

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 ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ  
ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС БР.36.004»

08-26.МКР.020.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, гр. 1ПМ-19м  
спеціальності 131 – Прикладна механіка

Цекот М. В. \_\_\_\_\_

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Репінський С. В. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_ р.

Рецензент: \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_ р.

Вінниця ВНТУ – 2020 рік

Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Освітньо-кваліфікаційний рівень – «Магістр»  
Спеціальність 131 – «Прикладна механіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
завідувач кафедри ТАМ  
д.т.н., професор Козлов Л. Г.

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Цекоту Михайлу Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004»

керівник МКР Репінський Сергій Володимирович, к.т.н., доцент,  
(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 «Корпус БР.36.004»; базовий маршрут механічної обробки; річна програма випуску 4000 шт.; довідкова література

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус»; удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004»; розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004»; автоматизація розрахунку кількості працівників дільниці (цеху) механічної обробки заготовок деталей; економічна доцільність удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004»; охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): деталь «Корпус БР.36.004» (А1); корпус (випуск) (А2); маршрут механічної обробки (2А1); розмірний аналіз технологічного процесу (А1); карта налагоджень (операція 005) (2А1); автоматизація розрахунку кількості працівників дільниці (цеху) механічної обробки заготовок деталей (2А1); 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                                | Репінський С. В.,<br>доцент кафедри ТАМ   |                |                  |
| Економічна частина                                | Лесько О. Й.,<br>професор 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)

Цекот М. В.

Керівник МКР

\_\_\_\_\_

(підпис)

Репінський С. В.

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| АНОТАЦІЯ  | 7  |
| ABSTRACT  | 8  |
| ВСТУП   | 9  |
| 1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»  | 12 |
| 1.1 Характеристика об'єкта виробництва  | 12 |
| 1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Корпус»                          | 14 |
| 1.3 Критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі                                  | 14 |
| 1.4 Характеристика удосконаленого технологічного процесу  | 15 |
| 1.5 Економічна доцільність розробки удосконалення технології механічної обробки                           | 16 |
| 1.6 Висновки  | 18 |
| 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС БР.36.004»                    | 19 |
| 2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі  | 19 |
| 2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт                                       | 22 |
| 2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки                   | 26 |
| 2.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь                         | 32 |
| 2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз                  | 35 |
| 2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу                  | 37 |
| 2.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат | 42 |
| 2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу  | 43 |
| 2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів   | 51 |

|   |    |
|---|----|
|   | 5  |
| 2.10 Призначення режимів різання  | 57 |
| 2.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання  | 63 |
| 2.12 Визначення технічних норм часу   | 64 |
| 2.13 Висновки   | 69 |
| 3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС БР.36.004»   | 70 |
| 3.1 Розрахунок приведеної програми  | 70 |
| 3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження  | 71 |
| 3.3 Побудова графіків завантаження обладнання   | 71 |
| 3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці  | 73 |
| 3.5 Висновки  | 75 |
| 4. АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКУ КІЛЬКОСТІ ПРАЦІВНИКІВ ДІЛЬНИЦІ (ЦЕХУ) МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ                              | 76 |
| 4.1 Вступ та постановка мети роботи   | 76 |
| 4.2 Алгоритм розрахунку кількості працівників на дільниці (в цеху) механічної обробки   | 77 |
| 4.3 Комп'ютерна програма для автоматизації розрахунку кількості працівників на дільниці (в цеху) механічної обробки                 | 79 |
| 4.4 Висновки  | 81 |
| 5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС БР.36.004»                       | 82 |
| 5.1 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004» | 82 |
| 5.2 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції  | 87 |
| 5.3 Розрахунок ціни реалізації нового виробу  | 91 |
| 5.4 Розрахунок величини чистого прибутку  | 92 |
| 5.5 Оцінювання ефективності інноваційного рішення   | 93 |
| 5.6 Висновки  | 95 |

|  |     |
|--|-----|
|  | 6   |
| 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ                        | 96  |
| 6.1 Аналіз умов праці  | 96  |
| 6.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії | 97  |
| 6.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи      | 100 |
| 6.4 Пожежна безпека  | 101 |
| 6.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях                                       | 102 |
| 6.6 Висновки   | 107 |
| ВИСНОВКИ   | 108 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ   | 110 |
| ДОДАТКИ  | 113 |

## АНОТАЦІЯ

Цекот М. В. Удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004» : магістерська кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / М. В. Цекот. – Вінницький національний технічний університет. – Вінниця, 2020.

Метою роботи є удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004» на основі прийняття прогресивних рішень при проектуванні технологічного процесу механічної обробки з використанням сучасного автоматизованого, високопродуктивного обладнання з ЧПК, що забезпечує необхідну точність, якість продукції при зменшенні її собівартості.

Для досягнення поставленої мети проведено огляд технологій виготовлення деталі типу «Корпус»; виконано варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки; розроблено варіанти маршруту механічної обробки деталі типу «Корпус БР.36.004» 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 науковій частині роботи виконано розробку комп'ютерної програми, яка дозволяє автоматизувати розрахунок кількості працівників ділянки (цеху) механічної обробки за заданими початковими даними з врахуванням рекомендаційних норм.

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

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

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

## ABSTRACT

Tsekot M. V. Improvement of the technological process of mechanical processing of the workpiece details of the type «Case BR.36.004» : master's qualification work for obtaining the educational and qualification level "Master" in the specialty 131 «Applied Mechanics» / M. V. Tsekot. – Vinnitsia National Technical University. – Vinnitsia, 2020.

The aim of the work is to improve the technology of machining of workpieces such as «Case BR.36.004» based on making progressive decisions in designing the technological process of machining using modern automated, high-performance equipment with CNC, which provides the necessary accuracy, product quality while reducing its cost.

To achieve this goal, a review of the technology of manufacturing parts such as «Case»; the variant choice and technical and economic substantiation of a way of manufacturing of preparation are executed; variants of the route of mechanical processing of a part of the type «Case BR.36.004» with the use of modern machines with CNC and the choice of the best of them at a minimum of the reduced costs are developed; dimensional and accurate modeling of the advanced technological process of machining; cutting modes and time norms are defined; the number of equipment and employees is calculated; the machining section was improved.

In the scientific part of the work, a computer program was developed, which allows to automate the calculation of the number of employees of the site (shop) of machining according to the given initial data, taking into account the recommended norms.

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

The work also develops measures for labor protection and safety in emergencies.

The graphic part illustrates the materials presented in the explanatory note.

## ВСТУП

**Актуальність.** Технічний прогрес (ТП) в машинобудуванні в великій мірі залежить від конкурентоспроможності машин, що випускаються. В той же час ця конкурентоспроможність залежить від якості та собівартості деталей, які визначаються технологією їх виготовлення, що займає 30-70% у загальній трудомісткості виробництва машин.

**Мета і завдання дослідження.** Мета цієї магістерської кваліфікаційної роботи – удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004».

**Завдання роботи:**

- проведення огляду технології виготовлення деталі типу «Корпус»;
- виконання аналізу технологічності конструкції деталі «Корпус БР.36.004» на основі її робочого креслення;
- встановлення типу виробництва та форми організації роботи;
- вибір методу та оптимальних способів виготовлення заготовки та їх техніко-економічне обґрунтування;
- вибір методів обробки поверхонь деталі «Корпус БР.36.004»;
- обґрунтування вибору чистових та чорнових технологічних баз;
- розробка удосконалених маршрутів механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004»;
- вибір кращого з удосконалених ТП за мінімумом приведених витрат;
- розрахунок режимів різання;
- виконання нормування операцій технологічного процесу;
- встановлення приведеної програми виробів;
- розрахунок кількості обладнання та працівників на проєктус мій діляниці;
- розробка комп'ютерної програми, призначеної для автоматизації розрахунку кількості працівників діляниці (цеху) механічної обробки за заданими початковими даними з врахуванням рекомендаційних норм;
- проведення економічних розрахунків по впровадженню запропонованих у роботі рішень;

- виконання розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

**Об'єкт дослідження:** технологія виготовлення деталей типу «Корпус».

**Предмет дослідження:** удосконалена технологія механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004».

**Методи дослідження.** Розмірно-точнісне моделювання ТП механічної обробки заготовки деталі «Корпус БР.36.004» виконувалося методом теорії розмірних ланцюгів. Оптимальні режими різання визначалися за допомогою лінійного програмування (симплекс-методу).

**Наукова новизна одержаних результатів.** Дістали подальший розвиток алгоритм та блок-схема розрахунку кількості основних та допоміжних працівників на дільниці механічної обробки за заданими початковими даними серійності виробництва, кількості верстатів та коефіцієнтів завантаження верстатів по операціях технологічного процесу розрахункового представника з врахуванням рекомендаційних норм.

**Практичне значення одержаних результатів.** Удосконалено технологію механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004». Запропоновані рішення:

- вибрано найбільш доцільні способи виготовлення заготовки деталі «Корпус БР.36.004» – лиття в кокіль та піщано-глинисті форми. Розрахунки собівартості заготовки показали, що дешевше виготовляти заготовку литтям в кокіль (собівартість заготовки – 522 грн.), при литті в піщано-глинисті форми собівартість заготовки – 636,8 грн.;

- удосконалено маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004» з використанням високопродуктивних верстатів з ЧПК;

- спроектовано дільницю механічної обробки деталі типу «Корпус БР.36.004»;

- розроблено комп'ютерну програму «Розрахунок кількості працівників дільниці (цеху) механічної обробки», яка призначена для розрахунку кількості основних та допоміжних працівників на дільниці механічної обробки за заданими початковими даними серійності виробництва, кількості верстатів та коефіцієнтів

завантаження верстатів по операціях технологічного процесу розрахункового представника з врахуванням рекомендаційних норм.

**Апробація результатів роботи.** Основні положення та результати роботи доповідалися й обговорювалися на 2 конференціях:

- XLVII науково-технічна конференція підрозділів ВНТУ (м. Вінниця, ВНТУ, 14-23 березня 2018 р.);

- IV Міжнародна науково-технічна інтернет-конференція «Гідро- та пневмоприводи машин – сучасні досягнення та застосування» (м. Вінниця, ВНТУ, 16-27 грудня 2019 р.). – Режим доступу : <http://ctam.vntu.edu.ua>.

Публікації. Оpubліковано 2 тези доповіді:

- Автоматизація розрахунку параметрів гідродвигуна / Ю. А. Буренніков, С. В. Репінський, В. Ю. Андрусишен, А. О. Захарченко, М. В. Цекот // Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 14-23 березня 2018 р. – Електрон. текст. дані. – 2018. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2018/paper/view/5319>.

- Використання прикладної програми для розрахунку кількості працівників на дільниці (в цеху) механічної обробки заготовок деталей / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, Я. А. Молчанов, М. В. Цекот // Збірник тез доповідей IV-ої Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Гідро- та пневмоприводи машин – сучасні досягнення та застосування», Вінниця, 16-27 грудня 2019 р. – Електрон. текст. дані. – 2020. – Режим доступу : [http://ctam.vntu.edu.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=196:0-stijkist-mekhatronnoji-gidrosistemi-na-osnovi-regulovanogo-nasosa-23&catid=52&Itemid=760&lang=ua](http://ctam.vntu.edu.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=196:0-stijkist-mekhatronnoji-gidrosistemi-na-osnovi-regulovanogo-nasosa-23&catid=52&Itemid=760&lang=ua).

Подано документи до реєстрації авторського права на комп'ютерну програму:

- Комп'ютерна програма «Розрахунок кількості працівників дільниці (цеху) механічної обробки» / Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № ... // С. В. Репінський, Ж. П. Дусанюк, Я. А. Молчанов, М. В. Цекот. – К. : Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. – подано документи до реєстрації 2020 р.

# 1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»

## 1.1 Характеристика об'єкта виробництва

Деталь «Корпус БР.36.004», ескіз якої показаний на рис. 1.1, слугує для розміщення в ньому інших деталей. Має складну зовнішню поверхню, яка є поєднанням поверхонь обертання та прямолінійних поверхонь. Внутрішня поверхня – отвір. Для закріплення деталі «Корпус БР.36.004» у вузлі передбачені кріпильні отвори.

Основна конструкторська база деталі – це верхній торець (площина основи) обмежений розміром  $92_{-0,22}$  (9 квалітет,  $Ra = 1,6$  мкм).

Допоміжні конструкторські бази деталі та вимоги їх точності та шорсткості наведені в таблиці 1.1.

Кріпильні отвори, різьбові отвори та вимоги їх точності та шорсткості перераховані в таблицях 1.2 та 1.3.

Вільні поверхні: поверхня R50, два торці обмежені розміром 140.

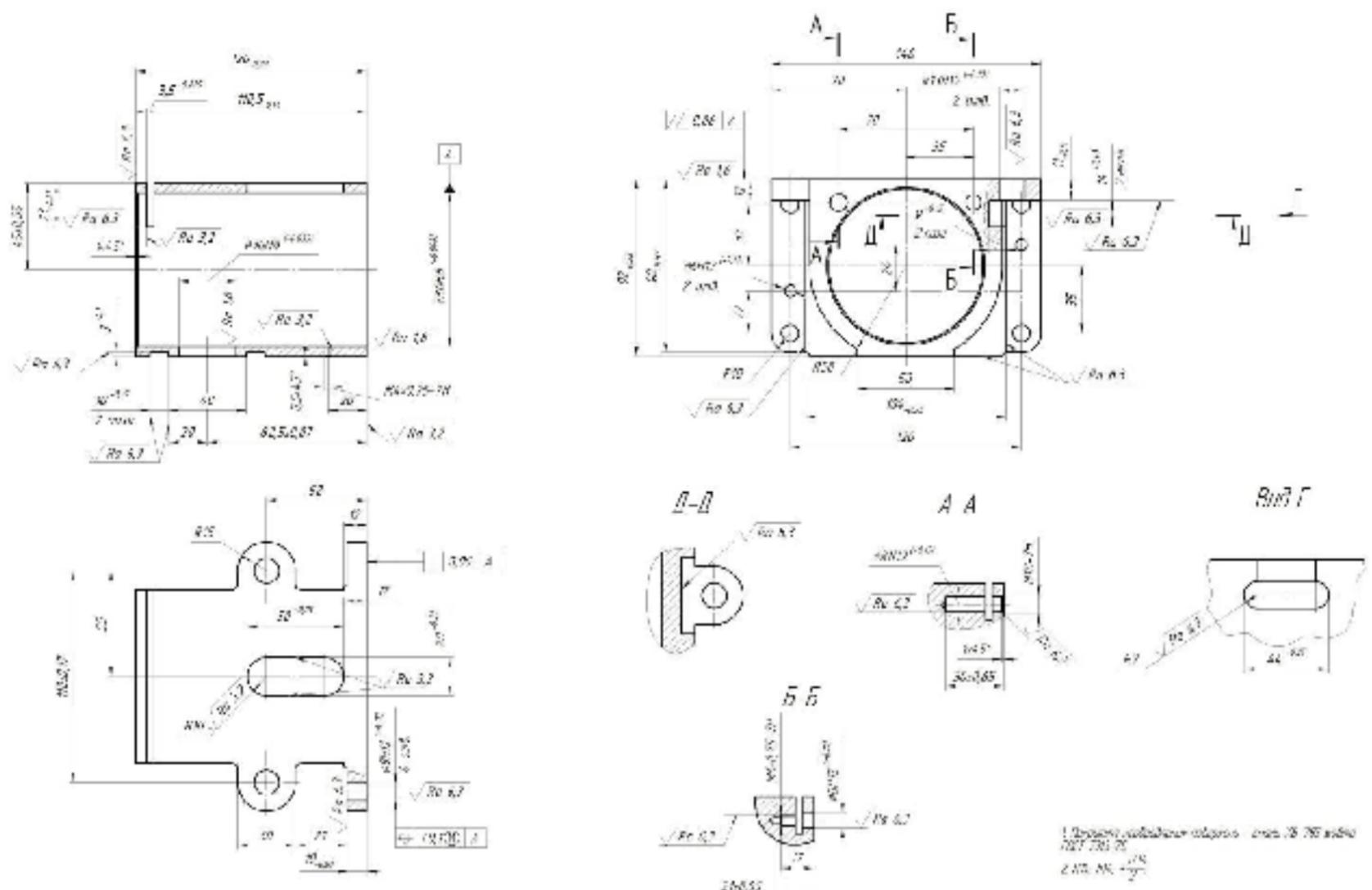


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Корпус БР.36.004»

Таблиця 1.1 – Допоміжні конструкторські бази

| Допоміжна база                                  | Квалітет | Шорсткість Ra, мкм |
|---|----------|--------------------|
| Отвір $\varnothing 80H8^{(+0,046)}$             | 8        | 1,6                |
| Отвір $\varnothing 30H8^{(+0,52)}$              | 8        | 1,6                |
| Нижній торець обмежений розміром $92_{-0,22}$   | 10       | 6,3                |
| Нижній торець обмежений розміром $120_{-0,22}$  | 9        | 3,2                |
| Верхній торець обмежений розміром $120_{-0,22}$ | 10       | 6,3                |
| Паз $50^{+0,25}$                                | 12       | 6,3                |
| Паз $44^{+0,25}$                                | 12       | 6,3                |
| Канавка $3,5^{+0,075}$                          | 11       | 3,2                |

Таблиця 1.2 – Кріпильні отвори

| Кріпильний отвір              | Квалітет | Шорсткість Ra, мкм. |
|-------------------------------|----------|---------------------|
| $\varnothing 13H12^{(+0,18)}$ | 12       | 6,3                 |
| $\varnothing 9H12^{(+0,15)}$  | 12       | 6,3                 |
| $\varnothing 8H12^{(+0,15)}$  | 12       | 6,3                 |
| $\varnothing 6H12^{(+0,12)}$  | 12       | 6,3                 |

Таблиця 1.3 – Різбові отвори

| Розмір різі | Діаметр отвору,<br>мм | Квалітет | Шорсткість Ra,<br>мкм |
|-------------|-----------------------|----------|-----------------------|
| M10-7H      | 8,4                   | 11       | 6,3                   |
| M6×0,75-7H  | 4,95                  | 11       | 6,3                   |
| M4×0,75-7H  | 3,33                  | 11       | 6,3                   |

Поставлені такі вимоги щодо відносного розташування поверхонь:

- паралельність торця обмеженого розміром  $92_{-0,22}$  відносно бази А;
- перпендикулярність поверхні  $120_{-0,87}$  (ни торець) відносно бази А;
- співісність чотирьох кріпильних отворів  $\varnothing 9H12$  відносно бази А.

Заготовка деталі може бути виготовлена литтям в кокіль, це дозволить отримати високу точність виливка, та зменшити витрати за рахунок можливості багаторазового використання форми.

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

Типові ТП приведені в літературних джерелах [1, 2].

### 1.3 Критичний аналіз базового ТП виготовлення деталі

За базовий ТП механічної обробки приймаємо варіант ТП у якому використовується вертикально-фрезерний верстат з ЧПК 6Р13РФ3. На операції 005 обробляються поверхні, які можуть бути використані як чистові бази для того, щоб потім обробити решту поверхонь з одного установу. Базовий технологічний процесу механічної обробки показаний у таблиці 1.4.

Верстати які використовуються в даному маршруті механічної обробки 6Р13РФ3 є морально застарілими, більшість із них уже відпрацювали свій ресурс. На певних операціях не використано принцип постійності баз – операції 020 та 030. Технічні можливості даного обладнання є досить обмеженими: максимальна частота обертання шпинделя 2000 об/хв, і потужність 7,4 кВт – це не дає можливості використовувати новітні інструментальні матеріали.

Кількість операцій є великою (7 операцій), це призводить до частих переустановів, збільшення трудомісткості, збільшення собівартості продукції.

Таблиця 1.4 – Маршрут механічної обробки деталі «Корпус БР.36.004» (базовий варіант)

| № операції | Назва операції, модель верстата     |
|------------|-------------------------------------|
| 005        | Вертикально-фрезерна з ЧПК, 6Р13РФ3 |
| 010        | Вертикально-фрезерна з ЧПК, 6Р13РФ3 |
| 015        | Вертикально-фрезерна з ЧПК, 6Р13РФ3 |
| 020        | Вертикально-фрезерна з ЧПК, 6Р13РФ3 |
| 025        | Вертикально-фрезерна з ЧПК, 6Р13РФ3 |
| 030        | Вертикально-фрезерна з ЧПК, 6Р13РФ3 |
| 035        | Вертикально-фрезерна з ЧПК, 6Р13РФ3 |

Проаналізувавши все вище наведене чітко зрозуміла необхідність розробки нового ТП обробки даної деталі, який зменшить витрати на виготовлення деталі, витрати на обслуговування обладнання та на виробничі площі.

#### 1.4 Характеристика удосконаленого ТП

На сьогоднішній день для обробки корпусних деталей найчастіше використовується метод концентрації операцій.

Крім того, рекомендується використовувати нові інструментальних матеріали з підвищеною зносостійкістю

Для обробки заготовки деталі «Корпус БР.36.004» використаємо п'ятикоординатний верстат VF-2TR, який має інструментальний магазин на 24 інструмента та поворотний стіл, який дозволяє повернути заготовку в необхідне положення.

Удосконалений маршрут механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004» показано в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Маршрут механічної обробки деталі «Корпус БР.36.004» (удосконалений)

| № операції | Найменування операції, верстат  |
|------------|---|
| 005        | Вертикально-фрезерна з ЧПК, 6Р13РФ3                                       |
| 010        | Вертикально-фрезерна з ЧПК, п'ятикоординатний оброблювальний центр VF-2TR |

Враховуючи базовий ТП обробки заданої деталі (див. табл. 1.4) наближено визначимо характеристики такої ділянки (табл. 1.6).

Таблиця 1.6 – Показники дільниці

| Показники дільниці  | Дільниця базова | Дільниця удосконалена |
|---|-----------------|-----------------------|
| 1. Кількість верстатів / кількість операцій                   | 6/7             | 2/2                   |
| 2. Виробнича площа, м <sup>2</sup>                            | 451,3           | 120                   |
| 3. Кількість ставок робітників-верстатників                   | 10,36           | 1,57                  |
| 4. Річна програма виготовлення деталі «Корпус БР.36.004», шт. | 4000            | 4000                  |
| 5. Приведена програма виготовлення деталей на дільниці, шт.   | 13204           | 13204                 |

1.5 Економічна доцільність розробки удосконалення технології механічної обробки [3]

Зменшення собівартості одиниці продукції [3]:

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

де  $B_a$ ,  $B_n$  – величина однієї із статей витрат в одиниці продукції, яка є аналогом та нової продукції відповідно, грн.;

$K_n$  – коефіцієнт (враховує конструктивні і технологічні особливості розробки),  $K_n = 1 \dots 1,2$ ;

$P$  – питома вага цієї статті витрат в собівартості продукції, яка є аналогом, %.

Прийнято, що статтею прямих витрат є витрати на матеріал.

Тоді  $B_a = 636,8$  грн. (лиття в піщано-глинисті форми);  $B_n = 522$  грн. (лиття в кокіль);  $P = 50\%$ .

Отже, отримаємо:

$$\Delta S = \frac{(636,8 - 522 \cdot 1,1) \cdot 100\%}{50\%} = 125,2 \text{ (грн.)}$$

Додаткові капітальні вкладення [3]:

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

де (2...4) – коефіцієнт, що враховує додаткові витрати, грн.;

$\Delta B_{обл}$  – вартість додаткового обладнання, грн.

Таблиця 1.7 – Ціна придбання верстатів

| Назва  | Ціна, грн. | Кількість, шт. | Ціна, грн. |
|--|------------|----------------|------------|
| П'ятикоординатний<br>оброблювальний центр VF-2TR | 2000000    | 1              | 2000000    |
| Всього   |            |                | 2000000    |

Придбаний оброблюваний центр був у використанні.

Реалізуємо верстати базової дільниці:

- 5 верстатів 6P13PФ3 –  $5 \cdot 120000 = 600000$  (грн.)

Отже, витрати на обладнання  $2000000 - 600000 = 1400000$  (грн.)

Величина додаткових капітальних вкладень

$$\Delta K = 2 \cdot 1400000 = 2800000 \text{ (грн.)}$$

Термін окупності удосконаленої технології [3]:

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

де  $N_2$  – річний обсяг продукції, шт.

Отже,

$$T_o = \frac{2800000}{125,2 \cdot 4000} = 5,59 \text{ (рік)}.$$

З врахуванням приведеної програми (ще 3 типорозмірів подібних деталей):

$$T_o = \frac{2800000}{125,2 \cdot 13204} = 1,69 \text{ (року)}.$$

Отже, розробка технології механічної обробки є економічно доцільним.

## 1.6 Висновки

Проведено огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус», проаналізовано питання впровадження на базовій дільниці удосконаленої технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004».

Попередньо розрахований термін окупності удосконаленої технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004» складає 1,69 року, що менше 3...5 років (нормативні значення). Отже, впровадження удосконаленого маршруту є економічно доцільним.

## 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС БР.36.004»

### 2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі [2, 4]

Деталь «Корпус БР.36.004» можливо обробляти на п'ятикоординатному оброблювальному центрі.

В даній деталі поверхні не піддаються термообробці.

Деталь виготовляється із безоловяної леварної бронзи (Бр.А9ЖЗЛ), даний сплав широко використовується у харчовій промисловості завдяки своїм антикорозійним властивостям.

Запишемо хімічну характеристику матеріала у вигляді таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічні характеристики матеріалу

| Al     | Fe  | Mn     | Cr     | Ni   | S      | P      |
|--------|-----|--------|--------|------|--------|--------|
| 8-10,4 | 2-4 | до 0,5 | до 0,2 | до 1 | до 0,2 | до 0,1 |

Для виготовлення заготовки деталі необхідно використати лиття, так як матеріал бронза.

Коефіцієнт уніфікації [2, 4]:

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

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

Отже,

$$K_y = \frac{70}{81} = 0,86.$$

Таблиця 2.2 – Дані для визначення коефіцієнту уніфікації

| Лінійні розміри              |     |      | Діам.<br>розміри            | Кутові<br>розміри           | Радіуси                     | Шорсткість                   | Різь<br>метрична            |
|------------------------------|-----|------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 120 (2 пов.)*                | 52  | 40*  | Ø80*                        | 45° *                       | R10(2 пов.)*                | 6,3 *(14 пов.)               | M10-7H *                    |
| 12 (2 пов.)*                 | 90* | 82,5 | Ø30*                        |                             | R7*                         | 3,2 *(3 пов.)                | M6-7H *                     |
| 110,5                        | 68  | 0,5* | Ø9*                         |                             | R15*                        | 1,6 *(4 пов.)                | M4-7H *                     |
| 30 (2 пов.)*                 | 27  | 20*  | Ø8*(2 пов.)                 |                             |                             |                              |                             |
| 3,5                          | 22* | 110* | Ø6*                         |                             |                             |                              |                             |
| 70 (2 пов.)*                 | 23  | 7    | Ø13*                        |                             |                             |                              |                             |
| 35 (2 пов.)                  | 11* | 44   |                             |                             |                             |                              |                             |
| 45 (2 пов.)*                 | 24* | 17*  |                             |                             |                             |                              |                             |
| 32*                          | 9*  | 21*  |                             |                             |                             |                              |                             |
| 1 (2 пов.)*                  | 14* | 55*  |                             |                             |                             |                              |                             |
| 10 (2 пов.)*                 | 78  |      |                             |                             |                             |                              |                             |
| 20(2 пов.)*                  | 104 |      |                             |                             |                             |                              |                             |
| $\Sigma_{\text{заг.}} = 45$  |     |      | $\Sigma_{\text{заг.}} = 7$  | $\Sigma_{\text{заг.}} = 1$  | $\Sigma_{\text{заг.}} = 4$  | $\Sigma_{\text{заг.}} = 21$  | $\Sigma_{\text{заг.}} = 3$  |
| $\Sigma_{\text{уніф.}} = 34$ |     |      | $\Sigma_{\text{уніф.}} = 7$ | $\Sigma_{\text{уніф.}} = 1$ | $\Sigma_{\text{уніф.}} = 4$ | $\Sigma_{\text{уніф.}} = 21$ | $\Sigma_{\text{уніф.}} = 3$ |

Примітка: позначення «\*» мають уніфіковані розміри.

Коефіцієнт точності обробки [2, 4]:

$$K_{m.u} = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (2.2)$$

де  $T_{cp}$  – середній квалітет обробки визначається за формулою:

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

де  $n_i$  – кількість поверхонь деталі з відповідним квалітетом;

$T_i$  – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі.

