



УКРАЇНА  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
(ЗНТУ)

## РЕЦЕНЗІЯ

на магістерську роботу Тітвищення ефемив -  
(вказати тему дипломного проекту (роботи))  
ної технологічного процесу обробки та  
забезпечення механічних властивостей  
 Студент Подліанова Юлія Сергіївна

Спеціальність «131 Трикутна механіка», група МЗ-113т

Обсяг проекту 127

Кількість аркушів креслень 6,25

Кількість сторінок пояснювальної записки 127

а) короткий зміст проекту та прийнятих рішень в роботі  
розглянуто технологічний процес  
видавництва формувки ефективно  
вано веремашине та контролює процес  
формування діючого отримати деталі та  
розглянуто тему забезпечення тиску  
 б) висновок про відповідність проекту завданню машинних кораблів  
робота відповідає завданню.

в) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту,  
 рівень відповідності останнім досягненням науки та техніки і передовим  
 методам роботи

деякі розділи повністю відповідають  
сучасним досягненням науки і  
техніки.

г) негативні особливості виконання проекту на кресленнях  
подогого використовувати контур  
деталі не відповідає дійсності.

д) позитивні особливості розглянуто методи

забезпечення гістоки малюнка порожнин,  
які можуть використовувати в виробництві.

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту  
графічний матеріал та поясню-  
вальна записка виконані з  
урахованням ДСТУ.

є) відгук про роботу загалом робота може бути  
рекомендована для порівняння  
великих мистець з метою виробст-  
вення їх в виробництві.

ж) інші зауваження

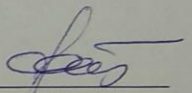
інших зауважень немає.

з) оцінка проекту

робота спущення Тюріанової Н.С.  
може бути оцінена задовільно.

Рецензію склав

доц. канд. тмб Коробов О.Б.  
(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові)

  
(підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.

[12:47:04] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №712 [3] (200034 миллисек.): [Yandex](#) (Время ожидания операции истекло )

[12:47:23] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №717 [3] (200011 миллисек.): [Yandex](#) (Время ожидания операции истекло )

[12:48:53] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №722 [3] (200027 миллисек.): [Yandex](#) (Время ожидания операции истекло )

[12:49:03] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №727 [3] (200051 миллисек.): [Yandex](#) (Время ожидания операции истекло )

[12:49:16] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №732 [3] (200033 миллисек.): [Yandex](#) (Время ожидания операции истекло )

[12:50:17] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №737 [3] (200020 миллисек.): [Yandex](#) (Время ожидания операции истекло )

[12:51:06] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №742 [3] (200022 миллисек.): [Yandex](#) (Время ожидания операции истекло )

[12:51:22] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №747 [3] (200047 миллисек.): [Yandex](#) (Время ожидания операции истекло )

[12:53:20] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №752 [3] (200032 миллисек.): [Yandex](#) (Время ожидания операции истекло )

[12:54:50] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №757 [3] (200017 миллисек.): [Yandex](#) (Время ожидания операции истекло )

[12:55:00] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №762 [3] (200016 миллисек.): [Yandex](#) (Время ожидания операции истекло )

[12:55:49] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №767 [3] (200030 миллисек.): [Yandex](#) (Время ожидания операции истекло )

[12:56:04] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №772 [3] (200029 миллисек.): [Yandex](#) (Время ожидания операции истекло )

[12:56:11] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №777 [3] (200044 миллисек.): [Yandex](#) (Время ожидания операции истекло )

[12:56:29] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №782 [3] (200028 миллисек.): [Yandex](#) (Время ожидания операции истекло )

[12:56:29] Тип проверки: *Стандартная*

[12:56:29] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 29%)**

[12:56:29] **Уникальность текста 71%** <sup>©</sup> (Проигнорировано подстановок: 0%)

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи Подліанова Ю.С., провів

зав. лаб. каф. ТМБ Паміров В.М.

16.12.2018р.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний  
(повне найменування інституту, назва факультету)  
Технології машинобудування  
(повна назва кафедри)

**Пояснювальна записка**

до дипломного проекту (роботи)

групи (магістерської)

(рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему Підвищення ефективності технологіч-  
ного процесу обробки та забезпечення  
чистоти машинних порожнин

Виконав: студент 6 курсу, групи МЗ-МЗМ  
спеціальності (напряму підготовки)

131 "Прикладна механіка"  
(код і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Лодіанова Ю.С.  
(прізвище та ініціали)

Керівник Пухальська Т.В.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент Козіба О.Б.  
(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя

20 18 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**Запорізький національний технічний університет**  
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Машинобудівний  
 Кафедра Технологія машинобудування  
 Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) Другий (магістерський)  
 Спеціальність 131 Прикладна механіка  
 (код і назва)  
 Напрямок підготовки \_\_\_\_\_  
 (код і назва)

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Т.М.Б.  
С.І. Дядя  
 "19" 12 2018 року

**ЗАВДАННЯ**  
 НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Тодіанова Юлія Сергіївна  
 (прізвище, ім'я, по батькові)  
 1. Тема проекту (роботи) Підвищення ефективності технологічного процесу обробки та забезпечення якості механічних деталей  
 керівник проекту (роботи) Пухальська Т.В. доцент  
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "11" 12 2018 року № 387

2. Строк подання студентом проекту (роботи) \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту (роботи) креслення деталі "Форсушка"

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

1. Технологічна частина
2. Конструкторська частина
3. Проектування механічної діючої
4. Спеціальне завдання
5. Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
креслення заготовки, креслення деталі, робочий пристрій, контрольний пристрій, РТК, планування діючої, МОЗ

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

| Розділ                                            | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата                    |                                 |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                                                   |                                           | завдання видав                  | прийняв виконане завдання       |
| 1. Технол. частина                                | Лузальська Т.В., доцент                   | <i>Т.В. Лузальська</i> 04.09.18 | <i>Т.В. Лузальська</i> 15.12.18 |
| 2. Конст. частина                                 | Лузальська Т.В., доцент                   | <i>Т.В. Лузальська</i> 04.09.18 | <i>Т.В. Лузальська</i> 15.12.18 |
| Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях | Шширко В.І., доцент                       | <i>В.І. Шширко</i> 10.10.18     | <i>В.І. Шширко</i> 11.11.18     |
| Керівник проекту                                  | Тонгар Н.В., доцент                       | <i>Н.В. Тонгар</i> 22.12.18     | <i>Н.В. Тонгар</i> 22.12.18     |

7. Дата видачі завдання 04.09.18

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи)          | Строк виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------|
| 1.    | Технологічна частина                              | 01.09.18                                |          |
| 2.    | Розробка конструкторської частини                 | 30.09.18                                |          |
| 3.    | Вибір матеріалу для спецзавдання                  | 01.11.18                                |          |
| 4.    | Оформлення документації                           | 30.11.18                                |          |
| 5.    | Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях | 18.11.18                                |          |
| 6.    | Захист роботи                                     | 12.18                                   |          |
|       |                                                   |                                         |          |
|       |                                                   |                                         |          |
|       |                                                   |                                         |          |
|       |                                                   |                                         |          |
|       |                                                   |                                         |          |
|       |                                                   |                                         |          |
|       |                                                   |                                         |          |
|       |                                                   |                                         |          |
|       |                                                   |                                         |          |
|       |                                                   |                                         |          |

Студент

*Таріанова А.С.*  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

*Лузальська Т.В.*  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

ПЗ: 127 с., 19 рис., 12 табл., 22 дж., 2 дод.

Об'єкт дослідження – деталь «Форсунка». Форсунка призначена для подачі масла на підшипник коробки приводів, яка встановлена на привідній шестерні маслонасоса відкачування (МНО) масла з коробки приводів в двигуні ТВЗ-117 всіх модифікацій

Метод дослідження - розрахунково-аналітичний.

Мета дипломного проекту – підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення деталі «Форсунка», проект ділянки виготовлення форсунки та забезпечення чистоти масляних порожнин.

В роботі спроектований технологічний процес виготовлення форсунок, обрано обладнання, інструмент, розраховані режими різання, спроектовані робоче та контрольне пристосування, виконане планування розташування технологічного обладнання на ділянці, передбачені заходи, спрямовані на забезпечення безпечної роботи персоналу.

ЗАГОТОВКА, ДЕТАЛЬ, РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА, ВЕРСТАТ, ЕСКІЗ, ОПЕРАЦІЯ, РОЗМІР, ПРИПУСК, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ІНСТРУМЕНТ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, КОНТРОЛЬНЕ ПРИСТОСУВАННЯ

## ЗМІСТ

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| РЕФЕРАТ.....                                                             | 3  |
| Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень та термінів..... | 7  |
| ВСТУП.....                                                               | 8  |
| 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....                                              | 9  |
| 1.1 Службове призначення і конструктивні особливості деталі .....        | 9  |
| 1.2 Технологічний контроль деталі .....                                  | 11 |
| 1.3 Вибір типу и форми організації виробництва.....                      | 16 |
| 1.4 Вибір способу отримання заготовки.....                               | 17 |
| 1.5 Вибір технологічних баз.....                                         | 20 |
| 1.6 Розрахунок операційних припусків и технологічних розмірів.....       | 21 |
| 1.7 Розрахунок режимів різання та нормування часу.....                   | 34 |
| 1.8 Розробка програми в Siemens NX.....                                  | 57 |
| 2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....                                           | 61 |
| 2.1 Пристрій для свердління отворів.....                                 | 61 |
| 2.1.1 Опис роботи пристрою.....                                          | 61 |
| 2.1.2 Розрахунок похибки установки в пристрої.....                       | 62 |
| 2.1.3 Розрахунок пристрію на точність.....                               | 65 |
| 2.1.4 Розрахунок необхідного зусилля затиску.....                        | 67 |
| 2.1.5 Розрахунок найбільш навантаженої ланки на міцність.....            | 69 |
| 2.2 Опис контрольного пристрою.....                                      | 70 |
| 2.2.1 Розрахунок похибки установки деталі в контрольне пристрій...70     |    |
| 2.2.2 Визначення сумарної похибки вимірювання.....                       | 71 |
| 3 ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЯНКИ.....                                   | 73 |
| Розрахунок необхідної кількості основного технологічного устаткування    |    |
| 3.1 Режим роботи цеху ділянки.....                                       | 73 |
| 3.2 Розрахунок кількості обладнання на ділянці .....                     | 74 |
| 3.3 Визначення чисельності робітників .....                              | 80 |
| 3.4 Планування обладнання та робочих місць на ділянці.....               | 80 |

|                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.5 Заходи щодо підвищення якості продукції.....                                                                   | 83  |
| 3.6 Організація обслуговування робочих місць і ділянки .....                                                       | 86  |
| 4 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ.....                                                                                         | 88  |
| 4.1 Забезпечення чистоти масляних порожнин деталей ГТД на стадії<br>виготовлення і вузлів в процесі складання..... | 88  |
| 4.2 Система подачі масла.....                                                                                      | 95  |
| 4.3 Система відкачки масла.....                                                                                    | 96  |
| 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...                                                             | 104 |
| 5.1 Аналіз потенційних небезпек.....                                                                               | 104 |
| 5.2 Заходи по забезпеченню безпеки.....                                                                            | 105 |
| 5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....                                              | 109 |
| 5.4 Заходи з пожежної безпеки.....                                                                                 | 115 |
| 5.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях.....                                                                   | 117 |
| ВИСНОВОК.....                                                                                                      | 122 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....                                                                                              | 123 |
| Додаток А. Специфікація на робоче пристосування                                                                    |     |
| Додаток Б. Специфікація на контрольне пристосування                                                                |     |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ  
І ТЕРМІНІВ

|      |                                            |
|------|--------------------------------------------|
| ДСТУ | Державний стандарт                         |
| МНО  | Маслонасосне откачування                   |
| КВМ  | Коефіцієнт використання матеріалу          |
| ККД  | Коефіцієнт корисної дії                    |
| МВД  | Маршрут виготовлення деталі                |
| МОП  | Маршрут обробки поверхні                   |
| ППТЯ | Послідовність показників точності і якості |
| РТК  | Розрахунково-технологічна карта            |
| СНіП | Система норм і правил                      |
| ЧПУ  | Числове програмне управління               |

## ВСТУП

Прогрес в області авіабудування значною мірою визначає розвиток сучасної авіації. Удосконалення авіаційних двигунів, в свою чергу, висуває нові вимоги до технології їх виготовлення. Зростання робочих температур і тисків вимагає все більш широкого використання високоміцних сплавів, тенденція скорочення числа деталей призводить до ускладнення геометричних форм, а зниження питомої маси двигуна обумовлює застосування деталі малої жорсткості.

Успішна реалізація конструктивних рішень більшою мірою визначається технологією. Проектовані технологічні процеси повинні забезпечувати підвищення продуктивності праці і якості виробів при одночасному зниженні витрат на їх ізготівлення. Рішення цих завдань багато в чому залежить від раціональної побудови процесу обробки, використаного устаткування, інструменту та оснастки, а також обґрунтованого призначення припусків на обробку і допусків операційних розмірів.

Відповідно до загальних правил розробки технологічних процесів комплексу завдань розмірного аналізу передують такі найважливіші етапи, як вибір виду вихідної заготовки, методу її виготовлення і технологічних баз, розробка варіанту технологічного маршруту обробки, а також вибір засобів технологічного забезпечення.

Метою дипломного проекту є проектування механічного цеху виготовлення деталей форсунки. Для цього необхідно вирішити такі завдання: визначити спосіб отримання заготовки, спроектувати маршрут обробки заготовки, вибрати обладнання та інструмент, розрахувати режими різання, спроектувати робоче та контрольне пристосування, визначити кількість обладнання і чисельність робітників, розрахувати собівартість виготовлення деталі, призначити заходи з охорони праці.

## 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Службове призначення і конструктивні особливості деталі

Форсунка призначена для подачі масла на підшипник коробки приводів, який встановлений на привідній шестерні маслоснабжувача відкачування (МНО) масла з коробки приводів в двигуні ТВЗ-117 всіх модифікацій, а також в зону зубчастого зачеплення шестерні приводу МНО. Форсунка повинна забезпечити безперервну і точну (падання не менше 60% струміння на підшипник і в робочу зону зубчастого зачеплення) для запобігання передчасного зносу і забезпечення напрацювання заданого ресурсу.

Конструктивними особливостями деталі є досить складна її конфігурація.

Специфічна геометрія деталі обумовлена:

- місцем постановки в коробці приводів (посадковий поверхню, маслоподводящие канали);
- забезпеченням подачі масла в робочі зони (мастило підшипника, зони зубчастого зачеплення);
- забезпеченням герметичності масляних каналів і внутрішньої порожнини коробки приводів (на фланці сполучаються з корпусом коробки виконані канавки для постановки резиновотехнічних виробів (ГТВ), які служать для ущільнення каналу);
- високий клас точності і чистоти обробки внутрішніх каналів форсунки (для забезпечення якісної змазки робочих зон - подачі необхідної кількості масла).

Форсунка виготовлюється з титанового сплаву ВТ5-Л ГОСТ 19807-91.

Сплав має задовільними литейними властивостями, тому використовується для виготовлення відливок. Зміст основних хімічних елементів приведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Зміст основних хімічних елементів в %

| Fe         | C         | Si        | W         | N          | Ti               | Al           | Zr        | O         | H           | домішок   |
|------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------------|--------------|-----------|-----------|-------------|-----------|
| до<br>0.35 | до<br>0.2 | до<br>0.2 | до<br>0.2 | до<br>0.05 | 91.485<br>- 95.9 | 4.1 -<br>6.2 | до<br>0.8 | до<br>0.2 | до<br>0.015 | інших 0.3 |

Сплав застосовується для виготовлення високоточних, відповідальних деталей двигунів, забезпечуючи їм хороший запас міцності і порівняно невелику масу.

Механічні властивості сплаву наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 -Механічні властивості сплаву BT5-Л при кімнатній температурі

| Марка  | Межа короточасної міцності, МПа | Відносне подовження при розриві, % | Ударна в'язкість, кДж / м <sup>2</sup> |
|--------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|
| BTЛ5-Л | 800                             | 6                                  | 300                                    |

#### Технологічні властивості

Сплав з високою корозійною стійкістю. Сплав BT5Л легірований тільки алюмінієм:

а) алюміній широко поширений в природі, доступний і порівняно дешевий;

б) щільність алюмінію значно менше щільності титану, і тому введення алюмінію підвищує питому міцність сплаву;

в) зі збільшенням вмісту алюмінію підвищується жароміцність і опір повзучості сплаву титану;

г) алюміній підвищує модулі пружності;

д) зі збільшенням вмісту алюмінію в сплаві зменшується схильність до водневої крихкості. Сплав ВТ5 відрізняється від технічного титану більшу міцність і жароміцних. Проте, його вважають за краще застосовувати не в деформованому стані, а у вигляді фасонного лиття (в цьому випадку йому присвоюють марку ВТ5Л).

## 1.2 Технологічний контроль деталі

### Аналіз технологічності

При конструюванні окремих деталей необхідно досягти необхідних експлуатаційних якостей, а також раціонального і економного виготовлення їх. В цьому і полягає принцип технологічності конструкції. Технологічність конструкції - це якість, яке надається деталі, складальній одиниці або виробу в цілому, з метою зниження вартості їх виготовлення, експлуатації та ремонту без збитку для виконання службових функцій. Відповідно до стандарту ЕСТ ПП 14.201-74 технологічність конструкції оцінюється наступними показниками:

Характеристика формотворчих поверхонь.

Деталь форсунки представляє собою циліндричну Г-подібну деталь з плоскою майданчиком, на якій виконано 2 отвори. Деталь не має гострих кутів і кромок виконані заокруглення різних радіусів і фаски. Характеристики формотворчих поверхонь наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Характеристики формоутворюючих поверхонь

| № | поверхня | Адмін. | допуск, | Квалітет | шорсткість, | клас поверхні |
|---|----------|--------|---------|----------|-------------|---------------|
|---|----------|--------|---------|----------|-------------|---------------|

|    |                          | розмір,<br>мм | мм    |    | Ra, мкм |   |
|----|--------------------------|---------------|-------|----|---------|---|
| 1  | 2                        | 3             | 4     | 5  | 6       | 7 |
| 1  | зовнішня<br>торцева      | 22.5          | 0,21  | 12 | 3.2     | 5 |
| 2  | зовнішня<br>торцева      | 4             | 0,075 | 11 | 1,6     | 6 |
| 3  | зовнішня<br>торцева      | 36            | 0,25  | 12 | 3.2     | 5 |
| 4  | зовнішня<br>торцева      | 33            | 0,25  | 12 | 3.2     | 5 |
| 5  | зовнішня<br>торцева      | 15            | 0,11  | 11 | 1.6     | 6 |
| 6  | зовнішня<br>торцева      | 2             | 0,06  | 11 | 1,6     | 6 |
| 7  | зовнішня<br>торцева      | 5             | 0,075 | 11 | 1,6     | 6 |
| 8  | зовнішня<br>торцева      | 12.5          | 0,11  | 11 | 1,6     | 6 |
| 9  | зовнішня<br>торцева      | 19            | 0,21  | 12 | 3.2     | 5 |
| 10 | зовнішня<br>торцева      | 7.5           | 0,09  | 11 | 1,6     | 6 |
| 11 | зовнішня<br>торцева      | 5.5           | 0,075 | 11 | 3.2     | 5 |
| 12 | зовнішня<br>торцева      | 4.5           | 0,075 | 11 | 0.8     | 7 |
| 13 | зовнішня<br>циліндрична  | 6             | 0.012 | 11 | 1.6     | 6 |
| 14 | зовнішня<br>циліндрична  | 3.2           | 0.025 | 11 | 1.6     | 6 |
| 15 | зовнішня<br>циліндрична  | 8.8           | 0.014 | 11 | 1.6     | 6 |
| 16 | зовнішня<br>циліндрична  | 5.2           | 0.025 | 11 | 1.6     | 6 |
| 17 | Внутрішня<br>циліндрична | 1.2           | 0.01  | 7  | 1.6     | 6 |
| 18 | Внутрішня<br>циліндрична | 1.8           | 0.01  | 7  | 1.6     | 6 |
| 19 | Внутрішня<br>циліндрична | 0.8           | 0.01  | 7  | 1.6     | 6 |
| 20 | Внутрішня<br>циліндрична | 2.2           | 0.01  | 7  | 1.6     | 6 |
| 21 | Внутрішня<br>циліндрична | 4             | 0.012 | 7  | 3.2     | 5 |
| 22 | Внутрішня<br>циліндрична | 7             | 0.015 | 7  | 3.2     | 5 |

Вибір раціональної заготовки

- конфігурація поверхонь деталі «форсунка» допускає використання заготовки, близькою за формою до готової деталі;
- виходячи з умов роботи деталі, вибираємо тип заготовки виливок;
- з огляду на конфігурацію деталі і тип заготовки, виробляємо вибір методу отримання заготовки:

- 1) Отримання заготовки литтям в кокіль в вакуумі.
- 2) Отримання заготовки литтям по виплавлюваних моделях в вакуумі.

Метод (2) менш трудомісткий і займає більше часу, метод (1) більш швидкий, і менш трудомісткий. Однак метод (1) дозволяє отримати більш точну і наближену до форми деталі заготовку, що дозволяє заощадити дорогий матеріал з якого виготовляється заготовка.

Технологічність форми:

- 1) Заготовка деталі має технологічні бази - поверхні, які забезпечують надійне і зручне закріплення деталі на верстаті.
- 2) Заготовка має достатню жорсткість для надійного закріплення на верстаті, виключення деформацій на високих режимах обробки і досягнення необхідної точності, а також при контролі розмірів.
- 3) При закріпленні заготовки на верстаті існує зручний підвід, врізання і вихід інструменту.
- 4) Заготовка добре контролюється і обробляється.

$$K_{m.o.} = 1 - \frac{1}{A_{cp.}} \leq 0.8 ,$$

де  $A_{cp.}$  - середній квалітет точності деталі;

$$A_{cp.} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^n n_i}$$

де  $A_i$  - квалітет точності  $i$ -ої поверхні;

$n_i$  - кількість розмірів відповідного квалітету.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 - Визначення коефіцієнта точності обробки  $K_{т.о.}$

| Кількість розмірів відповідного квалітету |   |   |    |    |    |    |    | $\sum A_i n_i$ | $\sum n_i$ | $A_{cp}$ | $K_{т.о.}$ |
|-------------------------------------------|---|---|----|----|----|----|----|----------------|------------|----------|------------|
| 7                                         | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |                |            |          |            |
| 7                                         | 3 | - | -  | 8  | 4  | -  | -  | 209            | 22         | 9.9      | 0.898      |

$$A_{cp.} = \frac{7 \cdot 7 + 8 \cdot 3 + 11 \cdot 8 + 12 \cdot 4}{7 + 3 + 8 + 4} = \frac{209}{22} = 9.9$$

$$K_{т.о.} = 1 - \frac{1}{9.9} = 0.898$$

Деталь відноситься до деталей нормальної точності, тому що  $K_{т.о.} > 0.8$ .

Деталь відносимо до технологічної за коефіцієнтом точності обробки.

Оптимальною шорсткістю оброблюваних поверхонь

Оптимальною шорсткістю оброблюваних поверхонь оцінюється коефіцієнтом шорсткості:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}}$$

де  $B_{cp}$  - середнє значення показника шорсткості:

$$B_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n B_i \cdot n_{iш}}{\sum_{i=1}^n n_{iш}}$$

де  $B_i$  - значення показника шорсткості  $i$ -ої поверхні;

$n_i$  - кількість поверхонь на відповідний показник шорсткості;

Таблиця 1.5 - Визначення коефіцієнта шорсткості

| Кількість розмірів відповідної шорсткості |    |   |   |   |    |    |    |    |    | $\sum A_i n_i$ | $\sum n_i$ | АСР  | Кшт   |
|-------------------------------------------|----|---|---|---|----|----|----|----|----|----------------|------------|------|-------|
| 5                                         | 6  | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |                |            |      |       |
| 7                                         | 14 | 1 | - | - | -  | -  | -  | -  | -  | 126            | 22         | 5,73 | 0.163 |

$$B_{cp} = \frac{5 \cdot 7 + 6 \cdot 14 + 7 \cdot 1}{7 + 14 + 1} = \frac{126}{22} \approx 5.73$$

$$K_u = \frac{1}{6,15} = 0,163$$

$K_u < 0,32$  деталь відносимо до технологічної за показником шорсткості.

Коефіцієнт уніфікації деталі

Уніфікація конструктивних елементів деталі оцінюється коефіцієнтом уніфікації:

$$K_{y.e.} = \frac{Q_{y.e.}}{Q_o}$$

де  $Q_{y.e.}$  - кількість уніфікованих типорозмірів;

$Q_o$  – загальна кількість типорозмірів.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 1.6

Таблиця 1.6 – Визначення коефіцієнта уніфікації  $K_{y.e.}$ .

| Деталь   | $Q_{y.e.}$ | $Q_o$ | $K_{y.e.}$ |
|----------|------------|-------|------------|
| Форсунка | 12         | 22    | 0.545      |

$$K_{y.e.} = \frac{12}{22} = 0.545$$

Деталь відносимо до не технологічних так як  $K_{y.e} < 0.6$ .

За більшістю якісних і кількісних показників конструкція деталі «форсунка» є нетехнологічною.

### 1.3 Вибір типу і форми організації виробництва

Проектування технологічного процесу залежить від багатьох факторів, в тому числі і від типу та організаційної форми виробництва.

Тип виробництва попередньо визначаємо на початковій стадії розробки ТП залежно від річного обсягу випуску і маси деталей. Виходячи з цих даних попередньо визначаємо, що при програмі 2000 шт. і масі деталі 0.5-1 кг наш тип виробництва є серійним.

Так як коефіцієнт закріплення операцій  $K_{з.о.} = 0,87$  то тип виробництва визначаємо як серійне. Організаційну форму виконання робіт на ділянці встановлюють по принципу розміщення робочих місць і характеру руху оброблюваних заготовок з урахуванням рівності або кратності тривалості кожної операції такту випуску.

Так як тривалість операцій ТП істотно відрізняється один від одного, то наше виробництво є непотоковим, хоча обладнання та робочі місця розміщені в порядку виконання цих операцій.

При непотоковій формі організації виробництва запуск заготовок у виробництво здійснюється партіями з певною періодичністю, яка є ознакою серійного виробництва.

Кількість заготовок в партії для одночасного запуску визначається за формулою, шт:

$$n = \frac{a \cdot N}{250} = \frac{3 \cdot 2000}{253} = 20 \text{шт.}$$

де  $a=3$  дні – періодичність запуску деталей у виробництво або кількість днів, на які необхідно забезпечити запас деталей для роботи;

$N$  – річна програма випуска  $N=2000$  деталей;

253 – кількість робочих днів в одному році.

