

Міністерство освіти і науки України  
Центральноукраїнський національний технічний університет  
Механіко-технологічний факультет  
Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

## **Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи  
на здобуття освітнього ступеня «Магістр»  
за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»

на тему: «Проект цеху по випуску гідравлічної муфти QF20G3/4 з розробкою технології обробки корпусу QF20-1-01 та напівмуфти QF20-1-03 з дослідженням динамічних характеристик двозахватних промислових роботів»

«The project of the shop for the production of hydraulic coupling QF20G3/4 with the development of processing technology of the body QF20-1-01 and semi-coupling QF20-1-03 with the study of dynamic characteristics of two-grip industrial robots»

Виконав здобувач вищої освіти групи ТМ-20М

\_\_\_\_\_ Андрій Кравчук

Керівник доцент, к.т.н.

\_\_\_\_\_ Віталій Мажара

Рецензент \_\_\_\_\_

Зав. кафедрою доцент, к.т.н.

\_\_\_\_\_ Андрій Гречка

Центральноукраїнський національний технічний університет

( повне найменування вищого навчального закладу )

Структурний підрозділ Механіко-технологічний факультет

Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

“ ” 20 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

**Кравчуку Андрію Володимировичу**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Проект цеху по випуску гідравлічної муфти QF20G3/4 з розробкою технології обробки корпусу QF20-1-01 та напівмуфти QF20-1-03 з дослідженням динамічних характеристик двозахватних промислових роботів»

«The project of the shop for the production of hydraulic coupling QF20G3/4 with the development of processing technology of the body QF20-1-01 and semi-coupling QF20-1-03 with the study of dynamic characteristics of two-grip industrial robots»

керівник роботи: к.т.н., доц. Мажара Віталій Анатолійович

( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання )

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ” 20 року №

2. Строк подання роботи

3. Вихідні дані до роботи

3.1. Креслення деталей корпусу QF20-1-01 та напівмуфта QF20-1-03

3.2. Технічні вимоги на виготовлення деталей

3.3. Річна програма випуску муфти гідравлічної QF20G3/4

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загальна частина

2 Технологічна частина

3 Конструкторська частина

4 Дослідна частина

5 Організаційна частина

6 Економічна частина

## 5. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

| Розділ             | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--------------------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|                    |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
| Економічна частина | к.е.н., доц. Журило І.В.                  |                |                  |
|                    |                                           |                |                  |

6. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту | Строк виконання етапів проекту | Примітка |
|-------|---------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1     | Загальна частина                | 10.10.2021р.                   |          |
| 2     | Технологічна частина            | 20.10.2021р.                   |          |
| 3     | Конструкторська частина         | 29.10.2021р.                   |          |
| 4     | Дослідна частина                | 08.11.2021р.                   |          |
| 5     | Організаційна частина           | 20.11.2021р.                   |          |
| 6     | Економічна частина              | 01.12.2021р.                   |          |
| 7     | Розробка графічного матеріалу   | 01.12.2021р.                   |          |
|       |                                 |                                |          |
|       |                                 |                                |          |
|       |                                 |                                |          |
|       |                                 |                                |          |
|       |                                 |                                |          |
|       |                                 |                                |          |
|       |                                 |                                |          |
|       |                                 |                                |          |

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ Андрій Кравчук

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Віталій Мажара

**Анотація**  
**кваліфікаційної роботи здобувача вищої освіти**  
**Кравчука Андрія Володимировича**

Робота на тему “Проект цеху по випуску гідравлічної муфти QF20G3/4 з розробкою технології обробки корпусу QF20-1-01 та напівмуфти QF20-1-03 з дослідженням динамічних характеристик двозахватних промислових роботів” містить 97 сторінок, графічний матеріал та комплект технологічної документації.

У роботі виконаний аналіз діючих на базовому підприємстві технологічних процесів механічної обробки деталей корпус та напівмуфта визначені їх недоліки та розроблені рекомендації по їх модернізації.

Проведені аналіз точності та технологічності деталей, обґрунтування методів виготовлення заготовок та виконана розробка структури технологічних процесів. Усі прийняті в проекті технічні та технологічні рішення підтверджуються необхідними розрахунками, наведені розрахунки припусків, режимів різання, технічно-обґрунтованих норм часу. Розроблений та розрахований пристрій для затиску деталі, контрольний пристрій та спеціальний ріжучий інструмент.

Дослідна частина присвячена дослідженню можливості роботизації операцій двозахватними промисловими роботами, розглянуті існуючі конструкції двозахватних роботів та їх виконавчих пристроїв. Виконані дослідження інерційних характеристик двозахватних промислових роботів.

Вирішений комплекс питань з організації виробництва, виконані економічні розрахунки, розроблена планувальна схема цеху та дільниці.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## Зміст

|                                                                                      |  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--|----|
| <b>Вступ</b>                                                                         |  | 7  |
| <b>1 Загальна частина</b>                                                            |  |    |
| 1.1 Характеристика вузла та деталей, обраних для проектування технологічних процесів |  | 8  |
| 1.2 Характеристика виробничої програми                                               |  | 9  |
| 1.3 Визначення типу виробництва                                                      |  | 10 |
| <b>2 Технологічна частина</b>                                                        |  |    |
| 2.1 Аналіз точності та технологічності деталей                                       |  | 12 |
| 2.2 Аналіз діючих технологічних процесів                                             |  | 15 |
| 2.3 Вибір заготовок та методів їх отримання                                          |  | 17 |
| 2.4 Вибір вірогідних методів та маршрутів обробки поверхонь деталей                  |  | 18 |
| 2.5 Розробка маршрутів виготовлення деталей                                          |  | 22 |
| 2.6 Вибір технологічних баз                                                          |  | 23 |
| 2.7 Розробка структури та змісту технологічних операцій                              |  | 24 |
| 2.8 Вибір затискних пристроїв                                                        |  | 31 |
| 2.9 Вибір ріжучих інструментів                                                       |  | 31 |
| 2.10 Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів                                   |  | 34 |
| 2.11 Визначення припусків та операційних розмірів деталей                            |  | 35 |
| 2.12 Розрахунок режимів різання                                                      |  | 39 |
| 2.13 Технічне нормування операцій                                                    |  | 42 |
| <b>3 Конструкторська частина</b>                                                     |  |    |
| 3.1 Розробка конструкції пристрою для встановлення і закріплення деталі              |  | 44 |
| 3.2 Розробка конструкції контрольного пристрою                                       |  | 49 |
| 3.3 Розрахунок ріжучого інструменту                                                  |  | 51 |

|          |         |          |        |      |                         |  |                |       |         |
|----------|---------|----------|--------|------|-------------------------|--|----------------|-------|---------|
|          |         |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ |  |                |       |         |
|          |         |          |        |      |                         |  |                |       |         |
| Зм.      | Арк.    | № докум. | Підпис | Дата |                         |  |                |       |         |
| Розроб.  | Кравчук |          |        |      | Пояснювальна<br>записка |  | Літ.           | Аркуш | Аркушів |
| Перевір. | Мажара  |          |        |      |                         |  |                | 5     | 97      |
| Н.контр. |         |          |        |      |                         |  | ЦНТУ<br>ТМ-20М |       |         |
| Затвер.  | Гречка  |          |        |      |                         |  |                |       |         |

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>4 Дослідна частина</b>                                                 |    |
| 4.1 Мета і завдання дослідження                                           | 55 |
| 4.2 Аналіз існуючих конструкцій двозахватних промислових роботів          | 56 |
| 4.3 Дослідження динамічних характеристик двозахватних промислових роботів | 62 |
| 4.4 Висновки                                                              | 70 |
| <b>5 Організаційна частина</b>                                            |    |
| 5.1 Розрахунок потрібної кількості обладнання                             | 71 |
| 5.2 Розрахунок календарно-планових нормативів                             | 73 |
| 5.3 Визначення чисельності основних робітників цеху                       | 77 |
| 5.4 Визначення площин виробничих ділянок цеху                             | 78 |
| 5.6 Вибір складу допоміжних відділень цеху і визначення їх площин         | 80 |
| 5.7 Визначення загальної площі цеху                                       | 82 |
| <b>6 Економічна частина</b>                                               |    |
| 6.1 Аналіз варіантів техпроцесу                                           | 83 |
| 6.2 Розрахунок планової цехової собівартості                              | 91 |
| 6.3 Планування техніко-економічних показників                             | 94 |
| <b>Література</b>                                                         | 96 |

## Вступ

Пріоритетним напрямком технології машинобудування в обробці металів, в теперішній час, є підвищення продуктивності та гнучкості виробництва. Це обумовлено ростом номенклатури оброблюваних деталей в умовах серійного типу виробництва та необхідністю переходу на автоматизовані засоби як в обробці, так і в керуванні. Усе це досягається за допомогою впровадження верстатів з ЧПУ, а також багатоцільових і ГВС. Такі системи на виробництві можуть забезпечити значну автоматизацію процесу обробки, зменшити втрати часу на переналагодження і вивести якість обробки деталей на новий рівень.

Верстати з ЧПУ в порівнянні з універсальним обладнанням мають ряд суттєвих переваг, оскільки вони оснащуються контурними системами управління. При їх використанні є змога суттєво збільшити кількість керованих осей координат (до шести), в результаті чого є можливість виготовлення доволі складних деталей. Програми керування у багатьох верстатів з ЧПК складаються безпосередньо на робочому місці, що спрощує їх переналагодження.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## 1 Загальна частина

### 1.1 Характеристика вузла та деталей, обраних для проектування технологічних процесів

При з'єднанні рукавів високого тиску які використовуються в різних сферах народного господарства в гідросистемах з робочим тиском від 10,5 до 40 Мпа та умовним проходом від 6 до 32 мм використовуються швидкокороз'мні фітінги або гідравлічні муфти (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Муфта гідравлічна.

Дана муфта складається з двох напівмуфт, одна з яких охоплююча (рис. 1.2), інша охоплювана (рис. 1.3).

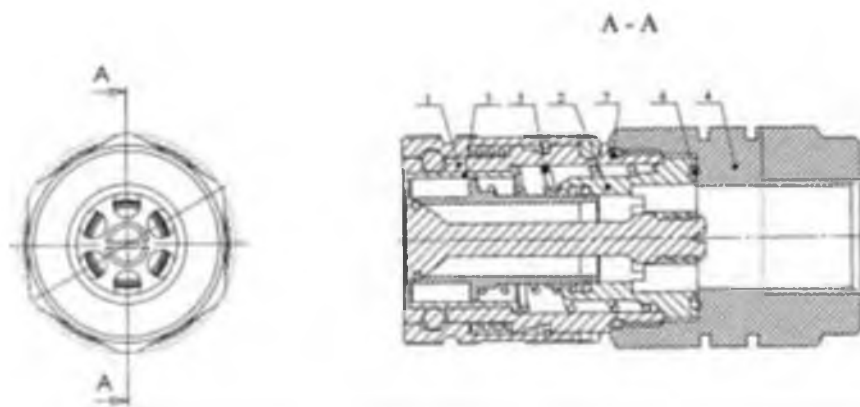


Рисунок 1.2 – Напівмуфта охоплююча QF19F G3/4

До складу напівмуфти охоплюючої QF20F G3/4 входять такі основні деталі як напівмуфта QF20-1-03 поз. 1, клапан поз. 2, втулка поз. 3, штуцер поз. 4, пружина поз. 5 та ущільнюючі кільця поз. 6 і 7.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Деталь напівмуфта QF20-1-03 поз. 1 є основним елементом конструкції який забезпечує роботоздатність конструкції. В ній розміщується клапан, який запобігає проходу рідини коли муфта є роз'єднаною. Також в даній деталі встановлено комплект кульок який і фіксує напівмуфту охоплювану у з'єднаному положенні.

Другою складовою муфти гідравлічної QF20G3/4 є напівмуфта охоплювана QF20M G3/4 яка входить у напівмуфту охоплюючу QF20F G3/4 і забезпечує прохід рідини.

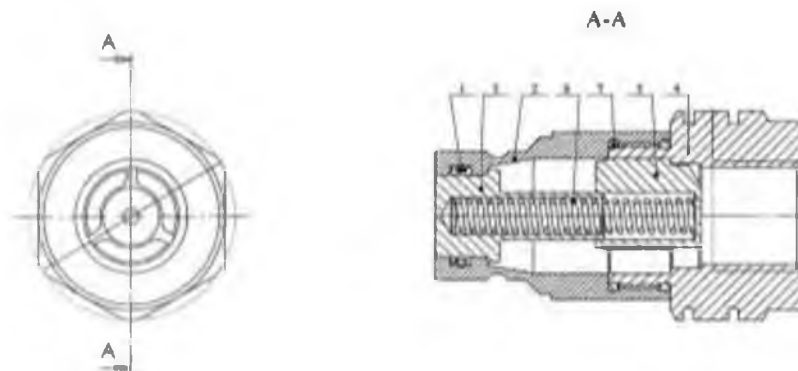


Рисунок 1.3 – Напівмуфта охоплювана QF20M G3/4

До складу напівмуфти охоплюваної QF20F G3/4 входять такі основні деталі як корпус QF20-1-01 поз. 2, клапан поз. 3, упор поз. 5, штуцер поз. 4, пружина поз. 6 та ущільнюючі кільця поз. 1 і 7.

Деталь корпус QF20-1-01 є головним елементом конструкції, оскільки в ньому розміщується клапан, який запобігає проходу рідини коли муфта є роз'єднаною.

## 1.2 Характеристика виробничої програми

Проектований цех механічної обробки призначений для обробки деталей муфти гідравлічної QF20G3/4. Річна програма випуску муфт даного типорозміру  $N_b = 12000$  штук. Оскільки до складу однієї муфти швидкокороз'ємної входить один корпусу QF20-1-01 та одна напівмуфта QF20-1-03, то  $N_k = 12000$  шт а  $N_n = 12000$  шт.

|                         |      |          |        |      |      |
|-------------------------|------|----------|--------|------|------|
| КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ |      |          |        |      | Арк. |
| Зм.                     | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |      |

Характеристика виробничої програми проектового цеху приведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Подетальна річна програма механічного цеху

| Назва виробу               | Маса одного виробу, кг | Річна програма випуску |       |
|----------------------------|------------------------|------------------------|-------|
|                            |                        | штук                   | тон   |
| Муфта гідравлічна QF20G3/4 | 0,814                  | 12000                  | 9,768 |
| Корпус QF20-1-01           | 0,142                  | 12000                  | 1,704 |
| Напівмуфта QF20-1-03       | 0,094                  | 12000                  | 1,128 |

### 1.3. Визначення типу виробництва

Тип виробництва проектового цеху у відповідності з ГОСТ3.110-74 визначається по коефіцієнту закріплення операції  $K_{30}$ .

Тип виробництва розраховуємо за допомогою комп'ютерної програми.

Розрахунок типу виробництва  
напівмуфта QF20-1-03

-----  
Вихідні дані  
Програма випуску 12000

| Номер операції | Дійсний річний<br>фонд часу роботи<br>обладнання | Штучний час |
|----------------|--------------------------------------------------|-------------|
| 5              | 3977                                             | 2.3090      |
| 10             | 3977                                             | 1.1230      |
| 15             | 3977                                             | 5.1720      |
| 20             | 3977                                             | 2.7500      |

-----  
Результати розрахунку

| Номер операції | Розрахункова<br>кількість<br>верстатів | Прийнята<br>кількість<br>верстатів | Кількість<br>операцій<br>на даному верстаті |
|----------------|----------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|
| 5              | 0.1893                                 | 1                                  | 4.13                                        |

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

|    |  |        |  |   |  |      |  |
|----|--|--------|--|---|--|------|--|
| 10 |  | 0.1087 |  | 1 |  | 7.26 |  |
| 15 |  | 0.3946 |  | 1 |  | 2.13 |  |
| 20 |  | 0.2334 |  | 1 |  | 3.33 |  |

Коефіцієнт закріплення операцій 4.160659

Тип виробництва – крупносерійний

Розрахунок типу виробництва

Корпус QF20-1-01

Вихідні дані

Програма випуску 12000

| Номер операції |  | Дійсний річний<br>фонд часу роботи<br>обладнання |  | Штучний час |  |
|----------------|--|--------------------------------------------------|--|-------------|--|
| 5              |  | 3977                                             |  | 2.4460      |  |
| 10             |  | 3977                                             |  | 2.6860      |  |
| 15             |  | 3977                                             |  | 1.2750      |  |

Результати розрахунку

| Номер операції |  | Розрахункова<br>кількість<br>верстатів |  | Прийнята<br>кількість<br>верстатів |  | Кількість<br>операцій<br>на даному верстаті |  |
|----------------|--|----------------------------------------|--|------------------------------------|--|---------------------------------------------|--|
| 5              |  | 0.2040                                 |  | 1                                  |  | 3.88                                        |  |
| 10             |  | 0.2197                                 |  | 1                                  |  | 3.52                                        |  |
| 15             |  | 0.1033                                 |  | 1                                  |  | 7.63                                        |  |

коефіцієнт закріплення операцій 4.85569

Тип виробництва – крупносерійний

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## 2 Технологічна частина

### 2.1 Аналіз точності та технологічності деталей

Деталь корпус QF20-1-01 виготовляється з легованої сталі 40Х за ГОСТ4543-71. Підвищені вимоги, що до точності і шорсткості в даній деталі пред'являються до отвору  $\varnothing 15,62H9^{(+0,043)}$  оскільки в цьому отворі розміщується клапан, який блокує подачу рідини. Від якості виконання даної поверхні залежить працездатність вузла в цілому. Також до цієї поверхні висунуто вимогу що до співвісності її та зовнішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 24,58_{-0,13}$ .

З метою систематизації параметрів точності оброблюваних поверхонь, зводимо їх до таблиці 2.1. Нумерація поверхонь деталі наведена на рис. 2.1.

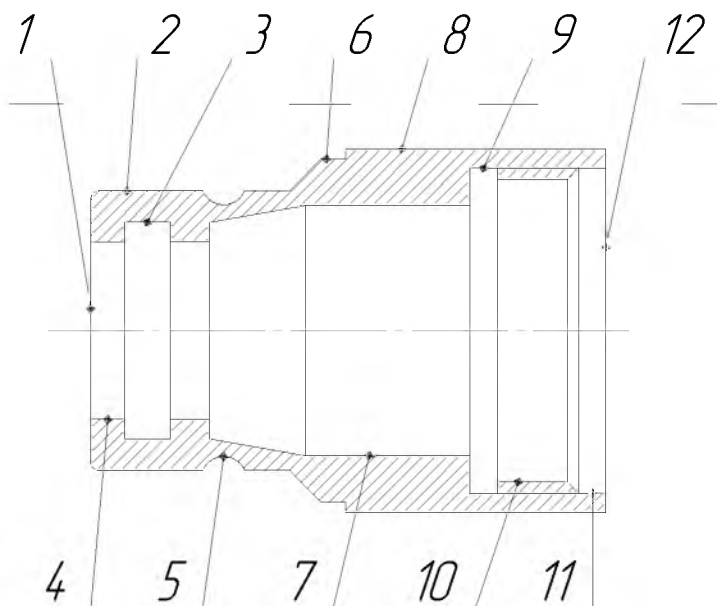


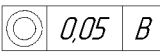
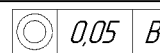
Рисунок 2.1 – Поверхні, що обробляються в деталі корпус QF20-1-01

Таблиця 2.1 – Параметри точності корпусу QF20-1-01

| № | Найменування<br>поверхні | Розміри з<br>відхиленням | Квал<br>ітет | Точність<br>відносних<br>поворотів | Точність<br>форми | R <sub>a</sub> |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------|------------------------------------|-------------------|----------------|
| 1 | 2                        | 3                        | 4            | 5                                  | 6                 | 7              |

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|

Продовження таблиці 2.1

| 1     | 2                        | 3                                             | 4    | 5                                                                                   | 6 | 7   |
|-------|--------------------------|-----------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------|---|-----|
| 1, 12 | Торці                    | 45,5±0,15                                     | js12 | -                                                                                   | - | 3,2 |
| 2     | Зовнішня<br>циліндрична  | Ø24,58 <sub>-0,13</sub>                       | h11  |  | - | 3,2 |
| 3     | Канавка                  | 4 <sup>+0,2</sup><br>Ø19,1 <sup>+0,05</sup>   | -    | -                                                                                   | - | 3,2 |
| 4     | Отвір                    | Ø15,62 <sup>+0,043</sup>                      | H9   |  | - | 2,5 |
| 5     | Сферична канавка         | R2                                            | -    | -                                                                                   | - | 3,2 |
| 6     | Зовнішня<br>циліндрична  | Ø30,2 <sub>-0,1</sub>                         | h10  | -                                                                                   | - | 3,2 |
| 7     | Внутрішня<br>циліндрична | Ø22 <sup>+0,13</sup>                          | H11  | -                                                                                   | - | 3,2 |
| 8     | Зовнішня<br>циліндрична  | Ø32 <sub>-0,16</sub>                          | h11  | -                                                                                   | - | 3,2 |
| 9     | Канавка                  | 2,4 <sup>+0,1</sup><br>Ø28,6 <sup>+0,05</sup> | -    | -                                                                                   | - | 3,2 |
| 10    | Внутрішня різь           | G3/4"                                         | -    | -                                                                                   | - | 3,2 |
| 11    | Внутрішня<br>циліндрична | Ø28,6 <sup>+0,05</sup>                        | -    | -                                                                                   | - | 3,2 |

Деталь корпус QF20-1-01 відноситься до деталей типу втулки. Важкодоступних ділянок для механічної обробки деталей немає, окрім двох внутрішніх канавок. Але їх наявність обумовлена службовим призначенням деталі. Усі інші поверхні є легкодоступними для механічної обробки, тому в цілому признаємо деталь технологічною.

З аналізу креслення деталі робимо висновок, що простановка розмірів виконана вірно, технологічних вимог достатньо. Класи точності, шорсткість та допуски обумовлені службовим призначенням корпусу і діючими стандартами. При обробці деталі вводиться штучна технологічна база – вісь деталі.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Деталь напівмуфта QF20-1-03 виготовляється з конструкційної вуглецевої сталі 30 за ГОСТ 1050-88, яка добре оброблюється та має високі механічні властивості.

Основними технологічними задачами обробки напівмуфти є отримання зовнішніх та внутрішніх поверхонь обертання а також переферійних отворів з потрібною точністю та шорсткістю. Деталь не має великих буртів та фланців. Також корпус має достатню жорсткість для ведення високоточної обробки (співвідношення довжини до діаметру  $< 10$ ).

З точки зору механічної обробки не технологічними є дванадцять конічних переферійних отворів (10), але використання при їх обробці верстату з ЧПК та поворотного столу знімає усі проблеми. Тож в цілому деталь є технологічною.

З метою систематизації параметрів точності оброблюваних поверхонь деталі храповик, зводимо їх до таблиці 2.2.

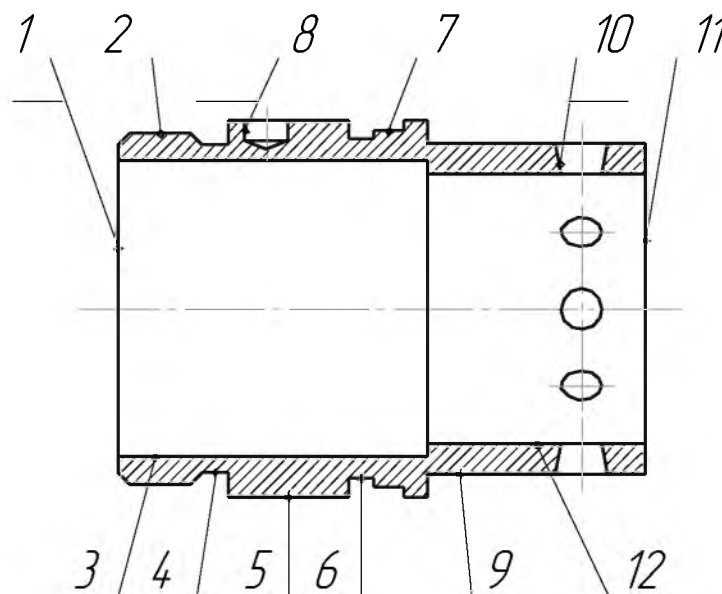


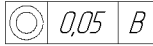
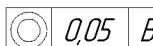
Рисунок 2.2 – Поверхні, що оброблюються в деталі напівмуфта QF20-1-03

Таблиця 2.2 – Параметри точності напівмуфти QF20-1-03

| № | Найменування поверхні | Розміри з відхиленням | Квалітет | Точність відносних поворотів | Точність форми | R <sub>a</sub> |
|---|-----------------------|-----------------------|----------|------------------------------|----------------|----------------|
| 1 | 2                     | 3                     | 4        | 5                            | 6              | 7              |

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|

Продовження таблиці 2.2

| 1     | 2                        | 3                                             | 4    | 5                                                                                     | 6 | 7   |
|-------|--------------------------|-----------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------|---|-----|
| 1, 11 | Торці                    | 48±0,15                                       | js12 | -                                                                                     | - | 3,2 |
| 2     | Різьова поверхня         | M32x1,5                                       | 6g   | -                                                                                     | - | 3,2 |
| 3     | Внутрішня<br>циліндрична | Ø27 <sup>+0,05</sup>                          | H9   |    | - | 2,5 |
| 4     | Канавка                  | 2,4 <sup>+0,1</sup><br>Ø29,8 <sup>+0,05</sup> | -    | -                                                                                     | - | 3,2 |
| 5     | Зовнішня<br>циліндрична  | Ø34,3 <sub>-0,1</sub>                         | h10  | -                                                                                     | - | 3,2 |
| 6     | Канавка                  | Ø31 <sub>-0,16</sub>                          | h11  | -                                                                                     | - | 3,2 |
| 7     | Канавка                  | Ø32,5 <sub>-0,16</sub>                        | h11  | -                                                                                     | - | 3,2 |
| 8     | Отвір                    | Ø3,97 <sup>+0,08</sup>                        | -    | -                                                                                     | - | 3,2 |
| 9     | Зовнішня<br>циліндрична  | Ø30,2 <sub>-0,1</sub>                         | h10  | -                                                                                     | - | 3,2 |
| 10    | Конічний отвір           | Ø3,74 <sup>+0,08</sup><br>20°±30′             | -    | -                                                                                     | - | 3,2 |
| 12    | Внутрішня<br>циліндрична | Ø24,68 <sup>+0,05</sup>                       | H9   |  | - | 2,5 |

## 2.2 Аналіз діючих технологічних процесів.

Технологічний процес механічної обробки корпусу QF20-1-01 складається з трьох основних операцій. Позитивною ознакою діючого технологічного процесу є то, що встановлена послідовність технологічних операцій дозволяє отримати точність та якість поверхонь що задані кресленням деталі.