Складемо таблицю поверхонь та їх квалітетів для більш зручного розрахунку (таблиця 2.3).

$$T_{cp} = \frac{579}{51} = 11,35,$$

$$K_{m.ч} = 1 - \frac{1}{11,35} = 0,92.$$

Таблиця 2.3 – Дані для визначення коефіцієнту точності

| Квалітет (розміри, мм)   | Кількість поверхонь, шт. | Розрахунок          |
|--|--------------------------|---------------------|
| 8 ( $\varnothing 80^{+0,046}$ ; $\varnothing 30H8^{+0,033}$ )  | 2                        | $8 \cdot 2 = 16$    |
| 10 (110,5, 45, 82,5)   | 3                        | $10 \cdot 3 = 30$   |
| 11 (120 – 2 пов., 90,10 – 2 пов., 3,5 – 2 пов.)  | 7                        | $11 \cdot 7 = 77$   |
| 12 ( $\varnothing 9$ – 4 пов.; $\varnothing 6$ – 2 пов.; $\varnothing 8$ – 2 пов.; $\varnothing 13$ – 2 пов.; 10 – 4 пов., 3 – 2 пов., 23 – 2 пов., 20 – 2 пов., 9 – 2 пов., 104 – 2 пов., 14 – 4 пов., 44 – 2 пов.) | 33                       | $12 \cdot 31 = 372$ |
| 14(12 – 2 пов., 30 – 4 пов.,)  | 6                        | $14 \cdot 6 = 84$   |
| Сума   | 51                       | 579                 |

Коефіцієнт шорсткості поверхні [2, 4]:

$$K_w = \frac{1}{Ш_{cp}}, [1/\text{мкм}] \quad (2.4)$$

де  $Ш_{cp}$  – середня шорсткість поверхні визначається за формулою:

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

де  $Ш_i$  – шорсткість оброблюваних поверхонь деталі, мкм;

$n_i$  – кількість поверхонь, що мають відповідну шорсткість, шт.

Поверхні та їх шорсткість також зведемо в таблицю для зручного розрахунку коефіцієнта шорсткості (таблиця 2.4).

$$Ш_{cp} = \frac{300,8}{51} = 6,38; K_w = \frac{1}{6,38} = 0,17.$$

Таблиця 2.4 – Дані для визначення коефіцієнту шорсткості поверхні

| Шорсткість (розміри)   | Кількість поверхонь | Розрахунок     |
|--|---------------------|----------------|
| 1,6 (Ø30H8; Ø80H8; 90; 20 – 2 пов., 50 – 2 пов.,)  | 7                   | 1,6·7 = 11,2   |
| 3,2(120, 3,5 – 2 пов., М4)   | 4                   | 3,2·4 = 12,8   |
| 6,3 (Ø9 – 4 пов., 27, 10 – 6 пов., 3 – 2 пов., 23, 120, М6,14 – 4 пов., Ø13 – 2 пов., 11 – 2 пов., 104 – 2 пов., 90, 9 – 2 пов., 44 – 4 пов., Ø8 – 2 пов., 1 ) | 36                  | 6,3·36 = 226,8 |
| 12,5 (30 – 4 пов.,)  | 4                   | 12,5·8=50      |
| Сума   | 51                  | 300,8          |

Висновок:  $K_y=0,86>0,6$ ;  $K_{m.ч}=0,92>0,8$ ;  $K_{ш}=0,17<0,32$  – деталь технологічна.

## 2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт

Типу виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій [2, 4]:

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

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

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

Виконаний розрахунок коефіцієнта закріплення операцій зведено у таблицю 2.5.

Основний та штучно-калькуляційний час визначено за формулами наближеного нормування:

$$T_{осн} = 0,17dl \cdot 10^{-3}, \text{ [хв]} \quad (2.7)$$

$$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k, \text{ [хв]} \quad (2.8)$$

де  $d, l$  – діаметр, довжина оброблюваної поверхні, мм;

$\varphi_k$  – коефіцієнт.

Оскільки при визначенні  $T_{осн}$  та  $C_p$  необхідно вибирати  $\varphi_k$  та  $\eta_{з.н}$  орієнтуючись на попередньо визначений тип виробництва [2, 4].

Таблиця 2.5 – Даня для визначення коефіцієнта закріплення операцій

| Переходи механічної обробки                                 | Формула $T_{осн}$ , хв.  | $\varphi_k$ | $T_{шт-к}$ , хв. | $C_p$ | $P$ | $\eta_{з.ф}$ | $\eta_{з.н}$ | $O$ | $K_{з.о}$ |
|---|--|-------------|------------------|-------|-----|--------------|--------------|-----|-----------|
| Розточування отвору $\varnothing 80H8(^{+0,046})$ попереднє | $T_{осн1} = 0,2 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 80 \cdot 120 \cdot 10^{-3} = 1,92$   | 2,14        | 4,1              | 0,09  | 1   | 0,09         | 0,75         | 9   | 19,33     |
| Розточування отвору $\varnothing 80H8(^{+0,046})$ остаточне | $T_{осн2} = 0,22 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,22 \cdot 80 \cdot 120 \cdot 10^{-3} = 2,11$ | 2,14        | 4,5              | 0,1   | 1   | 0,1          | 0,75         | 8   |           |
| Фрезерування площини $120_{-0,22}$ попереднє                | $T_{осн3} = 6 \cdot l \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 120 \cdot 10^{-3} = 0,72$                        | 1,84        | 1,3              | 0,03  | 1   | 0,03         | 0,75         | 26  |           |
| Фрезерування площини $120_{-0,22}$ остаточне                | $T_{осн3} = 4 \cdot l \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 120 \cdot 10^{-3} = 0,48$                        | 1,84        | 0,9              | 0,02  | 1   | 0,02         | 0,75         | 38  |           |
| Фрезерування площини $92_{-0,22}$ попереднє                 | $T_{осн3} = 6 \cdot l \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 140 \cdot 10^{-3} = 0,84$                        | 1,84        | 1,5              | 0,03  | 1   | 0,03         | 0,75         | 23  |           |
| Фрезерування площини $92_{-0,22}$ остаточне                 | $T_{осн3} = 4 \cdot l \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 140 \cdot 10^{-3} = 0,56$                        | 1,84        | 1                | 0,02  | 1   | 0,02         | 0,75         | 35  |           |

Розрахунок кількості верстатів по переходам механічної обробки:

$$C_p = \frac{N \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_{\delta} \cdot \eta_{з.н}}, [\text{шт}] \quad (2.9)$$

де  $N$  – річна програма випуску деталей, шт.;

$F_{\delta}$  – ефективний річний фонд часу роботи верстата, вибрано  $F_{\delta} = 3890$  год. (робота в 2 зміни, верстати з ЧПК масою до 10 т);

$\eta_{з.н}$  – нормативний коефіцієнт завантаження (залежить від серійності виробництва); серійне – 0,75-0,85.

Розрахована кількість верстатів  $C_p$  заокруглена до найближчого більшого числа  $P$ .

Фактичний коефіцієнт завантаження верстатів:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_p}{P}. \quad (2.10)$$

Кількість операцій виконуваних на одному робочому місці

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}. \quad (2.11)$$

$K_{з.о} = 19,33$  – отже виробництво серійне.

Форма організації роботи [2, 4].

Добовий випуск виробів визначається за формулою:

$$N_{\delta} = \frac{N}{254}, \text{ [шт]} \quad (2.12)$$

де 254 – кількість робочих днів на протязі року;

$N$  – програма випуску,  $N = 4000$  шт.

$$N_{\delta} = \frac{4000}{254} = 15,75 \text{ (шт).}$$

Приймаємо  $N_{\delta} = 16$  шт.

Добова продуктивність лінії:

$$Q_{\delta} = \frac{F_{\delta}}{T_{\text{шт}} - K_{\text{сп}}} \cdot \eta_{з.}, \text{ [шт]} \quad (2.13)$$

$F_{\delta}$  – добовий фонд роботи обладнання, хв.;

$\eta_3$  – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

де  $T_{шт-к,ср}$  – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів:

$$T_{шт-к,ср} = \frac{\sum T_{шт-к_i}}{\sum n_{пер}}, [\text{хв}] \quad (2.14)$$

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

$\sum n_{пер}$  – сумарна кількість виконуваних переходів.

$$T_{шт-к,ср} = \frac{4,1 + 4,5 + 1,3 + 0,9 + 1,5 + 1}{6} = 2,22 \text{ (хв)};$$

$$Q_{\delta} = \frac{960}{2,22} \cdot 0,75 = 324,3 \text{ (шт)}.$$

Приймаємо  $Q_{\delta} = 324$  шт.

$N_{\delta} \leq Q_{\delta}$ , тому організація потової лінії недоцільна.

Тоді кількість деталей в партії для одночасного запуску:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} [\text{шт.}] \quad (2.15)$$

Підставивши дані отримаємо:

$$n = \frac{4000 \cdot 6}{254} = 95 \text{ (шт)}.$$

Розрахункова кількість змін, що потрібна на обробку всієї партії деталей:

$$C = \frac{T_{шт-к\ ср} \cdot n}{476 \cdot 0,75}, \quad (2.16)$$

де 476 – ефективний фонд часу роботи обладнання, хв.;

0,75 – нормативний коефіцієнт завантаження верстатів в серійному виробництві.

$$C = \frac{2,22 \cdot 95}{476 \cdot 0,75} = 0,55.$$

Прийнято –  $C_{пр} = 1$ . Тоді число деталей в партії, для завантаження цілої зміни:

$$n = \frac{C_{пр} \cdot 476 \cdot 0,75}{T_{шт-к\ ср}}, \quad [\text{шт}] \quad (2.17)$$

$$n_{пр} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{2,22} = 171,53 \quad (\text{шт}).$$

Приймаємо кількість деталей у партії 172 шт.

Остаточо приймаємо: виробництво – серійне; форма організації – групова; кількість деталей в партії – 172 шт.

### 2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки

#### 2.3.1 Вибір альтернативних способів виготовлення заготовки [5-7]

Початкові дані для розрахунку:

- тип серійності – середньосерійне;
- тип матеріалу – бронза;
- маса деталі – 3,6 кг;
- назва термообробки – термічно не оброблювана;
- температура плавлення –  $t \approx 900 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- густина –  $\rho = 7,5 \text{ г/см}^3$ ;

- найбільший габаритний розмір –  $L_{max} = 140$  мм;
- найменший габаритний розмір –  $L_{min} = 5$  мм.

На основі інформації про матеріал (БрА9ЖЗЛ) та серійності виробництва (середньосерійне) обрано можливий спосіб виготовлення заготовки – литтям.

Можливі способи лиття: в піщано-глинисті форми; в оболонкові форми; за виплавними моделями; в кокіль та лиття під тиском.

Проаналізувавши якісні та кількісні показники наведених способів лиття як остаточні варіанти обираємо лиття в піщано-глинисті форми (ПГФ) та лиття в кокіль (К).

### 2.3.2 Розрахунок розмірів заготовки

Призначення норм точності, допусків, розрахунок розмірів виконано згідно методики, що приведена [7, 8].

Результати розрахунків виконаних для визначення розмірів заготовки та призначені припуски зведено до таблиці 2.6 та 2.7.

Вибір мінімально допустимих радіусів заокруглень, нахилів, товщини стінки та мінімального діаметра отворів виконано згідно [7, 8].

### 2.3.3 Оформлення ескізів заготовки, розрахунок їх маси та коефіцієнтів точності маси

Коефіцієнт точності маси заготовки:

$$K_{TM} = \frac{Q_{дет}}{Q_{заг}}, \quad (2.18)$$

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

$Q_{заг}$  – маса заготовки, кг.

Таблиця 2.6 – Розрахунок розмірів литої заготовки (лиття ПГФ)

| Норми точності                                  | Лиття в ПГФ                            |                            |               |              |              |
|---|--|----------------------------|---------------|--------------|--------------|
|   | Згідно з [8]                           |                            |               | Прийнято     |              |
| Клас розмірної точності                         | 6-11т                                  |                            |               | 9т           |              |
| Ступінь жолоблення елементів                    | 6-9                                    |                            |               | 7            |              |
| Ступінь точності поверхонь                      | 9-16                                   |                            |               | 12           |              |
| Шорсткість поверхонь                            | Ra = 25 мкм                            |                            |               | Ra = 25 мкм  |              |
| Клас точності маси                              | 5-13т                                  |                            |               | 9т           |              |
| Ряд припусків                                   | 4-7                                    |                            |               | 5            |              |
| Розрахункові розміри                            | $\varnothing 80_{H8}^{(+0,046)}$       | $\varnothing 13^{(+0,43)}$ | $120_{-0,22}$ | $92_{-0,22}$ | $11_{-0,11}$ |
| Допуски:  |  |                            |               |              |              |
| розмірів, мм                                    | 1,8                                    | 1,1                        | 2,0           | 1,8          | 1,1          |
| форми чи розміщення, мм                         | 0,5                                    | 0,5                        | 0,5           | 0,5          | 0,5          |
| зміщення по площині роз'єднання                 | -                                      | -                          | 1,0           | 1,0          | -            |
| зміщення із за перекошу стержня                 | 0,64                                   | 0,64                       | -             | -            | -            |
| нерівностей                                     | 0,64                                   |                            |               |              |              |
| маси  | 8,0%                                   |                            |               |              |              |
| Загальний допуск, мм                            | 2,2                                    | 1,4                        | 2,4           | 2,4          | 1,4          |
| Припуски:                                       |  |                            |               |              |              |
| мінімальний                                     | 0,4                                    |                            |               |              |              |
| Розрахункові розміри, мм                        | $\varnothing 80_{H8}^{(+0,046)}$       | $\varnothing 13^{(+0,43)}$ | $120_{-0,87}$ | $92_{-0,22}$ | $11_{-0,11}$ |
|   | Кількість переходів механічної обробки |                            |               |              |              |
| по точності розмірів                            | 4                                      | 1                          | 1             | 2            | 2            |
| по відхиленнях форми, взаємного розміщення пов. | -                                      | -                          | -             | 2            | -            |
| прийнята кількість переходів                    | 4                                      | 1                          | 1/2           | 3/1          | 3/1          |
| Загальний припуск, мм                           | 3,3                                    | 1,5                        | 2,0/2,8       | 3,2/2,0      | 3,2/1,5      |
| Розміри заготовки, мм                           | $\varnothing 73,4$                     | $\varnothing 10$           | 124,8         | 97,2         | 15,7         |

Таблиця 2.7 – Розрахунок розмірів литої заготовки (лиття в кокіль)

| Норми точності                                  | Лиття в кокіль                         |                        |                      |                     |                     |
|---|--|------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
|   | Згідно з [8]                           |                        |                      | Прийнято            |                     |
| Клас розмірної точності                         | 5-9                                    |                        |                      | 7Г                  |                     |
| Ступінь жолоблення елементів                    | 4-7                                    |                        |                      | 5                   |                     |
| Ступінь точності поверхонь                      | 5-10                                   |                        |                      | 7                   |                     |
| Шорсткість поверхонь                            | Ra = 8 мкм.                            |                        |                      | Ra = 8 мкм.         |                     |
| Клас точності маси                              | 4-11Г                                  |                        |                      | 7Г                  |                     |
| Ряд припусків                                   | 2-5                                    |                        |                      | 3                   |                     |
| Розрахункові розміри                            | Ø80 H8 <sup>(+0,046)</sup>             | Ø13 <sup>(+0,43)</sup> | 120 <sub>-0,22</sub> | 92 <sub>-0,22</sub> | 11 <sub>-0,11</sub> |
| Допуски:  |  |                        |                      |                     |                     |
| розмірів, мм.                                   | 0,9                                    | 0,56                   | 1,0                  | 0,9                 | 0,56                |
| форми чи розміщення, мм                         | 0,32                                   | 0,32                   | 0,32                 | 0,32                | 0,32                |
| зміщення по площині роз'єднання                 | -                                      | -                      | 0,5                  | 0,5                 | -                   |
| зміщення із за перекошу стержня                 | 0,32                                   | 0,32                   | -                    | -                   | -                   |
| нерівностей                                     | 0,2                                    |                        |                      |                     |                     |
| маси  | 4,0%                                   |                        |                      |                     |                     |
| Загальний допуск, мм                            | 1,1                                    | 0,8                    | 1,2                  | 1,2                 | 0,8                 |
| Припуски:                                       |  |                        |                      |                     |                     |
| мінімальний                                     | 0,2                                    |                        |                      |                     |                     |
| Розрахункові розміри, мм                        | Ø80 H8 <sup>(+0,046)</sup>             | Ø13 <sup>(+0,43)</sup> | 120 <sub>-0,87</sub> | 92 <sub>-0,22</sub> | 11 <sub>-0,11</sub> |
|   | Кількість переходів механічної обробки |                        |                      |                     |                     |
| по точності розмірів                            | 3                                      | 1                      | 1                    | 2                   | 2                   |
| по відхиленнях форми, взаємного розміщення пов. | -                                      | -                      | -                    | 2                   | -                   |
| прийнята кількість переходів                    | 3                                      | 1                      | 1/2                  | 3/1                 | 3/1                 |
| Загальний припуск, мм                           | 1,6                                    | 0,8                    | 1,1/1,5              | 1,7/1,1             | 1,7/1,0             |
| Розміри заготовки, мм                           | Ø76,8                                  | Ø11,4                  | 122,6                | 94,8                | 13,7                |

Маса заготовок визначена по масо-центрувальних характеристиках (МЦХ) за допомогою розроблених 3D-моделей заготовок, які приведені на рисунках 2.1 та 2.2.

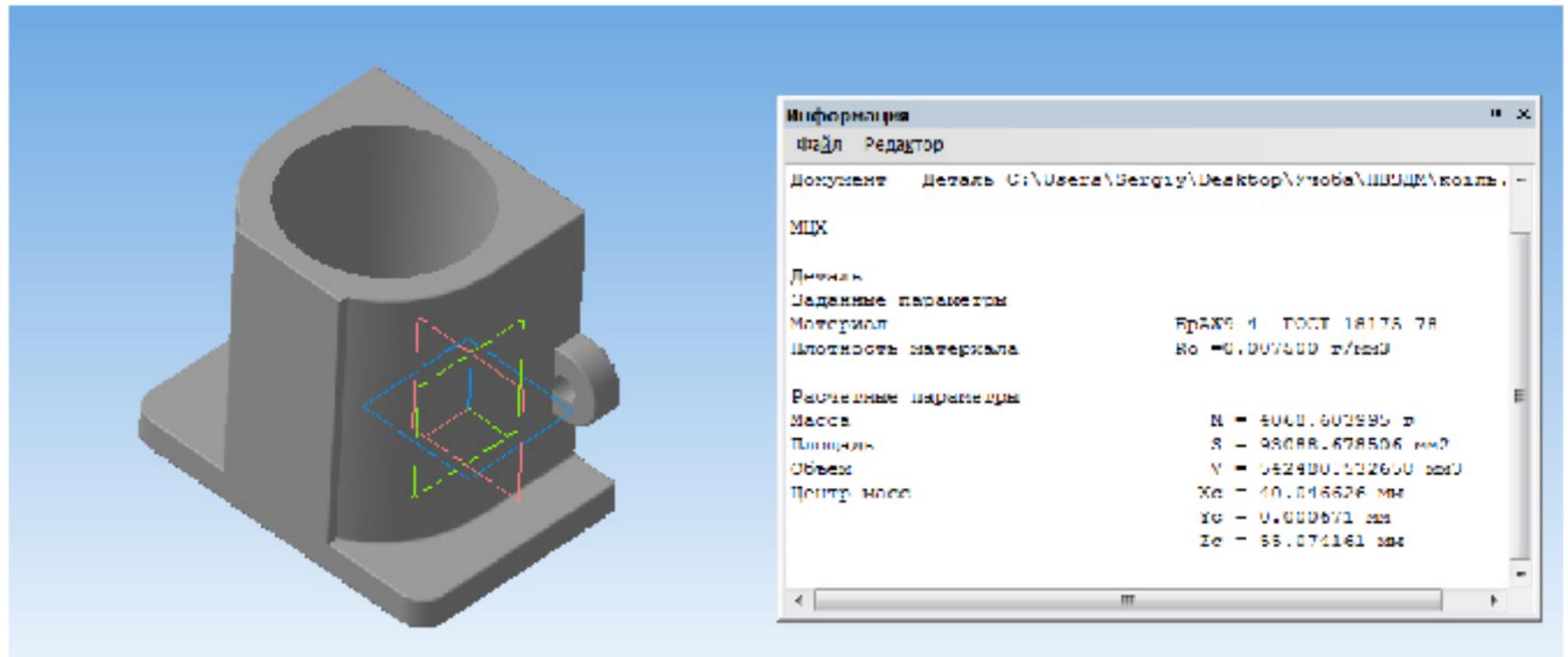


Рисунок 2.1 – 3D-модель та МЦХ заготовки (лиття в кокіль)

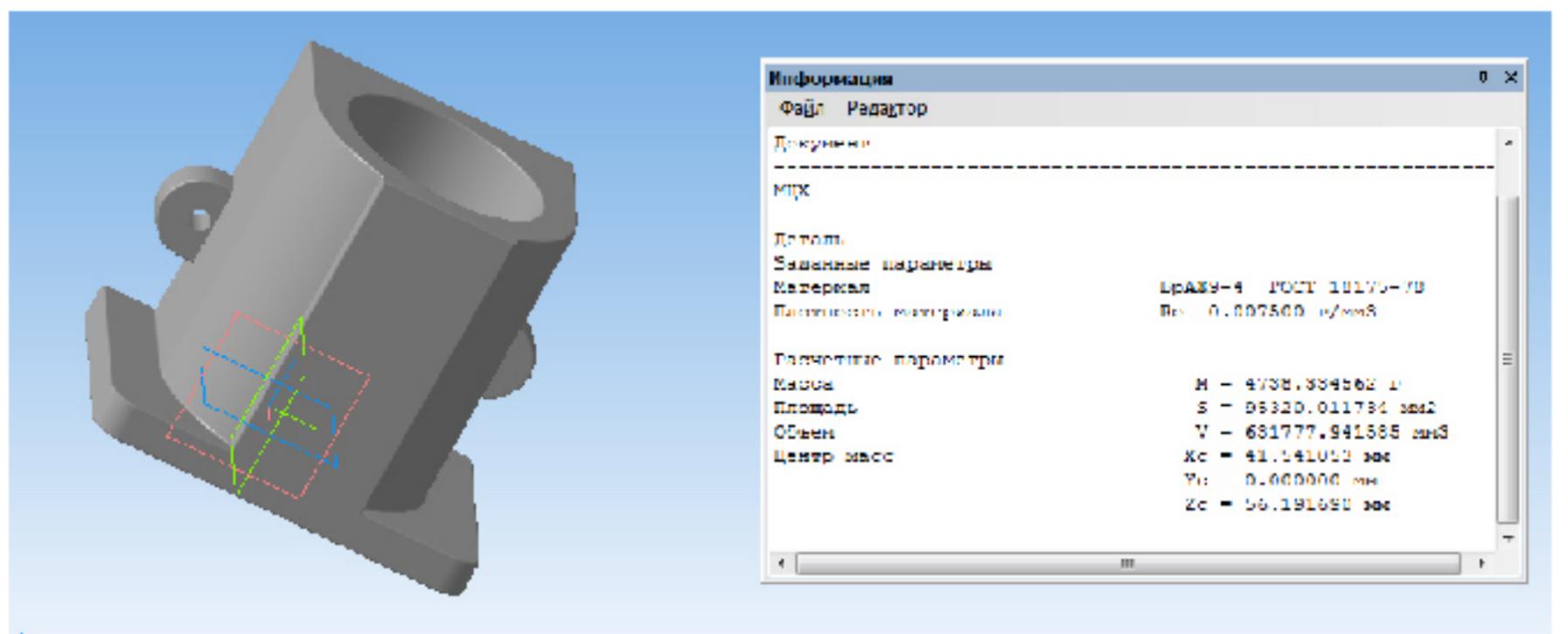


Рисунок 2.2 – 3D-модель та МЦХ заготовки (лиття в піщано-глинисті форми)

Тоді

$$K_{TM}^{\text{кокуль}} = \frac{3,6}{4,0686} = 0,88 ;$$

$$K_{TM}^{\text{піщ.-глин.}} = \frac{3,6}{4,7383} = 0,76 .$$

### 2.3.4 Техніко-економічне порівняння варіантів заготовки

Собівартість литих заготовок:

$$C_{\text{заг.лит}} = \frac{(Q_{\text{заг}} \cdot C_{\text{л}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}})}{1000} - \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дем}}) \cdot C_{\text{відх}}}{1000} \text{ [грн.]}, \quad (2.19)$$

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

$K_{\text{т}}, K_{\text{м}}, K_{\text{с}}, K_{\text{в}}, K_{\text{п}}$  – коефіцієнти [7]. Значення коефіцієнтів зведемо в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Значення коефіцієнтів для розрахунку вартості заготовки

| Коефіцієнт                 | Лиття в ПГФ | Лиття в К |
|----------------------------|-------------|-----------|
| $C_{\text{л}}$ , грн/т.    | 19600       | 23200     |
| $K_{\text{т}}$             | 1,05        | 1         |
| $K_{\text{м}}$             | 6,72        | 5,64      |
| $K_{\text{с}}$             | 1           | 1         |
| $K_{\text{в}}$             | 0,99        | 0,99      |
| $K_{\text{п}}$             | 1           | 1         |
| $C_{\text{відх}}$ , грн/т. | 10500       | 10500     |

Вартість литої заготовки при литті в кокіль:

$$C_{\text{заг.лит1}} = \frac{(4,0686 \cdot 23200 \cdot 1 \cdot 5,64 \cdot 1 \cdot 0,99 \cdot 1)}{1000} - \frac{(4,0686 - 3,6) \cdot 10500}{1000} = 522 \text{ (грн)}.$$

Вартість литої заготовки при литті в ПГФ:

$$C_{\text{заг.лит2}} = \frac{(4,7383 \cdot 19600 \cdot 1,05 \cdot 6,72 \cdot 1 \cdot 0,99 \cdot 1)}{1000} - \frac{(4,7383 - 3,6) \cdot 10500}{1000} = 636,8 \text{ (грн)}.$$

Визначимо економічний ефект:

$$E = (C_{\text{заг.литт}2} - C_{\text{заг.литт}1}) \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (2.20)$$

де  $N$  – число деталей в партії,  $N = 4000$  шт.

$$E = (636,8 - 522) \cdot 4000 = 459200 \text{ (грн.)}.$$

Висновок. Згідно розрахунків видно, що коефіцієнт точності маси для лиття в кокіль є більшим ніж для лиття в піщано-глинисті форми ( $0,88 > 0,76$ ), вартість заготовки для лиття в кокіль є меншою ( $522 \text{ грн.} < 636,8 \text{ грн.}$ ), економічний ефект складає 459,2 тис. грн. Отже, остаточно прийнято спосіб виготовлення заготовки – лиття в кокіль.

Для остаточно обраного варіанту виготовлення заготовки деталі оформлено креслення заготовки з технічними вимогами.

2.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки поверхонь зпідвищеними вимогами точності

Кількість ступенів механічної обробки визначається за коефіцієнтом уточнення. Загальне уточнення визначається за формулою [2, 4, 9]:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_D} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \dots \cdot \frac{T_{i-1}}{T_i} \cdot \frac{T_n}{T_D} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_i \cdot \varepsilon_n = \prod_1^n \varepsilon_i \quad (2.21)$$

де  $\varepsilon$  – загальне уточнення;

$n$  – число ступенів обробки;

$\varepsilon_i$  – окремі ступені уточнення;

$T_D, T_3, T_i$  – допуски.

Визначимо загальне уточнення для поверхні  $\varnothing 80H8^{(+0,046)}$ .

Заготовка – лиття лиття в кокіль, допуск заготовки на розмір  $\varnothing 80H8^{(+0,046)}$

$T_{заг} = 1,1$  мкм, допуск деталі  $T_{дет} = 46$  мкм.

Коефіцієнт уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{1,1}{0,046} = 24.$$

Приймаємо ступені уточнення на переходи механічної обробки: на перший  $\varepsilon_1 = 5$ ; на другий  $\varepsilon_2 = 3,5$ .

Знаходимо третій ступінь:

$$\varepsilon_3 = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2} = \frac{24}{5 \cdot 3,5} = 1,37.$$

В залежності від ступенів уточнення механічної обробки отримаємо такі допуски на відповідних переходах:

$$T_1 = \frac{T_3}{\varepsilon_1} = \frac{1,1}{5} = 0,22 \text{ (мм);}$$

$$T_2 = \frac{T_3}{\varepsilon_2} = \frac{0,22}{3,5} = 0,063 \text{ (мм);}$$

$$T_3 = \frac{T_3}{\varepsilon_3} = \frac{0,063}{1,37} = 0,046 \text{ (мм).}$$

Отже, для отримання необхідних параметрів даної поверхні необхідно провести розточування попереднє, розточування попереднє додаткове та розточування остаточне.

