |                  |                      | 9,08         |
| II варіант ТП |                  |                      |              |
| ЛТ260МФ3      | 1,32             | 80,7                 | 1,366        |
| ЛТ260МФ3      | 7,3              | 80,7                 | 7,55         |
| Всього        |                  |                      | 8,92         |

Встановлено, що II варіант маршруту механічної обробки деталі за мінімумом приведених витрат кращий, ніж I. Тоді річний ефект від механічної обробки деталі за II маршрутом порівняно з I:

$$E = (C_{o1} - C_{o2}) \cdot N_p \text{ [грн.],} \quad (2.20)$$

$$E = (9,08 - 8,92) \cdot 8500 = 1360 \text{ (грн.)}$$

Висновок. Собівартість операцій механічної обробки по варіанту II нижча ніж по варіанту I. Тобто доцільно використовувати II із запропонованих маршрутів механічної обробки.

## 2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу

### 2.8.1 Вибір розташування технологічних розмірів [3]

Розміри заготовки послідовно змінюються в процесі обробки на шляху перетворення в деталь. При цьому отримуємо технологічні розміри  $B_1, B_2$ . Розмір, який буде отриманий в ході виконання операції буде замикаючою ланкою розмірного ланцюга. Частіше всього замикаючою ланкою виступають конструкторські розміри  $K_1, K_2, \dots$ , або припуски  $Z_1, Z_2, \dots$ .

Технологічні розміри  $B_1, B_2, \dots$  проставляються на розмірній схемі від вибраних баз в сторону механічної обробки. Вибір баз значною мірою впливає на розташування технологічних розмірів.

Чим коротший розмірний ланцюг, тим менший допуск замикаючої ланки. При співпаданні конструкторської та технологічної бази похибка базування  $\varepsilon_\delta = 0$ . Цей варіант вибору баз є оптимальним. При цьому не має потреби проводити додаткові розрахунки для визначення технологічних розмірів.

При складанні розмірної схеми необхідно керуватись принципами суміщення баз або обробки поверхонь з одного установа.

### 2.8.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуски на технологічні розміри призначаються згідно [8], для відповідного розміру за відповідним квалітетом.

Таблиця 2.16 – Допуски розмірів вихідної заготовки і технологічних розмірів

| Вихідна заготовка    |                         |                         |            |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| Розмір               | Спосіб виготовлення     | Клас розмірної точності | Допуск, мм |
| 3 <sub>1</sub>       | Лиття під тиском        | 7                       | 0,44       |
| 3 <sub>2</sub>       |                         |                         | 0,28       |
| 3 <sub>3</sub>       |                         |                         | 0,28       |
| 3 <sub>4</sub>       |                         |                         | 0,4        |
| 3 <sub>5</sub>       |                         |                         | 0,36       |
| 3 <sub>6</sub>       |                         |                         | 0,4        |
| Механічна обробка    |                         |                         |            |
| Технологічний розмір | Спосіб обробки          | Квалітет точності       | Допуск, мм |
| B <sub>1</sub>       | Фрезерування однократне | IT 14                   | 0,52       |
| B <sub>2</sub>       | Фрезерування однократне | IT 14                   | 0,52       |
| B <sub>3</sub>       | Фрезерування однократне | IT 12                   | 0,21       |
| B <sub>4</sub>       | Розточування однократне | IT 14                   | 0,43       |

Визначені допуски виконуються при подальших розрахунках технологічних розмірів. Одним із перших етапів розмірного аналізу є побудова розмірної схеми технологічного процесу.

### 2.8.3 Розмірна схема технологічного процесу

Розмірна схема технологічного процесу показана на рис. 2.7.



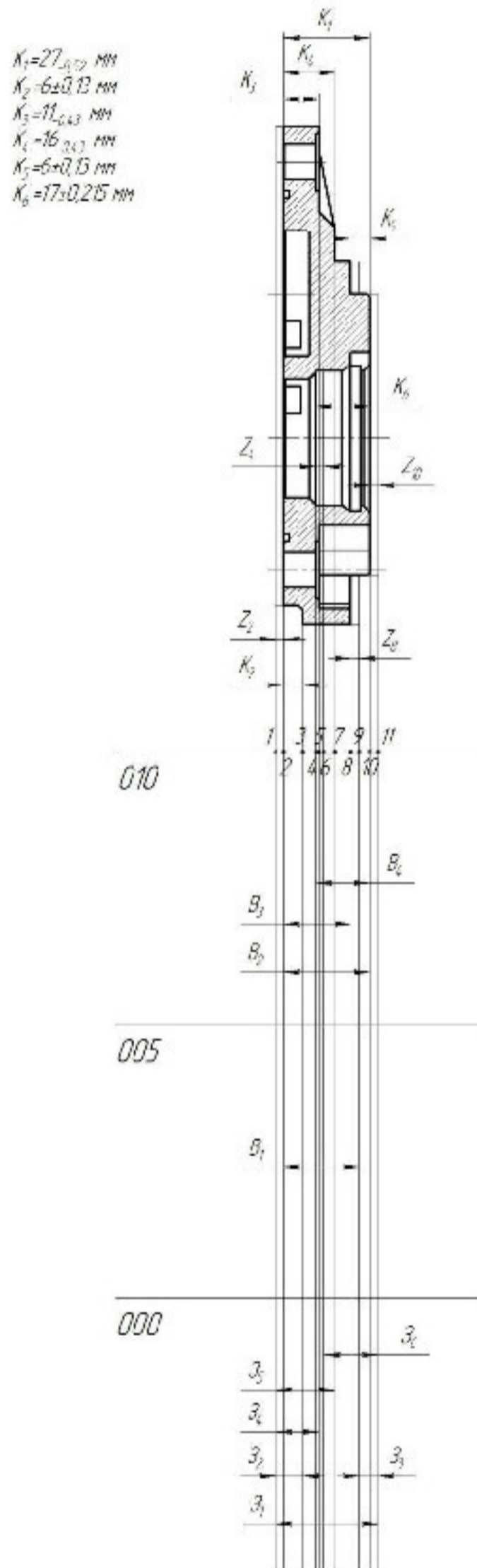


Рисунок 2.7 – Розмірна схема технологічного процесу



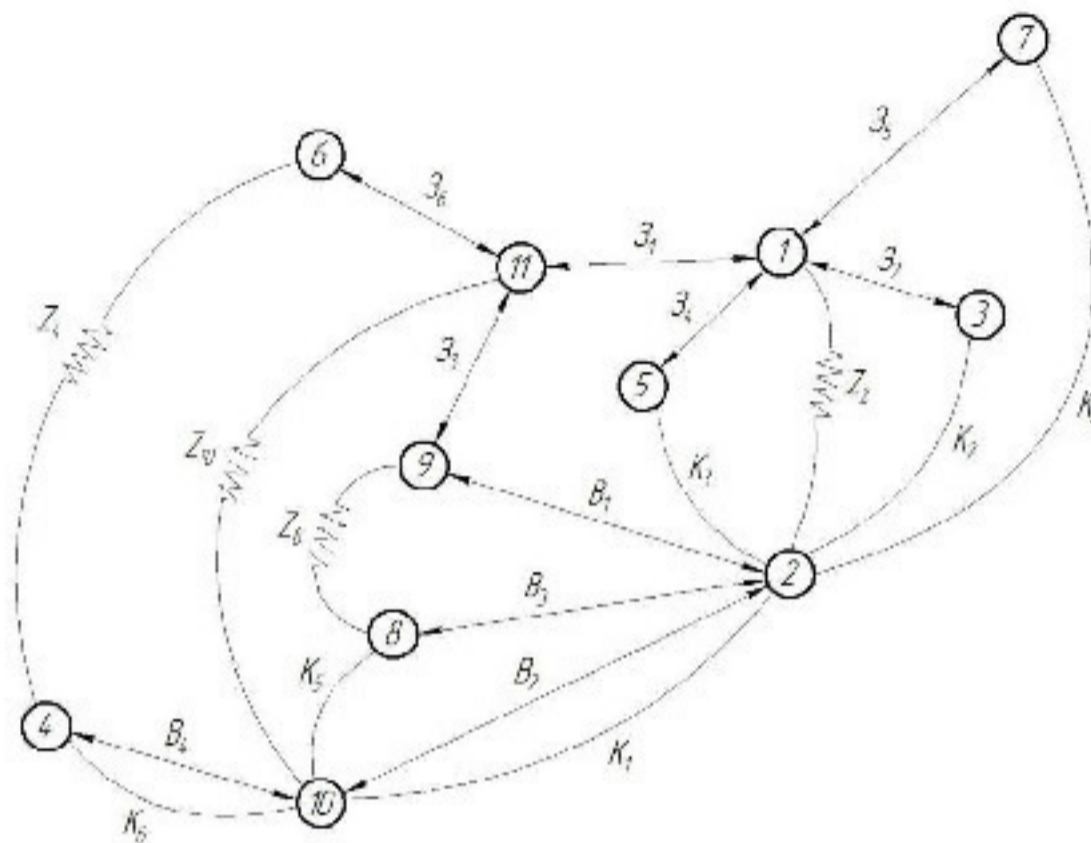


Рисунок 2.10 – Суміщений граф-дерево

2.8.5 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Проміжні мінімальні припуски визначаємо нормативним способом згідно таблиць [3]. Дані припусків зводимо в таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 – Проміжні мінімальні припуски [3]

| Припуски, мм | $Z_2$ | $Z_4$ | $Z_8$ | $Z_{10}$ |
|--------------|-------|-------|-------|----------|
| $Z_{\min}$   | 0,5   | 0,8   | 0,4   | 0,4      |

2.8.6 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Використовуючи граф-дерева, запишемо розрахункові рівняння і для всіх розмірів занесемо в таблиці 2.18.

Таблиця 2.18 – Рівняння для розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

| № п/п | Розрахункове рівняння  | Вихідне рівняння  | Розмір, що визначається |
|-------|------------------------|-------------------|-------------------------|
| 1     | 2                      | 3                 | 4                       |
| 1     | $-K_1 + B_2 = 0$       | $K_1 = B_2$       | $B_2$                   |
| 2     | $-K_6 + B_4 = 0$       | $K_6 = B_4$       | $B_4$                   |
| 3     | $-K_5 - B_3 + B_2 = 0$ | $K_5 = B_2 - B_3$ | $B_3$                   |

Продовження таблиці 2.18

| № п/п | Розрахункове рівняння                    | Вихідне рівняння                    | Розмір, що визначається |
|-------|--|-------------------------------------|-------------------------|
| 1     | 2  | 3                                   | 4                       |
| 4     | $-Z_8 - B_3 + B_1 = 0$                   | $Z_8 = B_1 - B_3$                   | $B_1$                   |
| 5     | $-Z_{10} - B_2 + B_1 + Z_3 = 0$          | $Z_{10} = B_1 - B_2 + Z_3$          | $Z_3$                   |
| 6     | $-Z_4 + B_4 - B_2 + B_1 + Z_3 - Z_6 = 0$ | $Z_4 = B_4 - B_2 + B_1 + Z_3 - Z_6$ | $Z_6$                   |
| 7     | $-Z_2 + Z_1 - Z_3 - B_1 = 0$             | $Z_2 = Z_1 - Z_3 - B_1$             | $Z_1$                   |
| 8     | $-K_3 + B_1 + Z_3 - Z_1 + Z_4 = 0$       | $K_3 = B_1 + Z_3 - Z_1 + Z_4$       | $Z_4$                   |
| 9     | $-K_2 + B_1 + Z_3 - Z_1 + Z_2 = 0$       | $K_2 = B_1 + Z_3 - Z_1 + Z_2$       | $Z_2$                   |
| 10    | $-K_4 + B_1 + Z_3 - Z_1 + Z_5 = 0$       | $K_4 = B_1 + Z_3 - Z_1 + Z_5$       | $Z_5$                   |

2.8.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція (за необхідністю) допусків технологічних розмірів і маршруту механічної обробки за допомогою рівнянь розмірних технологічних ланцюгів

Відповідно до визначених вище технологічних рівнянь що наведені в таблиці 2.18 визначмо для кожного розміру його межі.

$$1. K_1 = B_2;$$

$$B_2 = 27_{-0,52} \text{ мм.}$$

$$2. K_6 = B_4;$$

$$B_4 = 17 \pm 0,215 \text{ мм.}$$

$$3. K_{5\min} = B_{2\min} - B_{3\max};$$

$$B_{3\max} = B_{2\max} - K_{5\min} = 27 - 5,87 = 21,13 \text{ (мм);}$$

$$B_{3\min} = B_{3\max} - T(B_3) = 21,13 - 0,21 = 20,92 \text{ (мм);}$$

$$B_{3\text{ном}} = 21,13_{-0,21} \text{ мм.}$$

Перевіримо можливість забезпечення необхідної точності розміру  $K_5$

$$K_{5\max} = B_{2\max} - B_{3\min} = 27 - 20,92 = 6,08 \text{ (мм).}$$

Поле розсіювання розміру  $K_5$

$$\delta(K_5) = K_{5\max} - K_{5\min} = 6,08 - 5,87 = 0,21 \text{ (мм)} < T(K_5) = 0,26 \text{ (мм)} - \text{ умова}$$

виконується, точність розміру  $K_5$  забезпечується.

$$4. Z_{8\min} = B_{1\min} - B_{3\max};$$

$$B_{1\min} = Z_{8\min} + B_{3\min} = 0,4 + 20,92 = 21,32 \text{ (MM)};$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 21,32 + 0,52 = 21,84 \text{ (MM)};$$

$$B_{3\text{ном}} = 21,84_{-0,52} \text{ MM};$$

$$Z_{8\max} = B_{1\max} - B_{3\min} = 21,84 - 20,92 = 0,92 \text{ (MM)}.$$

$$5. Z_{10\min} = B_{1\min} - B_{2\max} + 3_{3\min};$$

$$3_{3\min} = Z_{10\min} + B_{2\min} - B_{1\max} = 0,4 + 26,48 - 21,84 = 5,04 \text{ (MM)};$$

$$3_{3\max} = 3_{3\min} + T(3_3) = 5,04 + 0,28 = 5,32 \text{ (MM)};$$

$$3_{3\text{ном}} = \frac{3_{3\min} + 3_{3\max}}{2} = \frac{5,04 + 5,32}{2} = 5,18 \pm 0,14 \text{ (MM)};$$

$$Z_{10\max} = B_{1\max} - B_{2\min} + 3_{3\max} = 21,84 - 26,48 + 5,32 = 0,68 \text{ (MM)}.$$

$$6. Z_{4\min} = B_{4\min} - B_{2\max} + B_{1\min} + 3_{3\min} - 3_{6\max};$$

$$3_{6\max} = Z_{4\min} + B_{4\min} - B_{2\max} + B_{1\min} + 3_{3\min} = 0,8 + 16,785 - 27 + 21,32 + 5,04 = 16,945 \text{ (MM)};$$

$$3_{6\min} = 3_{6\max} - T(3_6) = 16,945 - 0,4 = 16,545 \text{ (MM)};$$

$$3_{6\text{ном}} = \frac{3_{6\min} + 3_{6\max}}{2} = \frac{16,545 + 16,945}{2} = 16,745 \pm 0,2 \text{ (MM)};$$

$$Z_{4\max} = B_{4\max} - B_{2\min} + B_{1\max} + 3_{3\max} - 3_{6\min} = 17,215 - 26,48 + 21,84 + 5,32 - 16,545 = 1,35 \text{ (MM)}.$$

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

$$3_{1\min} = Z_{2\min} + 3_{3\min} + B_{1\min} = 0,5 + 5,04 + 21,32 = 26,86 \text{ (MM)};$$

$$3_{1\max} = 3_{1\min} + T(3_1) = 26,86 + 0,44 = 27,3 \text{ (MM)};$$

$$3_{1\text{ном}} = 27,3_{-0,44} \text{ MM};$$

$$Z_{2\max} = 3_{1\max} - 3_{3\min} - B_{1\min} = 27,3 - 5,04 - 21,32 = 0,94 \text{ (MM)}.$$

$$8. K_{3\min} = B_{1\min} + 3_{3\min} - 3_{1\max} + 3_{4\min};$$

$$3_{4\min} = K_{3\min} - B_{1\max} - 3_{3\max} + 3_{1\min} = 10,57 - 21,84 - 5,32 + 26,86 = 10,27 \text{ (MM)};$$

$$3_{4\max} = 3_{4\min} + T(3_4) = 10,27 + 0,4 = 10,67 \text{ (MM)};$$

$$3_{4\text{ном}} = 10,67_{-0,4} \text{ MM}.$$

Перевіримо можливість забезпечення необхідної точності розміру  $K_3$

$$K_{3\max} = B_{1\max} + 3_{3\max} - 3_{1\min} + 3_{4\max} = 21,84 + 5,32 - 26,86 + 10,67 = 10,97 \text{ (MM)}.$$

Поле розсіювання розміру  $K_3$

$\delta(K_3) = K_{3\max} - K_{3\min} = 10,97 - 10,57 = 0,4$  (мм) <  $T(K_3) = 0,43$  (мм) – умова виконується, точність розміру  $K_3$  забезпечується.

$$9. K_{2\min} = B_{1\min} + Z_{3\min} - Z_{1\max} + Z_{2\min};$$

$$Z_{2\min} = K_{2\min} - B_{1\max} - Z_{3\max} + Z_{1\min} = 5,87 - 21,84 - 5,32 + 26,86 = 5,57 \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + T(Z_2) = 5,57 + 0,28 = 5,85 \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\text{ном}} = \frac{Z_{2\min} + Z_{2\max}}{2} = \frac{5,57 + 5,85}{2} = 5,71 \pm 0,14 \text{ (мм)}.$$

Перевіримо можливість забезпечення необхідної точності розміру  $K_2$

$$K_{2\max} = B_{1\max} + Z_{3\max} - Z_{1\min} + Z_{2\max} = 21,84 + 5,32 - 26,86 + 5,85 = 6,13 \text{ (мм)}.$$

Поле розсіювання розміру  $K_2$

$\delta(K_2) = K_{2\max} - K_{2\min} = 6,13 - 5,87 = 0,26$  (мм)  $\leq T(K_2) = 0,26$  (мм) – умова виконується, точність розміру  $K_2$  забезпечується.

$$10. K_{4\min} = B_{1\min} + Z_{3\min} - Z_{1\max} + Z_{5\min};$$

$$Z_{5\min} = K_{4\min} - B_{1\max} - Z_{3\max} + Z_{1\min} = 15,57 - 21,84 - 5,32 + 26,86 = 15,27 \text{ (мм)};$$

$$Z_{5\max} = Z_{5\min} + T(Z_5) = 15,27 + 0,36 = 15,63 \text{ (мм)};$$

$$Z_{5\text{ном}} = 15,63_{-0,36} \text{ мм}.$$

Перевіримо можливість забезпечення необхідної точності розміру  $K_4$

$$K_{4\max} = B_{1\max} + Z_{3\max} - Z_{1\min} + Z_{5\max} = 21,84 + 5,32 - 26,86 + 15,63 = 15,93 \text{ (мм)}.$$

Поле розсіювання розміру  $K_4$

$\delta(K_4) = K_{4\max} - K_{4\min} = 15,93 - 15,57 = 0,36$  (мм) <  $T(K_4) = 0,43$  (мм) – умова виконується, точність розміру  $K_4$  забезпечується.

Отримані значення максимальних припусків записано до таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 – Значення припусків, мм

| Припуски          |            | $Z_2$ | $Z_4$ | $Z_8$ | $Z_{10}$ |
|-------------------|------------|-------|-------|-------|----------|
| Граничні значення | $Z_{\min}$ | 0,5   | 0,8   | 0,4   | 0,4      |
|                   | $Z_{\max}$ | 0,94  | 1,35  | 0,92  | 0,68     |

Остаточні значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів приведені в таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 – Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів, мм

| Позначення розміру | Граничні значення розмірів |            | Допуск | Номинальний розмір | Значення розміру в технологічному документі | Значення розміру на кресленні вихідної заготовки |
|--------------------|----------------------------|------------|--------|--------------------|---|--|
|                    | min розмір                 | max розмір |        |                    |   |  |
| $B_1$              | 21,32                      | 21,84      | 0,52   | 21,84              | $21,84_{-0,52}$                             | -  |
| $B_2$              | 26,48                      | 27         | 0,52   | 27                 | $27_{-0,52}$                                | -  |
| $B_3$              | 20,92                      | 21,13      | 0,21   | 21,13              | $21,13_{-0,21}$                             | -  |
| $B_4$              | 16,785                     | 17,215     | 0,43   | 17                 | $17 \pm 0,215$                              | -  |
| $Z_1$              | 26,86                      | 27,3       | 0,44   | 27,3               | -   | $27,3_{-0,44}$                                   |
| $Z_2$              | 5,57                       | 5,85       | 0,28   | 5,71               | -   | $5,71 \pm 0,14$                                  |
| $Z_3$              | 5,04                       | 5,32       | 0,28   | 5,18               | -   | $5,18 \pm 0,14$                                  |
| $Z_4$              | 10,27                      | 10,67      | 0,4    | 10,67              | -   | $10,67_{-0,4}$                                   |
| $Z_5$              | 15,27                      | 15,63      | 0,36   | 15,63              | -   | $15,63_{-0,36}$                                  |
| $Z_6$              | 16,545                     | 16,945     | 0,4    | 16,745             | -   | $16,745 \pm 0,2$                                 |

Висновок. Таким чином, в результаті виконання розмірного аналізу технологічного процесу механічної обробки деталі визначені технологічні розміри  $B_1 \dots B_4$ , розміри вихідної заготовки  $Z_1 \dots Z_6$ . Це дозволяє забезпечити знаходження дійсних значень всіх конструкторських розмірів  $K_1 \dots K_6$  в межах полів допусків. Корекція допусків технологічних розмірів і (або) маршруту механічної обробки не потрібна.

## 2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів

2.9.1 Визначення розрахунково-аналітичним методом припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні  $\varnothing 37H8^{(+0,039)}$  (IT 8) [1, 3]

Технологічний маршрут обробки поверхні  $\varnothing 37H8^{(+0,039)}$  складається із двох ступенів механічної обробки: розточування попереднього; розточування остаточного.

Розточування здійснюється на вертикально-фрезерному верстаті при схемі базування на торець як опорну базу, а вісь  $\varnothing 90f9^{(-0,036)}_{-0,123}$  як напрямну.

Похибка базування в даному випадку буде дорівнювати нулю (оброблюється діаметральний розмір). В такому разі ця величина виключається із основної формули для розрахунку мінімального припуску.

Знайдемо похибку установки за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_{np}^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.21)$$

де  $\varepsilon_0$  – похибка базування, похибка базування на діаметральний розмір дорівнює нулю;

$\varepsilon_{np} = 45$  мкм – похибка положення заготовки в пристосуванні [1].

Тоді

$$\varepsilon_y = \sqrt{0^2 + 45^2} = 45 \text{ (мкм)}.$$

Записуємо розрахункові формули для визначення сумарного значення просторових відхилень:

$$\rho_D = \rho_{кор} = \Delta_K \cdot D \text{ [мкм]}, \quad (2.22)$$

$$\rho_D = \rho_{кор} = 1,3 \cdot 37 = 48 \text{ (мкм)},$$

де  $\rho$  – просторове відхилення на зовнішній діаметр;

$\Delta_K = 1,3$  – часткова кривизна заготовок, на один міліметр довжини [1].