Характерним для даного технологічного процесу є використання сучасного високопродуктивного обладнання фірми HAAS та високоточного алмазно-

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

розточного верстату для обробки найбільш відповідальних поверхонь.

Базовий технологічний процес обробки корпусу наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Базовий технологічний процес обробки корпусу QF20-1-01

| № операції | Найменування операції | Обладнання | T <sub>шт</sub> , хв |
|------------|-----------------------|------------|----------------------|
| 005        | Токарна з ЧПК         | ST-10 HAAS | 2,575                |
| 010        | Токарна з ЧПК         | ST-10 HAAS | 2,777                |
| 015        | Алмазно-розточна      | OC2754     | 1,315                |

Заготовкою для корпусу, є прокат, але звертаючи увагу на незначні перепади діаметральних розмірів, відходи в стружку будуть не значними, і тому вибір методу отримання заготовки відповідає даному типу виробництва. Ще одним аргументом на користь використання заготовки з прокату є використання обладнання з автоматичною подачею пруткового матеріалу.

Вибір чорнових та чистових баз виконано вірно.

В цілому технологічний процес забезпечує отримання поставлених вимог на деталь. Використання продуктивного обладнання наводить на думку, що базовий технологічний процес необхідно залишити без змін.

В базовому технологічному процесі механічної обробки деталі напівмуфта QF20-1-03 заготовкою є товстостінна труба. Даний спосіб отримання заготовок є економічним, і використовується у випадку коли деталь відноститься до класу втулки і не має значних перепадів діаметральних розмірів. Базовий технологічний процес механічної обробки деталі напівмуфта складається з п'яти операцій механічної обробки, слюсарних та операцій технічного контролю. Базовий технологічний маршрут механічної обробки напівмуфти наведено в таблиці 2.4.

Аналіз базового технологічного процесу деталі показує, що в основному механічна обробка напівмуфти ведеться по принципу диференціації операцій. Використання токарних з ЧПК верстатів забезпечує високу продуктивність та якість. Послідовність операцій для досягнення заданих умов точності обробки вірна.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Таблиця 2.4 – Базовий технологічний процес обробки напівмуфта QF20-1-03

| № операції | Найменування операції   | Обладнання | T <sub>шт</sub> , хв |
|------------|-------------------------|------------|----------------------|
| 005        | Токарна з ЧПК           | ST-10 HAAS | 2,324                |
| 010        | Токарна з ЧПК           | ST-10 HAAS | 1,362                |
| 015        | Вертикально-свердлильна | 2Н135      | 0,858                |
| 020        | Вертикально-свердлильна | 2Н135      | 8,928                |
| 025        | Алмазно-розточна        | OC2754     | 2,97                 |

Недоліком діючого технологічного процесу є різна продуктивність і гнучкість операцій на різних етапах технологічного процесу, а саме використання на токарних операціях сучасного обладнання з ЧПК, а на свердлильних – застарілих універсальних свердлильних верстатів (2Н135). При проектуванні нового технологічного процесу пропонуємо замінити два вертикально-свердлильних верстати на один свердлильний верстат з ЧПК Rapidrill 500 на який буде встановлено поворотний стіл для забезпечення обробки периферійних отворів. Використання даного верстату дозволить підвищити продуктивність обробки напівмуфти, за рахунок можливості працювати на значно вищих швидкостях різання.

### 2.3 Вибір заготовок та методів їх отримання

У відповідності з умовами експлуатації напівмуфти та її службовим призначенням, для виготовлення прийнято конструкційну вуглецеву сталь 30 за ГОСТ1050-88.

Таблиця 2.5 – Хімічний склад та механічні властивості матеріалу

| Марка матеріалу | Хімічний склад речовини, % |             |           |        |          | Механічні властивості |              |     |
|-----------------|----------------------------|-------------|-----------|--------|----------|-----------------------|--------------|-----|
|                 | C                          | Si          | Mn        | Ni     | P та S   | $\sigma_B$ , МПа      | $\delta$ , % | HB  |
| Сталь 30        | 0.27 - 0.35                | 0.17 – 0.37 | 0.5 - 0.8 | до 0.3 | до 0,025 | 490                   | 17           | 179 |

|     |      |          |        |      |                         |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ |  |  |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |  |  |  |      |

На підставі аналізу методів виготовлення заготовок для деталей аналогічних конструкційних форм приймаємо в якості заготовки товстостінну безшовну холоднодеформовану трубу зовнішнім Ø36 мм та внутрішнім Ø20 мм згідно з ДСТУ 8734-75. У порівнянні з поковками, які дозволяють отримати заготовку наближеною по формі до деталі, що зменшить кількість металу який відійде в стружку, заготовки з труби є значно дешевші. Тож оскільки деталь не має значних перепадів діаметральних розмірів, то використання поковки буде не доцільним.

Виходячи із службового призначення та конфігурації деталі корпус QF20-1-01 для його виготовлення пропонується використовувати якісну - сталь 40Х за ГОСТ 4543-71.

Таблиця 2.6 – Хімічний склад та механічні властивості матеріалу корпусу

| Марка матеріалу | Хімічний склад речовини , % |          |         |           |          | Механічні властивості |                      |         |
|-----------------|-----------------------------|----------|---------|-----------|----------|-----------------------|----------------------|---------|
|                 | C                           | Cr       | Mn      | Si        | P        | σ <sub>B</sub> , МПа  | σ <sub>T</sub> , МПа | HB      |
| Сталь 40Х       | 0,38-0,45                   | 0.95-1.3 | 0,6-0,9 | 0.17-0.37 | до 0,025 | 500                   | 215                  | 123-167 |

## 2.4 Вибір вірогідних методів та маршрутів обробки поверхонь деталей

Вирішення поставленої задачі виконується у послідовності відповідної методики.

В якості прикладу наведемо вибір маршруту обробки найбільш точної поверхні Ø24,68<sup>+0,05</sup>, деталі напівмуфта QF20-1-03.

Розраховуємо загальне уточнення:

$$\varepsilon_{\text{заг}} = \frac{\delta_z}{\delta_o} = \frac{1.0}{0,05} = 20.$$

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

В даному випадку можливі два варіанти маршрутів обробки:

- |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| 1. Розточування чорнове. | 1. Розсвердлювання.      |
| 2. Розточування чистове. | 2. Зенкерування чорнове. |
| 3. Розточування тонке.   | 3. Зенкерування чистове. |
|                          | 4. Розверчування.        |

По кожному проміжному методу обробки із таблиць економічної точності вибираємо допуски на обробку і розраховуємо частинні уточнення по першому маршруту:

|                         |                                              |
|-------------------------|----------------------------------------------|
| - розточування чорнове: | $\varepsilon_1 = \frac{1.0}{0.21} = 4.762;$  |
| - розточування чистове: | $\varepsilon_2 = \frac{0.21}{0.084} = 2.5;$  |
| - розточування тонке:   | $\varepsilon_3 = \frac{0.084}{0.05} = 1.68.$ |

Частинне уточнення для другого маршруту обробки:

|                         |                                              |
|-------------------------|----------------------------------------------|
| - розсвердлювання:      | $\varepsilon_1 = \frac{1.0}{0.33} = 3.03;$   |
| - зенкерування чорнове: | $\varepsilon_2 = \frac{0.33}{0.13} = 2.54;$  |
| - зенкерування чистове: | $\varepsilon_3 = \frac{0.13}{0.052} = 2.5;$  |
| - розверчування:        | $\varepsilon_4 = \frac{0.052}{0.05} = 1.04.$ |

Достатність і економічну доцільність вибору маршруту обробки перевіряємо за умовою фактичного уточнення:

$$\varepsilon_{\text{заг}} \leq \varepsilon_{\phi} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4;$$

$$\varepsilon_{\phi 1} = 4.762 \cdot 2.5 \cdot 1.68 = 20 = \varepsilon_{\text{заг}} = 20 - \text{умова виконується.}$$

$$\varepsilon_{\phi 2} = 3.03 \cdot 2.54 \cdot 2.5 \cdot 1.04 = 20.01 > \varepsilon_{\text{заг}} = 20 - \text{умова виконується.}$$

Таким чином більш прийнятним є маршрут по першому варіанту, оскільки він містить меншу кількість переходів і  $E_d^1$  більш наближено до  $E_3$ .

Вибір маршрутів обробки інших поверхонь деталі напівмуфта наведено в таблиці 2.7.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Таблиця 2.7 – Зведена таблиця технологічних маршрутів обробки  
поверхонь деталі напівмуфта

| №<br>пов | Допуск на<br>поверхню $\delta_d$ , мм | Допуск на<br>заготовку $\delta_z$ , мм | Загальне<br>уточнення, $E_z$ | Шорсткість<br>поверхні, мкм | Можливі варіанти маршрутів<br>обробки |                      | Допуск на методи<br>обробки | Уточнення по<br>кожному переходу |
|----------|---------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------------|
|          |                                       |                                        |                              |                             | №                                     | Зміст<br>маршруту    |                             |                                  |
| 1,11     | 0,3                                   | 1,0                                    | 3,33                         | 3,2                         | 1                                     | Точіння одноразове   | 0,3                         | 3,33                             |
| 2        | 0,1                                   | 1,0                                    | 10                           | 3,2                         | 1                                     | Точіння одноразове   | 0,25                        | 4                                |
|          |                                       |                                        |                              |                             |                                       | Нарізання різі       | 0,1                         | 2,5                              |
| 3        | 0,05                                  | 1,0                                    | 20                           | 2,5                         | 1                                     | Розточування чорнове | 0,21                        | 4,762                            |
|          |                                       |                                        |                              |                             |                                       | Розточування чистове | 0,084                       | 2,5                              |
|          |                                       |                                        |                              |                             |                                       | Розточування тонке   | 0,05                        | 1,68                             |
| 5        | 0,1                                   | 1,0                                    | 10                           | 3,2                         | 1                                     | Точіння одноразове   | 0,1                         | 10                               |
| 8        | 0,08                                  | -                                      | -                            | 3,2                         | 1                                     | Свердління отвору    | 0,08                        | -                                |
| 9        | 0,1                                   | 1,0                                    | 10                           | 3,2                         | 1                                     | Точіння одноразове   | 0,1                         | 10                               |
| 10       | 0,08                                  | -                                      | -                            | 3,2                         | 1                                     | Свердління отвору    | 0,15                        | -                                |
|          |                                       |                                        |                              |                             |                                       | Розверчування        | 0,08                        | 1,875                            |
| 12       | 0,05                                  | 1,0                                    | 20                           | 2,5                         | 1                                     | Розточування чорнове | 0,21                        | 4,762                            |
|          |                                       |                                        |                              |                             |                                       | Розточування чистове | 0,084                       | 2,5                              |
|          |                                       |                                        |                              |                             |                                       | Розточування тонке   | 0,05                        | 1,68                             |
|          |                                       |                                        |                              |                             | 2                                     | Розсвердлювання      | 0,33                        | 3,03                             |
|          |                                       |                                        |                              |                             |                                       | Зенкерування чорнове | 0,13                        | 2,54                             |
|          |                                       |                                        |                              |                             |                                       | Зенкерування чистове | 0,052                       | 2,5                              |
|          |                                       |                                        |                              |                             |                                       | Розверчування        | 0,05                        | 1,04                             |

Таблиця 2.8 – Зведена таблиця технологічних маршрутів обробки  
поверхонь деталі корпус

| №<br>пов | Допуск на<br>поверхню $\delta_d$ , мм | Допуск на<br>заготовку $\delta_z$ , мм | Загальне<br>уточнення, $E_z$ | Шорсткість<br>поверхні, мкм | Можливі варіанти маршрутів<br>обробки |                      | Допуск на методи<br>обробки | Уточнення по<br>кожному переходу |
|----------|---------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------------|
|          |                                       |                                        |                              |                             | №                                     | Зміст<br>маршруту    |                             |                                  |
| 1,12     | 0,3                                   | 1,0                                    | 3,33                         | 3,2                         | 1                                     | Точіння одноразове   | 0,3                         | 3,33                             |
| 2        | 0,13                                  | 1,0                                    | 7,69                         | 3,2                         | 1                                     | Точіння чорнове      | 0,25                        | 4                                |
|          |                                       |                                        |                              |                             |                                       | Точіння чистове      | 0,13                        | 1,92                             |
| 4        | 0,043                                 | 1,0                                    | 23,25                        | 2,5                         | 1                                     | Свердління           | 0,18                        | 5,56                             |
|          |                                       |                                        |                              |                             |                                       | Розточування чистове | 0,07                        | 2,57                             |
|          |                                       |                                        |                              |                             |                                       | Розточування тонке   | 0,043                       | 1,63                             |
| 6        | 0,1                                   | 1,0                                    | 10                           | 3,2                         | 1                                     | Точіння чорнове      | 0,25                        | 4                                |
|          |                                       |                                        |                              |                             |                                       | Точіння чистове      | 0,1                         | 2,5                              |
| 7        | 0,13                                  | 1,0                                    | 7,69                         | 3,2                         | 1                                     | Свердління отвору    | 0,18                        | 5,56                             |
|          |                                       |                                        |                              |                             |                                       | Розточування         | 0,13                        | 1,38                             |
| 8        | 0,16                                  | 1,0                                    | 6,25                         | 3,2                         | 1                                     | Точіння одноразове   | 0,16                        | 6,25                             |
| 10       | 0,03                                  | 1,0                                    | 33,3                         | 3,2                         | 1                                     | Свердління отвору    | 0,18                        | 5,56                             |
|          |                                       |                                        |                              |                             |                                       | Розточування         | 0,05                        | 3,6                              |
|          |                                       |                                        |                              |                             |                                       | Нарізання різі       | 0,03                        | 1,67                             |
| 11       | 0,05                                  | 1,0                                    | 20                           | 3,2                         | 1                                     | Свердління           | 0,18                        | 5,56                             |
|          |                                       |                                        |                              |                             |                                       | Розточування         | 0,05                        | 3,6                              |

## 2.5 Розробка маршрутів виготовлення деталей

При розробці маршрутів обробки корпусу QF20-1-01 та напівмуфти QF20-1-03 керуємося типовими і діючими технологічними процесами виготовлення даних деталей та спільними рекомендаціями по розробці технологічних процесів.

Маршрут обробки корпусу QF20-1-01:

005 Токарна з ЧПК

Верстат – токарний оброблюючий центр з ЧПК HAAS ST-10

Точити торець, точити шийки, розточити осьовий отвір, точити канавку, відрізати деталь.

010 Токарна з ЧПК

Верстат – токарний оброблюючий центр з ЧПК HAAS ST-10

Точити торець з іншої сторони, розточити осьовий отвір, точити канавку, нарізати різь.

015 Алмазно-розточна

Верстат – алмазно-розточний OC2754

Розточити отвір начисто.

020 Слюсарна

Верстак слюсарний

Спиляти завусенці.

025 Контрольна

Контролювати розміри.

030 Цинкування

035 Контрольна

Контролювати розміри.

Маршрут обробки напівмуфти QF20-1-03:

005 Токарна з ЧПК

Верстат – токарний оброблюючий центр з ЧПК HAAS ST-10

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Точити торець, точити шийки, точити канавки, свердлити та розточити осьовий отвір, відрізати деталь.

010 Токарна з ЧПК

Верстат – токарний оброблюючий центр з ЧПК HAAS ST-10

Точити торець з іншої сторони, точити шийку, точити канавку, нарізати різь, розточити отвір.

015 Свердлильна з ЧПК

Верстат – вертикально-свердильний з ЧПК Rapidrill 500

Свердлити отвір, свердлити та розгорнути дванадцять периферійних отворів послідовно.

020 Алмазно-розточна

Верстат – алмазно-розточний OC2754

Розточити два отвори начисто.

025 Слюсарна

Верстак слюсарний

Спиляти завусенці.

035 Контрольна

Контролювати розміри.

040 Цинкування

045 Контрольна

Контролювати розміри.

## 2.6 Вибір технологічних баз

Оскільки обидві деталі є тілами обертання, то в якості технологічної бази використаємо вісь центрів. Чорновою базою для деталей є зовнішня циліндрична поверхня. На алмаздорозточних операціях що корпус, що напівмуфта базується по зовнішній поверхні.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## 2.7 Розробка структури та змісту технологічних операцій

Розробимо структуру та зміст операцій технологічного процесу для корпусу QF20-1-01 та напівмуфти QF20-1-03 і занесемо дані до таблиць 2.9 та 2.10 відповідно. Дані про металорізальне обладнання для обробки зазначених деталей зводимо до таблиці 2.11.

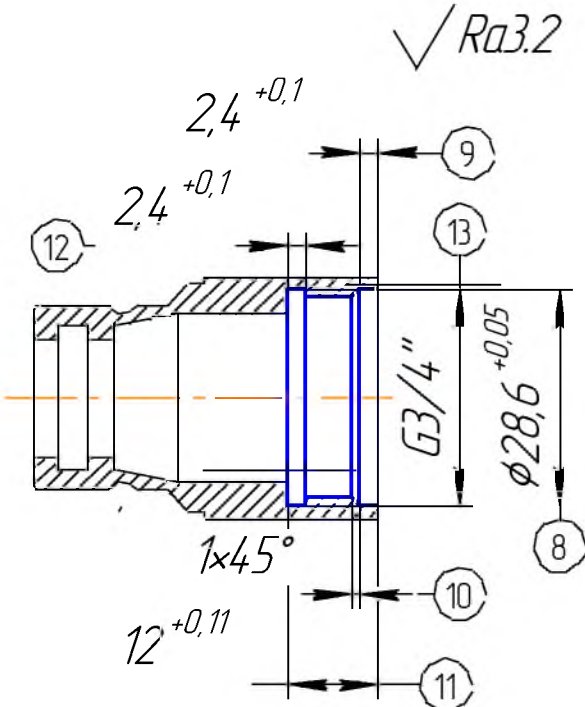
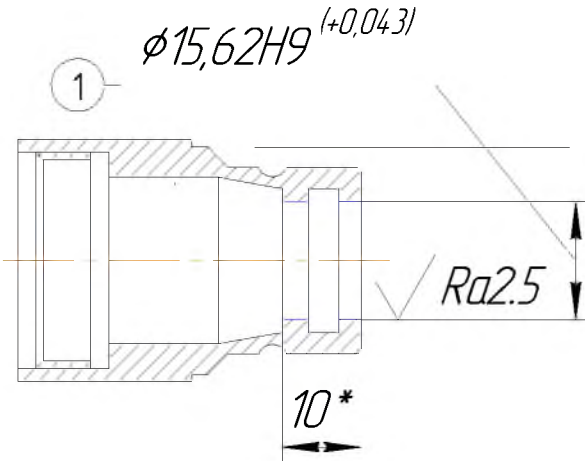
Таблиця 2.9 – Розробка маршруту обробки деталі корпус QF20-1-01

| № опер            | Обладнання                | Операційний ескіз | Зміст операції                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                 | 2                         | 3                 | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 005 Токарна з ЧПК | Токарний з ЧПК ST-10 HAAS |                   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Завантажити 10 заготовок в податчик прутків.</li> <li>2. Подавати пруток автоматично.</li> <li>3. Точити торець.</li> <li>4. Точити шийку, витримавши розміри 1, 2.</li> <li>5. Точити шийку, витримавши розміри 3, 4.</li> <li>6. Точити поверхню, витримавши розміри 5, 6, 7, 8.</li> <li>7. Свердлити цетровий отвір Ø3,15 мм.</li> <li>8. Свердлити отвір, витримавши розміри 10, 11.</li> <li>9. Розточити отвір, витримавши розміри 12, 13.</li> </ol> |

Продовження таблиці 2.9

| 1                 | 2                         | 3 | 4                                                                                                                                                                                        |
|-------------------|---------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 005 Токарна з ЧПК | Токарний з ЧПК ST-10 HAAS |   | <p>10. Точити канавку, витримавши розміри 14, 15, 16.</p> <p>11. Відрізати деталь, витримавши розмір 17.</p>                                                                             |
| 010 Токарна з ЧПК | Токарний з ЧПК ST-10 HAAS |   | <p>1. Встановити деталь.</p> <p>2. Точити торець, витримавши розмір 1.</p> <p>3. Розточити отвір, витримавши розміри 2, 3, 4, 5.</p> <p>4. Розточити отвір, витримавши розміри 6, 7.</p> |

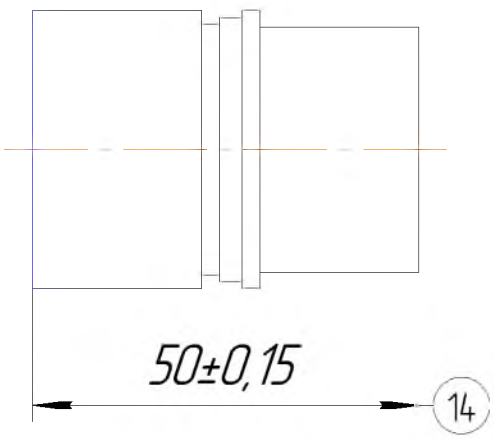
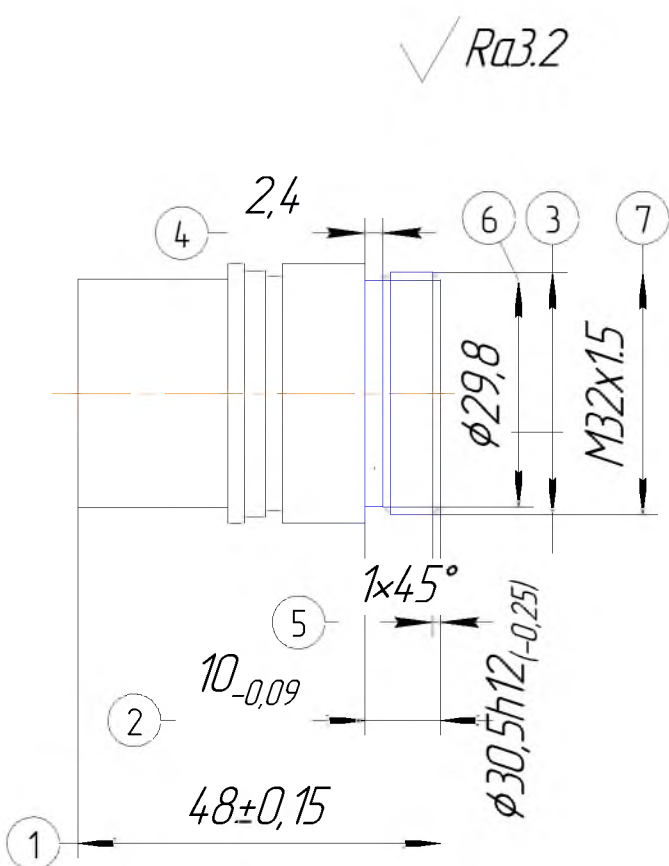
Продовження таблиці 2.9

| 1                    | 2                         | 3                                                                                                                                                                                            | 4                                                                                                                                                                                       |
|----------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 010 Токарна з ЧПК    | Токарний з ЧПК ST-10 HAAS |  | <p>5. Розточити отвір, витримавши розміри 8, 9, 10, 11.</p> <p>6. Точити канавку, витримавши розміри 11, 12.</p> <p>7. Нарізати різь, витримавши розмір 13.</p> <p>8. Зняти деталь.</p> |
| 015 Алмазно-розточна | Алмазно-розточний ОС2754  |                                                                                                          | <p>1. Встановити деталь.</p> <p>2. Розточити отвір витримавши розмір 1.</p> <p>3. Зняти деталь.</p>                                                                                     |