#### 1.4 Вибір способу отримання заготівки

У сучасному виробництві одним з основних напрямків розвитку технології механічної обробки є використання чорнових заготовок з економічними конструктивними формами, що забезпечують можливість застосування найбільш оптимальних способів їх обробки. Цей напрямок вимагає безперервного підвищення точності заготовки та наближення її конструктивних форм і розмірів чистової деталі, що дозволяє скоротити обсяг обробки, обмежуючи її напівчистовими і чистовими операціями.

Для економічного обґрунтування вибору заготівки робимо розрахунок технологічної собівартості деталі по порівняльним методам:

1) Лиття по витоплювальним моделям h14

2) Лиття в кокіль h15

Матеріал деталі: титановий сплав BT5-Л

Маса деталі:  $M_d=0,25$  кг (3D-модель виконана в КОМПАС);

Маса заготовки (лиття по витоплювальним моделям):  $M_{z1}=0,400$  кг (3D модель виконана в КОМПАС);

Маса заготовки (лиття в кокіль):  $M_{32}=0,480$  кг (3D модель виконана в КОМПАС);

Програма випуску:  $N = 2000$  шт.

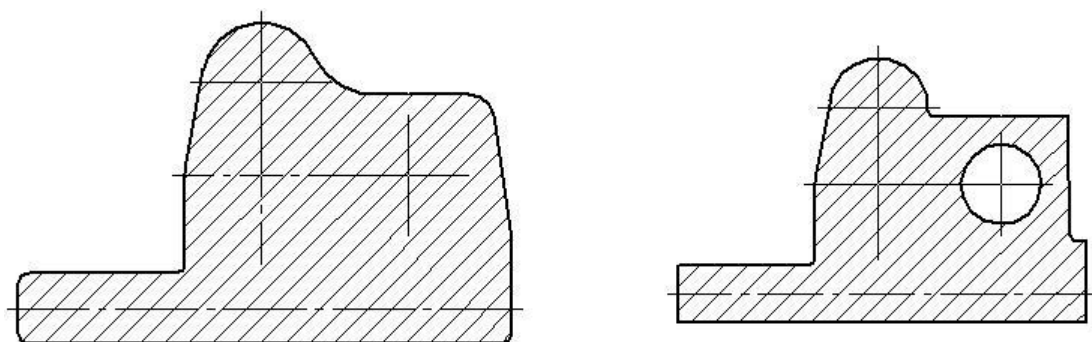


Рисунок 1.1 - Заготовка: а - лиття в кокіль; б - за витоплюваними моделями

Порівняльні характеристики методів отримання заготовки наведені в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 - Порівняльні характеристики методів отримання заготовок

|  |  | Формула для | Вид заготовки |
|--|--|-------------|---------------|
|--|--|-------------|---------------|

| Характеристика                                        | Познач.             | розрахунку або джерело                                                          | По витоц. моделям | В кокіль |
|-------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------|
| Матеріал заготовки                                    |                     |                                                                                 | BT5-Л             |          |
| Маса деталі                                           | $M_d$ , кг          |                                                                                 | 0,25              |          |
| Маса заготовки                                        | $M_3$ , кг          |                                                                                 | 0,400             | 0,480    |
| Степінь складності                                    |                     | ГОСТ 7505-89                                                                    | С4                |          |
| Оптова ціна 1т. поковки з станд. матеріалу            | $\Pi_{ст.з}$ , гр/т | [1,табл.2.7,стр. 30]                                                            | 3200              | 670      |
| Коефіцієнт ціни матеріалу                             | $кц$                | Прейскурант№25-01                                                               | 1,8               |          |
| Доплата за серійність                                 | $Д, \%$             | Прейскурант№25-01                                                               | 15                |          |
| Ціна 1т. стружки оброблюваного матеріалу              | $C_{отх}$ , гр/т    |                                                                                 | 175,4             |          |
| Собівартість виробництва заготовки                    | $C_3$ , гр/шт       | $C_3 = \Pi_{ст.з} \cdot кц (1 + Д/1000) \cdot M_3 - C_{отх} (M_3 - M_d) / 1000$ | 3,84              | 0,8      |
| Витрати на механічну обробку віднесені до 1т. стружки | $C_{стр}$ , гр/т    | [табл9.1,стр 188]                                                               | 1060              |          |
| Собівартість механічної обробки заготовки             | $C_{м.о.}$ , гр/шт  | $C_{м.о.} = C_{стр} (M_3 - M_d) / 1000$                                         | 0,360             | 0,397    |
| Собівартість виготовлення деталі                      | $C_d$ , гр/шт       | $C_d = C_{м.о.} + C_3$                                                          | 4,2               | 1,197    |
| Маса витраченого матеріалу                            | $M_{в.м}$           | $M_{в.м.} = M_3 + M_{об}$                                                       | 0,6659            | 0,694    |
| Коефіцієнт використання матеріалу                     | $К_{вм}$            |                                                                                 | 0,37              | 0,36     |

Річна економія за вартістю виготовлення деталі від застосування 1 варіанту в порівнянні з 2 варіантом виготовлення заготовки:

$$\Xi = (C_1 - C_2) \cdot N = (4,2 - 1,197) \cdot 2000 = 6006 \text{ грн}$$

Річна економія матеріалу 2-го в порівнянні з 1 варіантом:

$$C_M = C_M \frac{(M_1 - M_2)}{1000} N = 23000 \frac{(0,694 - 0,6659)}{1000} 2000 = 1292,6 \text{ грн}$$

Найбільш раціональним є виготовлення заготовок, литтям в кокіль, так як  $C_M < \Xi$ .

### 1.5 Вибір технологічних баз

При виборі баз керуються принципами єдності і сталості баз. Технологічна база визначає положення деталі на верстаті щодо траєкторії різального інструменту і знаходиться в безпосередньому контакті з елементами пристосування.

За чорнові бази приймаємо конструкторські бази - зовнішній діаметр Ø6 мм і прилеглий до нього перпендикулярно зовнішній діаметр Ø5 мм. Бази для чистової обробки повинні мати найбільшу точність розмірів і геометричної форми, а також найменшу шорсткість поверхні. Вони не повинні деформуватися під дією сил різання, затиску і власної маси.

Базами для чистової обробки є зовнішній діаметр Ø10 мм і торець 7 мм, зовнішній Ø10мм і торець 16 мм; зовнішній діаметр Ø5мм і торець 22.5 мм, внутрішні діаметри Ø4мм і Ø7мм.

При установки деталі в пристосування для фрезерної обробки оп. 60 за бази приймаємо зовнішній діаметр форсунки Ø8  $\begin{pmatrix} -0,013 \\ -0,027 \end{pmatrix}$  и отвір Ø7. Ø8 форсунка сідає в посадочне місце виконане на плиті, а отвором Ø7 центрируется на штифті. При установки деталі в пристосування для свердління оп. 90 за бази приймаємо зовнішній діаметр форсунки Ø8  $\begin{pmatrix} -0,013 \\ -0,027 \end{pmatrix}$  и отвір Ø7и Ø4. Ø8 форсунка сідає в центруючу проставку, закріплену на

підставу пристосування, а отвором Ø7 і Ø4 фіксується на штівтах, забезпечуючи осьову фіксацію деталі.

## 1.6 Розрахунок операційних припусків і технологічних розмірів

Визначення припусків і виконавчих технологічних розмірів розрахунково-аналітичним методом для зовнішньої циліндричної поверхні Ø6f7 $\left(\begin{smallmatrix} -0,010 \\ -0,022 \end{smallmatrix}\right)$ .

Визначаємо нормативні і розрахункові значення елементів припуску по технологічних переходах:

1-й перехід - заготовка (отливка)

$R_{a1}=60$  мкм,  $R_{Z1}=200$  мкм - висота мікронерівностей;

$h_1=250$  мкм - глибина дефектного шару по [2];

Просторове відхилення заготовки визначаємо як суму допустимих значень зміщення  $\rho_{см}$  і викривлення  $\rho_{кор}$

$$\rho = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2}$$

де  $\rho_{см}=0,8$  мм [2];

$\rho_{кор}=0,5$  мм [2];

$$\rho_1 = \sqrt{0,8^2 + 0,5^2} = 0,943 \text{ мм} = 943 \text{ мкм}$$

2-й перехід - точіння чернове

$R_{a2}=6,3$  мкм,  $R_{Z2}=40$  мкм;

$h_2=80$  мкм по [2];

$$\rho_2 = k_y \cdot \rho_1 = 0,06 \cdot 943 = 56,6 \text{ мкм}$$

де  $k_y=0,06$  мм - коефіцієнт уточнення для литої заготовок [2];

$\varepsilon_2=500$  мкм - похибка установки деталі в пристосуванні по [2];

3-й перехід - точіння чистове

$R_{a3}=1,6$  мкм,  $R_{Z3}=2,5$  мкм;

$h_3=20$  мкм по [2];

$$\rho_3 = k_y \cdot \rho_4 = 0,04 \cdot 300 = 12 \text{ мкм}$$

де  $k_y=0,04$  мм - коефіцієнт уточнення для литої заготовки [2];

$\varepsilon_3=90$  мкм - похибка установки в пристосування з зажимами за [2];

Призначаємо допуски по технологічних переходах відповідно до ППТК раніше розробленого МОП

$$Td_3 = Td_1 = 0.9 \text{ мм}$$

$$Td_2 = 0,036 \text{ мм}$$

$$Td_3 = 0,012 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальний розрахунковий припуск

$$2Z_{i\min} = 2(h_{i-1} + R_{Z_{i-1}} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \text{ мкм};$$

$$2Z_{2\min} = 2(250 + 200 + \sqrt{943^2 + 500^2}) = 3034,7 \text{ мкм} = 3,03 \text{ мм}$$

$$2Z_{3\min} = 2(80 + 40 + \sqrt{300^2 + 90^2}) = 866,42 \text{ мкм} = 0,866 \text{ мм}$$

Визначаємо розрахунковий мінімальний розмір за технологічними переходам починаючи з останнього:

$$d_{i\min} = d_{i+1\min} + 2z_{i+1\min}$$

$$d_{3\min} = d_{3\text{костр.}} + eid_4$$

$$d_{2\min} = 5.978 + 0,866 = 6.844\text{мм}$$

$$d_{1\min} = 6.844 + 3,03 = 9.874\text{мм}$$

Розраховуємо максимальні розрахункові розміри по переходах:

$$d_{i\max} = d_{i\min} + Td_i$$

$$d_{2\max} = 6.844 + 0.036 = 6.88\text{мм}$$

$$d_{1\max} = 9.874 + 0.9 = 10.774\text{мм}$$

Розраховуємо максимальні значення припусків по технологічних переходах:

$$2z_{i\max} = d_{i-1\max} - d_{i\max}$$

$$2z_{2\max} = 10.774 - 6.88 = 3.894\text{мм}$$

$$2z_{3\max} = 6.88 - 5.99 = 0.89\text{мм}$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи рівність:

$$2z_{0\max} - 2z_{0\min} = Td_3 - Td_d$$

$$3.894 - 3.03 = 0.9 - 0,012$$

$$0.864 = 0.864$$

Визначаємо виконавчі і граничні розміри по переходах:

$$d_1'' = d_{1\max} - esd_1 = 10.774 - (-0.9) = 11.674\text{мм}$$

$$d_{1\min} - eid_1 = 10.774 + 0 = 10.774\text{мм}$$

Виконавчий розмір заготовки  $\varnothing 10.774_{-0,9}^0\text{мм}$ .

Виконавчі розміри на проміжні переходи для зовнішньої поверхні  
проставляем в системі вала.

$$d_2'' = d_{2\max} = 6.88\text{мм}$$

Виконавчий  $\varnothing 6.88_{-0.032}\text{мм}$

$$d_3'' = d_{3\max} = 5.99\text{мм}$$

Виконавчий  $\varnothing 5.99_{-0.012}\text{мм}$

Визначення припусків і виконавчих технологічних розмірів  
розрахунково-аналітичним методом для внутрішньої циліндричної поверхні  
 $\varnothing 2.2\text{H7}(^{+0.01})$ .

Визначаємо нормативні і розрахункові значення елементів припуску по  
технологічних переходах:

1-й перехід - заготовка (отливка)

$R_{a1}=0\text{мкм} \cong R_{Z1}=0\text{ мкм}$  - висота мікронерівностей;

$h_1=0\text{ мкм}$  - глибина дефектного шару по [2];

Просторове відхилення заготовки визначаємо як суму допустимих  
значень зміщення  $\rho_{\text{см}}$  і викривлення  $\rho_{\text{кор}}$

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2}$$

де  $\rho_{\text{см}}=0,6\text{ мм}$  [2];

$\rho_{\text{кор}}=0,4\text{ мм}$  [2];

$$\rho_1 = \sqrt{0,6^2 + 0,4^2} = 0,781\text{мм} = 781\text{мкм}$$

2-й перехід - точіння чернове

$R_{a2}=6,3$  мкм,  $R_{Z2}=40$  мкм;

$h_2=80$  мкм по [2];

$$\rho_2 = k_y \cdot \rho_1 = 0,06 \cdot 781 = 46,86 \text{ мкм}$$

де  $k_y=0,06$  мм - коефіцієнт уточнення для штампованих заготовок [2];

$\varepsilon_2=400$  мкм - похибка установки в пристосування по [2];

3-й перехід - точіння чистове

$R_{a3}=1,6$  мкм,  $R_{Z3}=2,5$  мкм;

$h_3=30$  мкм по [2];

$$\rho_3 = k_y \cdot \rho_2 = 0,05 \cdot 56,6 = 2,83 \text{ мкм}$$

де  $k_y=0,05$  мм - коефіцієнт уточнення для штампованих заготовок [2];

$\varepsilon_3=100$  мкм - похибка установки в пристосування по [2];

Призначаємо допуски по технологічних переходах відповідно до ППТК раніше розробленого МОП.

$$Td_3=Td_1=0.14 \text{ мм}$$

$$Td_2=0.04 \text{ мм}$$

$$Td_3=0,01 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальний розрахунковий припуск

$$2Z_{i\min}=2(h_{i-1}+R_{Zi-1}+\sqrt{\Delta_{i-1}^2+\varepsilon_i^2}), \text{мкм};$$

$$2Z_{2\min}=2(0+0+\sqrt{781^2+400^2})=877.4 \text{ мкм} = 0.877 \text{ мм}$$

$$2Z_{3\min}=2(80+40+\sqrt{46,86^2+100^2})=460.87 \text{ мкм} = 0,46 \text{ мм}$$

Визначаємо розрахунковий максимальний розмір за технологічними переходам починаючи з останнього:

$$d_{i\max} = d_{i+1\max} - 2z_{i+1\min}$$

$$d_{4\max} = d_{4\text{копир.}} + esd_4$$

$$d_{3\max} = 2.2 + 0.01 = 2.21\text{мм}$$

$$d_{2\max} = 2.21 - 0.46 = 1.75\text{мм}$$

$$d_{1\max} = 1.75 - 0.877 = 0.873\text{мм}$$

Розраховуємо мінімальні розрахункові розміри по переходах:

$$d_{i\min} = d_{i\max} - Td_i$$

$$d_{3\min} = 2.21 - 0.01 = 2.2\text{мм}$$

$$d_{2\min} = 1.75 - 0.04 = 1.71\text{мм}$$

$$d_{1\min} = 0.873 - 0.14 = 0.733\text{мм}$$

Розраховуємо максимальні значення припусків:

$$2z_{2\max} = d_{2\min} - d_{1\min}$$

$$2z_{2\max} = 1.71 - 0.733 = 0.977\text{мм}$$

$$2z_{3\max} = 2.2 - 1.71 = 0.49\text{мм}$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи рівність:

$$2z_{0\max} - 2z_{0\min} = Td_3 - Td_d$$

$$0.977 - 0.877 = 0.14 - 0.04$$

$$0.1 = 0.1$$

Визначаємо виконавчі і граничні розміри по переходах:

$$d_1'' = d_{1\max} - esd_1 = 0.873 - 0.14 = 0.733 \text{ мм}$$

$$d_{1\min} - eid_1 = 0.873 - 0 = 0.873 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір заготовки:  $\varnothing 0.873^{+0.14} \text{ мм}$

$$d_2'' = d_{2\min} = 1.71 \text{ мм}$$

Виконавчий  $\varnothing 1.71^{+0.04} \text{ мм}$

$$d_3'' = d_{3\min} = 2.2 \text{ мм}$$

Виконавчий  $\varnothing 2.2^{+0.01} \text{ мм}$

Таблиця 1.8 – Розрахунок припусків і технологічних розмірів розрахунково-аналітичним методом

| Характер<br>поверхні                    | i | Назва<br>технологічних<br>переходів<br>(операцій) | Елементи припусκα, мкм |     |       |     | Розрахунковий                     |                    | Допуск,<br>Td, мм | Граничні значення |                  |                   |                   | Виконавчий<br>розмір, мм |
|-----------------------------------------|---|---------------------------------------------------|------------------------|-----|-------|-----|-----------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|
|                                         |   |                                                   | R <sub>z</sub>         | h   | ρ     | ε   | Припуск<br>2Z <sub>min</sub> , мм | Розмір,<br>dmin,мм |                   | Розмірів          |                  | Припусків         |                   |                          |
|                                         |   |                                                   |                        |     |       |     |                                   |                    |                   | d <sub>max</sub>  | d <sub>min</sub> | 2Z <sub>max</sub> | 2Z <sub>min</sub> |                          |
| зовнішня<br>циліндрична по<br>верхня Ø6 | 1 | Заготівельна                                      | 200                    | 250 | 943   | -   | -                                 | 9.874              | 0.9               | 278,241           | 10.774           | -                 | -                 | Ø10.774 <sub>-0,9</sub>  |
|                                         | 2 | Точіння<br>чернове                                | 40                     | 80  | 56,6  | 500 | 3,03                              | 6.844              | 0.036             | 272,181           | 6.88             | 3.894             | 3,03              | Ø6.88 <sub>-0,036</sub>  |
|                                         | 3 | Точіння<br>чистове                                | 2,5                    | 20  | 12    | 90  | 0,866                             | 5.987              | 0.012             | 270,45            | 5.99             | 0.89              | 0,866             | Ø5.99 <sub>-0,012</sub>  |
| Внутрішня<br>поверхня Ø2.2              | 1 | Заготівельна                                      | 0                      | 0   | 781   | -   | -                                 | 0.733              | 0.14              | 0.873             | 0.733            | -                 | -                 | Ø0.837 <sup>+0.14</sup>  |
|                                         | 2 | Точіння<br>чернове                                | 40                     | 80  | 46.86 | 400 | 0.877                             | 1.71               | 0.04              | 1.75              | 1.71             | 0.977             | 0.877             | Ø1.71 <sup>+0,04</sup>   |
|                                         | 3 | Точіння<br>чистове                                | 2,5                    | 30  | 2,353 | 100 | 0.46                              | 2.2                | 0.01              | 2.21              | 2.2              | 0.49              | 0.46              | Ø2.2 <sup>+0,01</sup>    |

Визначення припусків і виконавчих технологічних розмірів розрахунково-аналітичним методом для торцевої поверхні  $2h9_{(-0,025)}$ .

Визначаємо нормативні і розрахункові значення елементів припуску за технологічними переходами:

1-й перехід - заготовка (виливок)

$R_{a1}=60$  мкм  $R_{Z1}=200$  мкм - висота мікронерівностей;

$h_1=250$  мкм - глибина дефектного шару по [2];

Просторове відхилення заготовки визначаємо як суму допустимих значень зміщення  $\rho_{см}$  и викривлення  $\rho_{кор}$

$$\rho = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2}$$

де  $\rho_{см}=0,8$  мм [2];

$\rho_{кор}=0,5$  мм [2];

$$\rho_1 = \sqrt{0,8^2 + 0,5^2} = 0,943 \text{ мм} = 943 \text{ мкм}$$

2-й перехід - точіння чернове

$R_{a2}=6,3$  мкм  $R_{Z2}=40$  мкм;

$h_2=80$  мкм по [2];

$$\rho_2 = k_y \cdot \rho_1 = 0,06 \cdot 943 = 56,6 \text{ мкм}$$

де  $k_y=0,06$  мм - коефіцієнт уточнення для литих заготовок [2];

$\varepsilon_2=500$  мкм - похибка установки деталі в пристосуванні по [2];

3-й перехід - точіння чистове

$R_{a3}=1,6$  мкм  $\cong R_{Z3}=2,5$  мкм;

$h_3=20$  мкм по [2];

$$\rho_3 = k_y \cdot \rho_4 = 0,04 \cdot 300 = 12 \text{ мкм}$$

де  $k_y = 0,04$  мм - коефіцієнт уточнення для литих заготовок [2];

$\varepsilon_3 = 90$  мкм - похибка установки в пристосування з зажимами по [2];

Призначаємо допуски по технологічних переходах відповідно до ППТК раніше розробленого МОП

$$TL_3 = TL_1 = 0.39 \text{ мм}$$

$$TL_2 = 0,06 \text{ мм}$$

$$TL_3 = 0,025 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальний розрахунковий припуск

$$Z_{i\min} = 2(h_{i-1} + Rz_{i-1} + \Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2), \text{ мкм};$$

$$Z_{2\min} = 250 + 200 + 943 + 500 = 1893 \text{ мкм} = 1,893 \text{ мм}$$

$$Z_{3\min} = 80 + 40 + 300 + 90 = 510 \text{ мкм} = 0,51 \text{ мм}$$

Визначаємо розрахунковий мінімальний розмір за технологічними переходам починаючи з останнього:

$$L_{i\min} = L_{i+1\min} + z_{i+1\min}$$

$$L_{4\min} = L_{4\text{контр.}} + eid_4$$

$$L_{3\min} = 2 - 0,025 = 1,975 \text{ мм}$$

$$L_{2\min} = 1,975 + 0,51 = 2,485 \text{ мм}$$

$$L_{1\min} = 2,485 + 1,893 = 4,378 \text{ мм}$$

Розраховуємо максимальні розрахункові розміри по переходах:

$$L_{i\max} = L_{i\min} + TL_i$$

$$L_{3\max} = 1,975 + 0,025 = 2 \text{ мм}$$

$$L_{2\max} = 2.485 + 0.06 = 2.545\text{мм}$$

$$L_{1\max} = 4.378 + 0.39 = 4.768\text{мм}$$

Розраховуємо максимальні значення припусків по технологічних переходах:

$$z_{i\max} = L_{i-1\max} - L_{i\max}$$

$$z_{3\max} = 4.768 - 4.545 = 2.223\text{мм}$$

$$z_{2\max} = 2.545 - 2 = 0.545\text{мм}$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи рівність:

$$z_{0\max} - z_{0\min} = TL_3 - TL_{\text{д}}$$

$$2.223 - 1.893 = 0.39 - 0.06$$

$$0.33 \approx 0.33$$

Визначаємо виконавчі і граничні розміри по переходах:

$$L_1'' = L_{1\max} - esL_1 = 4.768 - 0.39 = 4.378\text{мм}$$

$$L_{1\min} - eiL_1 = 4.378 + 0 = 4.378\text{мм}$$

Виконавчий розмір заготовки:

$$L\ 4.378_{-0.39}\text{мм}$$

Виконавчі розміри на проміжні переходи для зовнішньої поверхні проставляємо в системі вала.

$$L_2^H = L_{2\max} = 2.545\text{ мм}$$

Виконавчий  $L_{2.545_{-0,06}}\text{ мм}$

$$L_3^H = L_{3\max} = 2\text{ мм}$$

Виконавчий  $L_{2_{-0,025}}\text{ мм}$

Отримані значення заносимо до таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 – Розрахунок припусків та технологічних розмірів розрахунково-аналітичним методом

| Характер<br>поверхні  | i | Назва<br>технологічних<br>переходів<br>(операцій) | Елементи припуска,<br>мкм |     |           |     | Розрахунковий                        |                    | Допуск,<br>TL, ,мм | Граничні значення |                  |                  |       | Виконавчий<br>розмір, L мм |
|-----------------------|---|---------------------------------------------------|---------------------------|-----|-----------|-----|--------------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|------------------|------------------|-------|----------------------------|
|                       |   |                                                   | Рормірів                  |     | Припусків |     |                                      |                    |                    |                   |                  |                  |       |                            |
|                       |   |                                                   | R <sub>z</sub>            | h   | ρ         | ε   | Припуск<br>Z <sub>min</sub> ,<br>мкм | Розмір,<br>Lmin,мм |                    |                   |                  |                  |       |                            |
|                       |   |                                                   |                           |     |           |     |                                      |                    | L <sub>max</sub>   | L <sub>min</sub>  | Z <sub>max</sub> | Z <sub>min</sub> |       |                            |
| Торцева<br>поверхня 2 | 1 | Заготівельна                                      | 200                       | 250 | 943       | -   | -                                    | 4.375              | 0.39               | 4.768             | 4.375            | -                | -     | 4.378 <sub>-0,39</sub>     |
|                       | 2 | Точіння<br>чернове                                | 40                        | 80  | 56,<br>6  | 500 | 1,893                                | 2.485              | 0.06               | 2.545             | 2.485            | 2.223            | 1,893 | 2.545 <sub>-0,06</sub>     |
|                       | 3 | Точіння<br>чистове                                | 2,5                       | 20  | 12        | 90  | 0,51                                 | 1.975              | 0,3025             | 2                 | 1.975            | 0,545            | 0,51  | 2 <sub>-0,025</sub>        |

## 1.7 Розрахунок режимів різання

Операція 050 – Токарна з ЧПУ

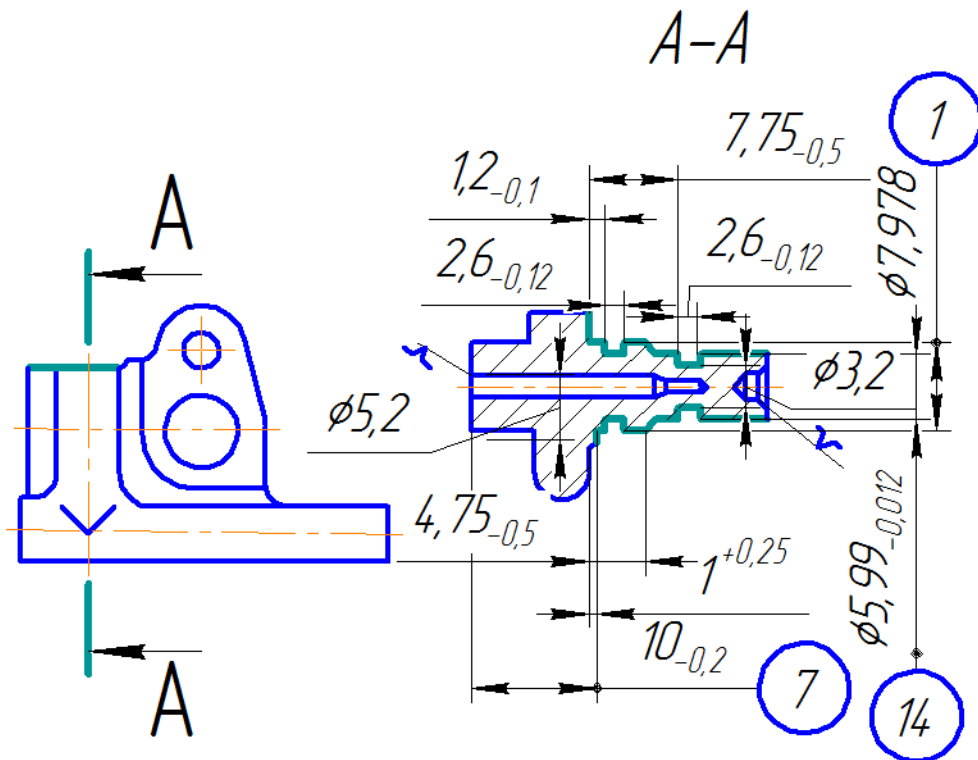


Рисунок 1.2 - Операційний ескіз – операція № 50

Верстат – токарний з ЧПУ СК 6136

Інструмент – різець розточний  $\varphi=60^\circ$ ,  $\varphi_1=40^\circ$ ;  $R=1\text{ мм}$ ; T5K10, ГОСТ18882-73

Точити поверхню згідно ескізу.