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

$$\rho_1 = 0,05 \cdot 48 = 2,4 \approx 3 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 4 = 0,12 \approx 0 \text{ (мкм)}.$$

Мінімальний проміжний припуск на механічну обробку циліндричних поверхонь із застосуванням розрахунково-аналітичного методу визначається за формулою [1, 3]



$$2Z_{1\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ [мкм]}, \quad (2.23)$$

де  $i$  – порядковий виконуваного технологічного переходу;  $R_z$ ,  $T$ ,  $\rho$  – відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та просторові відхилення оброблюваної поверхні (відносно технологічних баз), які утворились на технологічному переході, що передує виконуваному;  $\varepsilon$  – похибка встановлення заготовки у верстатний пристрій, яка виникає на виконуваному технологічному переході.

Значення  $R_z$  та  $T$  вибрано згідно [1].

Тоді матимемо наступні значення мінімальних припусків:

- під точіння попереднє:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (200 + \sqrt{48^2 + 45^2}) = 2 \cdot 266 = 532 \text{ (мкм)};$$

- під точіння остаточне:

$$2Z_{\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{3^2 + 0^2}) = 2 \cdot 103 = 206 \text{ (мкм)}.$$

Визначаємо розрахункові розміри, починаючи з кінцевого розміру, шляхом послідовного віднімання розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу:

$$d_2 = 37,039 \text{ мм};$$

$$d_1 = 37,039 - 0,206 = 36,833 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{зар}} = 36,833 - 0,532 = 36,301 \text{ (мм)}.$$

Записавши у відповідній графі розрахункової таблиці значення допусків на технологічний перехід і заготовку, в колонці «найбільший граничний розмір» визначаємо їх значення для кожного технологічного переходу заокруглюючи

розрахункові розміри збільшенням їх значень. Заокруглення здійснюється до того ж знаку десяткового дробу, з яким даний допуск на розмір для кожного переходу. Найменші граничні розміри визначено віднімаючи допуск відповідних переходів:

$$\begin{aligned}d_{\min 2} &= 37,039 - 0,039 = 37 \text{ (мм)}; \\d_{\min 1} &= 36,833 - 0,062 = 36,771 \text{ (мм)}; \\d_{\min \text{ зар}} &= 36,301 - 0,44 = 35,861 \text{ (мм)}.\end{aligned}$$

Граничні значення припусків  $Z_{\max}^{zp}$  визначається як різниця найбільших граничних розмірів та  $Z_{\min}^{zp}$  як різниця найменших граничних попереднього і виконаного переходів:

$$\begin{aligned}2Z_{\max 2}^{zp} &= 37 - 36,771 = 0,23 \text{ (мм)}; \\2Z_{\max 1}^{zp} &= 36,771 - 35,861 = 0,91 \text{ (мм)}; \\2Z_{\min 2}^{zp} &= 37,039 - 36,833 = 0,206 \text{ (мм)}; \\2Z_{\min 1}^{zp} &= 36,833 - 36,301 = 0,532 \text{ (мм)}.\end{aligned}$$

Загальний припуск розраховуємо, сумуючи проміжні припуски і записуємо отримані значення у таблиці 2.21.

Проводимо перевірку правильності проведених розрахунків:

$$\begin{aligned}2Z_{\max 1}^{zp} - 2Z_{\min 1}^{zp} &= 0,910 - 0,532 = 0,378 \text{ (мм)}; \\ \delta_{\text{зар}} - \delta_1 &= 0,44 - 0,062 = 0,378 \text{ (мм)}; \\ 2Z_{\max 2}^{zp} - 2Z_{\min 2}^{zp} &= 0,229 - 0,206 = 0,023 \text{ (мм)}; \\ \delta_1 - \delta_2 &= 0,062 - 0,039 = 0,023 \text{ (мм)}.\end{aligned}$$

Таблиця 2.21 – Розрахунок припусків і технологічних розмірів на механічну обробку отвору  $\varnothing 37H8^{(+0,039)}$

| Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 37H8^{(+0,039)}$ | Елементи припуску мкм |    |        |            | Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$ , мкм | Розрахунковий розмір $D$ , мм. | Допуск $\delta$ , мкм | Граничні розміри, мм |            | Граничні значення, мкм |                  |
|--|-----------------------|----|--------|------------|---|--------------------------------|-----------------------|----------------------|------------|------------------------|------------------|
|  | Rz                    | T  | $\rho$ | $\epsilon$ |   |                                |                       | $d_{\min}$           | $d_{\max}$ | $2Z_{\min}^{zp}$       | $2Z_{\max}^{zp}$ |
| Заготовка  | 200                   |    | 48     | -          | -                                       | 36,301                         | 440                   | 35,861               | 36,301     | -                      | -                |
| Розточування попереднє   | 50                    | 50 | 3      | 45         | 2·266                                   | 36,833                         | 62                    | 36,771               | 36,853     | 532                    | 910              |
| Розточування остаточне   | 20                    | 25 | 0      | -          | 2·103                                   | 37,039                         | 39                    | 37                   | 37,039     | 206                    | 230              |
| Всього   |                       |    |        |            |   |                                |                       |                      |            | 738                    | 1140             |

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

Нормативний вибір припусків та між операційних розмірів на інші поверхні показано в таблиці 2.22.

Таблиця 2.22 – Нормативний вибір припусків та між операційних розмірів на інші поверхні

| Технологічні переходи обробки            | Вибраний мінімальний припуск $2Z_{\min}$ , мм | Розрахунковий розмір, мм | Допуск, мкм | Граничний розмір, мм |            | Граничні значення припусків, мм |             |
|--|---|--------------------------|-------------|----------------------|------------|---------------------------------|-------------|
|  |   |                          |             | $d_{\min}$           | $d_{\max}$ | $2Z_{\min}$                     | $2Z_{\max}$ |
| 1  | 2   | 3                        | 4           | 5                    | 6          | 7                               | 8           |
| $\varnothing 90f9^{(-0,036)}_{(-0,123)}$ |   |                          |             |                      |            |                                 |             |
| Заготовка                                | -   | 90,997                   | 560         | 90,997               | 91,557     | -                               | -           |
| Фрезерування попереднє                   | 2·0,4   | 90,197                   | 140         | 90,197               | 90,337     | 2·0,4                           | 2·0,61      |
| Фрезерування остаточне                   | 2·0,16  | 89,877                   | 87          | 89,877               | 89,964     | 2·0,16                          | 2·0,19      |
| $\varnothing 42H9^{(+0,062)}$            |   |                          |             |                      |            |                                 |             |
| Заготовка                                | -   | 41,062                   | 500         | 40,562               | 41,062     | -                               | -           |
| Розточування попереднє                   | 2·0,4   | 41,862                   | 100         | 41,762               | 41,862     | 2·0,4                           | 2·0,6       |
| Розточування остаточне                   | 2·0,1   | 42,062                   | 62          | 42                   | 42,062     | 2·0,1                           | 2·0,119     |

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

## 2.10 Призначення режимів різання [8-9]

Операція 005, перехід 2 – фрезерування пов. 1 (27,9) однократне.

Вхідні дані:

- верстат: ЛТ260МФ3,  $N_B = 5,5$  кВт;
- інструмент: фреза торцева з конічним хвостовиком, швидкоріжуча 035-2223-0104 (Ø50) ОСТ 2462-2-75 ( $z = 6$ );
- глибина різання:  $t = 0,9$  мм.

Подача

$$S_z = \frac{0.06}{0.04} \text{ мм/зуб, приймаємо } S_z = 0,05 \text{ мм/зуб.}$$

Швидкість різання

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \text{ [м/хв]}, \quad (2.24)$$

де  $C_v = 245$ ;  $q = 0,25$ ;  $x = 0,1$ ;  $y = 0,2$ ;  $u = 0,15$ ;  $p = 0,1$ ;  $m = 0,2$ ;  $T = 80$  хв.;  
 $B = 104$  мм;

$$K_v = K_{m_v} \cdot K_{n_v} \cdot K_{u_v} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,08.$$

Тоді

$$V = \frac{245 \cdot 125^{0,25}}{170^{0,2} \cdot 0,9^{0,1} \cdot 0,05^{0,2} \cdot 104^{0,15} \cdot 6^{0,1}} \cdot 1,08 = 147,4 \text{ (м/хв.)}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 147,4}{3,14 \cdot 132} = 613 \text{ (об/хв.)},$$

за паспортом верстата приймаємо:  $n_{np} = 630 \text{ об/хв.}$

Корегуємо швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 630}{1000} = 247,3 \text{ (м/хв.)}$$

Сила різання

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{m_p}, [\text{H}] \quad (2.25)$$

де  $C_p = 22,6$ ;  $x = 0,86$ ;  $y = 0,72$ ;  $u = 1,0$ ;  $q = 0,86$ ;  $w = 0$ ;

$$P_z = \frac{10 \cdot 22,6 \cdot 0,9^{0,86} \cdot 0,05^{0,72} \cdot 104^{1,0} \cdot 6}{125^{0,86} \cdot 630} \cdot 1,08 = 285,25 \text{ (H)}.$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_d}{1020 \cdot 60} = \frac{285,25 \cdot 247,3}{1020 \cdot 60} = 1,38 \text{ (кВт)}.$$

$N_{верст} = 5,5 \text{ кВт} > N_e = 1,38 \text{ кВт}$  – обробка заданої деталі на верстаті  
можлива.

Операція 005, перехід 3 – розточування пов. 2 ( $\varnothing 37\text{H}8^{(+0,039)}$ ) попереднє.

Вихідні дані:

- верстат: ЛТ260МФ3,  $N_B = 5,5 \text{ кВт}$ ;

- інструмент: різець розточувальний з пластиною із швидкоріжучої сталі;

- матеріал: АК12М2 ДСТУ 2839-94;

- глибина різання:  $t = 0,4$  мм.

Подача:  $S = 0,6-0,9$  мм/об, приймаємо  $S_{пр} = 0,7$  мм/об.

Швидкість різання:

$$V = 0,9 \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \text{ [м/хв.]} \quad (2.26)$$

де  $C_v = 328$ ;  $x = 0,12$ ;  $y = 0,5$ ;  $m = 0,28$ ;  $T = 60$  хв.

$$K_v = K_{m_v} \cdot K_{n_v} \cdot K_{u_v} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,08.$$

Тоді

$$V = 0,9 \cdot \frac{328}{60^{0,28} \cdot 0,4^{0,12} \cdot 0,7^{0,5}} \cdot 1,08 = 125 \text{ (м/хв.)}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 125}{3,14 \cdot 37} = 1076 \text{ (об/хв.)}$$

за паспортом верстата приймаємо:  $n_{пр} = 1000$  об/хв.

Корегуємо швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 37 \cdot 1000}{1000} = 116,18 \text{ (м/хв.)}$$

Сила різання

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ [Н]} \quad (2.27)$$

де  $C_p = 40$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 1,0$ ;  $n = 0$

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\psi p} = 1,2 \cdot 0,86 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,87 = 0,93.$$

Тоді

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 0,4^{1,0} \cdot 0,7^{1,0} \cdot 116,18^0 \cdot 0,93 = 104,16 \text{ (Н)}.$$

Потужність різання:

$$N_a = \frac{P_z \cdot V_d}{1020 \cdot 60} = \frac{104,16 \cdot 116,18}{1020 \cdot 60} = 0,2 \text{ (кВт)}.$$

$N_{\text{верст}} = 5,5 \text{ кВт} > N_a = 0,2 \text{ кВт}$  – обробка заданої деталі на верстаті  
можлива.

Аналогічно визначаємо режими різання для інших операцій. Дані розрахунків зводимо до таблиці 2.23.

Таблиця 2.23 – Зведена таблиця режимів різання

| Операції, переходи  | Розміри<br>поверхні<br>$b, \ell$ , мм | Глибина<br>різання<br>$t$ , мм | Подача<br>$S$ ,<br>мм/об | Швидкість<br>різання<br>$V$ , м/хв. | Частота<br>обертання<br>$n$ , об/хв. |
|---|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1   | 2                                     | 3                              | 4                        | 5                                   | 6                                    |
| <b>005 Вертикально-фрезерна з ЧПК</b>                             |                                       |                                |                          |                                     |                                      |
| 2. Фрезерувати поверхню 1<br>однократно.                          | 27                                    | 1,0                            | 0,05<br>мм/зуб           | 247,3                               | 630                                  |
| 3. Розточити поверхню 2<br>попередньо.                            | ø37H8                                 | 0,4                            | 0,7                      | 116,18                              | 1000                                 |
| 4. Розточити поверхню 2<br>остаточно.                             | ø37H8                                 | 0,11                           | 0,3                      | 145,23                              | 1250                                 |
| 5. Розточити фаску 3<br>однократно.                               | 0,4×45°;<br>ø37,8                     | 0,4                            | 0,3                      | 148,37                              | 1250                                 |
| <b>010 Вертикально-фрезерна з ЧПК</b>                             |                                       |                                |                          |                                     |                                      |
| 2. Фрезерувати поверхню 1<br>однократно.                          | 27                                    | 1,0                            | 0,05<br>мм/зуб           | 237,4                               | 630                                  |
| 3. Фрезерувати поверхню 2<br>попередньо.                          | ø90f9                                 | 0,5                            | 0,05<br>мм/зуб           | 49,45                               | 630                                  |
| 4. Фрезерувати поверхню 2<br>остаточно, поверхню 3<br>однократно. | ø90f9; 6                              | 0,18<br>1,2                    | 0,03<br>мм/зуб           | 62,8<br>62,8                        | 800<br>800                           |

Продовження таблиці 2.23

| 1   | 2                | 3           | 4              | 5                | 6            |
|---|------------------|-------------|----------------|------------------|--------------|
| 5. Точити фаску 4 однократно.                           | 1×45°;<br>ø88    | 1,0         | 0,03<br>мм/зуб | 62,8             | 800          |
| 6. Розточити поверхню 5 попередньо, фаску 6 однократно. | ø42Н9;<br>2×45°  | 0,5<br>2,0  | 0,7<br>0,7     | 131,88<br>144,44 | 1000<br>1000 |
| 7. Розточити поверхню 5 остаточно.                      | ø42Н9            | 0,11        | 0,3            | 164,85           | 1250         |
| 8. Фрезерувати канавку 7, фаску 8 однократно.           | ø45,3; 3;<br>30° | 1,5<br>0,8  | 0,03<br>мм/зуб | 113,8<br>117,8   | 800<br>800   |
| 9. Розточити фаску 9, поверхню 10 однократно.           | 2×45°;<br>ø42,5  | 2,0<br>0,25 | 0,5<br>0,5     | 146<br>133,45    | 1000<br>1000 |

### 2.11 Математичне моделювання ТП та оптимізація режимів різання

Оптимізація технологічних процесів і режимів різання ґрунтується на побудові математичних моделей. Для побудови математичної моделі виділяють технічні обмеження, які в найбільшій мірі визначають описуємі процес та оцінювальну функцію (критерій оптимальності).

Для виконання оптимізації режимів різання використаємо комп'ютерну програму [3].

Розрахунок оптимальних режимів різання при розточуванні попередньому отвору  $\varnothing 37\text{H}8^{(+0,039)}$  та фрезеруванні площини деталі виконаний і показаний на рисунках 2.11-2.12.

Висновок. В результаті проведеної оптимізації режимів різання за допомогою комп'ютерної програми були визначені наступні оптимальні режими: для токарної операції  $n = 1552$  об/хв.;  $S = 0,7$  мм/об; для фрезерної операції  $n = 1091$  об/хв.;  $S = 0,155$  мм/зуб.

Значення оптимальних режимів різання отриманих за допомогою комп'ютерної програми мають незначну розбіжність з прийнятими режимами різання. Отже, максимальна продуктивність при обробці на верстатах з ЧПК буде забезпечена.



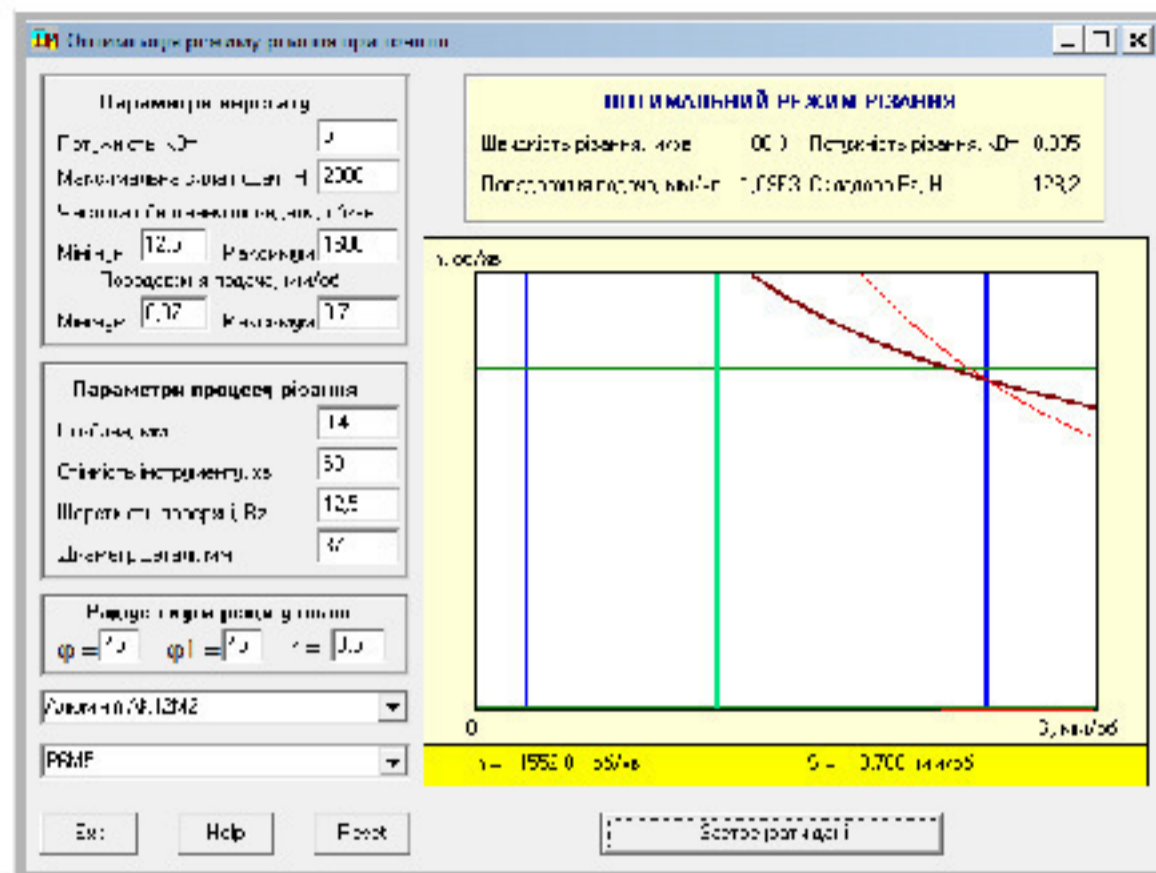


Рисунок 2.11 – Оптимізація режимів різання при розточуванні попередньому отвору  $\varnothing 37H8^{(+0,039)}$

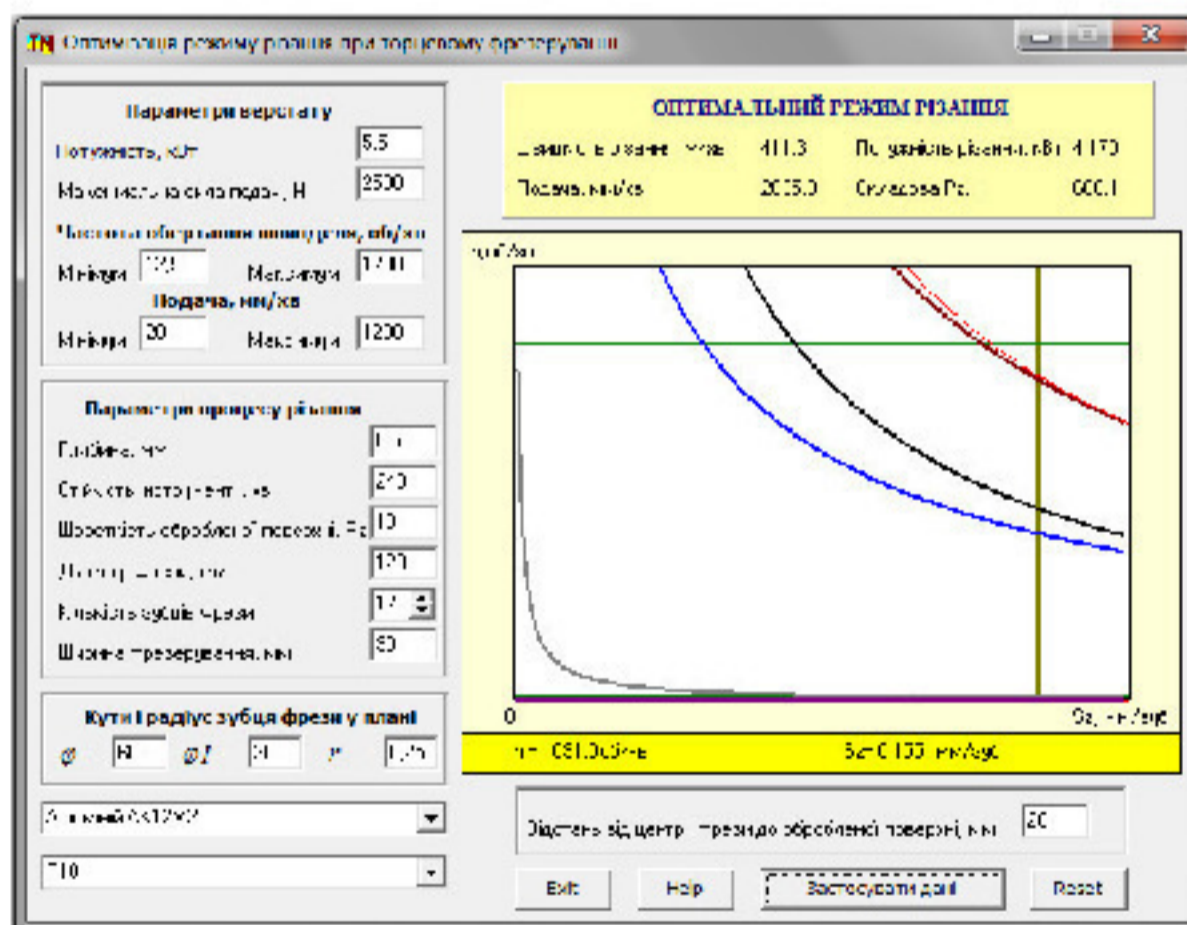


Рисунок 2.12 – Оптимізація режимів різання при фрезеруванні

## 2.12 Визначення технічних норм часу

Операція 005 Вертикально-фрезерна з ЧПК.

Модель верстата: ЛТ260МФ3.

В серійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу [1, 12-13]:

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

де  $T_{шт}$  – штучний час, хв.;  $T_{п-з}$  – підготовчо-заклучний час, хв.;  $n$  – кількість деталей в партії настройки,  $n = 126$  шт.

Штучний час

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{обс,відп} \text{ [хв.]}, \quad (2.29)$$

де  $T_o$  – основний час, хв.;  $T_d$  – допоміжний час, хв.;  $T_{обс,відп}$  – час обслуговування та відпочинку, хв.

Основний час визначається на основі прийнятих режимів різання.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} \text{ [хв.]}, \quad (2.30)$$

де  $L$  – довжина робочого ходу інструменту, мм;  $i$  – кількість робочих ходів;  $S$  – подача, мм/об;  $n$  – частота обертання, об/хв.

$$L = l_{обр} + l_{вр} + l_{пер} \text{ [мм]}, \quad (2.31)$$

$l_{обр}$  – довжина обробки, мм;  $l_{вр}$  – довжина врізання, мм;  $l_{пер}$  – довжина перебігу, мм.

Основний час на виконання переходів операції 005:

$$L_{обр2} = 152+50+50 = 252 \text{ (мм)}; \quad T_{o2} = \frac{252 \cdot 1}{630 \cdot 0,3} = 1,33 \text{ (хв.)};$$

$$L_{обр3} = 10+3+3 = 16 \text{ (мм)}; \quad T_{o3} = \frac{16 \cdot 1}{1000 \cdot 0,7} = 0,023 \text{ (хв.)};$$

$$L_{обр4} = 10+3+3 = 16 \text{ (мм)}; \quad T_{o4} = \frac{16 \cdot 1}{1250 \cdot 0,3} = 0,043 \text{ (хв.)};$$

$$L_{обр5} = 0,4+2 = 2,4 \text{ (мм)}; \quad T_{ос} = \frac{2,4 \cdot 1}{1250 \cdot 0,3} = 0,064 \text{ (хв.)}$$

Основний час обробки

$$\Sigma T_{0005} = 1,33+0,023+0,043+0,064 = 1,46 \text{ (хв.)}$$

Допоміжний час

$$T_{Д} = t_{уст.} + t_{вкл.виск.} + t_{підв.відв.інстр.} + t_{контр.} \text{ [хв.]}, \quad (2.32)$$

де  $t_{уст.}$  – час установлення, закріплення, розкріплення, зняття деталі,  $t_{уст.} = 0,07$  хв. (при використанні трикулачкового самоцентрувального патрона з пневматичним затиском);  $t_{вкл.виск.}$  – час на вмикання і вимикання верстата кнопкою;

$$t_{вкл.виск.} = 2 \cdot 0,01 = 0,02 \text{ (хв.)};$$

$t_{підв.відв.інстр.}$  – час підведення відведення інструменту при виконанні переходів операції;

$$t_{підв.відв.інстр.} = 0,04 \cdot 2 + 0,025 \cdot 6 = 0,23 \text{ (хв.)};$$

$t_{контр.}$  – час на контрольні проміри штангенциркулем з установкою його на розмір в процесі вимірювання (вимірюємо 2 розміри на даній операції).

Приймаємо, що контролюємо кожну 5 деталь, тобто

$$t_{контр.} = \frac{0,17 + 0,12}{5} = 0,058 \text{ (хв.)}$$

Тоді

$$T_{Д} = 0,07++0,02+0,23+0,058 = 0,358 \text{ (хв.)}$$

Оперативний час

$$T_{оп} = T_o + T_d \text{ [хв.]}, \quad (2.33)$$

$$T_{оп} = 1,46 + 0,358 = 1,818 \text{ (хв.)}$$

Час на обслуговування та відпочинок  $T_{обс,відп}$  складає 8% від  $T_{оп}$

$$T_{обс,відп} = 0,08 \cdot T_{оп} = 0,08 \cdot (1,46 + 0,358) = 0,145 \text{ (хв.)}$$

Штучний час

$$T_{шт} = 1,46 + 0,358 + 0,145 = 1,963 \text{ (хв.)}$$

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

- налагодження верстата, інструмента і пристосувань – 21 хв.;
- отримання інструменту і пристосувань до початку роботи і їх здача по завершенні обробки – 10 хв.

$$T_{п-з} = 21 + 10 = 31 \text{ (хв.)}$$

Таким чином

$$T_{шт-к} = 1,963 + 31/126 = 2,21 \text{ (хв.)}$$

Аналогічно виконуються розрахунки по решті операцій. Результати розрахунків представлені в таблиці 2.24.

Таблиця 2.24 – Технічні норми часу по операціях, хв.

| № і назва операції                 | Основний час<br>$T_o$ , хв. | Коефіцієнт<br>$\varphi_k$           | Штучно-<br>калькуляційний<br>час $T_{шт-к}$ , хв. |
|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---|
| 005 Вертикально-<br>фрезерна з ЧПК | 1,46                        | 1,5 (фактичний)<br>1,35 (табличний) | 2,21  |
| 010 Вертикально-<br>фрезерна з ЧПК | 5,396                       | 1,35                                | 7,3   |

### 2.13 Висновки

В даному розділі проведено удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» з урахуванням сучасних досягнень, передових технологій та нових методів обробки подібних заготовок, що забезпечує необхідну якість та знижує вартість продукції. При цьому можна зробити такі висновки:

- на основі робочого креслення деталі виконано якісний і кількісний аналіз технологічності конструкції деталі і встановлено, що деталь «Кришка насоса НШ32.У» є технологічною;

- за розрахунками коефіцієнта закріплення операцій встановлено, що тип виробництва великосерійний, форма організації роботи групова;

- варіантним вибором встановлено, що найбільш доцільними способами виготовлення заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» є лиття в кокіль та лиття під тиском. Проведені дослідження з використанням 3D-моделювання показали, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям під тиском, оскільки коефіцієнт точності маси заготовки при литті під тиском більший ніж при литті в кокіль, а також вартість заготовки при цьому складає 45,31 грн., що менше у порівнянні з литтям в кокіль – 176,75 грн.;

- вибрано методи обробки поверхонь деталі «Кришка насоса НШ32.У», обґрунтовано вибір чистових та чорнових технологічних баз та розроблено два удосконалені варіанти маршрути механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» з використанням високопродуктивних верстатів з ЧПК;

- вибрано кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;

- проведено розмірно-точнісне моделювання удосконаленого технологічного процесу механічної обробки деталі;

- розраховано припуски та міжопераційні розміри;

- розраховано режими різання і виконано нормування операцій технологічного процесу.

### 3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА НАСОСА НШ32.У»

#### 3.1 Розрахунок приведеної програми

Приведену програму розраховуємо за формулою [2, 11]:

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

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

Таблиця 3.1 – Дані для розрахунку приведеної програми

| Деталь<br>Параметр    | Кришка<br>насоса<br>НШ32.У<br>(розрахунковий<br>представник) | Кришка<br>НШ 100В-<br>3-201-01 | Кришка<br>НШ 50 | Кришка<br>НШ 46 |
|-----------------------|--|--------------------------------|-----------------|-----------------|
| Маса, кг              | 0,47   | 1,37                           | 0,489           | 0,42            |
| Програма випуску, шт. | 8500   | 5000                           | 25000           | 20000           |

• Розраховуємо коефіцієнт  $K_1$  для кожного з найменувань виробів. Оскільки в групу об'єднані подібні деталі, то  $K_1$  будемо розраховувати за формулою:

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

де  $m$  – маса деталі розглядуваного виробу;

$m_{p,np}$  – маса розрахункового представника.

- Кришка НШ 100В-3-201-01:

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{p.np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{1,37}{0,47}\right)^2} = 2,15.$$

- Кришка НШ 50:

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{p.np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{0,489}{0,47}\right)^2} = 1,07.$$

- Кришка НШ 46:

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{p.np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{0,42}{0,47}\right)^2} = 0,99.$$

• Для визначення коефіцієнта  $K_2$  використовуємо залежність:

$$K_2 = \left(\frac{N_{p.np}}{N_i}\right)^a. \quad (3.3)$$

Таким чином коефіцієнт  $K_2$  складатиме:

- Кришка НШ 100В-3-201-01:

$$K_2 = \left(\frac{8500}{5000}\right)^{0,15} = 1,09;$$

- Кришка НШ 50:

$$K_2 = \left(\frac{8500}{25000}\right)^{0,15} = 0,835;$$

- Кришка НШ 46:

$$K_2 = \left(\frac{8500}{20000}\right)^{0,15} = 0,885.$$





### 3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Розрахункова кількість верстатів для кожної операції визначається за формулою [2, 11]:

$$C_p = \frac{T_{шт-к} \cdot N}{60 \cdot \Phi_0}, \quad (3.4)$$

де  $T_{шт-к}$  – штучно-калькуляційний час, хв.;  $N$  – програми випуску, шт.;  $\Phi_0$  – дійсний фонд часу роботи верстата, год.

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

- операція 005:  $C_{p005} = \frac{2,21 \cdot 8500}{60 \cdot 3890} = 0,08;$

- операція 010:  $C_{p010} = \frac{7,3 \cdot 8500}{60 \cdot 3890} = 0,27.$

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

- операція 005:  $C_{p005} = \frac{2,21 \cdot 60070}{60 \cdot 3890} = 0,57; C_{np005} = 1;$

- операція 010:  $C_{p010} = \frac{7,3 \cdot 60070}{60 \cdot 3890} = 1,88; C_{np010} = 2.$

Тоді коефіцієнти завантаження обладнання відповідно складатимуть (з урахуванням приведеної програми):

$$\eta_z = \frac{C_p}{C_{np}}, \quad (3.5)$$

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

$$\text{Операція 005:} \quad \eta_{3005} = \frac{0,57}{1} = 0,57.$$

$$\text{Операція 010:} \quad \eta_{3010} = \frac{1,88}{2} = 0,94.$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{\text{сер}} = \frac{0,57 + 0,94}{2} = 0,75.$$

Коефіцієнт використання обладнання за основним часом визначається для кожного верстату по формулі для серійного виробництва:

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{\text{ит-к}}}. \quad (3.6)$$

$$\text{Операція 005:} \quad \eta_{o005} = \frac{1,46}{2,21} = 0,66.$$

$$\text{Операція 010:} \quad \eta_{o010} = \frac{5,396}{7,3} = 0,74.$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання за основним часом:

$$\eta_{\text{Осер}} = \frac{0,66 + 0,74}{2} = 0,7.$$

### 3.3 Побудова графіків завантаження обладнання

Графік завантаження обладнання показаний на рис. 3.1, графік

використання обладнання за основним часом на рис. 3.2.

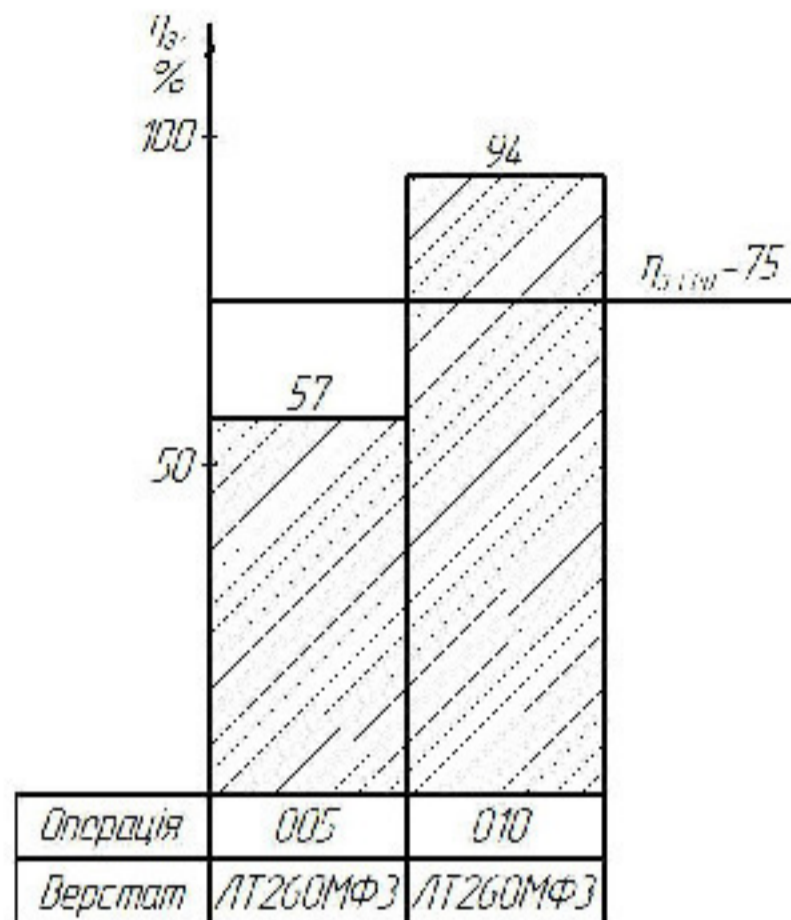


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

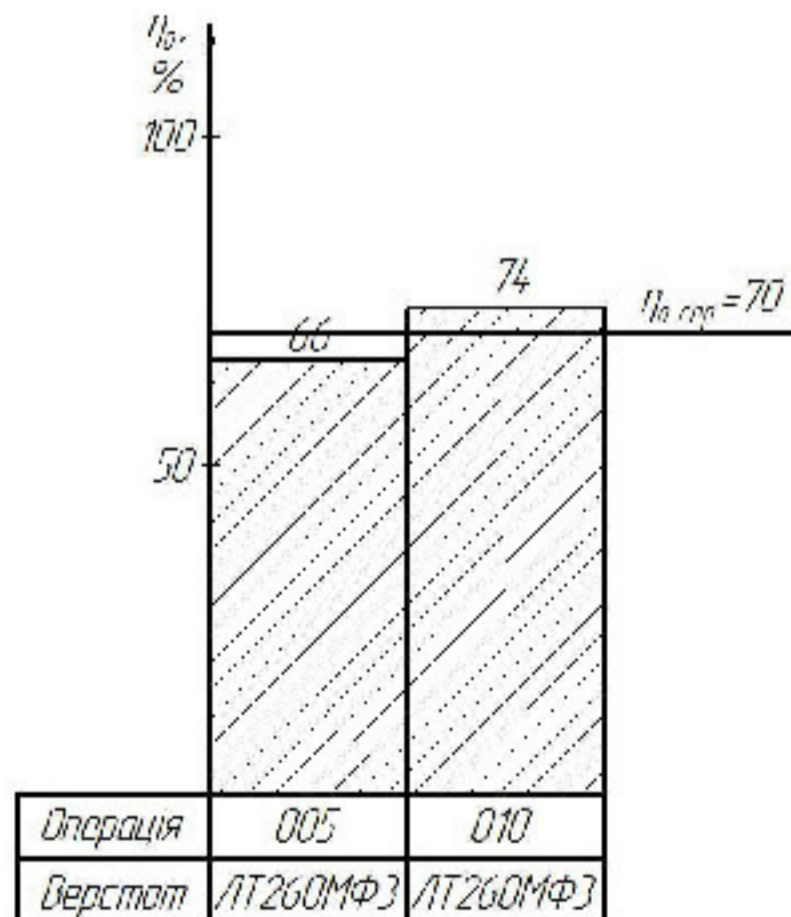


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Розрахунок кількості обладнання на дільниці, а також коефіцієнтів завантаження оформлюємо у вигляді таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Кількість обладнання та коефіцієнти завантаження і використання обладнання за основним часом

| № операції | Назва операції             | Розрахункова кількість верстатів | Прийнята кількість верстатів | $\eta_z$ | $\eta_{зсер}$ | $\eta_o$ | $\eta_{oсер}$ |
|------------|----------------------------|----------------------------------|------------------------------|----------|---------------|----------|---------------|
| 005        | Вертикально-фрезерна з ЧПК | 0,57                             | 1                            | 0,57     | 0,75          | 0,66     | 0,7           |
| 010        | Вертикально-фрезерна з ЧПК | 1,88                             | 2                            | 0,94     |               | 0,74     |               |

Висновок. Середній коефіцієнт завантаження обладнання відповідає умовам великосерійного виробництва (0,65-0,75). Верстат на операції 005 необхідно довантажити обробкою інших деталей.

Середній коефіцієнт використання обладнання за основним є досить високий, що свідчить про правильність розробленого технологічного процесу, більша частина штучно-калькуляційного часу використовується на процес різання.

### 3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці

Кількість робітників-верстатників дільниці механічного цеху може бути підрахована в залежності від прийнятої кількості верстатів за формулою:

$$P_i = \frac{\Phi_d \cdot C_{пр} \cdot \eta_z \cdot \eta_{осн}}{\Phi_p \cdot K_m}, \quad (3.7)$$

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

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

$\Phi_d$  – ефективний фонд роботи верстата, год.;

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

$\eta_z$  – коефіцієнт завантаження обладнання;

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

Так кількість верстатників на операції 005 складає:

$$P_{005} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,57 \cdot 0,66}{1860 \cdot 1} = 0,8.$$

Приймаємо 1 верстатника.

Кількість верстатників на операції 010 складає:

$$P_{010} = \frac{2 \cdot 3890 \cdot 0,94 \cdot 0,74}{1860 \cdot 2} = 1,45.$$

Приймаємо 2 верстатника.

Так як, на операціях робітники повністю не завантажені, то потрібно довантажити їх роботою з іншими деталями.

Сума всіх основних робочих – 3 чол.

Кількість допоміжних робітників складає 20-25% від кількості верстатників, відповідно:

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

Приймаємо 1 допоміжного робітника, який має бути довантажений роботою інших дільниць.

При великосерійному виробництві кількість ІТР складає 15-21% від кількості верстатів, тобто:

$$P_{ИТР} = (0,15 \dots 0,21) \cdot 3 = 0,45 \dots 0,63.$$

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

Кількість службовців при великосерійному виробництві складає 0,6-1,6% від кількості основних робітників верстатників, отримаємо:

$$P_{скл} = (0,006 \dots 0,016) \cdot 3 = 0,018 \dots 0,048.$$

Приймаємо 1 чол., але очевидно це буде службовець цеху, який буде обслуговувати декілька дільниць механічної обробки.

Кількість молодшого обслуговуючого персоналу складає 1-2% від кількості усіх працівників, тобто:

$$P_{\text{МОП}} = (0,01 \dots 0,02) \cdot 6 = 0,06 \dots 0,12.$$

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

Отримані дані занесемо до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Відомість складу працюючих дільниці

| Категорії працюючих           | Спосіб визначення | Розрахункова кількість | Прийнята кількість |
|-------------------------------|-------------------|------------------------|--------------------|
| Основні робітники-верстатники | розрахунок        | 2,25                   | 3                  |
| Допоміжні робітники           | 20...25%          | 0,6...0,75             | 1                  |
| ІТР                           | 15...21%          | 0,45...0,63            | 1                  |
| СКП                           | 0,6...1,6%        | 0,018...0,048          | 1                  |
| МОП                           | 1...2%            | 0,06...0,12            | 1                  |

### 3.5 Висновки

В даному розділі виконано проектування елементів дільниці для реалізації удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У». При цьому розраховано приведену програму для роботи дільниці в великосерійному виробництві, яка складає 60070 шт. (проектується дільниця, на якій вироблятиметься 4 подібні деталі).

Середній коефіцієнт завантаження обладнання відповідає умовам великосерійного виробництва, але верстат на операції 005 необхідно довантажити обробкою інших деталей (крім тих, що враховані в приведеній програмі).

Дільниця механічної обробки повинна містити 3 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 3 чол., всього працівників на дільниці – 7 чол. Всі працівники (крім основних робітників-верстатників) не завантажені роботою на даній дільниці і вони обслуговують ще інші дільниці.

#### 4 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА НАСОСА НШ32.У»

##### 4.1 Оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки [4]

Технологічний аудит проводять з метою оцінки комерційного потенціалу розробки, яка була розроблена і створена в результаті науково-технічної діяльності.

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів, які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ма критеріями, наведеними в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

| Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою) |  |   |   |   |  |
|--|--|---|---|---|--|
| Кри-терій  | «0»  | «1»   | «2»   | «3»   | «4»  |
| 1  | 2  | 3   | 4   | 5   | 6  |
| Технічна здійсненність концепції:                    |  |   |   |   |  |
| 1  | Достовірність концепції не підтверджена                                | Концепція підтверджена експертними висновками                         | Концепція підтверджена розрахунками                         | Концепція перевірена на практиці                                      | Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах                  |
| Ринкові переваги (недоліки):                         |  |   |   |   |  |
| 2  | Багато аналогів на малому ринку  | Мало аналогів на малому ринку   | Кілька аналогів на великому ринку                           | Один аналог на великому ринку   | Продукт не має аналогів на великому ринку                              |
| 3  | Ціна продукту значно вища за ціни аналогів                             | Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів                              | Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів             | Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів                             | Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів                            |
| 4  | Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів | Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів | Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів | Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів | Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів |

Продовження таблиці 4.1

| 1                       | 2   | 3  | 4   | 5   | 6   |
|-------------------------|---|--|---|---|---|
| 5                       | Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів  | Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів   | Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів   | Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів  | Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів                                 |
| Ринкові перспективи     |   |  |   |   |   |
| 6                       | Ринок малий і не має позитивної динаміки  | Ринок малий, але має позитивну динаміку  | Середній ринок з позитивною динамікою   | Великий стабільний ринок  | Великий ринок з позитивною динамікою  |
| 7                       | Активна конкуренція великих компаній на ринку   | Активна конкуренція  | Помірна конкуренція   | Незначна конкуренція  | Конкурентів немає   |
| Практична здійсненність |   |  |   |   |   |
| 8                       | Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї  | Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців  | Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату   | Необхідне незначне навчання фахівців  | Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї              |
| 9                       | Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні   | Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні   | Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є   | Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є                               | Не потребує додаткового фінансування  |
| 10                      | Необхідна розробка нових матеріалів   | Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі   | Потрібні дорогі матеріали   | Потрібні досяжні та дешеві матеріали  | Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві    |
| 11                      | Термін реалізації ідеї більший за 10 років  | Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років  | Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років                       | Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років | Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років |
| 12                      | Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту | Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу | Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу | Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту  | Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту       |



Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки потрібно звести в таблицю за зразком таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

| Критерії                                       | Експерти   |                      |                      |
|--|--|----------------------|----------------------|
|  | Експерт № 1  | Експерт № 2          | Експерт № 3          |
|  | Бали, виставлені експертами:   |                      |                      |
| 1  | 3  | 1                    | 1                    |
| 2  | 1  | 2                    | 2                    |
| 3  | 4  | 3                    | 2                    |
| 4  | 3  | 2                    | 1                    |
| 5  | 4  | 3                    | 2                    |
| 6  | 4  | 2                    | 3                    |
| 7  | 2  | 3                    | 3                    |
| 8  | 2  | 2                    | 2                    |
| 9  | 2  | 3                    | 3                    |
| 10   | 2  | 2                    | 2                    |
| 11   | 3  | 2                    | 3                    |
| 12   | 1  | 4                    | 2                    |
| Сума балів                                     | СБ <sub>1</sub> = 31   | СБ <sub>2</sub> = 29 | СБ <sub>3</sub> = 26 |
| Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$ | $\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{31 + 29 + 26}{3} = 28,67$ |                      |                      |

Згідно таблиці 4.2 розробка має рівень комерційного потенціалу середній.

Так як в даній розробці використовується стандартне обладнання, то всі дії можуть виконуватися на підприємстві.

Ринками збуту продукції можуть бути промислові регіони України.

Потенційними покупцями нового товару можуть бути малі та середні машинобудівні та ремонтні підприємства з дрібносерійним, серійним та великосерійним виробництвом, які мають на меті виготовляти деталі.

Так як дане інноваційне рішення проектується, розраховується і впроваджується лише на даному виробництві, то використовуватись воно буде лише на даному підприємстві.

Оцінювання рівня якості інноваційного рішення проводиться з метою порівняльного аналізу і визначення найбільш ефективного, з технічної точки зору, варіанту інженерного рішення.

В даній магістерській роботі під час оцінювання якості продукції доцільно визначати абсолютний і відносний її рівні.

Абсолютний рівень якості інноваційного товару знаходять обчисленням вибраних для його вимірювання показників, не порівнюючи їх із відповідними показниками аналогічних виробів. Для цього необхідно визначити зміст основних функцій, які повинні реалізовувати інноваційне рішення, вимоги замовника до нього, а також умови, які характеризують експлуатацію, визначають основні параметри, які будуть використані для розрахунку коефіцієнта технічного рівня виробу. Система параметрів, прийнята до розрахунків, повинна достатньо повно характеризувати споживчі властивості інноваційного товару (його призначення, надійність, економічне використання ресурсів, стандартизація тощо). Всі ці дані для кожного параметра заносимо до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Основні параметри інноваційного рішення

| Параметри   | Абсолютне значення параметра |         |       | Коефіцієнт вагомості параметра |
|---|------------------------------|---------|-------|--------------------------------|
|   | краще                        | середнє | гірше |                                |
| Кількість верстатів   | 9                            |         |       | 40%                            |
| Кількість основних робітників                                 | 10                           |         |       | 20%                            |
| Середній розряд робітників                                    | 8                            |         |       | 10%                            |
| Середній коефіцієнт завантаження обладнання                   |                              | 7       |       | 15%                            |
| Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом |                              | 7       |       | 15%                            |

Визначимо абсолютний рівень якості інноваційного рішення за формулою:

$$K_{\text{я.а.}} = \sum_{i=1}^n P_{Hi} \cdot \alpha_i, \quad (4.1)$$

де  $P_{ni}$  – числове значення  $i$ -го параметра інноваційного рішення;  $n$  – кількість параметрів інноваційного рішення, що прийняті для оцінювання;  $\alpha_i$  – коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{\text{я.а.}} = 9 \cdot 0,4 + 10 \cdot 0,2 + 8 \cdot 0,1 + 7 \cdot 0,15 + 7 \cdot 0,15 = 8,5.$$

Визначимо відносний рівень якості окремих параметрів інноваційного рішення, порівнюючи його показники з абсолютними показниками якості аналогу (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 – Основні параметри інноваційного рішення та товару-конкурента

| Показник  | Варіанти |                             | Відносний показник якості | Коефіцієнт вагомості параметра |
|---|----------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------------|
|   | Базовий  | Новий (інноваційне рішення) |                           |                                |
| Кількість верстатів, шт.                                      | 7        | 3                           | 2,33                      | 0,4                            |
| Кількість основних робітників, чол.                           | 14       | 3                           | 4,67                      | 0,2                            |
| Середній розряд робітників                                    | 5        | 3,5                         | 1,43                      | 0,1                            |
| Середній коефіцієнт завантаження обладнання                   | 0,44     | 0,75                        | 1,71                      | 0,15                           |
| Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом | 0,52     | 0,7                         | 1,35                      | 0,15                           |
| Собівартість заготовки, грн.                                  | 176,75   | 45,31                       | -                         | -                              |

Відносні (одичні) показники якості з будь-якого параметра  $q_i$ , що занесено у відповідні колонки таблиці 4.3, визначаються за формулами:

$$q_i = \frac{P_{ni}}{P_{bi}}, \quad (4.2)$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}}, \quad (4.3)$$

де  $P_{Hi}$ ,  $P_{Bi}$  – числові значення  $i$ -го параметра відповідно нового і базового виробів.

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначасмо за формулою:

$$K_{я.в.} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (4.4)$$

$$K_{я.в.} = 2,33 \cdot 0,4 + 4,67 \cdot 0,2 + 1,43 \cdot 0,1 + 1,71 \cdot 0,15 + 1,35 \cdot 0,15 = 2,47.$$

Значення відносного показника якості інноваційного рішення більше одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару-конкурента.

Конкурентоспроможність продукції – це комплексна багатоаспектна характеристика товару, що визначає його переваги на ринку порівняно з аналогічними товарами-конкурентами як за ступенем відповідності конкретній потребі, так і за витратами на їх задоволення.

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими характеристиками для нашої інноваційної розробки є технічні параметри, а також економія підприємства на втратах від браку.

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення ( $K$ ) з урахуванням вищезазначених груп показників можна визначити за формулою:

$$K = \frac{I_{т.п.}}{I_{е.п.}}, \quad (4.5)$$

де  $I_{т.п.}$  – індекс технічних параметрів (відносний рівень якості інноваційного рішення);  $I_{е.п.}$  – індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{e.n.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Hei}}{\sum_{i=1}^n P_{Bei}}, \quad (4.6)$$

де  $P_{Hei}$ ,  $P_{Bei}$  – економічні параметри (ціна придбання та споживання товару) відповідно нового та базового товарів.

Якщо  $K > 1$ , то інноваційне рішення вважається більш конкурентоспроможним, ніж товар-конкурент, обраний за базу для порівняння; якщо  $K < 1$ , то рівень конкурентоспроможності інноваційного рішення є нижчим, ніж у товару-конкурента; якщо  $K = 1$ , то ця ситуація інтерпретується як тотожність рівнів конкурентоспроможності обох товарів.

Оскільки індекс технічних параметрів дорівнює відносному рівню якості нашого інноваційного продукту, то він буде рівним 2,47. За формулою (4.6) розрахуємо індекс економічних параметрів інноваційного рішення:

$$I_{e.n.} = \frac{45,31}{176,75} = 0,26.$$

Тоді, користуючись формулою (4.5), розрахуємо загальний показник конкурентоспроможності:

$$K = \frac{2,47}{0,26} = 9,5.$$

Оскільки  $K > 1$ , то запропонована нова технологія виготовлення деталі «Кришка насоса НШ32.У» є більш доцільнішою і конкурентноспроможною, ніж базова.

4.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У»

#### 4.2.1 Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу

Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу  $K$ , складаються з відповідних витрат і розраховують за такою формулою [4]:

$$K = Z_o + Z_{доd} + Z_n + B_{буд} + B_{обл} + B_{тр} + B_{осн} + B_{інв} + B_{пу} + B_{не} + B_{оз} \text{ [грн.]}, \quad (4.7)$$

де  $Z_o$  – основна заробітна плата розробників, грн.;  $Z_{доd}$  – додаткова заробітна плата розробників, грн.;  $Z_n$  – нарахування на заробітну плату розробників, грн.;  $B_{буд}$  – вартість будівлі, що її займає дільниця, грн.;  $B_{обл}$  – початкова вартість технологічного обладнання, грн.;  $B_{тр}$  – початкова вартість транспортних засобів, грн.;  $B_{осн}$  – початкова вартість інструменту, оснащення великої вартості, вимірювальних та регулювальних приладів, грн.;  $B_{інв}$  – вартість виробничого та господарчого інвентарю, грн.;  $B_{пу}$  – вартість програм управління, грн.;  $B_{не}$  – передвиробничі витрати, грн.;  $B_{оз}$  – вартість оборотних засобів, грн.

#### 4.2.2 Основна заробітна плата розробників

Витрати на основну заробітну плату розробників ( $Z_o$ ) розраховують за формулою:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p} \text{ [грн.]}, \quad (4.8)$$

де  $k$  – кількість посад розробників залучених до процесу досліджень;

$M_{ni}$  – місячний посадовий оклад конкретного розробника, грн.;

$t_i$  – число днів роботи конкретного розробника, грн.;

$T_p$  – середнє число робочих днів в місяці,  $T_p = 22$  дні.

Таблиця 4.5 – Витрати на заробітну плату розробників

| Найменування посади | Місячний посадовий оклад, грн. | Оплата за робочий день, грн. | Число днів роботи | Витрати на заробітну плату, грн. | Прим.    |
|---------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------|----------------------------------|----------|
| Керівник проекту    | 9500                           | 431,82                       | 10                | 4318,2                           |          |
| Інженер-технолог    | 8500                           | 386,36                       | 8                 | 3090,1                           |          |
| Інженер-конструктор | 8500                           | 386,36                       | 3                 | 3090,1                           |          |
| Економіст           | 8500                           | 386,36                       | 2                 | 772,72                           |          |
| Всього              |                                |                              |                   | $3_o$                            | 11271,12 |

#### 4.2.3 Додаткова заробітна плата розробників

Додаткова заробітна плата розраховується як 10...12% від основної заробітної плати розробників за формулою:

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}} \cdot Z_o \text{ [грн.]}, \quad (4.9)$$

де  $H_{\text{дод}}$  – норма нарахування додаткової заробітної плати.

$$Z_{\text{дод}} = 0,1 \cdot 11271,12 = 1127,112 \text{ (грн.)}$$

#### 4.2.4 Єдиний страховий внесок розробників (ЄСВ)

Єдиний страховий внесок розробників  $Z_n$  розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати розробників за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_{\text{дод}}) \cdot H_n \text{ [грн.]}, \quad (4.10)$$

де  $H_n$  – норма нарахування на заробітну плату розробників.

$$Z_n = (11271,12 + 1127,112) \cdot 0,22 = 2727,61 \text{ (грн.)}$$

#### 4.2.5 Вартість будівлі, що її займає дільниця

У нашому випадку не передбачається будівництво дільниці, тому ми розрахуємо вартість переобладнання існуючої дільниці. В цьому випадку можна обчислити витрати на переобладнання власних старих приміщень для облаштування удосконаленого технологічного процесу за формулою:

$$B_{\text{буд.}} = C_{\text{пл}} \cdot S_{\text{заг}} \text{ [грн.],} \quad (4.11)$$

де  $C_{\text{пл}}$  – приблизна вартість переобладнання 1 м<sup>2</sup> власних приміщень ( $C_{\text{пл}} \approx 200 \dots 1000$  грн./м<sup>2</sup>);

$S_{\text{заг}}$  – загальна площа виробничої дільниці, м<sup>2</sup>.

$$B_{\text{буд.}} = 600 \cdot 75 = 45000 \text{ (грн.)}$$

#### 4.2.6 Початкова вартість технологічного обладнання

Балансову вартість нового обладнання розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{обл}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.і}} \cdot K_i \text{ [грн.],} \quad (4.12)$$

де  $C_i$  – ціна придбання одиниці обладнання даного виду, марки, грн.;

$C_{\text{пр.і}}$  – прийнята кількість одиниць обладнання відповідного найменування, які встановлені на дільниці, шт.;

$K_i$  – коефіцієнт, що ураховує доставку, монтаж, налагодження обладнання тощо, ( $K_i = 1,10 \dots 1,12$ ; для промислових робіт  $K_i = 1,3 \dots 1,5$ );

$k$  – кількість найменувань обладнання встановленого на дільниці.



Таблиця 4.6 – Вартість обладнання

| №      | Найменування обладнання                      | Ціна, грн. | Кількість | $K_i$ | Вартість, грн. |
|--------|--|------------|-----------|-------|----------------|
| 1      | Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК ЛТ260МФ3 | 450000     | 3         | 1,1   | 1485000        |
| Всього |  |            |           |       | 1485000        |

Придбані верстати були у використанні.

Реалізуємо верстати, що були на базовій дільниці:

- 1 верстат 621МС1Н – 300000 грн.;
- 1 верстат 2Б118 – 750000 грн.;
- 2 верстати 2Н125 –  $2 \cdot 750000 = 150000$  (грн.);
- 1 верстат ОС-6383 – 150000 грн.;
- 1 верстат 1341 – 100000 грн.;
- 1 верстат 1К62 – 75000 грн.

Всього реалізовано верстатів на 850000 грн.

Отже, витрати на обладнання

$$O = 1485000 - 850000 = 635000 \text{ (грн.)}$$

#### 4.2.7 Початкова вартість транспортних засобів

Для організації технологічного процесу додаткові транспортні засоби не плануються, тому їх вартість розраховувати не будемо.

#### 4.2.8 Початкова вартість інструменту, оснащення великої вартості, вимірювальних та регулювальних приладів

При укрупнених розрахунках витрати на інструмент і інше технологічне оснащення приймаються у відсотках від вартості основного технологічного обладнання і складають у серійному виробництві загального машинобудування – 10...15%.

Вартість інструментів і технологічного оснащення ( $B_{mo}$ ) розраховують за формулою:

$$B_{то} = B_{обл} \cdot \frac{K_n}{100\%} \text{ [грн.]}, \quad (4.13)$$

де  $B_{обл}$  – балансова вартість обладнання, грн.;

$K_n$  – нормативний відсоток витрат в залежності від типу виробництва;

$$B_{то} = 635000 \cdot 0,10 = 63500 \text{ (грн.)}$$

Вартість оснастки великої вартості ( $B_{осв}$ ) становить 20...30% вартості інструменту і технологічного оснащення, і розраховується за формулою:

$$B_{осв} = (0,2...0,3) \cdot B_{то} \text{ [грн.]}; \quad (4.14)$$

$$B_{осв} = 63500 \cdot 0,25 = 15875 \text{ (грн.)}$$

Вартість контрольно-вимірювальних і регулювальних приладів ( $B_{ксп}$ ), не закріплених за окремими робочими місцями і обслуговуючих одночасно всю ділянку, встановлюють пропорційно вартості інструменту і технологічного оснащення в межах 6...12% та розраховують за формулою:

$$B_{ксп} = (0,06...0,12) \cdot B_{то} \text{ [грн.]}; \quad (4.15)$$

$$B_{ксп} = 0,1 \cdot 63500 = 6350 \text{ (грн.)}$$

Загальна вартість інструменту, оснащення великої вартості, вимірювальних та регулювальних приладів ( $B_{осн}$ ) визначається за формулою:

$$B_{осн} = B_{то} + B_{осв} + B_{ксп} \text{ [грн.]}; \quad (4.16)$$

$$B_{осн} = 63500 + 15875 + 6350 = 85725 \text{ (грн.)}$$

#### 4.2.9 Вартість виробничого та господарчого інвентарю

Розрахунки не ведуться адже інвентар залишається той самий що і до удосконалення.

#### 4.2.10 Вартість програм керування

Вартість програм керування для обладнання з ЧПК ( $B_{пу}$ ) становить 5...10% вартості додатково придбаного технологічного обладнання з ЧПУ і розраховується за формулою:

$$B_{пу} = (0,05...0,1) \cdot B_{обл} \text{ [грн.];} \quad (4.17)$$

$$B_{пу} = 0,1 \cdot 635000 = 63500 \text{ (грн.)}$$

#### 4.2.11 Величина передвиробничих витрат

Так як передвиробничі витрати – це частина одноразових (пускових) витрат, що пов'язані із підготовкою та освоєнням виробництва. В даному випадку вони не враховуються, так як виробництво існує і виконується його модернізація.

#### 4.2.12 Величина оборотних засобів

Оборотні засоби – це сукупність оборотних фондів виробництва і фондів обігу, що беруть участь у виробничому процесі. В існуючому виробничому процесі вони є в наявності і тому при удосконаленні окремих операцій технологічного процесу дільниці вони можуть не враховуватися.

Отже, величина капітальних вкладень на удосконалення технологічного процесу складе:

$$K = 11271,12 + 1127,112 + 2727,61 + 45000 + 635000 + 85725 + 63500 = 1114384,2 \text{ (грн.)}$$

### 4.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції

#### 4.3.1 Сировина та матеріали

Для визначення потреби в матеріалах окрім їх номенклатури необхідно мати норми витрат матеріалів на одиницю продукції.

Вартість витрат на матеріал заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» складає 45,31 грн. (див. розділ 2).

#### 4.3.2 Розрахунок витрат на силову електроенергію

Витрати на силову електроенергію ( $B_e$ ) розраховують за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{\text{вн}i}}{\eta_i} \text{ [грн.]}, \quad (4.18)$$

де  $W_{yi}$  – встановлена потужність обладнання на визначеній  $i$ -й технологічній операції, кВт;

$t_i$  – тривалість роботи обладнання на визначеній  $i$ -й технологічній операції при виготовленні одного виробу, год.;

$C_e$  – вартість 1 кВт-години електроенергії,  $C_e = 2,99$  грн.;

$K_{\text{вн}i}$  – коефіцієнт, що враховує використання потужності на визначеній  $i$ -й технологічній операції,  $K_{\text{вн}i} < 1$ ;

$\eta_i$  – коефіцієнт корисної дії обладнання,  $\eta_i = 0,96$ .

Проведені розрахунки бажано звести до таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Витрати на електроенергію

| Найменування операції, верстат                        | Встановлена потужність, кВт | Тривалість обробки, год. | Сума, грн. |
|---|-----------------------------|--------------------------|------------|
| 010, 015 Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК ЛТ260МФ3 | 6                           | 0,114                    | 1,71       |
| Всього  |                             |                          | Σ 1,71     |

### 4.3.3 Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників ( $Z_p$ ) за відповідними найменуваннями робіт розраховують за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i \text{ [грн.],} \quad (4.19)$$

де  $C_i$  – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн./год;

$t_i$  – час роботи робітника на визначеній  $i$ -й технологічній операції при виготовленні одного виробу, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду  $C_i$  можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{zm}} \text{ [грн.],} \quad (4.20)$$

де  $M_M$  – розмір мінімальної місячної заробітної плати,  $M_M = 4173$  грн. (на 01.01.2019 р.);

$K_i$  – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду;

$K_c$  – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств машинобудування до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати

$T_p$  – середнє число робочих днів в місяці, приблизно  $T_p = 22$  дні;

$t_{zm}$  – тривалість зміни, год.

$$C = (4173 \cdot 1,35 \cdot 1,5) / (22 \cdot 8) = 48 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 4.8 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

| Найменування операцій,<br>верстат                    | Тривалість<br>операції,<br>год. | Розряд<br>роботи | Тарифний<br>коефіцієнт | Погодинна<br>тарифна<br>ставка,<br>грн. | Величина<br>оплати,<br>грн. |
|--|---------------------------------|------------------|------------------------|---|-----------------------------|
| 010, 015 Вертикально-<br>фрезерна з ЧПК,<br>ЛТ260МФ3 | 0,16                            | 3                | 1,35                   | 48                                      | 7,68                        |
| Всього   |                                 |                  |                        |   | Σ 7,68                      |

#### 4.3.4 Додаткова заробітна плата робітників

Розраховується як 10...12% від основної заробітної плати робітників:

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}} \cdot Z_p \text{ [грн.],} \quad (4.21)$$

де  $H_{\text{дод}}$  – норма нарахування додаткової заробітної плати.

$$Z_{\text{дод}} = 0,1 \cdot 7,68 = 0,768 \text{ (грн.)}$$

#### 4.3.5 Єдиний страховий внесок робітників (ЄСВ)

Єдиний страховий внесок робітників  $Z_n$  розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати виробничих робітників за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_{\text{дод}}) \cdot H_{zn} \text{ [грн.],} \quad (4.22)$$

де  $H_{zn}$  – норма нарахування на заробітну плату робітників.

$$Z_n = (7,68 + 0,768) \cdot 0,22 = 1,86 \text{ (грн.)}$$

#### 4.3.6 Розрахунок загальноновиробничих статей витрат

Величину загальноновиробничих витрат розраховують за формулою:

$$B_{\text{заг}} = H_{\text{заг}} \cdot Z_p \text{ [грн.];} \quad (4.23)$$

$$B_{\text{заг}} = 2,5 \cdot 7,68 = 19,2 \text{ (грн.)}$$

Сума всіх калькуляційних статей витрат утворює виробничу собівартість виробу.

Таблиця 4.9 – Собівартість виготовлення виробу

| Стаття витрат   | Умовне позначення | Сума, грн. | Примітка |
|---|-------------------|------------|----------|
| Витрати на матеріали на одиницю продукції, грн.       | $M$               | 45,31      |          |
| Витрати на силову електроенергію, грн.                | $B_e$             | 1,71       |          |
| Витрати на основну заробітну плату робітників, грн.   | $Z_p$             | 7,68       |          |
| Витрати на додаткову заробітну плату робітників, грн. | $Z_{\text{дод}}$  | 0,768      |          |
| Витрати на єдиний соціальний внесок, грн.             | $Z_n$             | 1,86       |          |
| Загальновиробничі витрати, грн.                       | $B_{\text{заг}}$  | 19,2       |          |
| Всього  | $S_g$             | 76,53      |          |

#### 4.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу

##### 4.4.1 Нижня межа ціни

Ціна реалізації виробу розраховується за формулою:

$$C_{\text{ниж}} = S_g \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{w}{100}\right) \text{ [грн.],} \quad (4.24)$$

де  $C_{\text{ниж}}$  – нижня межа ціни реалізації виробу, грн.;

$S_g$  – виробнича собівартість виробу, грн.;

$P$  – нормативний рівень рентабельності, рекомендується приймати  $P = 5...20\%$ ;

$w$  – ставка податку на додану вартість, за станом на 1.10.2019 року,

$w = 20\%$ .

Необхідність врахування податку на додану вартість виникає у зв'язку з тим, що коли буде встановлюватись верхня межа ціни, а потім договірна ціна, то ціна базового виробу зазвичай містить цей податок.

$$C_{\text{мар}} = 76,53 \cdot (1+0,2) \cdot (1+0,2) = 110,2 \text{ (грн.)}$$

#### 4.4.2 Верхня межа ціни

Верхня межа ціни ( $C_{\text{мар}}$ ) захищає інтереси споживача і визначається тією ціною, яку споживач готовий сплатити за продукцію з кращою споживчою якістю.

Параметри якості продукції закладено в конструкторській документації, тому, при удосконаленні технологічного процесу, якість кінцевого продукту не змінюється  $C_{\text{мар}} = 110,2$  грн.

#### 4.5 Розрахунок величини чистого прибутку

При модернізації технологічного процесу розрахунок величини чистого прибутку, який отримає виробник протягом одного року, розраховується за формулою:

$$П = \left\{ \left[ C_{\text{дог}} - \frac{(C_{\text{дог}} - M) \cdot f}{100} - S_B - \frac{q \cdot S_B}{100} \right] \cdot \left[ 1 - \frac{h}{100} \right] \right\} \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (4.25)$$

де  $C_{\text{дог}}$  – договірна ціна реалізації виробу, грн.;

$M$  – вартість матеріальних ресурсів, які були придбані виробником для виготовлення одиниці виробу, грн.;

$S_e$  – виробнича собівартість виробу, грн.;

$f$  – зустрічна ставка податку на додану вартість,  $f = 16,67\%$ ;

$h$  – ставка податку на прибуток,  $h = 18\%$ ;



$q$  – норматив, який визначає величину адміністративних витрат, витрат на збут та інші операційні витрати,  $q = 5...10\%$ ;

$N$  – число виробів, які планується реалізувати за рік, шт.

$$\begin{aligned} \Pi &= \left\{ \left[ 110,2 - \frac{(110,2 - 45,31) \cdot 16,67}{100} - 76,53 - \frac{10 \cdot 76,53}{100} \right] \cdot \left[ 1 - \frac{18}{100} \right] \right\} \cdot 60070 = \\ &= 748564,7 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

#### 4.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення

При оцінці ефективності інноваційних проектів передбачається розрахунок таких важливих показників, як:

- чистий дисконтований дохід (інтегральний ефект);
- внутрішня норма дохідності (прибутковості);
- індекс прибутковості;
- термін окупності.

##### 4.6.1 Розрахунок чистого дисконтованого доходу

Дана модернізація передбачає одноразові капітальні вкладення, тому NPV можна визначити за формулою:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{\Pi_t}{(1+d)^t} - K \text{ [грн.]}, \quad (4.26)$$

де  $\Pi_t$  – прибуток отриманий від реалізації відповідної кількості нової продукції у  $t$ -му році функціонування проекту, грн.;

$K$  – величина капітальних вкладень у розробку інноваційного рішення (проект), грн.;

$d$  – норма дисконту, величина якої залежить від рівня ризику, рівня банківської ставки по вкладам, рівня інфляції;

$n$  – термін протягом якого продукція реалізовуватиметься на ринку (термін функціонування проекту), років;

$t$  – відповідний рік функціонування проекту, в якому очікується прибуток, грн.

$$NPV = \frac{748564,7}{(1+0,2)^1} + \frac{748564,7}{(1+0,2)^2} + \frac{748564,7}{(1+0,2)^3} + \frac{748564,7}{(1+0,2)^4} - 1114384,2 = 823451 \text{ (грн.)}$$

Враховуючи, що  $NPV > 0$ , то проект можна рекомендувати до реалізації.

#### 4.6.2 Розрахунок внутрішньої норми доходності

Мінімальне можливе значення внутрішньої норми доходності проекту  $IRR_{MIN}$  розраховується такою формулою:

$$IRR_{MIN} = \sqrt[n]{\frac{\sum_{t=1}^n (\Pi_t + A_t)}{K}} - 1, \quad (4.27)$$

де  $\Pi_t$  – прибуток отриманий від реалізації відповідної кількості нової продукції у  $t$ -му році функціонування проекту, грн.;

$A_t$  – амортизаційні відрахування у  $t$ -му році функціонування проекту на обладнання, яке безпосередньо було використано для розробки інноваційного рішення, грн.;

$K$  – величина капітальних вкладень у розробку інноваційного рішення (проект), грн.;

$n$  – термін протягом якого продукція реалізовуватиметься на ринку (термін функціонування проекту), років;

$t$  – відповідний рік функціонування проекту, в якому очікується прибуток, грн.

$$IRR_{MIN} = \sqrt[4]{\frac{748564,7 + 748564,7 + 748564,7 + 748564,7}{1114384,2}} - 1 = 0,28.$$

#### 4.6.3 Розрахунок терміну окупності

Термін окупності капітальних вкладень (або додаткових капітальних вкладень) розраховується за формулою:

$$T_o = \frac{\Delta K(K)}{П} \text{ [років]}, \quad (4.28)$$

де  $K$  – величина капітальних вкладень для розробки нової технології грн.,

$\Delta K$  – величина додаткових капітальних вкладень для модернізації технології, грн.,

$П$  – прибуток, отриманий виробником за 1 рік продажу продукції, виробленої з застосуванням нового технологічного процесу, грн.

$$T_o = \frac{1114384,2}{748564,7} = 1,49 \text{ (року)}.$$

#### 4.7 Висновки

В даному розділі визначено капітальні витрати на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У», які включають витрати на основну і додаткову заробітну плату розробників та робітників, амортизацію обладнання, витрати на електроенергію, матеріали тощо.

За результатами всіх розрахунків виявлено, що для впровадження удосконаленого технологічного процесу потрібно 1114384,2 грн. капітальних вкладень. Прибуток за рік виробника складе 748564,7 грн., термін окупності 1,49 року.

Отже, удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» доцільне для впровадження.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Аналіз умов праці

Деталь типу «Кришка насоса НШ32.У» виготовляється в механічному цеху, тому аналізуються умови, в яких вона виготовляється. При механічній обробці металів на металорізальних верстатах виникає ряд фізичних, хімічних, психофізіологічних і біологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів [17, 18].

Фізичні небезпечні чинники: рухомі частини виробничого устаткування, що пересуваються, вироби і заготовки; стружка оброблюваних матеріалів, уламки інструментів, висока температура поверхні оброблюваних деталей і інструмента; підвищена напруга в електромережі, при якій може відбутися замикання через тіло людини; підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони; високий рівень шуму і вібрації; недостатня освітленість робочої зони; наявність прямого і відбитого блиску; підвищена пульсація світлового потоку.

При відсутності засобів захисту запиленість повітряного середовища в зоні дихання при фрезеруванні крихких матеріалів може перевищувати гранично допустимі концентрації.

При роботі тупим ріжучим інструментом відбувається інтенсивне нагрівання внаслідок чого з змащувально-охолоджуючої речовини виділяються шкідливі гази, що є хімічним шкідливим виробничим фактором. Аерозоль нафтових масел, що входять до складу змащувально-охолоджувальних рідин (ЗОР), може викликати подразнення слизових оболонок верхніх дихальних шляхів, сприяти зниженню імунобіологічної реактивності.

До психофізіологічних шкідливих виробничих факторів процесів обробки матеріалів різанням можна віднести фізичні перевантаження при установці, закріпленні і зніманні деталей, перенапруження зору, монотонність праці.

## 5.2 Виробнича санітарія

В проектуваному приміщенні механічної дільниці виконуються роботи середньої важкості (категорія II б): енерговитрати від 200 до 250 ккал/год (232-293 Вт), робота виконується стоячи і пов'язана з ходьбою, перенесенням загострених інструментів, супроводжуються помірним фізичним навантаженням. Робота в позі стоячи призводить до швидкої втоми.

### 5.2.1 Мікроклімат

Відповідно ГОСТ 12.1.005-88 оптимальні і допустимі показники приведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Оптимальні і допустимі показники мікроклімату

| Період року | Категорія робіт | Температура, °С |       | Відносна вологість, % |       | Швидкість руху повітря, м/с |         |
|-------------|-----------------|-----------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------------|---------|
|             |                 | оптим.          | доп.  | оптим.                | доп.  | оптим.                      | доп.    |
| Холодний    | П6              | 17-19           | 15-21 | 40-60                 | 75    | 0,2                         | <0,4    |
| Теплий      | П6              | 20-22           | 16-27 | 40-60                 | 70-25 | 0,3                         | 0,2-0,5 |

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від відкритих джерел не повинна перевищувати 100 Вт/м<sup>2</sup> при опроміненні тіла до 25%. Це забезпечується тим, що працівникам видають спеціальний одяг, який захищає людину від теплового опромінення. Джерела інтенсивного теплового опромінення огорожуються захисними огорожами.

В приміщенні механічного цеху повинна бути встановлена система опалення на холодний період року, а саме: водяне опалення.

В виробничому цеху для нормального повітрообміну використовують вентиляцію механічного і природного типу.

### 5.2.2 Освітлення

Природне освітлення на ділянці є верхнє з боковим.

Нормування природного та штучного освітлення проводиться відповідно до СНіП II-4-79. Природне освітлення нормується:

- характеристика зорової роботи: робота дуже високої точності;
- найменший розмір об'єкту розрізнення: від 0,15 до 0,3 мм;
- розряд зорової роботи: II б;
- вид природного освітлення: бокове;
- КПОн = 2,5% (для суміщеного освітлення КПОн = 1,5%);
- пояс світлового клімату – 4 (північніше 50° широти), коефіцієнт світового клімату  $m = 0,9$ ;
- так як вікна орієнтовані на північ і південь, то азимут 90, звідки коефіцієнт сонячності  $c = 0,75$ ;
- нормоване значення КПО для даного поясу світлового клімату – 1,0125%.

Штучного освітлення – освітленість при загальному освітленні повинна дорівнювати 750 лк, при комбінованому 3000 лк.

На верстатах використовуємо для місцевого освітлення лампи розжарювання.

### 5.2.3 Шум

Шум має великий вплив на працездатність людини. Джерелами шуму на розглядає мій ділянці є працююче обладнання, шум з сусідніх ділянок та шум автотранспорту.

Для постійних робочих місць у виробничих приміщеннях і території підприємства допустимі рівні звукового тиску згідно СНіП-3223-85 наведені у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Допустимі рівні звукового тиску

| Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах з середньо герметичними частотами, Гц |    |     |     |     |      |      |      |      | Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА |
|--|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|---|
| 31,5   | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |   |
| 107  | 95 | 82  | 82  | 78  | 75   | 73   | 71   | 69   | 80  |

Для зниження шуму у виробничих приміщеннях застосовують різні методи: зменшення рівня шуму в джерелі його виникнення; звукопоглинання і звукоізоляція; установка глушників шуму; раціональне розміщення обладнання; застосування засобів індивідуального захисту.

### 5.2.4 Вібрації

В механічному цеху має місце локальна вібрація, яка передається через руки робітнику, що працює за верстатом.

По часовій характеристиці – вібрація непостійна. По направленню дії вібрація відноситься до направленої вздовж осі передпліччя. Санітарні норми спектральних показників вібраційного навантаження на оператора верстату відповідно до ГОСТ 12.1.012 – 90 вказані в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Санітарні норми спектральних показників вібраційного навантаження на оператора верстата

| Категорія вібрацій по санітарним нормам і критерії оцінки | Характеристика умов праці   | Джерела вібрації        |
|---|---|-------------------------|
| 3 тип «а»   | Технологічні вібрації діючі на операторів стаціонарного обладнання або що передаються на робочі місця, які не мають джерел вібрації | Металорізальні верстати |

Таблиця 5.4 – Санітарні норми одностипних показників вібраційного навантаження на оператора

| Вид вібрації | Категорія вібрації по санітарним нормам | Напрямок дії                                     | Нормативні і кореговані по частоті та еквівалентні кореговані значення |           |                |           |
|--------------|---|--|--|-----------|----------------|-----------|
|              |   |  | Вібраційне прискорення   |           | Віброшвидкість |           |
|              |   |  | м/с <sup>2</sup>   | рівень дБ | м/с            | рівень дБ |
| Локальна     | 3 тип "а"                               | Z <sub>0</sub> , X <sub>0</sub> , Y <sub>0</sub> | 2,0  | 126       | 2,0            | 112       |
| Загальна     |   |  | 0,1  | 100       | 0,2            | 92        |

Заходи щодо захисту від вібрацій поділяються на технічні, організаційно-технічні, лікувально-профілактичні.

Технічні заходи полягають у зниженні вібрації в джерелі її виникнення та зменшенні вібрації на шляхах її поширення від джерела.

Зменшення вібрації в джерелі її виникнення досягається шляхом застосування таких кінематичних та технологічних схем, які усувають чи мінімально знижують дію динамічних сил. Так, вібрація послаблюється при

заміні кулачкових та кривошипних механізмів на механізми, що обертаються з рівномірною швидкістю, механічних приводів – на гідравлічні та ін. Зменшення вібрації досягається також статичним та динамічним зрівноважуванням механізмів та об'єктів, що обертаються.

Контакту працівника з віброоб'єктом, а відтак і шкідливої дії вібрації можна уникнути шляхом використання дистанційного керування, автоматичного контролю та сигналізації, а також застосування захисного огороження. Якщо цього досягти неможливо, то необхідно при контакті працівника з віброоб'єктом домогтися зменшення параметрів вібрації на шляху її поширення від джерела змушувальної сили. Цього можна досягти за допомогою вібропоглинання, віброгасіння та віброізоляції.

### 5.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

З метою захисту працівника від можливого отримання травм, пов'язаних з виділенням металічних частинок (стружки, осколків інструмента при його поломці), а також з розбризкуванням змащувально-охолоджувальної рідини при роботі на верстаті, передбачається індивідуальний захист працюючого – наявність захисного екрану, захисних окулярів. Робоче місце верстатника повинно бути закрито екраном для запобігання вилітання частинок стружки і уламків інструменту.

#### 5.3.1 Електробезпека

Експлуатація більшості машин в механічному цеху пов'язана з використанням електричної енергії.

По степеню ураження електричним струмом механічний цех належить до приміщень з підвищеною небезпекою ураження людей електричним струмом тому що підлога бетонна, тобто струмоведуча.

В цілях захисту робочих проводять організаційні міри, такі як проведення інструктажів по техніці безпеки (ввідного, первинного, при необхідності повторного – позапланового, цільового), нанесення символів і інших запобіжних надписів на електроустановках. Верстат підключений до трифазного



чотирьохпровідного джерела з заземленою нейтраллю змінного струму напругою 220/380 В, тому згідно ГОСТ 12-1-030-81, необхідно використовувати занулення.

Корпус будь-якої електроустановки необхідно заземлювати. Послідовне включення в провідник, що заземлює декілька апаратів, забороняється.

Виконаємо розрахунок занулення обладнання на відключаючу здатність, які живляться від 3-х фазної мережі 380/220 В. Номінальна потужність 35 кВт. Загальне навантаження мережі  $P_{НС} = 8$  кВт. Автоматичний захист – С. Для електродвигуна  $I_{п}/I_{н} = 12$ .

Максимальний струм спрацювання розцеплювача відстоюється від максимального струму лінії  $I_{ср} > 1,25 \cdot 67,2 = 84$  (А). Вибираємо автоматичний вимикач марки АЕ2056-М100.

Визначаємо значення активних опорів фазних проводів

$$R_{\phi} = \rho_{\text{м}} \cdot \frac{l_1}{S_{1\phi}} \text{ [Ом]},$$

де  $\rho_{\text{м}} = 0,018$  Ом-мм/м – питомий опір міді.

$$R_{\phi} = 0,018 \cdot \frac{100}{3} = 0,6 \text{ (Ом)}.$$

Приймаємо значення індуктивного опору внутрішньої лінії  $x = 0,3$  Ом/км. Тоді індуктивний опір петлі «фаза – нуль»:

$$x_{\text{н}} = 2 \cdot x \cdot l_k = 2 \cdot 0,3 \cdot 0,1 = 0,06 \text{ (Ом)}.$$

Враховуючи вимоги ПУЕ, що  $R_{\text{н}} < 2 R_{\phi}$ , приймаємо переріз кульового проводу з міді  $S_{\text{н}} = 2,5$  мм<sup>2</sup>. Значення активного опору нульового проводу

$$R_{\text{н}} = 0,018 \cdot \frac{100}{2,5} = 0,77 \text{ (Ом)}.$$

Знаходимо комплексний опір петлі (фаза – нуль)

$$Z_H = \sqrt{(R_H + R_\phi)^2 + x_H^2} = \sqrt{(0,36 + 0,6)^2 + 0,06} = 1,32 \text{ (Ом)}.$$

Струм короткого замикання

$$I_{кз} = \frac{U_\phi}{Z + I_3 + Z_H} = \frac{220}{0,025 + 0,96} = 223 \text{ (А)}.$$

Перевірка виконання умови:  $I_{кз}/I_H = 223/51,3 = 4,3$ .

Умова  $I_{кз} = kI_H$  виконується (для автоматичних вимикачів з номінальним током  $I_H < 100$  А, що гарантує спрацювання захисту).

#### 5.4 Пожежна безпека

Дільниця по небезпеці виникнення пожежі відноситься до категорії «Д» - виробництво, яке пов'язане з обробкою незгораємих речовин і матеріалів у холодному стані.

Ступінь вогнестійкості будівлі – III – будівля з несучими і відгороджуючими конструкціями з природних та штучних матеріалів, несучі конструкції важкозгораємі.

Мінімальні межі вогнестійкості (в чисельнику) та максимальні межі розповсюдження вогню (в знаменнику) по СНіП 2.01.02-85 див. таблицю 5.5.

Таблиця 5.5 – Мінімальні межі розповсюдження та максимальні межі розповсюдження вогню

| Ступінь вогнестійкості | Стіни  |             |                      |                  | Колони | Драбинні площадки | Плити, настили, інш. | Плити, Балки, настили, ферми |              |
|------------------------|--------|-------------|----------------------|------------------|--------|-------------------|----------------------|------------------------------|--------------|
|                        | несучі | Само-несучі | Зовні несучі         | Внутрішні несучі |        |                   |                      | Плити, настили               | Балки, ферми |
| III                    | 2<br>0 | 1<br>0      | 0,25...0,5<br>0...40 | 0.25<br>40       | 2<br>0 | 1<br>0            | 0,75<br>0            | 0,25<br>н.н.                 | н.н.<br>н.н. |

Примітка: н.н. – не нормується.

Ступінь вогнестійкості, допустиме число поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку.

Таблиця 5.6 – Ступінь вогнестійкості, допустиме число поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку

| Категорія виробництва | Допустима кількість поверхів | Ступінь вогнестійкості будівлі | Площа в межах пожежного відсіку, м <sup>2</sup> |                 |            |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|---|-----------------|------------|
|                       |                              |                                | Одноповерхові                                   | Багатоповерхові |            |
|                       |                              |                                |   | 2 поверхи       | 3 і більше |
| Д                     | 3                            | III                            | 7800  | 6500            | 4500       |

Таблиця 5.7 – Типи пожежних перешкод

| Ступінь вогнестійкості будівлі | Протипожежні перешкоди  | Типи протипожежних перешкод | Мінімальні межі вогнестійкості перешкод, год |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------------------|--|
| III                            | Протипожежні стіни      | 1                           | 0,25   |
|                                | Протипожежні перешкоди  | 2                           | 0,25   |
|                                | Протипожежні перекриття | 2                           | 1  |

На випадок виникнення пожежі повинна бути передбачена евакуація людей. Кількість еваковиходів – не менше 2.

Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого еваковиходу для виробництва категорії Д не нормується.

Заходи проти виникнення пожежі, застосовані на ділянці: зберігання промаслених ганчірок, стружки у спеціально встановлених скриньках і захист провідників від короткого замикання та перевантаження – плавкі запобіжники.

Засоби пожежогасіння: протипожежний щит з ящиком з піском та лопатою; пінний вогнегасник ОВП-5; порошковий вогнегасник ОП-5; багри; ломи; сокири; пожежні відра; пожежні крани.

## 5.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях

### 5.5.1 Дія іонізуючих випромінювань на людей

Організм людини, рослинний і тваринний світ постійно зазнають дії іонізуючого випромінювання, яке складається з природної (космічне випромінювання, випромінювання радіоактивних газів з верхніх шарів земної кори) і штучної (рентгенівські апарати, телевізійні прилади, радіоізотопи, атомоходи, атомні електростанції, ядерні випробування) радіоактивності.

Усі джерела радіоактивного випромінювання становлять так званий

природний радіаційний фон, під яким розуміють дозу іонізуючого випромінювання, що складається з космічного випромінювання, випромінювання природних радіонуклідів, які знаходяться у верхніх шарах Землі, приземній атмосфері, продуктах харчування, воді та організмі людини.

Радіоактивні речовини потрапляють у повітря, ґрунти, ріки, озера, моря, океани, а звідти поглинаються рослинами, рибами, тваринами і молюсками. Через листя і коріння радіоактивні речовини потрапляють у рослини, а потім в організм тварин і з продуктами рослинного та тваринного походження, з водою – в організм людини. При вивченні дії випромінювання на організм людини встановлено такі особливості:

- навіть незначна кількість поглиненої енергії випромінювання спричинює глибокі біологічні зміни в організмі;
- наявність прихованого (інкубаційного) періоду дії іонізуючого випромінювання;
- випромінювання має генетичний ефект;
- органи живого організму мають різну чутливість до випромінювання;
- окремі організми неоднаково реагують на опромінювання;
- опромінювання залежить від частоти, одноразове опромінювання у великій дозі спричинює більш глибокі зміни.

Радіоактивні речовини потрапляють в організм людини при вдиханні зараженого повітря, із зараженою їжею чи водою, крізь шкіру, відкриті рани. Проникненню радіоактивних забруднень крізь шкіру і рани можна запобігти, дотримуючись певних заходів захисту.

Основним джерелом опромінювання людини є радіоактивні речовини, які потрапляють з їжею. Ступінь небезпеки забруднення радіонуклідами залежить від частоти вживання забруднених радіоактивними речовинами продуктів, а також від швидкості виведення їх з організму. Якщо радіонукліди, які потрапили в організм, однотипні з елементами, що споживає людина з їжею (натрій, калій, хлор, кальцій, залізо, марганець, йод та ін.), то вони швидко виводяться з організму разом з ними.

### 5.5.2 Розрахунок режимів радіаційного захисту

Визначимо можливу дозу опромінення в заданих умовах радіаційного забруднення, які будуть працювати у звичайному режимі (2 зміни по 12 год.)

$$D_m = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_n^3})}{K_{\text{noc}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot (\sqrt[4]{13^3} - 1)}{8} = 1,16 \text{ мР},$$

де  $t_n=1$  год. – час початку роботи після радіоактивного забруднення;

$t_k=1+12=13$  год. – час завершення роботи першої робочої зміни після радіоактивного забруднення;

$p_{1\max}=1,25$  мР/год. – рівень радіації через одну годину після радіоактивного забруднення;

$K_{\text{noc}}=8$  – коефіцієнт послаблення радіації виробничим приміщенням.

Визначимо граничне значення рівня радіації, при якому можлива робота в звичайному режимі

$$p_{\text{гр}} = \frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{noc}}}{1,33 \cdot (\sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_n^3})} = \frac{0,75 \cdot 8}{1,33 \cdot (\sqrt[4]{13^3} - \sqrt[4]{1^3})} = 0,77 \text{ мР/год.}$$

Можлива доза опромінення  $D_m > D_{\text{доп}}$  ( $1,16 > 0,75$ ) та рівень радіоактивного забруднення  $p_{1\max} > p_{\text{гр}}$  ( $1,2 > 0,77$ ) перевищують допустимі норми. Для продовження виробничої діяльності об'єкта необхідно введення в дію режимів радіаційного захисту.

Розрахунок режимів радіаційного захисту проведемо в такій послідовності.

Визначаємо час початку роботи першої зміни, для цього знаходимо коефіцієнт  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{noc}}}{1,33 \cdot p_{1\max}} = \frac{0,75 \cdot 8}{1,33 \cdot 1,25} = 3,75.$$

Згідно довідникових даних час початку роботи першої скороченої зміни  $t_n=1$  год.

Для 1-ї скороченої зміни:  $t_{n1} = 1$  год.

Час закінчення роботи зміни

$$t_{k1} = \left( \frac{D_{дон} \cdot K_{нос} + 1,33 \cdot p_{1max} \cdot \sqrt[4]{t_{n1}^3}}{1,33 \cdot p_{1max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left( \frac{0,75 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{1^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 7,96 \approx 7,5 \text{ год.}$$

Тривалість роботи зміни  $t_{p1} = t_{k1} - t_{n1} = 7,5 - 1 = 6,5$  год.

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{m1} = \frac{1,33 \cdot p_{1max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k1}^3} - \sqrt[4]{t_{n1}^3})}{K_{нос}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot (\sqrt[4]{7,5^3} - \sqrt[4]{1^3})}{8} = 0,72 \text{ мР.}$$

Для 2-ї зміни:  $t_{n2} = t_{n1} + t_{p1} = 1 + 6,5 = 7,5$  (год.)

Час закінчення роботи зміни

$$t_{k2} = \left( \frac{D_{дон} \cdot K_{нос} + 1,33 \cdot p_{1max} \cdot \sqrt[4]{t_{n2}^3}}{1,33 \cdot p_{1max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left( \frac{0,75 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{7,5^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 16,6 \approx 16,5 \text{ год.}$$

Тривалість роботи зміни  $t_{p2} = t_{k2} - t_{n2} = 16,5 - 7,5 = 9$  (год.)

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{m2} = \frac{1,33 \cdot p_{1max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k2}^3} - \sqrt[4]{t_{n2}^3})}{K_{нос}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot (\sqrt[4]{16,5^3} - \sqrt[4]{7,5^3})}{8} = 0,72 \text{ мР.}$$

Для 3-ї зміни:  $t_{n3} = t_{n2} + t_{p2} = 7,5 + 9 = 16,5$  (год.)

Час закінчення роботи зміни

$$t_{k3} = \left( \frac{D_{дон} \cdot K_{нос} + 1,33 \cdot p_{1max} \cdot \sqrt[4]{t_{n3}^3}}{1,33 \cdot p_{1max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left( \frac{0,75 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{16,5^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 27,05 \approx 27 \text{ год.}$$

Тривалість роботи зміни  $t_{p3} = t_{k3} - t_{n3} = 27 - 16,5 = 10,5$  (год.)

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{m3} = \frac{1,33 \cdot p_{1max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k3}^3} - \sqrt[4]{t_{n3}^3})}{K_{нос}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot (\sqrt[4]{27^3} - \sqrt[4]{16,5^3})}{8} = 0,746 \text{ мР.}$$

Для 4-ї зміни:  $t_{п4} = t_{п3} + t_{р3} = 16,5 + 10,5 = 27$  (год.)

Час закінчення роботи зміни

$$t_{к4} = \left( \frac{D_{дон} \cdot K_{нос} + 1,33 \cdot P_{1max} \cdot \sqrt[4]{t_{п4}^3}}{1,33 \cdot P_{1max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left( \frac{0,75 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{27^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 38,93 \approx 39 \text{ год.}$$

Тривалість роботи зміни  $t_{р4} = t_{к4} - t_{п4} = 39 - 27 = 12$  (год.)

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{м4} = \frac{1,33 \cdot P_{1max} \cdot (\sqrt[4]{t_{к4}^3} - \sqrt[4]{t_{п4}^3})}{K_{нос}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot (\sqrt[4]{39^3} - \sqrt[4]{27^3})}{8} = 0,76 \text{ мР.}$$

Роботу в дві зміни на підприємстві можна буде розпочинати через 16,5 год. після радіоактивного забруднення. Для захисту працівників в таких умовах роботи доцільно вжити таких заходів: незайнятих на виробництві працівників евакуювати; забезпечити працівників засобами індивідуального захисту; систематично проводити прибирання у виробничих приміщеннях; провести герметизацію виробничого приміщення та встановити протипилові фільтри у вентиляційну систему; провести йодну профілактику персоналу; максимально обмежити пересування працівників по відкритій місцевості.

## 5.6 Висновки

В розділі проаналізовано умови праці на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У», проаналізовано умови праці на дільниці, розглянуто організаційно-технічні рішення з гігієни праці, виробничої санітарії, забезпечення безпечної роботи та розраховано режими радіаційного захисту об'єкта господарювання.

## ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У». Для удосконалення використано сучасне автоматизоване обладнання – верстати з ЧПК, що дозволило скоротити кількість операцій технологічного процесу механічної обробки до двох, скоротити кількість необхідних верстатів, працюючих, виробничі площі, забезпечивши при цьому необхідну якість деталі, суттєво зменшивши час обробки, а значить і собівартість обробки. При виконанні роботи поставлено і виконано такі завдання.

1. В розділі огляду технології виготовлення деталі типу «Кришка» проведено аналіз типових технологічних процесів, базового технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У», оцінені їх позитивні сторони, внесені пропозиції щодо удосконалення технологічного процесу механічної обробки розглядуваної заготовки деталі.

2. Запропоновано два варіанта виготовлення заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У», а саме лиття в кокіль та лиття під тиском. Проведені дослідження з використанням 3D-моделювання показали, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям під тиском, оскільки коефіцієнт точності маси заготовки при литті під тиском більший ніж при литті в кокіль, а також вартість заготовки при цьому складає 45,31 грн., що менше у порівнянні з литтям в кокіль – 176,75 грн.

3. Розроблено два варіанта удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» з використанням високопродуктивних верстатів з ЧПК. Проведено їх техніко-економічне порівняння, вибрано за мінімумом приведених витрат кращий варіант. Проведені розрахунки припусків, режимів різання, норм часу на операції.

4. Для удосконаленого маршруту механічної обробки спроектовано дільницю механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи дільниці в великосерійному виробництві, яка складає 60070 шт.; дільниця



механічної обробки повинна містити 3 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 3 чол., всього працівників на дільниці – 7 чол.

5. Проведені економічні розрахунки, які підтвердили доцільність впровадження удосконаленої технології та дільниці механічної обробки заготовки деталі «Кришка насоса НШ32.У», визначені капітальні вкладення – 1114384,2 грн., одержаний прибуток – 748564,7 грн., термін окупності вкладень – 1,49 року.

6. В МКР розроблені заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У».

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учебное пособие / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – М. : ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
2. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. В. Савуляк, О. В. Сердюк. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 148 с.
3. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
4. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні : навчальний посібник / В. В. Кавецький, В. О. Козловський. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 100 с.
5. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський, С. В. Дусанюк. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 199 с.
6. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку : ГОСТ 26645-85. – [Чинний від 1987-07-01] М. : Изд-во стандартов, 1987. – 53 с.
7. Обработка металлов резанием. Справочник технолога. / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988. – 736 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 1 / В. Б. Борисов, Е. И. Борисов, В. Н. Васильев [и др.]; под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – 656 с.
9. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 2 / Ю. А. Абрамов, В. Н. Андреев, Б. И. Горбунов [и др.]; под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – 496 с.
10. О. В. Дерібо Основи технології машинобудування. Частина 2.

Практикум : навчальний посібник / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 116 с.

11. Мельников Г. Н. Проектирование механосборочных цехов. Учебник для студентов машиностроит. специальностей вузов / Г. Н. Мельников, В. П. Вороненко ; под ред. А. М. Дальского. – М. : Машиностроение, 1990. – 352 с.

12. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с программным управлением. Часть I. Нормативы времени. – М. : Экономика, 1990. – 206 с.

13. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с программным управлением. Часть II. Нормативы режимов резания. – М. : Экономика, 1990. – 473 с.

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

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

16. Використання 3D-моделювання заготовок деталей машин для визначення показників їх ефективності та вибору оптимального варіанту [Електронний ресурс] / Л. Г. Козлов, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, А. М. Збегерський // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2020)», м. Вінниця, 01-15 травня 2020 р. – 2020.

17. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» в дипломних проектах і роботах студентів технічних спеціальностей / Уклад. І. В. Віштак. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 45 с.

18. Охорона праці: навчальний посібник / За ред. В. Кучерявого. – Львів : Оріяна-Нова, 2007. – 368 с.

## ДОДАТКИ

Додаток А

ВНТУ

ПОГОДЖЕНО

\_\_\_\_\_

Керівник або заступник

\_\_\_\_\_

Назва підприємства або установи

\_\_\_\_\_

Підпис

Ініціали та прізвище

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ ТАМ

Назва кафедри (скорочено)

\_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Л. Г. Козлов

Підпис

Науковий ступінь, наукове звання

ініціали та прізвище

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ  
на магістерську кваліфікаційну роботу

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ  
ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА НАСОСА НШЗ2.У»

08-26.МКР.009.00.000 ТЗ

Керівник роботи: д.т.н., проф. каф. ТАМ

Козлов Л. Г. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ р.

Виконавець: ст. гр. 1ПМ-18м  
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Збегерський А. М. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ р.

## **1 Підстави для виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)**

а) актуальність розробки обумовлена тим, що в сучасних умовах розвитку машинобудівної галузі необхідно приймати прогресивні інженерні рішення при проектуванні технологічних процесів механічної обробки деталей виробів з метою забезпечення їх точності, надійності, довговічності, економічності;

б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

## **2 Мета і призначення МКР**

а) мета – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У», що базується на використанні сучасних підходів до вибору прогресивного, оптимального способу виготовлення заготовки деталі, який дозволяє суттєво зменшити матеріаломісткість, об'єм послідувочої механічної обробки, удосконалити технологію, застосувавши автоматизоване обладнання, принцип концентрації операцій при мінімальній кількості верстатів, працюючих, площ із забезпеченням високої якості оброблюваних деталей, зменшенні технологічної собівартості виконання операцій і собівартості продукції в цілому;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

**3 Джерела розробки:** завдання на МКР, дане технічне завдання, довідникова та технічна література, існуючий аналог.

## **4 Вхідні дані для виконання МКР**

При виконанні МКР в якості вхідних даних було задано:

- деталь типу «Кришка насоса НШ32.У»;
- річна програма випуску розрахункового представника – 8500 шт.;
- приведена програма – 60070 шт.;
- матеріал деталі – сплав АК12М2 ДСТУ 2839-94;
- серійність виробництва – великосерійне;
- необхідність розгляду альтернативних варіантів виготовлення заготовки деталі та вибору найбільш оптимальної;
- необхідність проектування альтернативних варіантів технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Кришка насоса НШ32.У» на базі автоматизованого обладнання з вибором оптимального варіанту.

## **5 Вимоги до виконання МКР**

МКР повинна бути виконана в задані терміни згідно завдання, затвердженого кафедрою ТАМ та замовником (якщо тема виконана за завданням підприємства).

При виконанні МКР забезпечити прийняття прогресивних інженерних рішень, що забезпечать досягнення поставленої мети.

Магістерська кваліфікаційна робота повинна складатися з 2-х частин:

1-а частина – розрахунково-пояснювальна записка;

2-а частина – графічна.

Склад кожного розділу (частини) наведений у рекомендованому змісті та основних вимогах до оформлення МКР, розроблених та затверджених кафедрою технологій та автоматизації машинобудування (ТАМ) Вінницького національного технічного університету (ВНТУ).

### **6 Етапи та стадії розробки**

Магістерська кваліфікаційна робота складається з 4 основних частин:

- спеціальна;
- економічна частина;
- охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях;
- графічна.

На кожну частину, завдання видає викладач відповідної кафедри, контролює процес роботи та візує виконану роботу підписом у бланку завдання на магістерську кваліфікаційну роботу.

| № етапу | Назва етапу  | Термін виконання |             | Очікувані результати                      |
|---------|--|------------------|-------------|---|
|         |  | початок          | кінець      |   |
| 1       | Основні теоретичні та практичні дослідження проведені попередниками  | 02.09.19 р.      | 22.10.19 р. | Формування задачі досліджень, розділ 1 ПЗ |
| 2       | Огляд технології виготовлення деталі типу «Кришка»   | 02.09.19 р.      | 22.10.19 р. | Об'єкт дослідження, розділ 1              |
| 3       | Спеціальна частина<br>Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У».<br>Розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» | 04.10.19 р.      | 28.11.19 р. | розділ 2, 3 публікація результатів        |
| 4       | Підготовка економічної частини   | 04.10.19 р.      | 02.12.19 р. | розділ 4, апробація                       |
| 5       | Підготовка розділу з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях   | 04.10.19 р.      | 02.12.19 р. | розділ 5                                  |
| 6       | Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації  | 04.10.19 р.      | 02.12.19 р. | пояснювальна записка                      |

Загальне керівництво магістерською кваліфікаційною роботою здійснює викладач випускної кафедри, він же керує виконанням спеціальної частини.

**7 Економічні показники:** термін окупності; мінімальна ціна; річна потреба в продукції; економічна перевага в порівнянні з іншими.

### **8 Матеріали, що подаються до захисту МКР**

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстративні матеріали, відгук наукового керівника, рецензія.

### **9 Порядок контролю виконання та захисту МКР**

Виконання етапів графічної та розрахункової документації МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, яка затверджена наказом ректора.

### **10 Вимоги до оформлення МКР**

Вимоги викладені в «Положенні про порядок підготовки магістрів у Вінницькому національному технічному університеті» з урахуванням змін, що подані у бюлетені ВАК України № 9-10, 2011 р.

### **11 Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом**

Відсутні.



Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту

ЗАТВЕРЖДУЮ  
керівник МКР: д.т.н., професор каф. ТАМ

\_\_\_\_\_ Козлов Л. Г.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ р.

**Технічне завдання**

на удосконалення технологічного процесу та дільниці механічної обробки

**Найменування та область застосування**

Удосконалений технологічний процес та дільниця механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» призначена для механічної обробки поверхонь деталі згідно з кресленням, а також забезпечувати вимоги до точності деталі, що вказані в розділі «Технічні вимоги».

Дільниця механічної обробки повинна відповідати умовам безпечної роботи, передбаченими ГОСТ 12.2.029-77. Обладнання дільниці передбачається експлуатувати в приміщенні механоскладального цеху.

**Підстава для проектування**

Проектування дільниці механічної обробки деталі і удосконалення існуючого ТП механічної обробки на підставі технічного завдання до МКР, складеного керівником і затвердженого кафедрою ТАМ.

**Мета і призначення розробки**

Метою МКР є удосконалення існуючого базового ТП механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» і проектування дільниці механічної обробки на базі сучасних технологій, обладнання і на основі наукової організації праці.

**Джерела розробки**

- Дійсне технічне завдання.
- Креслення деталі і заготовки.
- Базова маршрутна технологія механічної обробки деталі «Кришка насоса НШ32.У».
- Єдина система конструкторської та технічної документації.
- Загальні правила по розробці технологічних процесів вибір засобів технологічної оснастки згідно ГОСТ 14.301-83.

**Технічні показники**

Вхідні дані для проектування дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У»:

- річний об'єм випуску деталей –  $N_p = 8500$  шт.;
- маса деталі –  $m_d = 0,47$  кг;
- матеріал заготовки – сплав АК12М2 ДСТУ 2839-94.

Технічні вимоги на деталь вказані в робочому кресленні, що додається до дійсного технічного завдання.

Виробнича дільниця служить для розміщення на ній верстатів, транспортних ліній, завантажувальних пристроїв, пристосувань та іншого допоміжного обладнання.

Верстати в лінії повинні бути розташовані у відповідності з технологічним процесом механічної обробки.

Дільниця повинна бути спроектована відповідно до вимог безпеки праці і пожежної безпеки.

Вимоги до забезпеченості використання дільниці механічної обробки, спроектованої на основі розробленого технологічного процесу

Спроектована дільниця механічної обробки повинна передбачати безпечність праці. Верстати, та пристосування на дільниці мають бути розташовані таким чином, щоб вони не заважали роботі працівників, тобто рухомі елементи верстатів (затискні ручки, захисні щити, які відокремлюють працівника від небезпечних зон верстатів) не повинні перекривати зону руху працівників. Проходи між верстатами повинні бути спроектовані з врахуванням того, що там можуть бути тимчасові склади для заготовок та напівфабрикатів, та візків, які транспортують заготовки в процесі обробки деталей, але це не повинно заважати рухатись робітнику.

Умови експлуатації, вимоги до технічного обслуговування і ремонту

Дільниця механічної обробки має цехову ремонтну базу і технічне обслуговування та ремонт здійснювати згідно правил ППР. Кінцеву підналадку і регулювання виконувати після обробки пробних заготовок.

Економічні показники.

До економічних показників входять:

- термін окупності;
- собівартість одиниці продукції;
- величина капітальних вкладень;
- економічна перевага в порівнянні з іншими.

Стадії та етапи розробки.

Зміст розділів МКР і терміни їх виконання згідно дійсного ТЗ і положення кафедри по оцінці рівня і ритмічності виконання роботи.

## Додаток Б

Графічна частина

## **Мета і завдання дослідження**

**Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)** – Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У».

**Мета** – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У», що базується на використанні сучасних підходів до вибору прогресивного, оптимального способу виготовлення заготовки деталі, який дозволяє суттєво зменшити матеріаломісткість, об'єм послідувочої механічної обробки, удосконалити технологію, застосувавши автоматизоване обладнання, принцип концентрації операцій при мінімальній кількості верстатів, працюючих, площ із забезпеченням високої якості оброблюваних деталей, зменшенні технологічної собівартості виконання операцій і собівартості продукції в цілому.

Для досягнення поставленої мети повинні бути вирішені наступні **завдання**:

- провести огляд технології виготовлення деталі типу «Кришка»;
- на основі робочого креслення деталі виконати якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- встановити тип виробництва та форму організації роботи;
- вибрати метод та оптимальний спосіб виготовлення заготовки, виконавши відповідне техніко-економічне обґрунтування;
- вибрати методи обробки поверхонь деталі «Кришка насоса НШ32.У»;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- розробити удосконалені варіанти маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У»;
- вибрати кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;
- провести розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки деталі;
- розрахувати режими різання;
- виконати нормування операцій технологічного процесу;
- встановити приведену програму виробів;
- розрахувати кількість обладнання та працюючих, що необхідні для забезпечення механічної обробки деталі;
- провести розрахунок економічної доцільності впровадження удосконаленого ТП;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес виготовлення деталей типу «Кришка».

**Предмет дослідження** – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У».

## Наукова новизна, практичне значення одержаних результатів

**Наукова новизна одержаних результатів.** Дістала подальший розвиток методика використання 3D-моделювання заготовок деталі «Кришка насоса НШ32.У» для визначення показників їх ефективності та вибору оптимального варіанту.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» на базі використання сучасних підходів до вибору найбільш доцільного, прогресивного способу виготовлення заготовки, що забезпечує високу точність і, відповідно, зменшує об'єм послідовуючої механічної обробки, застосування автоматизованого обладнання, яке дозволяє звести об'єм ручної роботи до мінімуму або повністю її виключити, гарантуючи при цьому якість продукції, підвищення продуктивності праці, зниження собівартості. При цьому запропоновані такі рішення:

- варіантним вибором встановлено, що найбільш доцільними способами виготовлення заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» є лиття в кокіль та лиття під тиском. Проведені дослідження з використанням 3D-моделювання показали, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям під тиском, оскільки коефіцієнт точності маси заготовки при литті під тиском більший ніж при литті в кокіль, а також вартість заготовки при цьому складає 45,31 грн., що менше у порівнянні з литтям в кокіль – 176,75 грн.;

- розроблено удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка насоса НШ32.У» з використанням високоефективних верстатів з ЧПК; техніко-економічний аналіз показав, що впровадження удосконаленого технологічного процесу в виробництво є економічно доцільним;

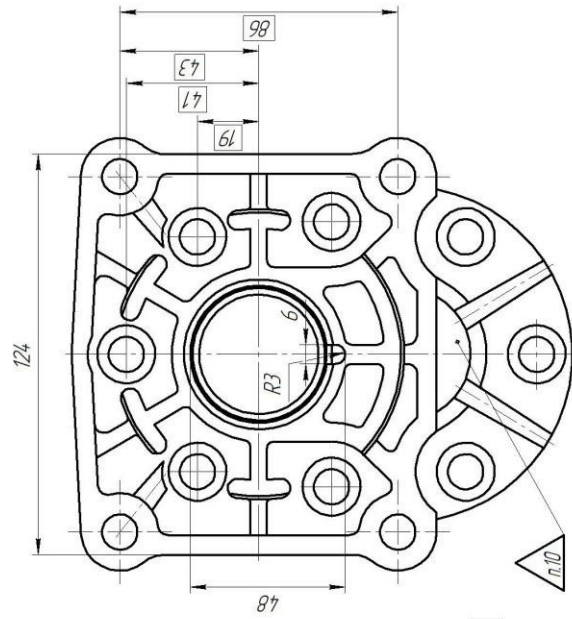
- для удосконаленого маршруту механічної обробки спроектовано дільницю механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи дільниці в великосерійному виробництві, яка складає 60070 шт.; дільниця механічної обробки повинна містити 3 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 3 чол., всього працівників на дільниці – 7 чол.

**Апробація результатів роботи.** Основні положення і результати роботи доповідалися й обговорювалися на конференції: Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2020)». – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2020> (м. Вінниця, ВНТУ, 01-15 травня 2020 р.)

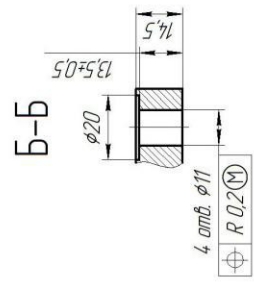
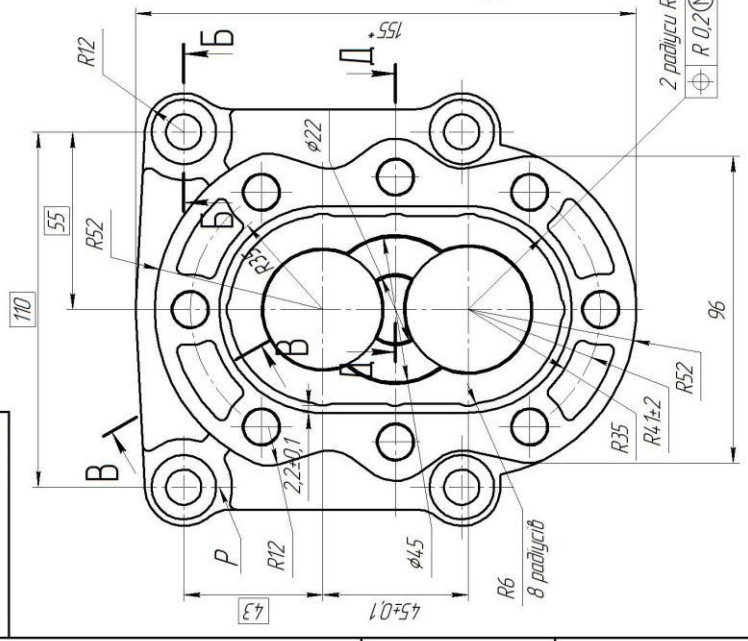
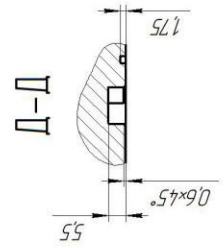
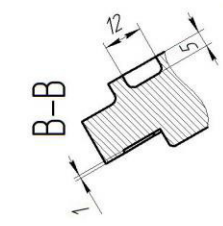
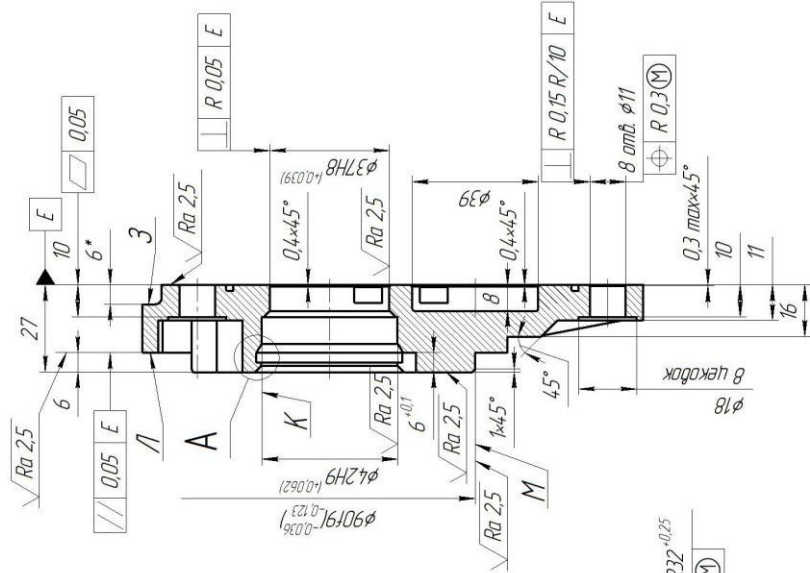
**Публікації.** Оpubліковано тезу доповіді:

- Використання 3D-моделювання заготовок деталей машин для визначення показників їх ефективності та вибору оптимального варіанту [Електронний ресурс] / Л. Г. Козлов, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, А. М. Збегерський // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2020)», м. Вінниця, 01-15 травня 2020 р. – 2020.

$\sqrt{Ra\ 6,3}$



1. Виллибок по ДСТУ 3015-95, точність виллика - 5-5-5-5 ГОСТ 26645-85.
2. Загальна пористість повинна дити не вище сталюну №2 шкали пористості, а зональна - не вище сталюну №3 шкали пористості по ДСТУ 3015-95.
3. 80...105 НВ.
4. Невказані ливарні радіуси до 3 мм, нахили - 2°.
5. \* Розміри для довідок.
6. Невказані граничні відхилення розмірів Н14, н14, ±2.
7. На поверхнях 3, К, М і Л механічні пошкодження і ливарні дефекти не допускаються.
8. Поверхні Р - базові, зливи не допускаються.
9. Клеймувати знак, що засвідчує якість виробу.



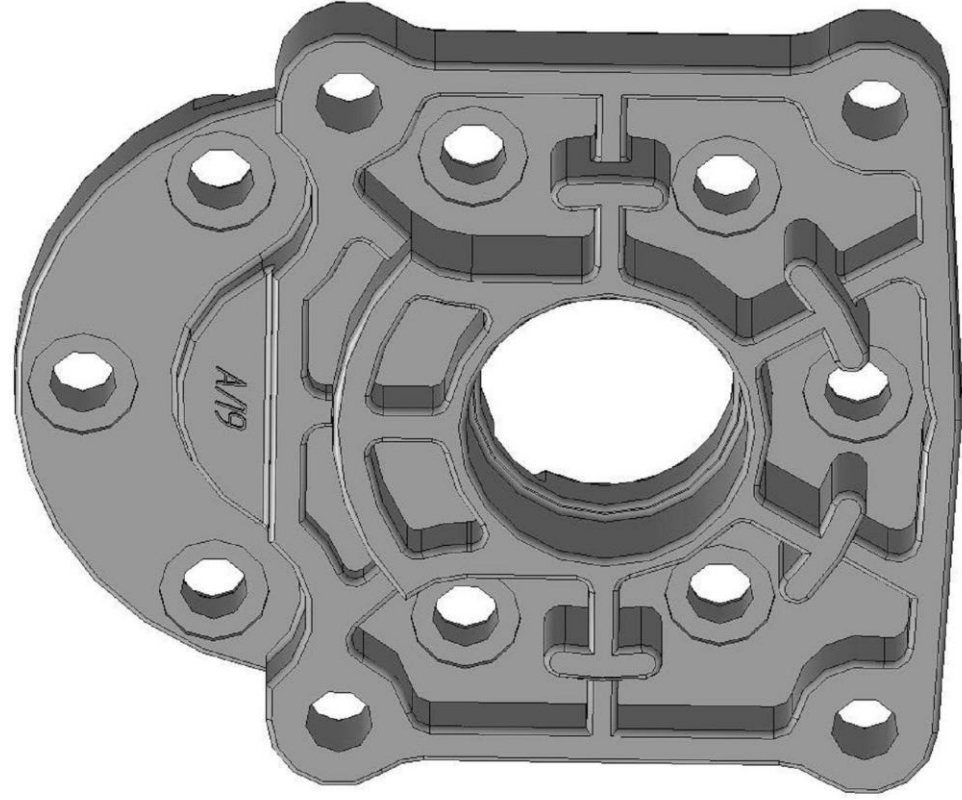
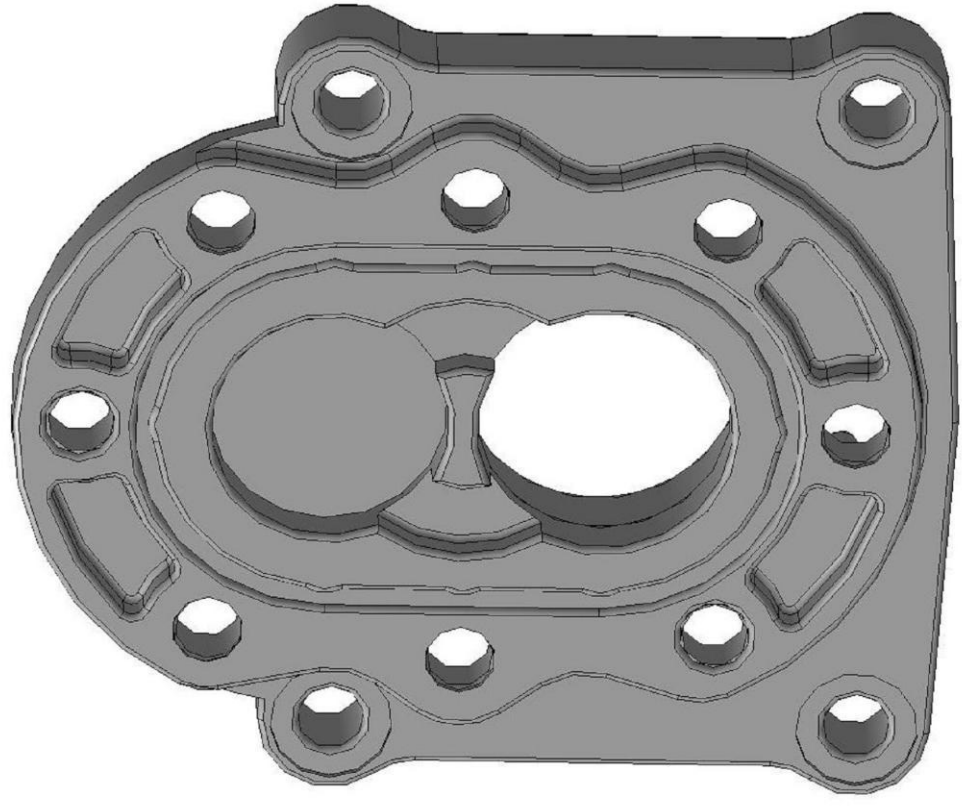
08-26.МКР.009.00.001

|            |                |              |             |             |             |
|------------|----------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| №№ № позн. | Назн. у ділян. | Взам. шук. № | №№ № діляк. | №№ № діляк. | №№ у ділян. |
| №№ № позн. | Назн. у ділян. | Взам. шук. № | №№ № діляк. | №№ № діляк. | №№ у ділян. |

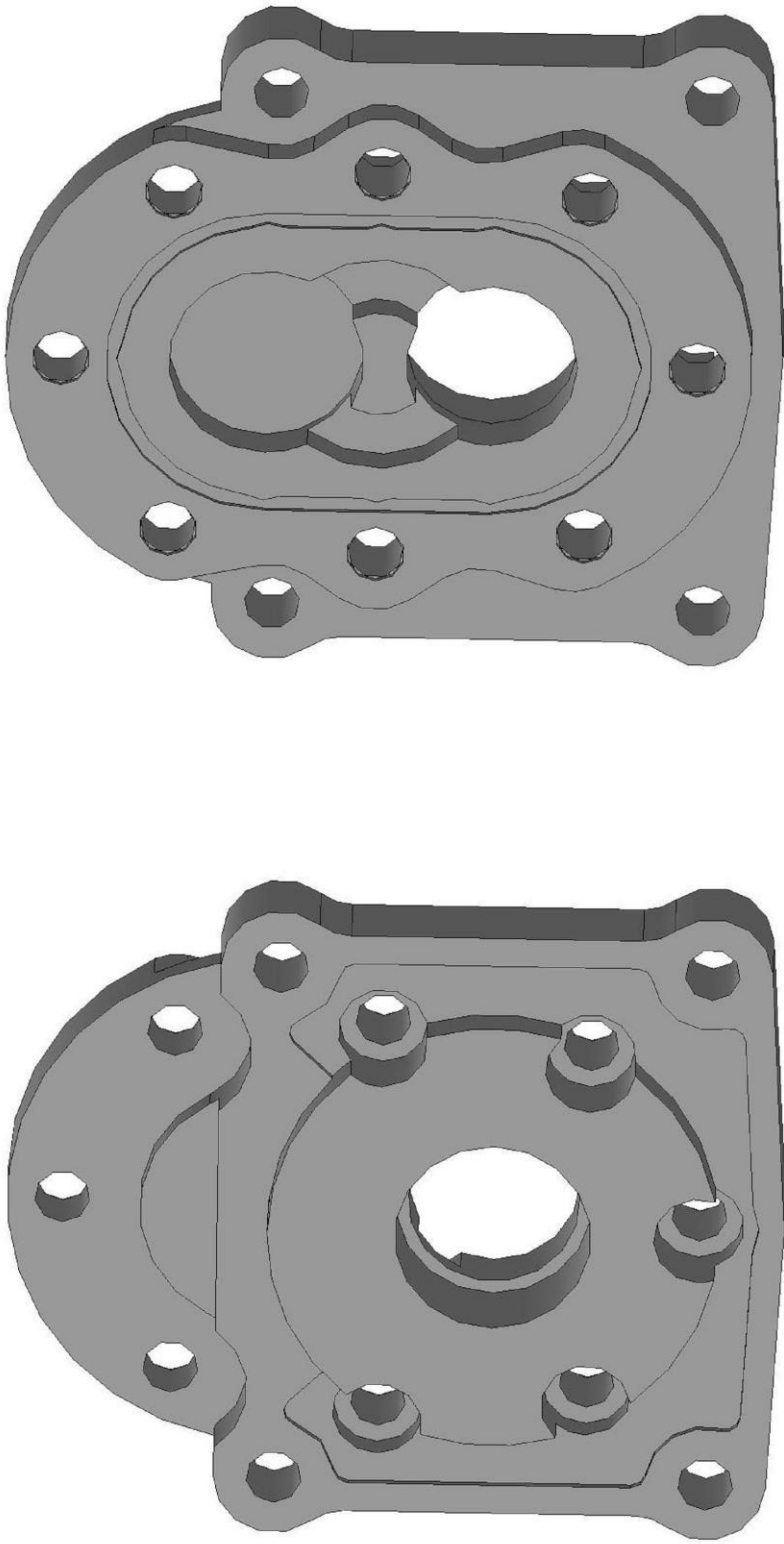
|                           |  |                |  |                |  |                |  |
|---------------------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|
| 08-26.МКР.009.00.001      |  | Кришка         |  | Маса           |  | Укриття        |  |
| Кришка                    |  | Насоса НШ32.У  |  | 0.47           |  | 11             |  |
| Сплав АК12М2 ДСТУ 2039-94 |  | Лист           |  | Лист           |  | Лист           |  |
| ВНТУ                      |  | ВНТУ           |  | ВНТУ           |  | ВНТУ           |  |
| ст. гр. ПМ-18м            |  | ст. гр. ПМ-18м |  | ст. гр. ПМ-18м |  | ст. гр. ПМ-18м |  |

Котировка А2

*3D-модель деталі "Кришка насоса НШ32.У"*



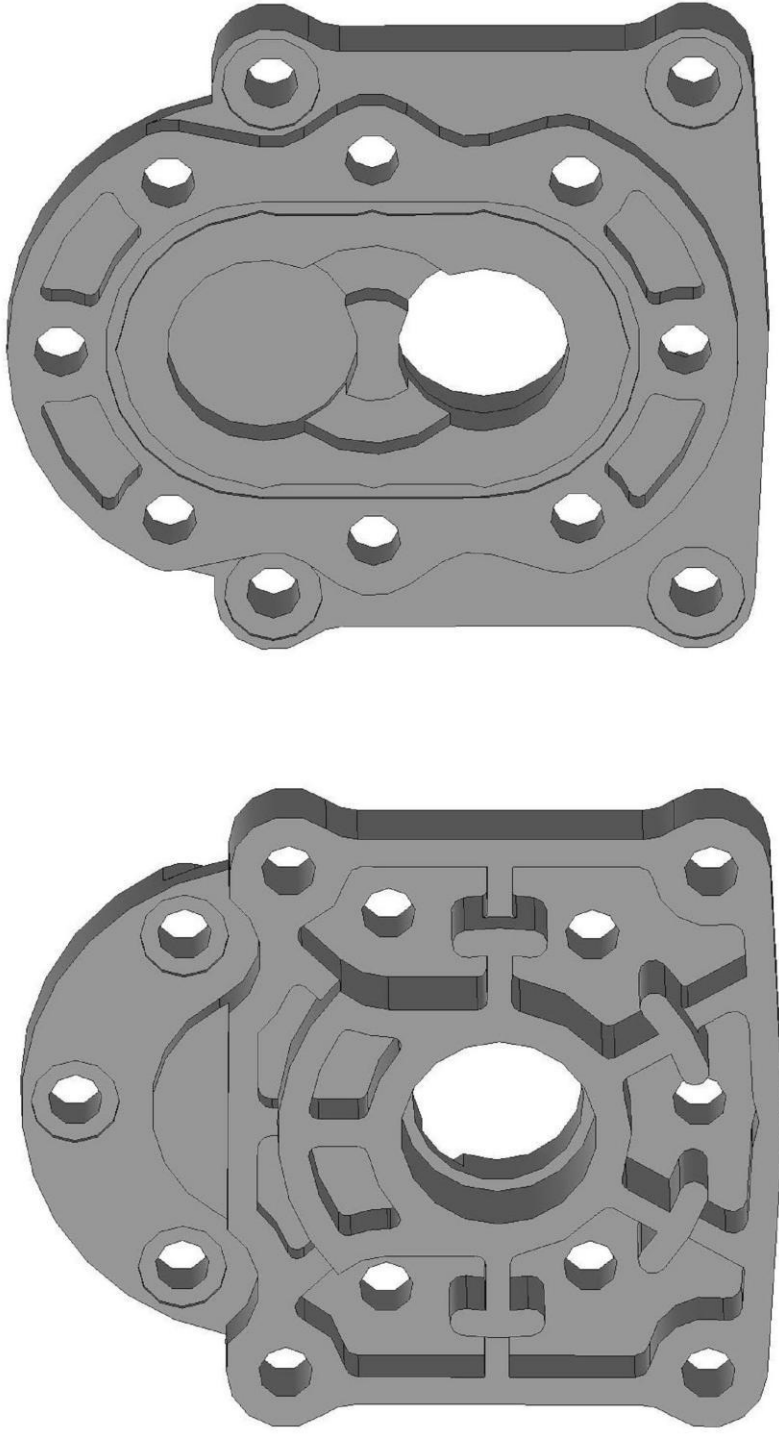
*3D-модель та масо-центрувальні характеристики вилівки при литті в кокіль*



| Информация                              |                            |
|---|----------------------------|
| Файл:                                   | Релактор                   |
| Дата:                                   | 29.09.2019                 |
| Документ:                               | Деталь [Детя в кокіль.m3d] |
| -----                                   |                            |
| Деталь                                  |                            |
| Заданные параметры                      |                            |
| Материал тел:                           | Сплав АК12М2 ГОСТ 1583-93  |
| Плотность материала тел:                | Rρ = 0.002550 г/мм3        |
| -----                                   |                            |
| Расчетные параметры (тела и компоненты) |                            |
| Масса                                   | M = 747.605786 г           |
| Площадь                                 | S = 58288.546035 мм2       |
| Объем                                   | V = 293178.739724 мм3      |
| Центр масс                              | Xc = -13.464686 мм         |
|   | Yc = 8.485280 мм           |
|   | Zc = 0.000000 мм           |

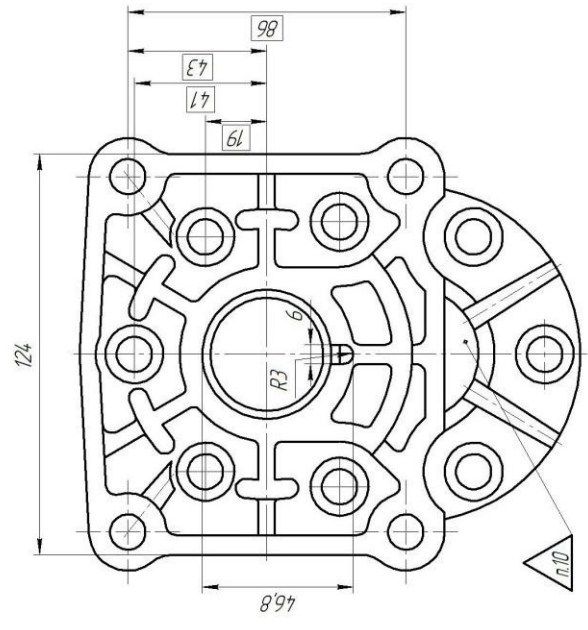


*3D-модель та масо-центрувальні характеристики вилівки при литті під тиском*

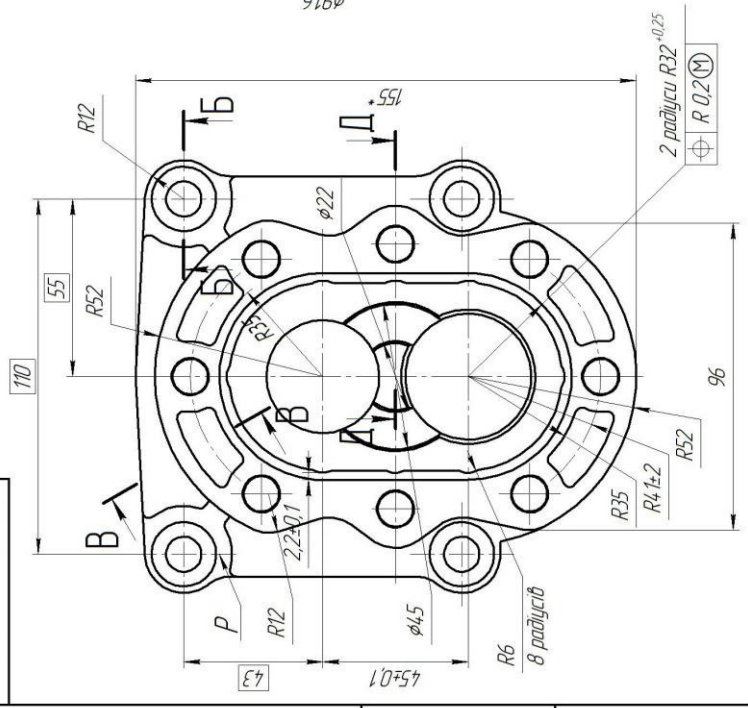
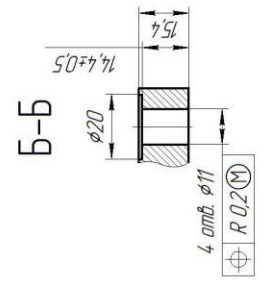
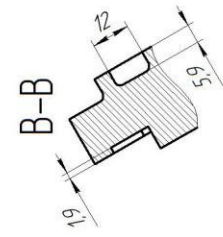
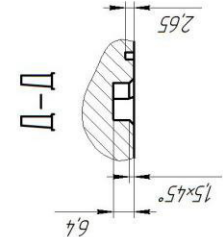
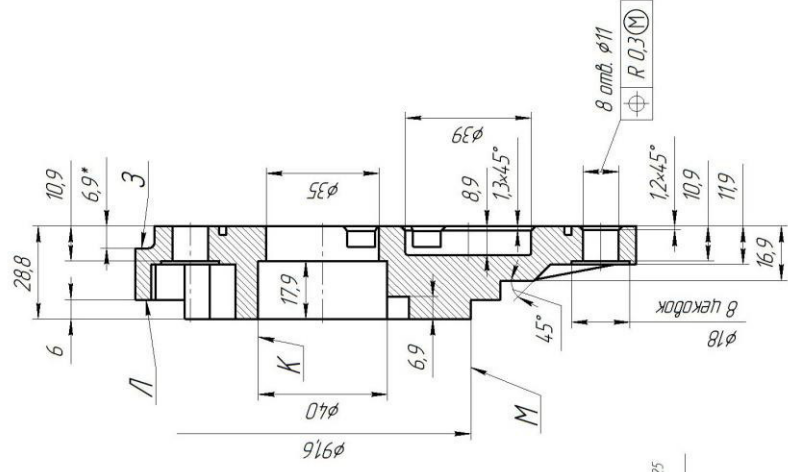


| Информация                             |                               |
|--|-------------------------------|
| Файл                                   | Редактор                      |
| Дата                                   | 29.09.2019                    |
| Документ                               | Деталь Вилівок під тиском.м3d |
| -----                                  |                               |
| Деталь                                 |                               |
| Заданые параметры                      |                               |
| Материал тел                           | Сплав АК12М2 ГОСТ 1589-93     |
| Плотность материала тел                | Ro = 0.002550 г/мм3           |
| -----                                  |                               |
| Расчетные параметры(тела и компоненты) |                               |
| Масса                                  | M = 539.316240 г              |
| Площадь                                | S = 67897.129243 мм2          |
| Объем                                  | V = 211496.564838 мм3         |
| Центр масс                             | Xc = -17.036809 мм            |
|  | Yc = 12.298604 мм             |
|  | Zc = 0.000000 мм              |

√ Ra 6.3



1. Виллибок по ДСТУ 3015-95, точність виллика - 5-5-5-5 ГОСТ 26645-85.
2. Загальна пористість повинна бути не вище сталюну №2 шкали пористості, а зональна - не вище сталюну №3 шкали пористості по ДСТУ 3015-95.
3. 80...105 НВ.
4. Невказані ливарні радіуси до 3 мм, нахили - 2°.
5. \* Розміри для довідок.
6. Невказані граничні відхилення розмірів Н14, н14, ±2.
7. На поверхнях 3, К, М і Л механічні пошкодження і ливарні дефекти не допускаються.
8. Поверхні Р - базові, зливи не допускаються.
9. Клеймувати знак, що засвідчує якість виробу.



08-26 МКР.009.00.002

|            |                |              |             |             |                |
|------------|----------------|--------------|-------------|-------------|----------------|
| №№ № позн. | Позн. у ділян. | Визн. шиф. № | №№ № ділян. | №№ № ділян. | Позн. у ділян. |
| №№ № позн. | Позн. у ділян. | Визн. шиф. № | №№ № ділян. | №№ № ділян. | Позн. у ділян. |
| №№ № позн. | Позн. у ділян. | Визн. шиф. № | №№ № ділян. | №№ № ділян. | Позн. у ділян. |

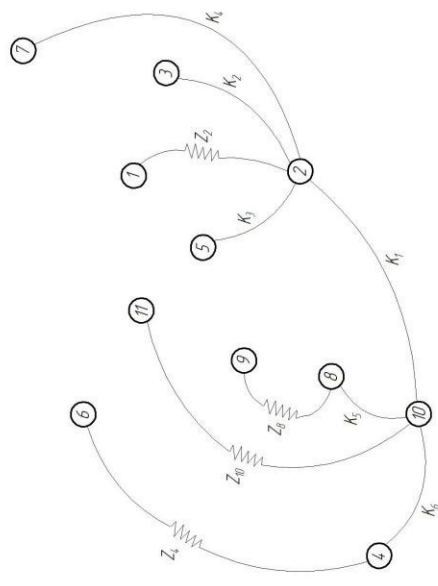
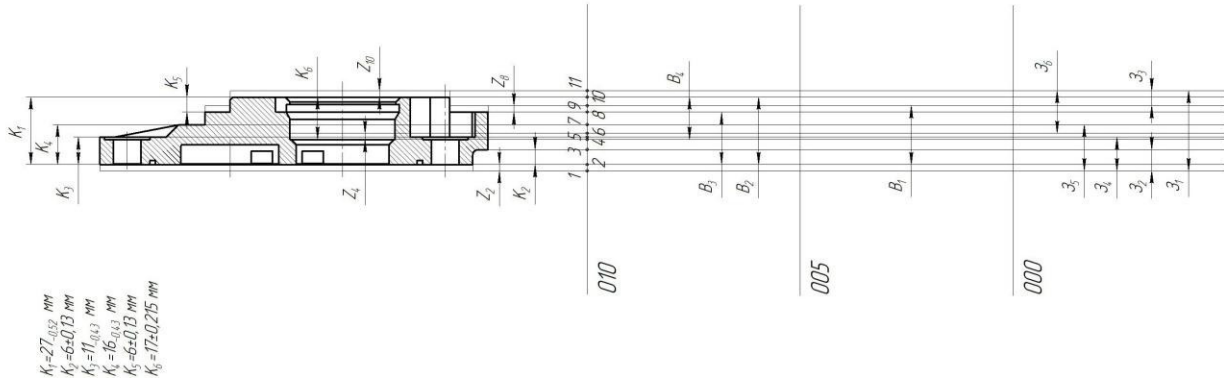
|                           |             |
|---------------------------|-------------|
| 08-26 МКР.009.00.002      |             |
| Мат. ділян.               | Мат. ділян. |
| Розроб.                   | Виконав.    |
| Технік.                   | Лист. 1     |
| Нормат.                   | Серійн. №   |
| Умб.                      | Казавн. ЛГ. |
| Кришка насоса НШ32У       | Маса        |
| (виллибок)                | 0,539       |
| Сплав АК12М2 ДСТУ 2839-94 | Лист. 1     |
| ВНТУ                      | Лист. 1     |
| ст. гр. ПП-184            | Лист. 1     |
| Формат А2                 | Лист. 1     |

## Маршрут механічної обробки заготовки деталі "Кришка насоса НШ32.У"

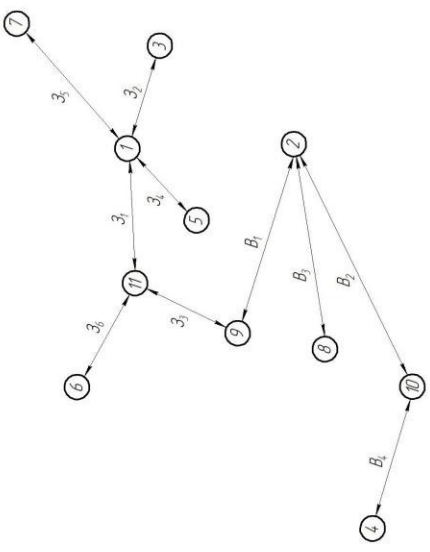
| № оп-ції | Назва операції, зміст переходів   | Ескіз обробки, схема установки                      | Тип обладнання                               |
|----------|---|---|--|
| 005      | <p style="text-align: center;"><u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Фрезерувати поверхню 1 однократно згідно з ескізом.</li> <li>3. Розточити поверхню 2 попередньо в розмір <math>\phi 36,771H9^{+0,062}</math> мм.</li> <li>4. Розточити поверхню 2 остаточно згідно з ескізом.</li> <li>5. Розточити фаску 3 однократно згідно з ескізом.</li> <li>6. Зняти заготовку.</li> </ol>   | <p style="text-align: right;">H14, h14, ±IT14/2</p> | Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК ЛТ260МФЗ |
| 010      | <p style="text-align: center;"><u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Фрезерувати поверхню 1 однократно згідно з ескізом.</li> <li>3. Фрезерувати поверхню 2 попередньо в розмір <math>\phi 90,337_{-0,14}</math> мм.</li> <li>4. Фрезерувати поверхню 2 остаточно, поверхню 3 однократно згідно з ескізом.</li> <li>5. Точити фаску 4 однократно згідно з ескізом.</li> <li>6. Розточити поверхню 5 попередньо в розмір <math>\phi 41,769H10^{+0,11}</math> мм, фаску 6 однократно згідно з ескізом.</li> <li>7. Розточити поверхню 5 остаточно згідно з ескізом.</li> <li>8. Фрезерувати канавку 7, фаску 8 однократно згідно з ескізом.</li> <li>9. Розточити фаску 9, поверхню 10 однократно згідно з ескізом.</li> <li>10. Зняти деталь.</li> </ol> | <p style="text-align: right;">H14, h14, ±IT14/2</p> | Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК ЛТ260МФЗ |

# Размірний аналіз тэхналагічнага працэсу

Размірна схема тэхналагічнага працэсу



Выходны граф-дэрево



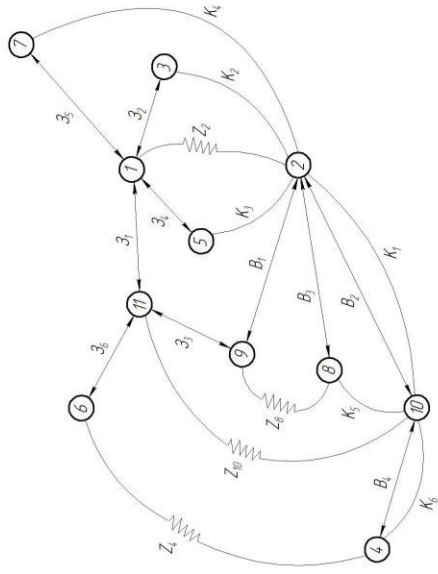
Поліны граф-дэрево

Значэння тэхналагічных памераў, памер і выхадны памер і іх допускі, мм

| Пачатковы памер | Графічны значэння памераў |            | Допуск | Намінальны памер | Значэння памераў у тэхналагічных дакументах | Значэння памераў на кресленні выхадны загатоўкі |
|-----------------|---------------------------|------------|--------|------------------|---|---|
|                 | міні памер                | макс памер |        |                  |   |   |
| $B_1$           | 21,32                     | 21,84      | 0,52   | 21,84            | 21,84 <sub>-0,02</sub>                      | -   |
| $B_2$           | 26,48                     | 27         | 0,52   | 27               | 27 <sub>-0,02</sub>                         | -   |
| $B_3$           | 20,92                     | 21,13      | 0,21   | 21,13            | 21,13 <sub>-0,01</sub>                      | -   |
| $B_4$           | 16,785                    | 17,215     | 0,43   | 17               | 17 <sub>-0,215</sub>                        | -   |
| $B_5$           | 26,886                    | 27,3       | 0,44   | 27,3             | -   | 27,3 <sub>-0,44</sub>                           |
| $B_6$           | 5,57                      | 5,65       | 0,28   | 5,71             | -   | 5,71 <sub>-0,14</sub>                           |
| $B_7$           | 5,04                      | 5,32       | 0,28   | 5,18             | -   | 5,18 <sub>-0,14</sub>                           |
| $B_8$           | 10,27                     | 10,67      | 0,4    | 10,67            | -   | 10,67 <sub>-0,4</sub>                           |
| $B_9$           | 15,27                     | 15,63      | 0,36   | 15,63            | -   | 15,63 <sub>-0,36</sub>                          |
| $B_{10}$        | 16,545                    | 16,945     | 0,4    | 16,745           | -   | 16,745 <sub>-0,2</sub>                          |

Значэння прыпускіў, мм

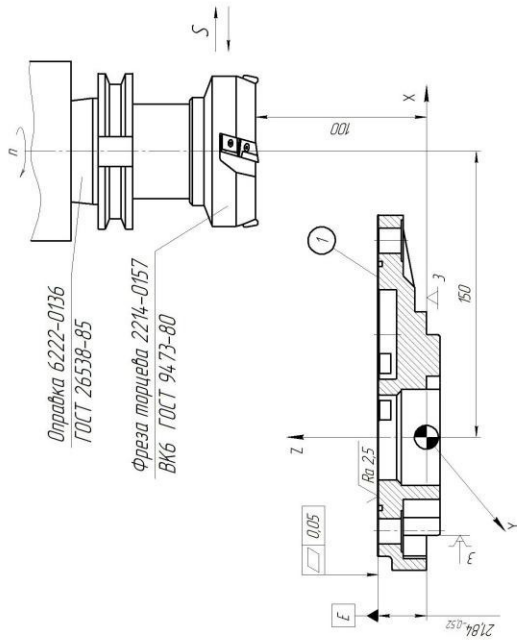
| Прыпускі | $Z_2$             | $Z_4$ | $Z_6$ | $Z_{10}$ |
|----------|-------------------|-------|-------|----------|
|          | Графічны значэння | 0,5   | 0,8   | 0,4      |
|          | 0,94              | 1,35  | 0,92  | 0,68     |



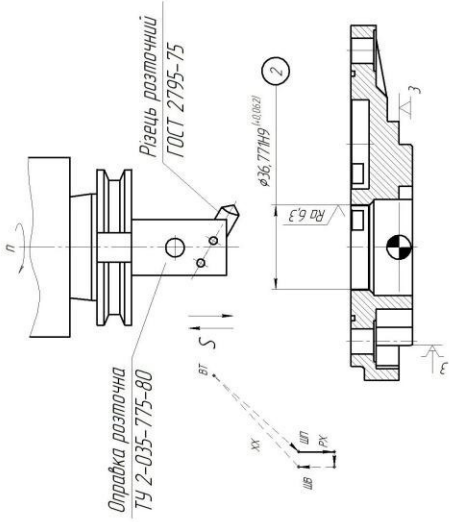
Сумішаны граф

08-26 МКР.009.00.800

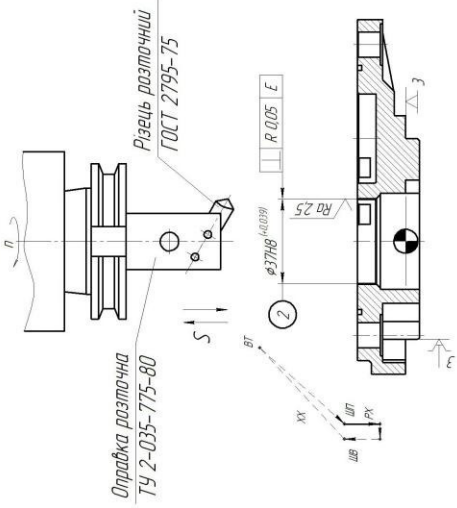
Перехід 2



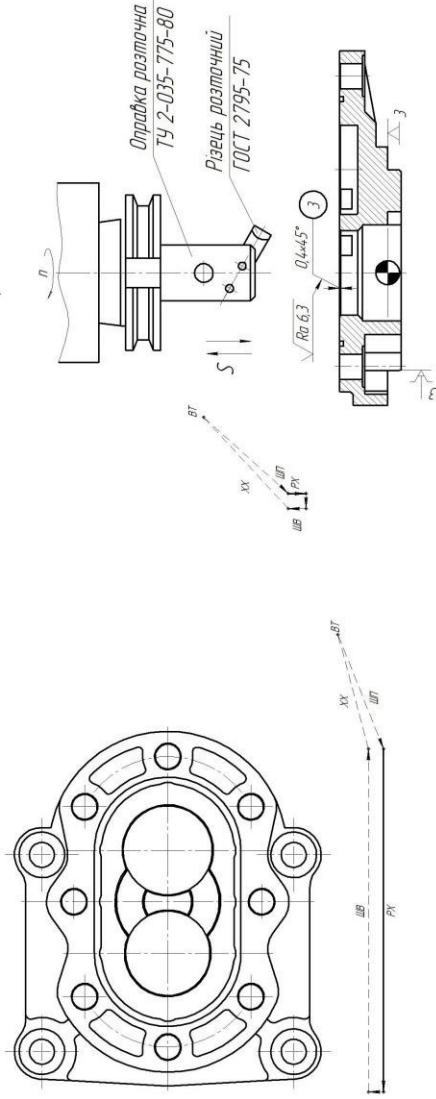
Перехід 3



Перехід 4



Перехід 5

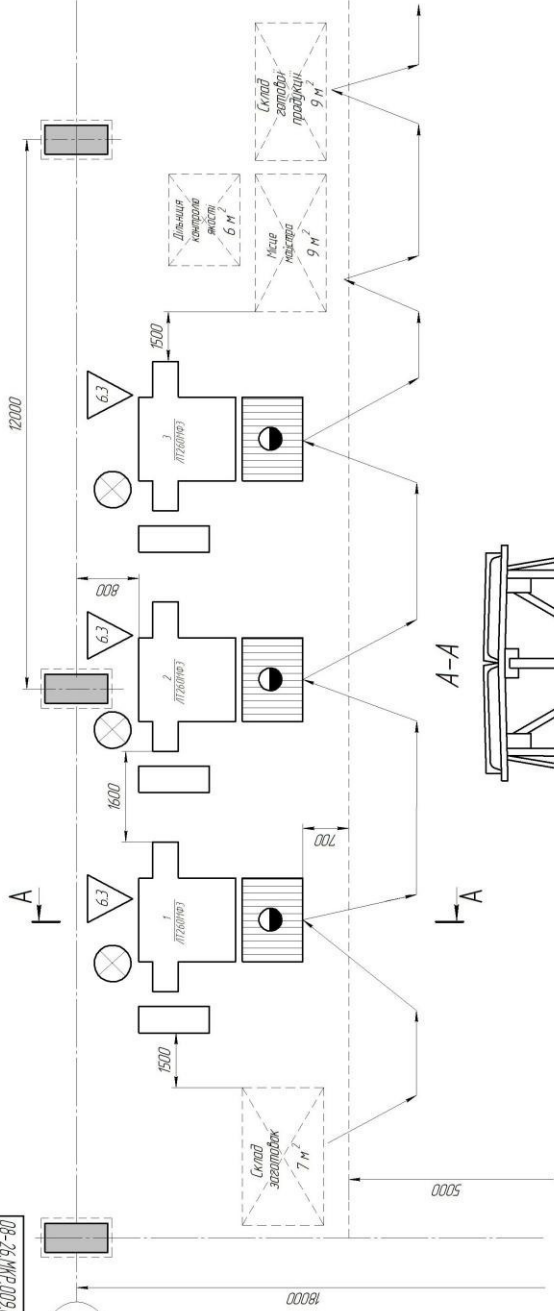


Лист № 001

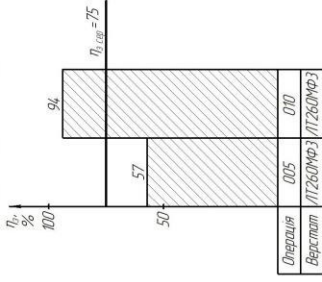
Лист № 001

|                      |                                      |         |         |         |            |
|----------------------|--------------------------------------|---------|---------|---------|------------|
| 5                    | Разточили фаску 3 однократно         | 14.8.37 | 0.4     | 1290    | 0.3        |
| 4                    | Разточили поверхность 2 однократно   | 14.5.23 | 0.17    | 1290    | 0.3        |
| 3                    | Разточили поверхность 2 однократно   | 116.08  | 0.4     | 1000    | 0.7        |
| 2                    | Фрезеровали поверхность 1 однократно | 24.7.3  | 1.0     | 630     | 0.05 мм/фл |
| №                    | №                                    | №       | №       | №       | №          |
| опер-                | инст-                                | инст-   | инст-   | инст-   | инст-      |
| 1/1                  | 1/1                                  | 1/1     | 1/1     | 1/1     | 1/1        |
| Обработка            |                                      |         |         |         |            |
| 08-26 МКР.009.00.800 |                                      |         |         |         |            |
| Карта наладочная     |                                      |         |         |         |            |
| №                    | №                                    | №       | №       | №       | №          |
| 1                    | 1                                    | 1       | 1       | 1       | 1          |
| стп.                 | стп.                                 | стп.    | стп.    | стп.    | стп.       |
| 174-184              | 174-184                              | 174-184 | 174-184 | 174-184 | 174-184    |
| Лист № 001           |                                      |         |         |         |            |

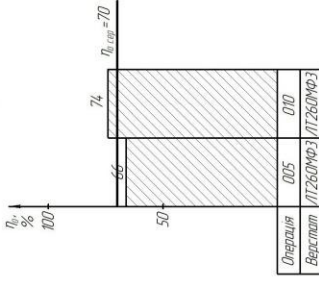
08-26 МКР.009.00.900 ВЗ



Графік завантаження обладнання

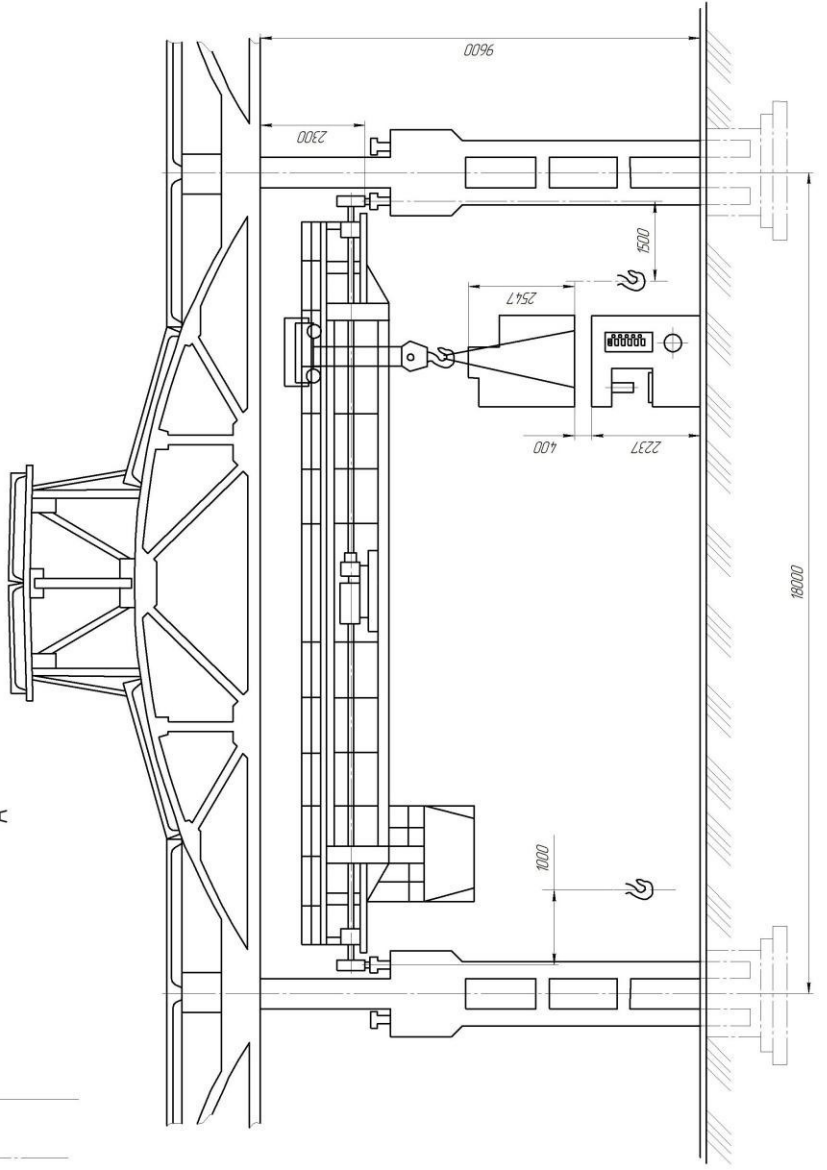


Графік використання обладнання за основним часом



Технічна характеристика дільниці

1. Площа дільниці, м<sup>2</sup>: загальна - 100; виробнича - 75; допоміжна - 25.
2. Кількість працюючих чол. радійних осадних - 3; допоміжних - 1; ІТР - 1; МОП - 1; службовців - 1.
3. Верстатів, шт. - 3.



|                                  |         |         |         |
|----------------------------------|---------|---------|---------|
| 08-26 МКР.009.00.900 ВЗ          |         | Лист    | 150     |
| План дільниці механічної обробки |         | Лист    | 150     |
| М. Дир.                          | М. Зам. | М. Тех. | М. Кон. |
| Рядов.                           | Механік | Констр. | Машин.  |
| Директ.                          | Констр. | Машин.  | Машин.  |
| Машин.                           | Машин.  | Машин.  | Машин.  |
| Машин.                           | Машин.  | Машин.  | Машин.  |

Листовий № 1

## *Техніко-економічні показники*

| <i>Техніко-економічні показники</i>  | <i>Базовий маршрут</i> | <i>Удосконалений маршрут</i> |
|--|------------------------|------------------------------|
| <i>Маса деталі, кг</i>   | <i>0,47</i>            | <i>0,47</i>                  |
| <i>Річна програма випуску, шт.</i>   | <i>8500</i>            | <i>8500</i>                  |
| <i>Річна програма випуску, шт.</i>   | <i>60070</i>           | <i>60070</i>                 |
| <i>Маса заготовки, кг</i>  | <i>0,744</i>           | <i>0,539</i>                 |
| <i>Коефіцієнт точності маси заготовки</i>  | <i>0,63</i>            | <i>0,87</i>                  |
| <i>Собівартість заготовки, грн.</i>  | <i>176,75</i>          | <i>45,31</i>                 |
| <i>Кількість верстатів, шт.</i>  | <i>7</i>               | <i>3</i>                     |
| <i>Середній коефіцієнт завантаження обладнання, <math>\eta_{зсер}</math></i>         | <i>44%</i>             | <i>75%</i>                   |
| <i>Середній коефіцієнт використання за основним часом, <math>\eta_{зосер}</math></i> | <i>52%</i>             | <i>70%</i>                   |
| <i>Кількість основних робітників</i>   | <i>14</i>              | <i>3</i>                     |
| <i>Середній розряд робітників</i>  | <i>5</i>               | <i>3,5</i>                   |
| <i>Виробнича площа, м<sup>2</sup></i>  | <i>185</i>             | <i>75</i>                    |
| <i>Собівартість одиниці продукції, грн.</i>  | <i>119,32</i>          | <i>76,53</i>                 |
| <i>Капітальні вкладання, грн.</i>  | <i>–</i>               | <i>1114384,2</i>             |
| <i>Економічний ефект, грн.</i>   | <i>–</i>               | <i>748564,7</i>              |
| <i>Термін окупності, років</i>   | <i>–</i>               | <i>1,49</i>                  |