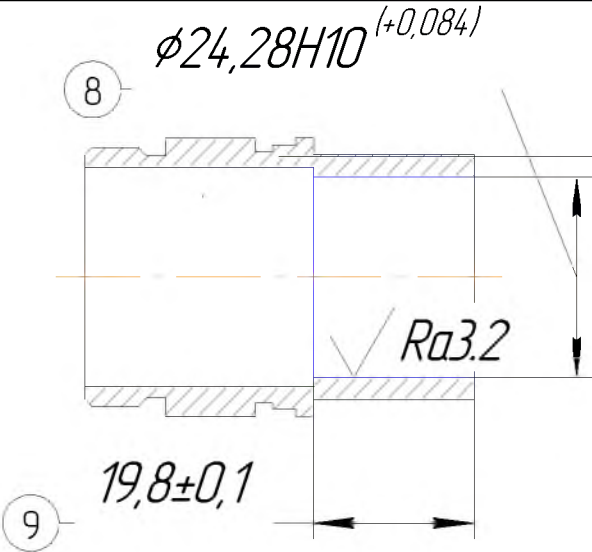
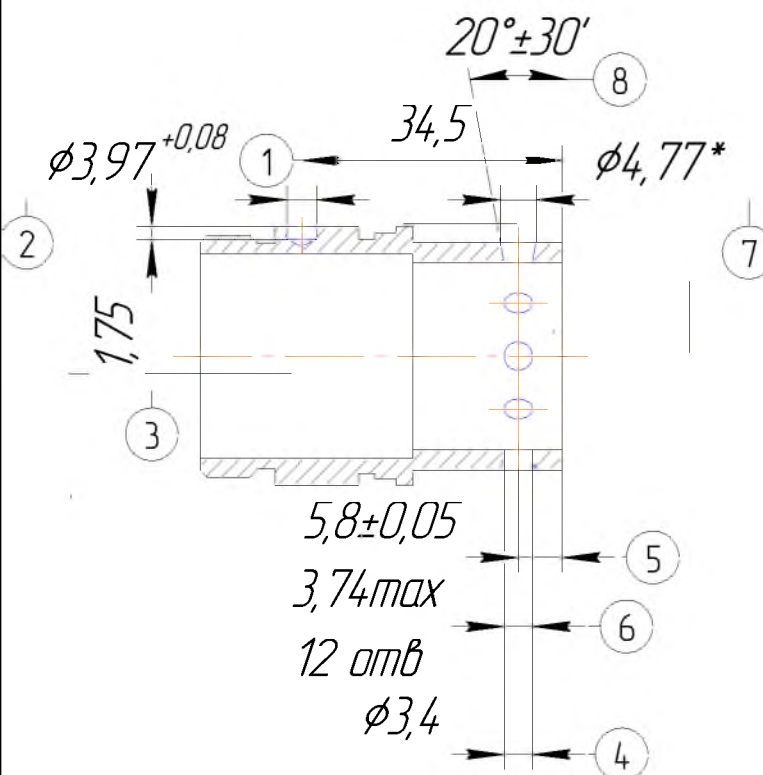
Таблиця 2.10 – Розробка маршруту обробки деталі напівмуфта QF20-1-03

| № опер            | Обладнання                | Операційний ескіз                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Зміст операції                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                 | 2                         | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 005 Токарна з ЧПК | Токарний з ЧПК ST-10 HAAS | <p>Technical drawing of a shaft with dimensions and surface finish requirements. The drawing shows a shaft with a central hole. Dimensions include diameters (<math>\phi 31</math>, <math>\phi 32.5h11</math>, <math>\phi 34.3h10</math>, <math>\phi 30.2h10</math>, <math>\phi 22.28H10</math>, <math>\phi 22H12</math>), lengths (5, 2.2, <math>27 \pm 0.1</math>, <math>19.8 \pm 0.1</math>, 49, 48), and surface finish (<math>Ra3.2</math>, <math>Ra6.3</math>). Circled numbers 1 through 13 indicate specific points or features on the shaft.</p> | <p>1. Завантажити 10 заготовок в податчик прутків.</p> <p>2. Подавати пруток автоматично.</p> <p>3. Точити торець.</p> <p>4. Точити шийку, витримавши розміри 1, 2.</p> <p>5. Точити шийку, витримавши розміри 3, 4.</p> <p>6. Точити канавки, витримавши розміри 5, 6, 7, 8, 9.</p> <p>7. Розточити отвір, витримавши розміри 10, 11.</p> <p>8. Розточити отвір, витримавши розміри 12, 13.</p> |

Продовження таблиці 2.10

| 1                 | 2                         | 3                                                                                    | 4                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 005 Токарна з ЧПК | Токарний з ЧПК ST-10 HAAS |     | 9. Відрізати деталь, витримавши розмір 14.                                                                                                                                                                                         |
| 010 Токарна з ЧПК | Токарний з ЧПК ST-10 HAAS |  | <p>1. Встановити деталь.</p> <p>2. Точити торець, витримавши розмір 1.</p> <p>3. Точити шийку, витримавши розміри 2, 3, 5.</p> <p>4. Точити канавку, витримавши розміри 2, 4, 6.</p> <p>5. Нарізати різь, витримавши розмір 7.</p> |

Продовження таблиці 2.10

| 1                     | 2                                           | 3                                                                                    | 4                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 010 Токарна з ЧПК     | Токарний з ЧПК ST-10 HAAS                   |    | <p>6. Розточити отвір, витримавши розміри 8, 9.</p> <p>7. Зняти деталь.</p>                                                                                                                                                                               |
| 015 Свердлильна з ЧПК | Вертикально-свердильний з ЧПК Rapidrill 500 |  | <p>1. Встановити деталь.</p> <p>2. Свердлити отвір витримавши розміри 1, 2, 3.</p> <p>3. Свердлити 12 отворів послідовно, витримавши розміри 4, 5.</p> <p>4. Розвернути 12 отворів послідовно, витримавши розміри 5, 6, 7, 8.</p> <p>5. Зняти деталь.</p> |

Продовження таблиці 2.10

| 1                    | 2                        | 3 | 4                                                                                                                       |
|----------------------|--------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 020 Алмазно-розточна | Алмазно-розточний ОС2754 |   | <p>1. Встановити деталь.</p> <p>2. Розточити отвори витримавши розміри 1, 2, 3 та вимогу 4.</p> <p>3. Зняти деталь.</p> |

Таблиця 2.11 – Металорізальні верстати для обробки деталей

| №                    | Верстат                    | Діапазон частот обертання шпинделя | Діапазон подач | Габаритні розміри | Потужність |
|----------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------|-------------------|------------|
| Напівмуфта QF20-1-03 |                            |                                    |                |                   |            |
| 005                  | Токарний HAAS ST-10        | 10-3400                            | б/с            | 3800x1960x1880    | 22         |
| 010                  | Токарний HAAS ST-10        | 10-3400                            | б/с            | 3800x1960x1880    | 22         |
| 015                  | Свердлильний Rapidrill 500 | 10-8000                            | 1-4000         | 1100x2184x2330    | 6,2        |
| 020                  | Алмазно-розточний ОС2754   | 63-2500                            | 0,01-2         | 2050x1800x2000    | 3,5        |
| Корпус QF20-1-01     |                            |                                    |                |                   |            |
| 005                  | Токарний HAAS ST-10        | 10-3400                            | б/с            | 3800x1960x1880    | 22         |
| 010                  | Токарний HAAS ST-10        | 10-3400                            | б/с            | 3800x1960x1880    | 22         |
| 015                  | Алмазно-розточний ОС2754   | 63-2500                            | 0,01-2         | 2050x1800x2000    | 3,5        |

## 2.8 Вибір затискних пристроїв

Після вибору обладнання, необхідно наступним етапом встановити, які пристрої у відповідності з операційними ескізами необхідні для виконання операцій, згідно прийнятих технологічних процесів механічної обробки деталей корпус QF20-1-01 та напівмуфта QF20-1-03.

Таблиця 2.12 – Затискні пристрої для обробки деталей

| № операції           | Найменування затискного пристрою | Стандарт (код) | Вид приводу  |
|----------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Корпус QF20-1-01     |                                  |                |              |
| 005                  | Патрон цанговий VITAGANA C       | -              | Гідравлічний |
| 010                  | Патрон VITAGANA B-210            | -              | Гідравлічний |
| 015                  | Пристрій розточний               | 7584-4659      | Гідравлічний |
| Напівмуфта QF20-1-03 |                                  |                |              |
| 005                  | Патрон цанговий VITAGANA C       | -              | Гідравлічний |
| 010                  | Патрон VITAGANA B-210            | -              | Гідравлічний |
| 015                  | Пристрій свердлильний            | спеціальний    | Механічний   |
|                      | Нахилено-поворотний стіл TR-210  |                | Електричний  |
| 020                  | Пристрій розточний               | 7584-4356      | Гідравлічний |

## 2.9 Вибір ріжучого інструменту

Ріжучий інструмент на операціях обираємо з урахуванням обраного верстату, поверхні яка обробляється, стадії обробки (чорнова, чистова), типу виробництва, ріжучих властивостей та стійкості інструменту. На операціях, де обробка ведеться на оброблюючих центрах використовуємо ріжучий інструмент фірми HORN Німеччина. Інформацію про обраний інструмент заносимо до таблиці 2.13.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Таблиця 2.13 – Ріжучий інструмент для механічної обробки деталей

| №<br>опер        | №<br>пер. | Назва<br>інструменту                                 | Стандарт<br>(код)              | Ріжуча частина |                 |
|------------------|-----------|------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|
|                  |           |                                                      |                                | Матеріал       | ГОСТ            |
| 1                | 2         | 3                                                    | 4                              | 5              | 6               |
| Корпус QF20-1-01 |           |                                                      |                                |                |                 |
| 005              | 3         | Різець прохідний:<br>державка<br>пластина            | TCLNL2020K09<br>CNMG120408ML   | -<br>IC 9025   | -<br>DIN/ISO513 |
|                  | 4,5,6     | Різець контурний:<br>державка<br>пластина            | HWLNR2020K09<br>WNMX060408FM   | -<br>IC 9025   | -<br>DIN/ISO513 |
|                  | 7         | Свердло центровочне                                  | 14952-75                       | P6M5           | 19265-73        |
|                  | 8         | Свердло Ø14,2                                        | TOP3220-25T2-07                | IC 908         | DIN/ISO513      |
|                  | 9         | Головка розточна<br>пластина                         | S10H SCKCR 06<br>CCMT 060204FA | -<br>IC 9025   | -<br>DIN/ISO513 |
|                  | 10        | Різець канавочний:<br>державка<br>пластина           | TQHR 20-27<br>TOJ 27-1/57-01   | -<br>IC 908    | -<br>DIN/ISO513 |
|                  | 11        | Різець відрізний:<br>державка<br>пластина            | TTER 2020-3T20<br>TDC3.0TT9080 | -<br>IC 908    | -<br>DIN/ISO513 |
|                  | 2         | Різець прохідний:<br>державка<br>пластина            | TCLNL2020K09<br>CNMG120408ML   | -<br>IC 9025   | -<br>DIN/ISO513 |
|                  | 3         | Різець розточний:<br>державка<br>пластина            | LDNG2020K18<br>MUYG56658ML     | -<br>IC 9025   | -<br>DIN/ISO513 |
|                  | 4         | Головка розточна<br>пластина                         | S10H SCKCR 06<br>CCMT 060204FA | -<br>IC 9025   | -<br>DIN/ISO513 |
| 010              | 5         | Головка розточна<br>Пластина                         | S10H SCKCR 06<br>CCMT 088564FA | -<br>IC 9025   | -<br>DIN/ISO513 |
|                  | 6         | Різець канавочний:<br>державка<br>пластина канавочна | SIR 0013M16<br>16IR/EL2.25     | -<br>IC 9025   | -<br>DIN/ISO513 |
|                  | 7         | Різець різенарізний:<br>державка<br>пластина різева  | SIR 0020-16-P16<br>11 IR 1,5   | -<br>IC 9025   | -<br>DIN/ISO513 |
|                  | 2         | Борштанга                                            | 2223-0016                      | T5K10          | 3882-74         |
| 015              |           |                                                      |                                |                |                 |

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## Продовження таблиці 2.13

| 1                    | 2   | 3                                                   | 4                              | 5            | 6               |
|----------------------|-----|-----------------------------------------------------|--------------------------------|--------------|-----------------|
| Напівмуфта QF20-1-03 |     |                                                     |                                |              |                 |
| 005                  | 3   | Різець прохідний:<br>державка<br>пластина           | TCLNL2020K09<br>CNMG120408ML   | -<br>IC 9025 | -<br>DIN/ISO513 |
|                      | 4,5 | Різець контурний:<br>державка<br>пластина           | HWLN2020K09<br>WNMX060408FM    | -<br>IC 9025 | -<br>DIN/ISO513 |
|                      | 6   | Різець канавочний:<br>державка<br>пластина          | TCL2020K2<br>CN120408ML        | -<br>IC 9025 | -<br>DIN/ISO513 |
|                      | 7,8 | Головка розточна<br>пластина                        | S10H SCKCR 06<br>CCMT 060204FA | -<br>IC 9025 | -<br>DIN/ISO513 |
|                      | 9   | Різець відрізний:<br>державка<br>пластина           | TTER 2020-3T20<br>TDC3.0TT9080 | -<br>IC 908  | -<br>DIN/ISO513 |
| 010                  | 2   | Різець прохідний:<br>державка<br>пластина           | TCLNL2020K09<br>CNMG120408ML   | -<br>IC 9025 | -<br>DIN/ISO513 |
|                      | 3   | Різець контурний:<br>державка<br>пластина           | HWLN2020K09<br>WNMX060408FM    | -<br>IC 9025 | -<br>DIN/ISO513 |
|                      | 4   | Різець канавочний:<br>державка<br>пластина          | TCL2020K2<br>CN120408ML        | -<br>IC 9025 | -<br>DIN/ISO513 |
|                      | 5   | Різець різенарізний:<br>державка<br>пластина різева | SIR 0020-16-P16<br>11 IR 1,5   | -<br>IC 9025 | -<br>DIN/ISO513 |
|                      | 6   | Головка розточна<br>пластина                        | S10H SCKCR 06<br>CCMT 060204FA | -<br>IC 9025 | -<br>DIN/ISO513 |
|                      |     |                                                     |                                |              |                 |
| 015                  | 2   | Свердло Ø3,97                                       | DCT140-18B-M16                 | IC508        | DIN/ISO513      |
|                      | 3   | Свердло Ø3,5                                        | DCT140-18B-M16                 | IC508        | DIN/ISO513      |
|                      | 4   | Розвертка конічна                                   | 11182-71                       | P6M5         | 19265-73        |

## 2.10 Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів

Засоби технічного контролю технічних операцій обирають з урахуванням точності вимірювання, розміру, якості поверхні та типу виробництва. Відомості про вимірювальні інструменти приводимо в таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Вимірювальний інструмент для контролю деталей

| № опер               | № пер. | Параметр деталі, що контролюється                                         | Найменування інструменту                      | Стандарт (код)       |
|----------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------|
| 1                    | 2      | 3                                                                         | 4                                             | 5                    |
| Корпус QF20-1-01     |        |                                                                           |                                               |                      |
| 005                  | 4      | Діаметральний розмір $\varnothing 32_{-0,16}$                             | Скоба $32_{-0,16}$                            | 8551-75              |
|                      | 5      | Діаметральний розмір $\varnothing 30_{-0,1}$                              | Скоба $30_{-0,1}$                             | 8551-75              |
|                      | 6      | Діаметральний розмір $\varnothing 24_{-0,13}$                             | Скоба $24_{-0,13}$                            | 8551-75              |
|                      | 9      | Діаметр отвору $\varnothing 15_{+0,07}$                                   | Пробка $15_{+0,07}$                           | 8572-75              |
|                      | 11     | Лінійний розмір $47,5 \pm 0,15$                                           | Штангенциркуль                                | 166-80               |
| 010                  | 3      | Діаметр отвору $\varnothing 22_{+0,13}$                                   | Пробка $22_{+0,13}$                           | 8572-75              |
|                      | 4      | Діаметр отвору $\varnothing 26_{+0,13}$                                   | Пробка $26_{+0,13}$                           | 8572-75              |
|                      |        | Глибина отвору $12_{+0,11}$                                               | Шаблон $12_{+0,11}$                           | 5133-5240            |
|                      | 7      | Різь G3/4"                                                                | Пробка різьова G3/4"                          | 5145-5394            |
| 015                  | 2      | Діаметр отвору $\varnothing 15,62_{+0,043}$                               | Пробка $15,62_{+0,043}$                       | 8572-75              |
| Напівмуфта QF20-1-03 |        |                                                                           |                                               |                      |
| 005                  | 4      | Діаметральний розмір $\varnothing 34_{-0,1}$                              | Скоба $34_{-0,1}$                             | 8551-75              |
|                      | 5      | Діаметральний розмір $\varnothing 30_{-0,1}$                              | Скоба $30_{-0,1}$                             | 8551-75              |
|                      | 6      | Діаметральний розмір $\varnothing 32_{-0,16}$                             | Скоба $32_{-0,16}$                            | 8551-75              |
|                      | 8      | Діаметр отвору $\varnothing 22_{+0,084}$                                  | Пробка $22_{+0,084}$                          | 8572-75              |
|                      | 9      | Лінійний розмір $45,5 \pm 0,15$                                           | Штангенциркуль                                | 166-80               |
| 010                  | 5      | Різь M32x1,5-6g                                                           | Кільце різьове M32x1,5-6g                     | 8211-0127            |
|                      | 6      | Діаметр отвору $\varnothing 24_{+0,084}$<br>Глибина отвору $19,8 \pm 0,1$ | Пробка $22_{+0,084}$<br>Шаблон $19,8 \pm 0,1$ | 8572-75<br>5123-5281 |
| 015                  | 2      | Діаметр отвору $\varnothing 3,97_{+0,08}$<br>Глибина отвору 1,75          | Пробка $3,97_{+0,08}$<br>Шаблон 1,75          | 8572-75<br>5145-5256 |
|                      | 4      | Конусність отвору $20^\circ \pm 30'$                                      | Калібр кутовий $20^\circ$                     | 5226-9534            |
| 020                  | 2      | Діаметр отвору $\varnothing 24_{+0,05}$                                   | Пробка $24_{+0,05}$                           | 8572-75              |
|                      |        | Діаметр отвору $\varnothing 27_{+0,05}$                                   | Пробка $27_{+0,05}$                           | 8572-75              |
|                      |        | Глибина отвору $19,8 \pm 0,1$                                             | Шаблон $19,8 \pm 0,1$                         | 5123-5281            |

|     |      |          |        |      |                         |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|--|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |  |      |

## 2.11 Визначення припусків та операційних розмірів деталей

Після вибору плану одробки поверхонь, розробки маршрутної технології, розраховуємо припуски на механічну обробку. Для поверхні  $\varnothing 30,2_{-0.1}$  (зовнішня циліндрична) деталі корпус QF20-1-01 розрахунок припусків виконуємо за методикою професора Кована.

Сумарне значення просторових відхилень  $\rho$  для деталі типу тіла обертання при встановленні в трикулачковому патроні за табл. 4.7 [4] визначається за формулою:

$$\rho_{кор} = \Delta_k \cdot l = 3 \cdot 46 = 138 \text{ мкм};$$

де  $\Delta_k = 3 \text{ мкм/мм}$  – питома кривизна заготовки (табл.4.8 [4])

Залишкові просторові відхилення по переходах визначаємо за формулою:

$$\rho_{зал} = k_y \times \rho_{кор};$$

1 перехід – точіння чорнове  $\rho_1 = 0,04 \times 138 = 5,5 \text{ мкм}$ ;

2 перехід – точіння чистове  $\rho_2 = 0,02 \times 138 = 2,8 \text{ мкм}$ .

Таблиця 2.15 – Розрахунок припусків і граничних розмірів за технологічними переходами на обробку зовнішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 30,2_{-0.1}$

| Технологічні переходи обробки поверхні | Елементи припуску, мкм |     |        | Розрахунковий припуск | Розрахунковий розмір, $d_p$ , мм | Допуск $\delta$ , мм | Граничний розмір, мм |           | Граничні відхилення, мкм |            |
|----------------------------------------|------------------------|-----|--------|-----------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|-----------|--------------------------|------------|
|                                        | $R_z$                  | T   | $\rho$ |                       |                                  |                      | $d_{min}$            | $d_{max}$ | $2Z_{min}$               | $2Z_{max}$ |
| Заготовка                              | 150                    | 250 | 138    |                       | 31,388                           | 800                  | 31,388               | 32,188    |                          |            |
| Точіння чорнове                        | 50                     | 50  | 5,5    | 2x538                 | 30,312                           | 160                  | 30,312               | 30,472    | 1076                     | 1716       |
| Точіння чистове                        | 10                     | 20  | 2,8    | 2x106                 | 30,1                             | 100                  | 30,1                 | 30,2      | 212                      | 272        |
| Разом                                  |                        |     |        |                       |                                  |                      |                      |           | 1288                     | 1988       |

Визначаємо мінімальні припуски по переходах за формулою:

$$2Z_{\min} = 2(R_{z-c-1} + T_{i-1} + \rho_{\text{кор}}).$$

Мінімальні припуски:

- під точіння чорнове:  $2Z_{\min 1} = 2(150 + 250 + 138) = 2 \cdot 538 \text{ мкм};$

- під точіння чистове:  $2Z_{\min 2} = 2(50 + 50 + 5.5) = 2 \cdot 106 \text{ мкм}.$

Визначаємо розрахункові розміри мінімального припуску кожного технологічного переходу. Таким чином, маючи розрахунковий розмір після останнього переходу, (в даному випадку 30,1 мм), для інших переходів отримуємо:

- для точіння чорнового  $d_{p1} = 30,1 + 0,212 = 30,312 \text{ мм};$

- для заготовки  $d_{p3} = 30,312 + 1,076 = 31,388 \text{ мм}.$

Визначення граничних розмірів виконуємо, починаючи з кінцевого розміру (з креслення). Результати наведені в табл.2.15.

$$d_{\max 2} = d_{\min 2} + \delta_2 = 30,1 + 0,1 = 30,2 \text{ мм};$$

$$d_{\max 1} = d_{\min 1} + \delta_1 = 30,312 + 0,16 = 30,472 \text{ мм};$$

$$d_{\max \text{зар}} = d_{\min \text{зар}} + \delta_{\text{зар}} = 31,388 + 0,8 = 32,188 \text{ мм}.$$

Граничні значення припусків визначаємо, як різницю найбільших або найменших граничних розмірів за формулами:

$$Z_{\min}^{\text{пр}} = d_{\max i} - d_{\max i-1};$$

$$Z_{\max}^{\text{пр}} = d_{\min i} - d_{\min i-1};$$

- для точіння чистового:

$$2Z_{\max 2}^{\text{пр}} = 30,472 - 30,2 = 0,272 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min 2}^{\text{пр}} = 30,312 - 30,1 = 0,212 \text{ мм};$$

- для точіння чорнового:

$$2Z_{\max 1}^{\text{пр}} = 32,188 - 30,472 = 1,716 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min 1}^{\text{пр}} = 31,388 - 30,312 = 1,076 \text{ мм}.$$

Загальні припуски:

$$Z_{0 \min} = 1288 \text{ мм};$$

$$Z_{0 \max} = 1988 \text{ мм};$$

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Загальний номінальний припуск:

$$Z_{0\text{ ном}} = Z_{0\text{ min}} + H_3 - H_d = 1,288 + 0,3 - 0,1 = 1,488 \text{ мм};$$

$$D_{3\text{ ном}} = D_{3\text{ ном}} + Z_{0\text{ ном}} = 30,2 + 1,488 = 31,688 \text{ мм};$$

де  $H_3$  – нижнє відхилення заготовки;

$H_d$  – нижнє відхилення деталі.

Перевірка

$$Z_{\text{max}2}^{\text{пр}} - Z_{\text{min}2}^{\text{пр}} = 0,272 - 0,212 = 0,06 \text{ мм}; \quad \delta_2 - \delta_1 = 0,16 - 0,1 = 0,06 \text{ мм};$$

$$Z_{\text{max}1}^{\text{пр}} - Z_{\text{min}1}^{\text{пр}} = 1,716 - 1,076 = 0,64 \text{ мм}; \quad \delta_3 - \delta_1 = 0,8 - 0,16 = 0,64 \text{ мм}.$$

Розрахунки виконано вірно.

На інші поверхні припуски визначаємо по нормативним даним, і заносимо їх до таблиці 2.16.

Будуємо схему графічного розташування припусків і допусків на обробку поверхні  $\varnothing 30,2_{-0,1}$  деталі корпус QF20-1-01.