1. Визначаємо глибину різання для чорнового точіння:

$$t=Z_{\max}=0,5 \text{ (мм)}.$$

2. Довжина робочого ходу супорта:

$$L_{\text{рх.пр}}=l_{\text{рез}}+u_{\text{врез}}+u_{\text{переб}},$$

де  $l_{\text{рез}}$ - найбільша довжина різання для різця поздовжнього супорта, мм;

$u_{\text{врез}}$ - величина врізання[3];

$u_{\text{пероб}}$ - величина перебігу [3];

$$l_1 = u_{\text{врез}} + u_{\text{пероб}} = 1 \text{ мм};$$

$$L_{\text{рх.пр}} = 12.5 + 1 = 13.5 \text{ мм};$$

3. Визначаємо подачу супорту:

$$S_{\text{пр}} = 0.088 \text{ мм/об [3];}$$

Виходячи з великої довжини обробки по паспорту приймаємо

$$S_{\text{пр}} = 0.1 \text{ мм/об}$$

4. Визначаємо швидкість різання:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v = \frac{12.5}{120^{0.18} \cdot 0.5^{0.3} \cdot 0.1^{0.15}} \cdot 0.8 = 7.35 \text{ м / хв}$$

де S-подача супорту;

t-глибина різання різця;

$C_v$ , x, y, m- коефіцієнт і показники ступеня [2];

$K_v$ - поправочний коефіцієнт;

T-період стійкості інструменту  $T = 120$  хв;

$C_v = 292$ ,  $x = 0.3$ ,  $y = 0.15$ ,  $m = 0.18$ ;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{ui} = 0.72 \cdot 0.8 \cdot 1.4 = 0.8$$

де  $K_{mv}$ - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки

$$K_{mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_\beta} \right)^{n_v} = 0.8 \left( \frac{750}{830} \right)^{1.0} = 0.72$$

де  $K_r$ - коефіцієнт, що враховує групу стали по оброблюваності

$$K_r = 0.8$$

$n_v$ - показник степені  $n_v = 1.0$  [2];

$\sigma_\beta$ - тимчасовий опір розриву  $\sigma_\beta = 830$  кгс/мм<sup>2</sup>

$K_{nv}$ - коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні  $K_{nv} = 0.8$  [2];

Кив- коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу  
 $K_{iv}=1,4$  [2];

5. Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 7.35}{3.14 \cdot 8} = 292.59 \text{ об / хв}$$

По верстату приймаємо  $n=250$  об/хв.

6. Визначається фактичну швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{3.14 \cdot 8 \cdot 250}{1000} = 7.536 \text{ м / хв}$$

7. Визначаємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 0,5^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 7.536^0 \cdot 0,94 = 777,3 \text{ Н}$$

де  $x, y, n$  - показник степені [2];

$S, V, t$ - режим різання [2];

$K_p$ - коефіцієнт, що враховує вплив умов різання.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 1,07 \cdot 0,94 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,94$$

де  $K_{mp}$ - коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_v}{750} \right)^n = \left( \frac{830}{750} \right)^{0,75} = 1,07$$

де  $K_{\phi p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані

$K_{\phi p}=0,94$  [2];

$K_{\gamma p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута  $K_{\gamma p}=1,0$  [2];

$K_{\lambda p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу головного леза

$$K\lambda_p=1,0$$

$K_{rp}$ - коефіцієнт, що враховує вплив радіуса при вершині

$$K_{rp}=0,93 [2];$$

$$C_p=204; x=1.0; y=0.75; n=0 [2];$$

8. Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{777.3 \cdot 7.536}{1020 \cdot 60} = 0.095 \text{ кВт}.$$

9. Основний час:

$$T_o = \frac{L_{p.нр.}}{S_{нр} \cdot n} = \frac{12.5}{0.3 \cdot 300} = 0.14 \text{ хв}$$

Виконуємо нормування операції:

1. Визначаємо основний час:  $t_o=0.14$  хв.

2. Визначаємо допоміжний час

$$t_{всп} = t_y + t_{упр} + t_{контр} + t_{нр.} = 7,8 + 0,015 + 0,16 + 1,2 = 9,18 \text{ хв}$$

де  $t_y=7,8$  хв- допоміжний час на установку і зняття деталі [3];

$t_{упр}=0,015$  хв- допоміжний час на управління верстатом [3];

$t_{контр.}=0,19$  хв-нормативний час контролю [3];

$$t_{пер} = t_{прох.} + t_{изм.реж} + t_{уст.загр.} = 0,84 + 0,06 + 0,3 = 1,2 \text{ хв}$$

де  $t_{прох}=0,84$  хв-час пов'язаний з проходом [3];

$t_{изм.реж}=0,06$  хв- час пов'язане з перемиканням числа обертів і величини подачі [3];

$t_{уст.защ}=0,3$  хв-установка захисного загородження [3];

### 3. Визначаємо оперативний час

$$t_{on} = t_o + t_{don} = 0.14 + 9.18 = 9.32 \text{ хв}$$

### 4. Визначаємо додатковий час

$$t_{don} = (\alpha_{обс} + \alpha_{отд}) \cdot t_{on} = (0.04 + 0.04) \cdot 9.32 = 0.75 \text{ хв}$$

де  $\alpha_{обс} = 4\%$  - час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця [3];

$\alpha_{отд} = 4\%$  - час на відпочинок і особисті потреби [3].

### 5. Визначаємо штучний час

$$t_{um} = t_{on} + t_{ecn} + t_{don} = 9.32 + 0.78 = 10.1 \text{ хв}$$

### 6. Визначаємо підготовчо-заключний час на партію заготовок

$$t_{n-3} = 16 + 5.2 + 7 = 28.2 \text{ хв}$$

### 7. Визначаємо штучно-калькуляційний час

$$t_{ш-к} = t_{um} + \frac{t_{n-3}}{n} = 10.1 + \frac{28.2}{20} = 14.24 \text{ мин.}$$

## Операція 035 – Свердлильна

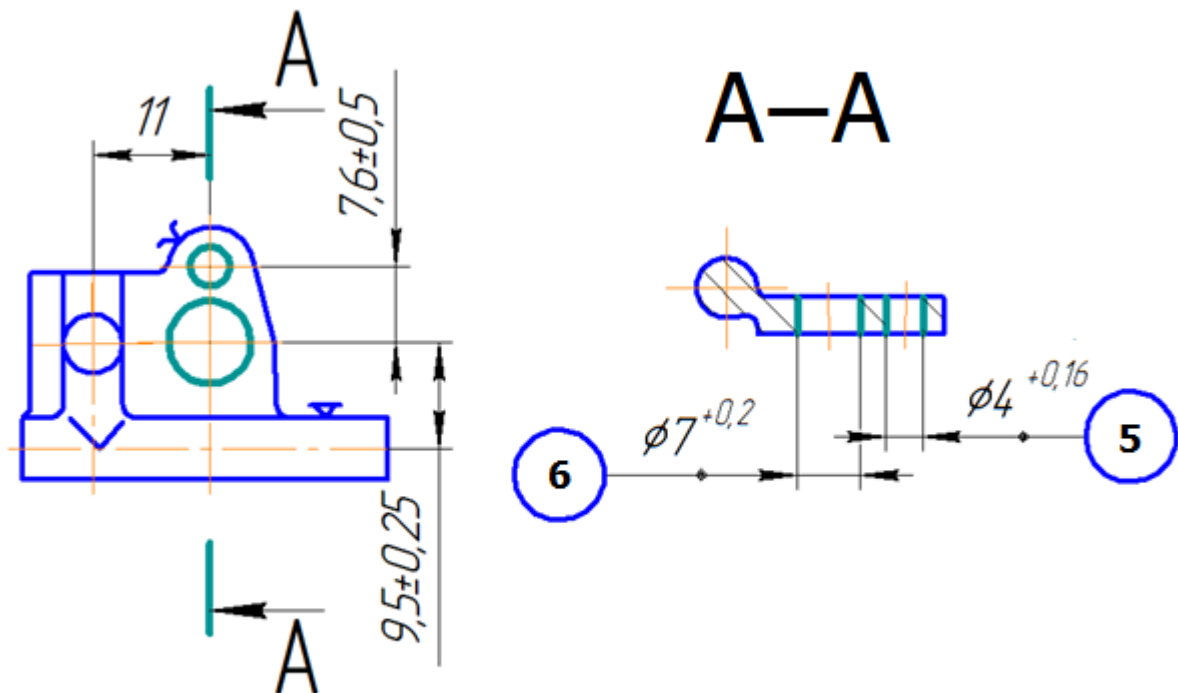


Рисунок 1.3 - Операційний ескіз – операція № 35

Верстат – вертикально-свердильний МН-18

Перехід 1

Свердлити 6 отвір

Інструмент – Свердло спіральне Ø7мм , L=170мм, Р6М5, ГОСТ12121-77

Розрахунок режимів різання свердління поверхні 6:

1.Довжина робочого ходу

$$L_p = 2 \cdot (l + y) = 2 \cdot (4 + 4.2) = 16.4 \text{ мм}$$

де l-довжина свердління l=4мм.

y=0,6d<sub>св</sub> –врізання, мм; де d<sub>св</sub>-діаметр свердла, мм.

2.Глубина різання :  $t = \frac{d_{св}}{2} = \frac{7}{2} = 3.5 \text{ мм}$

3.Вибираємо подачу [2];

$$S_{\text{таб}}=0,1 \text{ мм/об}$$

$$S = S_{\text{таб}} \cdot K_S = 0,1 \cdot 0,75 = 0,075 \text{ мм/об};$$

$$K_S = K_{S_l} \cdot K_{S_{\text{ж}}} \cdot K_{S_{\text{ш}}} \cdot K_{S_d} \cdot K_{S_M} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 0,75;$$

де  $K_{S_l}$ - коефіцієнт, що враховує глибину свердління  $K_{S_l}=1,0$  [2];

$K_{S_{\text{ж}}}$ - коефіцієнт, що враховує твердість технологічної системи  $K_{S_{\text{ж}}}=1,0$  [2];

$K_{S_{\text{ш}}}$ - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту  $K_{S_{\text{ш}}}=1,0$  [2];

$K_{S_d}$ - коефіцієнт, що враховує тип оброблюваного отвору

$K_{S_d}=1,0$  [2];

$K_{S_M}$ - коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу

$K_{S_M}=0,75$  [2];

Корегуємо подачу по паспорту верстата  $S=0,07 \text{ мм/об}$

4. Розраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot d_{\text{св}}^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 7,5^{0,40}}{25^{0,20} \cdot 0,07^{0,7}} \cdot 0,21 = 6,6 \text{ м/хв.}$$

де  $C_v, q, y, m$ - коефіцієнт і показники ступеня [2];

$T$ - стійкість свердла, хв; [2];

$S$ - подача мм/об;

$K_v$ - поправочний коефіцієнт, що враховує умови різання:

$$K_v = K_{M_v} \cdot K_{H_v} \cdot K_{I_v} = 0,72 \cdot 0,3 \cdot 1,0 = 0,21$$

де  $K_{M_v}$ - коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання:

$$K_{M_v} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_{\epsilon}} \right)^{n_v} = 0,8 \cdot \left( \frac{750}{800} \right)^{1,0} = 0,72$$

де  $K_{IV}$ - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу  
 $K_{IV}=0,3$  [2];

$K_{IV}$ - коефіцієнт, що враховує глибину свердління  $K_{IV}=1,0$  [2];

$C_v=7,0$ ;  $q=0.40$ ;  $y=0.7$ ;  $m=0.20$ ;  $T=25$ хв [2];

5.Розраховуємо кількість обертів свердла:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot d_{ce}} = \frac{1000 \cdot 6,6}{3.14 \cdot 7} = 300,2 \text{ об/хв.}$$

Коригуємо по верстату:  $n = 300$  об / хв.

6.Визначаємо фактичну швидкість обертання свердла:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 7 \cdot 300}{1000} = 6,59 \text{ м/хв.}$$

7. Розраховуємо крутний момент і осьову силу:

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,041 \cdot 7^{2,0} \cdot 0,07^{0,7} \cdot 1,08 = 1.83 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де  $C_M, q, y$ - коефіцієнт і показник ступеня [2];

$$K_p = \left( \frac{\sigma_s}{750} \right)^n = \left( \frac{830}{750} \right)^{0.75} = 1.08$$

де  $C_M=0,041$ ;  $q=2,0$ ;  $y=0,7$  [2];

$C_p, q, y$ - коефіцієнт і показник ступеня [2];

$C_p=143$ ,  $q=1,0$ ,  $y=0,7$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 143 \cdot 10^{1,0} \cdot 0,07^{0,7} \cdot 1.08 = 1800 \text{ Н.}$$

## 8.Потужність різання:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{1.83 \cdot 300}{9750} = 0.05 \text{ кВт.}$$

Порівняємо отриману потужність з потужністю верстата:

$$N_{ст} = 8,5 \text{ кВт.}$$

$$N_{ст} > N$$

## 9.Операційний час:

$$T_o = \frac{L_p}{S \cdot n} i = \frac{16.4}{0.07 \cdot 300} = 0.781 \text{ хв.}$$

Виробляємо технічне нормування:

1.Визначаємо основний час:  $t_o = 0.781 \text{ хв}$

2. Визначаємо допоміжний час

$$t_{всп} = t_y + t_{упр} + t_{контр} + t_{пр.} + t_{конд} = .7,8 + 0,015 + 0,5 + 0,17 = 8,48 \text{ хв}$$

де  $t_y = 7,8 \text{ хв}$ - допоміжний час на установку та зняття деталі [3];

$t_{упр} = 0,015 \text{ хв}$ -допоміжний час на управління верстатом

$t_{контр.} = 0,17 \text{ хв}$ -нормативний час контролю [3];

$$t_{пер} = t_{прох.} + t_{изм.реж} + t_{инст.} + t_{кондвт} + t_{сож} = 0,19 + 0,06 + 0,06 + 0,13 + 0,06 = 0,5 \text{ хв}$$

где  $t_{прох} = 0,19 \text{ хв}$ -час пов'язаний з проходом [3];

$t_{изм.реж} = 0,06 \text{ хв}$ - час пов'язаний з перемиканням числа обертів і величини подачі [3];

$t_{конд вт.} = 0,06 \text{ хв}$ -час на установку кондукторной втулки [3];

$t_{конд} = 2,1 \text{ хв}$ -час на установку та зняття накладного кондуктора [3];

$t_{инст} = 0,13 \text{ хв}$ -час на установку та зняття інструмента [3];

$t_{сож} = 0,06 \text{ хв}$ -час на включення СОЖ [3];

### 3. Визначаємо оперативний час

$$t_{on} = t_o + t_{don} = 0.781 + 8.48 = 9.26 \text{ хв}$$

### 4. Визначаємо додатковий час

$$t_{don} = (\alpha_{обс} + \alpha_{омд}) \cdot t_{on} = (0.04 + 0.04) \cdot 9.26 = 0.74 \text{ хв}$$

де  $\alpha_{обс} = 4\%$  - час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця [3];

$\alpha_{омд} = 4\%$  - час на відпочинок і особисті потреби [3];

### 5. Визначаємо штучний час

$$t_{um} = t_{on} + t_{ecn} + t_{don} = 9.26 + 0.74 = 10 \text{ хв}$$

### 6. Визначаємо підготовітельно-заключний час на партію заготовок

$$t_{n-3} = 20 + 2 + 5 = 27 \text{ хв}$$

### 7. Визначаємо штучно-калькуляційний час

$$t_{ш-к} = t_{um} + \frac{t_{n-3}}{n} = 10 + \frac{27}{20} = 13.5 \text{ хв.}$$

## Перехід 2

Верстат – вертикально-свердильний МН-18

Свердлить отвір (5)

Інструмент - Свердло спіральне Ø4мм, L=120мм, Р6М5, ГОСТ12121-77

Розрахунок режимів різання свердління поверхні 5:

1. Довжина робочого ходу

$$Lp = 2 \cdot (l + y) = 2 \cdot (4 + 2.4) = 12.8 \text{ мм}$$

де  $l$ -довжина свердління  $l=4$ мм.

$y=0,6d_{\text{св}}$  –врізання, мм; де  $d_{\text{св}}$ -діаметр свердла, мм;

2. Глибина різання :  $t = \frac{d_{\text{св}}}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ мм.};$

3. Вибираємо подачу [2];

$$S_{\text{таб}}=0,1 \text{ мм/об}$$

$$S = S_{\text{таб}} \cdot K_S = 0,1 \cdot 0,75 = 0,075 \text{ мм/об};$$

$$K_S = K_{S_l} \cdot K_{S_{\text{ж}}} \cdot K_{S_{\text{ш}}} \cdot K_{S_d} \cdot K_{S_M} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 0,75;$$

де  $K_{S_l}$ - коефіцієнт, що враховує глибину свердління  $K_{S_l}=1,0$  [2];

$K_{S_{\text{ж}}}$ - коефіцієнт, що враховує твердість технологічної системи  $K_{S_{\text{ж}}}=1,0$  [2];

$K_{S_{\text{ш}}}$ - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту  $K_{S_{\text{ш}}}=1,0$  [2];

$K_{S_d}$ - коефіцієнт, що враховує тип оброблюваного отвору  $K_{S_d}=1,0$  [2];

$K_{S_M}$ - коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу  $K_{S_M}=0,75$  [2];

Коригуємо подачу за паспортом верстата  $S=0,07 \text{ мм/об}$

4. Розраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot d_{\text{св}}^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 4^{0,40}}{25^{0,20} \cdot 0,07^{0,7}} \cdot 0,21 = 8.64 \text{ м/хв.}$$

де  $C_v, q, y, m$ - коефіцієнт і показники ступеня [2];

$T$ - стійкість свердла , хв [2];

$S$ - подача мм/об;

$K_v$ - поправочний коефіцієнт, що враховує умови різання:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 0,72 \cdot 0,3 \cdot 1,0 = 0,21$$

де  $K_{MV}$ - коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання:

$$K_{MV} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_{\epsilon}} \right)^{n_v} = 0,8 \cdot \left( \frac{750}{800} \right)^{1,0} = 0,72$$

де  $K_{IV}$ - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу  $K_{IV}=0,3$  [2];

$K_{IV}$ - коефіцієнт, що враховує глибину свердління  $K_{IV}=1,0$  [2];

$C_v=7,0$ ;  $q=0,40$ ;  $y=0,7$ ;  $m=0,20$ ;  $T=25$ хв [2];

5. Розраховуємо кількість обертів свердла:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot d_{\epsilon}} = \frac{1000 \cdot 8,64}{3,14 \cdot 4} = 688 \text{ об/хв}$$

Коригуємо по верстату:  $n=700$  об/хв.

6. Визначаємо фактичну швидкість обертання свердла:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 700}{1000} = 8,79 \text{ м/хв.}$$

7. Розраховуємо крутний момент і осьову силу:

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,041 \cdot 4^{2,0} \cdot 0,07^{0,7} \cdot 1,08 = 1,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де  $C_M, q, y$ - коефіцієнт і показник ступеня [2];

$$K_p = \left( \frac{\sigma_{\epsilon}}{750} \right)^n = \left( \frac{830}{750} \right)^{0,75} = 1,08$$

де  $C_M=0,041$ ;  $q=2,0$ ;  $y=0,7$  [2];

$C_p, q, y$ - коефіцієнт і показник ступеня [2];

$C_p=143$ ,  $q=1,0$ ,  $y=0,7$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 143 \cdot 10^{1,0} \cdot 0,07^{0,7} \cdot 1,08 = 1800 \text{ Н.}$$

8.Потужність різання:

$$N = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750} = \frac{1,1 \cdot 700}{9750} = 0,078 \text{ кВт.}$$

Порівняємо отриману потужність з потужністю верстата:

$N_{ст}=8,5 \text{ кВт.}$

$N_{ст} > N$

9. Операційний час:

$$T_o = \frac{L_p}{S \cdot n} i = \frac{16,4}{0,07 \cdot 700} \cdot 1 = 0,33 \text{ хв.}$$

Виконуємо технічне нормування:

1. Визначаємо основний час:  $t_o=0,33 \text{ хв}$

2. Визначаємо допоміжний час

$$t_{всп} = t_y + t_{упр} + t_{контр} + t_{пр.} + t_{конд} = 7,8 + 0,015 + 0,5 + 0,17 = 8,48 \text{ хв}$$

де  $t_y=7,8 \text{ хв}$ - допоміжний час на установку і зняття деталі [3];

$t_{упр}=0,015 \text{ хв}$ - допоміжний час на управління верстатом

$t_{контр.}=0,17 \text{ хв}$ - нормативний час контролю [3];

$$t_{пер} = t_{прох.} + t_{изм.реж} + t_{инст.} + t_{кондвт} + t_{созж} = 0,19 + 0,06 + 0,06 + 0,13 + 0,06 = 0,5 \text{ хв}$$

де  $t_{прох}=0,19 \text{ хв}$ -час пов'язане з проходом [3];

$t_{\text{изм.реж}}=0,06$  хв-час пов'язане з перемиканням числа обертів і величини подачі [3];

$t_{\text{конд вт.}}=0,06$ хв-час на установку кондукторной втулки [3];

$t_{\text{конд}}=2,1$ хв-час на установку та зняття накладного кондуктора [3];

$t_{\text{инст}}=0,13$ хв-час на установку та зняття інструменту [3];

$t_{\text{сож}}=0,06$  хв-час на включення СОЖ [3];

### 3. Визначаємо оперативний час

$$t_{on} = t_o + t_{don} = 0.33 + 8.48 = 8.81 \text{ хв}$$

### 4. Визначаємо додатковий час

$$t_{don} = (\alpha_{обс} + \alpha_{омд}) \cdot t_{on} = (0.04 + 0.04) \cdot 26.6 = 2.13 \text{ хв}$$

де  $\alpha_{обс} = 4\%$  - час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця [3];

$\alpha_{омд} = 4\%$  - час на відпочинок і особисті потреби [3];

### 5. Визначаємо штучний час

$$t_{um} = t_{on} + t_{всп} + t_{don} = 8.81 + 2.13 = 10.94 \text{ хв.}$$

### 6. Визначаємо підготовітельно-заключний час на партію заготовок

$$t_{n-3} = 20 + 2 + 5 = 27 \text{ хв}$$

## 7. Визначаємо штучно-калькуляційний час

$$t_{ш-к} = t_{ум} + \frac{t_{н-з}}{n} = 10.94 + \frac{27}{20} = 12.29 \text{ хв}$$

### Операція 90 – Свердлильна

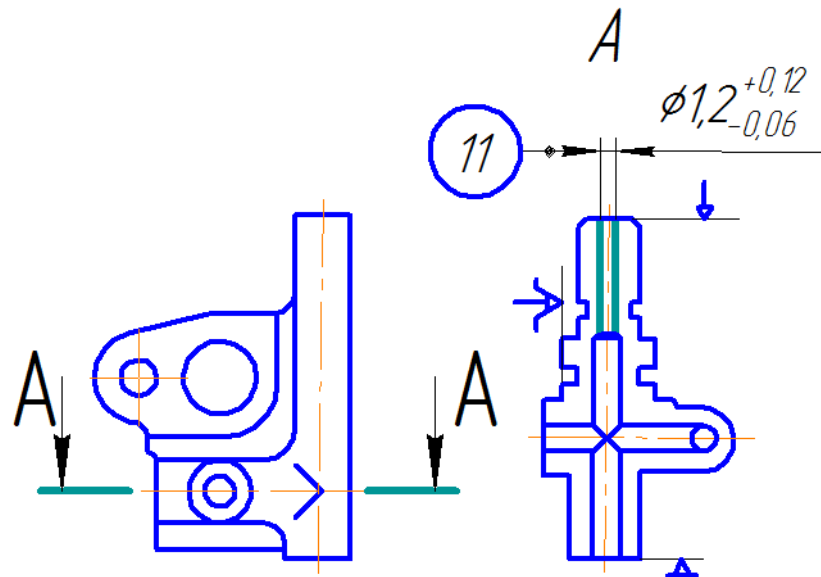


Рисунок 1.4- Операційний ескіз – операція № 90

Вихідні дані

Верстат - вертикально-свердлильний «Вебо»

Інструмент – Свердло спіральне Ø1,2мм , L=50мм, P6M5, ГОСТ12121-

77

Свердління поверхні 11.

1.Довжина робочого ходу

$$L_p = 2 \cdot (l + y) = 2 \cdot (5.5 + 0.6) = 12.2 \text{ мм}$$

де l-довжина свердління l=5,5мм.

y=0,6d<sub>св</sub> –врізання, мм; де d<sub>св</sub>-діаметр сверла, мм;

2. Глибина різання :  $t = \frac{d_{ce}}{2} = \frac{1.2}{2} = 0.6 \text{ мм.};$

3.Обираємо подачу [2];

$$S_{таб}=0,1 \text{ мм/об}$$

$$S = S_{таб} \cdot K_S = 0,1 \cdot 0,75 = 0,075 \text{ мм/об};$$

$$K_S = K_{S_l} \cdot K_{S_{ж}} \cdot K_{S_{II}} \cdot K_{S_d} \cdot K_{S_M} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 0,75;$$

де  $K_{S_l}$ - коефіцієнт, що враховує глибину свердління  $K_{S_l}=1,0$  [2];

$K_{S_{ж}}$ - коефіцієнт, що враховує твердість технологічної системи  $K_{S_{ж}}=1,0$  [2];

$K_{S_{II}}$ - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту  $K_{S_{II}}=1,0$  [2];

$K_{S_d}$ - коефіцієнт, що враховує тип оброблюваного отвору

$K_{S_d}=1,0$  [2];

$K_{S_M}$ - коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу

$K_{S_M}=0,75$  [2];

Коригуємо подачу за паспортом верстата  $S=0,07 \text{ мм/об}$ .

4. Розраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot d_{ce}^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{7 \cdot 1.2^{0,40}}{25^{0,20} \cdot 0,07^{0,7}} \cdot 0,21 = 5.34 \text{ м/хв.}$$

де  $C_v, q, y, m$ - коефіцієнт і показники ступеня [2];

$T$ - стійкість сверла, хв; [2];

$S$ - подача мм/об;

$K_V$ - поправочний коефіцієнт, що враховує умови різання:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 0,72 \cdot 0,3 \cdot 1,0 = 0,21$$

де  $K_{MV}$ - коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання:

$$K_{MV} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v} = 0.8 \cdot \left( \frac{750}{800} \right)^{1.0} = 0.72$$

де  $K_{IV}$ - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу  $K_{IV}=0,3$  [2];

$K_{IV}$ - коефіцієнт, що враховує глибину свердління  $K_{IV}=1,0$  [2];

$C_v=7,0$ ;  $q=0.40$ ;  $y=0.7$ ;  $m=0.20$ ;  $T=25$ мин [2];

5. Розраховуємо кількість обертів свердла:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot d_{cs}} = \frac{1000 \cdot 5.34}{3.14 \cdot 1.2} = 1417 \text{ об/хв};$$

Корегуємо по верстату:  $n=1400$  об/хв.

6. Визначаємо фактичну швидкість обертання свердла:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 1.2 \cdot 1400}{1000} = 5.28 \text{ м/хв};$$

7. Розраховуємо крутний момент і осьову силу:

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0.041 \cdot 1.2^{2.0} \cdot 0.07^{0.7} \cdot 1.08 = 0.099 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де  $C_M, q, y$ - коефіцієнт та показник степені [2];

$$K_p = \left( \frac{\sigma_s}{750} \right)^n = \left( \frac{830}{750} \right)^{0.75} = 1.08$$

де  $C_M=0,041$ ;  $q=2,0$ ;  $y=0,7$  [2];

$C_p, q, y$ - коефіцієнт та показник степені [2];

$C_p=143$ ,  $q=1,0$ ,  $y=0,7$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 143 \cdot 8.7^{1.0} \cdot 0.07^{0.7} \cdot 1.08 = 1800 \text{ Н}.$$

## 8.Потужність різання:

$$N = \frac{Mkp \cdot n}{9750} = \frac{0.099 \cdot 1400}{9750} = 0.014 \text{ кВт.}$$

Порівнюємо отриману потужність з потужністю верстата:

$$N_{ст}=8,5 \text{ кВт.}$$

$$N_{ст} > N$$

## 9.Операційний час:

$$T_o = \frac{Lp}{S \cdot n} i = \frac{5.5}{0.07 \cdot 1400} \cdot 1 = 0.056 \text{ хв}$$

Виконуємо технічне нормування:

1.Визначаємо основний час:  $t_o=0.056 \text{ хв}$

2.Визначаємо допоміжний час

$$t_{всп} = t_y + t_{упр} + t_{контр} + t_{пр.} + t_{конд} = .7,8 + 0,015 + 0,5 + 0,17 = 8,48 \text{ хв}$$

де  $t_y=7,8 \text{ хв}$ - допоміжний час на установку та зняття деталі [3];

$t_{упр}=0,015 \text{ хв}$ -допоміжний час на управління верстатом

$t_{контр.}=0,17 \text{ хв}$ -нормативний час контролю [3];

$$t_{пер} = t_{прох.} + t_{изм.реж} + t_{инст.} + t_{кондвт} + t_{сож} = 0,19 + 0,06 + 0,06 + 0,13 + 0,06 = 0,5 \text{ хв}$$

где  $t_{прох}=0,19 \text{ хв}$ -час пов'язаний з проходом [3];

$t_{изм.реж}=0,06 \text{ хв}$  - час пов'язаний с переключенням числа обертів та величини подачі [3];

$t_{конд вт.}=0,06 \text{ хв}$  - час на установку кондукторной втулки [3];

$t_{конд}=2,1 \text{ хв}$  - час на установку та зняття накладного кондуктора [3];

$t_{инст}=0,13 \text{ хв}$ -час на установку та зняття інструмента [3];

$t_{сож}=0,06 \text{ хв}$ -час на ввімкнення СОЖ [3];

### 3. Визначаємо оперативний час

$$t_{on} = t_o + t_{ecn} = 0.056 + 8.48 = 8.536 \text{ хв}$$

### 4. Визначаємо додатковий час

$$t_{don} = (\alpha_{obc} + \alpha_{omd}) \cdot t_{on} = (0.04 + 0.04) \cdot 8.536 = 0.68 \text{ хв}$$

де  $\alpha_{obc} = 4\%$  - час на організаційне та технічне обслуговування робочого місяця [3];

$\alpha_{omd} = 4\%$  - час на відпочинок та особисті потреби [3];

### 5. Визначаємо штучний час

$$t_{um} = t_{on} + t_{ecn} + t_{don} = 8.536 + 0.68 = 9.22 \text{ хв}$$

### 6. Визначаємо підготовчо-заключний час на партію заготовок

$$t_{n-3} = 20 + 2 + 5 = 27 \text{ хв}$$

### 7. Визначаємо штучно-калькуляційний час

$$t_{u-k} = t_{um} + \frac{t_{n-3}}{n} = 9.22 + \frac{27}{20} = 12.45 \text{ хв}$$

## Операція 60 - Фрезерна с ЧПУ

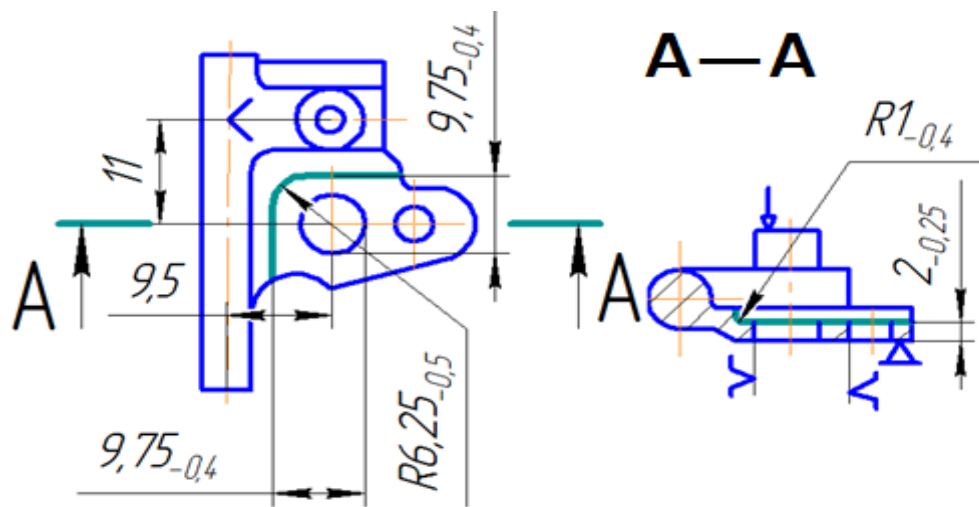


Рисунок 1.5 - Операційний ескіз – операція № 60

Верстат: фрезерний з ЧПУ Р11Ф3

Параметри фрезерування: глибина фрезерування  $t=2$ , довжина фрезерування  $L=10$

Інструмент: циліндрична фреза  $\varnothing 6\text{мм}$ ,  $Z=6$  Р18 ГОСТ18372-73

Фрезерувати поверхню 7 послідовно по ескізу:

Виконуємо розрахунок режимів різання

1. Довжина робочого ходу

$$L_{\text{р.ход}} = L + l_1 = 10 + 1.5 = 11,5 \text{ мм}$$

де  $l_1=1,5$ -величина врізання, мм

2. Глибина фрезерування  $t=z_{\text{max}}=2\text{мм}$ .

3. Назначаємо подачу

$$S = S_{\text{маб}} \cdot k_{\text{szu}} \cdot k_{\text{szp}} \cdot k_{\text{szR}} = 0.04 \cdot 0.85 \cdot 0.66 \cdot 0.25 = 0.005 \text{ мм / зуб}$$

#### 4. Визначаємо кількість обертів фрези

$$n = n_{\text{таб}} \cdot K_{zn} \cdot K_{Bn} \cdot K_{Mn} \cdot K_{Tn} \cdot K_{nn} \cdot K_n = 750 \cdot 1.0 \cdot 1.1 \cdot 0.51 \cdot 0.92 \cdot 1.0 \cdot 0.8 = 309,7 \text{ об / хв}$$

де  $n_{\text{таб}} = 750 \text{ об/хв}$  [3];

$K_{zn} = 1,0$  коефіцієнт враховуючий число зубців фрези [3];

$K_{Bn} = 1$ . коефіцієнт враховуючий ширину фрезерування [3];

$K_{Mn} = 0.51$  коефіцієнт враховуючий оброблюваний матеріал [3];

$K_{Tn} = 0,92$  коефіцієнт враховуючий стійкість фрези [3];

$K_{nn} = 1,0$  коефіцієнт враховуючий характер заготовки та стан її поверхні [3];

$K_n = 0.8$  коефіцієнт враховуючий характер обробки [3];

Приймаємо по паспорту  $n = 300 \text{ об/хв}$ .

#### 5. Визначаємо швидкість різання

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 6 \cdot 300}{1000} = 5.65 \text{ м / хв}$$

#### 6. Визначаємо хвилинну подачу

$$S_{\text{хв}} = S_z \cdot z \cdot n = 0.005 \cdot 6 \cdot 300 = 9 \text{ мм / хв}$$

де  $z = 6$  число зубців фрези

#### 7. Визначаємо операційний час

$$t_o = i \cdot \frac{L}{S_M} = 1 \cdot \frac{11,5}{9} = 1.28 \text{ хв}$$

Виконуємо технічне нормування:

1. Визначаємо основний час:  $t_0 = 1.28 \text{ хв}$ .

2. Визначаємо допоміжний час

$$t_{всп} = t_y + t_{упр} + t_{контр} + t_{пр.} = 7,5 + 0,015 + 0,66 + 1,2 = 9,4 \text{ хв}$$

де  $t_y = 7,5 \text{ хв}$  - допоміжний час на установку та зняття деталі [3];

$t_{упр} = 0,015 \text{ хв}$  - допоміжний час на управління верстатом [3];

$t_{контр.} = 0,6 \text{ хв}$  - нормативний час контролю [3];

$$t_{пер} = t_{прох.} + t_{изм.реж} + t_{уст.загр.} + t_{дел.гол} = 0,22 + 0,12 + 0,56 + 0,3 = 1,2 \text{ хв}$$

де  $t_{прох} = 0,22 \text{ хв}$  - час зв'язаний з проходом [3];

$t_{изм.реж} = 0,12 \text{ хв}$  - час зв'язаний з переключенням числа оборотів та величини подачі [3];

$t_{дел.гол} = 0,56 \text{ хв}$  - час на настройку делильної головки [3];

$t_{уст.защ} = 0,3 \text{ хв}$  - встановлення захисного загородження [3];

3. Визначаємо оперативний час

$$t_{он} = t_o + t_{дон} = 1.28 + 9,4 = 10.68 \text{ хв}$$

4. Визначаємо додатковий час

$$t_{дон} = (\alpha_{обс} + \alpha_{отд}) \cdot t_{он} = (0,04 + 0,04) \cdot 10.68 = 0.85 \text{ хв}$$

де  $\alpha_{обс} = 4\%$  - час на організаційне та технічне обслуговування робочого місця [3];

$\alpha_{отд} = 4\%$  - час на відпочинок та особисті потреби [3];

5. Визначаємо штучний час

$$t_{шт} = t_{он} + t_{всп} + t_{дон} = 10.68 + 0.85 = 11.54 \text{ хв}$$

## 6. Визначаємо підготовчо-заклучний час на партію заготовок

$$t_{n-3} = 20 + 2,0 + 10 = 32 \text{ мин.}$$

## 7. Визначаємо штучно-калькуляційний час

$$t_{ш-к} = t_{ум} + \frac{t_{n-3}}{n} = 11,54 + \frac{32}{20} = 18,46 \text{ хв}$$

Для усіх ТП нормування представлено в таблиці 1.10

Таблиця 1.10 – Нормування часу.

| № оп | Операція            | Модель<br>верстата | T <sub>о</sub> | T <sub>в</sub> | T <sub>п.з.</sub> | T <sub>шт.к</sub> |
|------|---------------------|--------------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|
| 1    | 2                   | 3                  | 4              | 5              | 6                 | 7                 |
| 10   | Токарна             | ТВ-320             | 16,5           | 8,5            | 27                | 25                |
| 25   | Токарно-револьверна | РС-ІУ-36           | 23,5           | 16,5           | 27                | 40                |
| 30   | Токарна             | ТВ-320             | 8,25           | 16,3           | 9                 | 32                |
| 35   | Сверлильна          | МН-18              | 15,6           | 3,4            | 13                | 19                |
| 45   | Сверлильна          | 6Р-11              | 12,3           | 18,6           | 27                | 43                |
| 50   | Токарная с ЧПУ      | СК6136             | 28,2           | 1,8            | 27                | 30                |
| 60   | Фрезерная с ЧПУ     | Р11Ф3              | 11,4           | 6,4            | 22                | 19                |
| 70   | Токарно-револьверна | РС-ІУ-36           | 13,6           | 16,4           | 27                | 43                |
| 75   | Шлифовальная        | ЗД711ВФ11          | 12,7           | 3,8            | 9                 | 18                |
| 80   | Токарно револьверна | РС-ІУ-36           | 18,7           | 15,3           | 27                | 37                |
| 85   | Токарно-револьверна | РС-ІУ-36           | 4,3            | 10,45          | 27                | 17,8              |
| 90   | Сверлильна          | «Вебо»             | 4,3            | 8,7            | 12                | 16                |
| 95   | Сверлильна          | «Вебо»             | 2,6            | 17,4           | 12                | 22                |
| 100  | Сверлильна          | «Вебо»             | 7,8            | 5,2            | 12                | 13                |

## 1.8 Розробка токарної операції в Siemens NX

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПК 6136.

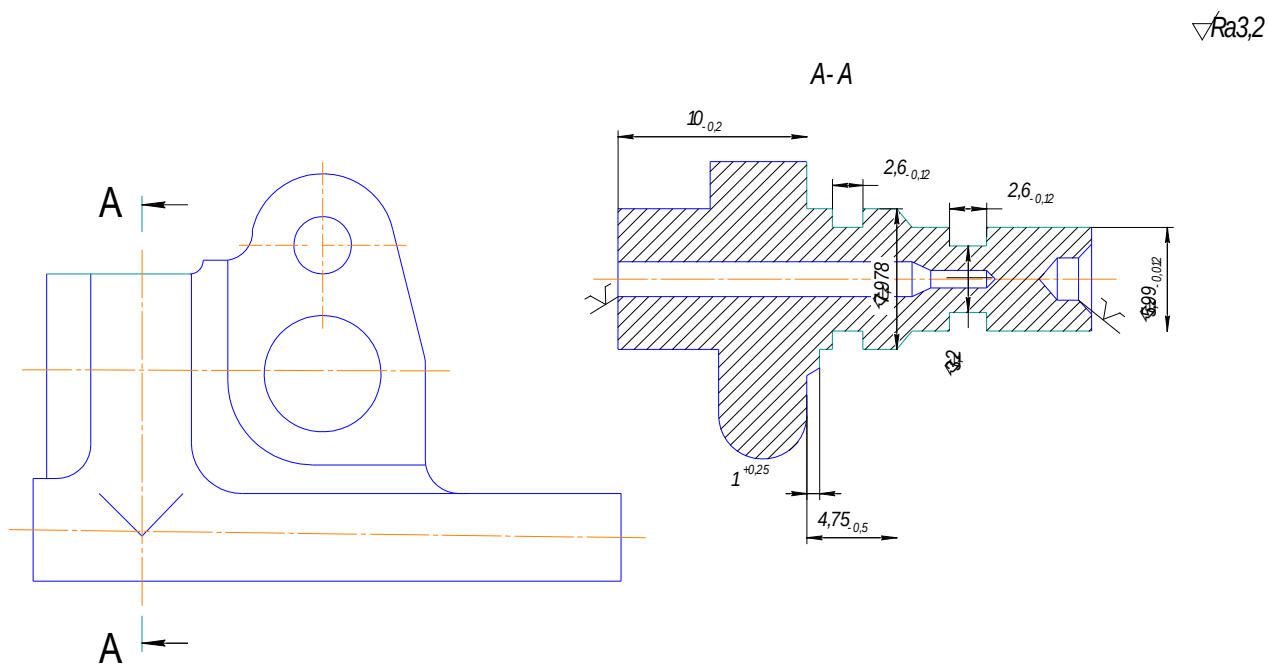


Рисунок 1.6 - Операційний ескіз токарної операції

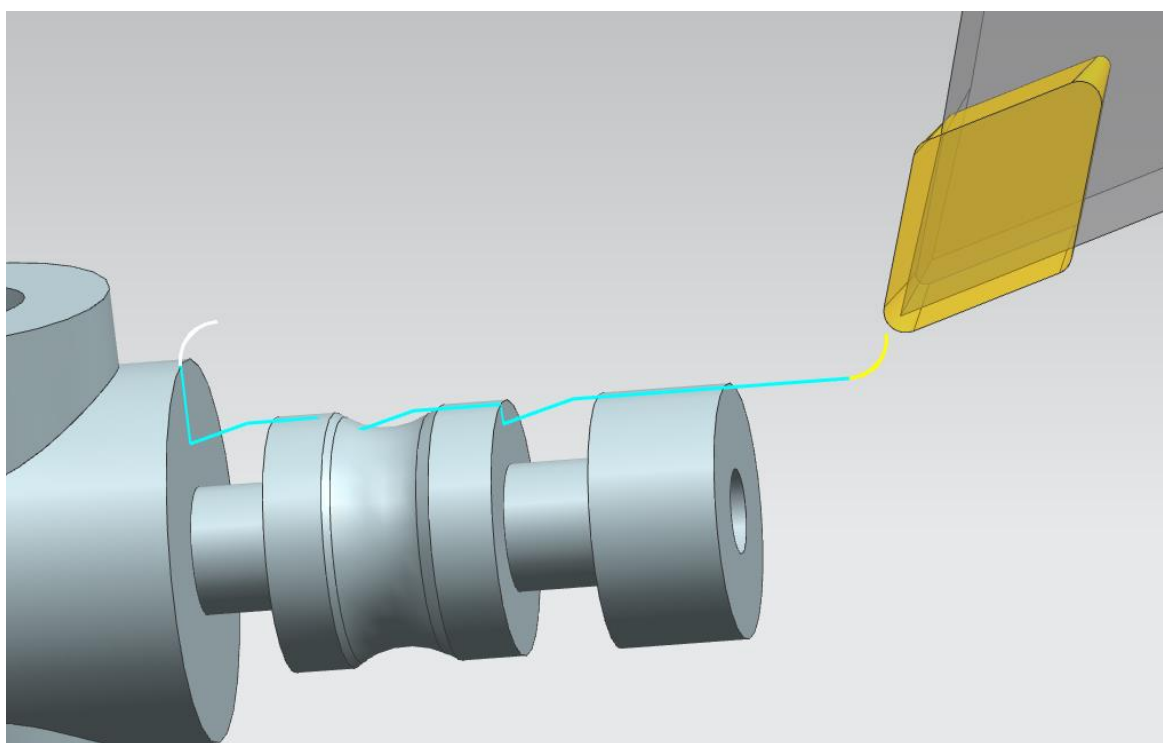


Рисунок 1.7 - Траекторія токарної операції (перехід 1)

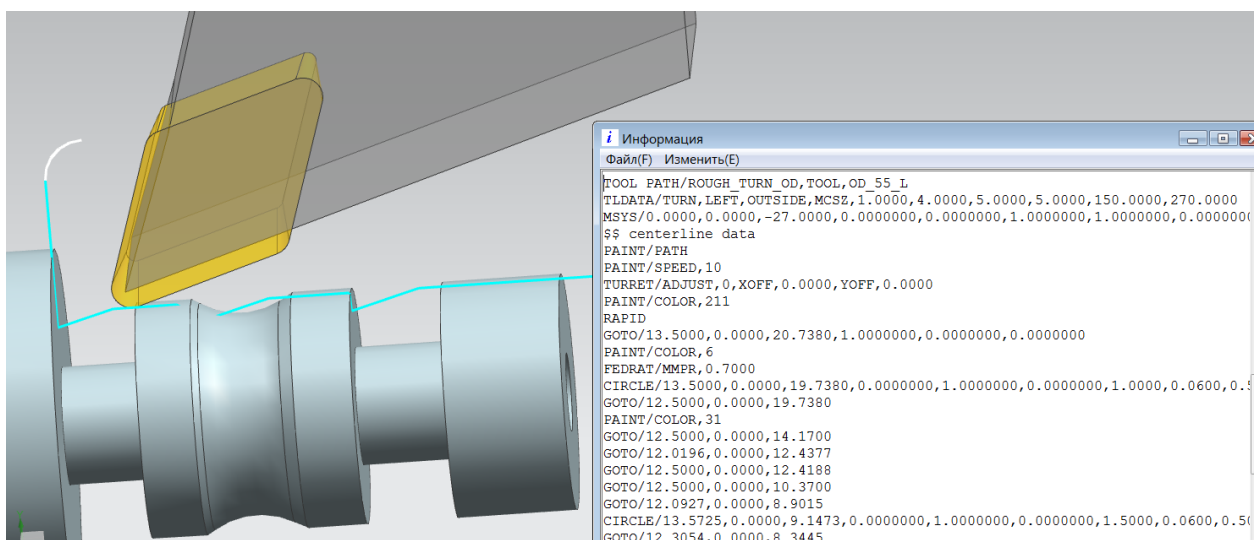


Рисунок 1.8- Керуюча програма токарної операції (перехід 1)

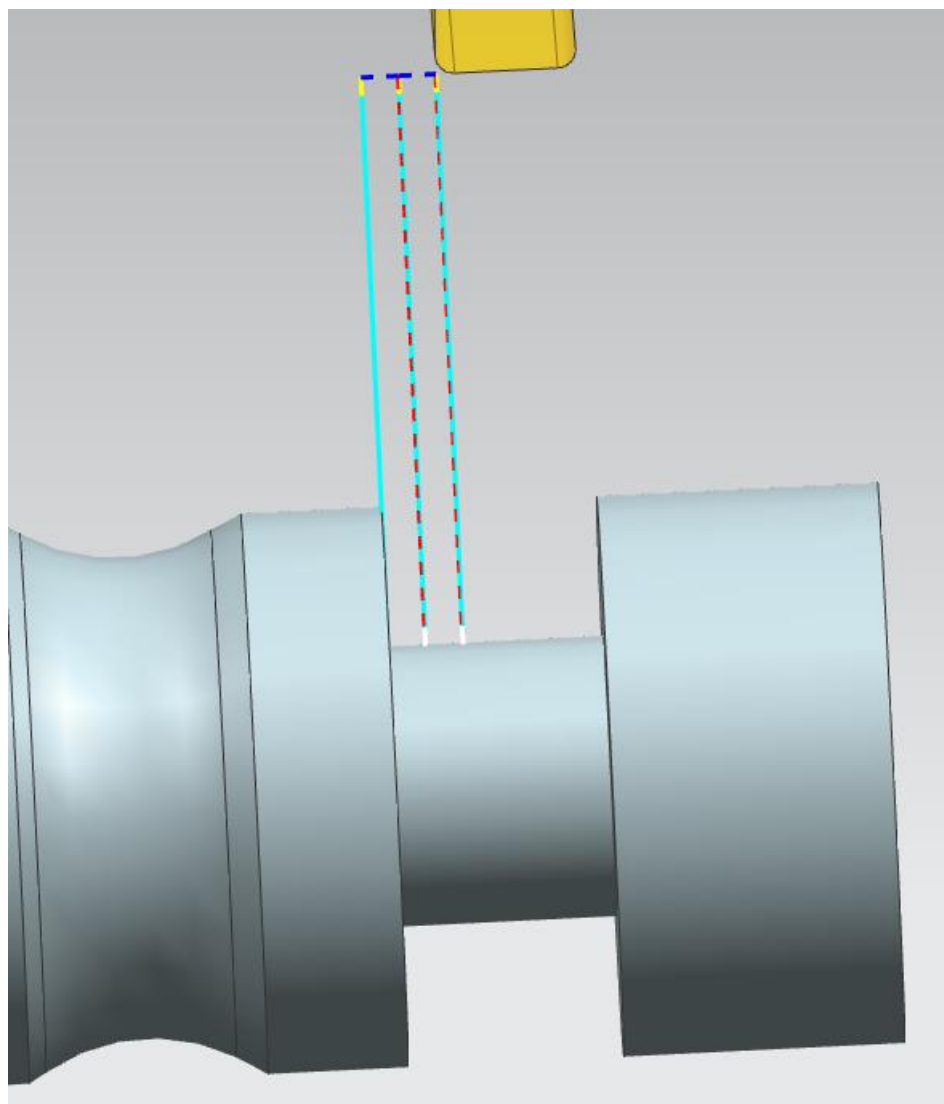


Рисунок 1.9 - Траекторія токарної операції (перехід 2)

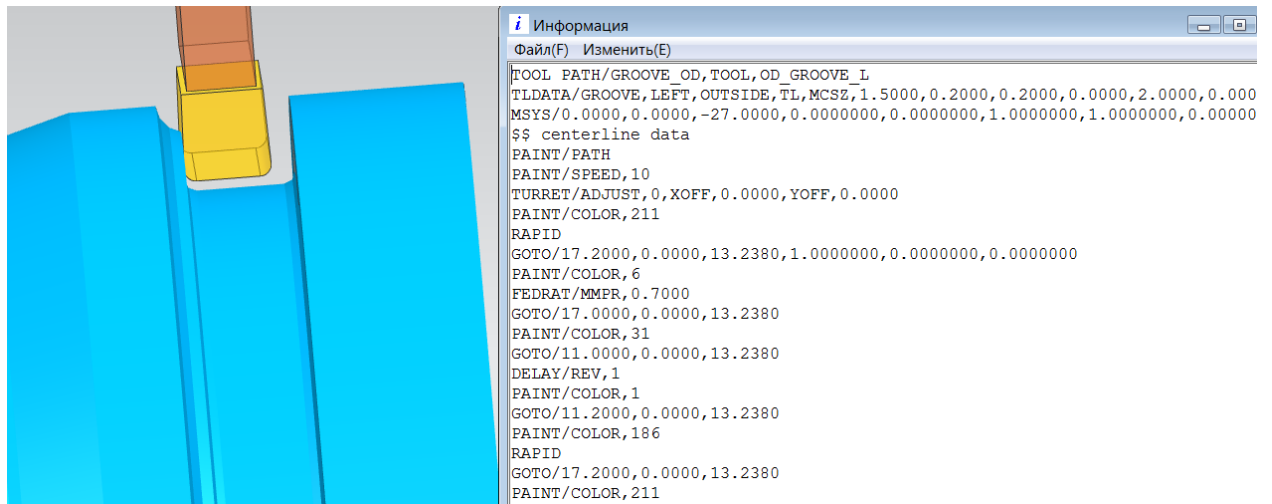


Рисунок 1.10 - Керуюча програма токарної операції (перехід 2)