Аналогічним способом виконаємо розрахунки на всі інші точні поверхні. Запропоновані способи та кількість ступенів механічної обробки приведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Способи і кількість ступенів механічної обробки

| Розмір                        | Загальне уточнення, $\epsilon$ | Кількість ступенів механічної обробки | Значення ступенів механічної обробки                          | Допуск, мм   | Вид механічної обробки                       | Квалітет                                     |                |
|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|---|--|--|--|----------------|
| 1                             | 2                              | 3                                     | 4   | 5  | 6  | 7  |                |
| $\varnothing 80H8^{(+0,046)}$ | 24                             | 3                                     | $\epsilon_1 = 5$<br>$\epsilon_2 = 3,5$<br>$\epsilon_3 = 1,37$ | $T_1 = 0,22$<br>$T_2 = 0,063$<br>$T_3 = 0,046$               | розточування<br>розточування<br>розточування | 11<br>9<br>8                                 |                |
| $\varnothing 30H8^{(+0,036)}$ | 6                              | 3                                     | $\epsilon_1 = 0$<br>$\epsilon_2 = 4$<br>$\epsilon_3 = 1,5$    | $T_1 = 0,21$<br>$T_2 = 0,053$<br>$T_3 = 0,033$               | свердління<br>зенкерування<br>розвертування  | 12<br>10<br>8                                |                |
| 92 <sub>-0,22</sub>           | верхня площ.<br>(9кв. Ra 1,6)  | 14                                    | 3   | $\epsilon_1 = 4$<br>$\epsilon_2 = 2,5$<br>$\epsilon_2 = 1,4$ | $T_1 = 0,3$<br>$T_2 = 0,14$<br>$T_2 = 0,086$ | фрезерування<br>фрезерування<br>фрезерування | 12<br>11<br>10 |
|                               | нижня площ.<br>(12кв. Ra 6,3)  | -                                     | 1   | -  | -  | фрезерування                                 | 12             |
| 120 <sub>-0,22</sub>          | ліва площ.<br>(12кв. Ra 6,3)   | -                                     | 1   | -  | -  | фрезерування                                 | 13             |
|                               | права площ.<br>(10кв. Ra 3,2)  | 9                                     | 2   | $\epsilon_1 = 4$<br>$\epsilon_2 = 2,25$                      | $T_1 = 0,3$<br>$T_2 = 0,13$                  | фрезерування<br>фрезерування                 | 12<br>10       |
| $3,5^{+0,075}$                | -                              | -                                     | -   | -  | фрезерування                                 | 12   |                |
| $10^{+0,15}$                  | -                              | -                                     | -   | -  | фрезерування                                 | 12   |                |
| $\varnothing 13H12^{+0,18}$   | -                              | -                                     | -   | -  | свердління                                   | 12   |                |
| $50^{+0,25}$                  | -                              | -                                     | -   | -  | фрезерування                                 | 12   |                |
| $10_{-0,09}$                  | -                              | -                                     | -   | -  | фрезерування                                 | 12   |                |
| $14_{-0,43}$                  | -                              | -                                     | -   | -  | фрезерування                                 | 12   |                |
| $\varnothing 8H12^{+0,15}$    | -                              | -                                     | -   | -  | свердління                                   | 12   |                |
| M4-7H                         | -                              | -                                     | -   | -  | свердління<br>нарізання                      | 12   |                |
| M6-7H                         | -                              | -                                     | -   | -  | свердління<br>нарізання різі                 | 12   |                |
| M10-7H                        | -                              | -                                     | -   | -  | свердління<br>нарізання різі                 | 12   |                |
| $\varnothing 9H12^{+0,15}$    | -                              | -                                     | -   | -  | свердління                                   | 12   |                |
| $\varnothing 6H12^{+0,12}$    | -                              | -                                     | -   | -  | свердління                                   | 12   |                |

## 2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз [2, 9]

### 2.5.1 Вибір чистових технологічних баз

В якості чистових технологічних баз для обробки зовнішніх та внутрішніх поверхонь деталі використовуємо метод базування «на площину та два пальці». Схема базування зображена на рисунку 2.3.

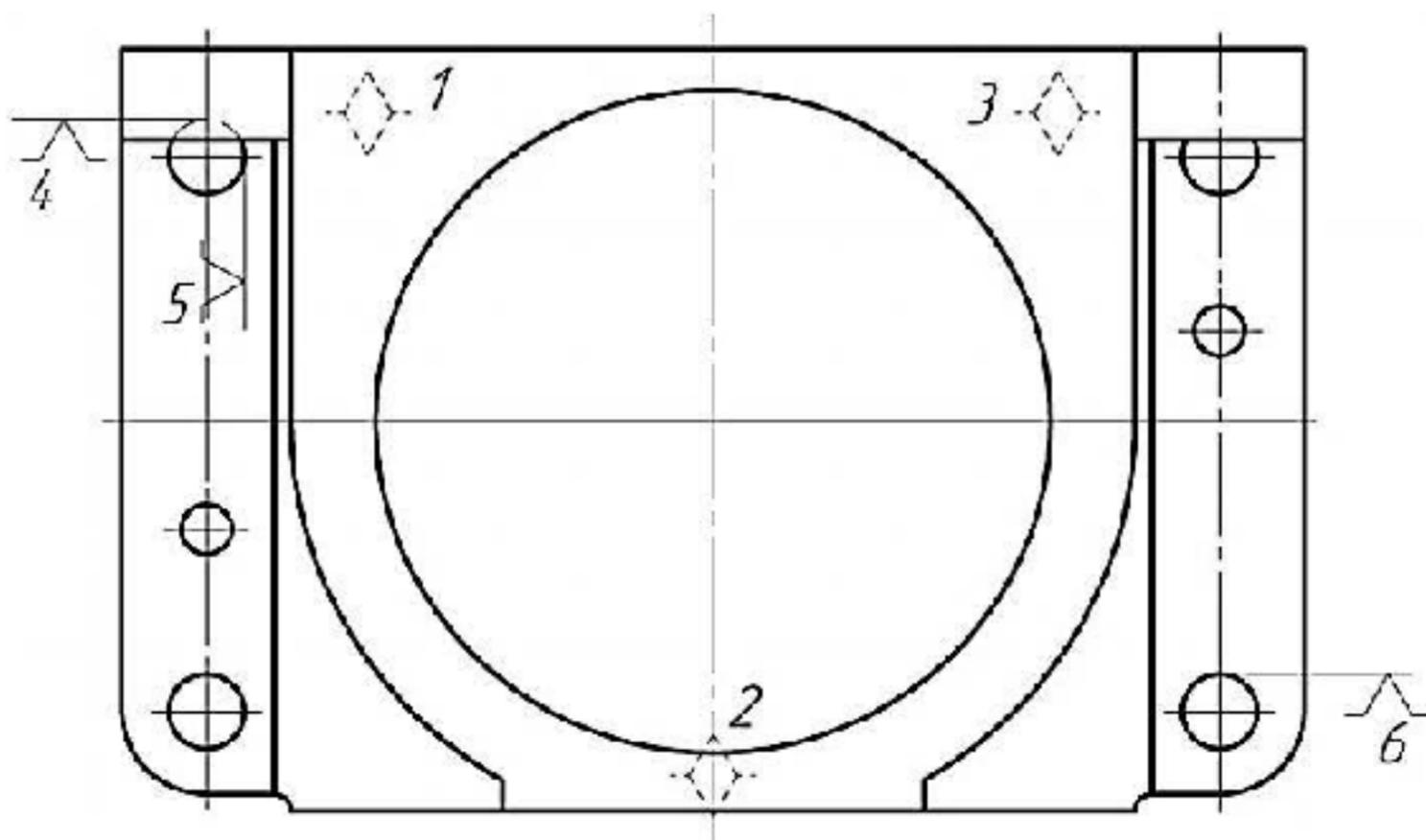


Рисунок 2.3 – Чистові технологічні бази (операція 010)

Похибка базування на операції 010 виникає за рахунок перекосу заготовки в горизонтальній площині при установці її на пальці пристосування. Перекіс виникає при цьому із-за наявності зазорів між найбільшим діаметром установчих отворів і найменшим діаметром пальців.

Найбільший зазор між отворами і пальцями визначається за формулою:

$$S_{\max} = \sigma_D + \sigma_d + S_{\min}, [\text{мм}] \quad (2.22)$$

де  $\sigma_D$  – допуск на отвір, мм;

$\sigma_d$  – допуск на діаметр пальця, мм;

$S_{min}$  – мінімальний зазор між діаметрами пальця і отвору, мм.

Отвір –  $\varnothing 9H10^{+0,058}$ ; палець –  $\varnothing 9f8_{-0,035}^{-0,013}$ .

Тоді:

$$S_{max} = 0,058 + 0,013 + 0,035 = 0,106 \text{ (мм)}.$$

Таким чином, найбільший кут повороту заготовки на пальцях може бути знайдений з відношення найбільшого зазору при повернті в одну сторону від середнього положення до відстані між базовими отворами:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{max}}{\sqrt{68^2 + 120^2}} = \frac{0,106}{\sqrt{68^2 + 120^2}} = 0,0007.$$

Перекіс заготовки незначний, коли  $\alpha < 0,3^\circ$ :

$$\operatorname{arctg} \alpha = \operatorname{arctg} 0,0007 = 0,04^\circ < 0,3^\circ.$$

Умова точності виконується, так як начення похибки базування не перевищує допустимих значень і запропонована схема базування може використовуватися у маршруті механічної обробки деталі.

### 2.5.2 Вибір чорнових технологічних баз

Під час вибору чорнових технологічних баз потрібно забезпечити розмірну прив'язку оброблених і необроблених поверхонь або знімання рівномірного мінімального припуску з певних поверхонь на чистовій обробці.

Використаємо схему встановлення заготовки на трьохкулачкову саморозтискну оправку. Використання даної схеми базування дозволяє забезпечити розмірну прив'язку оброблених і необроблених поверхонь (шоста

точка) та зняти рівний мінімальний припуск з отвору при чистовій обробці. Схема базування зображена на рисунку 2.4.

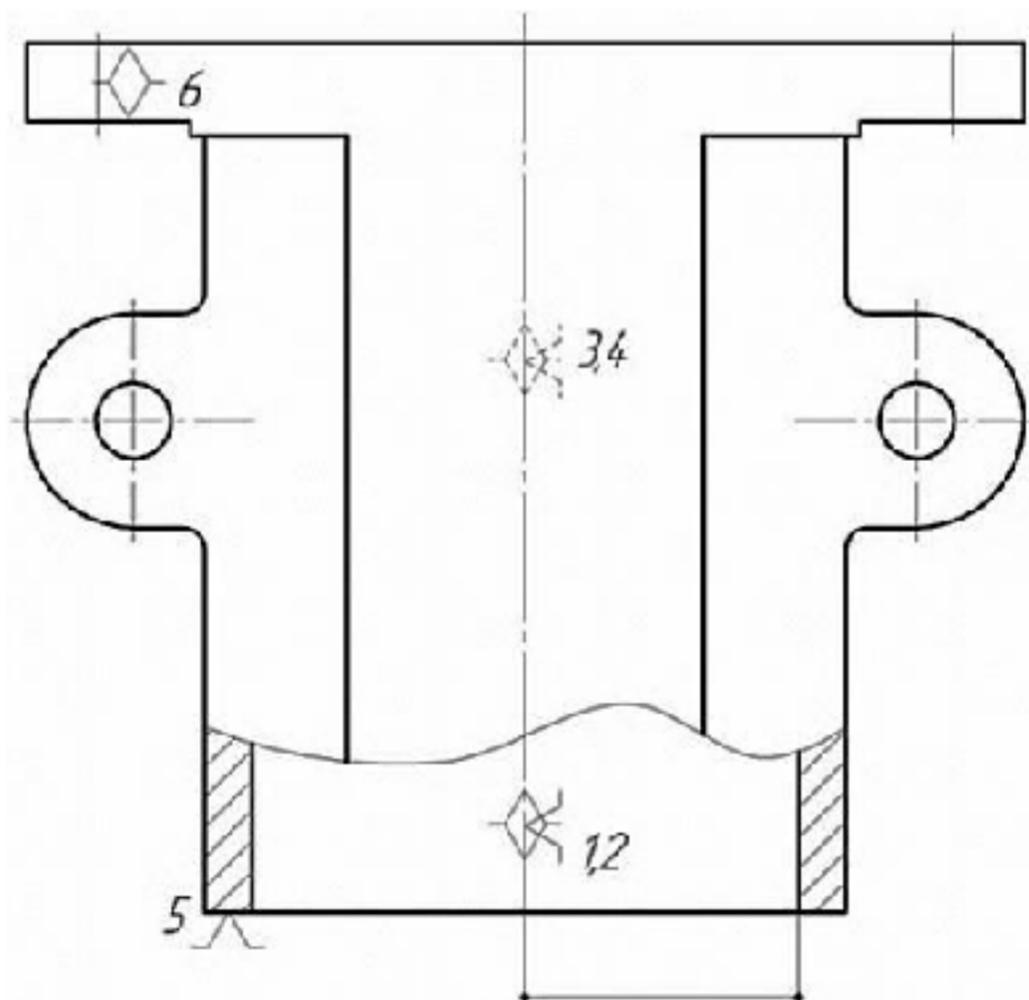


Рисунок 2.4 – Чорнові технологічні бази (операція 005)

2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого ТП [2, 9]

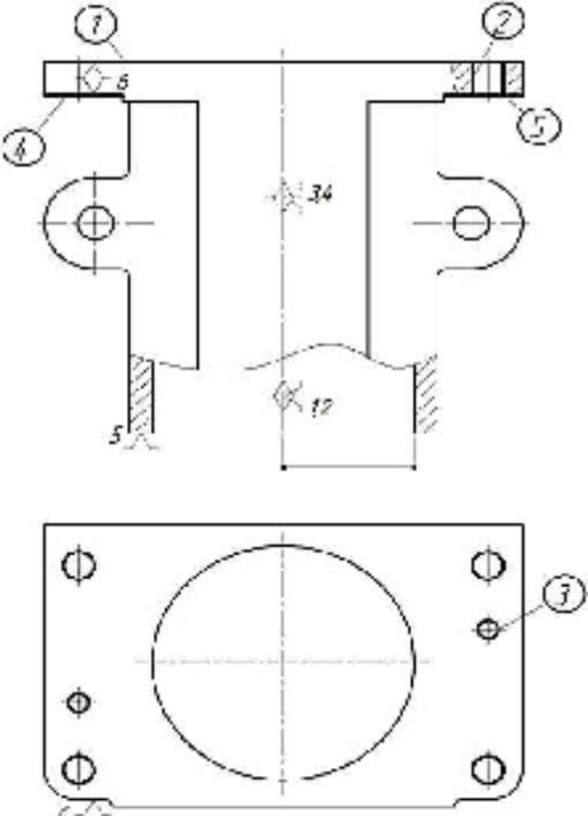
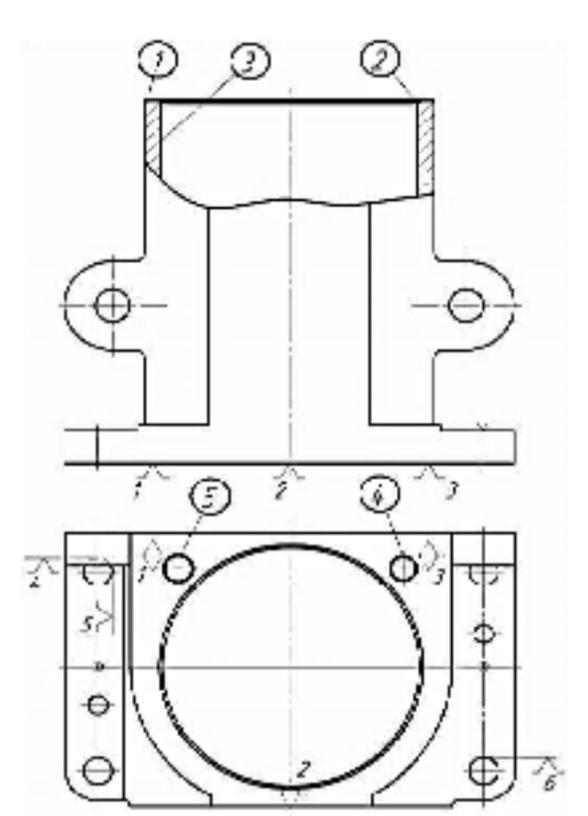
Варіанти маршруту механічної обробки наведено в таблицях 2.10-2.11.

Таблиця 2.10 – Маршрут механічної обробки (I варіант)

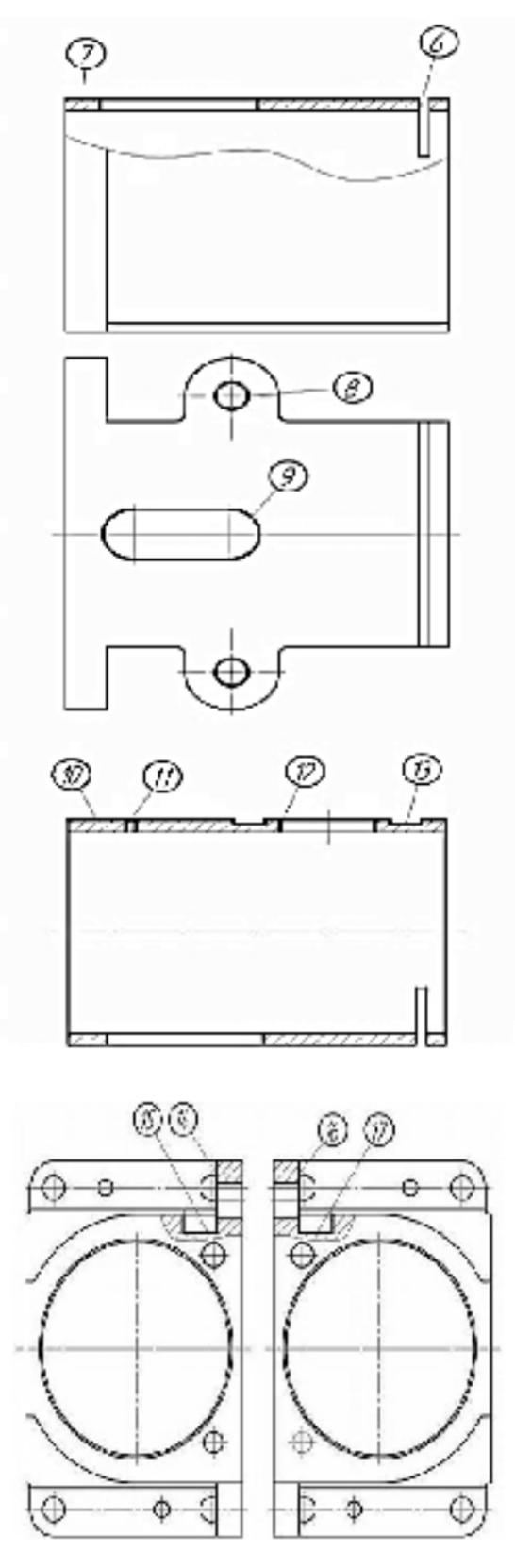
| № варіанту | Назва і зміст операції  | Схема установки і обробки | Модель верстата                              |
|------------|---|---------------------------|--|
| 1          | 2   | 3                         | 4  |
| 005        | <p><u>Вертикально-фрезерна</u><br/>ЧПК:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити, закріпити</li> <li>2. Фрезерувати площину 1 поперечно в розмір 121,55<sub>±0,01</sub></li> <li>3. Центрувати 4 отвори 2 в розмір <math>\varnothing 5</math></li> <li>4. Свердлити 4 отвори 2 в розмір <math>\varnothing 7,5</math></li> <li>5. Зенкерувати 4 отвори 4 в розмір згідно ескізу</li> <li>6. Свердлити 2 отвори 3 в розмір згідно ескізу</li> <li>7. Фрезерувати площину 1 поперечно в розмір згідно ескізу</li> <li>8. Фрезерувати площину 4 та 5 відкривати в розмір згідно ескізу</li> <li>9. Зняти</li> </ol> |                           | <p>Вертикально-фрезерна з ЧПК<br/>6C0P03</p> |
| 010        | <p><u>Вертикально-фрезерна</u><br/>ЧПК:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити, закріпити</li> <li>2. Фрезерувати площину 1 поперечно в розмір згідно ескізу</li> <li>3. Центрувати отвори 2 та 3 в розмір <math>\varnothing 5</math></li> <li>4. Свердлити отвори 2 та 3 в згідно ескізу</li> <li>5. Розсвердловати отвір 3 в розмір <math>\varnothing 9,4</math></li> <li>6. Нирізати різь в отворі 3 в розмір згідно ескізу</li> <li>7. Шершнітувати отвір 2 в розмір <math>\varnothing 4,95^{+0,02}</math></li> <li>8. Зняти</li> </ol>   |                           | <p>Вертикально-фрезерна з ЧПК<br/>6C0P03</p> |
| 015        | <p><u>Вертикально-фрезерна</u><br/>ЧПК:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити, закріпити</li> <li>2. Нарізати різь в отворі 1 в розмір згідно ескізу</li> <li>3. Розточувати отвір 3 поперечно в розмір <math>\varnothing 77,474^{+0,01}</math></li> <li>4. Розточувати отвір 3 поперечно в розмір <math>\varnothing 77,65^{+0,01}</math></li> <li>5. Розточувати фаску 2 поперечно в розмір згідно ескізу</li> <li>6. Розточувати отвір 3 поперечно в розмір згідно ескізу</li> <li>7. Фрезерувати канавку 4 в розмір згідно ескізу</li> <li>8. Зняти</li> </ol>  |                           | <p>Вертикально-фрезерна з ЧПК<br/>6C0P03</p> |



Таблиця 2.11 – Маршрут механічної обробки (II варіант)

| №   | Назва і зміст операції  | Схема базування і обробки   | Модель верстата                     |
|-----|---|---|-------------------------------------|
| 005 | <p><u>Вертикально фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити, закріпити.</li> <li>2. Фрезерувати площину 1 попередньо.</li> <li>3. Центрувати 4 отвори 2.</li> <li>4. Свердлити отвори 4 отвори 2.</li> <li>5. Зенкерувати 4 отвори 2.</li> <li>6. Свердлити 2 отвори 3.</li> <li>7. Фрезерувати площину 1 остаточно.</li> <li>8. Фрезерувати площини 4 та 5 однократно.</li> </ol>  |   | Вертикально-фрезерний з ЧПК 6P13PФ3 |
| 010 | <p><u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити, закріпити.</li> <li>2. Фрезерувати площину 7 попередньо, площини 1 та 10 однократно.</li> <li>3. Фрезерувати площину 7 попередньо.</li> <li>4. Фрезерувати площину 7 остаточно.</li> <li>7. Центрувати отвори 4, 5 та 12.</li> <li>8. Свердлити отвір 5.</li> <li>Розсвердлювати отвір 5.</li> <li>9. Нарізати різь в отворі 5.</li> <li>10. Свердлити отвір 4.</li> <li>11. Зенкерувати отвір 4.</li> <li>12. Нарізати різь в отворі 4.</li> <li>13. Розточити отвір 3 попередньо.</li> <li>14. Розточити отвір 3 попередньо.</li> <li>15. Розточити фаску 2 однократно.</li> <li>16. Розточити отвір 3 остаточно.</li> <li>17. Фрезерувати канавку 6.</li> <li>18. Зенкерувати 2 отвори 8.</li> <li>19. Фрезерувати паз 9 однократно.</li> <li>20. Свердлити отвір 11.</li> <li>21. Нарізати різь в отворі 11.</li> <li>22. Свердлити отвір 12.</li> <li>23. Зенкерувати отвір 12.</li> <li>24. Розвертати отвір 12.</li> <li>25. Фрезерувати 2 пази 13 однократно.</li> <li>26. Фрезерувати площини 14 та 16, пази 15 та 17 однократно.</li> <li>27. Зняти деталь.</li> </ol> |  | Вертикальний центр з ЧПК VF-2TR     |

Продовження таблиці 2.11

| 1 | 2 | 3  | 4 |
|---|---|--|---|
|   |   |  <p>The technical drawing consists of four views of a mechanical assembly, likely a valve or a similar component, with numbered callouts (7, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100) indicating specific parts and features. The views include a top view, a side view, a cross-sectional view, and a detailed view of a circular component.</p> |   |

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

Технологічна собівартість механічної обробки [2, 9]:

$$C_o = \frac{C_{n-e} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot k_B} \text{ [грн.],} \quad (2.23)$$

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

$C_{n-e}$  – цехові приведені годинні витрати роботи верстата, грн./год.;

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

Результати нормування операцій приведено в таблицях 2.12-2.13.

Таблиця 2.12 – Основний час (для I-го варіанту ТП)

| Номер та назва операції        | Основний час<br>$T_o$ , хв. |
|--------------------------------|-----------------------------|
| 005 Вертикально-фрезерна з ЧПК | 1,335                       |
| 010 Вертикально-фрезерна з ЧПК | 0,693                       |
| 015 Вертикально-фрезерна з ЧПК | 2,759                       |
| 020 Вертикально-фрезерна з ЧПК | 6,41                        |
| 025 Вертикально-фрезерна з ЧПК | 0,685                       |
| 030 Вертикально-фрезерна з ЧПК | 1,118                       |
| 035 Вертикально-фрезерна з ЧПК | 0,353                       |

Таблиця 2.13 – Основний час (для II-го варіанту ТП)

| Номер та назва операції        | Основний час<br>$T_o$ , хв. |
|--------------------------------|-----------------------------|
| 005 Вертикально-фрезерна з ЧПК | 1,335                       |
| 010 Вертикально-фрезерна з ЧПК | 7,625                       |

Результати визначення штучно-калькуляційного часу та технологічної собівартості операцій для двох варіантів ТП приведено в таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Витрати на обробку деталей за варіантами ТП

| № операції    | $T_{\text{шт-к}}$ , хв. | Верстат | Вартість однієї верстатогодини, грн/год. | Вартість однієї верстатогодини, грн/хв. | Собівартість операції, грн. |
|---------------|-------------------------|---------|--|---|-----------------------------|
| I варіант ТП  |                         |         |  |   |                             |
| 005           | 2,061                   | 6P13PФ3 | 80,7                                     | 1,35                                    | 2,78                        |
| 010           | 2,284                   |         |  |   | 3,08                        |
| 015           | 3,62                    |         |  |   | 4,89                        |
| 020           | 8,243                   |         |  |   | 11,13                       |
| 025           | 1,321                   |         |  |   | 1,78                        |
| 030           | 1,943                   |         |  |   | 2,62                        |
| 035           | 1,379                   |         |  |   | 1,86                        |
| Σ             |                         |         |  |   | 28,14                       |
| II варіант ТП |                         |         |  |   |                             |
| 005           | 1,999                   | 6P13PФ3 | 80,7                                     | 1,35                                    | 2,7                         |
| 010           | 12,168                  | VF-2TR  | 62,5                                     | 1,04                                    | 12,65                       |
| Σ             |                         |         |  |   | 15,35                       |

II-й варіант ТП механічної обробки деталі за мінімумом приведених дешевший за I-ий. Річний ефект:

$$E = (C_{o1} - C_{o2}) \cdot N_p \text{ [грн.]}, \quad (2.24)$$

$$E = (28,14 - 15,35) \cdot 4000 = 51160 \text{ (грн.)}$$

Прийнято використовувати II-ий із запропонованих ТП механічної обробки.

## 2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу [9]

### 2.8.1 Вибір розташування технологічних розмірів

Розташування технологічних розмірів показано на рис. 2.5.

### 2.8.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуски на технологічні розміри запишемо у вигляді таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Допуски розмірів вихідної заготовки та технологічних розмірів [10, 11]

| Заготовка         |                        |                              |            |
|-------------------|------------------------|------------------------------|------------|
| Розмір            | Лиття в кокіль         | Клас розмірної точності – 7Т | Допуск, мм |
| З <sub>1</sub>    |                        |                              | 1,1        |
| З <sub>2</sub>    |                        |                              | 1,2        |
| З <sub>3</sub>    |                        |                              | 1,2        |
| З <sub>4</sub>    |                        |                              | 0,8        |
| Механічна обробка |                        |                              |            |
| Техн. розмір      | Спосіб обробки         | Квалітет точності            | Допуск, мм |
| В <sub>1</sub>    | Попереднє фрзерування  | 12                           | 0,35       |
| В <sub>2</sub>    | Попереднє фрзерування  | 11                           | 0,22       |
| В <sub>3</sub>    | Остаточне фрзерування  | 10                           | 0,14       |
| В <sub>4</sub>    | Однократне фрзерування | 12                           | 0,35       |
| В <sub>5</sub>    | Попереднє розточування | 12                           | 0,3        |
| В <sub>6</sub>    | Попереднє розточування | 9                            | 0,074      |
| В <sub>7</sub>    | Остаточне розточування | 8                            | 0,046      |
| В <sub>8</sub>    | Однократне фрзерування | 12                           | 0,18       |

### 2.8.3 Розмірна схема ТП

Розмірна схема ТП показана на рисунку 2.5, на ній показані припуски, розміри заготовки та деталі.

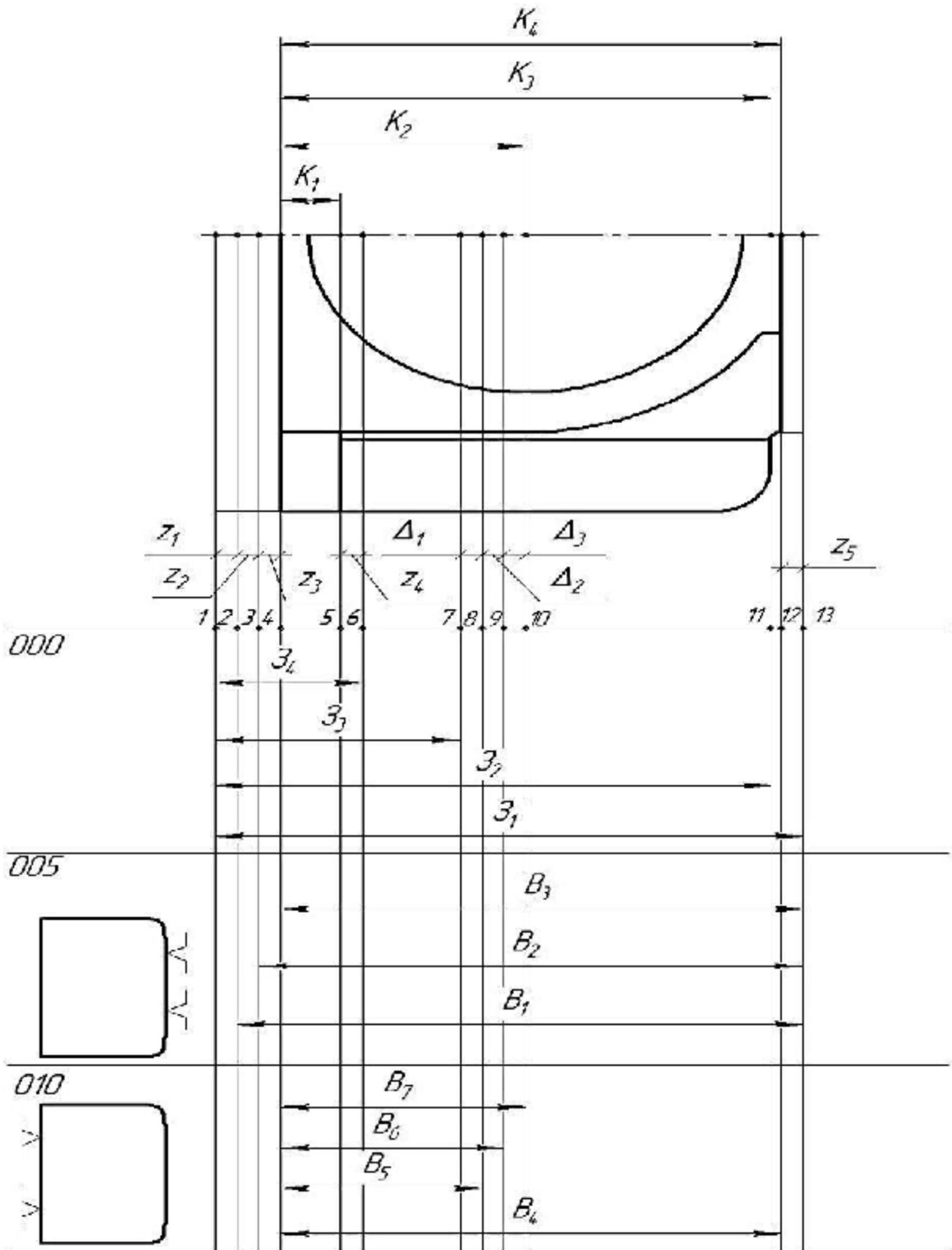


Рисунок 2.5 – Розмірна схема удосконаленого технологічного процесу

## 2.8.4 Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

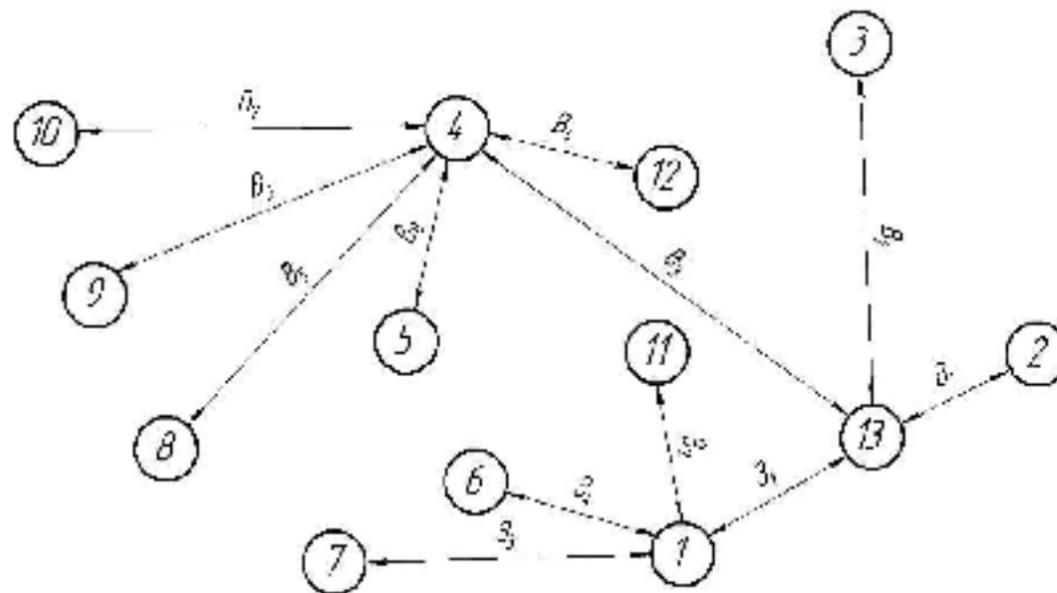


Рисунок 2.6 – Похідний граф-дерево

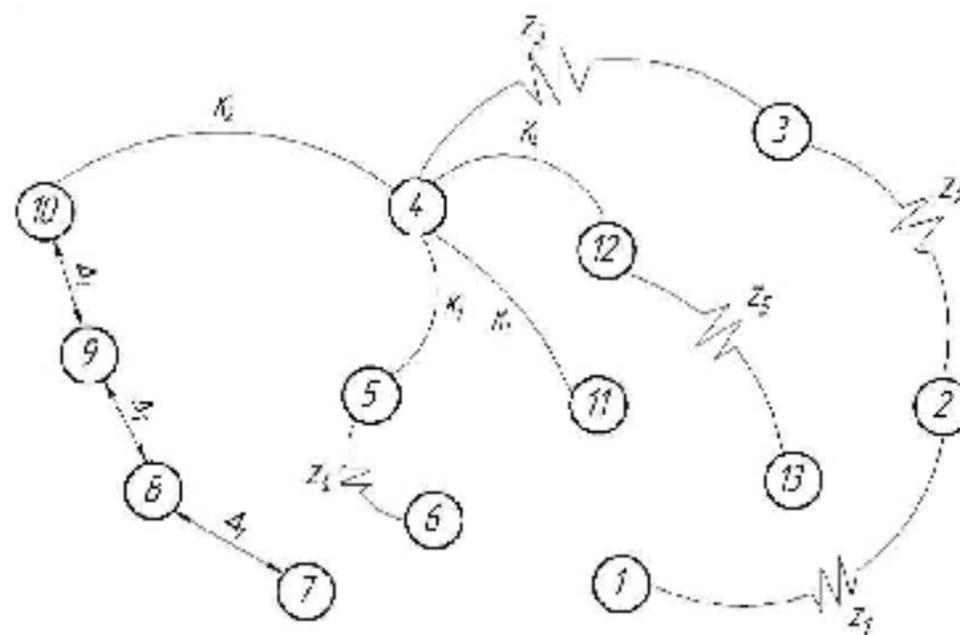


Рисунок 2.7 – Вихідний граф-дерево

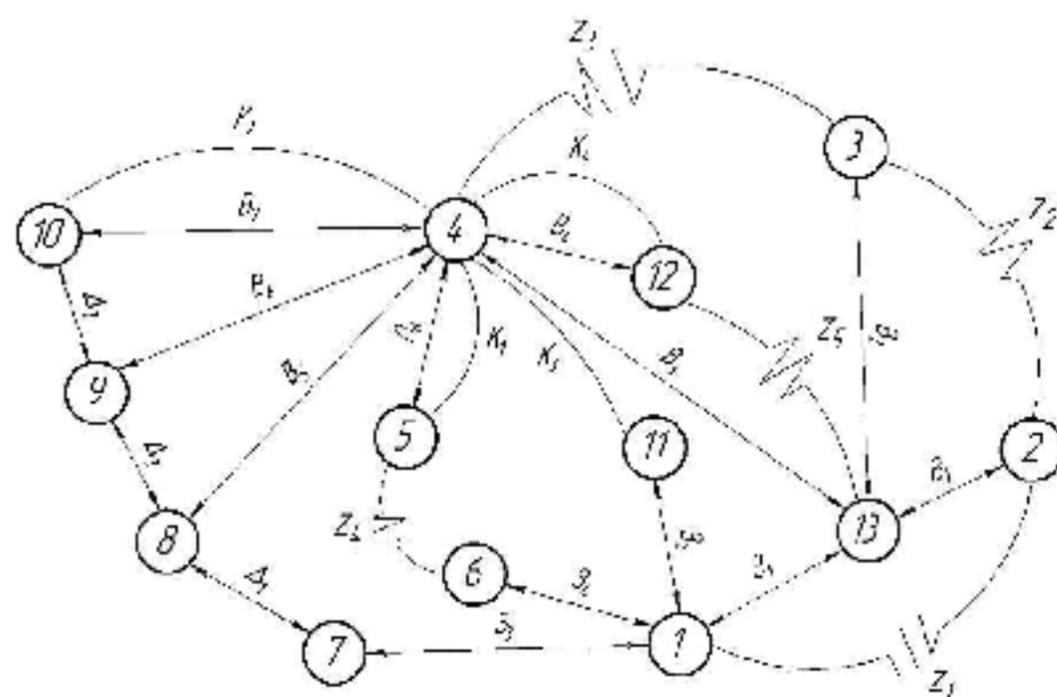


Рисунок 2.8 – Суміщений граф

### 2.8.5 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Таблиця 2.16 – Мінімальні проміжні припуски на обробку плоских поверхонь [12]

| Призначення припуску | Спосіб обробки поверхні | Мінімальний припуск, мм. |
|----------------------|-------------------------|--------------------------|
| $z_1$                | Чорнове фрезерування    | 0,5                      |
| $z_2$                | Чорнове фрезерування    | 0,3                      |
| $z_3$                | Чистове фрезерування    | 0,11                     |
| $z_4$                | Однократне фрезерування | 0,35                     |
| $z_5$                | Однократне фрезерування | 0,45                     |

### 2.8.6 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Таблиця 2.17 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

| №   | Розрахункове рівняння                   | Вихідне рівняння                    | Розмір, який необхідно визначити |
|-----|---|-------------------------------------|----------------------------------|
| 1.  | $-K_2 + B_7 = 0$                        | $K_2 = B_7$                         | $B_7$                            |
| 2.  | $-K_1 + B_8 = 0$                        | $K_1 = B_8$                         | $B_8$                            |
| 3.  | $-K_4 + B_4 = 0$                        | $K_4 = B_4$                         | $B_4$                            |
| 4.  | $-\Delta_3 - B_6 + B_7 = 0$             | $\Delta_3 = -B_6 + B_7$             | $B_6$                            |
| 5.  | $-z_5 - B_4 + B_3 = 0$                  | $z_5 = -B_4 + B_3$                  | $B_3$                            |
| 6.  | $-z_3 - B_3 + B_2 = 0$                  | $z_3 = -B_3 + B_2$                  | $B_2$                            |
| 7.  | $-z_2 + B_1 - B_2 = 0$                  | $z_2 = B_1 - B_2$                   | $B_1$                            |
| 8.  | $-\Delta_2 - B_5 + B_6 = 0$             | $\Delta_2 = -B_5 + B_6$             | $B_5$                            |
| 9.  | $-z_1 - B_1 + Z_1 = 0$                  | $z_1 = -B_1 + Z_1$                  | $Z_1$                            |
| 10. | $-K_3 - Z_1 + Z_2 + B_3 = 0$            | $K_3 = -Z_1 + Z_2 + B_3$            | $Z_2$                            |
| 11. | $-z_4 - B_8 + B_3 - Z_1 + Z_4 = 0$      | $z_4 = -B_8 + B_3 - Z_1 + Z_4$      | $Z_4$                            |
| 12. | $-\Delta_1 - Z_3 - B_3 + Z_1 + B_5 = 0$ | $\Delta_1 = -Z_3 - B_3 + Z_1 + B_5$ | $Z_3$                            |

### 2.8.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків

Рівняння 1:  $K_2 = B_7 = 45 \pm 0,05$  мм.

Рівняння 2:  $K_1 = B_8 = 11_{-0,11}$  мм.

Рівняння 3:  $K_4 = B_4 = 92_{-0,22}$  мм.

Рівняння 4:

$$\Delta_3 = -B_6 + B_7 \text{ [мм]}.$$

З урахуванням того, що  $\Delta_3 = 0$  отримаємо:  $V_{6\text{сер}} = V_{7\text{ном}} = 45$  мм.

Поле допуску має бути розташовано симетрично відносно  $V_{6\text{сер}}$ , тому в технологічному документі слід вказати розмір:

$$V_{6\text{сер}} \pm 1/2T(V_6) = 45 \pm 0,08 \text{ (мм)}.$$

Рівняння 5:

$$z_{5\text{мін}} = -V_{4\text{макс}} + V_{3\text{мін}} \text{ [мм]};$$

$$V_{3\text{мін}} = z_{5\text{мін}} + V_{4\text{макс}} \text{ [мм]};$$

$$V_{3\text{мін}} = 0,45 + 92 = 92,45 \text{ (мм)};$$

$$V_{3\text{макс}} = V_{3\text{мін}} + T(V_3) = 92,45 + 0,14 = 92,59 \text{ (мм)}.$$

Розмір  $V_3$  є розміром охоплюваної поверхні, тому номінальний розмір буде розмір  $V_{3\text{макс}}$ . технологічному документі слід вказати розмір  $V_{3\text{макс}-T(V)}$ , тобто  $92,59_{-0,14}$  мм.

Рівняння 6:

$$z_{3\text{мін}} = -V_{3\text{макс}} + V_{2\text{мін}} \text{ [мм]};$$

$$V_{2\text{мін}} = z_{3\text{мін}} + V_{3\text{макс}} \text{ [мм]};$$

$$V_{2\text{мін}} = 0,11 + 92,59 = 92,7 \text{ (мм)};$$

$$V_{2\text{макс}} = V_{2\text{мін}} + T(V_2) = 92,7 + 0,22 = 92,92 \text{ (мм)}.$$

Розмір  $V_2$  є розміром охоплюваної поверхні, тому номінальний розмір буде розмір  $V_{2\text{макс}}$  технологічному документі слід вказати розмір  $V_{2\text{макс}-T(V)}$ , тобто  $92,92_{-0,22}$  мм.

Рівняння 7:

$$z_{2\text{мін}} = V_{1\text{мін}} - V_{2\text{макс}} \text{ [мм]};$$

$$V_{1\text{мін}} = z_{2\text{мін}} + V_{2\text{макс}} \text{ [мм]};$$

$$V_{1\text{мін}} = 0,3 + 92,92 = 93,12 \text{ (мм)};$$

$$V_{1\text{макс}} = V_{1\text{мін}} + T(V_1) = 93,12 + 0,35 = 93,47 \text{ (мм)}.$$

Розмір  $B_1$  є розміром охопленої поверхні, тому номінальний розмір буде розмір  $B_{1\text{макс}}$ . технологічному документі слід вказати розмір  $B_{1\text{макс}-T(B)}$ , тобто  $93,47_{-0,35}$  мм.

Рівняння 8:

$$\Delta_2 = -B_5 + B_6 \text{ [мм]}.$$

З урахуванням того, що  $\Delta_3 = 0$  отримуємо:

$$B_{5\text{сєр}} = B_{6\text{ном}} = 45 \text{ мм}.$$

Поле допуску має бути розташовано симетрично відносно  $B_{5\text{сєр}}$ , тому в технологічному документі слід вказати розмір:

$$B_{5\text{сєр}} \pm 1/2T(B_5) = 45 \pm 0,12 \text{ (мм)}.$$

Рівняння 9:

$$z_{1\text{мін}} = -B_{1\text{макс}} + Z_{1\text{мін}}, \text{ [мм]};$$

$$Z_{1\text{мін}} = z_{1\text{мін}} + B_{1\text{макс}}, \text{ [мм]};$$

$$Z_{1\text{мін}} = 0,5 + 93,47 = 93,97 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\text{макс}} = Z_{1\text{мін}} + T(Z_1) = 93,97 + 0,87 = 94,84 \text{ (мм)}.$$

За номінальне значення беремо середнє значення розміра:

$$Z_1 = Z_{1\text{сєр}} \pm 1/2T(Z_1) = 94,4 \pm 0,43 \text{ (мм)}.$$

Рівняння 10:

$$K_3 = -Z_1 + Z_2 + B_3 \text{ [мм]};$$

$$Z_{2\text{мін}} = K_{3\text{мін}} + Z_{1\text{мін}} - B_{3\text{макс}} \text{ [мм]};$$

$$Z_{2\text{мін}} = 88,6 + 93,97 - 92,59 = 89,98 \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\text{макс}} = Z_{2\text{мін}} + T(Z_2) = 89,98 + 0,87 = 90,85 \text{ (мм)}.$$

За номінальне значення беремо середнє значення розміра:

$$Z_1 = Z_{1\text{сер}} \pm 1/2T(Z_1) = 90,41 \pm 0,43 \text{ (мм)}.$$

Рівняння 11:

$$z_4 = -B_8 + B_3 - Z_1 + Z_4 \text{ [мм]};$$

$$Z_{4\text{мін}} = z_{4\text{мін}} + B_{8\text{мін}} - B_{3\text{макс}} + Z_{1\text{мін}} \text{ [мм]};$$

$$Z_{4\text{мін}} = 0,35 + 10,89 - 92,59 + 93,97 = 12,62 \text{ (мм)};$$

$$Z_{4\text{макс}} = Z_{4\text{мін}} + T(Z_4) = 12,62 + 0,43 = 13,05 \text{ (мм)}.$$

За номінальне значення беремо середнє значення розміра:

$$Z_1 = Z_{1\text{сер}} \pm 1/2T(Z_1) = 12,83 \pm 0,21 \text{ (мм)}.$$

Рівняння 12:

$$\Delta_{1\text{сер}} = -Z_{3\text{сер}} - B_{3\text{сер}} + Z_{1\text{сер}} + B_{5\text{сер}} \text{ [мм]};$$

$$Z_{1\text{сер}} = -B_3 + Z_1 + B_5 - \Delta_{1\text{сер}} \text{ [мм]};$$

$$Z_{1\text{сер}} = -92,52 + 94,405 + 45 = 46,89 \text{ (мм)}.$$

За номінальне значення беремо середнє значення розміра:

$$Z_1 = Z_{1\text{сер}} \pm 1/2T(Z_1) = 46,89 \pm 0,31 \text{ (мм)}.$$

Визначемо максимальні припуски та покажемо їх у вигляді таблиці 2.18.

Таблиця 2.18 – Максимальні припуски

| Призначення припуску | Кількісне значення мінімального припуску, мм |
|----------------------|--|
| $Z_1$                | 1,72   |
| $Z_2$                | 0,77   |
| $Z_3$                | 0,47   |
| $Z_4$                | 0,78   |
| $Z_5$                | 0,81   |

Зведемо отримані значення в технологічних розмірів та розмірів заготовки в зведену таблицю 2.19.

Таблиця 2.19 – Значення технологічних розмірів, мм

| Позначення розміру | Граничні значення розмірів |              | Допуск | Номінальний розмір | Значення розміру у технологічному документі | Значення розміру на кресленні вихідної заготовки |
|--------------------|----------------------------|--------------|--------|--------------------|---|--|
|                    | Мін. розмір                | Макс. розмір |        |                    |   |  |
| B <sub>1</sub>     | 93,12                      | 93,47        | 0,35   | 93,47              | 93,47 <sub>-0,35</sub>                      |  |
| B <sub>2</sub>     | 92,7                       | 92,92        | 0,22   | 92,92              | 92,92 <sub>-0,22</sub>                      |  |
| B <sub>3</sub>     | 92,45                      | 92,59        | 0,14   | 92,59              | 92,59 <sub>-0,14</sub>                      |  |
| B <sub>4</sub>     | 91,78                      | 92           | 0,22   | 92                 | 92 <sub>-0,22</sub>                         |  |
| B <sub>5</sub>     | 44,88                      | 45,12        | 0,25   | 45                 | 45 <sup>+0,12</sup>                         |  |
| B <sub>6</sub>     | 44,92                      | 45,08        | 0,16   | 45                 | 45 <sup>+0,08</sup>                         |  |
| B <sub>7</sub>     | 44,95                      | 45,05        | 0,1    | 45                 | 45 <sup>+0,05</sup>                         |  |
| B <sub>8</sub>     | 10,89                      | 11           | 0,11   | 11                 | 11 <sub>-0,11</sub>                         |  |
| Z <sub>1</sub>     | 93,97                      | 94,84        | 0,87   | 94,4               |   | 94,4±0,43  |
| Z <sub>2</sub>     | 89,98                      | 90,85        | 0,87   | 90,41              |   | 90,41±0,43                                       |
| Z <sub>3</sub>     | 46,58                      | 47,2         | 0,62   | 46,89              |   |  |
| Z <sub>4</sub>     | 12,62                      | 13,05        | 0,42   | 12,83              |   | 12,83±0,21                                       |

## 2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів

2.9.1 Визначення мінімальних проміжних припусків на механічну обробка циліндричної поверхні  $\varnothing 80H8^{(+0,046)}$ , технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки [2, 9, 12]

Мінімальні значення міжопераційних припусків:

$$2Z_{min} = 2 \left( R_{Zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), [\text{мкм}]; \quad (2.25)$$

де  $R_{Zi-1}$  – висота нерівностей профілю на попередньому переході, мкм.;

$\rho_{i-1}$  – сумарні відхилення розташування поверхні на попередньому переході, мкм.;

$\varepsilon_i$  – погрішність установки заготовки на виконуваному переході, мкм.

Визначення  $R_z$  і  $T$  проводимо враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні 100 та 100 відповідно. При першому попередньому розточуванні приймаємо  $R_z = 50$  мкм,  $T = 50$  мкм, при другому –  $R_z = 30$  мкм,  $T = 30$  мкм, при чистовому розточуванні  $R_z = 20$  мкм,  $T = 25$  мкм.

Сумарне значення просторових відхилень:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2}, [\text{МКМ}] \quad (2.26)$$

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta_{\text{к}}d)^2 + (\Delta_{\text{к}}l)^2}, [\text{МКМ}] \quad (2.27)$$

де  $d, l$  – діаметр та довжина оброблюваної поверхні деталі;

$\Delta_{\text{к}} = 0,7$  – питома кривизна заготовки.

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(0,7 \cdot 80)^2 + (0,7 \cdot 120)^2} = 101(\text{МКМ}),$$

Для литих заготовок значення одних ділянок поверхні відносно інших обумовлено неспівпаданням частин напівформ, і зміщення виливка відносно стержня вихідного матеріалу. В даному випадку  $\rho_{\text{зм}} = 320$  мкм, тоді:

$$\rho_3 = \sqrt{101^2 + 320^2} = 336(\text{МКМ}).$$

При наступному переході механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}, [\text{МКМ}] \quad (2.28)$$

де  $k$  – коефіцієнт уточнення форми.

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 336 = 20,2 (\text{МКМ}),$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 20,2 = 0,8 (\text{МКМ}).$$

Похибка установки при попередньому розточуванні:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2}, [\text{МКМ}] \quad (2.29)$$

де  $\varepsilon_6$  – похибка базування;

$\varepsilon_{\text{пр}}$  – похибка пристосування;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення.

Визначимо похибку базування:

$$\varepsilon_6 = l \operatorname{tg} \alpha, [\text{мкм}] \quad (2.30)$$

де  $l$  – довжина оброблюваної поверхні

$$\varepsilon_6 = 120 \cdot 0,0007 = 0,084(\text{мм}) = 84(\text{мкм}).$$

Похибку закріплення заготовки приймаємо рівною  $\varepsilon_3=100$  мкм. Похибка пристосування складає одну шосту від поля допуску отриманого розміру:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 76 / 6 = 13 \text{ (мкм)}.$$

Тоді похибка установки при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon_{y1} = \sqrt{84^2 + 100^2 + 13^2} = 131(\text{мкм});$$

$$\varepsilon_{yn} = f \cdot \varepsilon_{yn-1}, [\text{мкм}]. \quad (2.31)$$

де  $f$  – коефіцієнт уточнення форми.

$$\varepsilon_{y2} = 0,05 \cdot 131 = 7 \text{ (мкм)}.$$

Розраховуємо мінімальні значення міжопераційних припусків:

- мінімальний припуск при попередньому розточуванні:

$$2Z_{1\min} = 2 \left( 100 + 100 + \sqrt{336^2 + 131^2} \right) = 2 \cdot 561 \text{ (мкм)};$$

- мінімальний припуск при попередньому розточуванні:

$$2Z_{2min} = 2 \left( 50 + 50 + \sqrt{20,2^2 + 7^2} \right) = 2 \cdot 121 \text{ (мкм)};$$

- мінімальний припуск при остаточному розточуванні:

$$2Z_{3min} = 2(30 + 30 + 0,8) = 2 \cdot 61 \text{ (мкм)}.$$

При виконанні всіх операцій обробки маємо отримати розмір  $D = 80$  мм.

Розрахунок максимальних розмірів для кожного технологічного переходу:

- остаточне розточування:

$$D_{1max} = 80,046 \text{ мм};$$

- попереднє розточування:

$$D_{2max} = D_{1max} - 2Z_{3min} = 80,046 - 2 \cdot 0,061 = 79,924 \text{ (мм)};$$

- попереднє розточування:

$$D_{3max} = D_{2max} - 2Z_{2min} = 79,924 - 2 \cdot 0,121 = 79,682 \text{ (мм)};$$

- заготовка:

$$D_{4max} = D_{3max} - 2 \cdot Z_{1min} = 79,836 - 2 \cdot 0,561 = 78,562 \text{ (мм)}.$$

Значення допусків кожного переходу визначаємо згідно нормативних даних:

- заготовка – 14 квалітет:  $T_4 = 740$  мкм;

- попереднє розточування – 11 квалітет:  $T_3 = 190$  мкм;

- попереднє розточування – 9 квалітет:  $T_2 = 74$  мкм;
- остаточне розточування – 8 квалітет:  $T_1 = 46$  мкм.

Розрахунок мінімальних розмірів для кожного технологічного переходу:

- остаточне розточування:

$$D_{1\min} = D_{1\max} - T_1 = 80,046 - 0,046 = 80 \text{ (мм)};$$

- попереднє розточування:

$$D_{2\min} = D_{2\max} - T_2 = 79,924 - 0,074 = 79,85 \text{ (мм)};$$

- попереднє розточування:

$$D_{3\min} = D_{3\max} - T_3 = 79,684 - 0,19 = 79,494 \text{ (мм)};$$

- заготовка:

$$D_{4\min} = D_{4\max} - T_4 = 78,562 - 0,74 = 77,822 \text{ (мм)}.$$

Розрахунок максимальних і мінімальних граничних значень припусків:

- остаточне розточування:

$$2Z_{3\min} = 80 - 79,924 = 0,076 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{3\max} = 80,046 - 79,85 = 0,196 \text{ (мм)};$$

- попереднє розточування:

$$2Z_{2\min} = 79,85 - 79,682 = 0,168 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{2\max} = 79,924 - 79,494 = 0,43 \text{ (мм)};$$

- попереднє розточування:

$$2Z_{1\min} = 79,494 - 78,562 = 0,932 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{1\max} = 79,682 - 77,822 = 1,86 \text{ (мм)};$$

Розрахунок загальних припусків:

$$2Z_{\min} = 2Z_{1\min} + 2Z_{2\min} + 2Z_{3\min} = 0,076 + 0,168 + 0,932 = 1,176 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{1\max} + 2Z_{2\max} + 2Z_{3\max} = 0,196 + 0,43 + 1,86 = 2,485 \text{ (мм)}.$$

Зведемо отримані результати в таблицю 2.20.

Таблиця 2.20 – Розрахункові значення припусків і граничних розмірів на обробку  $\varnothing 80H8^{(+0,046)}$

| Технологічні переходи $\varnothing 80H8^{(+0,046)}$ | Елементи припуску, мкм |     |        |              | Розрахунковий             |             |              | Граничні розміри, мм |        | Граничні припуски, мм |             |
|---|------------------------|-----|--------|--------------|---------------------------|-------------|--------------|----------------------|--------|-----------------------|-------------|
|   | $R_z$                  | T   | $\rho$ | $\epsilon_y$ | Припуск $2Z_{\min}$ , мм. | Розмір, мм. | Допуск, мкм. | min                  | max    | $2Z_{\min}$           | $2Z_{\max}$ |
| Заготовка   | 100                    | 100 | 336    | -            | -                         | 77,822      | 740          | 77,822               | 78,562 | -                     | -           |
| Розточування: попереднє                             | 50                     | 50  | 20,2   | 131          | 2·561                     | 79,494      | 190          | 79,494               | 79,684 | 0,932                 | 1,862       |
| попереднє   | 30                     | 30  | 0,8    | 7            | 2·121                     | 79,85       | 74           | 79,85                | 79,924 | 0,202                 | 0,43        |
| остаточне   | 20                     | 25  | -      | -            | 2·61                      | 80          | 46           | 80                   | 80,046 | 0,076                 | 0,196       |

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

Решта діаметральних розмірів отримується за рахунок однократного свердління і тому не будемо визначати припуски на їх обробку, окрім розміру  $\varnothing 30H8^{(+0,033)}$ . Розрахунок припусків для обробки даного отвору проведемо аналогічно розрахунку отвору  $\varnothing 80H8^{(+0,046)}$ , отримані результати зведені в таблицю 2.21.

Припуски на обробку площин обмежених розміром  $120_{-0,22}$  обераються згідно розрахунків припусків.

Верхня площина: однократне фрезерування – припуск 1,1 мм.

Нижня площина: Попереднє фрезерування – припуск  $0,7 \cdot 1,5 = 1,05$  мм;

Остаточне фрезерування – припуск  $0,3 \cdot 1,5 = 0,45$  мм.

Виходячи з того що права площина обробляється першою в технологічному маршруті буде вказаний розмір:  $122,6 - 1,05 = 121,55$  мм. Допуск за 12 квалітетом складе 0,35 мм, в результаті отримаємо –  $121,55_{-0,35}$  мм.

Таблиця 2.21 – Розрахункові значення припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору  $\varnothing 30H8^{+0,033}$

| Технологічні переходи $\varnothing 30H8^{+0,033}$ | Елементи припуску, мкм. |    |        |              | Розрахунковий            |             |              | Граничні розміри, мм. |        | Граничні припуски, мм. |      |
|---|-------------------------|----|--------|--------------|--------------------------|-------------|--------------|-----------------------|--------|------------------------|------|
|   | $R_z$                   | T  | $\rho$ | $\epsilon_y$ | Припуск $2Z_{min}$ , мм. | Розмір, мм. | Допуск, мкм. | min                   | max    | min                    | max  |
| Свердління  | 40                      | 60 | 11     | 32           | -                        | 29,613      | 210          | 29,613                | 79,82  | -                      | -    |
| Зенкерування                                      | 30                      | 40 | 0,26   | -            | 2·0,07                   | 29,883      | 130          | 29,883                | 29,963 | 0,04                   | 0,31 |
| Розвертування                                     | 10                      | 25 | 0      | -            | 2·0,035                  | 30          | 33           | 30                    | 30,033 | 0,01                   | 0,25 |

## 2.10 Призначення режимів різання

Визначення режимів різання (аналітичним способом) при різних методах механічної обробки на 2 поверхні [14-16].

Приведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для фрезерування поверхні та свердління отворів.

Операція 005. Вертикально – фрезерна з ЧПК.

Верстат – 6P13PФ3.

Ескіз механобробки (див. табл. 2.10).

Перехід 2. Фрезерувати площину 1 попередньо.

Ріжучий інструмент – фреза торцева  $D = 125$  мм. по ГОСТ 1092-80;

Глибина різання складає –  $t = 1,05$  мм.

Назначаємо подачу для верстату  $N_{дв} = 7,5$  кВт.

Подача -  $S_z = 0,18$  мм/об.

Корегуючи по паспорту верстата, приймаємо  $S_z = 0,18$  мм/об.

Назначаємо період стійкості фрези  $T = 180$  хв.

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot B^u \cdot z^p \cdot s^y} \cdot K_v, \text{ [м/хв]} \quad (2.32)$$

де  $C_v = 332$ ;  $q = 0,2$ ;  $y = 0,4$ ;  $m = 0,2$ ;  $p = 0$ ;  $x = 0,1$ ;  $u = 0,2$  – коефіцієнти для розрахунку швидкості різання.

$K_v$  – загальний поправочний коефіцієнт. Загальний поправочний коефіцієнт визначається за формулою:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}, \quad (2.33)$$

де  $K_{MV}$  – коефіцієнт, який враховує якість оброблюваного матеріалу,  $K_{MV} = 1$ ;

$K_{ПВ}$  – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки,  $K_{ПВ} = 1$ ;

$K_{ИВ}$  – коефіцієнт, який враховує матеріал інструмента,  $K_{ИВ} = 0,9$ .

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,9;$$

$$V = \frac{332 \cdot 100^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 1,5^{0,1} \cdot 60^{0,2} \cdot 1 \cdot 0,18^{0,4}} \cdot 0,9 = 280,95 \text{ (м/хв)}.$$

Частота обертання складає:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 280,95}{3,14 \cdot 100} = 929 \left( \frac{\text{об}}{\text{хв}} \right).$$

Згідно паспортних даних приймаємо  $n = 800$  об/хв., тоді дійсна швидкість:

$$V = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{800 \cdot 3,14 \cdot 100}{1000} = 198 \left( \frac{m}{xв} \right).$$

Осьова сила різання під час фрезерування:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}, [H] \quad (2.34)$$

де  $C_p = 82,5$ ;  $x = 1$ ;  $q = 1,3$ ;  $y = 0,75$ ;  $u = 1,1$ ;  $w = 0,2$  – коефіцієнти;  
 $K_{mp}$  – коефіцієнт,  $K_{mp} = 1$ .

$$P_z = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 1,5^1 \cdot 0,18^{0,75} \cdot 60^{1,1} \cdot 35}{100^{1,3} \cdot 800^{0,2}} \cdot 1 = 1498,5 (H).$$

Потужність різання:

$$N_{таб} = P_z \cdot V / (1020 \cdot 60) = 1498,5 \cdot 198 / (1020 \cdot 60) = 2,94 \text{ (кВт)}.$$

Ефективна потужність на шпинделі верстата складає:

$$N_e = N_{таб} \cdot \eta = 7,5 \cdot 0,8 = 6 \text{ (кВт)}.$$

Перехід 4. Свердлити 4 отвори 4 в розмір  $\emptyset 7,5$ .

Різальний інструмент: свердло спіральне ГОСТ 10903-77;

$2\varphi = 118^\circ$ ;  $\alpha = 11^\circ$ . Форма загострення – Н.

Глибина різання складає:

$$t = d/2 = 7,5/2 = 3,75 \text{ (мм)}.$$

Назначаємо подачу для  $HВ < 240$ .

Глибина свердління відноситься до діаметра:  $l/d=12/7,5<5$ , отже, поправочний коефіцієнт для визначення подачі  $K_{ls}=0,8$ :

$$S_0 = S_{маб} \cdot K_{ls} = 0,2 \cdot 0,8 = 0,16 \text{ (мм/об)}.$$

Приймаємо  $S_0 = 0,16$  мм/об.

Період стійкості свердла  $T = 25$  хв.

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ [м/хв]} \quad (2.35)$$

де  $C_v = 7$ ;  $q = 0,4$ ;  $y = 0,7$ ;  $m = 0,2$ .

$K_v$  – загальний поправочний коефіцієнт;

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{HV}, \quad (2.36)$$

де  $K_{IV}$  – коефіцієнт, який враховує глибину свердління,  $K_{IV} = 0,9$ .

$$K_v = 1 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 0,81;$$

$$V = \frac{7 \cdot 7,5^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,16^{0,7}} \cdot 1 = 22,36 \text{ (м/хв)}.$$

Частота обертання складає:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 22,36}{3,14 \cdot 7,5} = 791 \left( \frac{\text{об}}{\text{хв}} \right).$$

Згідно паспортних даних приймаємо  $n=630$  (об/хв), тоді дійсна швидкість:

$$V = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{630 \cdot 3,14 \cdot 7,5}{1000} = 17,8 \left( \frac{m}{x6} \right).$$

Крутний момент під час свердління:

$$M_{кр} = 10C_M \cdot s^y \cdot D^q \cdot K_p, \text{ [Н}\cdot\text{м]} \quad (2.37)$$

де  $C_M = 0,0345$ ;  $q = 2$ ;  $y = 0,8$ ;

$K_p$  - загальний поправочний коефіцієнт;

$$K_p = K_{MP},$$

де  $K_{MP}$  – коефіцієнт, який враховує матеріал оброблюваної заготовки,  
 $K_{MP} = 1$ .

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 0,16^{0,8} \cdot 7,5^2 \cdot 1 = 6,45 \text{ (Нм)}.$$

Визначаємо потужність різання при заданих режимах різання:

$$N_{таб} = M_{кр} \cdot n / 9750 = 6,45 \cdot 630 / 9750 = 0,52 \text{ (кВт)}.$$

Ефективна потужність на шпинделі верстата складає:

$$N_e = N_{таб} \cdot \eta = 0,52 \cdot 0,8 = 0,42 \text{ (кВт)}.$$

Виконавши розрахунок режимів різання для ТП було розраховано ефективну потужність на шпинделі верстата, яка склала для фрезерування 6 кВт, а для свердління – 0,42 кВт. Максимальна потужність шпинделя верстата 6P13PФ3 складає 7,5 кВт, отже, обробка може бути проведена на даному верстаті.

Режими різання на інші операції та переходи механічної обробки вибрані табличним способом згідно [14-16] і зведені до таблиці 2.22.

Таблиця 2.22 – Режими різання

| Технологічні переходи і робочі ходи                              | $d$ , мм. | $B$ , мм. | $t$ , мм. | $S$ , мм/об. | $S_z$ , мм/зуб. | $z$ , шт. | $S_{\text{хв}}$ , мм/хв. | $V$ , м/хв. | $n$ , об/хв. |
|--|-----------|-----------|-----------|--------------|-----------------|-----------|--------------------------|-------------|--------------|
| 1  | 2         | 3         | 4         | 5            | 6               | 7         | 8                        | 9           | 10           |
| Операція 005   |           |           |           |              |                 |           |                          |             |              |
| 2. Ферезерувати площину 1 попередньо.                            | 125       | 92        | 1,05      | 1,2          | 0,15            | 8         | 480                      | 157         | 400          |
| 3. Центрувати 4 отвори 2 та 2 отвори 3.                          | 5         | -         | 2,5       | 0,22         | -               | -         | -                        | 31,4        | 2000         |
| 4. Свердлити отвори 4 отвори 2.                                  | 7,5       | -         | 3,75      | 0,3          | -               | -         | -                        | 47,1        | 2000         |
| 5. Зенкерувати 4 отвори 2.                                       | 9         | -         | 0,75      | 0,5          | -               | -         | -                        | 56,5        | 2000         |
| 6. Свердлити 2 отвори 3.   | 6         | -         | 3         | 0,22         | -               | -         | -                        | 37,7        | 2000         |
| 7. Фрезерувати площину 1 остаточно.                              | 125       | 92        | 0,45      | 3            | 0,375           | 8         | 1200                     | 157         | 400          |
| 8. Фрезерувати площини 4 та 5 однократно.                        | 125       | 18        | 2         | 1,14         | 0,14            | 8         | 720                      | 247,4       | 630          |
| Операція 010   |           |           |           |              |                 |           |                          |             |              |
| 2. Фрезерувати площину 7 попередньо, площини 1 та 10 однократно. | 125       | 120       | 1,72      | 0,57         | 0,07            | 8         | 648                      | 471,2       | 1200         |
|  |           | 100       | 1,1       | 0,89         | 0,11            | 8         | 1776                     | 758,4       | 2000         |
|  |           | 120       | 0,81      | 1,02         | 0,13            | 8         | 2295                     | 883,6       | 2250         |
| 3. Фрезерувати площину 7 попередньо.                             | 125       | 100       | 0,77      | 1,2          | 0,15            | 8         | 2700                     | 883,6       | 2250         |
| 4. Фрезерувати площину 7 остаточно.                              | 125       | 100       | 0,47      | 1,47         | 0,18            | 8         | 3308                     | 883,6       | 2250         |
| 5. Центрувати отвори 5 та 12.                                    | 5         | -         | 2,5       | 0,1          | -               | -         | -                        | 44          | 2800         |
| 6. Свердлити отвір 4 та 5.                                       | 8         | -         | 4         | 0,3          | -               | -         | -                        | 47,8        | 1900         |
| 7. Розсвердлювати отвір 5.                                       | 8,4       | -         | 0,2       | 0,2          | -               | -         | -                        | 44,9        | 1700         |
| 8. Нарізати різь в отворі 5.                                     | 10        | -         | 0,7       | 1            | -               | -         | -                        | 18,9        | 600          |
| 9. Свердлити отвір 4.  | 4,95      | -         | 2,5       | 0,22         | -               | -         | -                        | 40,4        | 2600         |
| 10. Зенкерувати отвір 4.   | 8         | -         | 1,5       | 0,56         | -               | -         | -                        | 31,6        | 1260         |
| 11. Нарізати різь в отворі 4.                                    | 6         | -         | 0,5       | 0,75         | -               | -         | -                        | 18,9        | 1000         |
| 12. Розточити отвір 3 попередньо.                                | 79,494    | -         | 0,93      | 0,175        | -               | -         | -                        | 874         | 3500         |
| 13. Розточити отвір 3 попередньо.                                | 79,85     | -         | 0,2       | 0,28         | -               | -         | -                        | 1104        | 4400         |
| 14. Розточити фаску 2 однократно.                                | 81        | -         | 0,5       | 0,15         | -               | -         | -                        | 292,6       | 1150         |
| 15. Розточити отвір 3 остаточно.                                 | 80        | -         | 0,08      | 0,08         | -               | -         | -                        | 1181        | 4700         |

## Продовження таблиці 2.22

| 1   | 2      | 3   | 4    | 5    | 6     | 7   | 8    | 9     | 10   |
|---|--------|-----|------|------|-------|-----|------|-------|------|
| 16. Фрезерувати канавку 6.  | 80     | 3,5 | 24   | 0,07 | -     | 100 | -    | 216   | 550  |
| 17. Зенкерувати 2 отвори 8.                                       | 13     | -   | 0,8  | 0,6  | -     | -   | -    | 57,1  | 1400 |
| 18. Фрезерувати паз 9<br>однократно.                              | 20     | 30  | 1,5  | 0,14 | 0,035 | 4   | 280  | 125,6 | 2000 |
| 19. Свердлити отвір 11.   | 3,33   | -   | 1,7  | 0,15 | -     | -   | -    | 52,3  | 5000 |
| 20. Нарізати різь в отворі<br>11.                                 | 4      | -   | 0,35 | 0,75 | -     | -   | -    | 18,9  | 1500 |
| 21. Свердлити отвір 12.   | 29,613 | -   | 14,9 | 0,1  | -     | -   | -    | 48    | 520  |
| 22. Зенкерувати отвір 12.   | 29,883 | -   | 0,12 | 1,1  | -     | -   | -    | 47    | 500  |
| 23. Розвертати отвір 12.  | 30     | -   | 0,06 | 0,5  | -     | -   | -    | 30,1  | 320  |
| 24. Фрезерувати 2 пази 13<br>однократно.                          | 10     | -   | 2    | 0,2  | 0,07  | 3   | 1000 | 157   | 5000 |
| 25. Фрезерувати площини<br>14 та 16, пази 15 та 17<br>однократно. | 14     | 30  | 0,35 | 0,3  | 0,075 | 4   | 1050 | 154   | 3500 |
|   | 14     | 14  | 1,5  | 0,24 | 0,06  | 4   | 840  | 154   | 3500 |

### 2.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання

Режимив різання оптимізуються на переході 2 операції 005 [15, 16].

За допомогою програми «Оптимізація режиму різання при фрезеруванні» [9] розраховуємо оптимальні режими різання для переходу 2 операції 005.

Потрібно ввести наступні параметри.

Параметри верстату – потужність верстату (11 кВт), максимальну силу подачі (2500Н), частота обертання шпинделя (50 – 25000 об/хв), поздовжня подача (3 – 6000 мм/хв); Параметру процесу різання – глибина (1,05 мм), стійкість інструменту (180 хв), шорсткість поверхні (20 Rz), діаметр фрези (125 мм), кількість зубів (12);

Радіус і кути зубців фрези у плані –  $\varphi = 60^\circ$ ,  $\varphi_1 = 30^\circ$ ,  $r = 0,25$ ;

Матеріал заготовки – бронза БрА9Ж3л;

Матеріал інструменту – ВК8.

Вікно комп'ютерної програми, що використовувалася для оптимізації режимів різання показано на рис. 2.9.

Оптимальними режимами різання на переході 2 операції 005 будуть такі: швидкість різання – 649,5 м/хв.; поздовжня подача – 1623 мм/хв.; частота

обертання фрези – 1650 об/хв.; подача на зуб – 0,082 мм/зуб.; потужність різання – 7,39 кВт.; складова  $P_z$  (сила різання) – 682,3 Н.

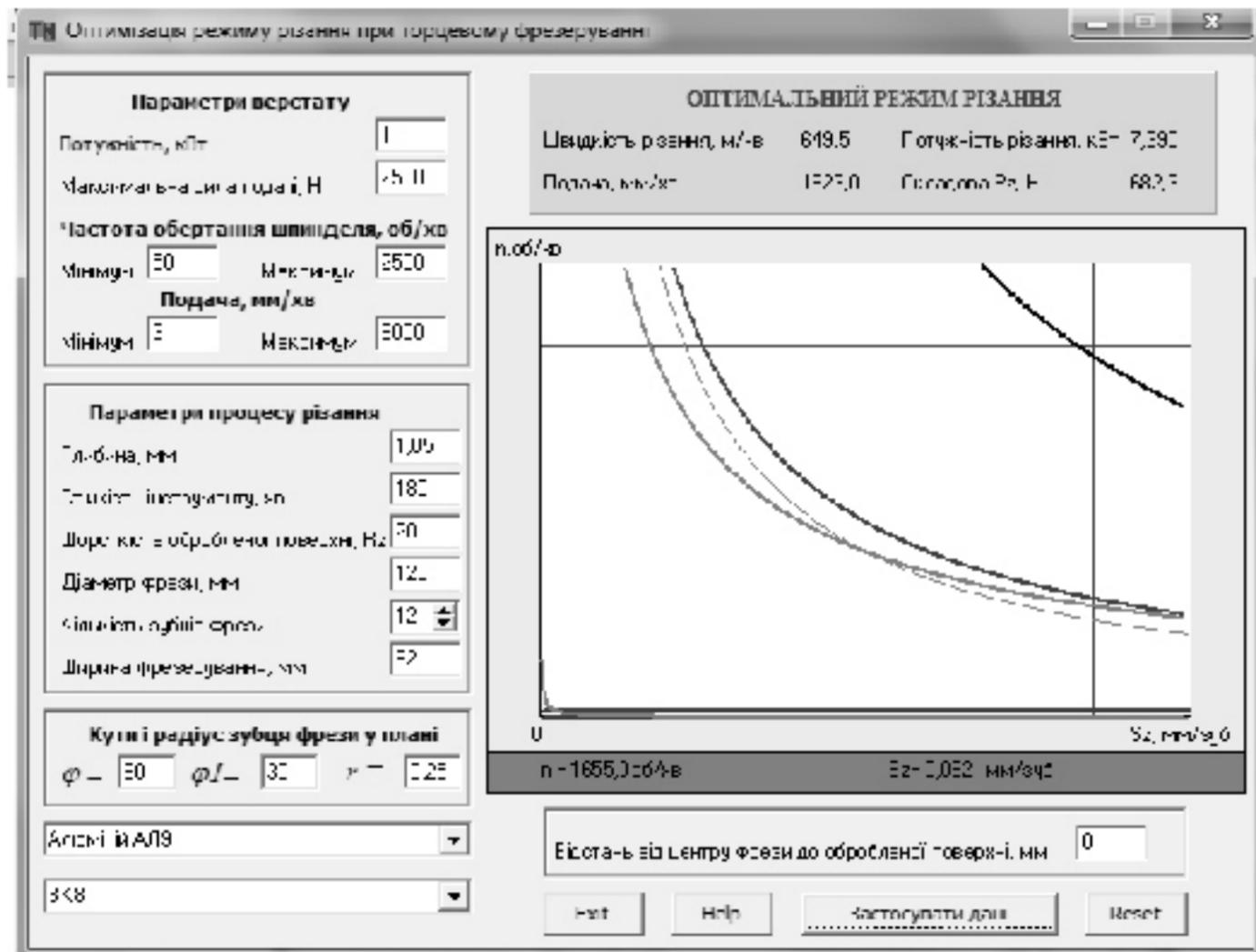


Рисунок 2.9 – Вікно оптимізації режимів різання для переходу 2 операції 005

## 2.12 Визначення технічних норм часу

В серійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу

$T_{шт-к}$  [2, 15, 16]:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт}, \text{ [ХВ]} \quad (2.38)$$

де  $n$  – кількість деталей в партії, шт.;

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

$T_{шт}$  – норма штучного часу, що визначається за формулою:

$$T_{шт} = T_0 + T_{дон} + T_{об} + T_{від}, \text{ [ХВ]} \quad (2.39)$$

де  $T_0$  – основний час, хв.;

$T_{доп}$  – допоміжний час, що можна знайти за формулою:

$$T_{доп} = T_{ус} + T_{зак} + T_{уп} + T_{вим}, [\text{хв}] \quad (2.40)$$

де  $T_{зак}$  – час на закріплення і розкріплення деталі, хв.;

$T_{уп}$  – час на прийоми управління, хв.;

$T_{ус}$  – час на установлення і зняття деталі, хв.;

$T_{вим}$  – час на вимірювання деталі, хв.;

$T_{об}$  – час на обслуговування робочого місця визначається за формулою:

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг}, [\text{хв}] \quad (2.41)$$

де  $T_{орг}$  – час на організаційне обслуговування, хв.;

$T_{тех}$  – час на технічне обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{відп}$  – час на відпочинок, хв.

Визначемо всі складові які необхідні для розрахунку штучно-калькуляційного часу.

- Підготовчо-заключний час.

Підготовчо-заключний час ( $T_{п-з}$ ) визначається із нормативних таблиць, він залежить від типу верстата і довжини його столу. Для фрезерного верстата 6P13PФ3 підготовчо-заключний час складе – 20 хв., для п'ятикоординатного верстата VF-2TR складе – 30 хв.

- Основний час.

Для визначення основного часу для всіх операцій базового та удосконаленого ТП використаємо програму Компас-Автопроект.

Результати розрахунку основного часу наведені в таблиці 2.23.

Таблиця 2.23 – Значення основного часу для операцій

| № операції               | 005   | 010   |
|--------------------------|-------|-------|
| Основний час $T_0$ , хв. | 1,335 | 7,625 |

- Час на установку і зняття деталі.

Час на установку і зняття деталі ( $T_{yc}$ ) залежить від типу затискного пристрою, способу закріплення (ручне чи автоматичне) та від розмірів деталі.

Операція 005 – установка на 3-х кулачкову механізовану саморозжимну оправку,  $T_{yc} = 0,26$  хв.

Операція 010 – установка на площину та два пальця,  $T_{yc} = 0,2$  хв.

- Час на закріплення і розкріплення деталі.

Час на закріплення і розкріплення ( $T_{zak}$ ) деталі залежить від способу закріплення та маси деталі.

Операція 005 – закріплення деталі кулачками саморозжимної оправки,  $T_{z.o} = 0,06$  хв.

Операція 010 – затискання фасонними гайками,  $T_{z.o} = 0,1$  хв.

- Час на прийоми управління.

В час на прийоми управління ( $T_{уп}$ ) входить час на швидке підведення та відведення інструменту, час на заміну інструменту та час на зміну положення деталі.

Для визначення часу швидких переміщень шпинделя побудуємо траєкторії руху інструментів на переходах, визначену довжину цих ходів та знаючи швидкість (верстат 6P13PФ3 – 4800 м/хв., верстат VF-2TR – 25000 м/хв.) розрахуємо час. Результати розрахунків запишемо в загальну зведену таблицю 2.24.

Таблиця 2.24 – Час на виконання швидких переміщень верстата

| № операції | Довжина швидких переміщень, мм | Швидкість, мм/хв. | Час переміщення, хв. |
|------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|
| 005        | 2877                           | 4800              | 0,6                  |
| 010        | 4822                           | 25400             | 0,19                 |

Окрім швидких переміщень деталь також змінює своє кутове положення, проаналізувавши модернізований ТП визначено, що загалом повертається на 900°, швидкість поворотного столу становить 4800 °/хв., отже на повороти необхідно затратити 0,1875 хв. В базовому ТП деталь повертається лише на операції 030 на кут 90°, поворот виконується за допомогою поворотного пристосування триває 0,15 хв.

Кількість замін інструмента та затрачений на це час зведемо в таблицю 2.25.

Таблиця 2.25 – Час затрачений на заміну інструменту

| № операції | Кількість замін інст. | Час на заміну 1-го інст. | Загальний час на операцію |
|------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|
| 005        | 6                     | 0,1                      | 0,6                       |
| 010        | 22                    | 0,06                     | 1,32                      |

- Час на вимірювання деталі.

Час на вимірювання деталі ( $T_{вим}$ ) визначається часом, який необхідно затратити на проведення вимірювання контрольно-вимірювальним приладом, він залежить від типу вимірювального приладу та від кінцевого розміру (проміжні розміри не контролюються) деталі, який контролюється. Маючи всі необхідні дані визначаємо час на вимірювання з нормативних таблиць. Для зменшення часу на контроль будемо перевіряти кожну четверту деталь. Отримані результати зведемо в таблицю 2.26.

Таблиця 2.26 – Час на контрольні вимірювання

| № операції | Тип контрольно-вимірювально приладу | Контрольований розмір, мм. | Час вимірювання, хв. | Загальний час, хв. | Загальний час поділений на 4, хв |
|------------|-------------------------------------|----------------------------|----------------------|--------------------|----------------------------------|
| 005        | Калібр-пробка гладкий               | 9                          | 0,05                 | 0,31               | 0,078                            |
|            | Калібр-пробка гладкий               | 6                          | 0,05                 |                    |                                  |
|            | Штангенциркуль                      | 121                        | 0,13                 |                    |                                  |
|            | Штангенциркуль                      | 11                         | 0,08                 |                    |                                  |
| 010        | Штангенциркуль                      | 120                        | 0,13                 | 0,63               | 0,16                             |
|            | Калібр-пробка різьбовий             | M10                        | 0,5                  |                    |                                  |
| 015        | Калібр-пробка різьбовий             | M6                         | 0,28                 | 0,73               | 0,18                             |
|            | Калібр-пробка плоский               | 80                         | 0,38                 |                    |                                  |
|            | Штангенциркуль                      | 3,5                        | 0,07                 |                    |                                  |
| 020        | Калібр-пробка гладкий               | 13                         | 0,07                 | 0,31               | 0,078                            |
|            | Штангенциркуль                      | 50                         | 0,08                 |                    |                                  |
|            | Штангенциркуль                      | 92                         | 0,16                 |                    |                                  |
| 025        | Штангенциркуль                      | 92                         | 0,16                 | 0,22               | 0,055                            |
|            | Штангенциркуль                      | 10                         | 0,06                 |                    |                                  |
| 030        | Штангенциркуль                      | 11                         | 0,08                 | 0,14               | 0,035                            |
|            | Штангенциркуль                      | 7                          | 0,06                 |                    |                                  |
| 035        | Калібр-пробка різьбовий             | M4                         | 0,25                 | 0,34               | 0,085                            |
|            | Калібр-пробка гладкий               | 30                         | 0,09                 |                    |                                  |

- Час на технічне та організаційне обслуговування робочого місця [15-16].

Час затрачений на технічне ( $T_{тех}$ ) та організаційне ( $T_{орг}$ ) обслуговування робочого місця визначається у відсотках та залежить від типк верстата. Для розробленого ТП: (при багатOVERстатному обслуговуванні) для вертикально-фрезерного верста 6P13PФ13 час на організаційне обслуговування складе 2,4%, технічне обслуговування складе 3,2%, для п'ятикоординатного верстата VF-2TR час на організаційне обслуговування складе 11%, технічне обслуговування складе 7,3% від операційного часу.

- Час на відпочинок.

Час на відпочинок ( $T_{відп}$ ) виділяється на особисті потреби працівника та складає 2% від операційного для всіх верстатів з ЧПК.

Зведемо отримані результати в загальну таблицю 2.27.

Таблиця 2.27 – Зведена таблиця режимів норм часу по операціям, хв.

| № операції | $T_o$ | $T_{доп}$ |            |          |           | $T_{об}$  |           | $T_{відп}$ | $T_{шт}$ | $T_{п-з}$ | п    | $T_{шт-к}$ |
|------------|-------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|------|------------|
|            |       | $T_{уст}$ | $T_{закр}$ | $T_{уп}$ | $T_{вим}$ | $T_{тех}$ | $T_{орг}$ |            |          |           |      |            |
| 005        | 1,335 | 0,26      | 0,06       | 0,12     | 0,078     | 2,4%      | 3,2%      | 2%         | 1,994    | 20        | 4000 | 1,999      |
| 010        | 7,625 | 0,2       | 0,1        | 1,698    | 0,593     | 11%       | 7,3%      |            | 12,19    | 30        |      | 12,168     |
|            |       |           |            |          |           |           |           |            |          |           | Σ    | 14,167     |

### 2.13 Висновки

Виконане удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004». При цьому:

- виконано якісний і кількісний аналіз технологічності конструкції деталі та встановлено, що деталь «Корпус БР.36.004» технологічна;
- розрахунки коефіцієнта закріплення операцій показали, що тип виробництва середньосерійний з груповою формою організації роботи;
- встановлено, що доцільними способами виготовлення заготовки деталі «Корпус БР.36.004» є лиття в кокіль та в піщано-глинисті форми. Розрахунки собівартості заготовки показали, що дешевша заготовка при литті в кокіль (522 грн.), тоді як при литті в піщано-глинисті форми – 636,8 грн.;
- удосконалено маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004» з використанням високопродуктивних верстатів з ЧПК;
- виконане розмірно-точнісне моделювання удосконаленого технологічного процесу;
- розраховано припуски та міжопераційні розміри;
- розраховано режими різання та виконано нормування операцій технологічного процесу.

### 3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС БР.36.004»

#### 3.1 Розрахунок приведеної програми [4, 17]

Приведена програма розраховується за формулою:

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

де  $N_i$  – програма випуску по кожному з найменувань деталей, шт.;

$K_{np,i}$  – коефіцієнт приведення;

$n$  – кількість найменувань деталей.

Рекомендації по розрахунку коефіцієнтів приведення наведені в [4, 17].

Таблиця 3.1 – Характеристика деталей приведеної програми

| Назва деталі                                    | Маса,<br>кг | Програма,<br>шт. | Параметри:<br>точність / шорсткість |      |     |     |     |     |      |    |    |  |
|---|-------------|------------------|-------------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|------|----|----|--|
|   |             |                  | 6                                   | 7    | 8   | 9   | 10  | 11  | 12   | 13 | 14 |  |
| Корпус БР.36.004<br>(розрахунковий представник) | 3,6         | 4000             | 6                                   | 7    | 8   | 9   | 10  | 11  | 12   | 13 | 14 |  |
|   |             |                  | -                                   | -    | 2   | -   | 3   | 7   | 33   | -  | 6  |  |
|   |             |                  | 0,8                                 | 1,25 | 1,6 | 2,5 | 3,2 | 6,3 | 12,5 | -  | -  |  |
|   |             |                  | -                                   | -    | 7   | -   | 4   | 36  | 4    | -  | -  |  |
| Корпус 1  | 1,9         | 16000            | 6                                   | 7    | 8   | 9   | 10  | 11  | 12   | 13 | 14 |  |
|   |             |                  | -                                   | -    | 2   | 1   | 4   | 5   | 25   | -  | 10 |  |
|   |             |                  | 0,8                                 | 1,25 | 1,6 | 2,5 | 3,2 | 6,3 | 12,5 | -  | -  |  |
|   |             |                  | -                                   | -    | 2   | -   | 5   | 30  | 10   | -  | -  |  |
| Корпус 2  | 7           | 400              | 6                                   | 7    | 8   | 9   | 10  | 11  | 12   | 13 | 14 |  |
|   |             |                  | -                                   | -    | 3   | -   | 4   | 7   | 31   | -  | 11 |  |
|   |             |                  | 0,8                                 | 1,25 | 1,6 | 2,5 | 3,2 | 6,3 | 12,5 | -  | -  |  |
|   |             |                  | -                                   | -    | 8   | 5   | 4   | 31  | 8    | -  | -  |  |

Результати розрахунків зведемо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок приведеної програми

| Найменування виробу | Річний випуск, шт. | Маса одного виробу, кг. | Коефіцієнт приведення |       |       |            | Приведена програма випуску, шт. |
|---------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|-------|-------|------------|---------------------------------|
|                     |                    |                         | $K_1$                 | $K_2$ | $K_3$ | $K_{np.i}$ |                                 |
| Корпус БР.36.004    | 4000               | 3,6                     | 1,0                   | 1,0   | 1,0   | 1,0        | 4000                            |
| Корпус 1            | 16000              | 1,9                     | 0,65                  | 0,81  | 0,986 | 0,52       | 8320                            |
| Корпус 2            | 400                | 7                       | 1,56                  | 1,41  | 1,005 | 2,21       | 884                             |
| Сумарне значення    |                    |                         |                       |       |       |            | 13204                           |

## 3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження [4, 17]

Розрахунки кількості обладнання та коефіцієнтів завантаження зведемо в таблиці 3.3 та 3.4.

Таблиця 3.3 – Кількість обладнання

| № операції | Назва операції       | Розрахункова кількість верстатів   | Прийнята кількість верстатів |
|------------|----------------------|--|------------------------------|
| 005        | Вертикально-фрезерна | $C_{p005} = \frac{T_{ит-к.р.п005} \cdot N_{пр}}{F_{\phi} \cdot 60} = \frac{5,112 \cdot 13204}{3890 \cdot 60} = 0,289;$ | 1                            |
| 010        | Вертикально-фрезерна | $C_{p010} = \frac{T_{ит-к.р.п010} \cdot N_{пр}}{F_{\phi} \cdot 60} = \frac{16,07 \cdot 13204}{3890 \cdot 60} = 0,909;$ | 1                            |

## 3.3 Побудова графіків завантаження обладнання

Побудуємо графіки завантаження верстатів (рис. 3.1-3.2).

Таблиця 3.4 – Коефіцієнти завантаження верстатів за основним часом

| № операції | Назва операції       | Розрахункова кільк. верстатів, шт. | Прийнята кільк. верстатів, шт. | $\eta_{з.i}$ | $\eta_{з.сер.}$ | $\eta_{о.i}$ | $\eta_{о.сер.}$ |
|------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|
| 005        | Вертикально-фрезерна | 0,289                              | 1                              | 0,289        | 0,599           | 0,56         | 0,64            |
| 010        | Вертикально-фрезерна | 0,909                              | 1                              | 0,909        |                 | 0,71         |                 |

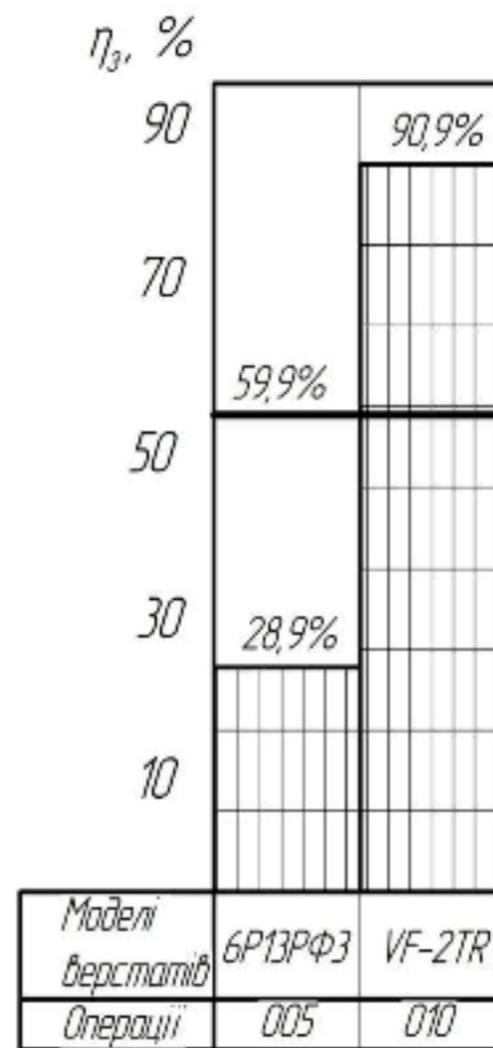


Рисунок 3.1 – Графік завантаження верстатів

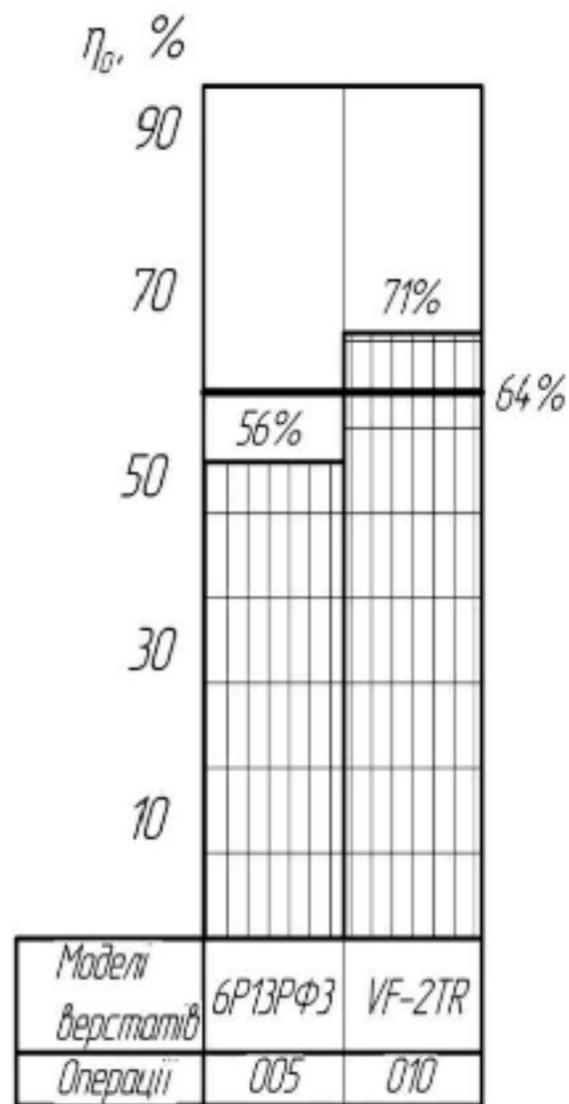


Рисунок 3.2 – Графік використання верстатів за основним часом

Верстат на операції 005 завантажений мало (див. рис. 3.1), його потрібно довантажити обробкою інших деталей.

### 3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці [4, 17]

Кількість основних робітників, зайнятих виконанням операцій технологічного процесу:

$$P_{\text{верст}} = \frac{C_{\text{пр}} \cdot F_{\text{д}} \cdot \eta_z \cdot \eta_e}{F_p \cdot K_m}, \quad (3.10)$$

де  $\eta_z$  і  $\eta_e$  – коефіцієнти відповідно завантаження і використання верстатів за основним часом;

$F_p$  – ефективний річний фонд часу робітника,  $F_p = 1860$  год., при кількості днів відпустки – 15;

$K_m$  – коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування,  $K_m = 2$ .

$$P_{\text{верст}}^{005} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,289 \cdot 0,56}{1860 \cdot 2} = 0,169;$$

$$P_{\text{верст}}^{010} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,909 \cdot 0,71}{1860 \cdot 2} = 0,675.$$

На основі проведених розрахунків приймаємо кількість основних працівників – 1 працівник, який буде працювати на 2 верстатах. Працівник буде завантажений на 84,4%, отже його можна додатково завантажити збільшивши програму випуску для першого верстата.

Кількість допоміжних робітників:

$$P_{\text{доп.}} = 0,25 \cdot \Sigma P_{\text{верст}} = 0,25 \cdot 1 = 0,25.$$

Приймаємо:  $P_{\text{доп.}} = 1$  робітник.

Кількість ІТР:

$$P_{\text{ІТР}} = 0,22 \cdot \Sigma P_{\text{верст}} = 0,22 \cdot 1 = 0,22$$

Приймаємо:  $P_{\text{ІТР}} = 1$  робітник.

Кількість службовців:

$$P_{\text{служб}} = 0,02 \cdot \Sigma P_{\text{верст}} = 0,02 \cdot 1 = 0,02$$

Приймаємо:  $P_{\text{служб}} = 1$  робітник.

Кількість МОП:

$$P_{\text{МОП}} = 0,02 \cdot \Sigma P = 0,02 \cdot (1+1+1+1) = 0,08$$

Приймаємо  $P_{\text{МОП}} = 1$  робітник.

Кількість працюючих за категоріями на дільниці зведемо в загальну таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Таблиця працюючих на дільниці

| Працюючі (категорія) | Загальна кількість | Розподіл по професіям                  | Розподіл по змінам |
|----------------------|--------------------|--|--------------------|
| Основні робітники    | 1                  | Фрезерувальники – 1                    | 1 (I зміна)        |
| Допоміжні працівники | 0,25               | Контролери – 0,25 ставки на дільниці   | 0,25 (I зміна)     |
| ІТР                  | 0,22               | Майстри – 0,22 ставки на дільниці      | 0,22 (I зміна)     |
| Службовці            | 0,02               | Бухгалтер – 0,02 ставки на дільниці    | 0,02 (I зміна)     |
| МОП                  | 0,08               | Прибиральник – 0,08 ставки на дільниці | 0,08 (I зміна)     |
| Загальна кількість   | 1,57               |  |                    |

### 3.5 Висновки

Виконано проектування елементів дільниці для реалізації удосконаленої технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004». Дільниця проектувалася з урахуванням того, що будуть оброблятися ряд подібних деталей крім заданої деталі «Корпус БР.36.004». Встановлено розмір приведеної програми, яка складає 13204 шт., що забезпечує роботу дільниці в середньо серійному виробництві.

Середнє значення завантаження менше за рекомендоване. Це викликано низькою завантаженістю верстата на операції 005, його можна ще довантажити обробкою подібних деталей.

Прийнята кількість основних працівників – 1 працівник, який буде працювати на 2 верстатах. Працівник буде завантажений на 84,4%, отже його можна додатково завантажити збільшивши програму випуску для першого верстата. Інші категорії працюючих завантажені роботою на дільниці мало, планується, що вони будуть обслуговувати інші дільниці.

## **4 АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКУ КІЛЬКОСТІ ПРАЦІВНИКІВ ДІЛЬНИЦІ (ЦЕХУ) МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ**

### 4.1 Вступ та постановка мети роботи

Обслуговування дільниць (цехів) механічної обробки заготовок деталей машин виконується працівниками, склад і кількість яких визначається характером виробничого процесу, рівнем його автоматизації, кооперацій, спеціалізації.

До складу працівників дільниці (цеху) входять [4, 17, 18]:

- основні робітники;
- допоміжні робітники;
- інженерно-технічні робітники (ІТР);
- службово-конторський персонал (СКП);
- молодший обслуговуючий персонал (МОП).

*Мета роботи* – розробка прикладної програми для розрахунку кількості працівників на дільниці (в цеху) механічної обробки заготовок деталей, що дозволяє автоматизувати процес розрахунку та скоротити його час.

*Завдання, що вирішуються:*

- у відповідності із спроектованим технологічним процесом (ТП) механічної обробки заготовок деталей підготувати початкові дані: кількість операцій; прийняту кількість обладнання; коефіцієнти завантаження та використання обладнання за основним часом по операціях ТП; ефективні річні фонди часу роботи обладнання, основних робітників; коефіцієнти багатостатного обслуговування по операціях ТП;

- розробити алгоритм, блок-схему, програму для виконання розрахунків;
- ввести вхідні дані по операціях (початкові дані);
- виконати розрахунки.

## 4.2 Алгоритм розрахунку кількості працівників на дільниці (в цеху) механічної обробки

При виконанні розрахунку кількості працівників на першому етапі визначається необхідна кількість основних робітників, які безпосередньо виконують технологічні операції з виготовлення продукції. Їх кількість, залежно від типу виробництва, можна визначити двома способами:

- за трудомісткістю річного обсягу роботи;
- за прийнятою кількістю обладнання.

В даному випадку розглядається другий варіант розрахунку, для якого використовується формула [4, 17]:

$$P_{осн} = \frac{C_{пр} \cdot F_{д} \cdot \eta_z \cdot \eta_o}{F_p \cdot K_{об}}, \quad (4.1)$$

де  $C_{пр}$  – прийнята кількість верстатів (обладнання), шт. [19, 20];

$F_{д}$  – ефективний річний фонд часу роботи верстата (обладнання), год.;

$\eta_z, \eta_o$  – коефіцієнти, відповідно, завантаження і використання обладнання за основним часом;

$F_p$  – ефективний річний фонд часу роботи основного робітника, год.;

$K_{об}$  – коефіцієнт багатостанкового обслуговування.

Кількість допоміжних робітників, що виконують технічне обслуговування виробничих дільниць (цехів) визначається у % від кількості основних робітників – для всіх типів виробництв 20–25%, крім важкого машинобудування (40–45% в одиничному, дрібносерійному виробництві).

Приведені рекомендації є орієнтовними, коментарі приведені в [4, 17].

Кількість ІТР визначається в % від кількості основних верстатів дільниці (цеху) механічної обробки та типу виробництва:

- одиничне, дрібносерійне – 18–24%;
- середньосерійне – 16–22%;

- великосерійне – 15–21%;
- масове – 15–20%.

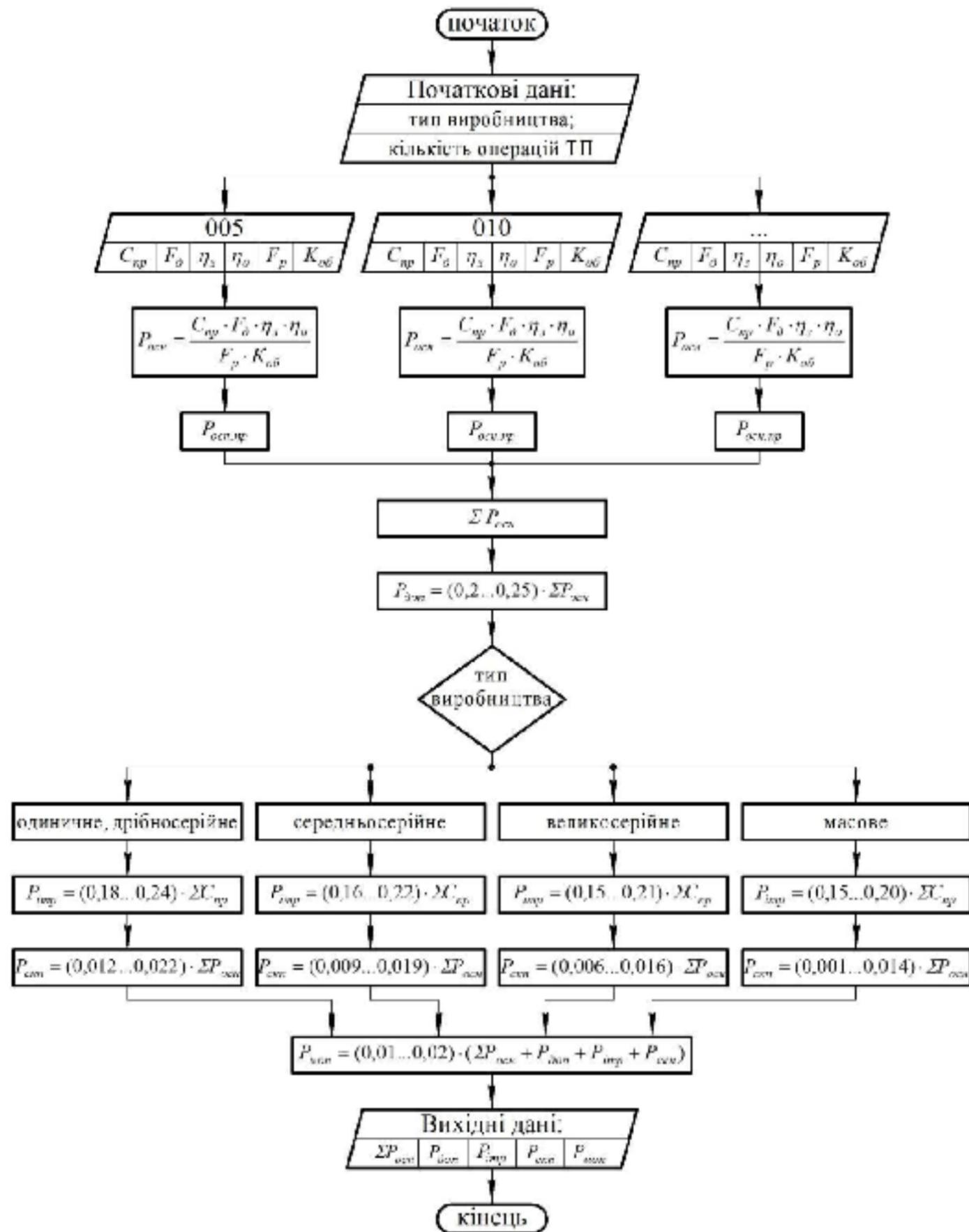


Рисунок 4.1 – Блок-схема алгоритму розрахунку кількості працівників на дільниці (в цеху) механічної обробки

Кількість СКП залежить від кількості основних робітників (в %) та типу виробництва:

- одичне, дрібносерійне – 1,2–2,2%;
- середньосерійне – 0,9–1,9;

- великосерійне – 0,6–1,6%;

- масове – 0,1–1,4.

Кількість МОП приймається 1–2% від загальної кількості працівників.

У відповідності з приведеним алгоритмом розроблено блок-схему проведення розрахунків (рис. 4.1).

#### 4.3 Комп'ютерна програма для автоматизації розрахунку кількості працівників на дільниці (в цеху) механічної обробки

Розроблено комп'ютерну програму для автоматизації розрахунку працівників на дільниці (в цеху) механічної обробки заготовок деталей машин [21], інтерфейс якої показано на рис. 4.2.

Розрахунок кількості працівників дільниці (цеху) механічної обробки

Тип виробництва: Середньосерійне

Кількість операцій (в технологічній процесу): 2

| Код операції | Кількість верстатків/оперативних шт. | Ефективний річний фонд часу роботи верстата год | Коефіцієнт тактичного розладання | Коефіцієнт використання обладнання за основний часом | Ефективний річний фонд часу роботи основного робітника год | Коефіцієнт підготовко-ремонтних робіт |
|--------------|--------------------------------------|---|----------------------------------|--|--|---------------------------------------|
| 005          | Стр 1                                | Гд 3000   | ко 0,289                         | ко 0,56  | Гр 1860  | Кко 2                                 |
| 010          | Стр 1                                | Гд 3000   | ко 0,300                         | ко 0,71  | Гр 1860  | Кко 2                                 |

Розрахована кількість: Рокн.оз 0,169

Прийнято, чол.: Рокн.лр 1

Рокн.оз 0,675

Рокн.лр 1

ΣРокн.лр 2

ΣРокн.лр 2

Допоміжні робітники: Ефект.сер 0,45; Ефект.пр 1; MIN.озп 0,1; MAX.озп 0,5

Інженерно-технічні робітники (ТР): Р.озп.сер 0,38; Р.озп.пр 1; MIN.озп 0,32; MAX.озп 0,44

Службово-канцелярський персонал (СКП): Ефект.сер 0,028; Ефект.пр 1; MIN.озп 0,018; MAX.озп 0,038

Молодий обслуговуючий персонал (МОП): Р.озп.сер 0,075; Р.озп.пр 1; MIN.озп 0,06; MAX.озп 0,1

Загальна кількість працівників дільниці (цеху): ΣРокн.лр 2 + Р.озп.пр 1 + Г.озп.пр 1 + Р.озп.лр 1 + Р.озп.лр 1 + ΣР 6

Розраховано

Рисунок 4.2 – Інтерфейс програми для розрахунку кількості працівників на дільниці (в цеху) механічної обробки

Після запуску комп'ютерної програми «Розрахунок кількості працівників дільниці (цеху) механічної обробки» необхідно внести такі початкові дані:

- тип виробництва;
- кількість операцій технологічного процесу розрахункового представника (до 10 операцій).

Далі необхідно задати для кожної операції технологічного процесу:

- прийняту кількість верстатів  $C_{np}$  (шт.);
- ефективний річний фонд часу роботи верстата  $F_o$  (год.);
- коефіцієнт завантаження обладнання  $\eta_s$ ;
- коефіцієнт використання обладнання за основним часом  $\eta_o$ ;
- ефективний річний фонд часу роботи основного робітника  $F_p$  (год.);
- коефіцієнт багатостанкового обслуговування  $K_{об}$ .

Після натискання кнопки «Розрахувати» на виході отримуються такі дані:

- розрахункова кількість основних робітників по операціям  $P_{осн.роз}$ ;
- прийнята кількість основних робітників по операціях  $P_{осн.пр}$  (чол.) (найближче більше ціле число від розрахункової кількості основних робітників);
- сумарна кількість прийнятих основних робітників  $\Sigma P_{осн.пр}$  (чол.);
- мінімальне, максимальне і середнє розрахункове значення допоміжних робітників, інженерно-технічних робітників (ІТР), службово-конторського персоналу (СКП), молодшого обслуговуючого персоналу (МОП) та їх прийнята кількість (чол.) (найближче більше ціле число від середньої розрахункової кількості);
- загальна кількість працівників дільниці (цеху).

#### 4.4 Висновки

1. Розроблено алгоритм та блок-схему розрахунку кількості працівників на дільниці механічної обробки заготовок деталей.

2. Розроблено комп'ютерну програму «Розрахунок кількості працівників дільниці (цеху) механічної обробки» [21], яка призначена для розрахунку кількості основних та допоміжних працівників на дільниці (в цеху) механічної обробки заготовок деталей машин за заданими початковими даними серійності виробництва, кількості верстатів та коефіцієнтів завантаження верстатів по операціях технологічного процесу розрахункового представника з врахуванням рекомендаційних норм.

3. Виконано розрахунок всіх працівників на дільниці (в цеху) механічної обробки за допомогою розробленої комп'ютерної програми в автоматизованому режимі, що значно скоротило процес проектування.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС БР.36.004»

5.1 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004» [3]

5.1.1 Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу [3]

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

$$K = Z_o + Z_{доd} + Z_n + B_{бyд} + B_{обл} + B_{тp} + B_{осн} + B_{инв} + B_{пy} + B_{не} + B_{оз} \text{ [грн.]}, \quad (5.1)$$

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

5.1.2 Основна заробітна плата розробників

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

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p} \text{ [грн.]}, \quad (5.2)$$

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 5.1 – 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                           | 431,8                        | 10                | 4318                             |          |
| Інженер-технолог    | 9000                           | 409,1                        | 8                 | 3272,73                          |          |
| Інженер-конструктор | 9000                           | 409,1                        | 8                 | 3272,73                          |          |
| Економіст           | 9000                           | 409,1                        | 2                 | 818,18                           |          |
| Всього              |                                |                              |                   | $z_o$                            | 11681,64 |

### 5.1.3 Додаткова заробітна плата розробників

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

$$z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}} \cdot z_o \text{ [грн.]}, \quad (5.3)$$

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

$$z_{\text{дод}} = 0,1 \cdot 11681,64 = 1168,164 \text{ (грн.)}$$

### 5.1.4 Єдиний страховий внесок розробників (ЄСВ)

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

$$z_n = (z_o + z_{\text{дод}}) \cdot H_{zn} \text{ [грн.]}, \quad (5.4)$$

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

$$Z_n = (11681,64 + 1168,164) \cdot 0,22 = 2826,96 \text{ (грн.)}$$

### 5.1.5 Вартість будівлі, що її займає ділянка

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

$$B_{\text{буд.}} = C_{\text{пл}} \cdot S_{\text{заг}} \text{ [грн.]}, \quad (5.5)$$

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

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

$$B_{\text{буд.}} = 600 \cdot 120 = 72000 \text{ (грн.)}$$

### 5.1.6 Початкова вартість технологічного обладнання

Балансову вартість нового обладнання розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{обл}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.і}} \cdot K_i \text{ [грн.]}, \quad (5.6)$$

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

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

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

$k$  – кількість найменувань обладнання встановленого на дільниці.

Таблиця 5.2 – Вартість обладнання

| №      | Найменування обладнання                          | Ціна, грн. | Кількість | $K_i$ | Вартість, грн. |
|--------|--|------------|-----------|-------|----------------|
| 1      | П'ятикоординатний<br>оброблювальний центр VF-2TR | 2000000    | 1         | 1,1   | 2200000        |
| Всього |  |            |           |       | 2200000        |

Придбані верстати були у використанні.

Реалізуємо верстати, що були на базовій дільниці:

- 5 верстатів 6P13PФ3 –  $5 \cdot 120000 = 600000$  (грн.)

Всього реалізовано верстатів на 600000 грн.

Отже, витрати на обладнання

$$B_{обл} = 2200000 - 600000 = 1600000 \text{ (грн.)}$$

#### 5.1.7 Початкова вартість транспортних засобів

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

#### 5.1.8 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 ( $B_{то}$ ) розраховують за формулою:

$$B_{то} = B_{обл} \cdot \frac{K_{и}}{100\%} \text{ [грн.]}, \quad (5.7)$$

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

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

$$B_{то} = 1600000 \cdot 0,10 = 160000 \text{ (грн.)}$$

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

$$B_{осв} = (0,2...0,3) \cdot B_{то} \text{ [грн.]}; \quad (5.8)$$

$$B_{осв} = 160000 \cdot 0,25 = 40000 \text{ (грн.)}$$

Вартість контрольно-вимірювальних і регулювальних приладів ( $B_{кнт}$ ), 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:

$$B_{кнт} = (0,06...0,12) \cdot B_{то} \text{ [грн.]}; \quad (5.9)$$

$$B_{кнт} = 0,1 \cdot 160000 = 16000 \text{ (грн.)}$$

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

$$B_{осн} = B_{то} + B_{осв} + B_{кнт} \text{ [грн.]}; \quad (5.10)$$

$$B_{осн} = 160000 + 40000 + 16000 = 216000 \text{ (грн.)}$$

### 5.1.9 Вартість виробничого та господарчого інвентарю

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

### 5.1.10 Вартість програм керування

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

$$B_{ny} = (0,05...0,1) \cdot B_{обл} \text{ [грн.];} \quad (5.11)$$

$$B_{ny} = 0,1 \cdot 1600000 = 160000 \text{ (грн.)}$$

### 5.1.11 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.

### 5.1.12 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:

$$\begin{aligned} K &= 11681,64 + 1168,164 + 2826,96 + 72000 + 1600000 + 216000 + 160000 = \\ &= 2063676,76 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

## 5.2 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції

### 5.2.1 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 «Корпус БР.36.004» складає 522 грн. (див. розділ 2).

### 5.2.2 Розрахунок витрат на силову електроенергію

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

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{\text{вн}i}}{\eta_i} \text{ [грн.]}, \quad (5.12)$$

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 зведено до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Витрати на електроенергію

| Найменування операції, верстат   | Встановлена потужність, кВт | Тривалість обробки, год. | Сума, грн. |
|--|-----------------------------|--------------------------|------------|
| 005 Вертикально-фрезерна з ЧПК, 6P13PФ3                                | 7,5                         | 0,022                    | 0,41       |
| 010 Багатоцільова з ЧПК, п'ятикоординатний оброблювальний центр VF-2TR | 14,9                        | 0,127                    | 4,72       |
| Всього   |                             |                          | Σ 5,13     |

### 5.2.3 Основна заробітна плата робітників

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

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i \text{ [грн.],} \quad (5.13)$$

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:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{zm}} \text{ [грн.],} \quad (5.14)$$

де  $M_M$  – розмір мінімальної місячної заробітної плати,  $M_M = 5000$  грн. (на 01.11.2020 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.

$$C = (5000 \cdot 1,35 \cdot 1,5) / (22 \cdot 8) = 57,53 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 5.4 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

| Найменування операцій, верстат          | Тривалість операції, год. | Розряд роботи | Тарифний коефіцієнт | Погодинна тарифна ставка, грн. | Величина оплати, грн. |
|---|---------------------------|---------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------|
| 005 Вертикально-фрезерна з ЧПК, 6P13PФ3 | 0,022                     | 3             | 1,35                | 57,53                          | 1,27                  |
| 010 Багатоцільова з ЧПК, VF-2TR         | 0,127                     | 3             | 1,35                | 57,53                          | 7,31                  |
| Всього                                  |                           |               |                     |                                | Σ 8,58                |

#### 5.2.4 Додаткова заробітна плата робітників

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

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}} \cdot Z_p \text{ [грн.],} \quad (5.15)$$

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

$$Z_{\text{дод}} = 0,1 \cdot 8,58 = 0,86 \text{ (грн.)}$$

#### 5.2.5 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:

$$Z_n = (Z_o + Z_{\text{дод}}) \cdot H_{\text{зн}} \text{ [грн.],} \quad (5.16)$$

де  $H_{\text{зн}}$  – норма нарахування на заробітну плату робітників.

$$Z_n = (8,58 + 0,86) \cdot 0,22 = 2,08 \text{ (грн.)}$$

### 5.2.6 Розрахунок загальновиробничих статей витрат

Величину загальновиробничих витрат розраховують за формулою:

$$B_{\text{заг}} = H_{\text{за}} \cdot Z_p \text{ [грн.];} \quad (5.17)$$

$$B_{\text{заг}} = 2,5 \cdot 8,58 = 21,45 \text{ (грн.)}$$

Сума всіх калькуляційних статей витрат утворює виробничу собівартість виробу.

Таблиця 5.5 – Собівартість виготовлення виробу

| Стаття витрат   | Умовне позначення | Сума, грн. | Примітка |
|---|-------------------|------------|----------|
| Витрати на матеріали на одиницю продукції, грн.       | $M$               | 522        |          |
| Витрати на силову електроенергію, грн.                | $B_e$             | 5,13       |          |
| Витрати на основну заробітну плату робітників, грн.   | $Z_p$             | 8,58       |          |
| Витрати на додаткову заробітну плату робітників, грн. | $Z_{\text{дод}}$  | 0,86       |          |
| Витрати на єдиний соціальний внесок, грн.             | $Z_n$             | 2,08       |          |
| Загальновиробничі витрати, грн.                       | $B_{\text{заг}}$  | 21,45      |          |
| Всього  | $S_e$             | 560,1      |          |

### 5.3 Розрахунок ціни реалізації нового виробу

#### 5.3.1 Нижня межа ціни

Ціна реалізації виробу розраховується за формулою:

$$C_{\text{нп}} = S_e \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{w}{100}\right) \text{ [грн.],} \quad (5.18)$$

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

$S_e$  – виробнича собівартість виробу, грн.;

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

$w$  – ставка податку на додану вартість, за станом на 01.11.2020 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.

$$C_{\text{впр}} = 560,1 \cdot (1+0,2) \cdot (1+0,2) = 806,54 \text{ (грн.)}$$

### 5.3.2 Верхня межа ціни

Верхня межа ціни ( $C_{\text{впр}}$ ) 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  $C_{\text{впр}} = 806,54$  грн.

### 5.4 Розрахунок величини чистого прибутку

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

$$П = \left\{ \left[ C_{\text{догоз}} - \frac{(C_{\text{догоз}} - M) \cdot f}{100} - S_B - \frac{q \cdot S_B}{100} \right] \cdot \left[ 1 - \frac{h}{100} \right] \right\} \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (5.19)$$

де  $C_{\text{догоз}}$  – 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.

$$\begin{aligned} \Pi &= \left\{ \left[ 806,54 - \frac{(806,54 - 522) \cdot 16,67}{100} - 560,1 - \frac{10 \cdot 560,1}{100} \right] \cdot \left[ 1 - \frac{18}{100} \right] \right\} \cdot 13204 = \\ &= 1548270,53 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

## 5.5 Оцінювання ефективності інноваційного рішення

При оцінці ефективності інноваційних проектів передбачається розрахунок таких важливих показників, як: чистий дисконтний дохід (інтегральний ефект); внутрішня норма дохідності (прибутковості); індекс прибутковості; термін окупності.

### 5.5.1 Розрахунок чистого дисконтного доходу

Дане удосконалення передбачає одноразові капітальні вкладення, тому NPV можна визначити за формулою:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{\Pi_t}{(1+d)^t} - K \text{ [грн.]}, \quad (5.20)$$

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.

$$NPV = \frac{1548270,53}{(1+0,2)^1} + \frac{1548270,53}{(1+0,2)^2} + \frac{1548270,53}{(1+0,2)^3} + \frac{1548270,53}{(1+0,2)^4} - 2063676,76 =$$

$$= 1944384,68 \text{ (грн.)}$$

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

### 5.5.2 Розрахунок внутрішньої норми доходності

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

$$IRR_{MIN} = \sqrt[n]{\frac{\sum_{t=1}^n (\Pi_t + A_t)}{K}} - 1, \quad (5.21)$$

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.

$$IRR_{MIN} = \sqrt[4]{\frac{1548270,53 + 1548270,53 + 1548270,53 + 1548270,53}{2063676,76}} - 1 = 0,32.$$

### 5.5.3 Розрахунок терміну окупності

Термін окупності капітальних вкладень (або додаткових капітальних вкладень) розраховується за формулою:

$$T_o = \frac{\Delta K(K)}{П} \text{ [років]}, \quad (5.22)$$

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.

$$T_o = \frac{2063676,76}{1548270,53} = 1,33 \text{ (року)}.$$

## 5.6 Висновки

В даному розділі визначено капітальні витрати на удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004», 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 2063676,76 грн. капітальних вкладень. Прибуток за рік виробника складе 1548270,53 грн., термін окупності 1,33 року.

Отже, удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004» доцільне для впровадження.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 6.1 Аналіз умов праці

Удосконалення технологічного процесу виготовлення та обробки заготовки деталі «Корпус БР.36.004» проводиться 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 [18, 19].

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.

## 6.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

В проєктованому 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.

### 6.2.1 Мікроклімат

Оптимальні і допустимі показники приведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – 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  $100 \text{ Вт/м}^2$  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.

### 6.2.2 Виробниче освітлення

Природне освітлення на ділянці є верхнє з боковим.

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.

### 6.2.3 Виробничий шум

Шум має великий вплив на працездатність людини. Джерелами шуму на розглядаємі дільниці є працююче обладнання, шум з сусідніх дільниць та шум автотранспорту.

Для постійних робочих місць у виробничих приміщеннях і території підприємства допустимі рівні звукового тиску наведені у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – 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.

#### 6.2.4 Виробничі 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 вказані в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – 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 6.4 – Санітарні норми однотипних 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> ,<br>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 змусувальної сили. Цього можна досягти за допомогою вібропоглинання, віброгасіння та віброізоляції.

### 6.3 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.

#### 6.3.1 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, необхідно використовувати занулення.

#### 6.4 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) див. таблицю 6.5.

Таблиця 6.5 – Мінімальні межі розповсюдження та максимальні межі розповсюдження вогню

| Ступінь вогнестійкості | Стіни  |             |                      |                  | Колони | Драбинні площадки | Плити, настили, інш. |                |              |
|------------------------|--------|-------------|----------------------|------------------|--------|-------------------|----------------------|----------------|--------------|
|                        | 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 6.6 – 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 6.7 – 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 дільниці: 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.

## 6.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Визначення області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004» в умовах дії небезпечних чинників надзвичайних ситуацій.

### 6.5.1 Дія іонізуючих та електромагнітних випромінювань на радіоелектронні системи

Джерелами іонізуючих випромінювань є радіоактивні елементи і їх ізотопи, ядерні реактори, прискорювачі заряджених частинок та ін. Рентгенівські установки і високовольтні джерела постійного струму відносяться до джерел рентгенівського випромінювання.

Дія іонізуючих випромінювань на елементну базу електронних пристроїв та систем як правило викликає зміну практично всіх електричних і експлуатаційних характеристик їх елементів. Цей процес залежить від протікання процесів іонізації і порушення структури матеріалів зі зміною перехідних струмів в р-п переходах транзисторів, вольт-амперних характеристик напівпровідникових діодів, опорів транзисторів, ємностей конденсаторів, тощо.

Наслідком дії іонізуючих випромінювань на автоматизовані системи може бути миттєва втрата працездатності при критичних рівнях радіації або розвиток відновлюваних чи невідновлюваних змін через деякий час після радіоактивного зараження при рівнях радіації значно нижчих від критичних.

Дія електромагнітного випромінювання характеризується генерацією дуже короткого ( $10^{-7}$  с), але інтенсивного електромагнітного імпульсу, який розповсюджується від джерела з інтенсивністю, що зменшується, у відповідності з теорією електромагнетизму. Цей імпульс енергії створює потужне електромагнітне поле, особливо поблизу джерел виникнення. Поле може бути достатньо сильним, щоб викликати короточасні перенапруження в тисячі вольт в електричних провідниках, таких як контактна проводка або провідні доріжки мікросхем.

Залежно від електромагнітної стійкості електроніки до дії ЕМІ і інтенсивності поля, обладнання може бути необоротно пошкоджене або, іншими словами, електрично знищено. Заподіяне пошкодження мало чим відрізняється від того, що можна чекати від близького удару блискавки і може потребувати повної заміни системи, або, принаймні, істотної її частини.

Тому комп'ютери, що використовуються в системах обробки даних, комунікаційних системах, системах відображення інформації, системах промислового контролю потенційно уразливі до дії ЕМІ.

#### 6.5.2 Визначення області працездатності системи ЧПК верстатата 6P13PФ3 в умовах дії іонізуючих випромінювань

Критерієм, що визначає працездатність системи ЧПК в умовах дії іонізуючих випромінювань є максимальне значення потужності дози в умовах експлуатації, яка може зумовити виникнення зміни параметрів елементної бази не порушуючи його працездатність в цілому.

Елементами без яких неможливе нормальне функціонування системи ЧПК є: резистори, індуктивні елементи, інтегральні схеми, діелектричні матеріали, конденсатори, магнітні матеріали, мікропроцесори, транзистори, діоди та напівпровідники, граничні значення інтенсивності іонізуючого випромінювання яких [24] наведені в таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 – Визначення допустимої потужності іонізуючих випромінювань для системи ЧПК верстатата 6P13PФ3

| Елементи і матеріали системи ЧПК | Потужності дози, що викликає початок зворотних змін в елементах системи ЧПК, $p_{зв.i}$ , P/c | Мінімальна потужності дози, що викликає початок зворотних змін в системі ЧПК в цілому, $p_{зв}$ , P/c |
|----------------------------------|---|---|
| Конденсатори                     | $10^5$  | $10^4$  |
| Інтегральні схеми                | $10^5$  |   |
| Резистори                        | $10^6$  |   |
| Діелектричні матеріали           | $10^4$  |   |
| Індуктивні елементи              | $10^9$  |   |
| Транзистори, діоди               | $10^4$  |   |
| Мікропроцесори                   | $10^4$  |   |
| Магнітні матеріали               | $10^{10}$   |   |
| Напівпровідники                  | $10^{10}$   |   |

Найбільш уразливими елементами системи ЧПК до дії іонізуючих випромінювань є діелектричні матеріали, тому значення потужності дози гамма-випромінювання, що викликає початок зворотних змін для системи складає  $p_{гр}=10^4$  Р/с.

Граничне значення потужності дози іонізуючого випромінювання для системи ЧПК визначаємо за формулою

$$p_{зр} = p_{зв} \cdot K_{нос} \cdot K_{над},$$

де  $K_{нос} = 1$  – коефіцієнт послаблення радіації;

$K_{над} = 0,9..0,95$  – коефіцієнт надійності роботи.

Так

$$p_{зр} = 10^4 \cdot 0,95 = 9,5 \cdot 10^3 \text{ Р/с.}$$

Здійснений розрахунок дає змогу зробити висновок про те, що миттєва втрата працездатності системи ЧПК верстатата 6P13PФ3 можлива в разі його перебування в умовах дії іонізуючих випромінювань інтенсивністю більше  $9,5 \cdot 10^3$  Р/с.

6.5.3 Визначення області працездатності системи ЧПК верстатата 6P13PФ3 в умовах дії електромагнітних випромінювань

Для визначення області працездатності системи ЧПК в умовах дії електромагнітних випромінювань можна використати коефіцієнт безпеки

$$K_B = 20 \lg \frac{U_D}{U_{B(\Gamma)}},$$

де  $U_D$  – допустиме коливання напруги живлення, В;

$U_{B(\Gamma)}$  – напруга наведена електромагнітними випромінюваннями, відповідно, у вертикальних чи горизонтальних струмопровідних частинах системи, В.

Розрахунок гранично допустимого значення вертикальної складової

напруженості електричного поля, як складової частини електромагнітного поля, доцільно провести виходячи з умови, що  $K_{\text{Бmin}} = 40$  дБ.

Допустиме коливання напруги живлення системи ЧПК дорівнює

$$U_{\text{д}} = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot N = 24 + \frac{24}{100} \cdot 10 = 26,4 \text{ В},$$

де  $U_{\text{ж}} = 24$  В – напруга живлення;

$N = 10\%$  – допустимі відхилення напруги, %.

Максимальна довжина струмопровідних частин системи ЧПК в горизонтальній площині становить  $l_{\Gamma} = 0,45$  м.

Максимально допустиме значення наведеної електромагнітним полем напруги в горизонтальних струмопровідних частинах системи визначається з рівняння

$$K_{\text{Бг}} = 20 \lg \frac{U_{\text{д}}}{U_{\Gamma}},$$

Тоді

$$40 = 20 \lg \frac{U_{\text{д}}}{U_{\Gamma}}, \quad \frac{U_{\text{д}}}{U_{\Gamma}} = 10^{\frac{40}{20}},$$

$$U_{\Gamma} = \frac{U_{\text{д}}}{10^{\frac{40}{20}}} = \frac{26,4}{100} = 0,264 \text{ В}$$

Таким чином максимально допустиме значення вертикальної складової напруженості електричного поля для відкритої системи ЧПК

$$E_{\text{в}} = \frac{U_{\Gamma}}{l_{\Gamma}} = \frac{0,264}{0,45} = 0,6 \text{ В/м}$$

Система ЧПК верстатата 6P13PФ3, що використовується в технологічному процесі розміщена в захисних корпусах товщина яких складає в середньому  $t = 0,1$  см і вище.

Використання сталевого екрана такої товщини забезпечує перехідне гасіння

енергії електричного поля

$$A = 5,2 \cdot t \cdot \sqrt{f} = 5,2 \cdot 0,1 \cdot \sqrt{15000} = 63,7 \text{ Дб.}$$

де  $f = 15000$  – власна частота екрана.

Оскільки перехідне гасіння енергії електричного поля також можна розрахувати, як

$$A = 20 \log \frac{E_{\text{Ввх}}}{E_B} \text{ Дб,}$$

де  $E_{\text{Ввх}}$  – вертикальна складова напруження електричного полі на вході в екран, то

$$E_{\text{Ввх}} = E_B \cdot 10^{\frac{A}{20}} = 0,6 \cdot 10^{\frac{63,7}{20}} = 918,6 \text{ В.}$$

Отже втрата працездатності системи ЧПК верстатата 6P13PФ3 в умовах дії електромагнітних випромінювань можлива за умови, що вертикальна складова напруженості електричного поля створеного електромагнітним імпульсом буде більше 918,6 В/м.

## 6.6 Висновки

Проаналізовано умови праці на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004». Розроблені заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Оцінка працездатності системи ЧПК верстатата 6P13PФ3 в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань показує, що область його працездатності в таких умовах визначена, відповідно, потужністю іонізуючих випромінювань в межах від 0 до  $9,5 \cdot 10^3$  Р/с і вертикальною складовою напруженості електричного поля в межах від 0 до 918,6 В/м.

## ВИСНОВКИ

В МКР удосконалено технологію механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004». В результаті виконання роботи можна зробити наступні висновки.

1. Розглянуто технології виготовлення деталі типу «Корпус», проведено аналіз типових ТП, базового ТП механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004», оцінені їх позитивні сторони, внесені пропозиції щодо удосконалення технології механічної обробки розглядуваної заготовки деталі.

2. Запропоновано два найбільш доцільні варіанти виготовлення заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004» – лиття в кокіль та лиття в піщано-глинисті форми. Розрахунки собівартості заготовки показали, що дешевша заготовка при литті в кокіль (522 грн.), при литті в піщано-глинисті форми вартість заготовки – 636,8 грн.

3. Спроектовано варіанти удосконаленого ТП механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004» з використанням верстатів з ЧПК. Їх порівняння за мінімумом приведених витрат дозволило вибрати дешевший варіант. Виконано розрахунки припусків, режимів різання, норм часу по операціям ТП.

4. Для удосконаленого ТП механічної обробки спроектовано дільницю; встановлено приведену програму (13204 шт.) для роботи в середньосерійному виробництві; розраховано необхідну кількість верстатів – 2 верстати, кількість основних робітників (1 чол.).

5. В науковій частині роботи розроблено комп'ютерну програму «Розрахунок кількості працівників дільниці (цеху) механічної обробки», яка призначена для розрахунку кількості основних та допоміжних працівників на дільниці (в цеху) механічної обробки заготовок деталей машин за заданими початковими даними серійності виробництва, кількості верстатів та коефіцієнтів завантаження верстатів по операціях технологічного процесу розрахункового представника з врахуванням рекомендаційних норм.

6. Економічні розрахунки підтвердили доцільність впровадження запропонованих рішень, визначено капітальні вкладення – 2063676,76 грн., одержаний прибуток – 1548270,53 грн., термін окупності вкладень – 1,33 року.

7. Розроблені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях на ділянці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004».

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. 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.
2. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск : ОО НД «Альянс», 2007. – 256 с.
3. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні : навчальний посібник / В. В. Кавецький, В. О. Козловський. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 100 с.
4. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. В. Савуляк, О. В. Сердюк. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 148 с.
5. Руденко П. А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении / П. А. Руденко, Ю. А. Харламов, В. М. Плескач. – К. : Вища школа, 1991. – 247 с.
6. Руденко П. А. Проектирование технологических процессов в машиностроении / П. А. Руденко. – К. : Вища школа, 1985. – 255 с.
7. 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.
8. 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.
9. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.

10. 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.

11. 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.

12. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2. Практикум : навчальний посібник / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 116 с.

13. Гусев А. А. Технология машиностроения (специальная часть) / А. А. Гусев, Е. Р. Ковальчук, И. М. Колесов. – М. : Машиностроение, 1986. – 480 с.

14. Барановський Ю. В. Режимы резания металлов: Справочник. Ю. В. Барановський, Л. А. Брахман, Ц. З. Бродский [и др.] ; / под ред. Ю. В. Барановського. – М. : Машиностроение, 1972. – 407 с.

15. 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.

16. 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.

17. 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.

18. Використання прикладної програми для розрахунку кількості працівників на ділянці (в цеху) механічної обробки заготовок деталей / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, Я. А. Молчанов, М. В. Цекот // Збірник тез доповідей

IV-ої Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Гідро- та пневмоприводи машин – сучасні досягнення та застосування», Вінниця, 16-27 грудня 2019 р. – Електрон. текст. дані. – 2020. – Режим доступу : [http://ctam.vntu.edu.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=196:0-stijkist-mekhatronnoji-gidrosistemi-na-osnovi-regulovanogo-nasosa-23&catid=52&Itemid=760&lang=ua](http://ctam.vntu.edu.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=196:0-stijkist-mekhatronnoji-gidrosistemi-na-osnovi-regulovanogo-nasosa-23&catid=52&Itemid=760&lang=ua).

19. Автоматизація розрахунку кількості обладнання на дільниці (в цеху) механічної обробки заготовок деталей / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, Я. А. Молчанов, Д. А. Тарабанський // Матеріали XLVIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 13-15 березня 2019 р. – Електрон. текст. дані. – 2019. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2019/paper/view/7103>.

20. Комп'ютерна програма «Розрахунок кількості обладнання та коефіцієнтів завантаження на дільниці (в цеху) механічної обробки» / Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 90760 // С. В. Репінський, Ж. П. Дусанюк, О. В. Дерібо, Я. А. Молчанов, Д. А. Тарабанський. – К. : Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. – Зареєстр. 15.07.2019.

21. Комп'ютерна програма «Розрахунок кількості працівників дільниці (цеху) механічної обробки» / Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір // С. В. Репінський, Ж. П. Дусанюк, Я. А. Молчанов, М. В. Цекот. – К. : Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. – Подано до реєстрації 2020.

22. Безопасность труда в промышленности / К. Н. Ткачук, П. Я. Галушко, Р. В. Саборно [и др.] – К. : Техника, 1982. – 228 с.

23. 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.

24. Сакевич В. Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах. Навчальний посібник / В.Ф. Сакевич. – Вінниця : ВНТУ, – 2006. – 109 с.

ДОДАТКИ



## **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 технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004» на основі прийняття прогресивних рішень при проектуванні технологічного процесу механічної обробки з використанням сучасного автоматизованого, високопродуктивного обладнання з ЧПК, що забезпечує необхідну точність, якість продукції при зменшенні її собівартості;

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 «Корпус БР.36.004»;
- річна програма випуску розрахункового представника – 4000 шт.;
- приведена програма – 13204 шт.;
- матеріал деталі – Бр.А9ЖЗЛ ГОСТ 493-79;
- серійність виробництва – середньосерійне;
- необхідність розгляду альтернативних варіантів виготовлення заготовки деталі та вибору найбільш оптимальної;
- необхідність проектування альтернативних варіантів технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус БР.36.004» 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   | 01.09.20 р.      | 22.10.20 р. | Формування задачі досліджень, розділ 1 ПЗ |
| 2       | Огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус»  | 01.09.20 р.      | 22.10.20 р. | Об'єкт дослідження, розділ 1              |
| 3       | Спеціальна частина<br>Удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004».<br>Розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004»<br>Автоматизація розрахунку кількості працівників дільниці (цеху) механічної обробки заготовок деталей | 05.10.20 р.      | 25.11.20 р. | розділ 2, 3, 4 публікація результатів     |
| 4       | Підготовка економічної частини  | 05.10.20 р.      | 25.11.20 р. | розділ 5, апробація                       |
| 5       | Підготовка розділу з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях  | 05.10.20 р.      | 25.11.20 р. | розділ 6                                  |
| 6       | Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації   | 05.10.20 р.      | 04.12.20 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: к.т.н., доцент каф. ТАМ

\_\_\_\_\_ Репінський С. В.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_ р.

**Технічне завдання**

на удосконалення технології та дільниці механічної обробки

**Найменування та область застосування**

Удосконалена технологія та дільниця механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БР.36.004» 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 «Корпус БР.36.004» 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 «Корпус БР.36.004».
- 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 «Корпус БР.36.004»:

- річний об'єм випуску деталей –  $N_p = 4000$  шт.;
- маса деталі –  $m_d = 3,6$  кг;
- матеріал заготовки – Бр.А9ЖЗЛ ГОСТ 493-79.

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





# ТП механічної обробки

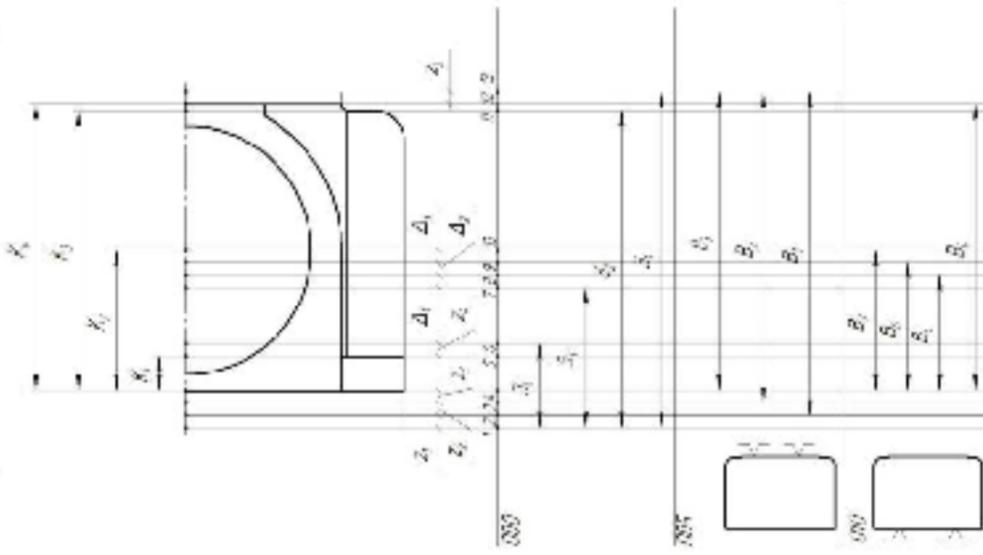
| № операції | Назва і зміст операції   | Схема установки і обробки | Модель верстата   |
|------------|--|---------------------------|---|
| 005        | <p><b>2</b></p> <p><u>Вертикально-фрезерна з ЧПК:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити, закріпити.</li> <li>2. Фрезерувати площину 1 попередньо в розмір 121,55 мм.</li> <li>3. Центрувати 4 отвори 2 та 2 отвори 3 в розмір <math>\phi 5</math>.</li> <li>4. Свердлити 4 отвори 2 в розмір <math>\phi 7,5</math>.</li> <li>5. Зенкерувати 4 отвори 2 в розмір згідно ескізу.</li> <li>6. Свердлити 2 отвори 3 в розмір згідно ескізу.</li> <li>7. Фрезерувати площину 1 остаточно в розмір згідно ескізу.</li> <li>8. Фрезерувати площини 4 та 5 однократно в розмір згідно ескізу.</li> <li>9. Зняти заготовку.</li> </ol>   | <p><b>3</b></p>           | <p><b>4</b></p> <p>Вертикально-фрезерна з ЧПК (P13PФ)</p> |
| 010        | <p><b>10</b></p> <p><u>Вертикально-фрезерна з ЧПК:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити, закріпити.</li> <li>2. Фрезерувати площину 7 попередньо в розмір 93,47 мм, площини 1 та 10 однократно в розмір згідно ускізу.</li> <li>3. Фрезерувати площину 7 попередньо в розмір 92,92 мм.</li> <li>4. Фрезерувати площину 7 остаточно в розмір згідно ескізу.</li> <li>5. Центрувати отвори 4, 5 та 12 в розмір <math>\phi 5</math>.</li> <li>6. Свердлити отвір 5 в згідно ескізу.</li> <li>7. Розсвердлювати отвір 5 в розмір <math>\phi 8,4</math>.</li> <li>8. Нарізати різь в отворі 5 в розмір згідно ескізу.</li> <li>9. Свердлити отвір 4 в розмір <math>\phi 4,95</math> мм.</li> <li>10. Зенкерувати отвір 4 в розмір згідно ескізу.</li> <li>11. Нарізати різь в отворі 4 в розмір згідно ескізу.</li> <li>12. Розточувати отвір 3 попередньо в розмір <math>\phi 79,494</math> мм.</li> </ol> |                           | <p>Пятикоординатний обробальний центр VF 2TR</p>          |

## ТП механічної обробки (продовження)

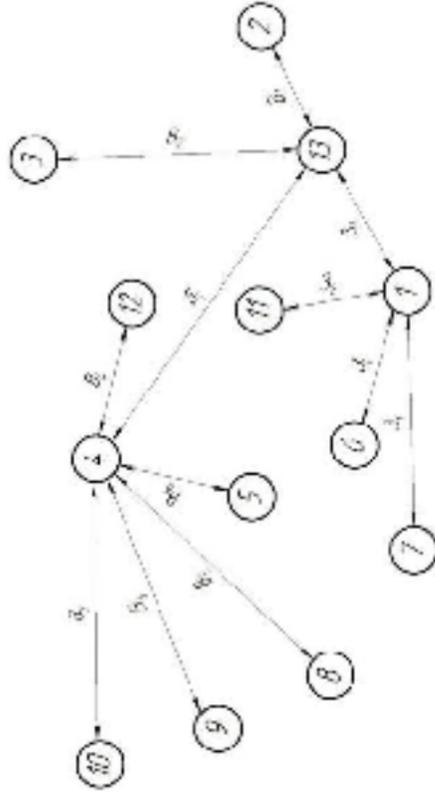
| 1  | 2   | 3   | 4 |
|--|---|---|---|
| <p>13. Розточити отвір 3 попередньо в розмір <math>\phi 79,85^{+0,025}</math>.</p> <p>14. Розточити фаску 2 однократно в розмір згідно ескізу.</p> <p>15. Розточити отвір 3 остаточно в розмір згідно ескізу.</p> <p>16. Фрезерувати канавку 6 в розмір згідно ескізу.</p> <p>17. Зенкерувати 2 отвори 8 в розмір згідно ескізу.</p> <p>18. Фрезерувати паз 9 однократно в розмір згідно ескізу.</p> <p>19. Свердлити отвір 11 в розмір <math>\phi 3,33^{+0,05}</math>.</p> <p>20. Нарізати різь в отворі 11 в розмір згідно ескізу.</p> <p>21. Свердлити отвір 12 в розмір <math>\phi 29,631^{+0,01}</math>.</p> <p>22. Зенкерувати отвір 12 в розмір <math>\phi 29,883^{+0,01}</math>.</p> <p>23. Розвертати отвір 12 в розмір згідно ескізу.</p> <p>24. Фрезерувати 2 пази 13 в розмір згідно ескізу.</p> <p>25. Фрезерувати площини 14 та 16, пази 15 та 17 в розмір згідно ескізу.</p> <p>26. Зняти деталь.</p> | <p>The technical drawing shows a complex mechanical part with the following features and dimensions:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Front View:</b> Shows a large circular hole (1) with a diameter of <math>\phi 79,85</math>. A chamfer (2) is on the top edge. A hole (3) is located on the right side. A groove (6) is on the top surface. A slot (9) is on the front face. A hole (11) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> and a thread is on the top surface. A hole (12) with a diameter of <math>\phi 29,631</math> is on the front face. A chamfer (10) with a radius of <math>R_{3,2}</math> is on the top edge. A hole (13) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the top surface. A hole (14) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face. A hole (15) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face. A hole (16) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face. A hole (17) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face. A hole (18) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face. A hole (19) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face. A hole (20) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face. A hole (21) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face. A hole (22) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face. A hole (23) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face. A hole (24) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face. A hole (25) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face. A hole (26) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face.</li> <li><b>Top View:</b> Shows a circular hole (1) with a diameter of <math>\phi 79,85</math>. A hole (3) with a diameter of <math>\phi 79,85</math> is on the right side. A hole (11) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> and a thread is on the top surface. A hole (12) with a diameter of <math>\phi 29,631</math> is on the front face. A hole (13) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the top surface. A hole (14) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face. A hole (15) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face. A hole (16) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face. A hole (17) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face. A hole (18) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face. A hole (19) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face. A hole (20) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face. A hole (21) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face. A hole (22) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face. A hole (23) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face. A hole (24) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face. A hole (25) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face. A hole (26) with a diameter of <math>\phi 3,33</math> is on the front face.</li> <li><b>Cross-section Г-Г:</b> Shows a hole (3) with a diameter of <math>\phi 79,85</math> and a chamfer (2) with a radius of <math>R_{3,2}</math>.</li> <li><b>Cross-section ВВ А, Б:</b> Shows a hole (12) with a diameter of <math>\phi 29,631</math> and a chamfer (10) with a radius of <math>R_{3,2}</math>.</li> </ul> | <p style="text-align: right; font-size: small;">1. На цьому місці повинні бути розміри НС, НК, з.</p> |   |

# Розмірний аналіз технологічного процесу

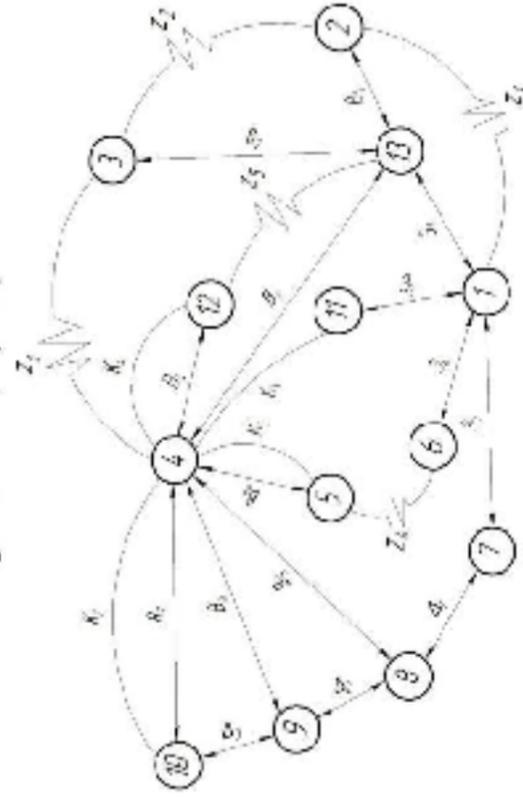
Розмірна схема технологічного процесу



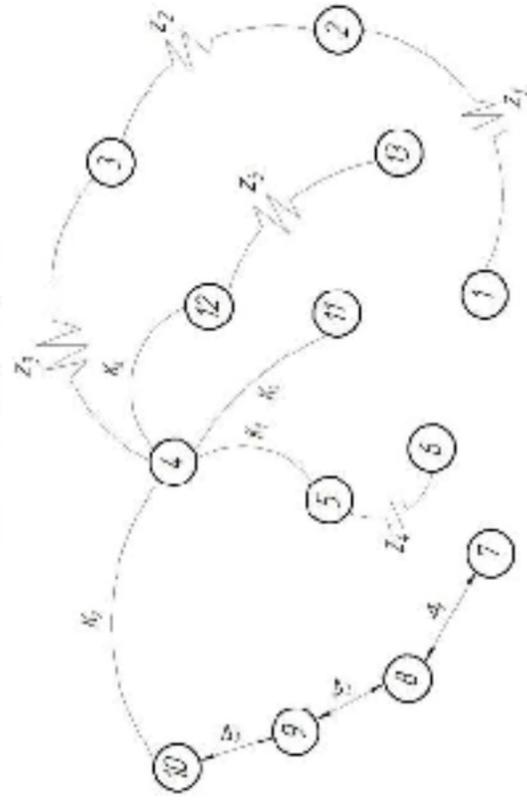
Похідний граф-дерево



Суміщений граф-дерево



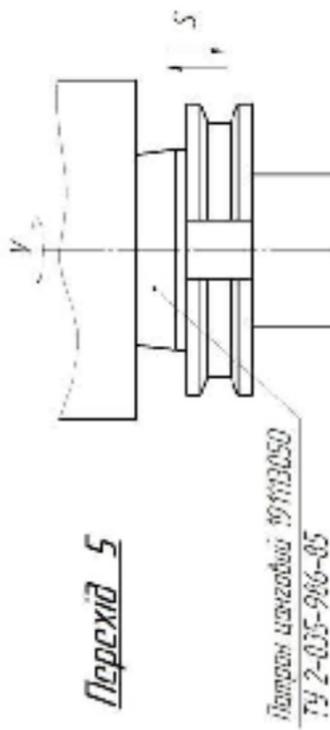
Вихідний граф-дерево



Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допусків цих розмірів

| Вихідні розміри | Граничні значення розмірів |                    | Допуск | Початковий розмір | Значення розміру у технологічному документі | Значення розміру по результатам круглої ділянки заготовки |
|-----------------|----------------------------|--------------------|--------|-------------------|---|---|
|                 | Максимальний розмір        | Мінімальний розмір |        |                   |   |   |
| $b_1$           | 93,12                      | 93,67              | 0,35   | 93,67             | 93,67 <sub>0,016</sub>                      |   |
| $b_2$           | 92,7                       | 92,92              | 0,22   | 92,92             | 92,92 <sub>0,022</sub>                      |   |
| $b_3$           | 92,45                      | 92,59              | 0,14   | 92,59             | 92,59 <sub>0,014</sub>                      |   |
| $b_4$           | 91,78                      | 92                 | 0,22   | 92                | 92 <sub>0,022</sub>                         |   |
| $k_1$           | 44,68                      | 45,12              | 0,25   | 45                | 45 <sub>-0,12</sub>                         |   |
| $k_2$           | 44,92                      | 45,08              | 0,16   | 45                | 45 <sub>-0,08</sub>                         |   |
| $k_3$           | 44,95                      | 45,05              | 0,1    | 45                | 45 <sub>-0,05</sub>                         |   |
| $k_4$           | 40,89                      | 41                 | 0,11   | 41                | 41 <sub>0,11</sub>                          |   |
| $Z_1$           | 93,97                      | 94,84              | 0,87   | 94,4              |   | 94,4 <sub>-0,13</sub>                                     |
| $Z_2$           | 87,98                      | 90,85              | 0,87   | 90,41             |   | 90,41 <sub>-0,13</sub>                                    |
| $Z_3$           | 44,58                      | 47,2               | 0,62   | 46,09             |   |   |
| $Z_4$           | 32,62                      | 33,05              | 0,42   | 32,83             |   | 32,83 <sub>-0,21</sub>                                    |

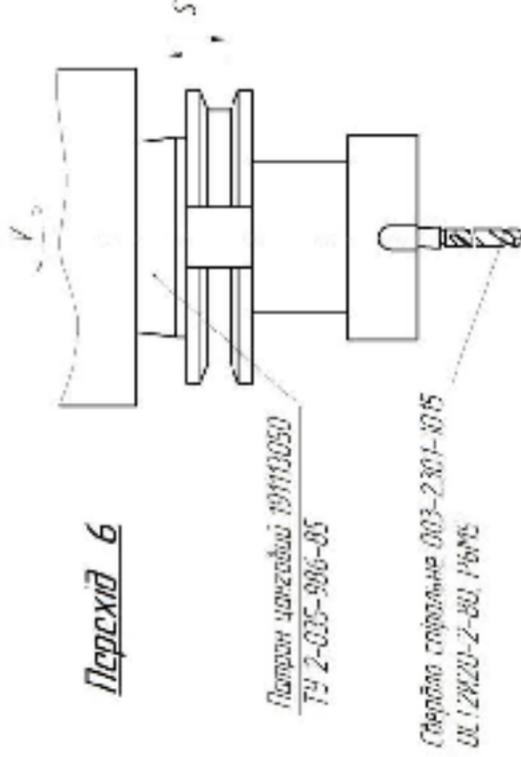




**Перехід 5**

Деталь 2120-2563 (Ф9)  
Р6М5 ГОСТ 19265-73

Деталь 2120-2563 (Ф9)  
Р6М5 ГОСТ 19265-73



**Перехід 6**

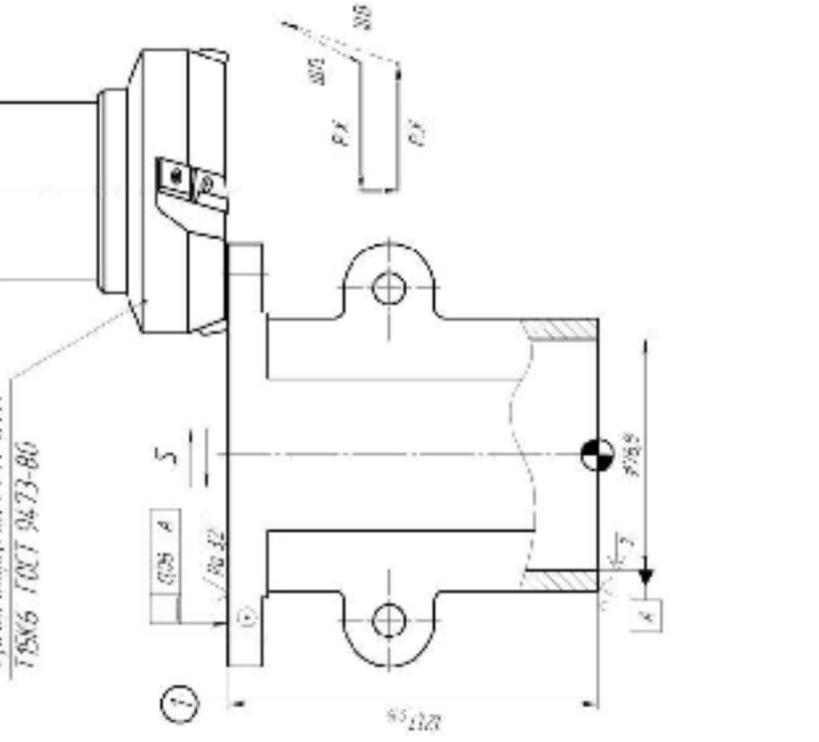
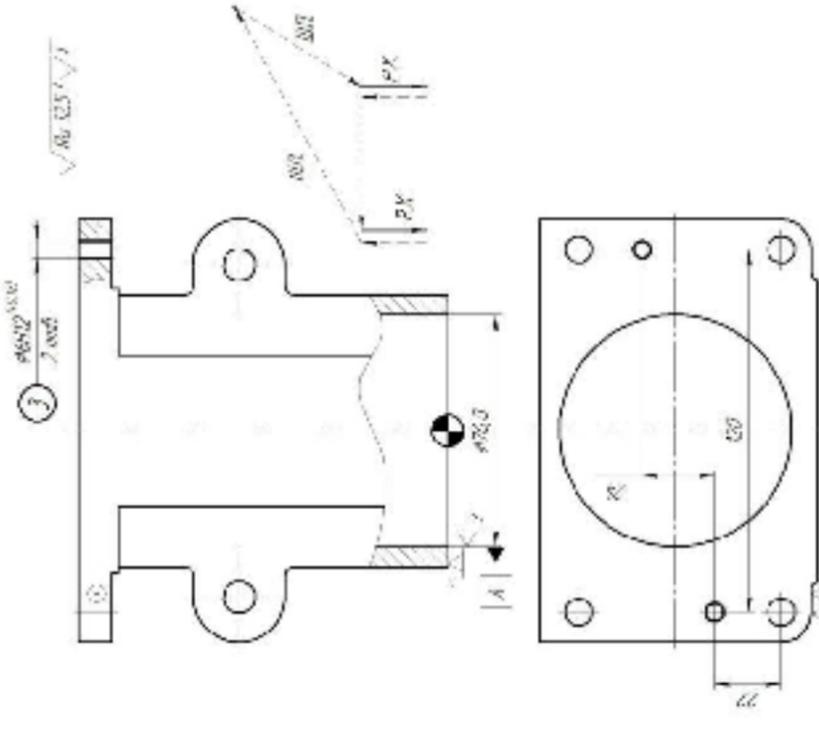
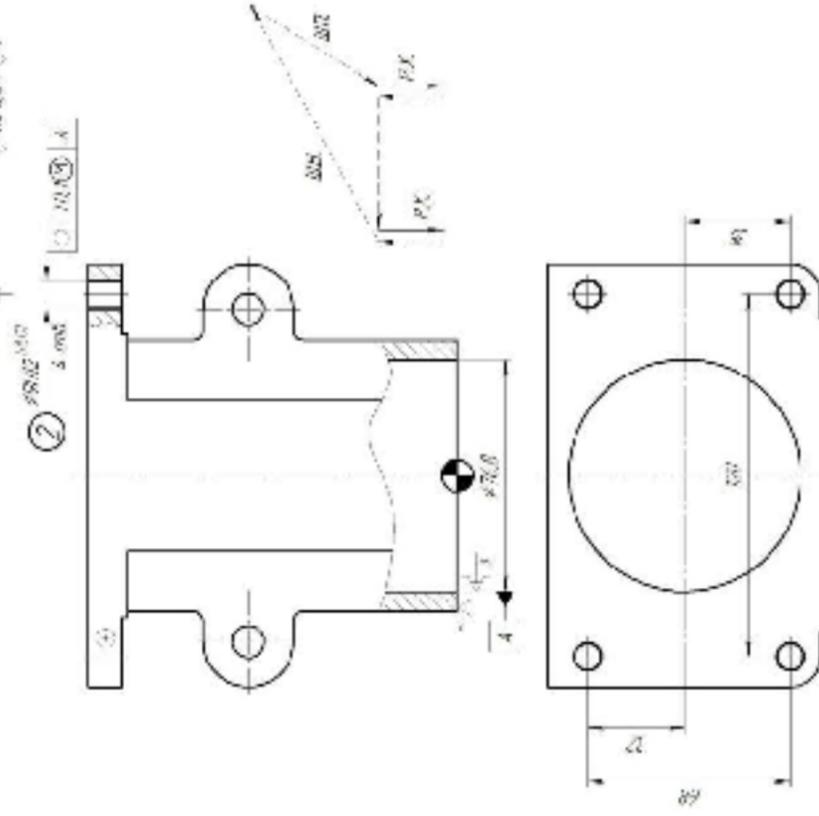
Деталь 2003-2301-0115  
UL12820-2-8U Р6М5

Деталь 2003-2301-0115  
UL12820-2-8U Р6М5

**Перехід 7**

Деталь 6212-0136  
ГОСТ 26536-85

Фреза мисочна 7714-0157  
Т5N6 ГОСТ 9473-80



|   |          |      |       |
|---|----------|------|-------|
| № | Контр. № | Дата | Відп. |
| 1 |          |      |       |
| 2 |          |      |       |
| 3 |          |      |       |

# АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКУ КІЛЬКОСТІ ПРАЦІВНИКІВ ДІЛЬНИЦЬ (ЦЕХУ) МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ

Мета роботи – розробка прикладної програми для розрахунку кількості працівників на ділянці (в цеху) механічної обробки деталей, що дозволяє автоматизувати процес розрахунку та скоротити його час.

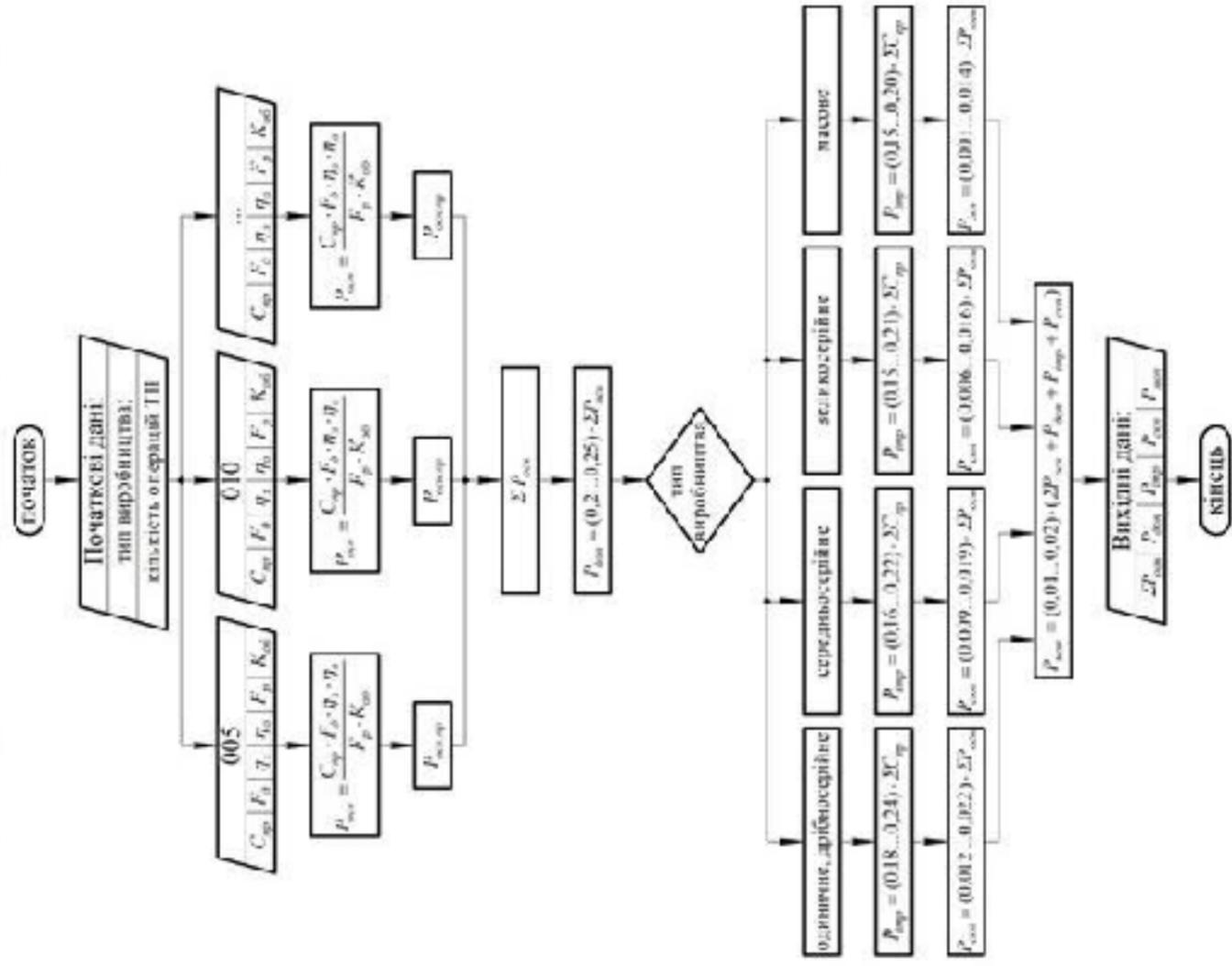


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритму розрахунку кількості працівників на ділянці (в цеху) механічної обробки

# АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКУ КІЛЬКОСТІ ПРАЦІВНИКІВ ДІЛЬНИЦІ (ЦЕХУ) МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛЕЙ (продовження)

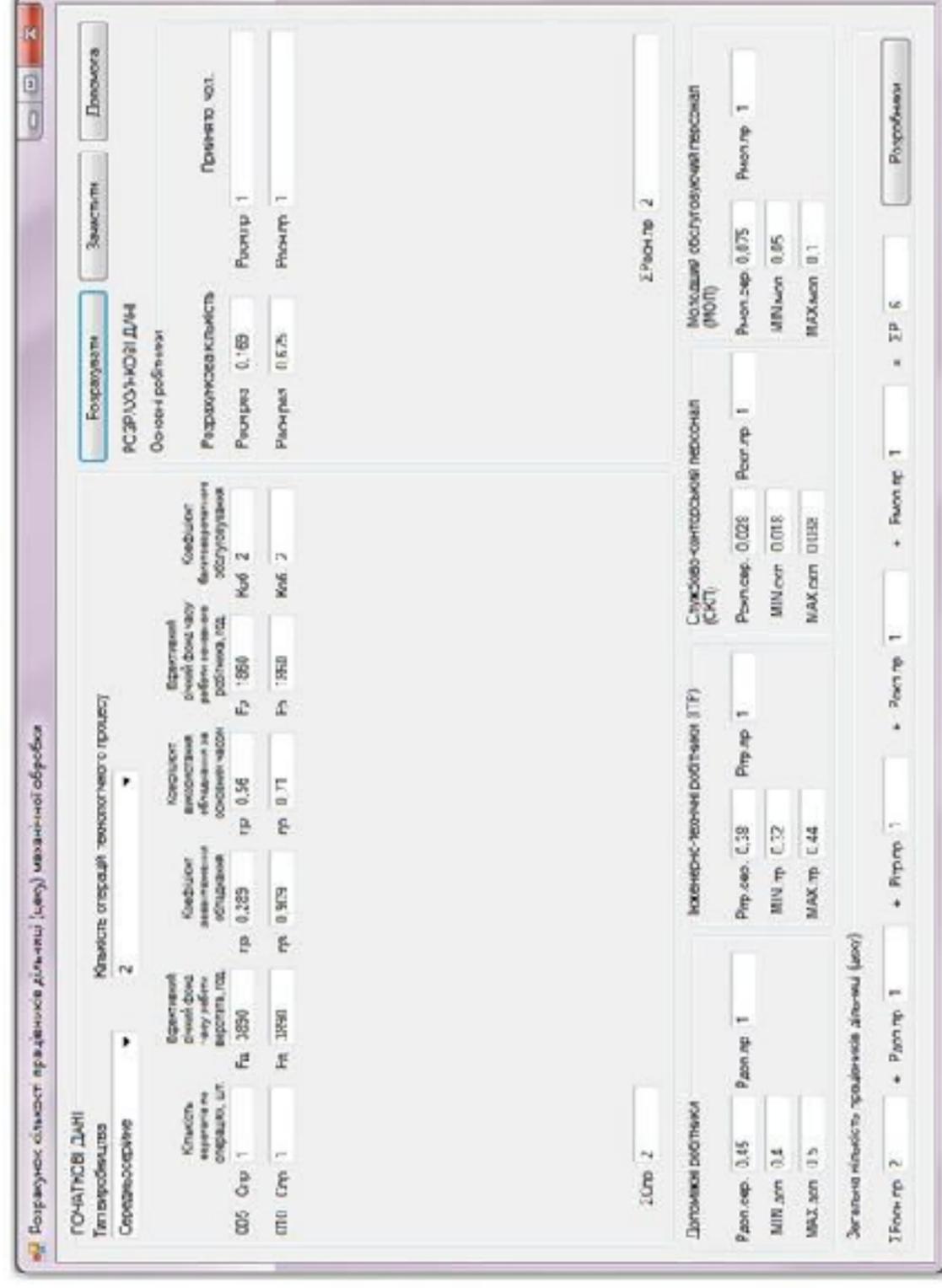


Рисунок 2 – Інтерфейс програми для розрахунку кількості працівників на дільниці (в цеху) механічної обробки

**Висновок.** Розроблено комп'ютерну програму «Розрахунок кількості працівників дільниці (цеху) механічної обробки», яка призначена для розрахунку кількості основних та допоміжних працівників на дільниці (в цеху) механічної обробки заготовок деталей машин за заданими початковими даними серійності виробництва, кількості верстатів та коефіцієнтів завантаження верстатів по операціях технологічного процесу розрахункового представника з врахуванням рекомендаційних норм. Програма має зручний інтерфейс, містить набір довідкових даних і може бути корисна студентам, що навчаються за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» та інженерам для розрахунків у сфері машинобудування.



## Техніко-економічні показники

| Показник  | Базовий ТП   | Удосконалений ТП      |
|---|--|-----------------------|
| 1. Річний випуск виробів, шт.                         |  | 4000                  |
| 2. Приведена програма, шт.                            | -  | 13204                 |
| 3. Спосіб виготовлення заготовки                      | <i>Лиття в піщано-глиняні форми (з ручним формуванням)</i> | <i>Лиття в кокіль</i> |
| 4. Маса заготовки, кг                                 | 4,7  | 4,07                  |
| 5. Собівартість виготовлення заготовки, грн.          | 636,8  | 522                   |
| 6. Коефіцієнт точності маси заготовки                 | 0,76   | 0,88                  |
| 7. Економічний ефект при виготовленні заготовки, грн. | -  | 459200                |
| 8. Кількість операцій                                 | 7  | 2                     |
| 9. Кількість верстатів, шт.                           | 6  | 2                     |
| 10. Кількість ставок працюючих                        | 10,36  | 1,57                  |
| 11. Виробнича площа, м <sup>2</sup>                   | 451,3  | 120                   |
| 12. Загальна площа, м <sup>2</sup>                    | 511,6  | 133,4                 |
| 13. Капітальні витрати, грн.                          | -  | 2063676,76            |
| 14. Собівартість продукції, грн.                      | 806,54   | 560,1                 |
| 15. Прибуток, грн.                                    | -  | 1548270,53            |
| 16. Термін окупності, років                           | -  | 1,33                  |