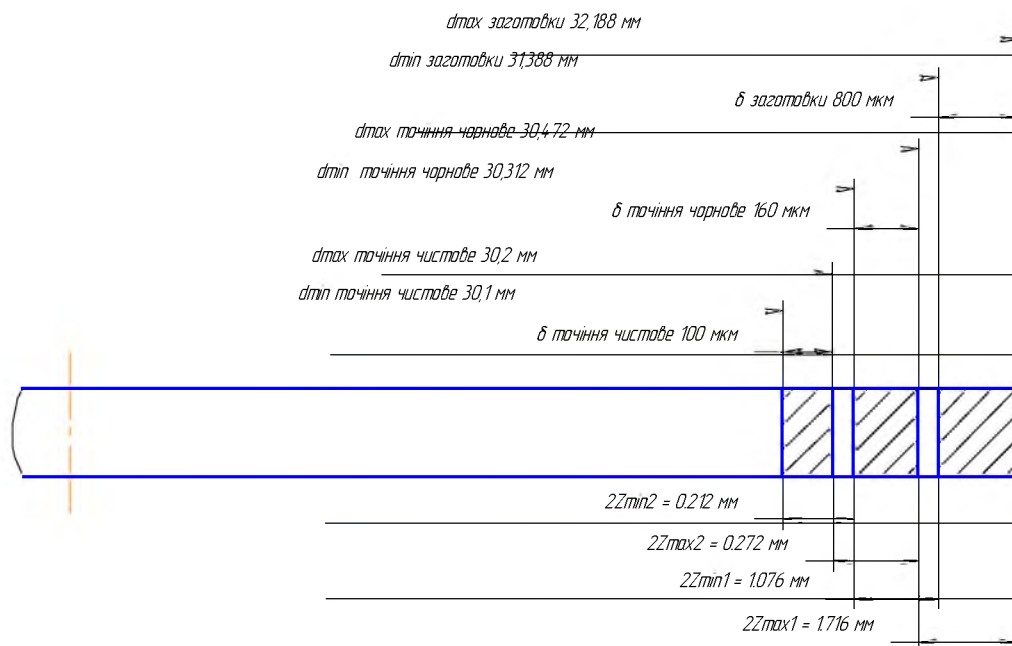


Рисунок 2.3 – Схема графічного розміщення припусків і допусків на обробку поверхні  $\varnothing 30,2_{-0,1}$  деталі корпус QF20-1-01.

|                         |      |          |        |      |      |
|-------------------------|------|----------|--------|------|------|
| КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ |      |          |        |      | Арк. |
| Зм.                     | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |      |

Таблиця 2.16 – Припуски на обробку деталей

| №<br>поверхні        | Найменування<br>поверхні | Найменування<br>переходу | Припуск<br>Z <sub>min</sub> (мм) | Технологічний<br>допуск, мм |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Корпус QF20-1-01     |                          |                          |                                  |                             |
| 1, 12                | Торці                    | Точіння                  | 2,0                              | 0,3                         |
| 2                    | Зовнішня<br>циліндрична  | Точіння чорнове          | 2,0                              | 0,16                        |
|                      |                          | Точіння чистове          | 0,5                              | 0,13                        |
| 3                    | Канавка                  | Точіння канавки          | 4,0                              | 0,2                         |
| 4                    | Отвір                    | Свердління отвору        | 2,0                              | 0,18                        |
|                      |                          | Розточуван. чистове      | 0,5                              | 0,07                        |
|                      |                          | Розточування тонке       | 0,2                              | 0,043                       |
| 5                    | Сферична канавка         | Точіння канавки          | 4,0                              | 0,1                         |
| 6                    | Зовнішня<br>циліндрична  | Точіння чорнове          | 2,0                              | 0,25                        |
|                      |                          | Точіння чистове          | 0,5                              | 0,1                         |
| 7                    | Внутрішня<br>циліндрична | Свердління               | 7,1                              | 0,18                        |
|                      |                          | Розточування             | 0,5                              | 0,13                        |
| 8                    | Зовнішня<br>циліндрична  | Точіння одноразове       | 2,0                              | 0,16                        |
| 9                    | Канавка                  | Точіння канавки          | 2,4                              | 0,1                         |
| 10                   | Внутрішня різь           | Свердління               | 7,2                              | 0,18                        |
|                      |                          | Розточування             | 0,5                              | 0,05                        |
|                      |                          | Нарізання різі           | 0,25                             | 0,03                        |
| 11                   | Внутрішня<br>циліндрична | Свердління               | 7,2                              | 0,18                        |
|                      |                          | Розточування             | 0,5                              | 0,05                        |
| Напівмуфта QF20-1-03 |                          |                          |                                  |                             |
| 1, 11                | Торці                    | Точіння                  | 2,0                              | 0,3                         |
| 2                    | Різьова поверхня         | Точіння                  | 2,0                              | 0,25                        |
|                      |                          | Нарізання різі           | 0,25                             | 0,1                         |
| 3                    | Внутрішня<br>циліндрична | Свердління отвору        | 2,0                              | 0,21                        |
|                      |                          | Розточуван. чистове      | 0,5                              | 0,084                       |
|                      |                          | Розточування тонке       | 0,2                              | 0,05                        |
| 4                    | Канавка                  | Точіння канавки          | 2,4                              | 0,1                         |
| 5                    | Зовнішня<br>циліндрична  | Точіння одноразове       | 2,0                              | 0,1                         |
| 6                    | Канавка                  | Точіння канавки          | 2,2                              | 0,16                        |
| 7                    | Канавка                  | Точіння канавки          | 2,2                              | 0,16                        |
| 8                    | Отвір                    | Свердління отвору        | 2,0                              | 0,08                        |
| 9                    | Зовнішня<br>циліндрична  | Точіння одноразове       | 2,0                              | 0,1                         |
| 10                   | Конічний отвір           | Свердління отвору        | 1,75                             | 0,15                        |
|                      |                          | Розверчування            | 0,1                              | 0,05                        |
| 12                   | Внутрішня<br>циліндрична | Розточуван. чорнове      | 1,0                              | 0,21                        |
|                      |                          | Розточуван. чистове      | 0,5                              | 0,084                       |
|                      |                          | Розточування тонке       | 0,2                              | 0,05                        |

## 2.12 Розрахунок режимів різання

Аналітичним методом визначаємо режими різання для деталі напівмуфта QF20-1-03 на 020 операцію алмазно-розточну.

Діаметр обробки  $\varnothing 27^{+0,05}$  мм. Шорсткість –  $R_a=2,5$  мкм. Глибина різання – 0.2мм; Кількість проходів –  $i = 1$ .

Подачу вибираємо в залежності від параметрів оброблюваної поверхні

$$S_T = 0,1 \text{ мм/об};$$

Корегуємо значення подачі по паспортним даним верстату ОС2754 і приймаємо:  $S_\phi = 0,1$  мм/об.

Швидкість різання для обробки поверхні визначаємо за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{X_v} \cdot S^{Y_v}} \cdot K_v,$$

де  $C_v$  - стала у формулі швидкості різання;  $X_v$ ,  $Y_v$ ,  $m$  - показники ступеню;

$K_v$  - поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv},$$

де  $K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу;

$K_{nv}$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні;

$K_{iv}$  – коефіцієнт, що враховує якість інструментального матеріалу,

$$K_v = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8.$$

Період стійкості інструменту  $T=60$ хв.

Таким чином швидкість різання складає:

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 0,2^{0,15} \cdot 0,1^{0,2}} \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 170,9 \text{ м/хв.};$$

Частоту обертання шпинделя визначаємо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

де  $D$  - діаметр обробки (27 мм).

$$n_p = \frac{1000 \cdot 170,9}{3,14 \cdot 27} = 2015 \text{ об/хв.}$$

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Корегуємо за паспортом верстата і користуючись практичними рекомендаціями приймаємо  $n_{\text{пр}} = 800$  об/хв.

Фактичну швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}.$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 27 \cdot 800}{1000} = 67,8 \text{ м/хв.}$$

Виконаємо перевірку вибраних режимів різання по потужності привода головного руху верстату.

Визначимо складову силу різання, яка створює основне навантаження на привод верстату і інструмент.

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V_\phi^n \cdot K_p;$$

Обираємо сталу  $C_p$  та показники ступеню  $x$ ,  $y$ ,  $n$  для конкретних умов обробки:  $C_p = 92$ ;  $x = 1$ ,  $y = 0,75$ ,  $n = 0$ .

Визначаємо поправочний коефіцієнт

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\eta p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{zp} = 1 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,85.$$

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,2^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 67,8^0 \cdot 0,85 = 34,8 \text{ Н.}$$

Визначаємо потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60} = \frac{34,8 \cdot 67,8}{1020 \cdot 60} = 0,04 \text{ кВт.}$$

Виконуємо перевірку по потужності приводу верстату

$$N_{\text{різ}} \leq 1,2 \cdot N_{\text{дв}} \cdot \eta;$$

$$N_{\text{дв}} = 3,5 \text{ кВт}; \quad \eta = 0,8;$$

$$N_{\text{різ}} \leq 1,2 \cdot 3,5 \cdot 0,8 = 3,36 \text{ кВт};$$

Потужність різання не перевищує потужності привода головного привода верстата.

Основний час визначаємо за формулою:

$$T_o = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i,$$

де  $i$  - кількість проходів;  $L$  - довжина робочого ходу:

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$$L = l + l_1 + l_2,$$

де  $l$  - довжина оброблюваної поверхні;  $l_1$  - довжина врізання;  $l_2$  - довжина перебігу (при обробці в упор  $l_3=0$ ).

Основний час на обробку:

$$T_o = \frac{3.0 + 45.5}{0.1 \cdot 800} = 1,71 \text{ хв.}$$

На решту операцій режими різання визначаємо за нормативними даними. Визначені елементи режимів різання заносимо до таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 – Зведена таблиця режимів різання на операції механічної обробки

| Номер                |          | t,<br>мм | i  | S <sub>o</sub> ,<br>мм/об;<br>мм/хв | V,<br>м/хв | n,<br>об/хв | L <sub>рх</sub> ,<br>мм | t <sub>o</sub> ,<br>хв |
|----------------------|----------|----------|----|-------------------------------------|------------|-------------|-------------------------|------------------------|
| Операції             | Переходу |          |    |                                     |            |             |                         |                        |
| 1                    | 2        | 3        | 4  | 5                                   | 6          | 7           | 8                       | 9                      |
| Напівмуфта QF20-1-03 |          |          |    |                                     |            |             |                         |                        |
| 005                  | 3        | 2.0      | 1  | 0.2                                 | 119        | 1000        | 23                      | 0,115                  |
|                      | 4        | 2.0      | 1  | 0.2                                 | 119        | 1000        | 51                      | 0.255                  |
|                      | 5        | 2,0      | 1  | 0,2                                 | 106,8      | 1000        | 22                      | 0,11                   |
|                      | 6        | 2,2      | 1  | 0,1                                 | 119        | 1000        | 15                      | 0,15                   |
|                      | 7        | 1,0      | 1  | 0,2                                 | 69,08      | 1000        | 52                      | 0,285                  |
|                      | 8        | 0,15     | 1  | 0,15                                | 83,95      | 1200        | 22                      | 0,122                  |
| 010                  | 9        | 2,0      | 1  | 0,07                                | 128,1      | 1200        | 14                      | 0,167                  |
|                      | 2        | 2,0      | 1  | 0,2                                 | 106,8      | 1000        | 12                      | 0,06                   |
|                      | 3        | 1,75     | 1  | 0,2                                 | 106,8      | 1000        | 12                      | 0,06                   |
|                      | 4        | 2,4      | 1  | 0,15                                | 106,8      | 1000        | 4                       | 0,027                  |
|                      | 5        | 0,2      | 8  | 1,5                                 | 115,7      | 1200        | 8                       | 0,036                  |
|                      | 6        | 1,15     | 1  | 0,15                                | 91,49      | 1200        | 22                      | 0,123                  |
| 015                  | 2        | 2,0      | 1  | 0,1                                 | 15,58      | 1250        | 5                       | 0,04                   |
|                      | 3        | 1,7      | 12 | 0,1                                 | 13,35      | 1250        | 9                       | 0,864                  |
|                      | 4        | 0,2      | 12 | 0,08                                | 7,49       | 500         | 9                       | 2,7                    |
| 020                  | 2        | 0,2      | 1  | 0,1                                 | 67,8       | 800         | 48,5                    | 1,71                   |

Продовження таблиці 2.17

| 1                | 2  | 3   | 4 | 5    | 6      | 7    | 8  | 9     |
|------------------|----|-----|---|------|--------|------|----|-------|
| Корпус QF20-1-01 |    |     |   |      |        |      |    |       |
| 005              | 3  | 2,0 | 1 | 0,2  | 113    | 1000 | 22 | 0,11  |
|                  | 4  | 2,0 | 1 | 0,2  | 113    | 1000 | 48 | 0,24  |
|                  | 5  | 0,9 | 1 | 0,2  | 100,5  | 1000 | 25 | 0,125 |
|                  | 6  | 0,9 | 3 | 0,2  | 100,5  | 1000 | 22 | 0,33  |
|                  | 7  | 1,8 | 1 | 0,2  | 8,9    | 900  | 10 | 0,056 |
|                  | 8  | 7,1 | 1 | 0,2  | 40,13  | 900  | 50 | 0,278 |
|                  | 9  | 0,5 | 1 | 0,15 | 57,27  | 1200 | 12 | 0,067 |
|                  | 10 | 4,0 | 1 | 0,08 | 48     | 800  | 5  | 0,078 |
|                  | 11 | 2,0 | 1 | 0,07 | 120,6  | 1200 | 13 | 0,155 |
|                  | 12 | 2,0 | 1 | 0,1  | 120,6  | 1000 | 13 | 0,13  |
| 010              | 3  | 1,2 | 3 | 0,1  | 69,1   | 1000 | 37 | 1,11  |
|                  | 4  | 3,3 | 1 | 0,08 | 100,23 | 1200 | 15 | 0,156 |
|                  | 5  | 1,0 | 1 | 0,1  | 107,8  | 1200 | 15 | 0,125 |
|                  | 6  | 2,4 | 1 | 0,08 | 107,8  | 1000 | 5  | 0,063 |
|                  | 7  | 0,2 | 6 | 1,5  | 105,5  | 1200 | 13 | 0,043 |
|                  | 8  | 0,2 | 1 | 0,1  | 39,24  | 800  | 13 | 0,163 |

### 2.13 Технічне нормування операцій

Норми часу на виконання операцій визначаємо розрахунковим методом. Виконаємо розрахунок штучно-калькуляційного часу для 020 операції алмазно-розточної обробки напівмуфти QF20-1-03.

Основний технологічний час операції:  $t_o = 1,71$  хв;

Визначаємо допоміжний час, який складається з:

- час на встановлення та закріплення деталі:  $t_{д1} = 0,35 + 0,02 = 0,37$  хв;

- додатковий час пов'язаний з операцією, прийоми керування верстатом:

$$t_{д2} = 0,05 + 0,12 = 0,17 \text{ хв};$$

- час на контрольні вимірювання:  $t_{д3} = 0,036$  хв;

Поправочний коефіцієнт на додатковий час при серійному типі виробництва  $k = 1,85$ .

Визначаємо допоміжний час на операцію:

|     |      |          |        |      |                         |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|--|--|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ |  |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |  |  |      |

$$T_d = t_{d1} + t_{d2} + t_{d3} = (0,37 + 0,17 + 0,036) \cdot 1,85 = 1,066 \text{ хв.}$$

Час на організаційні та технічне обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, визначаємо від оперативного часу:

Визначаємо норму штучного часу:

$$T_{шт} = (T_0 + T_d) \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{осп}}{100}\right);$$

$$T_{шт} = (1,71 + 1,066) \cdot \left(1 + \frac{2 + 1,5 + 3,5}{100}\right) = 2,97;$$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + T_{пз}/n;$$

де  $T_{пз}$  – підготовчо-заключний час;  $n = 200$  шт – програма запуску деталей.

Визначаємо підготовчо-заключний час:

$$T_{пз} = 12 + 2 + 4 = 18 \text{ хв.};$$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу:

$$T_{шт-к} = 2,97 + 18/200 = 3,06 \text{ хв.};$$

Результати розрахунку норм часу на інші операції заносимо до таблиці 2.18.

Таблиця 2.18 – Результати технічного нормування

| №<br>опер            | $t_0$<br>(хв.) | $t_d$<br>(хв.) | $t_{тех}$<br>(хв.) | $t_{орг}$<br>(хв.) | $t_{відп}$<br>(хв.) | $t_{шт}$<br>(хв.) | $t_{п-з}$<br>(хв.) | $t_{шт-к}$<br>(хв.) |
|----------------------|----------------|----------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| Напівмуфта QF20-1-03 |                |                |                    |                    |                     |                   |                    |                     |
| 005                  | 1,204          | 0,968          | 0,043              | 0,033              | 0,076               | 2,324             | 22                 | 2,434               |
| 010                  | 0,306          | 0,968          | 0,025              | 0,019              | 0,044               | 1,362             | 22                 | 1,472               |
| 015                  | 3,604          | 1,11           | 0,094              | 0,071              | 0,165               | 5,044             | 20                 | 5,144               |
| 020                  | 1,71           | 1,066          | 0,055              | 0,041              | 0,11                | 2,97              | 18                 | 3,06                |
| Корпус QF20-1-01     |                |                |                    |                    |                     |                   |                    |                     |
| 005                  | 1,439          | 0,968          | 0,048              | 0,036              | 0,084               | 2,575             | 22                 | 2,685               |
| 010                  | 1,627          | 0,968          | 0,052              | 0,039              | 0,091               | 2,777             | 22                 | 2,887               |
| 015                  | 0,163          | 1,066          | 0,025              | 0,018              | 0,043               | 1,315             | 18                 | 1,405               |

|     |      |          |        |      |                         |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|--|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |  |      |

### 3 Конструкторська частина

#### 3.1 Розробка конструкції пристрою для встановлення і закріплення деталі

##### 3.1.1 Опис будови та роботи пристрою

Затискний пристрій призначений для закріплення деталі напівмуфта QF20-1-03 на операції 020 алмазно-розточній, яка виконується на алмазно-розточувальному верстаті моделі ОС2754. На даній операції виконується кінцеве розточування двох отворів  $\varnothing 27^{+0,05}$  мм та  $\varnothing 24,68^{+0,05}$  мм. При цьому пристрій є двопозиційним і на ньому ведеться одночасна обробка двох деталей.

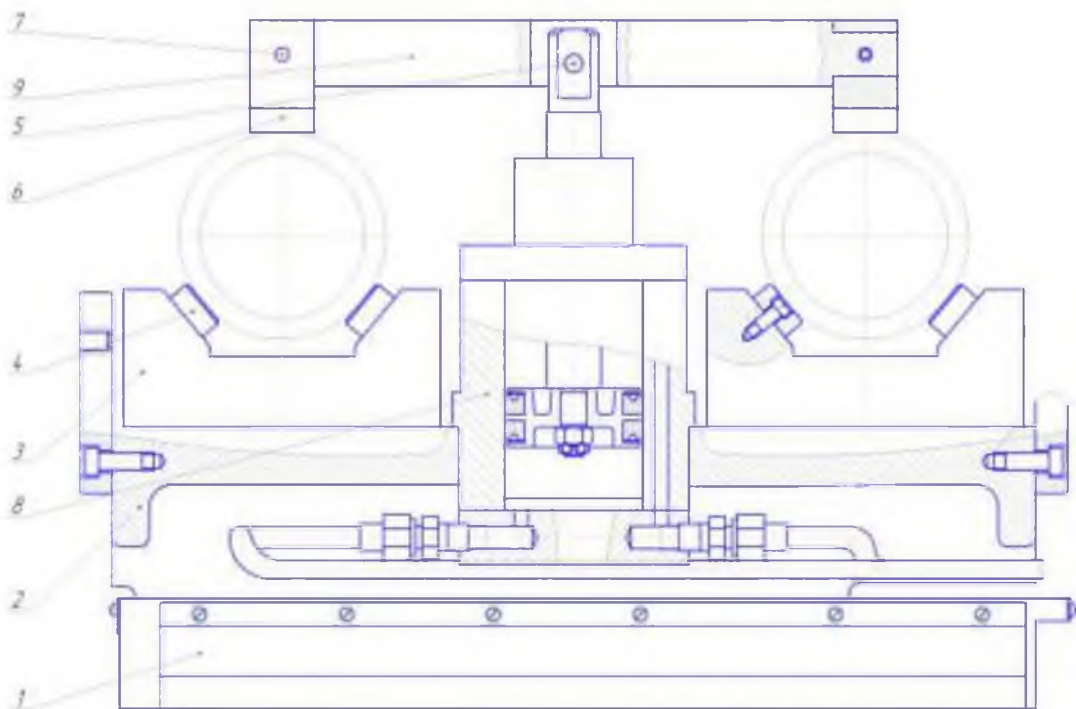


Рисунок 3.1 – Схема затискного пристрою:

1 – основа; 2 – корпус; 3 – призми; 4 – опори; 5 – вісь; 6 – притискні елементи;  
7 – вісь; 8 – пневмоциліндр; 9 – коромисло.

Затискний пристрій складається з корпусу 2 (рис. 3.1), який кріпиться до основи 1, що закріплена на столі верстата за допомогою болтів. На корпусі 2 встановлено дві призми 3 (оскільки затискається одночасно дві деталі). Деталі опираються зовнішньою циліндричною поверхнею на опори 4.

|                         |      |          |        |      |      |
|-------------------------|------|----------|--------|------|------|
| КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ |      |          |        |      | Арк. |
| Зм.                     | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |      |

До корпусу 2 приєднано гідроциліндр 8, шток якого за допомогою вісі 10 з'єднаний з коромислом 9, на якому за допомогою вісі 7 закріплені притискні елементи 6.

Затискний пристрій працює наступним чином. Деталі встановлюються на призми. Робоча рідина подається в штокову порожнину гідроциліндра 8, при цьому шток разом із коромислом 9 і притискними елементами рухається вниз і відбувається затиск деталей. Далі відбувається одночасне розточування отворів у двох деталях. Після обробки отворів, робоча рідина подається в безштокову порожнину гідроциліндра 8 і відбувається розтискання деталей.

### 3.1.2 Розрахунок сили затиску деталі.

При конструюванні затискного пристрою необхідно знайти силу затиску, яка визначається із умови рівноваги заготовки під дією сил різання, сил тяжіння, інерції, тертя, реакції в опорах та сили затиску.

Схема затиску деталі, із зазначенням точки прикладання сили затиску та її напрямком, та вказанням сил різання, сил тертя, реакцій в опорах наведено на рис. 3.2. Визначену силу затиску необхідно збільшити на коефіцієнт запасу.

Під дією сили різання деталей буде намагатися повернутися навколо точки О (рис. 3.2). Протистоять повертанню деталі сили тертя в опорах.

Складаємо рівняння рівноваги:

$$\sum M_o = 0.$$

$$P_z \cdot \frac{d}{2} \cdot K = (F_1 + F_2) \cdot \frac{D}{2},$$

де  $P_z$  – сила, що виникає при обробці різанням і намагається повернути деталь (сила різання  $P_z = 34,8$  Н визначалася в п. 2.12 даної пояснювальної записки);

$F_1$  та  $F_2$  - сили тертя в опорах.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

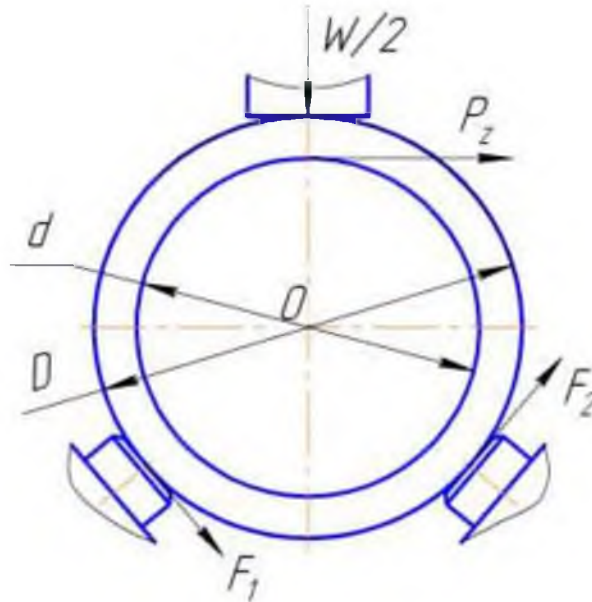


Рисунок 3.2 – Схема для розрахунку сили затиску.

Оскільки  $F_1 = F_2 = F$ , то

$$P_z \cdot \frac{d}{2} \cdot K = 2 \cdot F \cdot \frac{D}{2}.$$

$F$  – сила тертя, що виникає між поверхнями деталі та поверхнями притискних елементів:

$$F = N \cdot f,$$

де  $N$  – нормальна сила;  $f$  – коефіцієнт тертя ( $f = 0,25$ ).

$$N = \frac{W}{4 \cdot \sin(\alpha/2)},$$

де  $\alpha$  – кут призми.

Тоді:

$$P_z \cdot d \cdot K = \frac{W \cdot f \cdot D}{\sin(\alpha/2)},$$

Звідки необхідна сила затиску:

$$W = \frac{P_z \cdot K \cdot d \cdot \sin(\alpha/2)}{f \cdot D};$$

$K$  – коефіцієнт запасу [26]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6;$$

де  $K_0 = 2.5$ ;  $K_1 = 1.2$ ;  $K_2 = 1$ ;  $K_3 = 1$ ;  $K_4 = 1$ ;  $K_5 = 1$ ;  $K_6 = 1.0$ . [26]

$$K = 2.5 \cdot 1.2 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 3.0.$$

Отже:

$$W = \frac{34.8 \cdot 3 \cdot 27 \cdot \sin 45^\circ}{0.25 \cdot 34.3} = 232.4 \text{ Н}.$$

Оскільки притискні елементи для обох деталей симетрично розміщені відносно вісі штоку, то  $Q = W$ ; (тобто сила затиску відповідає силі на штоці, що створюється гідроциліндром).

Оскільки одночасно затискаються та оброблюються дві деталі, то для забезпечення утримання деталей при розточуванні, сила затиску повинна бути не менша ніж 465 Н.

### 3.1.3 Розрахунок параметрів силового приводу

В якості силового приводу вибираємо поршневий гідродвигун. Це обумовлено насамперед умовами обробки та конструкцією самого верстату. Приймаємо гідроциліндр двохсторонньої дії. Робочий тиск приймаємо 30 Атм.

Розраховуємо діаметр циліндра, який при заданому тиску забезпечить затиск оброблюваної деталі із розрахованою силою  $W$ .

Діаметр циліндра визначаємо за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot P_g \cdot \eta}} + d^2,$$

де  $P_g = 30 \text{ кгс} / \text{см}^2$ ;  $\eta$  – ККД приводу,  $\eta = 0.85$ ;  $d$  – діаметр штоку (2,4 см).

Тоді:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 46.5}{3.14 \cdot 30 \cdot 0.85}} + 2.4^2 = 3.84 \text{ см}.$$

Знайдене розрахунковим шляхом значення діаметра циліндра, округляємо до найбільшого значення із нормального ряду діаметрів, приймаємо:

$$D = 60 \text{ мм}.$$

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                         |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

### 3.1.4 Розрахунок на міцність слабкої ланки пристрою.

Слабкою ланкою в пристосуванні є штифтове з'єднання, яке з'єднує коромисло із штоком гідроциліндру.