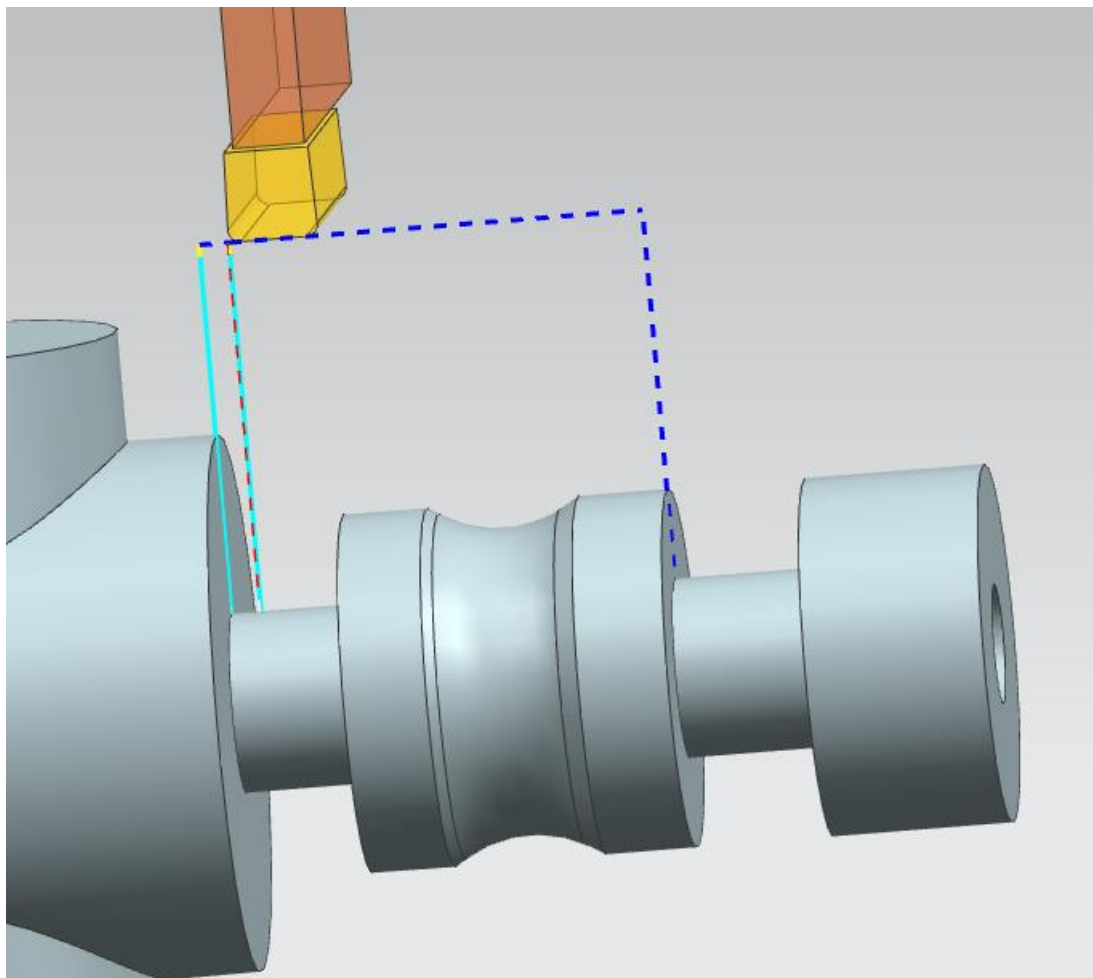


Рисунок 1.11 - Траєкторія токарної операції (перехід 3)

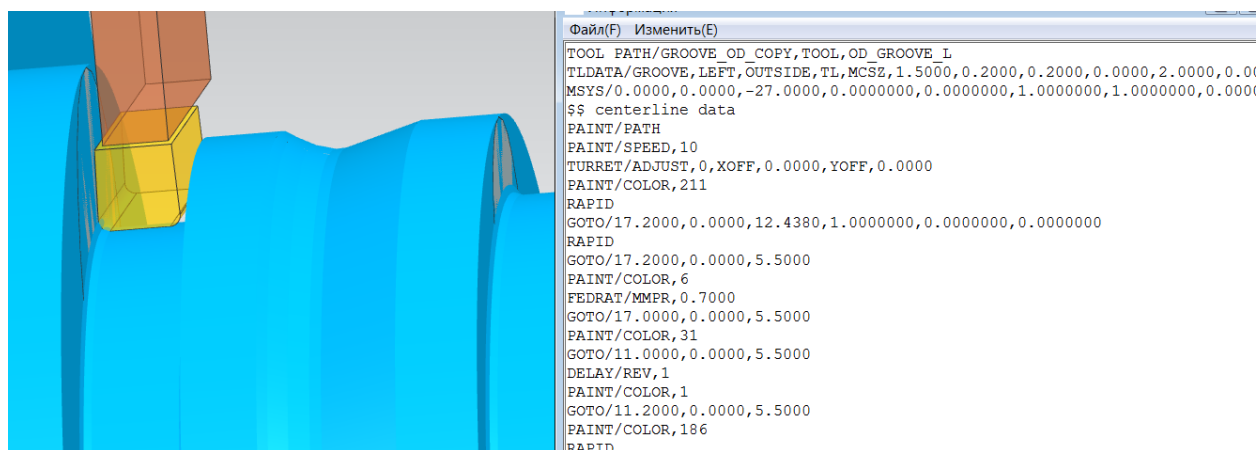


Рисунок 1.12 - Керуюча програма токарної операції (перехід 3)

## 2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 2.1 Пристрій для свердління отворів

#### 2.1.1 Опис роботи пристрою

Пристрій спроектовано на операцію 100 для свердління отвору Ø2 мм на вертикально-свердлильному верстаті «Вебо».

Пристрій зібрано із зварного корпусу 1. На корпусі 1 закріплені центратор 4 і фіксатор 5. В основі корпусу виконані 2 паза шириною 14 мм для кріплення до столу верстату.

Деталь встановлюється в пристрій по зовнішньому діаметру  $\varnothing 8_{-0.027}^{-0.013}$  мм і на торець. Зверху встановлюється прихоплювач 2.

Притискання деталі здійснюється затяжкою рукоятки 14 з певним моментом.

Свердління відбувається за допомогою спеціальної свердлильної голівки.

Після закінчення обробки рукоятка відкручується і деталь прямує на наступну операцію.

#### 2.1.2 Розрахунок похибки установки в пристрої

Отвори  $\varnothing 8_{-0.027}^{-0.013}$  мм розташовані паралельно осі деталі.

Похибка установки  $\varepsilon$  за своїм фізичним змістом виражає похибку положення заготовки і визначається за формулою:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}$$

де  $\varepsilon_6$  – похибка базування деталі у пристрої,

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення деталі у пристрої.

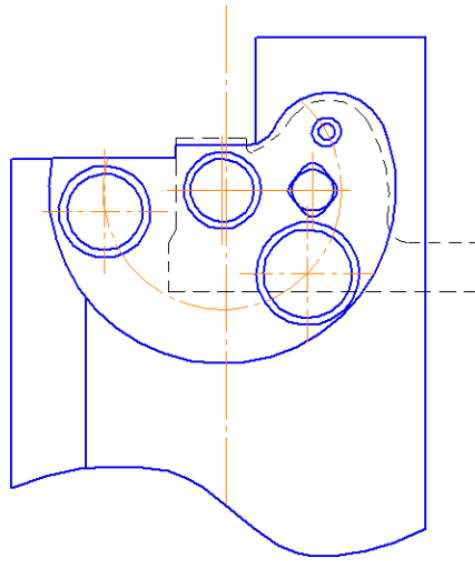


Рисунок 2.1 – Схема встановлення деталі в пристрій

Похибкою базування називається різниця граничних відстаней вимірювальної бази відносно встановленого на розмір інструменту. Похибка базування має місце коли не має співпадіння вимірювальної і встановленої баз заготовки. У цьому випадку положення вимірювальних баз окремих заготовок в партії буде різним відносно оброблюваної поверхні.

Як похибка положення, похибка базування впливає на точність виконання розмірів, на точність взаємного положення поверхонь і не впливає на точність їх форм. Для зменшення похибки базування слід поєднувати встановлені й вимірювальні бази, вибирати оптимальні розміри і розташування встановлених елементів, а також усувати або зменшувати зазори при посадці заготовки на установчі елементи, які охоплюються. Для уніфікації схем установки по всіх операціях технологічного процесу обробки даної деталі слід витримувати також принцип постійності баз, що має велике значення при обробці на автоматичних лініях. У нашому випадку базування на точність оброблених отворів впливатиме точність базування кондукторної плити на  $\varnothing 122_{-0,025}$ .

$$\varepsilon_{\sigma} = \frac{S^{\max}}{2}$$

де  $S^{\max}$  - максимальний зазор при центруванні кондуктора.

Відповідно максимальний зазор:

$$S^{\max} = \frac{0 + 0.025}{2} = 0,025 \text{ мм}$$

У такому випадку похибка базування дорівнює:

$$\varepsilon_{\sigma} = \frac{0,0125}{2} = 0,0125 \text{ мм}$$

Похибкою закріплення  $\varepsilon_z$  називається різниця між найбільшою і найменшою величинами проекцій зсуву вимірювальної бази на напрямок розміру, який виконується, в результаті приєднання до заготовки сили затиску.

У нашому випадку маємо  $\varepsilon_z = 0$ , так як напрямки сили затиску і розміру обробки взаємно перпендикулярні.

Таким чином, похибка установки дорівнює:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_z^2} = \sqrt{0,0125^2 + 0} = 0,0125 \text{ мм}$$

### 2.1.3 Розрахунок пристрою на точність

Розрахунок полягає у визначенні виконавчих розмірів на розташування осей кондукторних втулок і допусків на ці розміри. Розрахункова схема надається.

Визначаємо номінальні розміри між осями кондукторних втулок.

Так як допуск на розташування оброблених отворів задається симетрично осі деталі і призми, то міжосьові відстані деталі і кондуктора рівні [3, с. 90].

Розраховуємо допуск на межосьовий розмір кондуктора за формулою:

$$T_k \leq T_D - k \cdot \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \left( \Delta_1 \cdot \frac{H + 2a}{H} \right)^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2}$$

де  $T_D = 0,4 \text{ мм}$  – повне поле допуску на розмір обробки,

$k=1...1,2$  – коефіцієнт, що враховує відхилення відстані складових величин від закону нормального розподілу, і залежить від кількості складових похибок. Чим їх більше, тим ближче значення коефіцієнта до одиниці. приймаємо  $k=1$ ,

$\varepsilon_6 = 0,0125 \text{ мм}$  – похибка базування деталі в пристрої,

$\varepsilon_3 = 0$  – похибка закріплення деталі в пристрої,

$\Delta_1$  – частка похибки обробки, залежить від зміщення осі свердла відносно осі отвору змінної втулки:

$$\Delta_1 = S_{1\max} = d_{\text{см.}\max} - d_{\text{св.}\min} = 0.022 \text{ мм}$$

де  $d_{\text{см.}\max} = 6.522 \text{ мм}$  – максимальний діаметр змінної втулки;

$d_{\text{св.}\min} = 6.5 \text{ мм}$  – мінімальний діаметр свердла;

$S_{1\max}$  - максимальний зазор між змінною втулкою і свердлом.

$\Delta_2$  – частка похибки обробки, що залежить від зсуву осі змінної втулки щодо осі постійної втулки.

$$\Delta_2 = S_{2\max} = ES_{H7} - ei_{g6} = 0.018 - 0.017 = 0.001 \text{ мм}$$

де  $S_{2\max}$  - максимальний зазор між постійною та змінною втулками;

$ES_{H7} = 0.018 \text{ мм}$  – верхнє відхилення постійної втулки;

$ei_{g6} = 0.017 \text{ мм}$  – нижнє відхилення змінної втулки.

$\Delta_3 = 2e = 0.01 \text{ мм}$  – частка похибки обробки, що викликана зміщенням осі свердла внаслідок ексцентриситету обох втулок.

$\Delta_4 = 0.02 \text{ мм}$  – частка похибки обробки, що залежить від величини допустимого зносу змінної втулки по направляючої діаметру, [3, табл. 5.19, с.89].

$\Delta_5$  - частка похибки обробки, що враховує перекіс інструменту в процесі обробки. Схема з визначення  $\Delta_5$  приведена [3, с.91, рис. 5.10].

$$\Delta_5 = \Delta_1 \cdot \frac{H + 2a}{H} = 0.003 \text{ мм}$$

де  $H=3.5 \text{ мм}$  – довжина обробки,

$a=0.5 \cdot d_{\text{на}} - \text{величина зазору для виходу стружки.}$

В цьому випадку допуск на розмір кондуктора дорівнює:

$$T_k \leq 0.11 - 1 \cdot \sqrt{0.0125^2 + 0.003^2 + 0.001^2 + 0.01^2 + 0.02^2} = 0.02 \text{ мм}$$

Посилюємо допуск і призначаємо виконавчий розмір розташування осей кондукторних втулок в пристосуванні:  $d = 135 \pm 0.15 \text{ мм}$ .

#### 2.1.4 Розрахунок необхідного зусилля затиску

Деталь, яка оброблюється, базується в пристрій по зовнішньому діаметру в призму при упорі у фланець.

Вихідними даними для розрахунку зусилля затиску є момент різання  $M_{рез} = 43,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$ , який намагається повернути деталь у пристрої.

Необхідна сила затиску деталі визначається в залежності від схеми затиску:

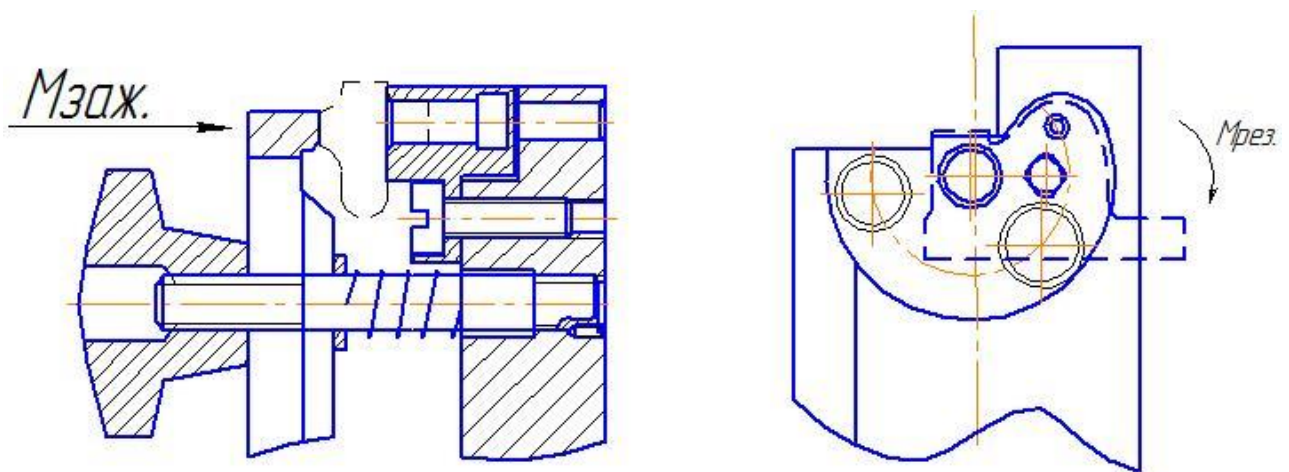


Рисунок 2.2 - Схема затиску деталі.

$$W = \frac{3K \cdot M_{рез} \cdot n}{f \left( \frac{D_2^3 - D_1^3}{D_2^2 - D_1^2} \right)}$$

де  $K$  – коефіцієнт запасу:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_6 = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,5$$

де  $K_0=1,5$  – гарантований коефіцієнт запасу, [3, с.100],

$K_1= 1,0$  – коефіцієнт, який враховує наявність випадкових нерівностей на поверхні заготовки, [3, с.100],

$K_2=1,1$  – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання, від прогресуючого затуплення ріжучого інструменту, [3, табл. 6.1,с.101],

$K_3 = 1,0$  – коефіцієнт, який враховує збільшення сили різання при переривчастому різанні, [3, с.101],

$K_4 = 1,0$  – коефіцієнт, який характеризує затискаючий пристрій з точки зору постійності сил, які він розвиває [3, с.102],

$K_6 = 1,0$  – коефіцієнт конструкції опорної поверхні, [3, с.102].

$f = 0,25$  – коефіцієнт тертя спокою,

$n = 8$  – число одночасно працюючих свердел,

$D_1 = 122 \text{ мм}$ ,  $D_2 = 148 \text{ мм}$ .

У підсумку:

$$W = \frac{1,47 \cdot 1,5 \cdot 8}{0,25 \left( \frac{0,148^3 - 0,122^3}{0,148^2 - 0,122^2} \right)} = 1037,6 \text{ Н}.$$

У пристрої, який розраховується, затискаючий елемент приводиться в дію від пневматичного приводу, який повинен забезпечувати необхідну силу затиску  $W = 1037,6 \text{ Н}$ . Виходячи з цієї умови визначаємо мінімальний діаметр пневматичного циліндра, мм

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{um}}{\pi \cdot p \cdot \eta}}$$

де  $P_{um} = W_0$  – сила на штоці пневматичного циліндру, Н

$p$  – тиск повітря у системі,  $p = 0,4 \text{ МПа}$

$\eta$  – коефіцієнт, який враховує втрати тиску в системі,  $\eta = 0,9$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1037,6}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9}} = 60,59 \text{ мм}$$

Приймаємо параметри пневмоциліндру [5, табл.18, стр.91].

Діаметр циліндру  $D = 63$  мм

Знайдемо дійсну силу затиску на штоці, Н

$$P_{\text{ит}}^{\partial} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} p \cdot \eta$$

$$P_{\text{од}}^{\partial} = \frac{3,14 \cdot 63^2}{4} 0,4 \cdot 0,9 = 1121,6 \text{ Н}$$

### 2.2.5 Розрахунок найбільш навантаженої ланки на міцність

В пристрої, що розраховується, закріплення заготовки проводиться підтисканням її притиском. Тому необхідно провести перевірочний розрахунок на зминання опорної поверхні. Розрахунок проводиться за формулою, МПа

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{P}{F_{\text{см}}} \leq [\sigma_{\text{см}}]$$

де  $P$  – дійсна сила на штоці пневмоциліндру,  $P = 1121,6$  Н

$F_{\text{см}}$  – площа поверхні зминання – опорної поверхні, мм

$[\sigma_{\text{см}}]$  – допустиме напруження на зминання,  $[\sigma_{\text{см}}] = 400$  МПа

$$F_{\text{нi}} = \frac{\pi \cdot (d^2)}{4}$$

де  $d$  – діаметр поверхні, яка зминається – діаметр шпильки, мм

$$F_{\text{нi}} = \frac{3,14 \cdot (8)^2}{4} = 50,24 \text{ мм}^2$$

$$\sigma_{\text{нi}} = \frac{1121,6}{50,24} = 22,32 \text{ МПа} \leq 400 \text{ МПа}$$

### 2.3 Опис контрольного пристрою

У дипломному проекті використовується пристрій для контролю спрямованості струменя подачі масла.

Деталь встановлюється на плиту в якій виконаний канал підведення масла 3 і притискається притиском 6. У кільці внутрішньому 2 виконано контрольний отвір, в яке має потрапляти масло з каналу подачі масла деталі.

#### 2.3.1 Розрахунок похибки установки деталі в контрольне пристрій

Похибка установки  $\varepsilon_y$ , як одна зі складових загальної похибки розміру, який виконується, сумується з похибок базування  $\varepsilon_b$  і закріплення  $\varepsilon_z$ . Визначається за формулою:

$$E_y = \sqrt{E_b^2 + E_z^2};$$

де  $E_b$  – похибка базування у нашому випадку  $E_b = 1,21 \cdot Td = 0,0121 \text{ мм}$  (тому що деталь встановлюється в призми  $\alpha=90^\circ$ ),

$Td=0,01$  – допуск на базову поверхню.

$E_z$  – похибка закріплення, оскільки вимірювання проводиться без закріплення  $E_z=0$ .

$$\text{Резюмуючи: } \varepsilon_y = \sqrt{0,0121^2 + 0} = 0,00121(\text{мм});$$

Таким чином обрану схему базування можна вважати оптимальною, так як похибка установки не перевищує 1/3 допуску базової поверхні:  $3 \cdot 0,00121 < 0,1$ .

### 2.3.2 Визначення сумарної похибки вимірювання

Точність вимірювання характеризується сумарною похибкою контрольно-вимірювального пристрою:

$$E_{\text{КИП}} = E + \Delta_{\text{з}} + \Delta_{\text{ин}} + \Delta_{\text{т}}$$

де  $E$  – похибка положення деталі, яка контролюється, у пристрійі:

$$E = \sqrt{E_{\text{б}}^2 + E_{\text{з}}^2 + E_{\text{пр}}^2}$$

де  $E_{\text{б}}$  – похибка базування у нашому випадку

$$E_{\text{б}} = 1,21 \cdot Td = 1,21 \cdot 0,01 = 0,0121 \text{ мм (деталь встановлюється у призми } \alpha=90^\circ \text{)}$$

$E_{\text{з}}$  – похибка закріплення, оскільки вимірювання проводиться без закріплення  $E_{\text{з}}=0$

$E_{\text{пр}}$ - неточність виготовлення елементів пристрою, які беруть участь у формуванні розмірного ланцюга:

$E_{\text{пр}} = 0$ , так як вимірювальний прилад знімає показання безпосередньо з деталі, без використання будь-яких допоміжних систем.

$$E = \sqrt{E_{\text{б}}^2 + E_{\text{з}}^2 + E_{\text{пр}}^2} = \sqrt{0,0121^2 + 0^2 + 0^2} = 0,0121 \text{ мм}$$

В якості вимірювального пристрою використовується індикаторний годинник к ІГ-02 кл.1 з ціною поділки 0,01 мм. В такому разі похибка індикаторного годинника знаходиться за формулою:

$$\Delta_{\text{ин}} = 0,7 \cdot \text{Ц.Д.} = 0,7 \cdot 0,002 = 0,0014 \text{ мм,}$$

де Ц. Д. =0,002– ціна поділки індикаторного годинника

Похибка, викликана зміною температури навколишнього середовища

$$\Delta_t = ld(t_1 - t_2) = 414 \cdot 1.34 \cdot 10^{-7} \cdot 5 = 0.00028 \text{ мм}$$

де  $l=414\text{мм}$  – розмір об'єкту, що вимірюється

$d = 1.34 \cdot 10^{-7} \text{ К}^{-1}$  – коефіцієнт лінійного розширення

$t_1 - t_2 = 5$  – можливий перепад температури

Підставивши знайдені значення елементарних похибок у вихідну формулу отримаємо:

$$E_{\text{КПП}} = E + \Delta_p + \Delta_s + \Delta_{\text{ин}} + \Delta_t = 0,0121 + 0,0002 + 0,00028 = 0,01378 \text{ мм}$$

Допустима похибка вимірювання:

$$[\Delta_{\text{ИЗМ}}] = 0.33 \cdot Td = 0.33 \cdot 0.05 = 0.0165 \text{ мм}$$

$\Delta_{\text{ИЗМ}} = 0,01378 \leq [\Delta_{\text{ИЗМ}}] = 0.0165 \text{ мм}$ , отже, даний контрольний пристрій забезпечує необхідну точність вимірювання

### 3 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Режим роботи цеху ділянки

На машинобудівному заводі найбільш поширеним є 2-х змінний режим роботи при 5ти денному робочому тижні. Виходячи з встановленої законом тривалості робочого тижня - 40 годин, тривалість робочої зміни становить 8 годин. При такому ж режимі роботи обладнання номінальний річний фонд часу обладнання визначаємо за формулою:

$$F_{ном} = (D_k - D_v - D_{пр}) \cdot K_{см} \cdot T_{см} - K_{см} \cdot T_{пр}$$

де  $D_k$  - число календарних днів у році;

$D_v$  - число вихідних днів у році (суботи та неділі);

$D_{пр}$  - число святкових днів у році, які не збігаються з вихідними днями;

$K_{см}$  - коефіцієнт змінності роботи устаткування;

$T_{см}$  - тривалість зміни, ч;

$T_{пр}$  - число передсвяткових днів у році, які мають скорочений робочий день на 1 ч.

$$F_{ном} = (365 - 104 - 10) \cdot 2 \cdot 8 - 4 \cdot 2 = 4008 \text{ годин}$$

Ефективний річний фонд роботи обладнання:

$$F_{\partial} = F_{ном} \cdot (1 - 0,01K_n) = 4008 \cdot (1 - 0,01 \cdot 4,81) = 3815 \text{ годин,}$$

де  $K_n$  – коефіцієнт витрат часу на ремонт обладнання,  $K_n = 4,81\%$ .

### 3.2 Розрахунок кількості обладнання на ділянці

Орієнтуючись на задану програму випуску базової деталі  $N = 2000$  шт, попередньо призначаємо тип виробництва - серійне з змінно-потоковою формою організації робіт. Для остаточного встановлення типу і форми організації виробництва необхідно розрахувати необхідну кількість верстатів для I ділянки, визначити коефіцієнти завантаження устаткування і середній коефіцієнт завантаження ділянки. Розрахунок кількості верстатів виробляємо:

$$C_{pi} = \frac{t_{ш-к.i} \cdot N}{F_d \cdot 60}$$

де  $t_{ш-к}$  – штучно-калькуляційний час і-ой операції, хв;

$N$  – годова программа випуску, шт;

$F_d = 3815$  годин – дійсний річний фонд часу роботи обладнання.