Виконуємо розрахунок штифта  $\varnothing 8$  із сталі 45.

Умова міцності штифтового з'єднання на зріз:

$$\tau = \frac{P}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} \leq [\tau];$$

$$\tau = \frac{465}{\frac{3,14 \cdot 8^2}{4}} = 4,6 \text{ МПа}$$

$$[\tau] = 160 \text{ МПа};$$

Умова виконується.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

### 3.2 Розробка конструкції контрольного пристрою

Контрольний пристрій винесено в графічну частину роботи. Він використовується для контролю глибини сферичної канавки деталі корпус QF20-1-01, яка разом з контрольними роликама  $\varnothing 3,969$  мм повинна мати розмір  $30,15 \pm 0,05$  мм.

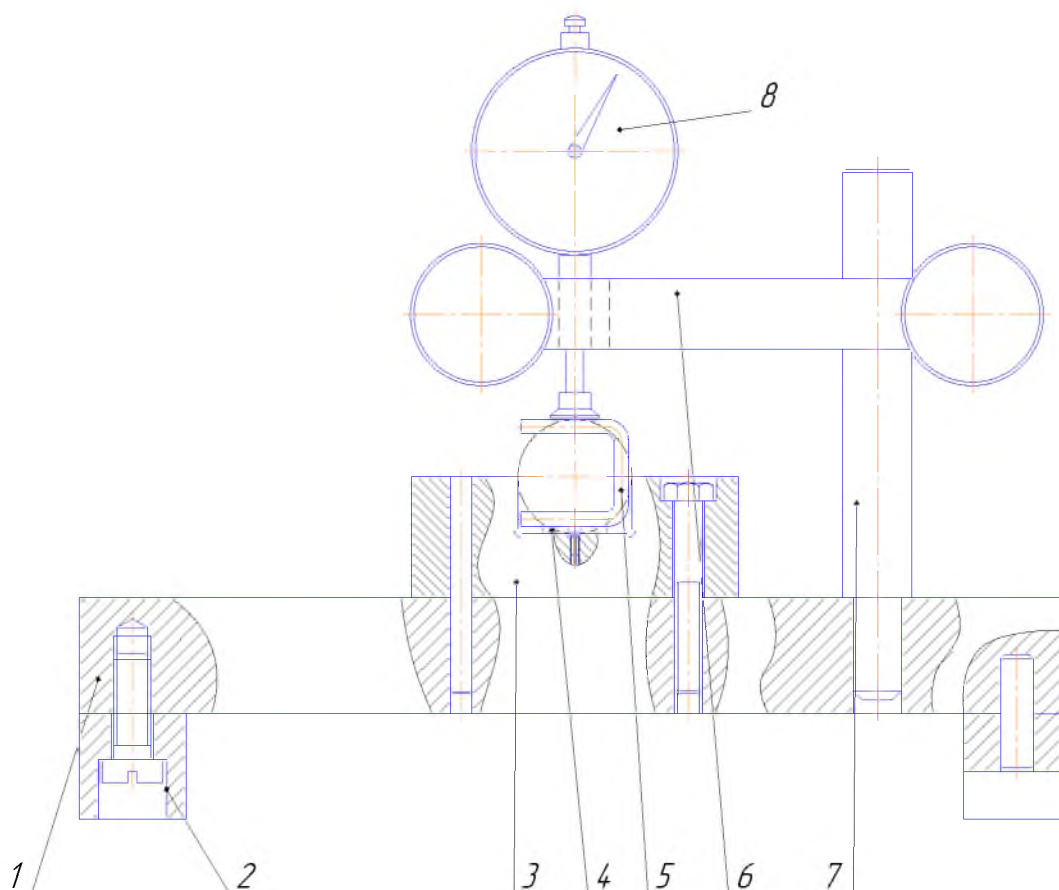


Рисунок 3.4 – Схема контрольного пристрою:

1 – плита; 2 – опора; 3 – площина; 4 – опорна планка; 5 – ролик; 6 – кронштейн;  
7 – стійка; 8 – індикатор.

Контроль будемо проводити індикатором часового типу ИЧ10 по ГОСТ577-68 з ціною поділки 0,01 мм.

На плиті поз. 1 за допомогою штифтів і гвинтів закріплено установочну площину поз. 3, на яку встановлено опорну планку поз. 4, саме на них і базується контрольована деталь. Перед тим як деталь буде встановлюватися на установочні

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ

Арк.

елементи на неї, в місці розташування контрольованої сферичної канавки одягається ролик  $\varnothing 3,969$  мм поз. 5, який імітує шарики (рис. 3.5). Індикатор поз. 8 кріпиться на стійці поз. 7, яка по посадці з натягом кріпиться до плити поз. 1. Для забезпечення коректності вимірів, головка індикатора виконана пласкою.



Рисунок 3.5 – Деталь з одягненим на неї роликом.

Перед початком роботи на контрольний пристрій встановлюється еталонна деталь і показання індикатора виставляються на нуль. Потім робочий встановлює контрольовану деталь. Відхилення індикатора від нуля покаже відхилення від розміру 30,15 мм.

Контрольний пристрій встановлюється на столі контролера за допомогою опор поз. 2.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

### 3.3 Розрахунок різучого інструменту

#### 3.3.1 Розрахунок радіального биття оправки

Для розточування двох отворів  $\varnothing 27^{+0,05}$  мм та  $\varnothing 24,68^{+0,05}$  мм в деталі напівмуфта QF20-1-03 на операції 020 алмазно-розточній, яка виконується на алмазно-розточувальному верстаті моделі ОС2754 використовуються оправка з розточними різцями.

Інструментальні блоки, які встановлені в шпинделі розточувальних головок верстату мод. ОС2754 повинні забезпечити точність приводу до вильоту різальних кромek не менше, як 0,005 мм.

Биття різальних кромek інструменту в технологічній системі верстату є важливою ланкою розмірного ланцюга, яка утворена відхиленням лінійних та кутових розмірів елементів визначених інструментів.

Кутові похибки і векторні помилки елементів інструментальних блоків слід визначити шляхом приведення перекосів осей до векторного виду в площині замикаючого ланцюга за допомогою передаточних відношень.

Радіальне биття оправки визначається за формулою:

$$\bar{e}_{\Sigma} = \frac{1}{K_{\Sigma}} \sqrt{\sum_1^n (e_i \cdot A_i \cdot K_i)^2}$$

де  $n$  - число елементів інструментального блоку, які впливають на точність позиціонування;

$K_{\Sigma}$  – коефіцієнт відносного розсіювання;

$e_i$  та  $A_i$  – векторні величини;

$K_i$  – приведений коефіцієнт відносного розсіювання приєднувальних поверхонь допоміжного інструменту.

Розрахунок биття циліндричної оправки.

Вихідні данні:

- биття отвору 7:24 біля торця – 0,008 мм;
- виліт шпинделя з інструментом – 300 мм;

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

- биття шпинделя – 0,01 мм;
- ступінь точності виготовлення конічного хвостовика 7:24 – АТ7;
- биття конічного отвору відносно конуса 7:24 на корпусі патрона – 0,01 мм;
- биття циліндричного отвору патрона – 0,01 мм.

Радіальне биття циліндричної оправки обумовлюється такими похибками:

- биттям конічного отвору в шпинделі – 0,004 мм при  $K_i=1,17$  та  $A_i=1$ ;
- перекосом осі шпинделя при величині вильоту 300 мм, який дорівнює 0,0001/300 при  $K_i = 1,09$  та  $A_i = 0,53$ .
- перекосом осі допоміжної втулки від похибок виготовлення конусів 7:24.

Похибка кутова 0,0025/100 при  $K_i = 1,51$  та  $A_i = 1,4$ .

- биттям конічного отвору відносно осі хвостовика патрона з конусом 7:24 биття не більш, як 0,01 мм;

тоді похибка вектора 0,005 мм, а приведений коефіцієнт відносного розсіювання.

$$K_i = 1,21 \text{ та } A_i = 1$$

- биттям осі допоміжної втулки при її встановленні в корпусі патрона.

Похибка кутова 0,005/100 при  $K_i = 1,37$  та  $A_i = 0,6$ .

- радіальним биттям циліндричного отвору. Похибка векторна 0,005 мм при  $K_i = 1,09$  та  $A_i = 1$ .

Тоді,

$$\bar{e}_{\Sigma} = \frac{1}{K_{\Sigma}} \sqrt{\sum_1^n (e_i \cdot A_i \cdot K_i)^2} = \frac{1}{1,04} \cdot \sqrt{(0,008 \cdot 0,8 \cdot 1,37)^2} = 11,2 \text{ мкм}$$

Биття оправки

$$2 \cdot \bar{e}_{\Sigma} = 2 \cdot 11,2 = 22,4 \text{ мкм} = 0,022 \text{ мм}$$

Реальне биття оправки менше, ніж допустиме

$$2 \cdot \bar{e}_{\Sigma} = 0,22 < 2 \cdot \bar{e}_{\text{дон}} = 0,52$$

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

### 3.3.2 Розрахунок податливості інструментального блоку

Точність обробки поверхонь деталі залежить від величини деформації інструментальних блоків.

В реальних умовах обробки деформація блоку не повинна перевищувати величини допускаємої податливості блоку  $\delta$  в точці прикладення зусилля різання.

Для розточних оправок при розточуванні отворів діаметром до 100 мм похибка не повинна перевищувати

$$\delta = 0,073 \text{ мкм/Н}$$

Інструментальна оправка витримує деформацію деталей на згин та деформацію контакту поверхонь елементів блоку в місті з'єднання.

Пружні контактні деформації  $y$  під дією сили  $P$ , яка діє на відстані  $L$  від стику, визначається за формулою:

$$y = \delta_o + \gamma \cdot L$$

де  $\delta_o$  - контактна деформація;

$\gamma$  - перекося в з'єднанні.

Для конічних поверхонь

$$\delta_o = \frac{4 \cdot P \cdot \beta \cdot c}{\pi \cdot D} \cdot (\beta \cdot L_{c1} + c_2)$$

$$\gamma = \frac{4 \cdot P \cdot \beta^2 \cdot c}{\pi \cdot D} \cdot (\beta \cdot L_{c3} + c_1)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт, який залежить від умов обробки та конструкції оправки.

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{1}{13 \cdot c \cdot D^3}}$$

$c$  – коефіцієнт контактної податливості ( $c = 0,0002 \text{ мм}^3/\text{Н}$ );

$c_1$ ,  $c_2$  та  $c_3$  – коефіцієнти, які враховують зміну діаметру конусної поверхні по довжині кінцевого з'єднання. ( $c_1 = c_2 = 1,35$ ;  $c_3 = 1$ );

$D$  - найбільший діаметр конусу ( $D = 69,85 \text{ мм}$ );

$P$  – радіальне зусилля різання ( $P = 1 \text{ кН}$ );

Сумарна деформація блоку складається з:

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

- деформації оправки  $\varnothing 72$  мм на довжині  $L = 94$  мм;
- деформації циліндричної частини ( $L = 170$  мм);
- деформації контактних поверхонь конуса 7:24.

Тоді деформація блоку

$$\delta_o = \frac{P \cdot l^3 \cdot 10^3}{3 \cdot E \cdot I_{x\phi}} + \frac{P \cdot L^3 \cdot 10^3}{0,15 \cdot E \cdot D_k} + P \cdot \frac{\theta}{M_1} \cdot L^2 + P \cdot \frac{\theta}{M_2} \cdot l^2$$

де  $E$  – модуль нормальної пружності ( $E = 2,1 \cdot 10^2$  ГПа);

$I_{x\phi}$  – момент інерції хвостовика;

$D_k$  - базовий діаметр конуса;

$\frac{\theta}{M_1}$  - податливість конуса:

$$\frac{\theta}{M_1} = 0,00142 \text{ мм/кНм}$$

$\frac{\theta}{M_2}$  - податливість циліндричної оправки:

$$\frac{\theta}{M_2} = 0,0062 \text{ мм/кНм}$$

Підставивши вихідні данні в формулу  $\delta_o$ , отримаємо

$$\delta_o = 0,1293 \text{ мм}$$

Тоді податливість блоку

$$\Pi = \frac{\delta}{P} = \frac{0,1293}{1000} = 0,0001293 \text{ мм/Н}$$

Дійсна підатливість блоку не перевищує допустиму величину

$$\Pi = 0,0001293 < \delta = 0,073$$

Таким чином, конструкція та розміри оправки дозволяють отримати задану точність розточування отворів (+0,05 мм).

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## 4 Дослідна частина

### Дослідження динамічних характеристик двозахватних пристроїв промислових роботів

#### 4.1 Мета та завдання дослідження

Актуальність теми. Промисловий робот — це автоматична машина, яка являє собою сукупність маніпулятора та перепрограмуемого пристрою керування, що виконує у виробничому процесі рухові та керуючі функції, замінюючи функції людини при переміщенні предметів виробництва та (чи) технологічного оснащення.

Промислові роботи дають можливість автоматизувати не тільки основні, а й допоміжні операції, чим і пояснюється постійно зростаючий інтерес до них.

Одна з основних причин розробок та впровадження роботів є економія коштів. В порівнянні з традиційними засобами автоматизації промислові роботи забезпечують більшу гнучкість технологічних та організаційних рішень, зниження термінів комплектації та пуску у виробництво автоматизованих систем. Використання роботів для автоматичної установки і зняття деталей дозволяє робітникам обслуговувати від чотирьох до восьми металорізальних верстатів. Найбільший економічний ефект може бути досягнений при обслуговуванні роботом декількох верстатів або при організації двох-трьохзмінної роботи.

Продуктивність роботи робототехнологічного комплексу на пряму залежить від часу простоювання верстату (неперекритого часу роботи промислового робота). На цей час має вплив багато факторів, один з них це інерційні характеристики двозахватного пристрою. Оскільки процес зміни захватів місцями характеризується зворотно-обертовими рухами, то в момент зупинки в захватниму пристрої виникають коливальні процеси на затухання яких потрібний час. Тож, аналіз можливості зменшення інерційних характеристик є актуальною

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

проблемою, вирішення якої може підвищити продуктивність роботи гнучких систем.

Мета і завдання дослідження.

1. Провести аналіз існуючих конструкцій двозахватних промислових роботів.
2. Дослідити інерційні характеристики типових конструкцій двозахватних пристроїв промислових роботів.
3. Провести аналіз інерційних характеристик з “короткими” та “довгими”.
4. Проаналізувати залежності інерційності від маси деталі та співвідношення довжини деталі до її діаметру.

Об’єкт дослідження – РТК з двозахватними промисловими роботами.

Предмет досліджень – інерційні характеристики двозахватних пристроїв.

#### **4.2 Аналіз існуючих конструкцій двозахватних промислових роботів**

Огляд інформації по двозахватним промисловим роботам дозволяє розділити існуючі конструкції на пристрої, що мають власні ступені рухомості (механізм зміни захватів місцями (ЗЗМ)), і ті, що не мають зазначених ступенів рухомості.

Типовими прикладами двозахватних конструкцій, що не мають власних ступенів рухомості є пристрої, які використовуються для затиску довгих та важких деталей типу вали. Ці захвати приведені в роботах Беляніна П.М. [12], Козирєва Ю.Г. [13], Нофа Ш. [14], Спину Г.А. [15], Соломенцева Ю.М. [16], Ямпольського Л.С. [17].

На рис. 4.1, а, показано конструкцію центруючого захвату з гідроприводом для деталей типу валів діаметром від 40 до 250 мм і масою до 160 кг. Даний захват застосовується в промисловому роботі типу СМ160Ф2 і призначений для обслуговування токарних верстатів з ЧПК. Захвати мають автономні приводи, що забезпечує можливість центрування і затиску ступінчатих валів, шийки яких мають різні діаметри.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

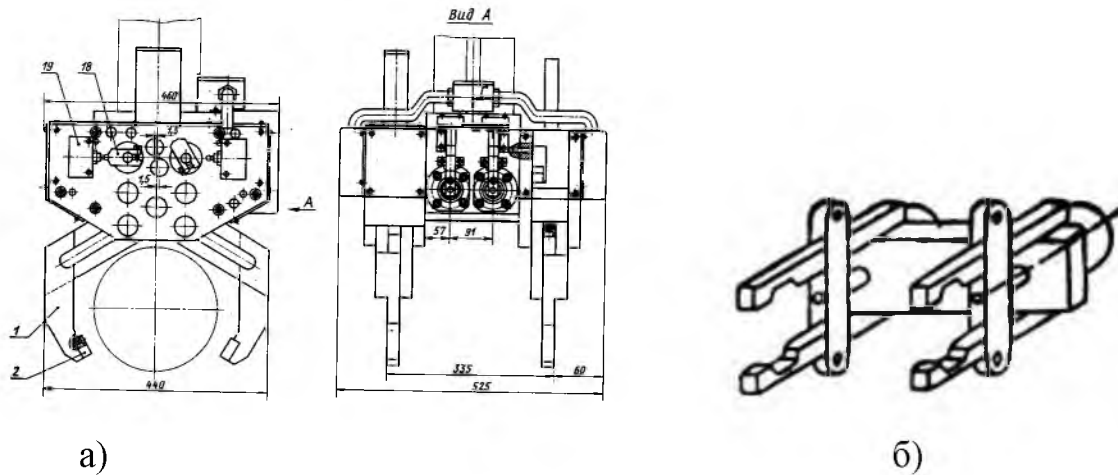


Рисунок 4.1 – Захвати промислових роботів для довгих і важких деталей:

а – двозахватний пристрій робота CM160Ф2;

б – двозахватний пристрій фірми “Yaskawa Electric ManufacturingCo”

Захват, представлений на рис. 4.1, б, використовується в поворотних маніпуляторах фірмою “Yaskawa Electric ManufacturingCo” /Японія/ для одночасного утримання двох деталей.

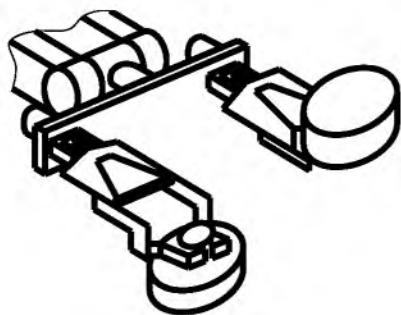


Рисунок 4.2 – Двомісний захват фірми “Unimate”.

Провідні закордонні фірми, такі як “ABB”, “PUMA”, “Seiko”, “KUKA”, “REIS”, “Unimate”, “Fanuk” та інші, що спеціалізуються на випуску ПР, також застосовують двозахватні виконання в своїх конструкціях.

На рис. 4.2, наведено двомісний захватний пристрій, що використовується в роботах фірми “Unimate”. Даний пристрій застосовується при роботі з деталями типу втулки, диски, зубчасті колеса тощо.



Рисунок 4.3 – Двозахватний пристрій фірми “ABB” /Швейцарія/



Рисунок 4.4 – Двозахватний робот серії S-900IB фірми “Fanuk” /Японія/

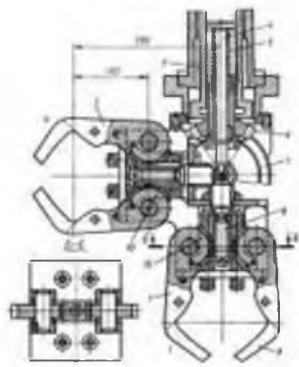
Двозахватні роботи фірм “ABB” та “Fanuk” з паралельно розміщеними захватами використовуються для затиску деталей невеликої ваги.



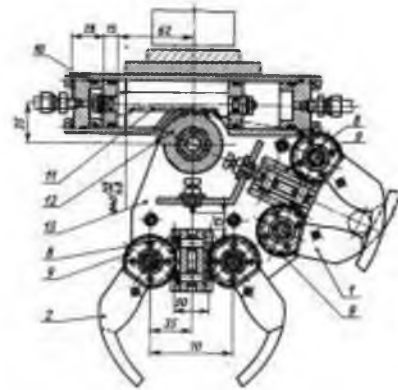
Рисунок 4.5 – Двозахватний робот W-40B, фірми “Fanuk” /Японія/

Для підвищення продуктивності розвантажувально-завантажувальних робіт у пристрої необхідно передбачити механізм ЗЗМ. В якості таких механізмів можуть використовуватися приводи різного конструктивного виконання.

Типовими прикладами пристроїв даної категорії, є двозахватні конструкції, в яких захвати розташовані під кутами, їх схеми наведені в роботах Козирєва Ю.Г. [13], Фролова Є. І. [18], Соломенцева Ю.М. [16]. Дані захвати використовуються при завантаженні металообробного обладнання чи проведенні подібних операцій, коли один із захватів використовується для зняття з робочої позиції обробленої деталі, а другий – для встановлення заготовки. Зазначені конструкції представлені на рис. 4.6, в них для ЗЗМ використано конічну зубчасту (рис. 4.6, а), та рейкову (рис. 4.6, б) передачі.



а)



б)

Рисунок 4.6 – Двозахватні пристрої, захвати яких розташовані під кутом.

Захвати даного типу можуть використовуватися для деталей різних класів (вали, фланці, втулки та ін.), при затиску їх за зовнішню поверхню.

В ПР “Електроніка” та “РБ 242” двозахватні пристрої оснащені механізмами ЗЗМ, які реалізовані обертовими кінематичними парами.



Рисунок 4.7 – Двозахватний пристрій ПР “Електроніка”



Рисунок 4.8 – Двозахватний пристрій ПР “РБ 242”

Досить типовою є конструкція, наведена в роботі К.В. Фролова, Е.И. Воробйова [18] в якій захвати розміщені співвісно.

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ

Арк.

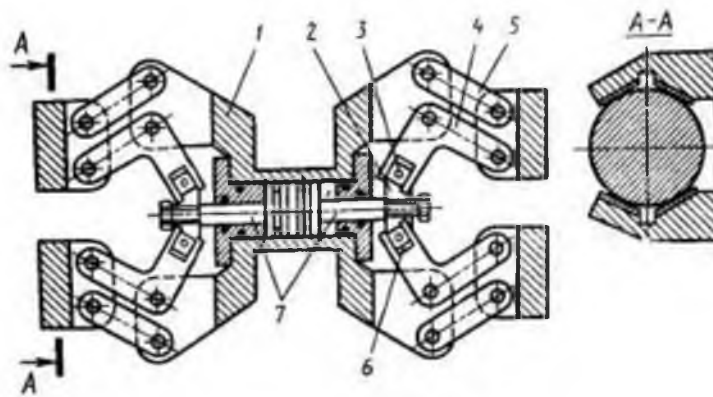


Рисунок 4.9 – Пристрій з співвісно розміщеними захватами.

Корпорація “Mask Corporation” /США/, яка спеціалізується на випуску захватних пристроїв для ПР, також має в своєму асортименті двозахватні виконання з механізмами ЗЗМ. Зазначені механізми реалізовані обертовими (рис. 4.10, а) та поступальними (рис. 4.10, б) рухами.



а)



б)

Рисунок 4.10 – Двозахватні пристрої фірми “Mask Corporation” /США/

Отже, двозахватні конструкції широко використовуються в промислових роботах, що призначені для обслуговування металообробних РТК. На рис. 4.11, 4.12 представлені ДПР фірм “JOHN HART” та “Fanuk”.



Рисунок 4.11 – ДПР М420ІА,  
фірми “JOHN HART”  
/Австралія/



Рисунок 4.12 – Двозахватний робот  
LR Mate 200ІВ, фірми “Fanuk”  
/Японія/

Наведенні вище конструкції є достатньо типовими виконаннями, які широко використовуються у виробництві.

Взагалі, відомості про двозахватні промислові роботи наведені в багатьох працях, зокрема Козирева Ю.Г. [13], Фролова К.В. [18], Нофа Ш. [14], Соломенцева О.П. [16], Павленка І.І. [19, 20], присвячених проблемам робототехніки. Але в переважній більшості вони носять ознайомчий характер, обмежуючись наведенням схем та конструкцій типових, найбільш поширених двозахватних пристроїв та поданням загальних вимог до особливостей використання конструкцій та їх впливу на динаміку роботи ПР. Тож дослідження неперекритого часу роботи промислового робота є актуальною задачею.

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ

Арк.

### 4.3 Дослідження динамічних характеристик двозахватних промислових роботів.

Вирішення поставленої задачі направлено на підвищення якості використання двозахватних пристроїв промислових для обслуговування верстатів по забезпеченню їх завантаження і розвантаження. Для цього необхідна реалізація процесу зміни захватів місцями, що здійснюється обертовими рухами. Виходячи з того, що двозахватні пристрої можуть мати різне структурне, а відповідно і конструктивне виконання, то вони характеризуються різними динамічними навантаженнями.

Основний критерій, який визначає можливість включення верстату в склад РТК – ступінь його автоматизації. Як уже зазначалося, з усіх можливих типів токарних верстатів найбільш доцільно в складі РТК використовувати верстати з ЧПК, або автомати та напіваавтомати.

При обробці деталей використовуються токарні верстати з ЧПК, також такі верстати використовуються для обробки інших деталей гідравлічних муфт, а для їх обслуговування можливо застосувати двозахватних промислових роботів.

Процес обертання захватів вимагає прикладення приводом обертового моменту:

$$M_{об} = I \cdot \varepsilon;$$

де  $I$  – момент інерції обертової частини;

$\varepsilon$  – обертове прискорення.

Від величини обертового моменту залежать розміри та вага приводу механізму ЗЗМ, а відповідно навантаження на руку робота. Ці характеристики залежать від моменту інерції обертової частини двозахватного пристрою, який в загальному виді визначається:

$$I = \sum_{i=1}^m m_i \cdot h_i^2;$$

де  $m_i$ ;  $h_i$  – відповідно значення маси і відстані її від вісі, відносно якої визначається момент інерції.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Наведена сума замінюється інтегралом, розповсюдженням на всю масу  $M$  обертової частини:

$$I = \int_{(M)} h^2 \cdot dm.$$

Загальний момент обертової частини двозахватного пристрою (рис. 4.13) буде:

$$I = 2 \cdot I_{\partial} + 2 \cdot I_{\text{з}} + I_{\text{пл}};$$

де  $I_{\partial}, I_{\text{з}}, I_{\text{пл}}$  - відповідно моменти інерції від утримуваних деталей, захватів та з'єднувальної пластини, відносно вісі обертання (X).

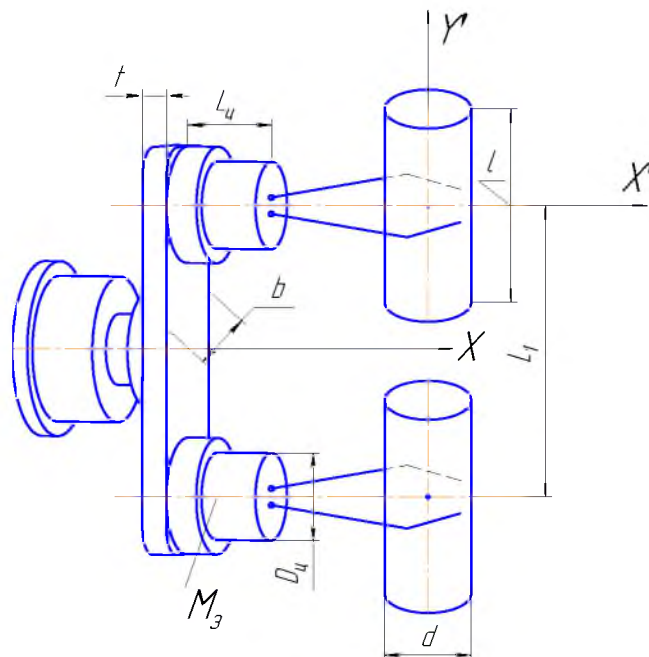


Рисунок 4.13 – Розрахункова схема для визначення інерційності конструкції

Використавши теорему Гюйгенса – Штейнера про моменти інерції відносно паралельної вісі, момент інерції утримуваних деталей відносно вісі (X):

$$2I_{\partial} = 2 \left[ \frac{M_{\partial}}{12} (l^2 + \frac{3}{4} d^2) + \frac{M_{\partial} \cdot L_1^2}{4} \right] = \frac{M_{\partial}}{24} (4l^2 + 3d^2 + 12L_1^2);$$

де  $M_{\partial}$  – маса деталі, кг;

$l, d$  – довжина та діаметр деталі, м.

Маса захвату визначається по основній його частині – циліндру приводу:

$$M'_3 = \frac{\pi \cdot d_y^2}{4} l_y \cdot j;$$

де  $d_{ц}$ ;  $l_{ц}$  – відповідно діаметр і довжина циліндру затискного пристрою.

Враховуючи те, що циліндр всередині має порожнистості, реальну масу можна визначити як суму мас деталей, що в нього входять, або з допомогою коефіцієнта порожнистості ( $K_n$ ). Тоді:

$$M_3 = K_n \cdot M'_3.$$

За результатами аналізу існуючих циліндрів затиску  $K_n = 0,4 - 0,6$ .

В цілому момент інерції захватів:

$$I_3 = 2 \left( \frac{M_y}{8} d_y^2 + \frac{M_y}{4} L_1^2 \right) = \frac{M_y}{4} (D_y^2 + 2L_1^2)$$

Момент інерції з'єднувальної планки:

$$I_{nl} = \frac{M_{nl}}{12} [(L_1 + d_y)^2 + B^2]$$

де  $B$  – ширина планки.

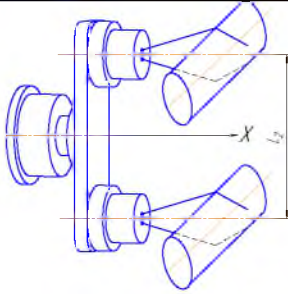
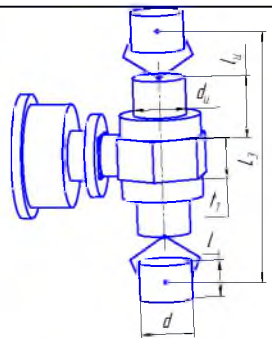
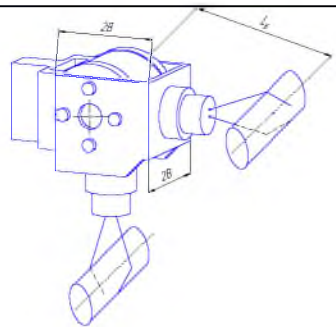
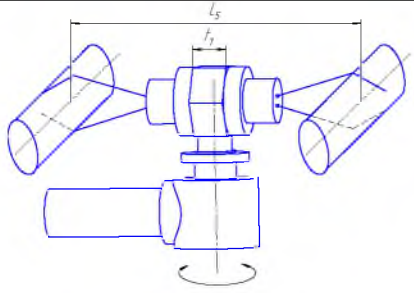
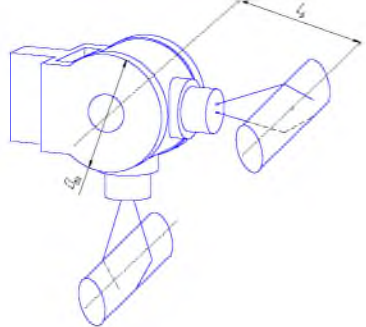
Таким чином, загальний момент інерції обертової частини двозахватного пристрою буде:

$$I = \frac{M_{\phi}}{24} (4l^2 + 3d^2 + 12L_1^2) + \frac{M_y}{4} (d_y^2 + 2L_1^2) + \frac{M_{nl}}{12} [(L_1 + d_y)^2 + B^2]$$

Подібно визначається момент інерції для інших варіантів двозахватних пристроїв. Результати розрахунку зведені до таблиці 4.1.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Таблиця 4.1 – Інерційні характеристики двозахватних пристроїв

| № | Розрахункова схема                                                                  | Момент інерції обертової частини двозахватного пристрою                                                                                               |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 |    | $I = \frac{M_{\partial}}{24}(4l^2 + 3d^2 + 12L_2^2) +$ $+ \frac{M_y}{4}(d_y^2 + 2L_2^2) +$ $+ \frac{M_{nn}}{12}[(L_2 + d_y)^2 + B^2]$                 |
| 3 |    | $I = \frac{M_{\partial}}{24}(4l^2 + 3d^2 + 12L_3^2) +$ $+ \frac{M_y}{24}(4l_y^2 + 3d_y^2 + 12(d_y + t_1)^2) +$ $+ \frac{M_{nn}}{12}(d_y^2 + t_1^2).$  |
| 4 |   | $I = \frac{M_{\partial}}{4}(d^2 + 8L_4^2) +$ $+ \frac{M_y}{24}[4l_y^2 + 3d_y^2 + 12(3B + l_y)^2] +$ $+ \frac{M_{nn}}{30}(16B^2 + t^2).$               |
| 5 |  | $I = \frac{M_{\partial}}{24}(4l^2 + 3d^2 + 12L_5^2) +$ $+ \frac{M_y}{24}(4l_y^2 + 3d_y^2 + 12(d_y + t_1)^2) +$ $+ \frac{M_{nn}}{12}(d_y^2 + t_1^2).$  |
| 6 |  | $I = \frac{M_{\partial}}{4}(d^2 + 8L_6^2) +$ $+ \frac{M_y}{24}[4l_y^2 + 3d_y^2 + 12(D_{oy} + l_y)^2] +$ $+ \frac{M_{oy}}{8}(D_{oy}^2 + D_{oy(0)}^2).$ |

На основі наведених розрахунків виконано порівняльну оцінку інерційності досліджуваних пристроїв. При цьому приймемо умову, що транспортовані деталі мають однакову масу  $M_d = 2\text{ кг}$  та однакові співвідношення розмірів  $l : d = 5$  ( $l = 0,2\text{ м}$ ;  $d = 0,04\text{ м}$ ). Подібні обмеження застосовано і відносно довжини та діаметру циліндрів захватів  $l_{ц} : d_{ц} = 1$  ( $l_{ц} = 0,08\text{ м}$ ;  $d_{ц} = 0,08\text{ м}$ ;  $M_3 = 0,8\text{ кг}$ ). Параметри приєднувальної ланки можна представити  $L_1 = 0,22\text{ м}$ ;  $B = 0,08\text{ м}$ ;  $M_m = 0,8\text{ кг}$ .

Підставивши наведені значення в формулу, отримаємо момент інерції по першій схемі:

$$I = \frac{2}{24}(4 \cdot 0,2^2 + 3 \cdot 0,04^2 + 12 \cdot 0,22^2) + \frac{0,8}{4}(0,08^2 + 2 \cdot 0,22^2) + \frac{0,8}{12}[(0,22 + 0,08)^2 + 0,08^2] = 0,0621 + 0,0206 + 0,0064 = 0,0891\text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Аналогічні розрахунки проведено для випадку коли захватом утримується “коротка” деталь такої ж маси з співвідношення розмірів  $l : d = 0,5$  ( $l = 0,043\text{ м}$ ;  $d = 0,086\text{ м}$ ).

$$I = \frac{2}{24}(4 \cdot 0,043^2 + 3 \cdot 0,086^2 + 12 \cdot 0,22^2) + \frac{0,8}{4}(0,08^2 + 2 \cdot 0,22^2) + \frac{0,8}{12}[(0,22 + 0,08)^2 + 0,08^2] = 0,0509 + 0,0206 + 0,0064 = 0,0779\text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Для інших схем результати розрахунків наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Значення моментів інерції по варіантах захватів

| № з/п | Моменти інерції елементів захватного пристрою при затиску “довгої” деталі*                                                                | Моменти інерції елементів захватного пристрою при затиску “короткої” деталі*                                                              |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | 2                                                                                                                                         | 3                                                                                                                                         |
| 2     | $I' = 0,0393\text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ;<br>$I'' = 0,0115\text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ;<br>$I''' = 0,0027\text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ; | $I' = 0,0281\text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ;<br>$I'' = 0,0115\text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ;<br>$I''' = 0,0027\text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ; |

Продовження таблиці 4.2

| 1 | 2                                                                                                                                         | 3                                                                                                                                         |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | $I' = 0.1581 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$<br>$I'' = 0,0055 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$<br>$I''' = 0,0005 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$ | $I' = 0.0732 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$<br>$I'' = 0,0055 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$<br>$I''' = 0,0005 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$ |
| 4 | $I' = 0.1944 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$<br>$I'' = 0,0425 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$<br>$I''' = 0,0085 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$ | $I' = 0.2399 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$<br>$I'' = 0,0425 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$<br>$I''' = 0,0085 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$ |
| 5 | $I' = 0.0621 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$<br>$I'' = 0,0055 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$<br>$I''' = 0,0005 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$ | $I' = 0.0732 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$<br>$I'' = 0,0055 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$<br>$I''' = 0,0005 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$ |
| 6 | $I' = 0.0792 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$<br>$I'' = 0,0117 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$<br>$I''' = 0,0011 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$ | $I' = 0.1099 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$<br>$I'' = 0,0117 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$<br>$I''' = 0,0011 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$ |

\* –  $I'$ ;  $I''$ ;  $I'''$  – моменти інерції відповідно деталей, захватів та перехідних елементів.

За отриманими даними побудовано стовпчасті діаграми (рис. 4.14) для наглядного уявлення впливу розмірів деталі та її форми, на інерційні характеристики захватних пристроїв.

З діаграми видно, що основне інерційне навантаження створюють затиснуті захватом деталі. Їх момент по відношенню до моменту інерції, що створюється захватами та перехідними елементами в 2 – 4 рази більший.

Аналіз інерційних характеристик захватних пристроїв без врахування деталей показав перевагу пристроїв 3 та 5. Це пов'язано з компактним розташуванням захватів та вдало підібраною конструкцією кронштейну.

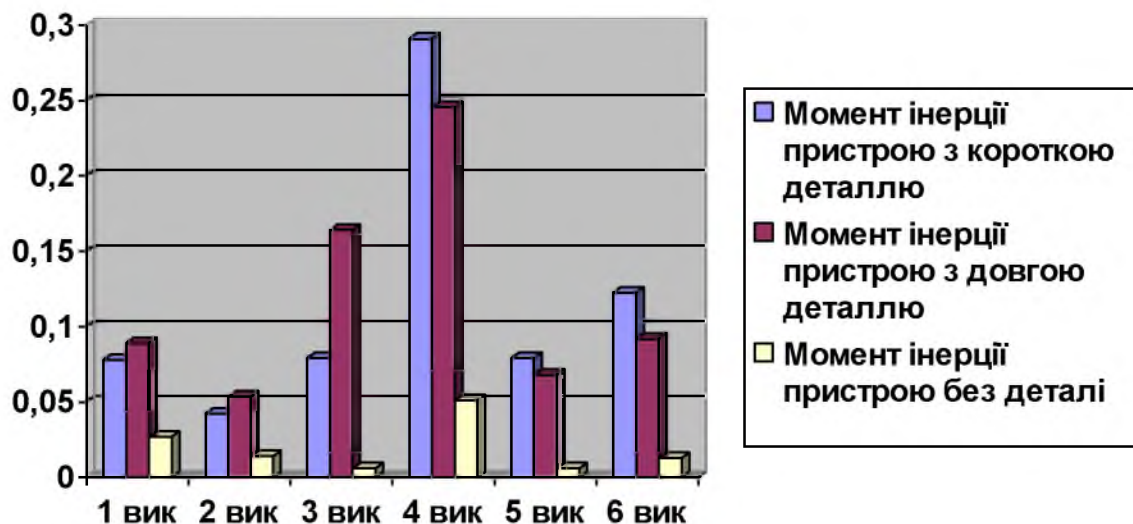


Рисунок 4.14 – Діаграми аналізу інерційності конструкцій двозахватних пристроїв.

При затиску довгих деталей оптимальними є виконання 1, 2, 5 та 6. Але з урахуванням мінімального простору для процесу зміни захватів місцями перспективним є варіант 6.

Після аналізу можливості затиску коротких деталей перевага виконань 1, 2, 3 та 5 очевидна. Але варіант 3 дозволяє затискати деталь з торцевої сторони або за внутрішню поверхню, що може бути необхідним при роботі саме з короткими деталями.

Для більш повного аналізу інерційних характеристик різних виконань двозахватних пристроїв побудовано графіки їх залежності від маси утримуваних деталей та співвідношення довжини деталі до її діаметру (рис. 4.15 та 4.16). Для побудови вказаних залежностей використаємо програмний продукт MathCAD 2000 Professional.

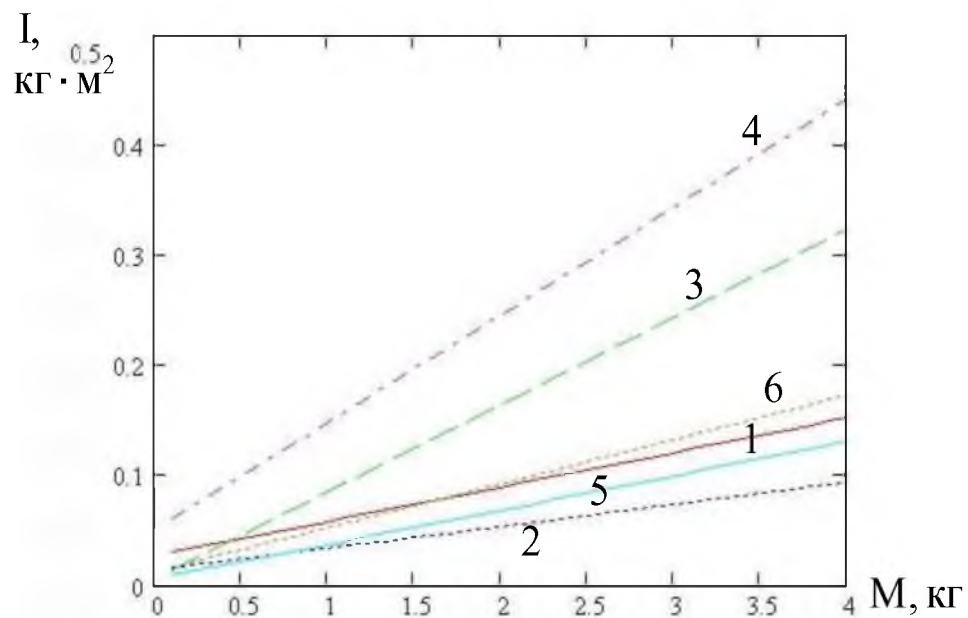


Рисунок 4.15 – Графік залежності інерційності від маси деталі.

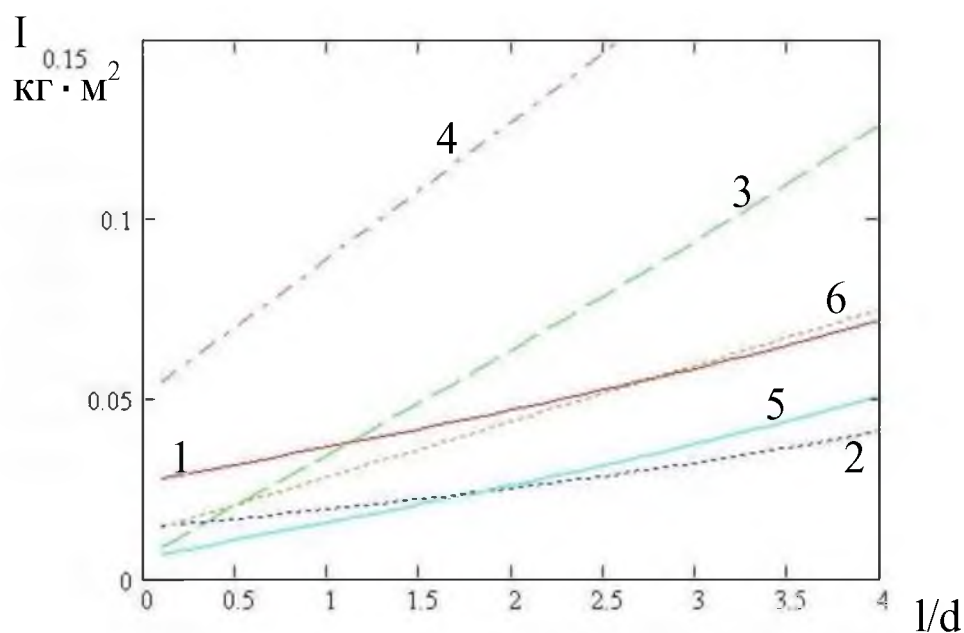


Рисунок 4.16 – Графік залежності інерційності від відношення  $l/d$ .

З графіків видно, що різні конструкції пристроїв мають різну інерційність і різний вплив маси та габаритних розмірів на неї. Наявність отриманих результатів дозволяє обґрунтовано вибирати ті чи інші конструкції для певних умов роботи. Графіки підтверджують меншу інерційність 1, 2, 5 та 6 виконань.

#### 4.4 Висновки

В даному розділі було проаналізовано можливість використання ДПР для завантаження та розвантаження токарних верстатів при виготовленні деталей гідромуфт.

Зокрема в розділі вирішені наступні питання:

1. Дослідження інерційних характеристик ДП вказують на те, що утримувані деталі створюють головне навантаження в плані інерційності.

2. Встановлено, що момент інерції затискуваних деталей відносно моменту, що створюється захватами та з'єднувальними ланками у 2 – 3 рази більший.

3. Проведений аналіз інерційних характеристик з “короткими” та “довгими” деталями підтвердив припущення доцільності використання різних пристроїв для різних деталей та умов роботи.

4. Проаналізовано залежності інерційності ДП від маси утримуваних деталей та співвідношення їх габаритів.

Обґрунтування даних питань дозволить зменшити час простоювання обладнання за рахунок вибору доцільних виконань двозахватних пристроїв для певних умов роботи та введення у конструкції двозахватних пристроїв гальмівних механізмів.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## 5 Організаційна частина

### 5.1 Розрахунок потрібної кількості обладнання та коефіцієнту його завантаження

Середній коефіцієнт завантаження робочих місць, зайнятих у виготовленні даної деталі, розраховують у такій послідовності.

Потрібну кількість робочих місць на операціях проектного технологічного процесу визначаємо за формулою:

$$q_{p(i)} = \frac{N_z \cdot t_{um(i)}}{F_{\text{дрм}} \cdot 60 \cdot k_e}, \quad (5.1)$$

де  $t_{um(i)}$  - штучний час  $i$ -ої операції, хв.;

$F_{\text{дрм}}$  - дійсний річний фонд часу роботи обладнання, годин;

$$F_{\text{дрм}} = F_n S (1 - 0,01f), \quad (5.2)$$

де  $F_{\text{дрм}}$  - номінальний (режимний) фонд часу роботи обладнання в одну зміну, годин (визначається щорічно за календарем);

$S$  - режим (кількість змін) роботи цеху;

$f$  - регламентований процент втрат робочого часу, пов'язаний з плановими простоюваннями обладнання під час планових ремонтів та міжремонтного обслуговування. Для механообробного обладнання величина  $f$  може складати 8-10% [24, с. 4];

$$F_{\text{дрм}} = (365 - 104 - 11) \cdot 8 \cdot 2 \cdot (1 - 0,01 \cdot 8) = 3680 \text{ год.}$$

$k_e$  - нормативний коефіцієнт виконання норм часу (приймається у розмірі 1,01-1,1 згідно [24, с. 4]).

На операції 005 техпроцесу обробки деталі «корпус»:

$$q_{p(1)} = \frac{12000 \cdot 2,575}{3680 \cdot 60 \cdot 1,01} = 0,14$$

Аналогічно виконані розрахунки по інших операціях техпроцесу зведемо до табл. 5.1.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Коефіцієнт завантаження обладнання по кожній деталі-операції:

$$\eta_{з(i)} = \frac{q_{p(i)}}{q_{np(i)}} \quad (5.3)$$

$$\eta_{з(1)} = \frac{0,14}{1} = 0,14$$

Середній коефіцієнт завантаження робочих місць на усіх операціях технологічного процесу виготовлення деталі «корпус»:

$$\bar{\eta}_з = \frac{\sum_{i=1}^m q_{p(i)}}{\sum_{i=1}^m q_{np(i)}} = \frac{0,36}{3} = 0,12 \quad (5.4)$$

де  $q_{np(i)}$  - прийнята (ціла) кількість робочих місць;

$m$  - кількість операцій технологічного процесу.

Таблиця 5.1 – Розрахунок завантаження обладнання

| №<br>опер           | Найменування операції | T <sub>штг</sub> , хв. | Кількість<br>обладнання |                 | η <sub>з</sub> | η̄ <sub>з</sub> |
|---------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|-----------------|
|                     |                       |                        | q <sub>p</sub>          | q <sub>np</sub> |                |                 |
| Деталь «корпус»     |                       |                        |                         |                 |                |                 |
| 005                 | Токарна з ЧПК         | 2,575                  | 0,14                    | 1               | 0,14           | 0,12            |
| 010                 | Токарна з ЧПК         | 2,777                  | 0,15                    | 1               | 0,15           |                 |
| 015                 | Алмазно-розточна      | 1,315                  | 0,07                    | 1               | 0,07           |                 |
|                     | Всього                | 6,667                  | 0,36                    | 3               | 0,36           |                 |
| Деталь «напівмуфта» |                       |                        |                         |                 |                |                 |
| 005                 | Токарна з ЧПК         | 2,324                  | 0,13                    | 1               | 0,13           | 0,16            |
| 010                 | Токарна з ЧПК         | 1,362                  | 0,07                    | 1               | 0,07           |                 |
| 015                 | Свердлильна з ЧКП     | 5,044                  | 0,27                    | 1               | 0,27           |                 |
| 020                 | Алмазно-розточна      | 2,970                  | 0,16                    | 1               | 0,16           |                 |
|                     | Всього                | 11,70                  | 0,63                    | 4               | 0,63           |                 |

Середній коефіцієнт завантаження по цеху  $\bar{\eta}_з = (0,12 + 0,16) : 2 = 0,14$

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## 5.2 Розрахунок календарно-планових нормативів

До календарно-планових нормативів серійного виробництва належать:

- розмір партії деталей;
- кількість запусків партії деталей;
- періодичність (ритм) запуску-випуску партії деталей;
- тривалість операційних та технологічного циклів обробки деталі;
- розмір циклового запасу деталей.

Розмір партії деталей розраховуємо у два етапи: спочатку визначимо розрахунковий розмір партії, а потім цю величину скорегуємо з урахуванням виробничих умов.

Для визначення розрахункового розміру партії деталей  $n_p$  скористаємося другим методом [24, с. 5], який застосовується у тому разі, коли в технологічному процесі відсутні трудомісткі за переналагоджуванням операції (тобто підготовчо-заклучний час не перевищує 30 хв.). Щоб не допускати частих переналагоджувань обладнання, час виготовлення партії деталей на найбільш продуктивній операції не повинен бути меншим, ніж половина зміни. Тобто:

$$n_p = \frac{0,5 \cdot F_{зм}}{t_{ум}^{\min}}, \quad (5.5)$$

де  $F_{зм}$  – дійсний фонд часу зміни (440 хв.);

$t_{ум}^{\min}$  – штучний час найбільш продуктивної операції.