Коефіцієнт навантаження обладнання:

$$K_{з.о.i} = \frac{C_{p.i}}{C_{п.i}}$$

Середній коефіцієнт навантаження обладнання на ділянці определяем:

$$\bar{K}_{з.о.} = \frac{\sum C_p}{\sum C_n}.$$

Операція 10.  $t_{ш-к}=25$  хв

$$C_p = \frac{25 \cdot 2000}{3815 \cdot 60} = 0,24$$

$C_n=1$  верстат

$$K_3=0,24$$

Операція 25.  $t_{ш-к}=40$  хв

$$C_p = \frac{40 \cdot 2000}{3815 \cdot 60} = 0,34$$

$C_n=1$  верстат

$$K_3=0,44$$

Операція 30.  $t_{ш-к}=32$  хв

$$C_p = \frac{32 \cdot 2000}{3815 \cdot 60} = 0,27$$

$C_n=1$  верстат

$$K_3=0,27$$

Операція 35.  $t_{ш-к}=19$ хв

$$C_p = \frac{19 \cdot 2000}{3815 \cdot 60} = 0,166$$

$C_n=1$  верстат

$$K_3=0,24$$

Операція 45.  $t_{ш-к}=20$  хв

$$C_p = \frac{20 \cdot 2000}{3815 \cdot 60} = 0,175$$

$C_n=1$  верстат

$$K_3=0,175$$

Операція 50.  $t_{ш-к}=30$ хв

$$C_p = \frac{30 \cdot 2000}{3815 \cdot 60} = 0,26$$

$C_n=1$  верстат

$$K_3=0,26$$

Операція 60.  $t_{ш-к}=19$  хв

$$C_p = \frac{19 \cdot 2000}{3815 \cdot 60} = 0,166$$

$C_n=1$  верстат

$$K_3=0,166$$

Операція 70.  $t_{ш-к}=43$ хв

$$C_p = \frac{43 \cdot 2000}{3815 \cdot 60} = 0,375$$

$C_n=1$  верстат

$$K_3=0,375$$

Операція 80.  $t_{ш-к}=37$  хв

$$C_p = \frac{37 \cdot 2000}{3815 \cdot 60} = 0,32$$

$C_n=1$  верстат

$$K_3=0,32$$

Операція 85.  $t_{ш-к}=178$  хв

$$C_p = \frac{178 \cdot 2000}{3815 \cdot 60} = 1,55$$

$C_n=2$  верстати

$$K_3=0,775$$

Операція 90.  $t_{ш-к}=16$  хв

$$C_p = \frac{16 \cdot 2000}{3815 \cdot 60} = 0,139$$

$C_n=1$  верстат

$$K_3=0,139$$

Операція 95.  $t_{ш-к}=22$ хв

$$C_p = \frac{22 \cdot 2000}{3815 \cdot 60} = 0,19$$

$C_n=1$  верстат

$$K_3=0,19$$

Операція 100.  $t_{ш-к}=13хв$

$$C_p = \frac{13 \cdot 2000}{3815 \cdot 60} = 0,113$$

$C_n=1$  верстат

$K_3=0,113$

Слід врахувати, що наведений середній коефіцієнт завантаження устаткування для ділянок механічних цехів при серійному типі виробництва ( $K_{з.о.ср} \dots = 0,7 \dots 0,85$ ), з кількістю обладнання не менше 18 одиниць, передбачає завантаження верстатів декількома деталями. У проекті детально розробляється технологічний процес на 1 деталь, отже, ділянку необхідно довантажити додатковими типовими деталями в кількості 3 штук:

- 1 - Форсунка приводу МНО ТВ3-117, N = 2000 шт;
- 2 - Форсунка опори КВД, N = 500 шт;
- 3 - Форсунка опори КНД, N = 500 шт;

Результати розрахунків зводимо в таблицю 3.1



### 3.3 Визначення чисельності робітників

При розрахунку чисельності виробничих робітників слід врахувати можливість багатоверстатного обслуговування. Багатоверстатне обслуговування застосовується на верстатах автоматах, напівавтоматах, верстатах з ЧПУ в тому випадку, коли основне (машинно-автоматичне час на операцію) більше суми допоміжного часу на інших операціях і часу витрачається на переходи робітника від верстата до верстата, що дозволяє робітнику під час машинної роботи одного верстата обслуговувати інші верстати, якщо їх число на проектованій ділянці дорівнює або більше двох. Ідеальне умова багатоверстатного обслуговування:

$$t_{\text{оmax}} \geq \Sigma t_{\text{всп}} + \Sigma t_{\text{пер}}.$$

У нашому випадку багатоверстатне обслуговування не можливе, так як на операціях з ЧПУ кількість верстатів дорівнює 1 шт:

- операція 50 Токарна з ЧПУ- верстат СК 6136 - 1 шт.;
- операція 60 Фрезерна з ЧПУ – верстат Р11Ф3 – 1шт.

### 3.4 Планування обладнання та робочих місць на ділянці

Площа ділянки і цеху в цілому визначається плануванням його обладнання з урахуванням санітарно-технічних, протипожежних та інших норм. Виробнича площа ділянки, що розробляється по докладної технології, визначається на підставі планування обладнання, робочих місць, транспортних пристроїв, проїздів, проходів. Розміри будівлі, в якій

розташовується цех – 72х72 метра, при ширині прольоту в 24 метра і кроці колони всередині будівлі - 12 метрів, а по зовнішніх стінах - 6 метрів. У прольотах будівлі маємо, все відділення цеху, крім обслуговуючих приміщень, які знаходяться в прибудові до будівлі. Ця прибудова має ширину 12 метрів, при висоті 3,3 метра і сітці колон – 6х6 метрів.

Перетин колон прямокутне 500х600 мм. Стіни будівлі - залізобетонні плити, товщиною 500 мм. Для поділу внутрішніх обсягів будівлі застосовуються перегородки. Підлоги викладені плитами.

Освітлення будівлі в світлий час природне - через віконні прорізи, в темний час доби - штучне.

Планування виробничої ділянки є розташоване на плані в масштабі 1:100 обладнання, проїзди і переходи.

При виконанні планувань обладнання керуються нормами розташування, тобто відстань між верстатами, верстатами, елементами будівлі, ширина проходів і проїздів, які регламентуються правилами техніки безпеки і виробничої санітарії.

Площа виробничої ділянки забезпечує виконання вимог мінімального обсягу 15 м<sup>3</sup> на одного робітника і мінімальні норми виробничої площі 4,5 м<sup>2</sup> на одного робітника. На початку і в кінці технологічної лінії розташована завантажувальна площадка для розміщення заготовок.

Для транспортування заготовок в цеху, від верстата до верстата, використовується кран-балку вантажопідйомністю 1000 кг. При переміщенні заготовок між цехами використовуються електрокари.

Для того щоб забезпечити можливість механізації процесів збору, транспортування та прибирання стружки, необхідно виконувати планування обладнання таким чином, щоб в даній лінії верстатів оброблялися деталі з матеріалу однієї марки.

На проектованій ділянці основна частина напусків і припусків знімається на чорнових токарних верстатах. Утворюється при цьому стружка переміщається спочатку від групи верстатів в прийомні люки. У люк стружку

скидає прибиральник стружки. Люки закриті ґратами відповідно до технікою безпеки. Далі стружка потрапляє на магістральний транспортер, який обслуговує весь цех. З магістрального транспортера вона потрапляє до відділення з переробки стружки, де проводиться дроблення стружки і брикетування.

Проектуючи систему транспортування стружки, слід мати на увазі, що змішування стружки різних марок дорогих матеріалів неприпустимо. Кожен вид стружки має свої особливості в транспортуванні. Легко транспортується дрібна, сипуча стружка, найважче - довга, кручена, тому в технологічних процесах обробки деталей необхідно застосовувати інструмент і види обробки, що забезпечують дроблення стружки безпосередньо в зоні різання. Відділення з переробки стружки розташовується біля зовнішньої стіни виробничої будівлі для зручності навантаження брикетів на внутрішньозаводський транспорт.

Основним принципом при розробці плану розміщення обладнання є принцип забезпечення прямоточности руху деталей в процесі їх обробки, а також установкою оптимальних відстаней між обладнанням конструкторськими елементами. При цьому необхідно врахувати такі правила:

- відстані беруть між зовнішніх габаритних розмірів верстата;
- при установці верстата на фундамент відстані приймають з урахуванням конструкції і глибини фундаменту;
- відстані повинні враховувати промислові проводки, майданчики для зберігання деталей.

При розробці планування передбачається організація проходів, забезпечуючи вільний доступ до всіх робочих місць і які є шляхами евакуації особового складу на випадок надзвичайної ситуації. Ширина проходу - 2000 мм, ширина проїзду - 4000 мм. Друга сторона проходу передбачена для розміщення обладнання для обробки інших деталей, оброблюваних на сусідній ділянці.

Відстань між верстатами відповідає нормам технологічного проектування машинобудівних заводів і забезпечує безпечну роботу на верстатах і обслуговування устаткування. Відстань між верстатами виконано відповідно до нормативних даними - 0,9 ... 1,5 м.

При розміщенні верстатів на ділянці передбачені найкоротші шляхи руху кожної деталі, в процесі обробки не допускаються зворотні, кільцеві або петлеподібні руху, створюють зустрічні потоки і ускладнюють транспортування оброблюваних деталей.

Робочі місця розташовані з боку проходів, що полегшує обслуговування робочого місця. При обробці вироби переходять з одного ряду в інший. Послідовний перехід деталі від верстата до верстата утворює технологічну лінію руху деталей. Це рух вказано на плані розташування обладнання.

### 3.5 Заходи щодо підвищення якості продукції

Під якістю продукції розуміється сукупність властивостей продукції, що забезпечують її придатність задовольняти певні потреби відповідно до її призначення.

Підвищення якості продукції, що випускається - одна з найбільш складних проблем, спрямована на поліпшення якості виробів і їх експлуатаційної надійності шляхом підвищення творчої активності, моральної відповідальності, матеріальної зацікавленості всіх виконавців в якості виконуваних робіт. В основі бездефектного виготовлення покладено організаційно-технічні, інженерно-економічні та виховні заходи, спрямовані на вирішення наступних питань:

1. Якісна розробка документації (креслень, технічних умов, технологій та ін.).
2. Удосконалення організації виробничого процесу виготовлення виробів по ділянках, цехах і підприємству.

3. Удосконалення організації, оснащення та обслуговування робочих місць, поліпшення умов праця, впровадження виробничої естетики.

4. Підготовка, підвищення кваліфікації та виховання кадрів.

5. Організація здачі продукції з першого пред'явлення і оцінка роботи за якістю.

Для забезпечення стабільної якості продукції, що випускається при виборі варіантів технологічного процесу широко використовують: типові технологічні процеси і типізацію операцій; розробки і застосування автоматизованих засобів і методів статичного і неруйнівного контролю.

Серйозна увага приділяється підготовці кадрів і підвищенню кваліфікації робітників, особливо при освоєнні нових виробів.

Контроль якості продукції передбачає проведення контролю на всіх стадіях і етапах функціонування виробів - розробка, виробництво, експлуатація та ремонт.

Для оцінки якості продукції в процесі виробництва і після його завершення існують такі види контролю:

1. Вхідний контроль.
2. Операційний контроль.
3. Остаточний контроль деталей.
4. Контроль обладнання на точність.
5. Періодичний контроль оснащення, засобів вимірювання.

Вхідний контроль → Операційний контроль → Остаточний контроль

Вхідний контроль здійснюється з метою забезпечення виробництва матеріалами, напівфабрикатами, що відповідають вимогам стандартів, нормативно-технологічної документації, технічних умов і креслень; забезпечення необхідної якості виробів.

Матеріали і напівфабрикати, невідповідні вимогам стандартів, технічних умов та іншої нормативно-технічної документації бракуються і повинні бути ізольовані. Методика і застосовувані засоби контролю повинні відповідати вимогам технологічного процесу.

Операційний контроль призначений для перевірки деталей і складальних одиниць в процесі їх виготовлення.

Виробничий і контрольний майстер організовують роботу робочих по неухильному виконанню вимог технологічних операційних карт і технічних умов при виготовленні деталей.

Перш ніж приступити до перевірки якості виготовлених деталей, контролер зобов'язаний перевірити на робочому місці стан тієї оснастки, яка передбачена технологією (робочої, вимірювальної), на даному робочому місці, наявність її атестації та якості за зовнішнім виглядом. Приймавши першу деталь за параметрами даної операції, контролер в подальшому здійснює періодичну перевірку виготовлення деталей у робочих даної ділянки, контролює хід ведення технологічного процесу виготовлення деталей (відсутність порушень технології), своєчасну атестацію оснащення робочої і контрольної, стан культури виробництва на ділянці, правильність оформлення тільки придатних деталей. На особливо складних і відповідальних операціях, де, згідно з технологічного процесу і інструкціям, повинні строго витримуватися режими обробки, контролер, переконавшись в правильності виконання операції, виробляє пломбування частин обладнання, що не дозволяє змінити режими різання.

Контрольний майстер зобов'язаний забезпечити технічний контроль якості продукції, згідно з технологічним процесом, кресленням, зразком і технічним умовам на закріпленій ділянці.

При напрямку деталей на остаточний контроль перевіряють: вибірково деталі по геометричним параметрам, стан зовнішнього вигляду, заповнення маршрутних карт або супровідної документації.

Остаточний контроль забезпечує придатність готової продукції для даної ділянки відповідно до вимог креслення, контрольних карт, технічних умов, інструкцій (передбачених технічними умовами, кресленнями) і затверджених зразків.

При остаточному контролі здійснюється 100% приймання всіх параметрів, передбачених контрольними картами, а також перевірка наявності клейм за остаточну приймання окремих операцій на ділянці і за спеціальні види контролю. Якщо для перевіряється деталі передбачено ведення маршрутної карти, то вона перевіряється на правильність оформлення та виконання всіх операцій по технології. Перевірка деталі проводиться в послідовності, передбаченій контрольної картою. На остаточно прийнятій деталі оформляється накладна.

Для вдосконалення якості продукції, що випускається, запобігання браку щорічно розробляються заходи, які передбачають як технічні, так і організаційні питання, спрямовані на застосування нових методів і засобів контролю, а також вирішення завдань якісного виготовлення продукції, що випускається.

### 3.6 Організація обслуговування робочих місць і ділянки

Однією з найбільш ефективних організаційних систем є система планово-попереджувального обслуговування робочих місць (ППОРМ).

Головне завдання ППОРМ - здійснення завчасної підготовки, комплектування та доставки на робочі місця предметів (деталей, вузлів, матеріалів) та засобів праці (техдокументації, інструменту, оснащення, допоміжних матеріалів) до початку робочої зміни і протягом зміни без участі робітників.

В основі ППОРМ закладені наступні принципи:

1. Плановість процесу обслуговування - чітка організація планування, регламентація роботи обслуговуючого персоналу відповідно до посад і в залежності від ритму основного виробництва.

2. Активно-попереджувальний характер обслуговування - своєчасна підготовка робіт за завданням, в тому числі систематичний контроль за наявністю матеріалів, заготовок на цехових складах в розмірі встановлених нормативних запасів, відновлення запасів.

3. Комплексний характер обслуговування - забезпечення робочих всім необхідним для роботи: заготовками, комплектуючими виробами, техдокументації, пристосуваннями, інструментом; забезпечення справним обладнанням, своєчасною здачею готової продукції і прибиранням відходів.

4. Централізація і механізація робіт з обслуговування робочих місць - створення комплектувальних майданчиків, організація єдиних комплексів виробництва, що представляють собою єдиний вузол обслуговування і оснащення їх механізованими стелажми, вантажно-розвантажувальними та транспортними засобами.

5. Підвищення особистої зацікавленості і відповідальності виконавців, за своєчасне і якісне виконання своїх зобов'язань відповідно до посадових інструкцій.

Ефективне дію системи ППОМ забезпечується:

1. завчасно (сьогодні на завтра) подачею змінних завдань в служби підготовки та заборона їх змін.

2. Наявність поопераційного технологічного процесу із зазначенням по кожній операції всієї необхідної для її виконання оснастки.

3. Проведення звірки технології з виробництвом на робочому місці.

4. Урахуванням видається на робочі місця оснащення.

5. Оптимальним розміщенням допоміжних служб по відношенню до виробничих ділянок.

6. Впровадження централізованої заточки ріжучого інструменту за кресленнями на спеціалізованій ділянці.

7. Централізованої настройки блоків для верстатів з ЧПУ поза верстата на спеціалізованій ділянці.

## 4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

4.1 Забезпечення чистоти масляних порожнин деталей ГТД на стадії виготовлення і вузлів в процесі складання.

Масляна система ВМД призначена для здійснення безперервної подачі масла до підшипників, зубчастих коліс, контактним ущільненням і до інших вузлів тертя з заданими величинами температури і тиску на всіх режимах роботи двигуна в різних умовах експлуатації. При цьому, як відомо, діапазон очікуваних умов експлуатації двигуна буває досить широким. Так, наприклад, у двигунів встановлюються на літаках з дозвуковими швидкостями польоту, температура навколишнього середовища може змінюватися від мінус 60 до плюс 50 °С, а у надзвукових літаків температура повітря на вході в двигун в залежності від швидкостей польоту може досягати величини від 100 до 300 °С. Вхідні умови повітряного потоку і рівень газодинамічних параметрів в газовоздушному тракті ВМД визначають теплонапряженість двигуна, що безпосередньо впливає на тепловий стан вузлів і деталей двигуна, що контактують з маслом. Другим важливим параметром, що характеризує очікувані умови роботи двигуна (і відповідно його масляної системи) є діапазон висотних умов роботи двигуна з заданими швидкостями польоту. Очевидно, що на великих висотах забезпечення працездатності масляної системи двигуна являє собою непросту задачу, пов'язану з необхідністю попередження можливості виникнення гравітаційних ефектів в її агрегатах, зокрема в насосах. Особливо це відноситься до масляним системам двигунів, що встановлюються на літаках, що мають розрахункову висоту польоту більше 15000 м., де величина атмосферного тиску дуже мала. Слід зазначити, що масло є робочою рідиною, яка використовується як для змащування елементів, так і для відводу тепла від них. При цьому у сучасних авіаційних ГТД забезпечення прийняттого теплового стану вузлів тертя є істотно більш важливою

функцією масляних систем в порівнянні із забезпеченням змащування поверхонь. Так, наприклад, для змащення важконавантажених радіально-наполегливого шарикопідшипника може виявитися достатнім вельми незначна кількість масла (не більше 100 г / ч), а для знімання виділяється в ньому тепла (від 10 до 20 кВт) потрібно подавати до 0,15 л / с масла . Тому в авіаційному двигунобудування використовують масляні системи циркуляційного типу, в яких масло безперервно здійснює циклічний рух в замкнутому контурі. [23]

Основні вимоги, пред'являемі масляним системам.

До масляній системі ВМД пред'являють цілий ряд вимог, виконання яких необхідне для її надійного функціонування відповідно до призначення двигуна. Масляна система повинна забезпечувати:

- надійну подачу масла до вузлів тертя і його відкачування у всіх очікуваних умовах експлуатації двигуна, як на землі, так і в польоті; - мінімально можливий рівень безповоротних втрат масла;
- чистоту масла, що подається до вузлів тертя, необхідну для нормальної роботи підшипників і інших вузлів тертя;
- прийнятне тепловий стан масла як робочого тіла; - швидкий прогрів масла при запуску двигуна (протягом регламентованого часу до виходу на максимальний режим);
- запас масла в маслобаку, достатній і для повернення літака в зворотний рейс;
- відсутність можливості перетікання масла з маслобака в двигун при тривалій стоянці;
- можливість повного зливу масла з двигуна (наприклад, в разі необхідності заміни масла).

При цьому агрегати масляної системи повинні мати мінімально можливу масу і повинні бути компактно розміщені на двигателі. Крім того, в зазначеному стандарті обумовлені вимоги до основних видів випробувань масляної системи, які повинні бути проведені на дослідному двигуні (до

пред'явлення його на Державні випробування) в стендових умовах, на літаючої лабораторії і при установці двигуна на літак.

Склад агрегатів масляних систем Існує безліч схемно-конструктивних типів масляних систем ГТД. Причому, практично у кожного розробника двигуна (і в нашій країні, і за кордоном) склався свій відмітний стиль проектування масляних систем. Але, незважаючи на таке різноманіття, аналіз показує, що практично будь-яка масляна система авіаційного ГТД для виконання свого функціонального призначення повинна мати в своєму складі цілком певний набір агрегатів. Дане питання нижче освітлений в найзагальніших рисах. Запас масла, необхідний для забезпечення роботи двигуна протягом заданого часу, міститься в маслобаку. Подачу масла в двигун здійснюють за допомогою нагнітає насоса, що створює тиск на вході в розгалужену мережу розподілу масла по споживачах. Безпосередньо до вузлів тертя уприскування масла виробляють за допомогою форсунок.

#### Принципові схеми масляних систем

Масляна система ВМД, являє собою певну сукупність агрегатів. У принциповій схемі масляної системи відбивають зв'язки між ними, необхідні для здійснення циркуляції масла по замкнутому контуру з вчиненням необхідних циклічних процесів (теплових і гідравлічних). Крім того, в принципових схемах умовно показують пристрої, необхідні для контролю працездатності масляної системи.

Відповідно до вимог ЕСКД всі елементи і пристрої на схемі зображують у вигляді умовних графічних позначень і дають їм позиційні порядкові номери.

Принципова схема масляної системи є основним документом, що визначає принципи її роботи, можливі регулювання і контроль параметрів системи, а також вибір вихідних даних для проведення розрахунку і конструювання, що входять в її склад агрегатів. Оскільки масляна система функціонально пов'язана з системою суфлювання масляних порожнин, то зазвичай ці дві системи зображують спільно на загальній схемі. [25]

Типова принципова схема масляної системи ВМД представлена на рис. 4.1. Напрямки руху потоків масла, масловоздушної суміші і повітря показані за допомогою відповідних стрілок. Як видно з розгляду даної схеми, циркуляція масла в замкнутому контурі здійснена через маслобак. Причому, з двигуна масло повертається в маслобак після його охолодження в теплообміннику. Сепарація откачуваної з двигуна масло-повітряної суміші проводиться за допомогою приводного відцентрового воздухоотделителя (центрифуги). Тому на охолодження в теплообмінник надходить масло, практично не містить включень повітря. Повітря з маслобака і з масляних порожнин двигуна по системі суфлювання після його очищення в суфлері від частинок масла відводять в атмосферу (зазвичай на зріз сопла).

Досить поширеною є схема масляної системи, представлена на рис. 4.2. Її відмінною рисою є те, що сепарація масловоздушної суміші, що відкачується з двигуна, проводиться в статичному воздухоотделителі (циклонного або лотковою типу), розміщеному всередині маслобака. У фахівців вона отримала умовну назву схеми з «гарячим» маслобаком. У такій схемі охолодження масла відбувається в лінії подачі його в двигун. Повітря, відокремлений від масла в статичному сепараторі, видаляють за системою суфлювання. Такий тип принципової схеми масляної системи, зокрема, характерний для двигунів зарубіжних фірм «Пратт - Вітні» і «Роллс - Ройс».

[24]

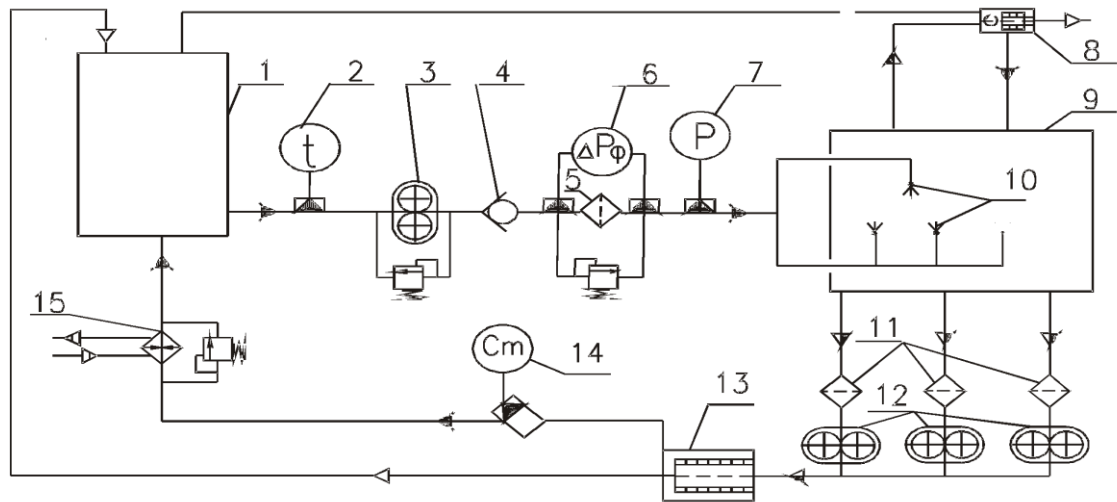


Рисунок 4.1 - Типова принципова схема масляної системи:

1 - маслобак; 2 - датчик температури; 3 - нагнітає насос (з редукційним клапаном); 4 - запірний клапан; 5 - фільтр (з перепусним клапаном); 6 - датчик сигналізації про забруднення фільтра; 7 - датчик тиску; 8 - суфлер-сепаратор; 9 - умовна масляна порожнину двигуна; 10 - форсунка; 11 - захисний фільтр; 12 - відкачує насос; 13 - приводний відцентровий воздухоотделитель; 14 - датчик сигналізації наявності стружки в олії; 15 - теплообмінник (з перепусним клапаном)

Тут і на трьох наступних схемах стрілками показано рух потоків:

◁ - воздуха; ◁ - масла; ◁ - масло-воздушной смеси; ◁ - хладагента.

Цікаво відзначити, що в масляних системах двигунів останніх розробок фірми «Дженерал Електрик» використовують подібну схему циркуляції масла, але з однією істотною відмінністю: масловоздушную суміш охолоджують перед тим, як вона надходить в сепаратор. [26]

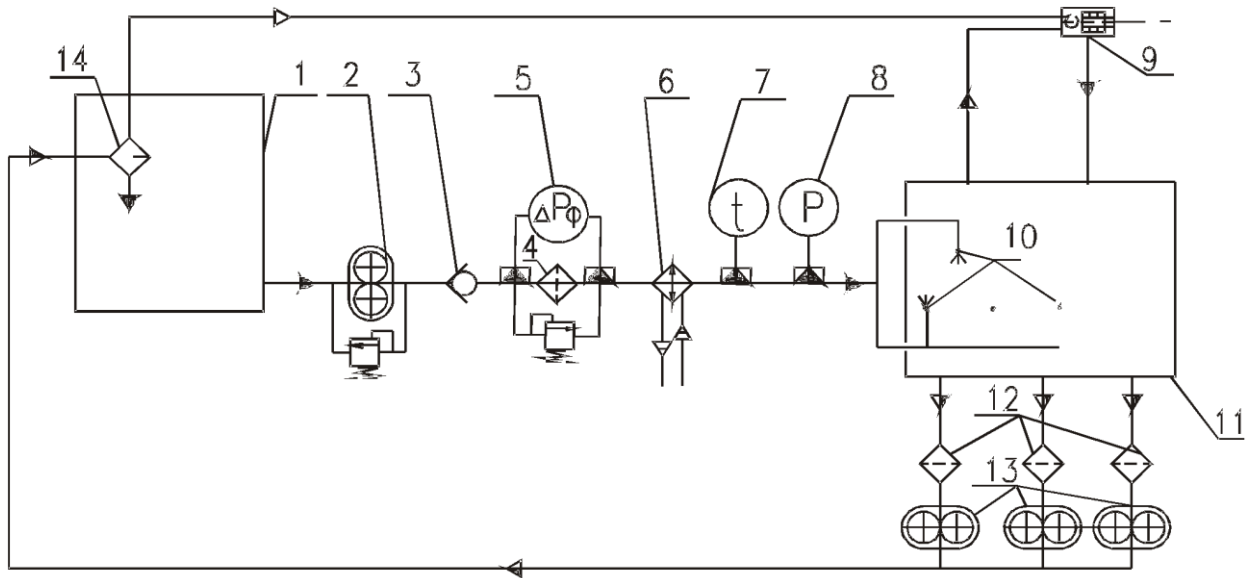


Рисунок 4.2 - Принципова схема масляної системи з «гарячим» маслобаком:

1 - маслобак; 2 - нагнітає насос (з редукційним клапаном); 3 - запірний клапан; 4 - фільтр (з перепускним клапаном); 5 - датчик сигналізації про засмічення фільтра; 6 - теплообмінник (з перепускним клапаном); 7 - датчик температури; 8 - датчик тиску; 9 - суфлер-сепаратор; 10 - форсунка; 11 - умовна масляна порожнину; 12 - захисний фільтр; 13 - відкачує насос; 14 - статичний повітрявідділювач

У двигунів з такою схемою циркуляції в маслобак зливається охолоджене масло. При цьому, очевидно, що, оскільки охолоджувати доводиться не тільки масло, а й міститься в ньому повітря, то потрібні охолоджуючі поверхні теплообмінників і прохідні перетини масляних каналів у них повинні бути відповідно збільшені.

У розглянутих схемах маслобак включений до складу циркуляційного контуру масляної системи. Однак циркуляцію масла можна здійснювати і минаючи маслобак. Така схема, що отримала назву короткозамкненою, показана на рис. 4.3.

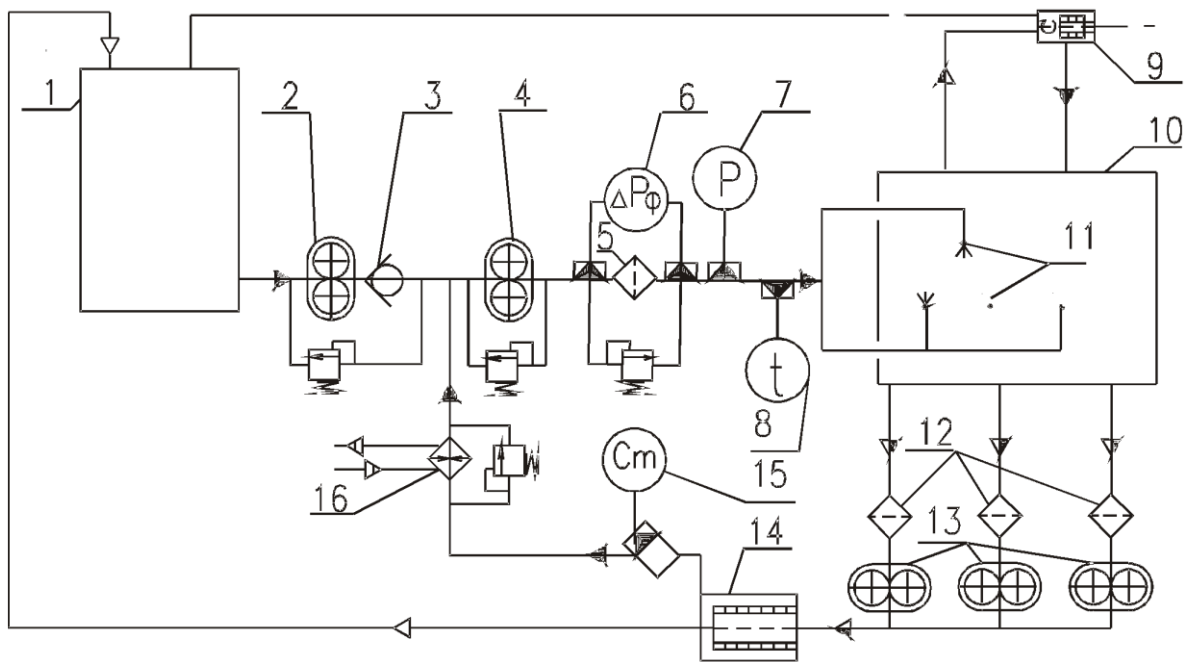


Рисунок 4.3 - Короткозамкнена схема масляної системи

1 - маслобак; 2 - насос, що підкачує (з редукційним клапаном); 3 - запірний клапан; 4 - нагнітає насос (з редукційним клапаном); 5 - фільтр (з перепускним клапаном); 6 - датчик сигналізації про засмічення фільтра; 7 - датчик тиску; 8 - датчик температури; 9 - суфлер-сепаратор; 10 - умовна масляна порожнину двигуна; 11 - форсунка; 12 - захисний фільтр; 13 - відкачує насос; 14 - приводний відцентровий повітрявідділювач; 15 - датчик сигналізації про наявність стружки в олії; 16 - теплообмінник (з перепускним клапаном)

Важливою відмінною рисою такої схеми є наявність в ній насоса, що підкачує, що знаходиться між маслобаком і нагнітає насосом. За допомогою насоса, що підкачує проводиться заповнення системи маслом і підживлення циркуляційного контуру. Циркуляція масла в процесі роботи двигуна здійснюється наступним чином. Нагнітає насос направляє масло в фільтр, і далі воно надходить в двигун. Відкачує з вузлів двигуна маселовоздушная суміш надходить в центрифугу, де відбувається її сепарація. З центрифуги повітря відводять в маслобак (і далі видаляють з двигуна по системі суфлювання), а масло направляють в теплообмінник. Потім охолоджене

масло повертається на вхід в нагнітає насос, завершуючи цикл циркуляції. При роботі двигуна таке циркулювання масла відбувається безперервно. [26]

#### 4.2 Система подачі масла

Цю систему нерідко називають системою нагнітання масла, так як її функцією є забезпечення безперервного підведення масла до вузлів тертя двигуна з певним тиском і необхідної величиною прокачування на всіх режимах роботи двигуна в очікуваних умовах експлуатації, включаючи режими авторотації. Основним агрегатом даної системи є нагнітає насос (а в короткозамкнених схемах циркуляції масла ще й підкачує насос, що встановлюється на вході в нагнітає насос, і пов'язаний каналом з маслобаком).

Нагнітає насос з необхідною продуктивністю забезпечує подачу заданої кількості масла в двигун. Величина надлишкового тиску масла на вході в двигун залежить від гідравлічного опору розгалуженої мережі споживачів масла і від кількості і розмірів форсунок, через які відбувається витікання масла на змащувані вузли тертя. Як правило, на робочих режимах двигуна величина цього тиску знаходиться в діапазоні від 0,3 до 0,6 МПа. При низькотемпературних запусках внаслідок високої кінематичної в'язкості масла нагнітає насос може створити тиск, в кілька разів перевищує зазначений рівень. Тому для запобігання можливих руйнувань конструкції (наприклад, фільтроелементів), в системі нагнітання необхідно передбачати запобіжний клапан, який відкривається при підвищенні тиску масла до гранично допустимої величини і здійснює перепуск нагнітається масла на вхід в насос або в маслобак.

### 4.3 Система відкачки масла

Дана система призначена для відводу використаного масла з опор, коробок приводів і з редуктора (в разі, якщо він входить до складу ВМД) з метою виключення можливості переповнення їх масляних порожнин. При цьому в кожному із зазначених вузлів слив масла спочатку здійснюється самопливом в спеціальні маслосбірники, що передбачаються в нижній частині корпусів опор (або коробок приводів), а з останніх воно надходить на вхід в відкачують насоси. При проектуванні даної системи використовують або насоси, вбудовані в конструкцію вузлів двигуна (опор, коробок приводів), або виносні пристрої для відкачування масла. Привід відкачують насосів у многовальних ВМД може бути здійснений від будь-якого ротора. Причому, враховуючи, що у таких двигунів на перехідних режимах має місце неузгодженість оборотів роторів і тривалість вибігу роторів після вимкнення двигуна різна, то у відкачують насосів повинен бути передбачений певний запас продуктивності по відношенню до кількості масла, що надходить до відповідних вузлів двигуна. Більш того, необхідність резервування відкачує здатності розглянутих насосів ще в більшій мірі диктується тим, що в висотних умовах продуктивність насосів істотно зменшується (див. розд. 9). З урахуванням вищесказаного, очевидно, що відкачують насоси повинні мати розрахункову продуктивність зі значним коефіцієнтом запасу. За статистикою у вітчизняних ГТД він, як правило, знаходиться в діапазоні від 2 до 5 (по відношенню до прокачування масла через відповідні вузли двигуна на максимальному режимі в умовах  $H = 0$  км,  $M = 0$ ). [27]

#### Маслобаки

Одним з важливих агрегатів масляної системи є маслобак, в якому міститься запас масла, необхідний для забезпечення роботи двигуна протягом заданого часу. Як було раніше показано, маслобак може не брати

участь в процесі циркуляції масла (в разі використання короткозамкненою схеми масляної системи). У сучасних ГТД маслобаки, як правило, розміщують на двигуні. Так як безповоротні втрати масла у двигунів відносно невеликі (від 0,2 до 1 кг / год в залежності від їх розмірності), а тривалість польоту обмежена, то зазвичай маслобаки бувають порівняно компактними.

Перш за все, в маслобаку повинен бути мінімально необхідний невитратний обсяг масла ( $V_{min}$ ), при якому ще забезпечується нормальне функціонування масляної системи на всіх режимах роботи двигуна і при цьому можливий політ протягом часу не менше однієї години. Величину цього обсягу визначають експериментально. Так, наприклад, у всіх ТРДД марки «НК» невитратний обсяг масла ( $V_{min}$ ), знаходиться в межах від 10 до 14л. Розрахунковий витрачається кількість масла ( $V_{расх}$ ) визначають в сукупності для прямого і зворотного рейсу літака за маршрутом максимальної тривалості, виходячи з нормованої величини годинної витрати масла.

Таким чином, для ТРДД заправляється в бак обсяг масла має дорівнювати сумі зазначених величин. Але в маслобаку у верхній його частині має бути передбачено вільний простір, необхідне для компенсації теплового розширення масла і його піноутворюваність. Вільний простір в маслобаку має становити не менше 20% від що заливається обсягу масла. Отже, для розглянутого типу двигунів мінімальна величина потрібного геометричного обсягу маслобака ( $V_{м.б.}$ ) повинна бути визначена за формулою:

$$V_{м.б.} = 1,2 (V_{min} + V_{расх}) \quad (4.1)$$

Здійснення подачі масла в вузли двигуна. У більшості ВМД сучасних двигунів, що знаходяться в серійному виробництві, використана система подачі масла в двигун з регульованим тиском. Така система характеризується

практично постійною величиною подачі масла в вузли двигуна в широкому діапазоні частот обертання його ротора. Це забезпечується за рахунок постановки на виході з нагнітає насоса редукційного клапана, що обмежує величину надлишкового тиску масла на вході в двигун на певному рівні. Відкриття клапана відбувається на режимах вище «малого газу». [26]

Вимоги до чистоти масел в масляних системах ВМД Будь-яка гідравлічна система і, зокрема, масляна система виявляється забрудненою вже після заводської збірки. У кожному компоненті системи, будь то агрегати, масляні порожнини двигуна або трубопроводи, в маслі вже є забруднюючі частки (наприклад, пил або залишки технологічних матеріалів, використовуваних при виготовленні відповідних деталей і при складанні двигуна). З моменту введення двигуна в експлуатацію, ступінь забруднення масляної системи збільшується внаслідок зносу змащуваних вузлів тертя або її агрегатів. Забруднення можуть потрапляти в систему також при доливе масла в маслобак (при відкриванні ємності або внаслідок їх наявності в свіжому маслі).

Всі рідини, використовувані в якості робочих тіл в гідравлічних, паливних і масляних системах, повинні відповідати певним вимогам по допустимому кількості і розмірам механічних забруднень в певному об'ємі рідини. Показник, що визначає чистоту рідини, згідно з вітчизняною класифікацією називається класом чистоти, який визначається по ГОСТ 17216-2001. Даний ГОСТ для кожного класу чистоти встановлює допустимі норми на кількість частинок забруднень різних розмірних груп в обсязі 100 см<sup>3</sup>. [23]

Для авіаційних масляних систем встановлені норми на чистоту робочих рідин по ОСТ 1 00160-75. У заправної системі чистота масла повинно бути не гірше 11 класу, а в робочій - не груба 13 класу. Доречно зазначити, що фільтр з осередком 40 мкм автоматично забезпечує тонкість фільтрації, відповідну 13-го класу чистоти.

На вході в опори ВМД додатково встановлюють фільтри грубої очистки, що не створюють великого опору і оберігають вузли тертя від особливо небезпечних великих включень.

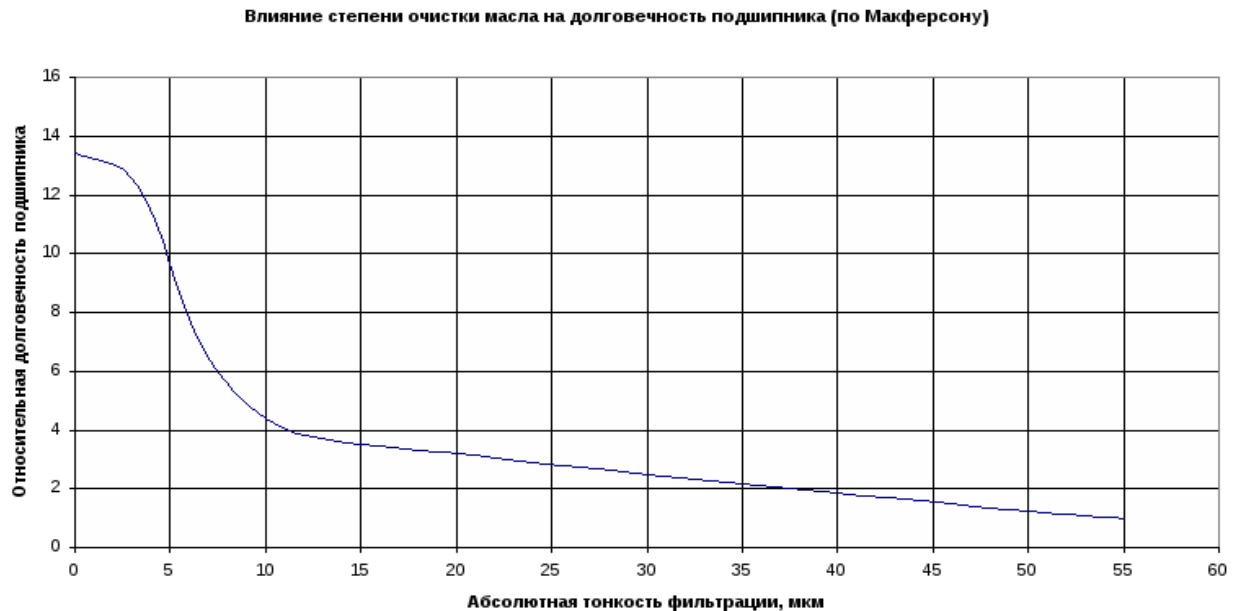


Рисунок 4.4 - Вплив ступеня очищення на довговічність підшипника по Макферсону

#### Контроль параметрів масляної системи і стану масла

В процесі проектування масляної системи повинен бути забезпечений рівень її параметрів, обумовлений в технічних умовах на поставку двигуна. При цьому в ТУ вказують допустимі норми не тільки на візуально контрольовані параметри масляної системи, але і на ряд параметрів, які при проведенні стендових випробувань двигуна визначають розрахунковим шляхом на основі обробки результатів вимірювань деяких фізичних величин (наприклад, обчислюють прокачування масла через двигун, сумарний теплопідводу в масло всередині двигуна, годинна витрата масла і ін.).

У процесі створення двигуна, зокрема, для вивчення особливостей роботи його масляної системи в очікуваних умовах експлуатації, дослідження теплових і гідравлічних характеристик цієї системи, а також з

метою усунення можливих проявів дефектів в її роботі контролюють значно більшу кількість параметрів, ніж передбачено штатним переліком. При цьому слід врахувати, що до пред'явлення створюваного двигуна на Державні випробування повинен бути проведений комплекс спеціальних випробувань за програмою, погодженою із замовником, а також ряд передбачених Авіаційними правилами випробувань, необхідних для сертифікації двигуна, в тому числі і по масляній системі. У зв'язку з цим при проектуванні двигуна повинна бути забезпечена можливість установки відповідних датчиків не тільки для контролю його штатних параметрів, сигналізації і автоконтролю, але і для проведення додаткових вимірювань ряду параметрів, що відносяться в тому числі і до масляній системі.

Для забезпечення надійної експлуатації в ГТД в числі інших повинен бути передбачений безперервний контроль рівня параметрів масляної системи, що забезпечує своєчасну сигналізацію екіпажу літака про їх відхилення від норми і про можливі несправності в роботі цієї системи. Крім того, в керівництві по технічній експлуатації будь-якого двигуна передбачають проведення періодичного контролю стану масла в його масляній системі.

Чистоту масла по гранулометричному складу забруднень контролюють при проведенні приймально-здавальних або тривалих стендових випробувань ВМД, а в експлуатації - тільки в разі виниклої необхідності (за спеціальною вказівкою) Одним з основних характеристик деталей маслосистем є чистота масляних порожнин деталей. З метою забезпечення соотвєсвующіх класів чистоти маслосистем виконують промивання маслоканалов деталей після виготовлення перед складанням.

Таблиця 4.1 - Вимоги, що пред'являються до масла МС-8п

| №  | Найменування показників                                                  | Показник масла             |                            | Метод випробування |
|----|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|
|    |                                                                          | Свіжого по ОСТ 38 01163-78 | Має напрацювання на виробі |                    |
| 1  | 2                                                                        | 3                          | 4                          | 5                  |
| 1  | Щільність при 20°C, кг/м <sup>3</sup> , не більш                         | 875                        | 890                        | ДСТУ 3900-85       |
| 2  | В'язкість кінематична, мм <sup>2</sup> /с при температурі 50°C, не більш | 8,0                        | 12,0                       | ДСТУ 33-2000       |
| 3  | Температура застигання, °C, не вище                                      | -55                        | -50                        | ДСТУ 20287-74      |
| 4  | Температура спалаху в закритому тиглі, °C, не нижче                      | 145                        | 145                        | ДСТУ 6356-75       |
| 5  | Кислотне число, мг. КОН на 1г. масла, не більш                           | 0,05                       | 0,7                        | ДСТУ 5985-79       |
| 6  | Вміст водорозчинних кислот і лугів                                       | Отсутств.                  | Отсутств.                  | ДСТУ 6307-75       |
| 7  | Вміст води                                                               | Отсутств.                  | Отсутств.                  | ДСТУ 2477-65       |
| 8  | Вміст механічних домішок, %, не более                                    | 0,005                      | 0,015                      | ДСТУ 6370-83       |
| 9  | Зольність, %, не більш                                                   | 0,08                       | 0,015                      | ДСТУ 1461-75       |
| 10 | Чистота масла, клас, не грубіш*                                          | 11                         | 13                         | ОСТ1-41144-80      |

Застосування установок для промивання деталей маслом в авіабудуванні.

В авіабудуванні практично всі деталі працюють в масляній або паливної системах двигуна на остаточних стадіях їх виготовлення (перед подачею їх на остаточний контроль) проходять операцію промивки (прокачування)

деталі маслом. Промивання деталей маслом виконується на спеціальних установках в кілька етапів.

Перший етап прокачування деталі - забезпечення класу чистоти внутрішньої порожнини передбаченого в кресленні. На цьому етапі деталь підключається до установки за допомогою спеціального пристосування і починається промивання деталі.

Промивання може виконуватися як зі стабільним тиском масла в системі так і пульсацією - це залежить як від складності конфігурації масляних каналів деталі, так і від ступеня забрудненості (стружка, МОР, мазут). Контроль чистоти рідини при цьому здійснюється шляхом відбору масла з деталі в спеціальну тару і подальшої його транспортуванням у лабораторію, де здійснюється аналіз олії на наявність сторонніх часток. При задовільному результаті промивання деталі на цьому закінчується.

Другий етап прокачування - перевірка витрати масла через канали. Ця операція виконується при необхідності (якщо це передбачено кресленням).

Деталь обладнується в спеціальне пристосування і підключається до спеціальної установки, яка в свою чергу повинна забезпечувати відповідний клас чистоти масла, температуру робочої рідини, тиску. Перевірка витрати масла виконується при температурі передбаченої кресленням але через деякий час (15 ... 20хв.), Це робиться для того що б деталь нагрілася до робочої температури і показники витрати були максимально близькими до експлуатаційного режиму роботи деталі.

Також витримування деталі при певній температурі дає можливість виявлення так званих «прихованих» дефектів. Під впливом температурних деформацій і розширень в деталях можуть розкриватися мікротріщини або якісь ливарні дефекти. Це дає можливість запобігти потраплянню несправної деталі в експлуатацію.

Установка для промивки деталей маслом повинна надавати можливість забезпечувати заданий клас чистоти деталі.

Основні вимоги пред'являються до установок:

- клас чистоти робочої рідини повинен бути не грубіше класу чистоти деталі; - контроль робочої рідини в самій установці повинен перевірятися не рідше одного разу в тиждень.

У разі невідповідності робочої рідини зазначеним вимоги виконується прогін масла через спеціальну систему фільтрів установку. При незадовільних результатах проводять заміну робочої рідини і заміну фільтруючих елементів. Так ж близькі за типом установки застосовуються в прочісуванні складання вузлів для перевірки витрати масла через канали маслосистеми, перевірки герметичності і по можливості контролю і спрямованості струменів олії. Безпосередньо при складанні ВМД застосовуються маслопрокачуючі установки, повністю імітують роботу маслосистеми двигуна (подачею і відкачуванням масла). Це дає можливість перевірити герметичність масляної системи двигуна, системи суфлювання і відсутності перетікання масла в повітряні порожнини ВМД.

На плакаті зображена схема маслопродавочної установки, яка застосовується на механічних ділянках на стадії виготовлення і ремонту деталей ГТД. [26]

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Аналіз потенційних небезпек

Під час технологічного процесу виготовлення деталей ймовірними є наступні потенційні небезпеки:

1. Механічні травми внаслідок організаційних причин:

а) нераціонального планування робочого місця; внаслідок застосування меблів, що не відповідають ергономічним вимогам;

б) захащення заготовками і деталями робочого місця;

в) травми та пошкодження шкіряного покрову при розвантаженні і завантаженні заготовок та деталей;

г) пошкодження шкіряного покрову рук гострити кромками, шорохатістю на поверхні заготовок, інструменту, обладнання, відходів при роботі без рукавиць.

2. Опіки можливі при порушенні правил безпеки при виконанні операцій точіння в'зких металів без спец. одягу.

3. Під час токарної обробки деталей можливе травмування очей пиловими частками або стружкою, що відлітає в процесі обробки матеріалів. Причини травматизму - порушення технологічного процесу та робота без захисних окулярів або щитків для захисту обличчя

4. Ураження електричним струмом, внаслідок несправності електрообладнання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку;

5. Довготривалий дискомфорт під час виконання роботи в одноманітній позі сприяє передчасному розвитку загального втомлення, зниженню працездатності, а при систематичній безперервній роботі призводить до захворювань периферичної нервової системи: невритів, радикулітів.

6. Повтор однотипних рухів, які пов'язані з багаторазовим скороченням м'язів є причиною захворювання кистей рук (запалення та набрякання) та зап'ястя, набрякання та оніміння пальців.

7. Недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю, або хибного вибору освітлювальних приладів, що призводить до погіршення зору;

8. Підвищений рівень шуму, що супроводжує роботу значної кількості верстатів, призведе до роздратованості, збільшенню помилок, в окремих випадках - до погіршення слуху.

9. Незадовільні параметри мікроклімату, у зв'язку з відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальної системи, можуть викликати загальні захворювання.

10. Вірогідність загоряння, у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що призводить до пожежі;

11. Неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, які призводять до паніки та загибелі людей.

## 5.2 Заходи з забезпечення безпеки

Небезпека ураження електричним струмом при використанні верстатів, приладів з'являється при недотриманні заходів безпеки, а також при відмові або несправності цього обладнання. Наслідки ураження електричним струмом залежать від багатьох факторів: опору організму, величини, тривалості дії, роду і частоти струму, шляхів його проходження через життєво важливі органи, умов зовнішнього середовища.

Категорія приміщення, відповідно НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» -

підвищеної небезпеки (сухе – відносної вологості не більше 60%, металевийпил в повітрі, температура до 30°C, залізобетонна підлога).

Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам: ПУЕ («Правила устрою електроустановок») і ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору захисного заземлення електрообладнання приміщення – 4 Ом; НПАОП40.1-1.32-01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок».

Відповідно до вимог ПУЕ в електроустаткуванні застосовують такі системи засобів: захисне заземлення ізоляції токоведучих частин, захисне відключення, напруга (до 42 В) для переносного освітлення і роботи електроінструменту, повна недоступність працівників до неізольованих проводів.

Відповідно до вимог ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения» обладнання має подвійну ізоляцію: робочу – електрична ізоляція струмоведучих частин електроустаткування, що забезпечує її нормативну роботу та захист від ураження електричним струмом;

- додаткову ізоляцію – для захисту від ураження електричним струмом на випадок пошкодження робочої ізоляції.

Згідно з ГОСТом 12.2.007.0-75\* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» електричне устаткування за засобом захисту людини від ураження електричним струмом, належить до І класу, оскільки має подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та провід для поєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом.

Захисні засоби безпеки електроустаткування будинків виконуються відповідно вимога ПУЕ і ГОСТ 12.2.007.0-75\* (2001). Для підвищення рівня захисту від загорання при замиканні на заземні частини, коли величина

струму не є достатньою для спрацювання максимального струмового захисту, рекомендовано застосування УЗО зі струмом спрацювання до 400 мА.

Ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нерационального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неуважністю обслуговуючого персоналу. Для виключення травматизму зроблено більш зручне та раціональне розташування робочих місць, таким чином збільшена відстань між ними. Враховано рекомендації ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення», відстань між верстатами залежить від розміру верстатів і становить не менше— 0,9...1,5 м, що забезпечує безпеку в процесі трудової діяльності. Ширина проїзду на дільниці - 4.5 метрів, ширина проходів становить 2-2.5метри, що дає можливість безпечно та комфортно переміщувати заготовки, деталі, обладнання, а у випадку пожежі – гарантує швидку евакуацію людей.

Відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями») в конструкторському бюро та інших робочих кімнатах, де співробітники застосовують персональні комп'ютери (ПК), площа на одне робоче місце становить не менше 6 м<sup>2</sup>, а об'єм – не менше 20 м<sup>3</sup>. Конструкція робочого столу має відповідати сучасним вимогам ергономіки і забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (ПК, дисплея, клавіатури, принтера) і документів. Висота робочої поверхні робочого столу з ВДТ має регулюватися в межах 680...800 мм, а ширина і глибина - забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля (рекомендовані розміри: 600...1400 мм, глибина - 800...1000 мм). Робочий стіл повинен мати простір для ніг заввишки не менше ніж 600 мм, завширшки не менше ніж 500 мм, завглибшки (на рівні колін) не

менше ніж 450 мм, на рівні простягнутої ноги - ніж 650 мм. Робочий стілець має бути підйомно-поворотним, регульованим за висотою, з кутом і нахилу сидіння та спинки і за відстанню від спинки до переднього краю сидіння поверхня сидіння має бути плоскою, передній край - заокругленим. Обладнання і організація робочого місця працюючих з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ мають забезпечувати відповідність конструкції всіх елементів робочого місця та їх взаємного розташування ергономічним вимогам з урахуванням характеру і особливостей трудової діяльності згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».

З метою зменшення важкої фізичної праці та запобіганню травматизму в умовах серійного виробництва передбачено механізоване переміщення вантажів, масою понад 20 кг та на відстань понад 25 м, що відповідає вимогам НПАОП 63.11-7.02-87 ОСТ 113.18-014-87 «ССБТ. Роботи вантажно-розвантажувальні. Загальні вимоги безпеки». На проектуємій ділянці передбачено застосування кран-балки, яка призначена для транспортування пристосувань, переміщення тари з партією заготовок або деталей від верстата до верстата. Кран-балка з дистанційним (за допомогою пульта) керуванням. Перевагою дистанційного керування є можливість здійснення постійного візуального контролю за переміщенням вантажу, а перебування працівника в безпечній зоні, що гарантує його особисту безпеку. Попереджувальні надписи про вантажопідйомність крана і його роботу відповідають вимогу ГОСТу 12.4.026-76 (1987) «ССБТ. Цветасигнальные и знаки безопасности». Також враховано, що вантажопідйомність кран-балки на 10-20% вища ніж маса вантажу, що підіймається.

Обслуговування універсальних верстатів з елементами ручного керування пов'язане з тривалим перебуванням у вимушеній робочій позі, статичним навантаженням, напруженням уваги, що в свою чергу, призводить до підвищеної втоми та нервово-емоційного напруження. Тобто під час роботи людина постійно відчуває енергетичне та інформаційне напруження.

З метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втоми, передбачені перерви у роботі – 15 хвилин кожні дві години, а також спеціально обладнане приміщення – кімната відпочинку.

Також обов'язковим є проходження медичного огляду один раз на два роки, а для окремих категорій робітників і один раз на рік, за рахунок роботодавця відповідно Наказ міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій».

Таким чином кожен працівник повинен дотримуватися заходів з охорони праці, до яких належать дотримання правил техніки безпеки та особистої гігієни, дотримання виробничої дисципліни і правил внутрішнього розпорядку, утримання в чистоті і порядку робочого місця, дотримання місцевих виробничих інструкцій, застосування індивідуальних захисних засобів та вміння надати першу медичну допомогу при невідкладних станах.

Для всіх працівників необхідним є проходження навчання відповідно вимог, що зазначено в НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Згідно Наказу міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій» до роботи допускаються особи, що пройшли медичний огляд та не мають протипоказань до цієї роботи.

### 5.3 Заходи з забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці для механічної дільниці та робочих кімнат розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм

та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»), ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями».

Метеорологічні умови на дільниці: температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ.Общесанитарно-гигиеническиетребования к воздухурабочейзоны» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень». Роботи на дільниці належать до категорії Па–робота середньої важкості, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 18-20°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с;

- у теплий період року: температура 21-23°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Забезпечення таких параметрів мікроклімату досягається оснащенням приміщень системою опалювання, що збалансована з припливно-витяжною вентиляцією, згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Освітлення виробничих приміщень відіграє найважливішу роль у забезпеченні збереження працездатності та здоров'я працівників, що постійно працюють в умовах напруження органу зору. Згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%.

Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Норма освітленості на робочий поверхні становить 200-300 лк. Як джерела штучного освітлення в конструкторському бюро та робочих кімнатах використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ, ЛД, які встановлені у світильники типу ЛПО. Для забезпечення нормованого освітленні на ділянці механічного цеху застосовуються світильники типу РСП, з газорозрядними лампами типу ДРЛ. Лампи мають високу ефективність, економічні, надійні, строк експлуатації понад 8000-14000 годин.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення відповідають вимогам ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою: використання більш сучасного обладнання; розташування обладнання, що створює рівень шуму, більший за нормативно допустимий (понад 80дБа), на значній відстані від більшості робочих місць працівників.

Рівні вібрації під час верстатних робіт перевищують допустимі значення, що визначені в ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» і ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБП. Вібраційна безпека. Загальні вимоги».

Для зменшення негативного впливу вібрації (спазми судин, порушення кровообігу та терморегуляції, біль в суглобах, тремор кінцівок) під час роботи з ручним механічним, електричним та пневматичним інструментом застосовуються засоби індивідуального захисту (НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 року № 966. Під час роботи в умовах загальної вібрації застосовується спеціальне взуття.

Розрахунок приміщення (лабораторії) оснащеного відеодисплейними терміналами

1. Приміщення, що обладнане ПК з ВДТ і розміщені робочі місця з ПК, спроектовано і організовано згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».

2. Приміщення категорій А і Б (ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» та СНиП 2.09.02-85\* «Производственные здания»), а також виробництва з мокрими технологічними процесами поряд з приміщенням, де розташовуються ЕОМ, виконується їх обслуговування, налагодження і ремонт не передбачається.

3. Виробничі приміщення, в яких розташовані ЕОМ, не межують з приміщеннями, де рівні шуму та вібрації перевищують норму (механічні цехи, майстерні тощо).

4. Робоча кімната, де розташовані комп'ютери знаходиться на другому поверсі, т.б. відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» враховано, що неприпустимим є розташування приміщень, призначених для роботи з ВДТ у підвалах та цокольних поверхах.

Площу приміщення, в якому розташовують відеотермінали, визначено згідно з чинними нормативними документами з розрахунку, що для забезпечення виробничого процесу необхідним є застосування 4 комп'ютерів.

Планування розміщення комп'ютеризованих робочих місць у приміщенні проводимо із врахуванням наступних вимог:

- робочі місця з ВДТ розміщуються на відстані не менше 1 м від стіни зі світловими прорізами;
- відстань між бічними поверхнями ВДТ має бути не менше за 1,2 м;
- відстань між тильною поверхнею одного ВДТ та екраном іншого не

повинна бути меншою за 2,5 м;

- прохід між рядами робочих місць має бути не меншим 1 м.

- площа на одне робоче місце, обладнане відеотерміналом - не менше 6,0 м<sup>2</sup>.

- об'єм - не менше 20,0 м<sup>3</sup>, з урахуванням максимальної кількості осіб, які одночасно працюють у зміні.

Врахуємо також розміри меблів на комп'ютеризованих робочих місцях, зокрема робочого столу. Відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» рекомендовані розміри столу для робочого місця з ВДТ становлять: висота – 725 мм, ширина – 600-1400 мм, глибина – 800-1000 мм.

Приймаємо, що робочий стіл має такі розміри: ширина – 1200 мм, глибина – 800 мм.

Найкращим є розмістити комп'ютеризовані робочі місця в два ряди вздовж стіни з вікнами. Це дасть змогу унеможливити дзеркальне відбиття на екрані ВДТ джерел природного світла (вікон) та потрапляння останніх у поле зору операторів, що погіршує умови їх зорової роботи.

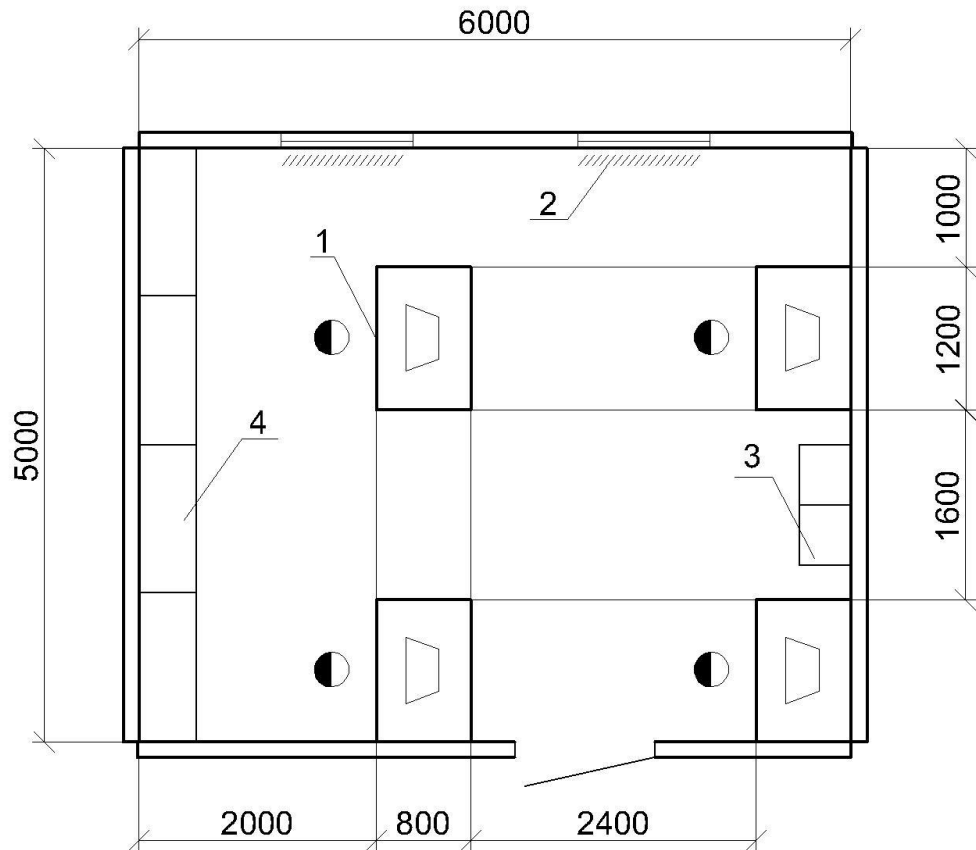


Рисунок 5.1 - План виробничого приміщення з комп'ютеризованими робочими місцями: 1- комп'ютеризоване робоче місце з ВДТ; 2- сонцезахисні жалюзі; 3- шафи для зберігання дискет та програмного забезпечення; 4- шафи для зберігання документації та фахової літератури.

Таким чином, оскільки площа приміщення становить  $S_{пр} = 30,0 \text{ м}^2$ , а площа, на якій розташовується одне робоче місце з ВДТ, відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» повинна становити не менше  $6,0 \text{ м}^2$ , то в даному приміщенні можна розмістити щонайбільше чотири комп'ютеризованих робочих місця. Такої кількості достатньо для технічного переоснащення виробництва.

Перевіримо, чи відповідає це число нормативу щодо мінімального об'єму приміщення на одне робоче місце з ВДТ ( $V_{р.м.мін} = 20 \text{ м}^3$ ), згідно з

ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин». Якщо висота приміщення 4 метра, об'єм приміщення становить  $120 \text{ м}^3$ , а об'єм, що припадає на одне комп'ютеризоване робоче місце -  $V_{P.M.} = 30 \text{ м}^3$ . Таким чином норматив щодо об'єму приміщення на одне робоче місце з ВДТ виконується.

#### 5.4 Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки для приміщення дослідницької лабораторії та механічної дільниці розроблено відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин й матеріалів пожежі згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» приміщення відноситься до класу можливої пожежі класів – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (пожежі, пов'язані з горінням електроустановок (вестати), що перебувають під напругою до 1000 В.)

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою, який регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» та СНиП 2.09.02-85\* «Производственные здания» механічна дільниця відповідає категорії «Д» з пожежної небезпеки – наявність незаймистих речовини і матеріали в холодному стані.

Відповідно до категорії виробництва з пожежної небезпеки і вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», ступінь вогнестійкості приміщення дослідницької лабораторії – II.

Згідно ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», на випадок пожежі передбачені два шляхи евакуації працівників із адміністративних приміщень та два евакуаційних виходи з механічної дільниці. Максимальне видалення від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу, згідно п.2.29 СНиП 2.09.02-85\* «Производственные здания» становить 70 метрів.

Приміщення дослідницької лабораторії, в якому розташовуються електрообчислювальні матеріали, різноманітне устаткування, належить до пожежанебезпечної зони, класу П-Па, тому передбачений мінімальний ступінь захисту ізоляції обладнання IP44.

Згідно вимог «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 приміщення (лабораторія) оснащено переносними вуглекислотними вогнегасниками ВВК-3 з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м<sup>2</sup> площі приміщення з урахуванням гранично допустимих концентрацій вогнегасної рідини. Доцільність використання даного вогнегасника пояснюються його властивостями. Вогнегасник призначений для гасіння загорання різних речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря, загорання електроустановок, що знаходяться під напругою, загорання в приміщеннях при наявності оргтехніки. Головною особливістю вуглекислотний вогнегасників є відсутність слідів гасіння так як вуглекислота після використання не залишає слідів і бруду.

Для механічних цехів та адміністративних приміщень передбачено використання сповіщувачів пожежі, приміщення буде обладнане адресованим автоматичним сповіщувачем ДПП-1, який буде реагувати на дим. Своєчасне виявлення ознак займання й виклик пожежних підрозділів дає змогу швидко локалізувати осередки пожежі та вжити заходи щодо її ліквідації, а отже, створює можливість суттєво зменшити обсяги заподіяної

шкоди. Адресований сповіщувач постійно або періодично активно формує сигнал про стан пожежонебезпечності у захищуваному приміщенні та про власну працездатність із зазначенням свого номера (адреси). Автоматичні пожежні сповіщувачі реагують на фактори, що супроводжують пожежу: підвищення температури, дим, полум'я.

Враховуючи пожежну небезпеку в приміщеннях та на ділянці також передбачено систему автоматичного пожежогасіння та первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники типу ВВК-3).

## 5.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Прогнозування обстановки у вогнищах ураження.

Планування і підготовка до майбутнього проведення РІНР неможливі без прогнозування (передбачення) обстановки, яка може скластися в можливих вогнищах ураження. Безупинний розвиток засобів ураження і поглядів на їхнє застосування вимагає систематичної роботи з удосконалювання методики прогнозування обстановки і подальшого коректування відповідних розділів планів ЦЗ.

Прогнозування й оцінка обстановки можуть здійснюватися як до нападу, так і за попередніми даними про результати фактичного застосування супротивником ЗМУ із наступним їх уточненням даними розвідки.

До нападу супротивника прогнозування проводиться на основі вихідних даних, які характеризують вражаючі фактори сучасної зброї, місцеві умови і можливості, що впливають на виконання завдань ЦЗ, а саме: фізико-географічні, метеорологічні, санітарно-епідемічні умови; наявність людських і матеріальних ресурсів; стан транспорту, зв'язку; характер забудови міст та інших населених пунктів; стан ЦЗ (забезпеченість захисними спорудами і ЗІЗ, підготовка заміської зони; впровадження «Норм проектування

інженерно-технічних заходів ЦЗ», наявні сили і засоби); наявність ОНГ, при ушкодженні чи руйнуванні яких можуть утворитися вторинні вогнища ураження в результаті вибухів, пожеж, затоплення місцевості і поширення на ній СДОР та ін.

Особлива увага при прогнозуванні й оцінці обстановки приділяється захисту категорійованих міст і об'єктів народного господарства: визначаються ймовірні вогнища ураження, зони руйнувань, катастрофічних затоплень і РЗ, можливі втрати серед населення, сил і засобів ЦЗ. Також прогнозуються ступінь виходу з ладу транспорту, промислових і житлових будинків та споруд, комунально-енергетичних мереж і паливних систем, засобів зв'язку й інших систем, що забезпечують у цілому життєдіяльність міста, району, області, і очікуваний характер та обсяг робіт. На підставі прогнозу здійснюється розрахунок сил і засобів ЦЗ, необхідних для проведення РІНР.

Після нападу супротивника на основі початкових даних про параметри ядерних вибухів, характер і масштаб застосування інших видів ЗМУ також здійснюється прогнозування можливої обстановки, яка проводиться для вживання необхідних заходів захисту, для оцінки можливих втрат о. с. формувань ЦЗ, військ і населення, оцінки обсягу робіт з ліквідації наслідків нападу і для прийняття (уточнення) оптимального рішення на проведення РІНР. При цьому у вогнищах ядерного ураження (ВЯУ) оцінюється і пожежна обстановка, що необхідно для визначення обсягів і термінів виконання протипожежних заходів при проведенні РІНР, заходів щодо відновлення джерел пожежного водопостачання, а також для уточнення розрахунку сил і засобів та рішення на їх використання. Вихідними даними для прогнозування й оцінки пожежної обстановки, крім параметрів ядерного вибуху, можуть бути швидкість і напрямок середнього і приземного вітру та інші матеріали попередньої оцінки.

Прогнозування можливої радіаційної обстановки проводиться з метою визначення масштабів і характеру РЗ місцевості, розробки і здійснення

заходів, які виключають чи зменшують втрати від нього. Результати прогнозування є орієнтовними і слугують вихідними даними для організації радіаційної розвідки, захисту населення, сільськогосподарських тварин і рослин, використання транспортних магістралей в умовах зараження і т.д.

Радіаційна обстановка після застосування ЯЗ оцінюється за даними прогнозування, розвідки і дозиметричною контролю. При її оцінці визначаються зони РЗ місцевості, розраховуються дози радіації, які можуть одержати люди протягом того чи іншого часу перебування в зонах зараження і при їх проходженні, визначаються час початку роботи і кількість змін для проведення рятувальних робіт у вогнищі ураження, режими роботи ОГ і режими захисту населення в умовах РЗ. Результати оцінки дозволяють вибрати найбільш прийнятні способи дій сил ЦЗ у вогнищах ураження і намітити заходи щодо їх захисту. Дані про радіаційну обстановку потім уточнюються за даними повітряної, морської (річкової) розвідки й установ мережі спостереження і лабораторного контролю.

Вогнища хімічного ураження (ВХУ) виникають у результаті застосування супротивником ОР, а також при руйнуванні хімічнонебезпечних об'єктів, які виготовляють чи використовують у технології СДОР (такі вогнища прийнято називати вторинними).

Вихідними даними для прогнозування обстановки в ОХП є: засоби, способи і райони застосування супротивником хімічної зброї; типи застосованих ОР (або розливої СДОР); час застосування хімічної зброї і метеорологічні умови в приземному шарі повітря. Необхідно визначити розміри районів і глибину поширення зараженого повітря, стійкість ОР й оцінити можливі втрати населення.

Застосування супротивником біологічної зброї може створити різні за розмірами вогнища біологічного ураження (ВБУ). Характер вогнища, його масштаби і тривалість дії біологічних засобів залежать від виду і способу застосування збудника, метеорологічних умов і своєчасності проведення організаційних, санітарно-гігієнічних і протиепідемічних заходів. При

масованому аерозольному способі застосування і сприятливих для поширення бак-терій метеорологічних умовах може бути заражена територія в сотні і навіть тисячі квадратних кілометрів.

Прогнозуючи обстановку, необхідно визначити можливі розміри зон біологічного зараження, вид збудника, спосіб його застосування і стійкість бактеріальних рецептур, очікувані первинні втрати населення з урахуванням його густоти і забезпеченості засобами захисту, характер зараженості ОГ, майна і технічних засобів, ймовірні вторинні втрати населення в результаті передачі інфекцій від хворих до здорових. Для розрахунку можливих втрат населення необхідно знати: площу зараження; кількість людей, які перебувають на ній; забезпеченість їх захисними спорудами, ЗІЗ і медичними засобами захисту. При раптовому застосуванні біологічних засобів може бути заражене аерозолями до 50-60% загальної чисельності населення; якщо люди будуть завчасно сповіщені і встигнуть вжити елементарних заходів захисту, втрати становитимуть не більше 15%.

Прогнозування зон можливого катастрофічного затоплення з визначенням їхніх меж, глибини й інших параметрів здійснюється розрахунковим шляхом на основі відповідних методик. Прогнозування зон затоплення після нападу супротивника здійснюється виходячи з характеру фактичних руйнувань чи ушкоджень напірного фронту гідротехнічних споруд і рівня заповнення водоймищ до моменту нападу.

Результати будь-якого прогнозування є наближеними і використовуються органами управління ІДО для аналізу та попередньої оцінки обстановки. Проте якісне прогнозування забезпечує не тільки правильну організацію й успішне проведення рятувальних робіт у вогнищах ураження, а й дає можливість зменшити імовірність утворення таких вогнищ шляхом своєчасного оповіщення населення й укриття чи евакуації його із зон радіоактивного, хімічного і біологічного зараження [18].

## Висновки

Необхідність вирішення питань безпеки зумовлює формування цілісної системи знань з проблем охорони праці, необхідних для прийняття за будь-яких умов обґрунтованих рішень щодо безпеки на рівні людини, колективу, підприємства, галузі, регіону й суспільства в цілому. У сфері виробничої діяльності рівень виробничого травматизму залишається високим, що є наслідком дії ряду чинників.

До них можна віднести недоліки в організації праці, порушення трудової і технологічної дисципліни, недостатню навченість персоналу, відсутність нагляду й контролю за безпечним виконанням робіт і дотриманням норм законодавчої бази.

Формування у майбутніх фахівців знань щодо стану й проблем охорони праці, вироблення вмінь та навичок в сфері управління потенційними небезпеками, охороною праці, пожежною безпекою дасть можливість зменшити травматизм та зберегти здоров'я працюючих.

## ВИСНОВКИ

В ході написання дипломного проекту розроблена і оформлена документація на технологічний процес виготовлення форсунки подачі масла, которая іспользуют у виробі 78 - вертолётнийдвигатель, також в Турбовінтовомдвигателе ТВЗ-117ВМА-СБМ1, в двигуні ТВЗ-117ВМ.

Обрано серійний тип виробництва і серійно-потокова форма організації, розрахована кількість заготовок в партії для одночасного запуску.

Згідно з завданням в даному дипломному проекті був розроблений механічний участокізготовлення деталей типу форсунки.

Детально розроблений технологічний процес виготовлення форсунки. Обрано і економічно обґрунтований метод отримання заготовки. Призначено припуски на заготовку. Режими різання і технічні норми часу призначені і визначені за рекомендаціями нормативних документів машинобудівної промисловості. Розроблена керуюча програма для верстата з ЧПК в програмі Siemens NX.

Розроблена організаційна частина дає повне уявлення про планування участка. Проведений розрахунок кількості верстатів і робочих на механічній ділянці. Обрано сучасне технологічне обладнання відповідно заданої точності і розмірами обробки і розроблена планування розташування технологічного обладнання на ділянці.

Технологічний процес розроблений з урахуванням вимог охорони праці та стійкості до надзвичайних ситуацій. В частині з охорони праці приведена повна характеристика ділянки механічної обробки форсунки з точки зору безпеки проведення робіт.

Виконан альбом технологічної документації на виготовлення форсунки. У дипломному проекті розкрито основні теоретичні положення, наведені всі необхідні пояснення, розрахункові формули, ескізи і докладні розрахунки.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування і машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» (8.090202) та «Двигуни та енергетичні установки літальних апаратів» (7.100102) усіх форм навчання./Склали: Яценко В.К., Ципак В.І., Коренєвський Е.Я., Хорошков В.Д., Кононов В.В., Смирнов О.С., Сахно О.Г., Зінкевич К.В., Гончар Н.В., Рубель О.В., Пухальська Г.В., Олексієнко О.В., Каліуш В.І., Савчук Н.О. – Запоріжжя, ЗДТУ, 2000. 245с.

2. Методичні вказівки до практичних занять для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» (8.090202) та «Двигуни та енергетичні установки літальних апаратів» (7.100102) усіх форм навчання./Склали: Богуслаєв В.А., Коренєвський Е.Я., Леховіцер В.О. – Контроль робочого креслення та аналіз технологічності конструкції деталі. - Запоріжжя, ЗДТУ, 2000. 22с.

3. Справочник технолога-машиностроителя. т. 1/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985, 656 с., ил.

4. Руденко П.О. та ін. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин: Підручник, за ред. доц. В.М. Плєскача. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 1999. – 254 с.

5. Справочник технолога-машиностроителя. т.2/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. 496 с, ил.

6. А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков, М.А. Калинин. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. Справочник технолога – М, «Машиностроение», 1976. 288, ил.

7. Справочник нормировщика-машиностроителя. Том II – Техническое нормирование станочных работ./Под ред. Е.И. Стружестраха.

Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, М., 1961, 892с.

8. Богуслаев В.А., Цыпак В.И., Яценко В.К. Основы технологии машиностроения. Учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей высших учебных заведений. – Запорожье, изд-во ОАО«МоторСич».– 2003 г. – 336 с.

9. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник/В.И. Баранчиков, А.В. Жаринов, Н.Д. Юдина и др.; Под общ.ред. В.И.Баранчикова.– М.: Машиностроение, 1990.– 400с.: ил.

10. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виробництва деталей і складання машин» та « Технологія будування авіаційних двигунів» (розділ – Розрахунок режимів різання і нормування для операцій виконаних на верстатах – автоматах і напівавтоматах) для студентів спеціальностей: 8.090202, 8.090203, 7.090260 усіх форм навчання/ Укл.: О.В. Алексєєнко, Д.В. Павленко. – Запоріжжя: ЗНТУ.2003. – 87 с.

11. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учеб.пособие для машиностроит. спец.вузов] – 4-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Выш. школа, 1983. – 265с., ил.

12. В.А. Богуслаев, В.А. Лиховицер, А.С.Смирнов. Станочные приспособления. Издание 2-е. г. Запорожье, изд. ОАО «Мотор Сич», 2004 г. – 461 с.

13. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора: Справочник – Л: Машиностроение, дентнградское отд-ние 1983. – 436 с., ил.

14. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Спеціальне технологічне оснащення» для студентів спеціальностей: 8.090202, 8.090203, 7.090260 усіх форм навчання/ Укл.: О.Я. Качан, О.С. Дудніков, А.М. Ярошенко – Запоріжжя: ЗНТУ.2005. – 78 с.

15. С.И. Корягин, И.В. Пименов, В.К. Худяков. Способы обработки материалов: Учебное пособие / Калинингр. Ун-т – Калининград, 2000, 488 с.

16. Современные машиностроительные материалы и заготовки: учеб. пособие для студентов высш. учебн. заведений / В.А. Рогов, Г.Г. Позняк. – М: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с.

17. Методические указания по основным требованиям и правилам оформления курсовых и дипломных проектов по технологии авиадвигателестроения и машиностроения для студентов специальностей 8.090202 «Технология машиностроения», 7.100102 « Двигатели и энергетические установки летательных аппаратов, 7.090260 «Технология производства авиационных двигателей» дневной и заочной формы обучения/ Сост. В.И. Цыпак., Н.В. Гончар. – Запоріжжя, ЗНТУ, 2002. 86с.

18. Повышение устойчивости работы объектов народного хозяйства в военное время / Под ред. Г.П. Демиденко. – К.: Вицашк. Головное изд-во, 1984.–232 с.

19. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение. 1988.–736 с.: ил.

20. Справочник металлиста/ В.С. Владиславов, А.Н. Малов, С.Н. Поздняков и др; Под общей ред. А.Н. Малова. - М.: Машиностроение. 1961.– 1184 с.; ил.

21. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник.– 7-е изд., перераб. и доп.– М.: Машиностроение, 1979.–303 с.: ил.

22. Методичні вказівки до економічного обґрунтування дипломного проекту для студентів спеціальностей 7.090260 «Технологія будування авіаційних двигунів», 8.090202 « Технологія машинобудування» / автори Жупіна Л.В., Азаров І.І., Моргун І.М., Борисенко О.Є., Онуфрієнко Н.Л. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2006 – 22с.