Для деталі «корпус»:

$$n_p^к = \frac{0,5 \cdot 440}{1,315} \approx 167 \text{ шт.};$$

Для деталі «напівмуфта»:

$$n_p^н = \frac{0,5 \cdot 440}{1,362} \approx 162 \text{ шт.}$$

Для спрощення планування та обліку, партія деталей повинна укладатися в річну програму запуску ціле число разів. Тому, після визначення розрахункової кількості партій протягом року за формулою:

$$A_p^к = \frac{N_z}{n_p} = \frac{12000}{167} = 72, \quad A_p^н = \frac{N_z}{n_p} = \frac{12000}{162} = 74, \quad (5.6)$$

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                         |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

визначимо фактичну кількість партій ( $A_{\phi}$ ) шляхом підбору найближчого до  $A_p$  цілого значення з уніфікованого ряду:

1, 2, 4, 8, 12, 18, 24, 36, 48, 52, 104, 250,

після чого скорегуємо, відповідно до отриманого значення  $A_{\phi}$ , розмір партії деталей. Для обох деталей:

$$A_{np} = 52;$$

$$n_{np} = \frac{N_z}{A_{\phi}} = \frac{12000}{52} = 231 \text{ шт.} \quad (5.7)$$

Періодичність (ритм) запуску-випуску партій деталей:

$$R_z = \frac{T_p}{A_{\phi}} = \frac{250}{52} = 4,8 \text{ роб. днів,} \quad (5.8)$$

де  $T_p$  - кількість робочих днів протягом року.

Тривалість багатоопераційного виробничого циклу виготовлення партії деталей залежить від тривалості операційних циклів, способу їхнього сполучення у часі (прийнятого виду руху партії деталей) та часу межопераційних перерв.

Тривалість операційного циклу:

$$T_{o(i)} = \frac{n_{np} \cdot t_{\kappa-\partial(i)}}{S \cdot F_{\text{зм.}\partial}}, \quad (5.9)$$

де  $n_{np}$  - остаточно прийнятий розмір партії деталей, шт.;

$t_{\kappa-\partial(i)}$  – калькуляційно-дійсний час на даній детале-операції, хв.

$$t_{\kappa-\partial(i)} = \frac{t_{\text{ум}(i)}}{k_e \cdot p_{m(i)} \cdot q_{np(i)}} + \frac{t_{n-z(i)}}{n_{np}}, \quad (5.10)$$

де  $k_e$  - коефіцієнт виконання норм на даній операції;

$p_{m(i)}$  - технологічна партія деталей (кількість деталей, що одночасно оброблюються в багатопозиційному пристосуванні), шт.

$q_{np(i)}$  - кількість робочих місць, які працюють на даній операції паралельно.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Наприклад, для першої операції техпроцесу обробки деталі «корпус»:

$$t_{к-д(1)} = \frac{2,575}{1,01 \cdot 1 \cdot 1} + \frac{22}{231} = 2,670 \text{ хв.}$$

$$T_{o(1)} = \frac{231 \cdot 2,670}{2 \cdot 440} = 0,70 \text{ дн.}$$

Результати розрахунків  $t_{к-д(i)}$  і  $T_{o(i)}$  зведемо до табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахунок тривалості циклу

| №<br>опер.          | Найменування операції | $t_{ум}$ , хв. | $t_{н-з}$ ,<br>хв. | $t_{к-д}$ , хв. | $T_o$ , днів | $t_{мо}$ ,<br>днів |
|---------------------|-----------------------|----------------|--------------------|-----------------|--------------|--------------------|
| Деталь «напівмуфта» |                       |                |                    |                 |              |                    |
| 005                 | Токарна з ЧПК         | 2,409          | 22                 | 2,419           | 0,64         | 0,20               |
| 010                 | Токарна з ЧПК         | 1,383          | 22                 | 1,457           | 0,38         | 0,20               |
| 015                 | Свердлильна з ЧКП     | 5,022          | 20                 | 5,131           | 1,35         | 0,20               |
| 020                 | Алмазно-розточна      | 2,970          | 18                 | 3,048           | 0,80         | 0,20               |
|                     | Всього                | 11,784         | -                  | 12,055          | 3,16         | 0,80               |
| Деталь «корпус»     |                       |                |                    |                 |              |                    |
| 005                 | Токарна з ЧПК         | 2,596          | 22                 | 2,670           | 0,70         | 0,15               |
| 010                 | Токарна з ЧПК         | 2,796          | 22                 | 2,872           | 0,75         | 0,15               |
| 015                 | Алмазно-розточна      | 1,315          | 18                 | 1,393           | 0,37         | 0,15               |
|                     | Всього                | 6,707          | -                  | 6,935           | 1,82         | 0,45               |

Для даної партії деталей може бути обраний послідовний рух, який рекомендується приймати при груповому розташуванні обладнання, невеликій масі деталей та тривалості операційних циклів, що в середньому не перевищують два дні [24, с. 7].

Тривалість виробничого циклу визначаємо за формулою:

$$T_n = \sum_{i=1}^m T_{o_i} + \sum_{i=1}^m t_{мо}, \quad (5.11)$$

Для деталі «корпус»:  $T_n^к = 1,82 + 0,45 = 2,27 \text{ дн.};$

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Для деталі «напівмуфта»:  $T_{\Pi}^H = 3,16 + 0,80 = 3,96$  дн.

де  $t_{mo}$  - час міжопераційної перерви, днів.

$$t_{mo} = \frac{(0,25 \dots 0,8) \cdot \sum_{i=1}^m T_{oi}}{m} = \frac{0,25 \cdot 1,82}{3} = 0,15 \text{ дні}, \quad (5.12)$$

Графік послідовного виду руху партій деталей «корпус» та «напівмуфта» представлено відповідно на рис. 5.1 і 5.2.

Середній розмір *циклового запасу* деталей визначається за формулою:

$$Z_{\Pi} = \frac{n_{np} \cdot T_{\Pi}}{R_{\Pi}}, \quad (5.13)$$

де  $T_{\Pi}$  - тривалість виробничого циклу виготовлення партії деталей, дн.

Для деталі «корпус»:

$$Z_{\Pi}^K = \frac{231 \cdot 2,27}{4,8} = 109 \text{ шт.};$$

Для деталі «напівмуфта»:

$$Z_{\Pi}^H = \frac{231 \cdot 3,96}{4,8} = 191 \text{ шт.}$$

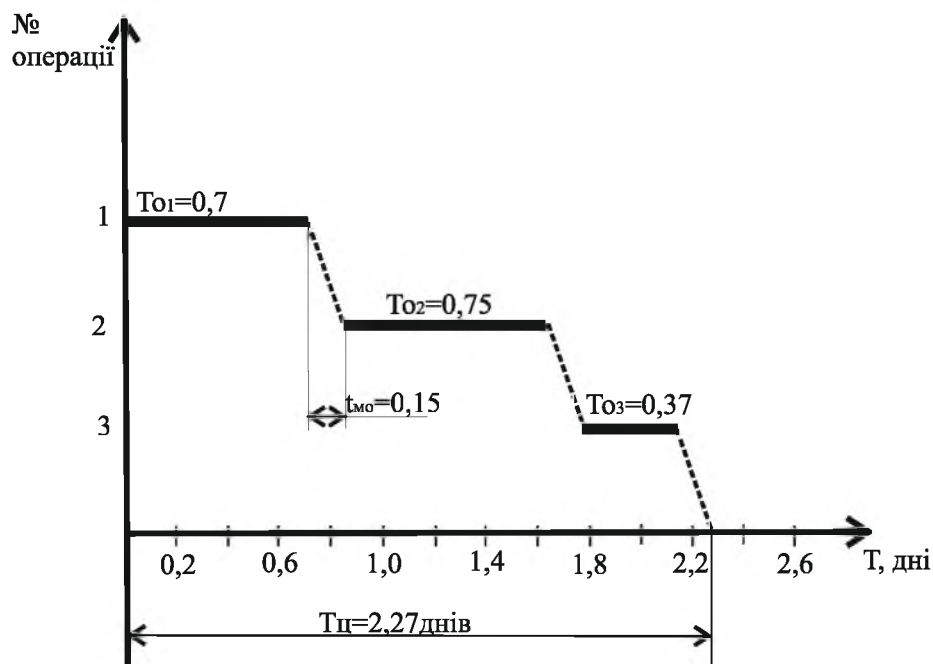


Рисунок 5.1 – Графік послідовного виду руху партії деталей

«корпус»  $n=231$  шт.

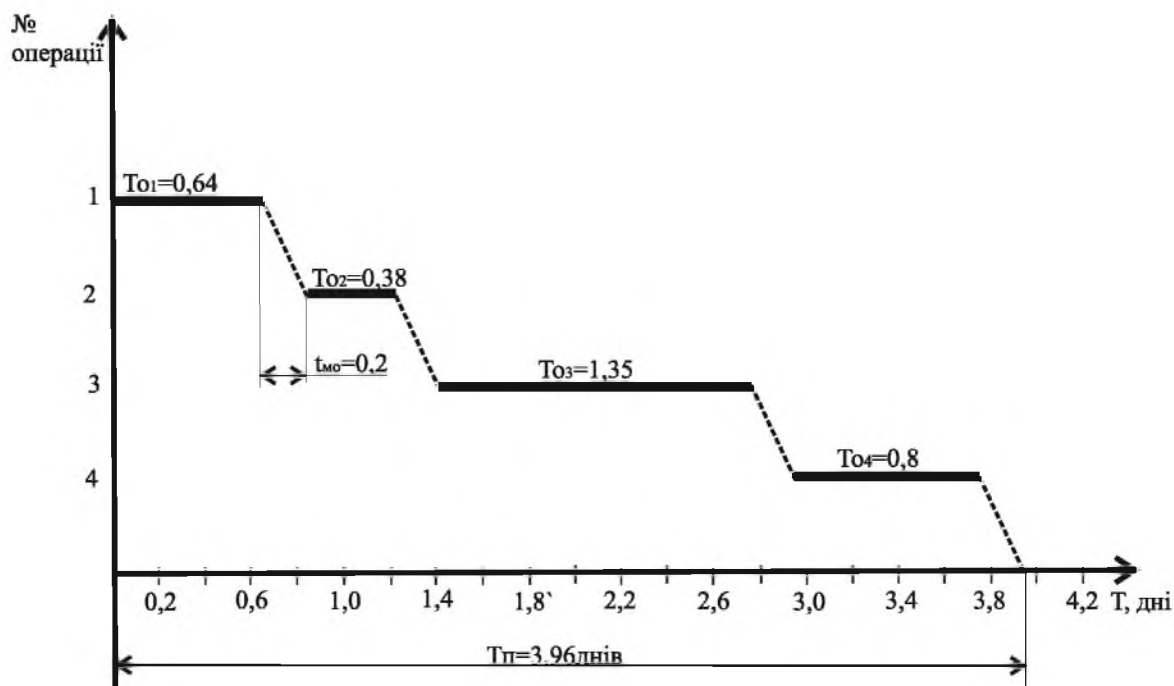


Рисунок 5.2 – Графік послідовного виду руху партії деталей  
«напівмуфта»  $n=231$  шт

### 5.3 Визначення чисельності основних робітників цеху

До основних належать робітники, безпосередньо зайняті виконанням технологічних операцій. Їх чисельність у серійному виробництві визначається за формулою:

$$R_o = \frac{T_p}{F_{\partial p}}, \quad (5.14)$$

де  $T_p$  - трудомісткість річної виробничої програми, нормо-годин.

$$T_p = N_z \cdot \sum_{i=1}^m t_{um_i} \cdot K_{\partial ov} \cdot (1 + 0,01 \cdot d), \quad (5.15)$$

де  $K_{\partial ov}$  - коефіцієнт довантаження обладнання до нормативного ( $\eta_{zn}$ ) для даного типу виробництва [24, дод. Д1]:

$$K_{\text{доп}} = \frac{\eta_{\text{зн}}}{\bar{\eta}} = \frac{0,8}{0,14} = 5,71 \quad (5.16)$$

$d$  - процент додаткових робіт, непередбачених технологічним процесом (виправлення браку, доробка, комплектація тощо),  $d=15...20\%$  [24, с. 8];

$F_{\text{др}}$  - дійсний річний фонд часу роботи одного робітника, год. (залежить від номінального фонду часу поточного року  $F_n$ , зменшеного на процент невиходів на роботу з поважних причин  $C_n$  (8...10%)):

$$F_{\text{др}} = F_n \cdot (1 - 0,01 \cdot C_n) = 2000 \cdot (1 - 0,01 \cdot 8) = 1840 \text{ год.}, \quad (5.17)$$

$$T_p = 12000 \cdot \frac{6,667 + 11,70}{60} \cdot 5,71 \cdot (1 + 0,01 \cdot 20) = 25170 \text{ нормо-год.}$$

$$R_o = \frac{25170}{1840} = 14 \text{ осіб.}$$

## 5.4 Визначення площин виробничих ділянок механічного цеху

### 5.4.1 Вибір форми організації роботи цеху.

Верстати на ділянках розташовані вздовж проходу і фронтом до проходу, що дозволяє покращити умови подавання заготовок, зміни інструмента, приймання деталей тощо. Верстати із значними габаритними розмірами розташовуємо під кутом до проходу для більш повного використання площини. Верстати встановлюємо так, щоб бік з приводом був звернений до колони. Відстань між верстатами за рекомендаціями: по фронту 1500 мм; при поперечному розташуванні до проїзду – 2000мм.

Відстань від стін або колон будівлі до тильного боку верстату 900мм.

Відстань між рядами верстатів А=2000мм., Б=4000мм.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Призначаємо сітку колон 12×12м.

#### 5.4.2 Вибір структури механічного цеху та його складу.

Механічний цех по виробництву деталей даних технологічних класів складається з:

- виробничих ділянок та відділень які призначені для розміщення технологічного устаткування та робочих місць основного виробництва у відповідності з розробленими технологічними процесами;
- допоміжних службових приміщень які призначені для обслуговування та забезпечення виробничих ділянок всім необхідним (різальним, вимірювальним інструментом, пристроями, технологічним оснащенням тощо).

Обробку деталей проводимо на окремій ділянці. Кількість основного обладнання на якій дорівнює 7 шт.

Загальна кількість металорізальних верстатів визначається за допомогою коефіцієнта приведення для кожного типу верстатів.  $K=13$ .

Кількість верстатів в цеху:  $7 \cdot 13 = 101$  шт.

Загальну кількість верстатів для конкретних умов виробництва приймаємо – 120 шт: токарні з ЧПК – 34; токарні – 17; свердлувальні – 20; фрезерні – 17; протяжні – 3; шліфувальні – 12; зубообробні – 8; інші – 9.

#### 5.4.3 Визначення виробничої площі ділянок механічного цеху.

Площа питома для верстату середньої ваги та розмірів дорівнює  $24 \text{ м}^2$ .

- для токарних з ЧПК  $S_{\text{ЧПК}} = 34 \cdot 24 = 816 \text{ м}^2$
- для токарних  $S_{\text{Т}} = 17 \cdot 24 = 408 \text{ м}^2$
- для свердлильних  $S_{\text{с}} = 20 \cdot 24 = 480 \text{ м}^2$
- для фрезерних  $S_{\text{ф}} = 17 \cdot 24 = 408 \text{ м}^2$
- для протяжних  $S_{\text{пр}} = 3 \cdot 24 = 72 \text{ м}^2$
- для шліфувальних  $S_{\text{ш}} = 12 \cdot 24 = 288 \text{ м}^2$

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

- для зубообробних  $S_3=8*24=192 \text{ м}^2$

- інші  $S_i=9*24=216 \text{ м}^2$

Тоді загальна площа буде дорівнювати

$$S_{\text{заг}} = S_T + S_{\text{тчпк}} + S_c + S_{\text{ф}} + S_{\text{пр}} + S_{\text{ш}} + S_3 + S_i$$

$$S_{\text{заг}} = 816 + 408 + 480 + 408 + 72 + 288 + 192 + 216 = 2880 \text{ м}^2$$

## 5.5 Вибір складу допоміжних приміщень механічного цеху та визначення їх площі

### 5.5.1 Заготівельне відділення.

При обробці деталей в умовах серійного виробництва заготівельне відділення в складі механічного цеху мати не доцільно.

### 5.5.2 Заточне відділення.

Кількість металорізальних верстатів загального призначення в заточному відділенні  $Q_p$  визначають в відсотках від числа верстатів основного виробництва в механічному цеху.

Приймаємо 4%.

Тоді  $Q_p = C_y * 0,04 = 120 * 0,04 = 5$  верстатів.

В заточному відділенні встановлюють і спеціальні заточні верстати, наприклад для заточки фрез: 2 верстати (та ще 1 верстат спеціальний).

Крім того в заточному відділенні слід мати допоміжне обладнання в кількості 20% від загальної кількості верстатів в відділенні.

$$Q_p = \frac{20 * (5 + 2 + 1)}{100} = 1,6 \approx 2$$

Загальна площа заточного відділення визначається по питомій площі на 1 верстат.  $S_{\text{п}} = 8 \text{ м}^2$

Тоді площа відділення

$$S_{\text{з.в.}} = (5 + 2 + 1) * 8 = 64 \text{ м}^2,$$

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Приймаємо  $S_{з.в.} = 100 \text{ м}^2$ .

### 5.5.3 Відділення ремонту інструменту та технологічного оснащення.

Для механічного цеху де працюють 120 верстатів приймаємо 3 верстати.

Крім основного обладнання в складі відділення входить 2% допоміжного устаткування від загальної кількості верстатів в цеху.

$$Q_p = \frac{3 \cdot 120}{100} = 3.6 \approx 4.$$

Загальна площа відділення визначається по нормативам на одиницю устаткування, яке враховує площу для слюсарів та відділення запасних частин до пристроїв, яка дорівнює  $15 \text{ м}^2$ , тоді

$$S_{p.i} = (3+4) \cdot 15 = 105 \text{ м}^2$$

Приймаємо  $S_{p.i} = 110 \text{ м}^2$ .

### 5.5.4 Інструментально-роздаточні відділення (ІРВ).

Інструментально-роздаточні: відділення для збереження інструментальної оснастки, пристроїв, образивів, універсально складальних пристроїв (УСП).

В умовах серійного типу виробництва при кількості верстатів механічного цеху до 200 проектується загальне відділення:

Для ІРВ

$$S_{\text{пит.1}} = 0,2 \text{ м}^2 \text{ на 1 верстат}$$

Для пристроїв

$$S_{\text{пит.2}} = 0,2 \text{ м}^2 \text{ на 1 верстат}$$

Для інструментальної оснастки

$$S_{\text{пит.3}} = 0,2 \text{ м}^2 \text{ на 1 верстат}$$

Тоді, загальна площа ІРВ

$$S_{\text{ірв}} = 120 \cdot 0,2 + 120 \cdot 0,2 + 120 \cdot 0,2 = 72 \text{ м}^2$$

Приймаємо  $S_{\text{ірв}} = 80 \text{ м}^2$ .

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

#### 5.5.5 Відділення технічного контролю.

Площа відділення технічного контролю при кількості металорізальних верстатів в механічному цеху не більше, як 200:

$$S_{\text{ВТК}}=70 \text{ м}^2.$$

### 5.6 Визначення загальної площі цеху, вибір типу та розмірів виробничої будівлі

Загальна площа механічного цеху залежить від прийнятого розташування верстатів та визначається, як сума всіх площ. Враховуючи всі приміщення, дільниці, відділення, площа цеху дорівнює 3570 м<sup>2</sup>.

Конструкція виробничої споруди для проектуемого цеху приймається залізобетонною.

Споруда складається з залізобетонних колон, балок, підкришових елементів, складальних конструкцій для кровлі.

Основні секції приймаються з сіткою колон 12х12, тобто ширина прольоту 12 м, а крок колон 12 м.

Фундаменти приймаються стрічкові (під стики), та стовбчасті ступенчаті – під колони.

Адміністративні та побутові приміщення розміщуються в одному двоповерховому будинку.

Після вибору сітки колон розраховуємо габаритні розміри цеху.

$$F_{\text{ц}} = X \cdot Y,$$

де  $F_{\text{ц}}$  – площа цеху, м<sup>2</sup>;  $X$  – довжина цеху, м;  $Y$  – ширина цеху, м;

Приймаємо ширину цеху 48 м, тоді:

$$X = \frac{F_{\text{ц}}}{Y} = \frac{3570}{72} = 50 \text{ м}$$

Користуючись нормативними даними, приймаємо розміри цеху 72х144м.

Розробка загальної планувальної схеми цеху приведено в графічній частині.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## 6 Економічна частина

### 6.1. Аналіз варіантів технологічного процесу

Для того, щоб довести доцільність впровадження запропонованого у даній дипломній роботі варіанту технологічного процесу, необхідно зробити його економічний аналіз. Цей аналіз здійснюється шляхом визначення та порівняння технологічної собівартості виготовлення деталі по кожному з альтернативних варіантів (базовому і проектному):

$$C_{tex} = V \cdot N_z + P, \quad (6.1)$$

де  $V$  – змінні витрати у технологічній собівартості, величина яких змінюється пропорційно зміні обсягу випуску продукції, грн./рік.

$P$  – постійні витрати, величина яких не змінюється або змінюється неістотно в залежності від зміни річного випуску продукції грн./рік.

Порівнюючи варіанти технологічного процесу деталі «напівмуфта», проаналізуємо та зіставимо лише ті статті витрат, величина яких змінюється при переході від одного варіанту до іншого.

#### 6.1.1. Розрахунок змінних витрат

За поелементним методом розрахунку змінні витрати визначаються за формулою:

$$V = M_o + Z_{одв} + E_c + B_p + B_{мд} + B_{ін.ун} + B_{пр.ун} + B_{ам.у} + B_{ен}, \quad (6.2)$$

де  $M_o$  – вартість основних матеріалів (не змінюються у порівнюваних варіантах техпроцесу, тому не розраховуються), грн.;

$Z_{одв}$  – заробітна плата виробничих робітників основна, додаткова з урахуванням єдиного соціального внеску, грн.;

$E_c$  – витрати на електроенергію силову, грн.;

$B_p$  – витрати на ремонт обладнання, грн.;

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$B_{мд}$  – витрати на матеріали допоміжні, грн.;

$B_{ін.ун}$  – витрати на експлуатацію універсального ріжучого інструменту, грн.  
(однакові у порівнюваних варіантах);

$B_{ам.у}$  – витрати на амортизацію універсального обладнання, грн.;

$B_{ен}$  – витрати на експлуатацію приміщень, грн.

*Витрати на заробітну плату основну, додаткову з урахуванням єдиного соціального внеску:*

$$З_{одв} = C_{з(i)} \frac{t_{ум(i)}}{60} (1 + K_o) \cdot (1 + K_c), \quad (6.3)$$

де  $C_{з(i)}$  – годинна тарифна ставка відповідного розряду  $i$ -тої операції техпроцесу, грн./год.;

$t_{ум(i)}$  - штучний час  $i$ -тої операції, хв.;

$K_o, K_c$  – коефіцієнти, які враховують відповідно додаткову заробітну плату та відрахування на соціальні потреби (єдиний соціальний внесок).

В базовому варіанті:

$$З_{одв.баз} = \frac{43,722 \cdot (0,858 + 8,928)}{60} \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) = 9,5699 \text{ грн.}$$

В проектному варіанті:

$$З_{одв.пр} = \frac{48,581 \cdot 5,044}{60} \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) = 5,4808 \text{ грн.}$$

*Витрати на електроенергію силову:*

$$E_c = \frac{N_e \cdot K_o \cdot K_N \cdot K_o}{\eta_e \cdot \eta_m} \cdot \frac{t_{ум}}{60} \cdot \Pi_{ел}, \quad (6.4)$$

де  $N_e$  – встановлена потужність електродвигунів обладнання, кВт;

$K_o$  – коефіцієнт одночасної роботи двигунів,  $K_o=0,65...0,8$ ;

$K_N$  – коефіцієнт, який враховує завантаження електродвигунів за потужністю (приймається у розмірі 0,5...0,6 – для свердлильних верстатів);

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$K_d$  – коефіцієнт, який враховує завантаження електродвигунів за часом,  $K_d=0,3\dots 0,5$ ;

$\eta_e$  – коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі,  $\eta_e=0,92\dots 0,96$ ;

$\eta_m$  – ККД електродвигунів,  $\eta_m=0,86\dots 0,9$ ;

$\Pi_{ел}$  – ціна 1 кВт-год електроенергії без ПДВ, грн.

$$E_{с.баз} = \frac{4 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 0,5}{0,95 \cdot 0,88} \cdot \frac{9,756}{60} \cdot 2,58 = 0,4215 \text{ грн.}$$

$$E_{с.пр} = \frac{5 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 0,5}{0,95 \cdot 0,88} \cdot \frac{5,044}{60} \cdot 2,58 = 0,2737 \text{ грн.}$$

*Витрати на ремонт обладнання:*

$$B_p = \frac{W_m \cdot R_m + W_e \cdot R_e}{F_{дрм}} \cdot \frac{t_{ум}}{60}, \quad (6.5)$$

де  $W_m$ ,  $W_e$  – витрати на всі види ремонту та обслуговування за ремонтний цикл, які припадають на одиницю ремонтної складності, відповідно механічної та електричної частини обладнання, грн.;

$R_m$ ,  $R_e$  – категорія ремонтної складності відповідно механічної та електричної частин обладнання, УРО;

$$B_{р.баз} = \frac{(490 \cdot 8 + 215 \cdot 5,5) \cdot 9,756}{3680 \cdot 60} = 0,2256 \text{ грн.}$$

$$B_{р.пр} = \frac{(490 \cdot 8,5 + 215 \cdot 8) \cdot 5,044}{3680 \cdot 60} = 0,1342 \text{ грн.}$$

*Витрати на допоміжні матеріали:*

$$B_{мд} = \frac{M_{зв} \cdot R_m \cdot t_{ум}}{100 \cdot 60} \cdot K_e, \quad (6.7)$$

де  $M_{зв}$  – годинні витрати на допоміжні матеріали, коп.;

$K_e$  – коефіцієнт, який враховує тип виробництва.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$$B_{мод.баз} = \frac{28,5 \cdot 8 \cdot 9,756}{100 \cdot 60} \cdot 1,1 = 0,3707 \text{ грн.}$$

$$B_{мод.пр} = \frac{28,5 \cdot 8,5 \cdot 5,044}{100 \cdot 60} \cdot 1,1 = 0,2240 \text{ грн.}$$

*Витрати на експлуатацію універсального ріжучого інструменту:*

$$B_{ip} = \frac{(S_u + p \cdot S_{пер}) \cdot \gamma \cdot T_{нор}}{t_e (p+1)} K_{вт}, \quad (6.8)$$

де  $S_u$  – первісна вартість універсального ріжучого інструменту, грн.;

$p$  – кількість переточок ріжучого інструменту до повного зносу по лімітуючому розміру ріжучої грані [7, табл. 7.12];

$S_{пер}$  – вартість однієї переточки, грн.;

$\gamma$  – питома значення машинного часу роботи обладнання в загальному варіанті його роботи [7, табл. 7.11];

$t_e$  – економічна стійкість інструменту, хв. [7, табл. 7.12];

$K_{вт}$  – коефіцієнт обліку втрат інструменту [7, табл. 7.12].

$$B_{ip.баз} = \frac{(235,0 + 60 \cdot 12,8) \cdot 0,6 \cdot 9,756}{45 \cdot (60+1)} \cdot 1,25 = 2,6736 \text{ грн.}$$

$$B_{ip.баз} = \frac{(235,0 + 60 \cdot 12,8) \cdot 0,6 \cdot 5,022}{45 \cdot (60+1)} \cdot 1,25 = 1,3822 \text{ грн.}$$

*Витрати на амортизацію універсального обладнання:*

$$B_{ам} = \frac{\Phi_{бал} \cdot H_a \cdot t_{ум}}{F_{орм} \cdot 60 \cdot 100 \cdot \eta_{зн}}, \quad (6.9)$$

де  $\Phi_{бал}$  – балансова вартість одиниці обладнання, грн.

$$\Phi_{бал} = \Pi_{опт} \cdot K_{тмф}, \quad (6.10)$$

де  $\Pi_{опт}$  – оптова ціна обладнання, грн.;

$K_{тмф}$  – коефіцієнт, який враховує витрати на транспортування обладнання (0,05...0,1), його монтаж (0,04...0,06), улаштування фундаменту (0,02...0,08);

$H_a$  – норма амортизації на реновацію, %.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$$B_{ам.баз} = \frac{55000 \cdot 1,19 \cdot 15 \cdot 9,756}{3680 \cdot 60 \cdot 100 \cdot 0,8} = 0,5422 \text{ грн.}$$

$$B_{ам.пр} = \frac{880000 \cdot 1,19 \cdot 15 \cdot 5,044}{3680 \cdot 60 \cdot 100 \cdot 0,8} = 4,4855 \text{ грн.}$$

*Витрати на експлуатацію приміщення:*

$$B_{ен} = \frac{S_{од} \cdot k_f \cdot C}{F_{дрм} \cdot \eta_{зн}} \cdot \frac{t_{ум}}{60}, \quad (6.11)$$

де  $S_{од}$  – площа в плані, яку займає одиниця обладнання,  $m^2$ ;

$k_f$  – коефіцієнт, який враховує додаткову площу (проходи, проїзди, транспортно-складські приміщення) [24, табл. 4].

$C$  – річні витрати, пов'язані з експлуатацією  $1m^2$  виробничого приміщення, грн.

$$B_{ен.баз} = \frac{2,23 \cdot 3,5 \cdot 9,756 \cdot 320}{3680 \cdot 60 \cdot 0,8} = 0,1379 \text{ грн.}$$

$$B_{ен.пр} = \frac{2,4 \cdot 3,5 \cdot 5,044 \cdot 320}{3680 \cdot 60 \cdot 0,8} = 0,0767 \text{ грн.}$$

### **6.1.2. Розрахунок постійних витрат**

За поелементним методом розрахунку постійні витрати включають:

$$P = B_{нал} + B_{сп.осн} + B_{ам.сп} + B_{пр}, \quad (6.12)$$

де  $B_{нал}$  – витрати на налагодження обладнання, грн.;

$B_{сп.осн}$  – витрати на експлуатацію спеціального оснащення, грн. (у порівнюваних варіантах відсутнє);

$B_{ам.сп}$  – витрати на амортизацію спеціального обладнання (у порівнюваних варіантах відсутнє), грн.;

$B_{пр}$  – витрати на створення програмного забезпечення верстату з ЧПК (вартість програмного забезпечення для Rapidrill 500C в проектному варіанті входить до його вартості).

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Витрати на налагодження обладнання:

$$B_{нал} = C_{гн} \cdot \frac{t_{п-з}}{60} \cdot (1 + K_{\delta}) \cdot (1 + K_c) \cdot A, \quad (6.13)$$

де  $C_{гн}$  – годинна тарифна ставка наладчика відповідного розряду грн./год.;  
 $t_{п-з}$  – підготовчо-заклучний час даної операції, хв.;  $A$  – кількість партій, що відповідає кількості переналагоджень за рік.

$$B_{нал.баз} = 55,058 \cdot \frac{16+16}{60} \cdot (1+0,1) \cdot (1+0,22) \cdot 52 = 2049,16 \text{ грн.}$$

$$B_{нал.пр} = 64,773 \cdot \frac{20}{60} \cdot (1+0,1) \cdot (1+0,22) \cdot 52 = 1506,71 \text{ грн.}$$

### 6.1.3. Розрахунок технологічної собівартості

Усі виконані розрахунки змінних та постійних витрат, а також розрахунок технологічної собівартості зведемо до табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Розрахунок технологічної собівартості

| № з/п | Статті витрат                                                                        | Витрати, грн. |         |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------|
|       |                                                                                      | Базовий       | Проект  |
| 1.    | <u>Змінні витрати V</u>                                                              |               |         |
| 1.1   | Заробітна плата виробничих робітників основна, додаткова з єдиним соціальним внеском | 9,5699        | 5,4808  |
| 1.2   | Електроенергія силова                                                                | 0,4215        | 0,2737  |
| 1.3   | Ремонт обладнання                                                                    | 0,2256        | 0,1342  |
| 1.4   | Матеріали допоміжні                                                                  | 0,3707        | 0,2240  |
| 1.5   | Універсальний ріжучий інструмент                                                     | 2,6736        | 1,3822  |
| 1.6   | Амортизація універсального обладнання                                                | 0,5422        | 4,4852  |
| 1.7   | Експлуатація приміщень                                                               | 0,1379        | 0,0767  |
|       | Всього змінних витрат                                                                | 13,9414       | 12,0568 |
| 2.    | <u>Постійні витрати P</u>                                                            |               |         |
| 2.1   | Налагодження обладнання                                                              | 2049,16       | 1506,71 |
|       | Технологічна собівартість $C_{тех}$                                                  | 169346        | 146188  |

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Технологічна собівартість:

$$C_{\text{тех.баз}} = 13,9414 \cdot 12000 + 2049,16 = 169346 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{тех.пр}} = 12,0568 \cdot 12000 + 1506,71 = 146188 \text{ грн.}$$

За критерієм мінімуму технологічної собівартості більш ефективним для заданої програми запуску деталей «напівмуфта»  $N_z=12000$  шт. є проектний варіант технологічного процесу механічної обробки даної деталі.

Для розмежування області ефективного використання того чи іншого варіанту технологічного процесу розрахуємо критичну програму випуску деталей  $N_{кр}$ , за якої варіанти, що порівнюються, будуть рівноцінними, тобто  $C_{\text{тех.баз}}=C_{\text{тех.пр}}$ :

$$N_{кр} = \frac{P_{пр} - P_{баз}}{V_{баз} - V_{пр}} = \frac{1506,71 - 2049,16}{13,9414 - 12,0568} = -288 \text{ шт.}, \quad (6.14)$$

Від'ємне значення  $N_{кр}$  означає, що за будь-якої програми запуску деталі «напівмуфта» ефективнішим з економічної точки зору є проектний варіант технологічного процесу механічної обробки даної деталі.

#### **6.1.4. Розрахунок показників економічної ефективності проектного варіанту технологічного процесу**

Річний економічний ефект від застосування обраного варіанту технологічного процесу:

$$E_p = (C_{\text{тех.баз}} + E_n \cdot K_{\text{баз}}) - (C_{\text{тех.пр}} + E_n \cdot K_{\text{пр}}), \quad (6.15)$$

де  $E_n$  – нормативний коефіцієнт порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень;  $K_{\text{баз}}$ ,  $K_{\text{пр}}$  – відповідно капітальні вкладення базового і проектного варіантів техпроцесу, грн.

Капітальні вкладення по кожному варіанту складаються із вкладень в обладнання  $\Phi_{\text{бал}}$ , оснащення  $B_{\text{осн}}$ , а також у приміщення, яке це обладнання займає  $K_{\text{буд}}$ , скореговані на коефіцієнт завантаження обладнання тих деталей-операцій, які відрізняються у порівнюваних варіантах:

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$$K = (\Phi_{\text{бал}} + B_{\text{осн}} + K_{\text{бюд}}) \cdot \eta_{3i}, \quad (6.16)$$

Капітальні вкладення в будівлі розраховуємо за формулою:

$$K_{\text{бюд}} = S_{\text{од}} \cdot K_f \cdot q_{\text{нр}} \cdot h \cdot \Pi_{\text{бюд}}, \quad (6.17)$$

де  $h$  - висота приміщення цеху, м;

$\Pi_{\text{бюд}}$  – ціна 1м<sup>2</sup> виробничої площі висотою 8-10 м, грн./м<sup>3</sup>.

$$K_{\text{бюд.баз}} = 2,23 \cdot 3,5 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 4000 = 499520 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{бюд.нр}} = 2,4 \cdot 3,5 \cdot 8 \cdot 4000 = 268800 \text{ грн.}$$

Балансова вартість обладнання:

$$\Phi_{\text{бал.баз}} = 55000 \cdot 2 \cdot 1,19 = 130900 \text{ грн.}$$

$$\Phi_{\text{бал.нр}} = 880000 \cdot 1,19 = 1047200 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{баз}} = (499520 + 130900) \cdot 0,26 = 163909 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{нр}} = (268800 + 1047200) \cdot 0,27 = 355320 \text{ грн.}$$

$$E_p = (169346 + 0,16 \cdot 163909) - (146188 + 0,16 \cdot 355320) = 1270 \text{ грн.}$$

Строк окупності додаткових капітальних вкладень:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_2 - K_1}{C_{\text{тех}}^1 - C_{\text{тех}}^2} = \frac{355320 - 163909}{169346 - 146188} = 4,8 \text{ роки,} \quad (6.18)$$

Зниження трудомісткості виготовлення деталі при впровадженні проектного варіанту техпроцесу (у відсотках) розраховуємо за формулою:

$$\Delta T_p = \frac{\sum_{i=1}^m t_{\text{ум}(i)}^{\text{баз}}}{\sum_{i=1}^m t_{\text{ум}(i)}^{\text{нр}}} \cdot 100 - 100 = \frac{9,756}{5,044} \cdot 100 - 100 = 93,4\%, \quad (6.19)$$

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## 6.2. Розрахунок планової цехової собівартості деталі

Цехова собівартість виготовлення деталей визначається як сума калькуляційних статей витрат:

$$C_{цех} = M_o + Z_{од} + B_c + B_{ин} + B_o + B_{ц}, \quad (6.20)$$

де  $M_o$  - вартість основних матеріалів, грн.;  $Z_{од}$  - основна та додаткова заробітна плата основних виробничих робітників, грн.;  $B_c$  - відрахування на соціальні потреби (єдиний соціальний внесок), грн.;  $B_{ин}$  - витрати на експлуатацію спеціального оснащення, грн.;  $B_o$  - витрати на утримання та експлуатацію обладнання, грн.;  $B_{ц}$  - цехові витрати, грн.

Вартість основних матеріалів:

$$M_o = a_p \cdot \Pi_m \cdot K_{тр} - a_v \cdot \Pi_v, \quad (6.21)$$

де  $a_p$  - норма витрат матеріалу на деталь (пруток), кг.;  $\Pi_m$  - ціна матеріалу, грн./кг.;  $K_{тр}$  - коефіцієнт, який враховує транспортно-заготівельні витрати, витрати на зберігання матеріалів (приймається у розмірі 1,05...1,08);  $a_v$  - маса відходів, кг.;  $\Pi_v$  - ціна відходів, грн./кг.

Для деталі «корпус»:

$$M_o^k = 0,189 \cdot 35,56 \cdot 1,05 - (0,189 - 0,142) \cdot 5,33 = 6,8064 \text{ грн.}$$

Для деталі «напівмуфта»:

$$M_o^n = 0,125 \cdot 33,62 \cdot 1,05 - (0,125 - 0,094) \cdot 5,04 = 4,2564 \text{ грн.}$$

Заробітна плата основна й додаткова виробничих робітників:

$$Z_{од} = P_v (1 + K_d), \quad (6.22)$$

де  $P_v$  - відрядний розцінок на деталь (основна зарплата), що визначається, як сума операційних розцінок  $P_{on(i)}$ :

$$P_v = \sum_1^m P_{on_i} = \sum_1^m \frac{e_{год}^v \cdot t_{шт-к_i}}{60}, \quad (6.23)$$

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

де  $e_{год i}^6$  - годинна тарифна ставка відрядника відповідного розряду роботи  $i$ -ої операції технологічного процесу, грн./год.;  $t_{шт-к i}$  - штучно-калькуляційний час  $i$ -ої операції технологічного процесу, хв.;  $n_{пр}$  – розмір партії деталей, шт.

На першій операції техпроцесу обробки деталі «корпус»:

$$P_{оп1} = 48,581 \cdot \frac{2,685}{60} = 2,1740 \text{ грн./шт.}$$

Розрахунок відрядної розцінки на деталь зведемо до табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Розрахунок відрядної розцінки на деталь

| п.                  | Найменування операції | $t_{шт-к}$ , | Розря | Годинна тарифна ставка, грн./год. | Роз цінка на деталь, грн. |
|---------------------|-----------------------|--------------|-------|-----------------------------------|---------------------------|
| Деталь «корпус»     |                       |              |       |                                   |                           |
| 005                 | Токарна з ЧПК         | 2,685        | 4     | 48,581                            | 2,1740                    |
| 010                 | Токарна з ЧПК         | 2,887        | 4     | 48,581                            | 2,3376                    |
| 015                 | Алмазно-розточна      | 1,405        | 3     | 43,722                            | 1,0238                    |
|                     | Всього                | 7,017        | -     | -                                 | 5,5354                    |
| Деталь «напівмуфта» |                       |              |       |                                   |                           |
| 005                 | Токарна з ЧПК         | 2,434        | 4     | 48,581                            | 1,9708                    |
| 010                 | Токарна з ЧПК         | 1,472        | 4     | 48,581                            | 1,1919                    |
| 015                 | Свердлильна з ЧПК     | 5,144        | 4     | 48,581                            | 4,1650                    |
| 020                 | Алмазно-розточна      | 3,06         | 3     | 43,722                            | 2,2298                    |
|                     | Всього                | 12,19        | —     | —                                 | 9,5575                    |

$$З_{од}^к = 5,5354 \cdot (1 + 0,1) = 6,0889 \text{ грн.}$$

$$З_{од}^н = 9,5575 \cdot (1 + 0,1) = 10,5133 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальні потреби виробничих робітників:

$$B_c = З_{од} \cdot \frac{K_c}{100}, \quad (6.24)$$

де  $K_c$  - відсоток єдиного соціального внеску.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$$B_c^k = 6,0889 \cdot \frac{22}{100} = 1,3396 \text{ грн.},$$

$$B_c^h = 10,5133 \cdot \frac{22}{100} = 2,3129 \text{ грн.}$$

*Витрати на експлуатацію спеціального оснащення, що припадають на одну деталь, складають 15-18 грн. на одну нормо-годину трудомісткості виготовлення деталі (менше значення відповідає ДС, більше – ВС).*

$$B_{осн}^k = 15 \cdot \frac{6,667}{60} = 1,6668 \text{ грн.}$$

$$B_{осн}^h = 15 \cdot \frac{11,70}{60} = 2,9250 \text{ грн.}$$

*Витрати на утримання і експлуатацію обладнання:*

$$B_o = Z_o \cdot \frac{\Pi_{во}}{100}, \quad (6.25)$$

де  $\Pi_{во}$  - процент витрат на утримання та експлуатацію обладнання;

$Z_o$  - основна заробітна плата за виготовлення деталі, грн.

$$B_o^k = 5,5354 \cdot \frac{320}{100} = 17,7133 \text{ грн.},$$

$$B_o^h = 9,5575 \cdot \frac{320}{100} = 30,584 \text{ грн.}$$

*Загальноцехові витрати в собівартості деталі:*

$$B_{ц} = Z_o \cdot \frac{\Pi_{ц}}{100}, \quad (6.26)$$

де  $\Pi_{ц}$  – процент цехових витрат.

$$B_{ц}^k = 5,5354 \cdot \frac{240}{100} = 13,2850 \text{ грн.},$$

$$B_{ц}^h = 9,5575 \cdot \frac{240}{100} = 22,938 \text{ грн.}$$

Калькуляцію цехової собівартості деталей слід звести до табл. 6.3.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Таблиця 6.3 – Калькуляція цехової собівартості виготовлення деталі

| № з/п | Найменування статей                                  | Витрати, грн.   |                     |
|-------|------------------------------------------------------|-----------------|---------------------|
|       |                                                      | деталь «корпус» | деталь «напівмуфта» |
| 1.    | Матеріали основні з відрахуванням зворотних відходів | 6,8064          | 4,2564              |
| 2.    | Основна заробітна плата виробничих робітників        | 5,5354          | 9,5575              |
| 3.    | Додаткова заробітна плата виробничих робітників      | 0,5535          | 0,9558              |
| 4.    | Відрахування у соціальні фонди                       | 1,3396          | 2,3129              |
| 5.    | Експлуатація спеціального оснащення                  | 1,6668          | 2,9250              |
| 6.    | Витрати на утримання і експлуатацію обладнання       | 17,7133         | 30,5840             |
| 7.    | Цехові витрати                                       | 13,2850         | 22,9380             |
| 8.    | Всього цехова собівартість $C_{ц}$                   | 46,900          | 73,530              |

### 6.3. Планування підсумкових техніко-економічних показників

Крім показників, розрахованих у попередніх розділах дипломної роботи, слід додатково визначити такі:

- *виробіток продукції на одного робітника:*

$$B_n = \frac{T_p}{R_o} = \frac{25170}{14} = 1798 \text{ нормо-год./ос.}, \quad (6.27)$$

де  $T_p$  – трудомісткість річної виробничої програми цеху, нормо-год.;

$R_o$  – чисельність основних робітників цеху, осіб.

- *зарплатомісткість продукції:*

$$З_{зн} = \frac{З_{од}}{C_{ц}} \cdot 100, \quad (6.28)$$

де  $З_{од}$  – основна й додаткова заробітна плата у собівартості деталі, грн.;

$C_{ц}$  - цехова собівартість деталі, грн.

$$З_{зн}^к = \frac{6,0889}{46,9} \cdot 100 = 13,0\%, \quad З_{зн}^н = \frac{10,5133}{73,53} \cdot 100 = 14,3\%$$

- *матеріаломісткість продукції:*

$$З_{мт} = \frac{M_o}{C_{ц}} \cdot 100, \quad (6.29)$$

де  $M_o$  – матеріали основні з відрахуванням зворотних відходів у собівартості деталі, грн.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$$З_{\text{мп}}^{\text{к}} = \frac{6,8064}{46,9} \cdot 100 = 14,5\%,$$

$$З_{\text{мп}}^{\text{н}} = \frac{4,2564}{73,53} \cdot 100 = 5,8\%$$

- собівартість товарної продукції цеху:

$$C_{\text{мп}} = C_{\text{ц}} \cdot N_{\text{з}} \cdot K_{\text{дов}} \quad (6.30)$$

де  $N_{\text{з}}$  - річна програма запуску деталей, шт./рік.

$$C_{\text{мп}} = (46,90 + 73,53) \cdot 5,71 \cdot 12000 = 8251864 \text{ грн.}$$

Підсумкові техніко-економічні показники роботи цеху зведено до табл. 6.4.

Таблиця 6.4

Техніко-економічні показники цеху

| № з/п | Показник                                                                                                     | Деталь «корпус» | Деталь «напівмуфта» |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------|
| 1.    | Програма запуску деталі ( $N_{\text{з}}$ ), шт./рік                                                          | 12000           | 12000               |
| 2.    | Трудомісткість виробничої програми ( $T_p$ ), нормо-год.                                                     | 25170           |                     |
| 3.    | Цехова собівартість деталі, грн.                                                                             | 46,90           | 73,53               |
| 4.    | Собівартість товарної продукції цеху ( $C_{\text{мп}}$ ), тис. грн./рік                                      | 8251,9          |                     |
| 5.    | Чисельність основних робітників, осіб                                                                        | 14              |                     |
| 6.    | Виробіток продукції на одного робітника, нормо-год.                                                          | 1760            |                     |
| 7.    | Матеріаломісткість продукції, %                                                                              | 14,5            | 5,8                 |
| 8.    | Зарплатомісткість продукції, %                                                                               | 13,0            | 14,3                |
| 9.    | Зниження трудомісткості виготовлення деталі при впровадженні проектного варіанту техпроцесу $\Delta T_p$ , % | -               | 93,4                |
| 10.   | Річний економічний ефект від застосування проектного варіанту техпроцесу $E_p$ , грн.                        | -               | 1270                |
| 11.   | Строк окупності додаткових капітальних витрат, років.                                                        | -               | 4,8                 |

|     |      |          |        |      |                         |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|--|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |  |      |

## Література

1. Горбачев А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения.-Мн.:Выш. Школа, 1983.
2. Машиностроительные материалы: Краткий справочник/В.М. Чуенков, Н.Ф. Бессонова, Д.А. Вейс.-3-е изд. Переработанное и дополненное.-М.: Машиностроение, 1980.
3. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учебное пособие/П.А. Руденко-К.: Выща школа, 1991.
4. Методические указания к выполнению курсового проекта по технологии машиностроения для студентов специальности 0501-Кировоград. КИСХМ-1986.
5. Справочник технолога-машиностроителя. Т1.,2.-М.: Машиностроение, 1982.
6. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя.-М.: Издательство стандартов, 1992.
7. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технологического нормирования работ на металлорежущих станках.-М.: Машиностроение, 1974.
8. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть II-Москва.: Экономика, 1990.
9. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т./Под редакцией Б.Н. Вардашкина, -М.: Машиностроение, 1984.
10. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник.-2-е изд., перераб. и доп. -М.: Машиностроение, 1990.
11. А.К. Кутай. Справочник контрольного мастера.-Л.: Лениздат, 1980.
12. Справочник технолога-машиностроителя. /Под редакцией А.Г. Косиловой.- М.: ГНТИ машиностроительной литературы, 1956.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

13. Козырев Ю.Г. Промышленные роботы. Справочник. – М.: Машиностроение, 1983. – 374с.
14. Справочник по промышленной робототехнике. / Под ред. Ш. Нофа – М.: Машиностроение, 1989.
15. Справочник металлиста. Т.3. Под редакцией А.Н.Малова/Е.Д. Баклунов, А.К. Белопухов и др. –М.: Машиностроение, 1977.
16. Промышленные роботы в машиностроении: Альбом схем и чертежей. /Под ред. Соломенцева Ю.М. - М.: Машиностроение, 1987 - 140с.
17. Справочник технолога-машиностроителя. Т.1. Под ред. А.Н. Малова/ В.Н. Гриднев, В.В. Достачов и др. –М.: Машиностроение, 1972.
18. Механика промышленных роботов. В 3-х к. /Под ред. Фролова К.Ф., Воробьева Е.И. – М.: Высшая школа, 1988.
19. Павленко І.І. Промислові роботи: основи розрахунку та проектування. Кіровоград: КНТУ, 2007. – 420.
20. Павленко І.І. Структура промислових роботів. Кіровоград: КІСМ, 1998. – 98с.
21. Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси. Монографія. Кропивницький: «КОД», 2019. – 392с.
22. Павленко І.І. Промислові роботи та РТК. Монографія. Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф. 2016. – 492с.
23. Павленко І.І., Годунко М.О. Захватні пристрої роботів: Навчальний посібник. Кіровоград: Лисенко В.Ф. 2014. – 368с.
24. Расчеты экономической эффективности новой техники: Справочник. /Под ред. Великанова К.М.-Л.: Машиностроение. Ленинградское отд., 1989.
- 25.Зеркалов Д.В. Охорона праці в галузі: Загальні вимоги. Навчальний посібник. – К.: «Основа». 2011. – 551 с.
- 26.Технологічне оснащення : метод. вказ. до викон. курсового проекту / [уклад. : І. І. Павленко, В. А. Мажара] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. технології машинобудування. – Кропивницький : ЦНТУ, 2017. – 36 с.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.ПМ.21.11.02.00.00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |