



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівництво  
(повне найменування інституту, факультету)  
Технології машинобудування  
(повне найменування кафедри)

**Пояснювальна записка**

до дипломного проекту (роботи)

Магістр  
(ступінь вищої освіти)

на тему Прогресивні технології виготовлення деталей з глибокими от-  
ворами

Виконав: студент(ка) II курсу, групи М-18М

Спеціальності 131 Прикладна механіка  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)  
Технології машинобудування  
Митвин О. В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник Степанов Д. М.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент Кокотюк Е. В.  
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»  
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Машинобудівний  
Кафедра технології машинобудування  
Ступінь вищої освіти Магістр  
Спеціальність 131 прикладна механіка  
(код і найменування)  
Освітня програма (спеціалізація) технологія машинобудування  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Діденко С.І.  
« 17 » 12 2019 року

ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Дитвинко Олександр Вікторович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Прогресивні технології виготовлення деталей з шматковим отвором

керівник проекту (роботи) Степанов Дмитро Миколайович  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 26 » 11 2019 року № 416

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 10.12.2019

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Креслення деталі, різна програма шматку N=5000шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологія виготовлення, 2. Конструктивно-технологічна частина, 3. Автоматизація виготовлення на верстаті, 4. Розрахунок деталей на міцність, 5. Розрахунок шматку, 6. Вибір економичної експлуатації, 7. Оцінка процесу.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Креслення деталі, 2. Креслення заготовки, 3. Конструктивна частина заготовки, 4. РТК поточної середньої операції, 5. Автоматизація, 6. Розрахунок НДС, 7. Складові частини

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

| Розділ             | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата    |                           |
|--------------------|-------------------------------------------|-----------------|---------------------------|
|                    |                                           | завдання видав  | прийняв виконане завдання |
| 1. Техніч. частини | Степанюк Д.М., старш. вкл.                | <i>[підпис]</i> | <i>[підпис]</i>           |
| 2. Конструкт.      | Степанюк Д.М., старш. вкл.                | <i>[підпис]</i> | <i>[підпис]</i>           |
| 3. Автоматизація   | Степанюк Д.М., старш. вкл.                | <i>[підпис]</i> | <i>[підпис]</i>           |
| 4. Вект. зображ.   | Степанюк Д.М., старш. вкл.                | <i>[підпис]</i> | <i>[підпис]</i>           |
| Опоронопроєкт      | Шмидко В.І., к.т.н., доц.                 | <i>[підпис]</i> | <i>[підпис]</i>           |
| Нормативна         | Тришаків А.І., к.т.н.                     | <i>[підпис]</i> | <i>[підпис]</i>           |

7. Дата видачі завдання « 02 » вересня 2019 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи)                                                                                                                      | Строк виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------|
| 1     | Техніко-технологічна частинка. Оптимізація технології демолі; вибір типу виробничого аналізу, нормативної частини демолі; вибір способу оптимізації заготовки | 9.09.2019                               |          |
| 2     | Проектування плану виробництва; МОН; проєкт операційної технології; Проектування технологічної та конструктивної частини                                      | 3.10.2019                               |          |
| 3     | Конструктивна частинка. Проектування та розрахунок робочих та конструктивних параметрів                                                                       | 30.10.2019                              |          |
| 4     | Автоматизація                                                                                                                                                 | 4.11.2019                               |          |
| 5     | Розрахунок демолі по міцності                                                                                                                                 | 11.11.2019                              |          |
| 6     | Економічна частинка                                                                                                                                           | 13.11.2019                              |          |
| 7     | Опоронопроєкт                                                                                                                                                 | 20.11.2019                              |          |
| 8     | Специфікація                                                                                                                                                  | 29.11.2019                              |          |
|       | Оформлення пояснювальної записки і креслень                                                                                                                   | 29.11.2019                              |          |

Студент(ка)

*[підпис]*  
(підпис)

Митченко О.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

*[підпис]*  
(підпис)

Степанюк Д.М.  
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

РЕЦЕНЗІЯ  
на дипломний проект (роботу)

Прогресивні технології виготовлення деталей з глибокими отворами  
(вказати тему дипломного проекту (роботи))

Студент (ка) Лимбин О.В.

Спеціальність 131 Турбомашина механіка  
(код, найменування спеціальності)

Обсяг проекту \_\_\_\_\_

Кількість аркушів креслень \_\_\_\_\_

Кількість сторінок пояснювальної записки \_\_\_\_\_

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень в дипломній  
роботі розглянуті прогресивні технології виготовлення деталей  
з глибокими отворами.

б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню відповідає

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

виконані на достатньому рівні.  
Технологічна документація виконана з порушенням  
стандартів.

г) негативні особливості виконання проекту (роботи) технологічна  
документація виконана з порушенням стандартів

д) позитивні особливості робота присвячена актуальній  
темі

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту (роботи)

виконані на достатньому рівні.

є) відгук про проект (роботу) загалом приваблива актуальній темі. Виконана на достатньому рівні

ж) інші зауваження Технологічна документація виконана з порушенням стандартів

Посилання на літературні джерела в ПЗ наведені не за перхуном і не відповідають джерелам, наведеним в переліку посилань

з) оцінка проекту (роботи) заслужує на оцінку "задовільно"

Рецензію склав доц. каф. ЛМБ НУ "Закарпатська клінічна" Кондратюк Е.В. Герм  
(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

« 17 » листопада 20 19 р.

[14:48:04] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №562 [3] (200025 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло )

[14:49:24] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №572 [3] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло )

[14:49:33] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №577 [3] (200012 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло )

[14:50:09] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №582 [3] (200014 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло )

[14:50:17] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №587 [3] (200029 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло )

[14:50:40] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №567 [3] (200030 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло )

[14:51:25] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №592 [3] (200032 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло )

[14:51:34] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №597 [3] (200032 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло )

[14:55:49] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №602 [3] (200050 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло )

[14:55:50] Тип проверки: *Стандартная*

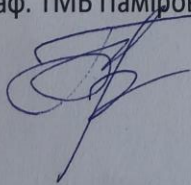
[14:55:50] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 24%)**

[14:55:50] **Уникальность текста 84%<sup>©</sup>** (Проигнорировано подстановок: 0%)

---

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи Літвін О.В.,  
провів зав. навч. лаб. каф. ТМБ Паміров В.М.

16.12.2019р.



## ЗМІСТ

|                                                                                                                                        |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| РЕФЕРАТ                                                                                                                                |  |
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ                                                                                                              |  |
| ВСТУП                                                                                                                                  |  |
| 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА                                                                                                                 |  |
| 1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі                                                                                   |  |
| 1.1.1 Аналіз креслення деталі і технічних вимог                                                                                        |  |
| 1.1.2. Аналіз конструкції деталі                                                                                                       |  |
| 1.1.3 Аналіз матеріалу деталі                                                                                                          |  |
| 1.2 Вибір типу і форми організації виробництва                                                                                         |  |
| 1.2.1 Вибір типу виробництва                                                                                                           |  |
| 1.2.2 Вибір форми організації виробництва                                                                                              |  |
| 1.3 Вибір методу отримання заготівлі і його економічне обґрунтування                                                                   |  |
| 1.3.1 Вибір методу отримання заготівлі                                                                                                 |  |
| 1.3.2 Економічне обґрунтування вибраного методу отримання заготівлі                                                                    |  |
| 1.4 Вибір основних способів базування                                                                                                  |  |
| 1.5 Проектування плану обробки                                                                                                         |  |
| 1.5.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність                                                                                     |  |
| 1.5.1.1 Аналіз деталі на технологічність за допомогою якісних ознак                                                                    |  |
| 1.5.1.2 Аналіз деталі на технологічність за допомогою кількісних ознак                                                                 |  |
| 1.5.2 Проектування МОП                                                                                                                 |  |
| 1.5.2.1 Визначення МОП для кожної поверхні корпусу форсунки                                                                            |  |
| 1.5.3 Проектування маршруту виготовлення деталі                                                                                        |  |
| 1.5.3.1 Розрахунок операційних припусків                                                                                               |  |
| 1.6 Проектування операційної технології                                                                                                |  |
| 1.6.1 Проектування маршруту обробки деталі. Вибір металорізального устаткування                                                        |  |
| 1.7 Розрахунок режимів різання                                                                                                         |  |
| 1.8 Визначення норм часу і штучно-калькуляційного часу                                                                                 |  |
| 1.9 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК, з використанням NXCAM або іншої програми, що має САМ-модуль |  |

|                                                                                              |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 1.9.1 Розробка токарної операції                                                             |  |
| 1.9.2 Розробка свердлильної операції                                                         |  |
| 2 Конструкторська частина                                                                    |  |
| 2.1 Опис конструкції токарного пристосування                                                 |  |
| 2.2.1 Обґрунтування способу базування оброблюваної деталі і розрахунок погрішності установки |  |
| 2.1.2 Розрахунок пристосування на точність                                                   |  |
| 2.1.3 Розрахунок необхідної сили затиску заготівлі в пристосуванні                           |  |
| 2.1.4 Розрахунок затискного пристрою                                                         |  |
| 2.1.5 Розрахунок на міцність найбільш навантаженої деталі                                    |  |
| 2.1.6 Вибір і обґрунтування способу базування.                                               |  |
| 2.1.7 Вибір і обґрунтування засобу виміру                                                    |  |
| 2.1.8 Розрахунок сумарної похибки виміру                                                     |  |
| 3 Автоматизація контролю на верстаті                                                         |  |
| 4.Розрахунок деталі на міцність.Визначення напружено-деформованого стану деталі              |  |
| 5.Спецзавдання.Шляхи і методи підвищення ефективності процесу свердління глибоких отворів    |  |
| 5.1 Особливості свердління глибоких отворів                                                  |  |
| 5.2 Типи верстатів і їх основні вузли                                                        |  |
| 5.3 Основні чинники, що впливають на роботу свердла                                          |  |
| 5.4. Вплив ЗОТС                                                                              |  |
| 5.5 Застосування додаткових рухів інструменту (вібраційне свердління)                        |  |
| 5.6 Рекомендації по підвищенню ефективності глибокого свердління                             |  |
| 6.Оцінка економічної ефективності розробки або заходів                                       |  |
| 7.Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях                                          |  |
| 7.1 Аналіз потенційних небезпек                                                              |  |
| 7.2 Заходи по забезпеченню безпеки                                                           |  |
| 7.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці                             |  |
| 7.4 Заходи з пожежної безпеки                                                                |  |

|                                                    |  |
|----------------------------------------------------|--|
| 7.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях        |  |
|                                                    |  |
| Перелік посилань                                   |  |
| Додаток А. Специфікація робочого пристосування     |  |
| Додаток Б. Специфікація контрольного пристосування |  |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

|      |                                             |
|------|---------------------------------------------|
| ДСТУ | Державний стандарт України                  |
| ЗВ   | Засоби вимірювання                          |
| ЗОР  | Змазуючо-охолоджуюча рідина                 |
| КВМ  | Коефіцієнт використання матеріалу           |
| МВД  | Маршрут виготовлення деталі                 |
| МОП  | Маршрут обробки поверхні                    |
| ОК   | Об'єкт контролю                             |
| ППТЯ | Послідовність показників точності та якості |
| ХТО  | Хіміко - термічна обробка                   |
| ТП   | Технологічний процес                        |

## ВСТУП

У магістерській дипломній роботі з теми «Шляхи і методи підвищення ефективності процесу свердління глибоких отворів» проектується технологічний процес обробки в умовах серійного виробництва.

Метою проектування є впровадження більш досконалого устаткування, методів техніко-економічного аналізу, пошук шляхів підвищення продуктивності праці і якості виготовленої продукції.

Технологія машинобудування – це наука, що вивчає і встановлює закономірності протікання процесів обробки і параметри, вплив яких найбільше ефективно позначається на інтенсифікації процесів і підвищення їхньої точності. Вона вивчає напрямки і засоби обробки

матеріалів необхідних для виготовлення машин (виробів), з використанням прогресивних методів і засобів виробництва.

Усе це допомагає підвищити техніко-економічну ефективність виробництва, зменшує витрату матеріалу, витрати на інструмент, збільшує кількість і підвищує якість продукції, зменшує собівартість, збільшує рівень виробництва і продуктивності процесу.

## РЕФЕРАТ

ПЗ: 141 с., 35 рис., 9 табл., 2 додатки, джерел.

Об'єкт дослідження – корпус робочої форсунки.

Мета роботи – вдосконалення технології виготовлення деталей з глибокими отворами.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В магістерській роботі спроектовано технологічний процес виготовлення корпусу форсунки, обрано обладнання, інструмент, розраховані режими різання, норми часу, спроектовано робоче та контрольне пристосування, виконані економічні розрахунки, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

ДЕТАЛЬ, ЗАГОТОВКА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЕСКІЗ, РОЗМІР, ПРИПУСК, ОПЕРАЦІЯ, ІНСТРУМЕНТ, ВЕРСТАТ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, НОРМУВАННЯ, ПРИСТОСУВАННЯ

## 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

#### 1.1.1 Аналіз креслення деталі і технічних вимог

Деталь – корпус форсунки.

Робоче креслення деталі представлено на листі А2.

Креслення містить усі необхідні види і перерізи, відомості про шорсткість і точність, відхилення на розміри, форму і взаємне розташування поверхонь, що допускаються; обмовляється точність вільних поверхонь, матеріал, вид термічної обробки.

З креслення видно, що зовнішні циліндричні поверхні корпусу обробляються, а також обробляються внутрішні циліндричні поверхні, які є основними при складанні, тобто до яких приєднуються інші деталі. Ці поверхні повинні мати шорсткість  $Ra=0,8\text{мкм}$ . Фаски і виточки на зовнішній поверхні повинні мати шорсткість від 1,6 до 6,3 мкм.

На поверхні І радіальні риски не допускаються.

Поверхн. І перевіряти по фарбі. Прилягання 100% по контуру без розриву.

Відведення каналів К довжині свердління не більше 0,8 мм.

Допускається місцевий розмір стінки до 0,45 мм. У напрямі Г просвічувати рентгеном.

У місцях Т допускається уступ 0,2 мм з плавним переходом.

У місцях У допускається уступ 1 з плавним переходом.

Зовнішні необроблювані поверхні електрополірувати.

На кресленні вказаний вид заготівлі – штампування.

Невказані радіуси –  $2^{+1}_{-0,5}$  мм.

Штампувальний ухил  $5^\circ \pm 30^\circ$ .

Облой не більше 1,2 мм на сторону.

Зміщення штампів не більше 0,6 мм.

Поверхневі дефекти на оброблюваних поверхнях не більше 0,5 фактичного припуску на мехобробку.

Викривлення не більше 0,6мм.

### 1.1.2. Аналіз конструкції деталі

Маса деталі – 0,38кг. Габарити деталі –  $\varnothing 30 \times 133$ .

Деталь має складну форму і не технологічна у виготовленні. Корпус форсунки не симетричний.

Деталь – корпус форсунки, є одним з елементів робочої паливної форсунки, що служить для того, що розпиляло палива в повітряному потоці і для рівномірного розподілу палива по голівках камери згорання.

У корпусі форсунки встановлюється штуцер підведення палива, мідне кільце, кільце ущільнювача, кільце сферичне, кожух, перепускна шайба, розпилювач, ковпачок. Робочі форсунки, встановлюються в кожен голівку камери згорання і закріплюються фланцями на корпусі камери згорання. Робоча форсунка – відцентрова, одноступінчата, відкритого типу.

До робочих форсунок паливо підводиться по трубопроводах від паливного колектора, встановленого на передньому фланці корпусу камери згорання.

Корпус робочої форсунки зроблений із сталі 14X17H2. Перепускна шайба і розпилювач – з хромистої інструментальної сталі, добре супротивної розмиванню рідиною.

Гідравлічні параметри кожної форсунки: кут конуса розпилу, нерівномірність розпилу по основі конуса, продуктивність, герметичність форсунки в холодному і гарячому стані, а також якість розпилу при малих тисках палива контролюються на спеціальних установках.

По продуктивності при постійному тиску і температурі палива робочі форсунки розділяють на 3 групи. Перша група форсунок має найменшу продуктивність, третя група – найбільшу. На двигун встановлюються усі десять форсунок тільки однієї групи по продуктивності для забезпечення однакової витрати палива через усі голівки і рівномірності поля температур на виході з камери згорання. Номер групи форсунки таврується римською цифрою(ударне клеймо) на фланці. Окрім цього, на фланці тавруються індекс форсунки «КО», номер

форсунки і номер голівки камери згорання, на яку ця форма встановлена при складанні двигуна.

Виріб, в який входить вищеописаний вузол – камера згорання авіаційного двигуна АИ-25.

### 1.1.3 Аналіз матеріалу деталі.

Умови роботи деталі (робота в агресивних середовищах і при знижених температурах), ця деталь виготовляється з мартенситної жароміцної сталі підвищеної корозійної стійкості марки 14X17H2 ГОСТ 5632-72. Хімічний склад сталі приведений в таблиці 1.1

Сталь має наступні властивості.

Температура кування – початок 1250 °С, кінця 900 °С. Перерізи до 350 мм – охолоджуються на повітрі.

Зварюваність – важкозварювальна.

Оброблюваність різанням – в загартованому і відпущеному стані при HB 300,  $K_{\text{цтв.спл.}} = 0,4$   $K_{\text{цб.ст.}} = 0,3$ .

Схильність до відпускнуї крихкості – схильна.

Щільність – 7750 кг/м<sup>3</sup>

Межа міцності при розтягуванні – 784 Мпа (загартування 980-1020°С+відпуск 680-700°С (повітря)).

Межа пластичності – 637 Мпа (загартування 980-1020°С+відпуск 680-700°С (повітря)).

Твердість – HB 248-293

Рекомендовані режим термічної обробки.

Загартування. Температура нагріву – 980-1020°С; час нагріву – 1 год. 20хв.-1 год.40хв; охолодження – олія.

Відпуск. Температура нагріву – 680-700°С; час нагріву – 3 год.4 год 30 хв; охолодження – повітря.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 14X17H2 ГОСТ 5632-72.

| Хімічний елемент         | Відсоток змісту |
|--------------------------|-----------------|
| Кремній(Si), не більше   | 0,8             |
| Марганець(Mn), не більше | 0,8             |
| Мідь(Cu), не більше      | 0,30            |
| (Ti), не більше          | 0,2             |
| Нікель(Ni)               | 1,5-2,5         |
| Сірка(S), не більше      | 0,025           |
| Вуглець(C)               | 0,11-0,17       |
| Фосфор(P), не більше     | 0,030           |
| Хром(Cr)                 | 16 -18          |

Легуючі елементи вводять в сталь для підвищення механічних і експлуатаційних характеристик. Зі збільшенням в сталі вуглецю підвищується міцність і твердість, але зменшується пластичність і в'язкість. Марганець і кремній є корисними домішками, розкислювачами. Позитивний вплив марганцю полягає в тому, що він здатний видаляти із сталі шкідливі сірчисті з'єднання. Марганець і кременій підвищують міцність і твердість. Сірка і фосфор – шкідливі домішки. Сірка викликає ламкість сталі, її корозію, а фосфор – холодноломкість. Хром збільшує прокалюваність, істотно покращує антикорозійні властивості сталі, підвищує жароміцність, опірність механічним навантаженням при високих температурах. Нікель підвищує міцність, теплопровідність і пружність сталі, не знижуючи її в'язкість. Ударна в'язкість зберігається при температурі до -80 °С. Молібден застосовується в невеликих кількостях для легування сталі. Утворюємі карбіди, збільшують прожарювальність, і усувають явище відпускнуї крихкості.

## 1.2 Вибір типу і форми організації виробництва

### 1.2.1 Вибір типу виробництва

Тип виробництва визначається за ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності, обсягів випуску виробів і їх маси.

Заздалегідь тип виробництва вибираємо по таблиці 1.2, знаючи масу деталі і річну програму випуску.

Таблиця 1.2 – Вибір типу виробництва.

| Тип виробництва | Кількість оброблюваних деталей в рік |                             |                     |
|-----------------|--------------------------------------|-----------------------------|---------------------|
|                 | важкі, $m > 100$ кг                  | середні, $m = 10 \dots 100$ | легені, $m < 10$ кг |
| одиначне        | до 5                                 | до 10                       | до 100              |
| дрібносерійне   | 5...10                               | 10...200                    | 100...500           |
| серійне         | 100...300                            | 200...500                   | 500...5000          |
| великосерійне   | 300...1000                           | 500...5000                  | 5000...50000        |
| масове          | понад 1000                           | понад 5000                  | понад 50000         |

Заздалегідь, враховуючи масу деталі  $m = 0,38$  кг і річну програму випуску  $N = 5000$  штук, тип виробництва можна вважати великосерійним.

Остаточню тип виробництва визначають по коефіцієнту закріплення операцій на ділянці або потоковій лінії. Коефіцієнт закріплення – це відношення усіх деталей-операцій, що робляться впродовж місяця на ділянці, до кількості робочих місць:

$$K_{з.о.} = \frac{O}{M} = \frac{42}{14} = 0,14 \quad (1.1)$$

де  $O = 42$  – кількість детале-операцій, які робляться на ділянці протягом місяця;

$M$  – кількість робочих місць(верстатів) на ділянці.

Оскільки коефіцієнт закріплення операцій 0,14 це виробництво буде великосерійним. Це означає, що на одному робочому місці упродовж місяця виконується до 10 різних операцій по обробці різних заготівель.

### 1.2.2 Вибір форми організації виробництва

Форма організації робіт на ділянці встановлюють залежно від принципу розміщення робочих місць і характеру переміщення оброблюваних заготівель з урахуванням рівномірності або кратності тривалості кожної операції, такту випуску.

У зв'язку великосерійним типом виробництва найзручніше буде застосувати змінно-потокową форму організації виробництва, при якій деталі поступають на ділянку партіями, але обробка їх здійснюється поточковим методом. Об'єм партії заготівель, що запускаються у виробництво, визначається по формулі(1.2):

$$n = \frac{a \cdot N}{250} = \frac{10 \cdot 5000}{250} = 200 \text{ шт} \quad (1.2)$$

де  $a=10$  днів – періодичність запуску деталі у виробництво

$N = 5000$  шт – річна програма випуску деталі

## 1.3 Вибір методу отримання заготівлі і його економічне обґрунтування

### 1.3.1 Вибір методу отримання заготівлі

З урахуванням особливостей конструкції деталі, її конструктивних розмірів, технічних умов на її виготовлення і великосерійного типу виробництва зі змінно-поточною формою організації робіт заготівлю можна виготовити методом штампування на КГШП.

Рисунок 1.1 – Ескіз заготівлі, отриманої на КГШП

Таблиця 1.3 – Порівняльні показники по варіантах

| Параметр | Обозначення | Одиниці вимірів | Значення параметра |           |        |
|----------|-------------|-----------------|--------------------|-----------|--------|
|          |             |                 | Деталі             | Заготівлі |        |
|          |             |                 |                    | КГШП(1)   | ГКМ(2) |
| Розміри  | D1          | мм              | Ø10                | Ø13       | Ø14,4  |
|          | D2          | мм              | Ø30                | Ø33       | Ø34,4  |
|          | D3          | мм              | Ø22                | Ø25       | Ø26,4  |
|          | D4          | мм              | Ø10                | Ø13       | Ø14,4  |
|          | D5          | мм              | Ø18                | Ø21       | Ø22,4  |
|          | D6          | мм              | Ø14                | Ø17       | Ø18,4  |
|          | D7          | мм              | Ø12                | Ø15       | Ø16,4  |
|          | L1          | мм              | 20                 | 21,5      | 22,2   |
|          | L2          | мм              | 43,5               | 46,5      | 47,9   |
|          | L3          | мм              | 31,5               | 31,5      | 31,5   |
|          | L4          | мм              | 57                 | 57        | 57     |
|          | L5          | мм              | 21                 | 21        | 21     |
|          | L6          | мм              | 17                 | 18,5      | 19,2   |
|          | L7          | мм              | 20                 | 21,5      | 21,5   |
| Припуск  | Z           | -               | -                  | 1,5       | 2,2    |
| Маса     | Q           | кг              | -                  | 0,67      | 0,76   |

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \cdot L_1 = \frac{3,14 \cdot 13^2}{4} \cdot 21,5 = 2852,3 \text{ мм}^3$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} \cdot L_2 = \frac{3,14 \cdot 33^2}{4} \cdot 43,5 = 37186,6 \text{ мм}^3$$

$$V_3 = 15454,7 \text{ мм}^3$$

$$V_4 = 19732,5 \text{ мм}^3$$

$$V_5 = 4764,2 \text{ мм}^3$$

$$V_6 = 2454,3 \text{ мм}^3$$

$$V_7 = 2852,3 \text{ мм}^3$$

$$V_{\text{заг}_1} = 2852,3 + 37186,6 + 15454,7 + 19732,5 + 4764,2 + 2454,3 + 2852,3 = 85296,9 \text{ мм}^3$$

$$Q_1 = 85296,9 \cdot 7,87 = 0,67 \text{ кг}$$

- штампування на ГКМ:

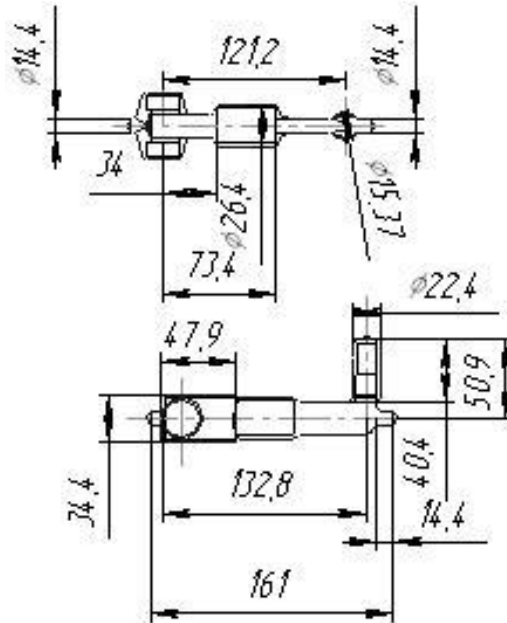


Рисунок 1.2 – Ескіз заготівлі, отриманої на КГШП

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \cdot L_1 = \frac{3,14 \cdot 14,4^2}{4} \cdot 22,2 = 3613,7 \text{ мм}^3$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} \cdot L_2 = \frac{3,14 \cdot 34,4^2}{4} \cdot 43,5 = 40408,8 \text{ мм}^3$$

$$V_3 = 17234,1 \text{ мм}^3$$

$$V_4 = 22451,2 \text{ мм}^3$$

$$V_5 = 5581,2 \text{ мм}^3$$

$$V_6 = 3125,3 \text{ мм}^3$$

$$V_7 = 3613,7 \text{ мм}^3$$

$$V_{\text{заг}_2} =$$

$$3613,7 + 40408,8 + 17234,1 + 22451,2 + 22451,2 + 5581,2 + 3613,7 = 96028 \text{ мм}^3$$

$$Q_2 = 96028 \cdot 7,87 = 0,76 \text{ кг}$$

Визначення собівартості штампування на КГШП.

Міра складності заготівлі – С2

Група сталі – М2

Устаткування: кривошипні гарячіштампувальні преси (КГШП)

Об'єм заготівлі:

$$V_{\text{заг}_1} = 2852,3 + 37186,6 + 15454,7 + 19732,5 + 4764,2 + 2454,3 + 2852,3 = 85296,9 \text{ мм}^3$$

Маса заготівлі:

$$Q_1 = 85296,9 \cdot 7,87 = 0,67 \text{ кг}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{им}} = \frac{q_{\text{дет}}}{Q_{\text{заг}}} = \frac{0,38}{0,67} = 0,57;$$

Вартість однієї заготівлі:

$$S_{\text{заг}} = \frac{C_i}{1000} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_T \cdot K_c \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_p - (Q_{\text{заг}} - q_{\text{дет}}) \cdot \frac{S_{\text{отк}}}{1000} \quad (1.6)$$

де  $C_i$  – базова вартість однієї тонни заготівель;

$K_T$  – коефіцієнт, залежний від класу точності;

$K_c$  – коефіцієнт, залежний від групи складності;

$K_v$  – коефіцієнт, залежний від маси;

$K_m$  – коефіцієнт, залежний від матеріалу;

$K_p$  – коефіцієнт, залежний від обсягу виробництва заготівель.

Отримуємо:

$$S_{\text{заг}} = \frac{3500}{1000} \cdot 0,67 \cdot 1,05 \cdot 0,87 \cdot 1,29 \cdot 1,22 \cdot 1 - (0,67 - 0,38) \cdot \frac{140}{1000} = 3,33 \text{ грн}$$

Визначення собівартості штампування на ГKM.

Міра складності заготівлі – С2

Група сталі – М2

Устаткування: горизонтально-кувальні машини (ГКМ)

Об'єм заготівлі:

$$V_{\text{заг}_2} = 3613,7 + 40408,8 + 17234,1 + 22451,2 + 22451,2 + 5581,2 + 3613,7 = 96028 \text{ мм}^3$$

Маса заготівлі:

$$Q_2 = 96028 \cdot 7,87 = 0,76 \text{ кг}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{им}} = \frac{q_{\text{дет}}}{Q_{\text{заг}}} = \frac{0,38}{0,76} = 0,5;$$

Вартість однієї заготівлі:

$$S_{\text{заг}} = \frac{C_i}{1000} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_t \cdot K_c \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_p - (Q_{\text{заг}} - q_{\text{дет}}) \cdot \frac{S_{\text{мх}}}{1000} \quad (1.7)$$

де  $C_i$  – базова вартість однієї тонни заготівель;

$K_t$  – коефіцієнт, залежний від класу точності;

$K_c$  – коефіцієнт, залежний від групи складності;

$K_v$  – коефіцієнт, залежний від маси;

$K_m$  – коефіцієнт, залежний від матеріалу;

$K_p$  – коефіцієнт, залежний від обсягу виробництва заготівель.

Отримуємо:

$$S_{\text{заг}} = \frac{3150}{1000} \cdot 0,76 \cdot 1,05 \cdot 0,87 \cdot 1,29 \cdot 1,22 \cdot 1 - (0,76 - 0,38) \cdot \frac{140}{1000} = 3,39 \text{ грн}$$

### 1.3.2 Економічне обґрунтування вибраного методу отримання заготівлі

Оскільки собівартість заготівлі – штампування на КГШП нижче, ніж заготівель-штампувань на ГKM, а коефіцієнт використання матеріалу більший, то приймаємо заготівлю – штампування на КГШП.

Економічний ефект від використання заготівлі – штампування на КГШП.

$$\Xi = (S_{\text{заг}_1} - S_{\text{заг}_2}) \cdot N \quad (1.8)$$

Отримаємо:

$$\Xi = (9,313 - 3,54) \cdot 10000 = 57730 \text{ грн}$$

Таблиця 1.4 – Результати розрахунку собівартості заготівель

| Показники                         | Позн.            | Одиниці вимір. | Варіанти |      |
|-----------------------------------|------------------|----------------|----------|------|
|                                   |                  |                | КГШП     | ГKM  |
| 1                                 | 2                | 3              | 4        | 5    |
| Маса деталі                       | $q_{\text{дет}}$ | кг             | 0,38     | 0,38 |
| Маса заготівлі                    | $Q_{\text{заг}}$ | кг             | 0,67     | 0,76 |
| Коефіцієнт використання матеріалу | $K_{\text{им}}$  |                | 0,57     | 0,5  |
| Ціна тонни заготівель             | $C_i$            | грн            | 3500     | 3150 |
| Коефіцієнти                       | $K_T$            |                | 1,05     | 1,05 |
|                                   | $K_M$            |                | 1,22     | 1,22 |
|                                   | $K_c$            |                | 0,87     | 0,87 |
|                                   | $K_B$            |                | 1,29     | 1,29 |
|                                   | $K_{\text{п}}$   |                | 1        | 1    |

Продовження таблиці 1.4

| 1                         | 2         | 3   | 4    | 5    |
|---------------------------|-----------|-----|------|------|
| Ціна за тонну стружки     | $S_{отх}$ | грн | 140  | 140  |
| Вартість однієї заготівлі | $S_{заг}$ | грн | 3,33 | 3,39 |

#### 1.4 Вибір основних способів базування

Технологічна база визначає положення корпусу форсунки на верстаті, відносно траєкторії руху різального інструменту і знаходиться у безпосередньому контакті з елементами пристосування.

При виборі технологічних баз необхідно дотримуватися принципу постійності баз, що підвищує точність обробки і сприяє використанню однотипних пристосувань і схем установки.

У опер. 20, 25 готуємо бази, зрізуючи дефектний поверхневий шар заготівлі після штампування і термообробки, зовнішні діаметри і торці, для чорнової і напівчистої обробки деталі (опер. 30, 35). Далі готуємо базу для чистового точіння.

При виконанні свердлувальних операцій використовуються спеціальні кондуктора в яких деталь центрується по зовнішніх діаметрах з упором в торець. Аналогічні схеми базування застосовуються у фрезерних пристосуваннях.

З кожною операцією шорсткість поверхонь стає меншою, що супроводжує підвищення точності баз.

#### 1.5 Проектування плану обробки

##### 1.5.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Технологічність конструкції деталі – це сукупність властивостей, які проявляються в можливості досягнення оптимальних витрат праці,

засобів, матеріалів і часу при технічній підготовці виробництва, виготовленні, експлуатації і ремонті порівняно з відповідними показниками однотипних конструкцій виробів того ж призначення при забезпеченні встановлених значень показників якості і прийнятих умов виготовлення, експлуатації і ремонту (ГОСТ 18831-73).

#### 1.5.1.1 Аналіз деталі на технологічність за допомогою якісних ознак

1) Матеріал деталі – сталь – належить до III групи сталей по оброблюваності (оброблюваність задовільна).

Можливість отримання необхідної шорсткості поверхонь – легко або без особливих ускладнень.

2) Заготівля – штампування не має великого перепаду розмірів циліндричних поверхонь і досить просте у виготовленні.

3) Поверхні деталі є простими і не потребують складного оснащення для їх обробки.

4) На більшості операцій принципи єдності і постійності баз дотримуються.

5) Деталь є досить жорсткою і не потребує установки додаткових опор.

6) Можлива багатоінструментальна обробка поверхонь.

7) Деталь не потребує застосування спеціального допоміжного різального і вимірювального інструменту.

8) Обробка поверхонь є зручною.

9) Число квалітетів точності – 4

10) Розміри проставлені технологічно.

#### 1.5.1.2 Аналіз деталі на технологічність за допомогою кількісних ознак

1) Коефіцієнт використання заготівлі:

$$K_{из}=0,57<0,8$$

2) Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі:

$$K_{y3}=Q_{y3}/Q_3\geq 0,6 \quad (1.9)$$

де  $Q_{y3}$  – кількість уніфікованих елементів;

$Q_3$  – загальна кількість конструктивних елементів

$$K_{y3}=18/20=0,9>0,6$$

3) Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{то}=1-1/A_{cp}>0,8 \quad (1.10)$$

де  $A_{cp} = \frac{14 \cdot 2 + 13 \cdot 2 + 12 \cdot 2 + 11 \cdot 6 + 10 + 9 + 8 + 7 \cdot 2}{19} = 9,3$  – середнє значення квалітету точності розмірів;

4) Коефіцієнт шорсткості

$$K_{то}=1-1/9,3=0,92>0,8 \quad (1.11)$$

де  $B_{cp} = \frac{25 \cdot 10 + 12,5 \cdot 2 + 6,3 \cdot 2 + 3,2 \cdot 2 + 1,6 \cdot 3}{19} = 3,3$  – середнє значення показника шорсткості,  $Ra$ ;

$$K_{ш}=1/3,3=0,3<0,32.$$

Як бачимо усі перераховані умови виконуються, це означає конструкцію деталі можна вважати технологічною.

### 1.5.2 Проектування МОП

Маршрут обробки поверхонь – це певна послідовність технологічних переходів обробки поверхні заготівлі, необхідних для досягнення заданих показників якості цієї поверхні в деталі. МОП є технологічною основою технологічного процесу механічної обробки, оскільки саме в МОП, в технологічних переходах закладаються фізико-механічні, хіміко-термічні і т. п. процеси дії на поверхню заготівлі.

Для складання маршруту обробки поверхонь необхідно скласти характеристику кожної оброблюваної поверхні і зіставити її з відповідною поверхнею заготівлі. Характеристики основних поверхонь деталі (рис. 1.3) заносимо в таблицю 1.5.

При проектуванні МОП зручно використати поняття уточнення, оскільки воно дозволяє за дослідно-статистичними даними оцінити показники точності і якості поверхні на різних стадіях обробки заготівлі. Під уточненням розуміють відношення величини допуску даного показника якості партії заготівель до величини допуску цього ж показника партії деталей. Розрізняють загальне уточнення і уточнення по переходах.

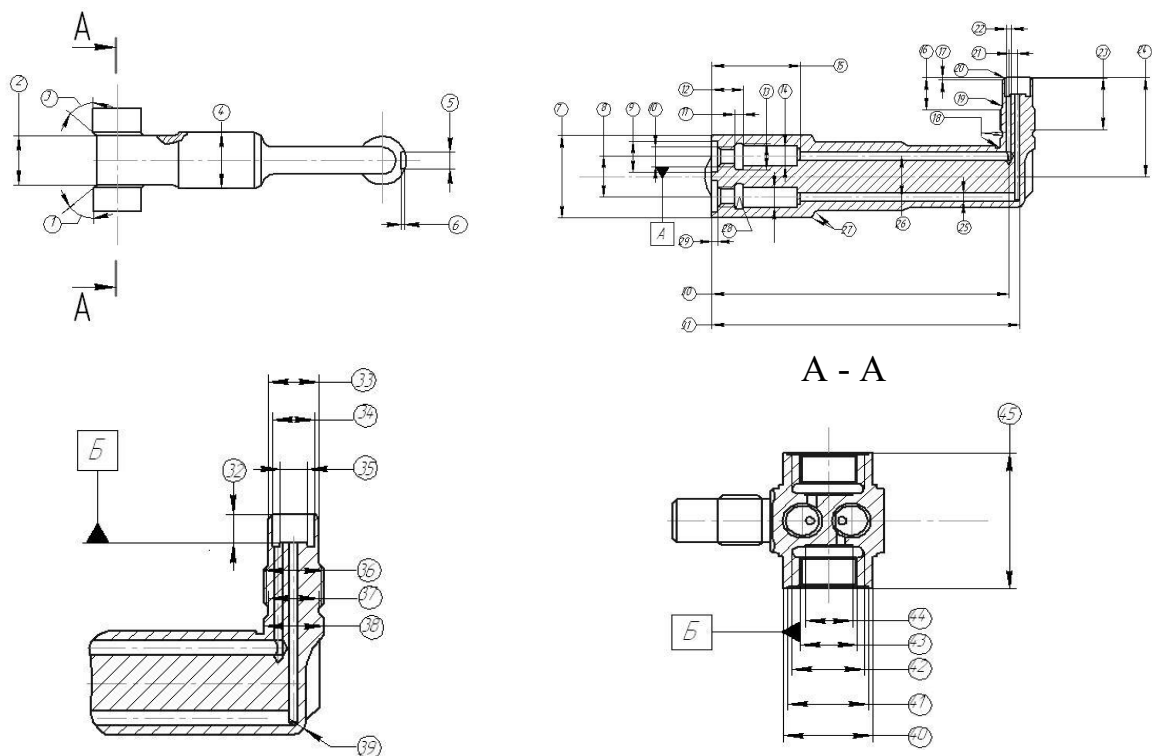


Рисунок 1.3 – Ескіз деталі з контурами заготівлі і технологічною розміткою.

Таблиця 1.5 – Показники точності і якості поверхонь деталі і заготівлі.

| Номер поверхні і її основний геометричний розмір | Характер пов-ні |     | Показники         |     |          |     |                        |     |               |     |
|--------------------------------------------------|-----------------|-----|-------------------|-----|----------|-----|------------------------|-----|---------------|-----|
|                                                  |                 |     | Квалітет точності |     | Биття мм |     | Шорсткість $R_z$ , мкм |     | Твердість HRC |     |
|                                                  | вид             | тип | пов               | заг | пов      | заг | пов                    | заг | пов           | заг |
| 1                                                | 2               | 3   | 4                 | 5   | 6        | 7   | 8                      | 9   | 10            |     |
| 2: $15,5h_{12} \pm 0,09$                         | ПЛ              | зов | 12                | 17  |          |     |                        | 160 | 23...32       |     |
| 4: $\varnothing 22h_8_{-0,033}$                  | ЦИЛ             | зов | 8                 | 17  |          |     |                        | 160 |               |     |
| 5: $4h_{12}^{+0,12}$                             | ПЛ              | вн  | 12                | 17  |          |     |                        | 160 |               |     |
| 6: $2,5h_{12} \pm 0,05$                          | ПЛ              | вн  | 12                | 17  |          |     |                        | 160 |               |     |
| 9: $\varnothing 14,5h_{12}^{+0,18}$              | ЦИЛ             | вн  | 12                | 17  |          |     |                        | 160 |               |     |
| 13: $\varnothing 10,2h_{14}^{+0,25}$             | ПЛ              | зов | 14                | 17  |          |     |                        | 160 |               |     |
| 14: $\varnothing 8,5h_{10}^{+0,058}$             | ЦИЛ             | вн  | 10                | 17  |          |     |                        | 160 |               |     |
| 22: $\varnothing 2h_{12}^{+0,12}_{-0,06}$        | ЦИЛ             | вн  | 12                | 17  |          |     |                        | 160 |               |     |
| 25: $\varnothing 4,5h_{13}^{+0,16}_{-0,08}$      | ЦИЛ             | вн  | 13                | 17  |          |     |                        | 160 |               |     |

Продовження таблиці 1.5

| 1                                    | 2   | 3   | 4  | 5  | 6 | 7 | 8 | 9   | 10      |
|--------------------------------------|-----|-----|----|----|---|---|---|-----|---------|
| 30: 121h13 <sup>+0,8</sup>           | ПЛ  | ЗОВ | 13 | 17 |   |   |   | 160 |         |
| 31: 126h12 <sup>+0,5</sup>           | ПЛ  | ЗОВ | 12 | 17 |   |   |   | 160 |         |
| 33: Ø12h7 <sup>-0,02<br/>-0,07</sup> | ЦИЛ | ЗОВ | 7  | 17 |   |   |   | 160 |         |
| 34: Ø10h7 <sup>+0,018</sup>          | ЦИЛ | ВН  | 7  | 17 |   |   |   | 160 |         |
| 35: Ø6,8h7 <sup>-0,02</sup>          | ЦИЛ | ЗОВ | 7  | 17 |   |   |   | 160 | 23...32 |
| 37: Ø12h11 <sup>-0,12</sup>          | ЦИЛ | ЗОВ | 11 | 17 |   |   |   | 160 |         |
| 38: Ø14,1h11 <sup>-0,12</sup>        | ЦИЛ | ЗОВ | 11 | 17 |   |   |   | 160 |         |
| 40: Ø22h11 <sup>-0,13</sup>          | ЦИЛ | ЗОВ | 11 | 17 |   |   |   | 160 |         |
| 41: Ø18,5h11 <sup>+0,11</sup>        | ЦИЛ | ВН  | 11 | 17 |   |   |   | 160 |         |
| 42: Ø14,3h14 <sup>+0,24</sup>        | ПЛ  | ЗОВ | 14 | 17 |   |   |   | 160 |         |
| 44: Ø12h14 <sup>-0,11</sup>          | ЦИЛ | ВН  | 14 | 17 |   |   |   | 160 |         |
| 45: 38h14 <sup>-0,62</sup>           | ЦИЛ | ВН  | 14 | 17 |   |   |   | 160 |         |

#### 1.5.2.1 Визначення МОП для кожної поверхні корпусу форсунки

1) Визначення МОП для – зовнішня поверхня 4.

Загальне уточнення за показником точності :

$$\varepsilon d_0 = \frac{Td_{\text{заг}}}{Td_{\text{дет}}} = \frac{2,2}{0,033} = 66,6; \quad (1.12)$$

Загальне уточнення за показником якості (биття):

$$\varepsilon \uparrow_0 = \frac{T\uparrow_{\text{заг}}}{T\uparrow_{\text{дет}}} = 0; \quad (1.13)$$

Загальне уточнення за показником шорсткості:

$$\varepsilon Rz_0 = \frac{TRz_{\text{заг}}}{TRz_{\text{дет}}} = \frac{160}{2,5} = 64; \quad (1.14)$$

Як бачимо, найбільшого уточнення вимагає показник точності, який вважатимемо таким, що переважає. По ньому розраховуватимемо кількість переходів механічної обробки.

$$K_p = 2 \log 66,6 = 3,64$$

Приймаємо  $K=4$ .

Встановлюємо технологічну послідовність показників точності і якості по переходах МОП:

Знаходимо різницю квалітетів точності в заготовлі і деталі:

$$\Delta IT = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = IT17 - h8 = 9;$$

Встановлюємо ППТК для поверхні 4:

$$IT17 \rightarrow h14 \rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow h8;$$

Призначаємо наступні переходи механічної обробки :

- 1) токарна;
- 2) токарна;
- 3) шліфувальна;
- 4) шліфувальна.

Призначаємо допуски по переходах, шорсткість і биття відповідно до ППТК. Дані заносимо в таблицю 1.5.

Розраховуємо уточнення за показниками точності і якості по кожному переходу МОП:

$$\varepsilon d_2 = \frac{Td_1}{Td_2} = \frac{2,2}{0,52} = 4,23;$$

$$\varepsilon d_3 = \frac{Td_2}{Td_3} = \frac{0,52}{0,21} = 2,48;$$

$$\varepsilon d_4 = \frac{Td_3}{Td_4} = \frac{0,21}{0,084} = 2,5;$$

$$\varepsilon d_5 = \frac{Td_4}{Td_5} = \frac{0,084}{0,033} = 2,54;$$

Перевірка відповідності умові:

$$\sum \varepsilon_i = \varepsilon_0;$$

$$\sum \varepsilon_i = 4,23 \cdot 2,48 \cdot 2,5 \cdot 2,54 = 66,6;$$

$$\varepsilon Rz_2 = \frac{TRz_1}{TRz_2} = \frac{160}{20} = 8;$$

$$\varepsilon Rz_3 = \frac{TRz_2}{TRz_3} = \frac{20}{10} = 2;$$

$$\varepsilon Rz_4 = \frac{TRz_3}{TRz_4} = \frac{10}{5} = 2;$$

$$\varepsilon Rz_5 = \frac{TRz_4}{TRz_5} = \frac{5}{2,5} = 2;$$

Перевірка відповідності умові:

$$\sum \varepsilon_i = 8 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 64;$$

2) Визначення МОП для – внутрішня поверхня 34.

Загальне уточнення за показником точності:

$$\varepsilon d_0 = \frac{Td_{\text{заг}}}{Td_{\text{дет}}} = \frac{1,5}{0,018} = 83,3;$$

Загальне уточнення за показником якості (биття):

$$\varepsilon \uparrow_0 = \frac{T \uparrow_{\text{заг}}}{T \uparrow_{\text{дет}}} = 0;$$

Загальне уточнення за показником шорсткості:

$$\varepsilon Rz_0 = \frac{TRz_{\text{заг}}}{TRz_{\text{дет}}} = \frac{160}{2,5} = 64;$$

Як бачимо, найбільшого уточнення вимагає показник точності, який вважатимемо таким, що переважає. По ньому розраховуватимемо кількість переходів механічної обробки.

$$K_p = 2 \log 64 = 3,84$$

Приймаємо  $K = 4$ .

Встановлюємо технологічну послідовність показників точності і якості по переходах МОП:

Знаходимо різницю квалітетів точності в заготівлі і деталі:

$$\Delta IT = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = IT17 - h7 = 10;$$

Встановлюємо ППТК для поверхні 41:

$$IT17 \rightarrow h14 \rightarrow h11 \rightarrow h9 \rightarrow h7;$$

Призначаємо наступні переходи механічної обробки:

- 1) токарна чорнова;
- 2) токарна чистова;
- 3) шліфування попереднє;
- 4) шліфування остаточне.

Призначаємо допуски по переходах, шорсткість і биття відповідно до ППТК. Дані заносимо в таблицю 1.5.

Розраховуємо уточнення за показниками точності і якості по кожному переходу МОП:

$$\varepsilon d_2 = \frac{Td_1}{Td_2} = \frac{1,5}{0,43} = 3,49;$$

$$\varepsilon d_3 = \frac{Td_2}{Td_3} = \frac{0,43}{0,11} = 3,9;$$

$$\varepsilon d_4 = \frac{Td_3}{Td_4} = \frac{0,11}{0,043} = 2,56;$$

$$\varepsilon d_5 = \frac{Td_4}{Td_5} = \frac{0,043}{0,018} = 2,4;$$

Перевірка відповідності умові:

$$\sum \varepsilon_i = \varepsilon_0;$$

$$\sum \varepsilon_i = 3,49 \cdot 3,9 \cdot 2,56 \cdot 2,4 = 83,3;$$

$$\varepsilon_{Rz_2} = \frac{TR_{z_1}}{TR_{z_2}} = \frac{160}{20} = 8$$

$$\varepsilon_{Rz_3} = \frac{TR_{z_2}}{TR_{z_3}} = \frac{20}{10} = 2;$$

$$\varepsilon_{Rz_4} = \frac{TR_{z_3}}{TR_{z_4}} = \frac{10}{5} = 2;$$

$$\varepsilon_{Rz_5} = \frac{TR_{z_4}}{TR_{z_5}} = \frac{5}{2,5} = 2;$$

Перевірка відповідності умові:

$$\sum \varepsilon_i = 8 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 64;$$

3) Визначення МОП для – внутрішня поверхня 14.

Загальне уточнення за показником точності:

$$\varepsilon_{d_0} = \frac{Td_{\text{заг}}}{Td_{\text{дет}}} = \frac{1,2}{0,058} = 20,68;$$

Загальне уточнення за показником якості (биття):

$$\varepsilon_{\uparrow_0} = \frac{T_{\uparrow_{\text{заг}}}}{T_{\uparrow_{\text{дет}}}} = 0;$$

Загальне уточнення за показником шорсткості:

$$\varepsilon_{Rz_0} = \frac{TR_{z_{\text{заг}}}}{TR_{z_{\text{дет}}}} = \frac{320}{10} = 32;$$

Як бачимо, найбільшого уточнення вимагає показник шорсткості, який вважатимемо таким, що переважає. По ньому розраховуватимемо кількість переходів механічної обробки.

$$K_p = 2 \log 32 = 3,01$$

Приймаємо  $K = 3$ .

Встановлюємо технологічну послідовність показників точності і якості по переходах МОП:

Знаходимо різницю квалітетів точності в заготівлі і деталі:

$$\Delta IT = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = IT17 - h10 = 7;$$

Встановлюємо ППТК для поверхні 4:

$$IT17 \rightarrow h12 \rightarrow h11 \rightarrow h10;$$

Призначаємо наступні переходи механічної обробки:

- 1) свердління;
- 2) зенкерування;
- 3) розгортання.

Призначаємо допуски по переходах, шорсткість і биття відповідно до ППТК. Дані заносимо в таблицю 1.5.

Розраховуємо уточнення за показниками точності і якості по кожному переходу МОП:

$$\begin{aligned}\varepsilon d_2 &= \frac{Td_1}{Td_2} = \frac{1,2}{0,15} = 8; \\ \varepsilon d_3 &= \frac{Td_2}{Td_3} = \frac{0,15}{0,09} = 1,66; \\ \varepsilon d_4 &= \frac{Td_3}{Td_4} = \frac{0,09}{0,058} = 1,55;\end{aligned}$$

Перевірка відповідності умові:

$$\begin{aligned}\sum \varepsilon_i &= \varepsilon_0; \\ \sum \varepsilon_i &= 8 \cdot 1,66 \cdot 1,55 = 20,58; \\ \varepsilon Rz_2 &= \frac{TRz_1}{TRz_2} = \frac{320}{32} = 10; \\ \varepsilon Rz_3 &= \frac{TRz_2}{TRz_3} = \frac{32}{32} = 1; \\ \varepsilon Rz_4 &= \frac{TRz_3}{TRz_4} = \frac{32}{10} = 3,2;\end{aligned}$$

Перевірка відповідності умові:

$$\sum \varepsilon_i = 10 \cdot 1 \cdot 3,2 = 32;$$

### 1.5.3 Проектування маршруту виготовлення деталі

#### 1.5.3.1 Розрахунок операційних припусків

Визначення припусків і виконавчих технологічних розмірів розрахунково-аналітичним методом для зовнішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 22h8_{-0,033}$ .

Визначаємо нормативні і розрахункові значення елементів припуски по технологічних переходах:

1-й перехід – заготівля (штампування)

$R_{Z1}=160$  мкм – висота микронеровностей;  $h_1=200$  мкм – глибина дефектного шару по [1, таблиця. 12, стр.186].

Просторове відхилення заготівлі визначаємо як суму допустимих значень зміщення  $\rho_{см}$  и короблення  $\rho_{кор}$ .

$$\rho = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2}, \quad (1.15)$$

де  $\rho_{см}=0,6$  мм [1, табл.17,стр.186];

$\rho_{кор}=0,051$  мм [1, табл. 17,стр.186].

$$\rho_1 = \sqrt{0,6^2 + 0,051^2} = 0,602_{мм} = 602_{мкм}$$

2-й перехід – точіння чорнове

$R_{Z2}=50$  мкм;  $h_2=50$  мкм по [1, табл. 25,стр.188].

$$\rho_2 = k_y \cdot \rho_1 = 0,06 \cdot 602 = 36,12_{мкм}$$

$k_y=0,06$  мм – коэффициент уточнения для штампованных заготовок [1, табл.29, стр.190];

$\varepsilon_2=500$  мкм - погрішність установки в 3-х кулачковий патрон по [1, таблиця 13, стр.42].

3-й перехід – точіння чистове.

$R_{Z3}=25$  мкм;  $h_3=25$  мкм по [1, табл. 25, стр.188].

$$\rho_3 = k_y \cdot \rho_2 = 0,04 \cdot 36,12 = 1,45 \text{ мкм}$$

$k_y=0,04$  мм – коефіцієнт уточнення для штамповальних заготовівль [1, табл.29, стр.190];

$\varepsilon_3=90$  мкм – похибка установки в пристосуванні із затисками по [1, таблиця14, стр.43].

4-й перехід – термообробка.

$$\rho_4 = \sqrt{\rho_2^2 + \rho_{то}^2} \quad (1.16)$$

$$\rho_{то} = \Delta k \cdot l, \quad (1.17)$$

де  $\Delta_k=0,5$  мкм/мм по [1, табл. 15,стр.186];  $l=17$  мм.  $\rho_{то}=0,5 \cdot 17 = 8,5 \text{ мкм}$

$$\rho_4 = \sqrt{1,45^2 + 8,5^2} = 8,62 \text{ мкм}$$

5-й перехід – шліфування.

$R_{Z5}=6,3$  мкм;  $h_5=20$  мкм по [1, табл. 25, стр.188].

$$\rho_5 = k_y \cdot \rho_4 = 0,04 \cdot 8,62 = 0,34 \text{ мкм}$$

де  $k_y=0,04$  мм – коефіцієнт уточнення для штампованих заготовівль [1, табл. 29, стр.190];

$\varepsilon_5=90$  мкм – похибка установки в пристосування із затисками по [1, таблиця 14, стр.43].

6-й перехід – шліфування чистове.

$R_{Z6}=3,2$  мкм;  $h_6=5$  мкм по [1, табл. 25,стр.188].

Призначаємо допуски по технологічним переходам відповідно до ППТК раніше розробленого МОП.

$$Td_3 = Td_1 = 2,2 \text{ мм}$$

$$Td_2=0,52 \text{ мм}$$

$$Td_3=0,21 \text{ мм}$$

$$Td_4=TO$$

$$Td_5=0,084 \text{ мм}$$

$$Td_6=0,033 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальний розрахунковий припуск.

$$2Z_{i \min}=2(h_{i-1}+Rz_{i-1}+\sqrt{\Delta_{i-1}^2+\varepsilon_i^2}), \text{мкм}; \quad (1.18)$$

$$2Z_{2 \min}=2(160+200+\sqrt{602^2+500^2})=2285,12 \text{ мкм} = 2,29 \text{ мм}$$

$$2Z_{3 \min}=2(50+50+\sqrt{36,12^2+500^2})=1202,6 \text{ мкм} = 1,202 \text{ мм}$$

$$2Z_{5 \min}=2(25+25+\sqrt{1,45^2+90^2})=280,02 \text{ мкм} = 0,228 \text{ мм}$$

$$2Z_{6 \min}=2(20+6,3+\sqrt{0,34^2+90^2})=232,6 \text{ мкм} = 0,233 \text{ мм}$$

Визначаємо розрахунковий мінімальний розмір по технологічним переходам починаючи з останнього.

$$d_{i \min} = d_{i+1 \min} + 2z_{i+1 \min} \quad (1.19)$$

$$d_{6 \min} = d_{6 \text{контр.}} + eid_6$$

$$d_{6 \min} = 22 - 0,033 = 21,967 \text{ мм}$$

$$d_{5 \min} = 21,967 + 0,233 = 22,2 \text{ мм}$$

$$d_{4 \min} = 22,23 + 0,228 = 22,48 \text{ мм}$$

$$d_{2 \min} = 22,48 + 1,202 = 23,682 \text{ мм}$$

$$d_{1 \min} = 23,682 + 2,29 = 25,972 \text{ мм}$$

Розраховуємо максимальні розрахункові розміри по переходах.

$$d_{i \max} = d_{i \min} + Td_i \quad (1.20)$$

$$d_{6 \max} = 21,967 + 0,033 = 22 \text{ мм}$$

$$d_{5 \max} = 22,2 + 0,084 = 22,284 \text{ мм}$$

$$d_{4 \max} = 22,48 + 0,21 = 22,69 \text{ мм}$$

$$d_{2\max} = 23,682 + 0,52 = 24,202 \text{ мм}$$

$$d_{1\max} = 25,972 + 2,2 = 28,172 \text{ мм}$$

Розраховуємо максимальні значення припусків по технологічним переходам.

$$2z_{i\max} = d_{i-1\max} - d_{i\max} \quad (1.21)$$

$$2z_{2\max} = 28,172 - 24,202 = 3,97 \text{ мм}$$

$$2z_{3\max} = 24,202 - 22,69 = 1,512 \text{ мм}$$

$$2z_{5\max} = 22,69 - 22,284 = 0,406 \text{ мм}$$

$$2z_{6\max} = 22,284 - 22 = 0,284 \text{ мм}$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи рівність.

$$2z_{0\max} - 2z_{0\min} = Td_3 - Td_d \quad (1.22)$$

$$6,088 - 3,92 = 2,2 - 0,033$$

$$2,167 = 2,167$$

Виконавчий розмір заготівлі:

$$\varnothing 26,972^{+1,2}_{-1,0} \text{ мм}$$

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

Виконавчий розмір для точіння чорнового  $\varnothing 24,202_{-0,52} \text{ мм}$

Виконавчий розмір для точіння чистового  $\varnothing 24,202_{-0,52} \text{ мм}$

Виконавчий розмір для шліфування попереднього  $\varnothing 22,284_{-0,084} \text{ мм}$

Виконавчий розмір для шліфування остаточного  $\varnothing 22_{-0,033} \text{ мм}$

Отримані значення заносимо в таблицю 1.6.

Визначення припусків і виконавчих технологічних розмірів розрахунково-аналітичним методом для внутрішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 10h7(^{+0,018})$ .

Визначаємо нормативні і розрахункові значення елементів припуски по технологічним переходам:

1-й перехід – заготівля (штампування).

$R_{Z1}=160$  мкм – висота мікронерівностей;  $h_1=200$  мкм глибина дефектного шару по [1, табл. 12, стр.186].

Просторове відхилення заготівлі визначаємо як суму допустимих значень зміщення  $\rho_{см}$  и короблення  $\rho_{кор}$ .

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

де  $\rho_{см}=0,6$  мм [1, табл.17,стр.186];

$\rho_{кор}=0,051$  мм [1, табл. 17, стр.186].

$$\rho_1 = \sqrt{0,6^2 + 0,051^2} = 0,602\text{мм} = 602\text{мкм}$$

2-й перехід – точіння чорнове.

$R_{Z2}=50$  мкм;  $h_2=50$  мкм по [1, табл. 25, стр.188].

$$\rho_2 = k_y \cdot \rho_1 = 0,06 \cdot 602 = 36,12\text{мкм}$$

$k_y=0,06$  мм - коефіцієнт уточнення для штамповальних заготівель [1, табл. 29, стр.190];

$\varepsilon_2=500$  мкм - погрішність установки в 3-х кулачковий патрон по [1, таблиця 13, стр.42].

3-й перехід – точіння чистове

$R_{Z3}=25$  мкм;  $h_3=25$  мкм по [1, табл. 25, стр.188].

$$\rho_3 = k_y \cdot \rho_2 = 0,04 \cdot 36,12 = 1,45\text{мкм}$$

$k_y=0,04$  мм – коефіцієнт уточнення для штампувальних заготовок [1, табл. 29, стр.190];

$\varepsilon_3=90$  мкм – похибка установки в пристосування із затисками по [1, таблиця 14, стр.43].

4-й перехід – термообробка.

$$\rho_4 = \sqrt{\rho_2^2 + \rho_{to}^2}$$

$$\rho_{to} = \Delta k \cdot l,$$

де  $\Delta k = 0,5$  мкм/мм по [1, табл. 15, стр.186];  $l = 17$  мм.

$$\rho_{to} = 0,5 \cdot 17 = 8,5 \text{ мкм}$$

$$\rho_4 = \sqrt{1,45^2 + 8,5^2} = 8,62 \text{ мкм}$$

5-й перехід – шліфування.

$R_{Z5} = 6,3$  мкм;  $h_5 = 20$  мкм по [1, табл. 25, стр.188].

$$\rho_5 = k_y \cdot \rho_4 = 0,04 \cdot 8,62 = 0,34 \text{ мкм}$$

де  $k_y = 0,04$  мм – коефіцієнт уточнення для штамповальних заготовків [1, табл. 29, стр.190];

$\varepsilon_5 = 90$  мкм – похибка установки в пристосування із затисками по [1, таблиця 14, стр.43].

6-й перехід – шліфування чистове.

$R_{Z6} = 3,2$  мкм;  $h_6 = 5$  мкм по [1, табл. 25, стр.188].

$$\rho_6 = k_y \cdot \rho_5 = 0,04 \cdot 0,34 = 0,01 \text{ мкм}$$

де  $k_y = 0,04$  мм – коефіцієнт уточнення для штамповальних заготовків [1, табл. 29, стр.190];

$\varepsilon_6 = 90$  мкм – погрішність установки в пристосування із затисками по [1, таблиця 14, стр.43].

Призначаємо допуски по технологічним переходам відповідно до ППТК раніше розробленого МОП.

$$Td_3 = Td_1 = 1,5 \text{ мм}$$

$$Td_2 = 0,43 \text{ мм}$$

$$Td_3 = 0,11 \text{ мм}$$

$$Td_4 = TO$$

$$Td_5=0,043 \text{ мм}$$

$$Td_6=0,018 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальний розрахунковий припуск.

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

$$2Z_{2 \min}=2(160+200+\sqrt{602^2+500^2})=2285,12 \text{ мкм} = 2,29 \text{ мм}$$

$$2Z_{3 \min}=2(50+50+\sqrt{36,12^2+500^2})=1202,6 \text{ мкм} = 1,202 \text{ мм}$$

$$2Z_{5 \min}=2(25+25+\sqrt{1,45^2+90^2})=280,02 \text{ мкм} = 0,28 \text{ мм}$$

$$2Z_{6 \min}=2(20+6,3+\sqrt{0,34^2+90^2})=232,6 \text{ мкм} = 0,233 \text{ мм}$$

Визначаємо розрахунковий максимальний розмір по технологічним переходам, починаючи з останнього.

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

$$d_{6 \min} = d_{6 \text{контр.}} + eid_6$$

$$d_{6 \min} = 10 + 0,018 = 10,018 \text{ мм}$$

$$d_{5 \min} = 10,018 - 0,233 = 9,785 \text{ мм}$$

$$d_{4 \min} = 9,785 - 0,28 = 9,505 \text{ мм}$$

$$d_{2 \min} = 9,505 - 1,202 = 8,303 \text{ мм}$$

$$d_{1 \min} = 8,303 + 2,29 = 6,013 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні розрахункові розміри по переходах.

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

$$d_{6 \min} = 10,018 - 0,018 = 10 \text{ мм}$$

$$d_{5 \min} = 9,785 - 0,043 = 9,742 \text{ мм}$$

$$d_{4 \min} = 9,505 - 0,11 = 9,395 \text{ мм}$$

$$d_{2 \min} = 8,303 - 0,43 = 7,873 \text{ мм}$$

$$d_{1\min} = 6,013 - 1,5 = 4,513 \text{ мм}$$

Розраховуємо максимальні значення припусків.

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

$$2z_{2\max} = 10 - 9,742 = 0,258 \text{ мм}$$

$$2z_{4\max} = 9,742 - 9,395 = 0,37 \text{ мм}$$

$$2z_{5\max} = 9,395 - 7,873 = 1,522 \text{ мм}$$

$$2z_{6\max} = 7,873 - 4,513 = 3,336 \text{ мм}$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи рівність.

$$2z_{0\max} - 2z_{0\min} = Td_3 - Td_4$$

$$5,487 - 4,005 = 1,5 - 0,018$$

$$1,482 = 1,482$$

Виконавчий розмір заготівлі:

$$\varnothing 5,313_{-0,8}^{+0,7} \text{ мм}$$

Виконавчий розмір для точіння чорнового  $\varnothing 7,873_{-0,043}^{+0,43} \text{ мм}$

Виконавчий розмір для точіння чистового  $\varnothing 9,395_{-0,11}^{+0,11} \text{ мм}$

Виконавчий розмір для шліфування попереднього  $\varnothing 9,742_{-0,043}^{+0,043} \text{ мм}$

Виконавчий розмір для шліфування остаточного  $\varnothing 10_{-0,18}^{+0,18} \text{ мм}$

Отримані значення заносимо в таблицю 1.6.

Таблиця 1.6 – Розрахунок припусків і технологічних розмірів розрахунково-аналітичним методом

| Характер<br>поверхні                        |   | Назва технологічних<br>переходів (операції) | Елементи припуска, мкм |     |       |      | Розрахунковий         |                     | Допуск,<br>Td, мм | Граничні значення |            |             |             | Виконавчий<br>розмір, мм                |
|---------------------------------------------|---|---------------------------------------------|------------------------|-----|-------|------|-----------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------|-------------|-------------|-----------------------------------------|
|                                             |   |                                             | Rz                     | h   | ρ     | ε    | Припуск<br>2Zmin, мкм | Розмір,<br>dmin, мм |                   | Розмірів          |            | Припусків   |             |                                         |
|                                             |   |                                             |                        |     |       |      |                       |                     |                   | dmax<br>мм        | dmin<br>мм | 2Zmax<br>мм | 2Zmin<br>мм |                                         |
| Зовнішня циліндрична<br>поверхня ϕ 22-0,33  | 1 | Заготівельна                                | 200                    | 160 | 602   | -    | -                     | 25,972              | 2,2               | 28,172            | 25,972     | -           | -           | ϕ26,972 <sup>+1,2</sup> <sub>-1,0</sub> |
|                                             | 2 | Точіння чорнове                             | 50                     | 50  | 36,12 | 500  | 2,29                  | 23,682              | 0,52              | 24,202            | 23,682     | 3,97        | 2,29        | ϕ24,202 <sub>-0,52</sub>                |
|                                             | 3 | Точіння чистове                             | 25                     | 25  | 1,45  | 90   | 1,202                 | 22,48               | 0,21              | 22,69             | 22,48      | 1,512       | 1,202       | ϕ22,69 <sub>-0,21</sub>                 |
|                                             | 4 | Термообробка                                | -                      | -   | 8,62  | -    | -                     | -                   | -                 | -                 | -          | -           | -           | -                                       |
|                                             | 5 | Шліфування<br>попереднє                     | 6,3                    | 20  | 0,01  | 0,34 | 0,28                  | 22,2                | 0,084             | 22,284            | 22,2       | 0,406       | 0,228       | ϕ22,284 <sub>-0,084</sub>               |
|                                             | 6 | Шліфування<br>остаточне                     | 3,2                    | 5   | -     | -    | 0,233                 | 21,967              | 0,033             | 22                | 21,967     | 0,284       | 0,233       | ϕ22 <sub>-0,033</sub>                   |
| Внутрішня циліндрична<br>поверхня ϕ 10+0,18 | 1 | Заготівельна                                | 200                    | 160 | 602   | -    | -                     | 4,513               | 1,5               | 6,013             | 4,513      | -           | -           | ϕ5,313 <sup>+0,7</sup> <sub>-0,8</sub>  |
|                                             | 2 | Точіння чорнове                             | 50                     | 50  | 36,12 | 500  | 2,29                  | 7,873               | 0,43              | 8,303             | 7,873      | 0,258       | 2,29        | ϕ7,873 <sup>+0,43</sup>                 |
|                                             | 3 | Точіння чистове                             | 25                     | 25  | 1,45  | 90   | 1,202                 | 9,395               | 0,11              | 9,505             | 9,395      | 0,37        | 1,202       | ϕ9,395 <sup>+0,11</sup>                 |
|                                             | 4 | Термообробка                                | -                      | -   | 8,62  | -    | -                     | -                   | -                 | -                 | -          | -           | -           | -                                       |
|                                             | 5 | Шліфування<br>попереднє                     | 6,3                    | 20  | 0,01  | 0,34 | 0,28                  | 9,742               | 0,043             | 9,785             | 9,742      | 1,522       | 0,28        | ϕ9,742 <sup>+0,043</sup>                |
|                                             | 6 | Шліфування<br>остаточне                     | 3,2                    | 5   | -     | -    | 0,233                 | 10                  | 0,018             | 10,018            | 10         | 3,336       | 0,233       | ϕ10 <sup>+0,18</sup>                    |

| 1                                               | 2 | 3                  | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9     | 10   | 11    | 12    | 13    | 14 | 15                         |
|-------------------------------------------------|---|--------------------|---|---|---|---|---|-------|------|-------|-------|-------|----|----------------------------|
| Зовнішня<br>циліндрична<br>поверхня $\phi$ 12   | 1 | Заготівля          | - | - | - | - | - | 13,23 | 1,5  | 14,73 | 13,23 | -     | -  | $\phi 13,93^{+0,8}_{-0,7}$ |
|                                                 | 2 | Точіння<br>чорнове | - | - | - | - | - | 12,13 | 0,27 | 12,4  | 12,13 | 2,33  | -  | $\phi 12,4_{-0,27}$        |
|                                                 | 3 | Точіння<br>чистове | - | - | - | - | - | 11,93 | 0,07 | 12    | 11,93 | 0,14  | -  | $\phi 12^{-0,02}_{-0,07}$  |
| Внутрішня<br>циліндрична<br>$\phi 8,5^{+0,058}$ | 1 | Заготівля          | - | - | - | - | - | 8,5   | 1,2  | 8,248 | 7,048 | -     | -  | $\phi 7,648^{+0,6}_{-0,6}$ |
|                                                 | 2 | Точіння<br>чорнове | - | - | - | - | - | 8,458 | 0,15 | 8,448 | 8,298 | 1,25  | -  | $\phi 8,298^{+0,15}$       |
|                                                 | 3 | Точіння<br>чистове | - | - | - | - | - | 8,298 | 0,09 | 8,548 | 8,458 | 0,168 | -  | $\phi 8,458^{+0,1}$        |
|                                                 | 4 | Шліфування         | - | - | - | - | - | 7,048 |      | 8,558 | 8,5   | 0,042 | -  | $\phi 8,5^{+0,058}$        |

Визначення припусків і виконавчих технологічних розмірів для зовнішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 12^{(-0,02)}_{-0,07}$  табличним методом.

Вибираємо значення мінімальних припусків по переходах і заносимо в таблицю 1.6.

Визначуваний розрахунковий мінімальний розмір по технологічних переходах починаючи з останнього.

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

$$d_{3\min} = d_{3\text{контр.}} + e i d_3$$

$$d_{3\min} = 12 - 0,07 = 11,93 \text{ мм}$$

$$d_{2\min} = 11,93 + 0,2 = 12,13 \text{ мм}$$

$$d_{1\min} = 12,13 + 1,1 = 13,23 \text{ мм}$$

Розраховуємо максимальні розрахункові розміри по переходах.

$$d_{i\max} = d_{i\min} + T d_i$$

$$d_{3\max} = 11,93 + 0,07 = 12 \text{ мм}$$

$$d_{2\max} = 12,13 + 0,27 = 12,4 \text{ мм}$$

$$d_{1\max} = 13,23 + 1,5 = 14,73 \text{ мм}$$

Розраховуємо максимальні значення припусків по технологічних переходах.

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

$$2z_{3\max} = 14,73 - 12,4 = 2,33 \text{ мм}$$

$$2z_{4\max} = 12,14 - 12 = 0,14 \text{ мм}$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи рівність.

$$2z_{0\max} - 2z_{0\min} = T d_3 - T d_d$$

$$2,47 - 1,3 = 1,2 - 0,03$$

$$1,17 = 1,17$$

Виконавчий розмір заготівлі:

$$\varnothing 13,93_{-0,7}^{+0,8} \text{ мм}$$

Виконавчий розмір для точіння чорнового  $\varnothing 12,4_{-0,27} \text{ мм}$

Виконавчий розмір для точіння чистового  $\varnothing 12_{-0,07}^{-0,02} \text{ мм}$

Отримані значення заносимо в таблицю 1.7.

Визначення припусків і виконавчих технологічних розмірів для внутрішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 8,5^{+0,058}$  Вибираємо значення мінімальних припусків по переходах і заносимо в таблицю 1.6.

Визначуваний розрахунковий максимальний розмір по технологічним переходам починаючи з останнього.

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

$$d_{3 \max} = d_{3 \text{контр.}} + esd_3$$

$$d_{4 \max} = 8,5 + 0,058 = 8,558 \text{ мм}$$

$$d_{3 \max} = 8,558 - 0,01 = 8,548 \text{ мм}$$

$$d_{2 \max} = 8,548 - 0,1 = 8,448 \text{ мм}$$

$$d_{1 \max} = 8,448 - 0,2 = 8,248 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні розрахункові розміри по переходах.

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

$$d_{4 \min} = 8,558 - 0,0581 = 8,5 \text{ мм}$$

$$d_{3 \min} = 8,548 - 0,09 = 8,458 \text{ мм}$$

$$d_{2 \min} = 8,448 - 0,15 = 8,298 \text{ мм}$$

$$d_{1 \min} = 8,248 - 1,2 = 7,048 \text{ мм}$$

Розраховуємо максимальні значення припусків.

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

$$2z_{2 \max} = 8,5 - 8,458 = 0,042 \text{ мм}$$

$$2z_{3 \max} = 8,458 - 8,298 = 0,168 \text{ мм}$$

$$2z_{5 \max} = 8,298 - 7,048 = 1,25 \text{ мм}$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи рівність.

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

$$1,452 - 0,31 = 1,2 - 0,058$$

$$1,142 = 1,142$$

Виконавчий розмір заготівлі:

$$\varnothing 7,648^{+0,6}_{-0,6} \text{ мм}$$

Виконавчий розмір для точіння чорнового  $\varnothing 8,298^{+0,15} \text{ мм}$

Виконавчий розмір для точіння чистового  $\varnothing 8,458^{+0,1} \text{ мм}$

Виконавчий розмір для шліфування  $\varnothing 8,5^{+0,058} \text{ мм}$

Отримані значення заносимо в таблицю 1.6.

## 1.6 Проектування операційної технології

1.6.1 Проектування маршруту обробки деталі. Вибір металорізального устаткування

Етапна схема виготовлення деталі

1 етап. Отримання заготівлі.

2 етап. Термообробка. Загартування.

3 етап. Токарна обробка. На цьому етапі необхідно, передусім, отримати технологічні базові поверхні і підготувати корпус форсунки для подальшої точної обробки.

4 етап. Обробна обробка базових поверхонь : шліфувальні і полірувальні операції.

5 етап. Свердління отворів.

Обробка отворів проводиться в декілька стадій:

- свердління;
- зенкерування;
- розгортання.

6 етап. Фрезерування.

7 етап. Слюсарна обробка, проводиться для видалення задирок в пазах і скруглення гострих кромek по контуру.

8 етап. Випробування на герметичність.

9 етап. Мийка, контроль. Робляться після усіх основних етапів. Остаточний контроль це магнітний контроль.

Складаємо загальну схему виготовлення деталі :

- 1) отримання заготівлі;
- 2) контроль механічних властивостей;
- 3) термообробка;
- 4) полірування;
- 3) механічна чорнова обробка - точіння;
- 4) токарна з ЧПУ;
- 5) шліфування;
- 6) контроль;
- 7) фрезерування;
- 8) свердління;
- 9) промивання;
- 10) шліфування;
- 11) слюсарна обробка;
- 12) промивання;
- 13) випробування на герметичність;
- 14) магнітний контроль;
- 15) промивання;
- 16) контроль.

## 1.7 Розрахунок режимів різання

Операція 45 – токарна

Верстат: токарно-гвинторізний 16K25

Інструмент: різець прохідної відігнутий правий  $\varphi=15^\circ$ ,  $16 \times 25 \times 100$ ,  
 $R=1,5$ , BK8 ГОСТ 18871-73.

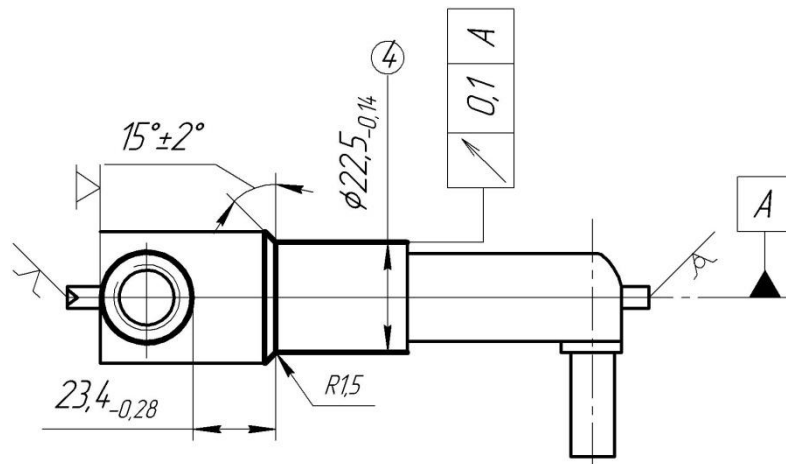


Рисунок 1.4 – Операційний ескіз деталі (оп. 45)

Точити поверхню 4.

1) Визначаємо глибину різання:

$$t = \frac{D - d}{2} \quad (1.23)$$

$$t = \frac{23 - 22,5}{2} = 0,25 \text{ мм}$$

2) Визначаємо подачу:

$$Sp = Sm \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (1.24)$$

де  $Sm = 0,2$  мм/об – табличне значення подачі;

$K_1 = 1$  – поправочний коефіцієнт, залежний від твердості обраблюваного матеріала;

$K_2 = 0,5$  – коефіцієнт, залежний від виду обробки (стр. 57, [7]).

$$Sp = 0,16(1(0,5 = 0,08 \text{ мм/о}$$

Приймаємо:  $Snpr = 0,1$  мм/об.

3) Визначаємо швидкість різання :

$$Vp = V_T' \cdot K_{v1} \cdot K_{v2} \cdot K_{v3} \cdot K_{v4} \cdot K_{v5} \cdot K_{v6} \cdot K_{v7} \cdot K_{v8} \cdot K_{v9} \cdot K_{v10} \quad (1.25)$$

де  $V_T' = 82,9$  м/хв – значення швидкості обробки для даного матеріала деталі ріжучого інструмента (стр. 57, [7]);

$K_{v1} = 1$  – поправочний коефіцієнт, враховує охолодження;

$K_{v2} = 1$  – коефіцієнт, враховує кут різця;

$K_{v3} = 1$  – коефіцієнт, враховує стан обробки поверхні;

$K_{v4} = 1$  – коефіцієнт при поперечному точінні;

$K_{v5} = 0,8$  – коефіцієнт, враховує ріжучу частину інструмента;

$K_{v6} = 1$  – коефіцієнт, враховує твердість матеріала;

$K_{v7} = 1,46$  – коефіцієнт, враховує глибину різання;

$K_{v8} = 1,64$  – коефіцієнт, враховує подачу;

$K_{v9} = 1,16$  – коефіцієнт, враховує стійкість інструмента;

$$V_p = 82,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1,46 \cdot 1,64 \cdot 1,16 \cdot 0,4 = 73,68 \text{ м/хв}$$

4) Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 V_p}{\pi \cdot D} \quad (1.26)$$

де  $V_p$  – розрахункова швидкість різання, м/хв;

$D$  – діаметр оброблюваної заготовки, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 73,68}{3,14 \cdot 22,5} = 1042,89 \text{ об/хв}$$

Приймаємо:  $n_{np} = 1000$  об/хв.

5) Фактична швидкість різання :

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (1.27)$$

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 22,5 \cdot 1000}{1000} = 70,65 \text{ м/хв}$$

6) Визначаємо сили різання  $P_z$ :

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (1.28)$$

де  $C_p = 204$ ;  $x = 1$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = 0$  ( таблиць. 22, стор. 273, [1] );

$K_p$  - коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (1.29)$$

де  $K_{mp} = 1,29$  – коефіцієнт, враховуючий вплив якості обраблюваного матеріала (табл. 9, стр. 264, [1]);

$K_{\varphi p} = 0,89$  – коефіцієнт, залежить від головного кута в плані (таблиці 23, стр. 275, [1]);

$K_{\gamma p} = 1$  – коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута;

$K_{\lambda p} = 1$  – коефіцієнт, що враховує нахил головного леза;

$K_{rp} = 1$  – коефіцієнт, що враховує радіус при вершині різця.

$$K_p = 1,29 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,15$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 0,25^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 70,65^0 \cdot 1,15 = 104,3H$$

7) Визначаємо потужність різання :

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (1.30)$$

$$N = \frac{104,3 \cdot 70,65}{1020 \cdot 60} = 0,12 \text{ кВт}$$

Порівнюємо з потужністю двигуна головного руху верстата :

$$N_p < N_{\phi} = 7,5 \text{ кВт.}$$

8) Визначаємо машинний час:

$$t_m = \frac{L_{px}}{S_{np} \cdot n} \cdot i \quad (1.31)$$

$$t_m = \frac{31,5}{0,1 \cdot 1000} \cdot 3 = 0,945 \text{ хв}$$

Операція 145 – шліфувальна

Верстат: бесцентровошліфувальний 3М182.

Інструмент: шліфувальний круг D 350×100×203 14А 16СТВ ГОСТ 2424-83.

$D = 21,992 \text{ мм}; Ra = 0,8 \text{ мкм}.$

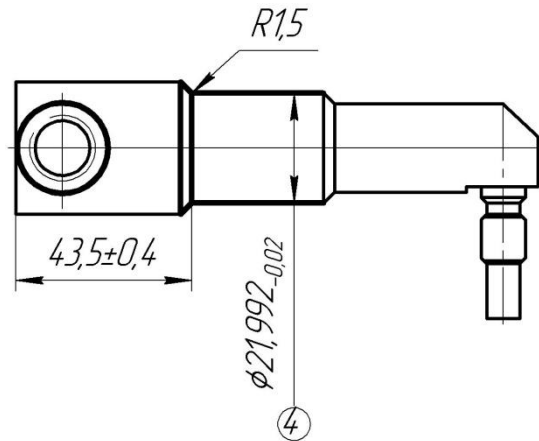


Рисунок 1.5 – Операційний ескіз деталі (оп. 145)

Шліфувати пов. 4 на врізання.

1) Визначаємо глибину різання:

$t = 0,2 \text{ мм}$

2) Визначаємо довжину робочого ходу:

$$L_{p.x.} = z + 0.02 \quad (1.32)$$

де  $t$  – глибина різання, мм.

$$L_{p.x.} = 32,5 + 0,2 = 32,7 \text{ мм}$$

3) Визначаємо поперечну подачу:

$S_{вр} = 0,05 \text{ мм/об.}$

Визначаємо швидкість різання (табл.55, стр. 301, [1]).

Для деталі приймаємо:  $V_{\partial.} = 25 \text{ м/хв}$

Для круга приймаємо:  $V_{кр.} = 30 \text{ м/с}$

5) Визначаємо частоту обертання деталі і шліфувального круга.

Розрахункова частота обертання деталі:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (1.33)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 21,992} = 362 \text{ об/хв}$$

Обираємо по паспорту станка  $n_{\text{дет}} = 320$  об/хв.

Розрахункова частота обертання шліфувального круга:

$$n_{\text{кр.}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{ш.к.}} \cdot 60}{\pi \cdot D_{\text{ш.к.}}} \quad (1.34)$$

$$n_{\text{кр.}} = \frac{1000 \cdot 30 \cdot 60}{3,14 \cdot 150} = 3821,7 \text{ про/мін}$$

Обираємо частоту обертання шліфувального круга по паспорту  $n_{\text{кр.}} = 3500$  об/хв.

6) Визначаємо фактичну швидкість різання

Фактична швидкість обертання деталі:

$$V_{\text{дет}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{дет}}}{1000} \quad (1.35)$$

$$V_{\text{факт}} = \frac{3,14 \cdot 21,992 \cdot 320}{1000} = 25 \text{ м/хв}$$

Фактична швидкість обертання шліфувального круга :

$$V_{\text{кр.}} = \frac{3,14 \cdot 150 \cdot 3500}{1000 \cdot 60} = 27,5 \text{ м/с}$$

7) Визначаємо машинний час:

$$t_{\text{м}} = \frac{L_p}{S_{\text{прод}} \cdot n_{\text{дет}}} \quad (1.36)$$

$$t_i = \frac{32,7}{0,05 \cdot 320} = 2,04 \text{ хв}$$

8) Визначаємо потужність різання:

$$N = C_n \cdot V^r \cdot S_p^y \cdot D^q \cdot b^z \quad (1.37)$$

де  $C_n = 0,36$ ;  $y = 0,4$ ;  $r = 0,35$ ;  $q = 0,3$ ;  $z = 0$  – коефіцієнти для визначення потужності (56, стор. 303, [1]).

$$N = 0,36 \cdot 27,5^{0,35} \cdot 0,05^{0,4} \cdot 21,992^{0,3} \cdot 5^0 = 0,89 \text{ кВт}$$

Порівняємо отримане значення потужності з потужністю головного приводу верстата.

$$N \leq N_e = N_{\partial v} \cdot \eta = 2 \cdot 0,98 = 1,96 \text{ кВт}$$

Операція 95 – свердлувальна

Верстат: обробляючий центр VMC850E

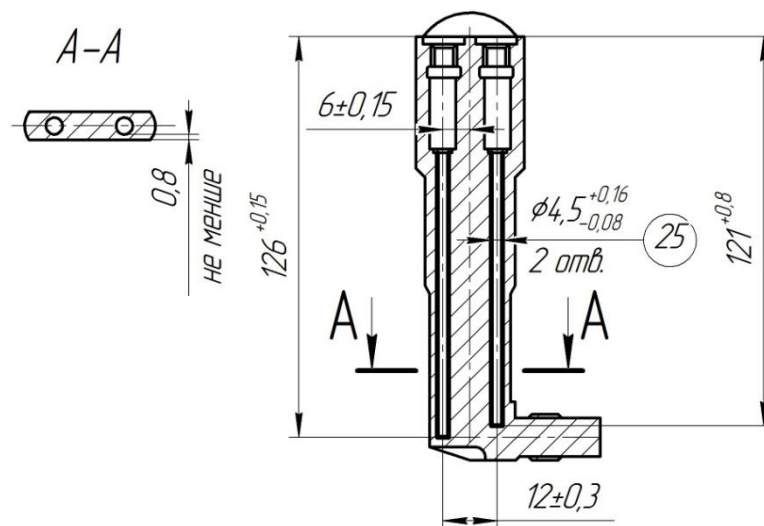


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз деталі (оп. 95)

Перехід 1.

Свердлити отвір 22 Ø4,3 мм на глибину 121 мм.

Інструмент свердло спіральне Ø4,3 мм, Р6М5, ГОСТ 10902-77.

1) Визначаємо глибину різання:

$$t = \frac{D_{св}}{2} \quad (1.38)$$

$$t = \frac{4,3}{2} = 2,15 \text{ мм}$$

2) Визначаємо подачу:

$$S_p = S_T \cdot K_{1S} \cdot K_{2S}, \quad (1.39)$$

де  $S_T = 0,06$  мм/об – табличне значення подачі;

$K_{1S} = 1$  – коефіцієнт, враховує глибину свердління;

$K_{2S} = 1$  – коефіцієнт, враховує вид отвора. Значення подачі і коефіцієнтів обираємо з таблиці на стр. 57, [7].

$$S_p = 0,06 \cdot 1 \cdot 1 = 0,06 \text{ мм/об}$$

3) Визначаємо нормативну стійкість свердла:

$$T_{нор} = 15 \text{ хв (табл. 30, стр. 279, [5])}$$

Фактична стійкість свердла:

$$T_{\phi} = 8 \text{ хв}$$

4) Визначаємо швидкість різання:

$$V_p = V_{св} \cdot K_{V1} \cdot K_{V2} \cdot K_{V3} \cdot K_{V4} \cdot K_{V5} \cdot K_{V6} \cdot K_{V7} \cdot K_{V8} \quad (1.40)$$

де  $V_{св} = 16,2$  м/хв – табличне значення швидкості;

$K_{V1} = 1$  – коефіцієнт, враховує твердість обраблюваного матеріала;

$K_{V2} = 1,2$  – коефіцієнт, залежний від стійкості інструмента;

$K_{V3} = 1,0$  – коефіцієнт, залежний від відношення фактичної стійкості к нормативної;

$K_{V4} = 0,8$  – коефіцієнт, залежний від довжини свердління;

$K_{V5} = 1,1$  – коефіцієнт, залежний від подачі;

$K_{V6} = 0,51$  – коефіцієнт, враховує діаметр свердла;

$K_{V7} = 1$  – коефіцієнт, залежний від марки різальної частини інструменту;

$K_{V8} = 1$  – коефіцієнт, що враховує охолодження.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з таблиці на стор. 57, [7].

$$V_p = 16,2 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1,1 \cdot 0,51 \cdot 1 \cdot 1 = 8,72 \text{ м/хв}$$

5) Визначаємо частоту обертання:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (1.41)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 8,72}{3,14 \cdot 4,3} = 617,5 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по паспорту станка:  $n_p = 500 \text{ об/хв.}$

6) Визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (1.42)$$

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 4,3 \cdot 500}{1000} = 7,07 \text{ м/хв}$$

7) Визначаємо крутний момент  $M_{кр}$  і осьову силу різання  $P_0$ :

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (1.43)$$

де  $C_m = 0,041$ ;  $q = 2$ ;  $y = 0,7$ ;  $K_p = 1,29$ .

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,041 \cdot 4,3^2 \cdot 0,06^{0,7} \cdot 1,29 = 1,49 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_0 = C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (1.44)$$

де  $C_p = 143$ ;  $q = 1$ ;  $y = 0,7$ ;  $K_p = 1,29$ .

$$P_0 = 143 \cdot 4,3^1 \cdot 0,06^{0,7} \cdot 1,29 = 115,84 \text{ Н}$$

8) Визначаємо потужність різання при свердлінні одного отвору:

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \quad (1.45)$$

$$N_{рез} = \frac{1,49 \cdot 500}{9750} = 0,08 \text{ кВт}$$

Порівнюємо з паспортом станка:  $N_{рез} < N_{дв} = 8 \text{ кВт.}$

9) Визначаємо машинний час.

$$t = \frac{L_{p.x.}}{S_{np} \cdot n_{cm}} \cdot i_1 \quad (1.46)$$

$$t_{.м1} = \frac{121+1,5}{0,06 \cdot 500} \cdot 3 = 4,08 \text{ хв}$$

Перехід 2.

Свердлити отвір 25 Ø4,3 мм на глибину 125 мм.

Інструмент: свердло спіральне Ø4,3 мм, Р6М5, ГОСТ 10902-77.

Режими різання аналогічні переходу 1; кількість проходів  $i=5$ .

По формулі (1.46) визначаємо машиний час:

$$t_{м2} = \frac{126 + 1,5}{0,06 \cdot 500} \cdot 3 = 4,25 \text{ хв}$$

Перехід 3.

Зенкувати отвір 22 Ø4,5 мм на глибину 121 мм.

Інструмент: зенкер Ø4,5 мм, Р18, ГОСТ 21540-76.

1) По формулі (1.38) визначаємо глибину різання:

$$t = \frac{4,5 - 4,3}{2} = 0,1 \text{ мм}$$

2) Подачу вибираємо по рекомендаціях ([1] стр.277 таблиця 26):

$$S_T = 0,4 \text{ мм/об}$$

3) Визначаємо нормативну стійкість зенкера:

$$T_{нор} = 15 \text{ хв (табл. 30, стр. 279, [5])}.$$

Фактична стійкість зенкера :

$$T_{\phi} = 8 \text{ хв.}$$

4) Швидкість при зенкеруванні визначається з урахуванням поправочного коефіцієнта  $K_{VI} = 1,6$  від швидкості свердлення

$$V_{зен} = 7,07 \cdot 1,6 = 11,312 \text{ м/хв}$$

5) По формулі (1.41) визначаємо частоту обертання:

$$n_p = \frac{1000 \cdot 11,312}{3,14 \cdot 4,5} = 800,57 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстата:  $n_p = 800 \text{ об/хв.}$

6) По формулі (1.42) визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 4,5 \cdot 800}{1000} = 11,312 \text{ м/хв}$$

7) Визначаємо крутний момент  $M_{кр}$  і осьову силу різання  $P_0$ :

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \quad (1.47)$$

де  $C_m = 0,106$ ;  $q = 1$ ;  $x = 0,9$ ;  $y = 0,8$ ;  $K_p = 1,29$  (табл. 22, стр. 273, [1]).

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,106 \cdot 4,5^2 \cdot 0,1^{0,9} \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1,29 = 1,68 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \quad (1.48)$$

де  $C_p = 140$ ;  $x = 1,2$ ;  $y = 0,65$ ;  $K_p = 1,29$  (табл. 22, стр. 273, [1]).

$$P_0 = 10 \cdot 140 \cdot 0,1^{1,2} \cdot 0,1^{0,65} \cdot 1,29 = 25,5 \text{ Н}$$

8) По формулі (1.45) визначаємо потужність зенкерування одного отвору:

$$N_{рез} = \frac{1,68 \cdot 800}{9750} = 0,144 \text{ кВт}$$

Поривнюємо з паспортом верстата:  $N_{рез} < N_{дв} = 8 \text{ кВт}$ .

9) По формулі (1.46) визначаємо машинний час (кількість проходів  $i=4$ ):

$$t_{м5} = \frac{121+1,5}{0,1 \cdot 800} \cdot 4 = 1,53 \text{ хв.}$$

Перехід 4.

Зенкувати отвір 22 Ø4,5 мм на глибину 126 мм.

Інструмент: зенкер Ø4,5 мм, Р18, ГОСТ 21540-76.

Режими різання аналогічні переходу 3; кількість проходів  $i=4$ .

По формулі (1.46) визначаємо машинний час:

$$t_{м6} = \frac{126 + 1,5}{0,1 \cdot 800} \cdot 3 = 1,59 \text{ хв}$$

Сумарний машинний час на операції:

$$t_{\Sigma} = t_{м1} + t_{м2} + t_{м3} + t_{м4} \quad (1.49)$$

$$t_{\Sigma} = 4,25 + 4,08 + 1,56 + 1,59 = 11,48 \text{ хв}$$

Операція 85 – фрезерна

Верстат: горизонтально-фрезерний 6Р81Г

Інструмент: дискова фреза D20 ГОСТ 3755-78

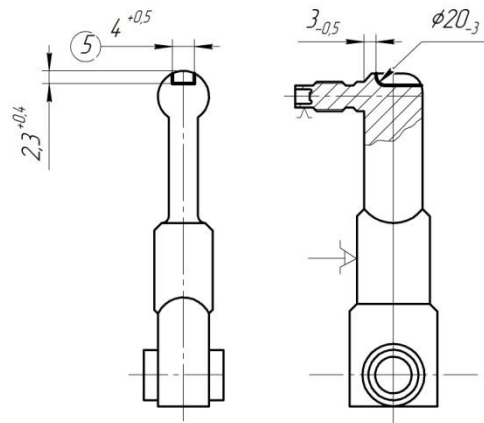


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз деталі (оп. 85)

Фрезерувати поверхню 5.

1) Визначаємо глибину фрезерування:

$t = 2,3 \text{ мм.}$

2) Визначаємо подачу:

$$Sp = Sm \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8 \quad (1.50)$$

де  $Sm = 0,13 \text{ мм/зуб}$  – табличне значення подачі;

$K_1 = 0,44$  – поправочний коефіцієнт, залежний від діаметра фрези;

$K_2 = 1,41$  – коефіцієнт, залежний від глибини різання;

$K_3 = 1$  – поправочний коефіцієнт, залежний від оброблюваної поверхні;

$K_4 = 1$  – поправочний коефіцієнт, залежний від наявності СОТС;

$K_5 = 1,45$  – поправочний коефіцієнт, залежний від ширини фрезерування;  
 $K_6 = 1$  – поправочний коефіцієнт, залежний від шероховатості;  
 $K_7 = 1$  – поправочний коефіцієнт, залежний від матеріала ріжучої частини інструмента;

$K_8 = 1,46$  – поправочний коефіцієнт, залежний від числа зубів (стр. 57, [7]).

$$S_p = 0,13(0,44(1,41(1(1,45(1(1,46(1 = 0,17 \text{ мм/зуб}$$

Приймаємо:  $S_{np} = 0,1$  мм/зуб.

3) Визначаємо швидкість різання:

$$V_p = V_T' \cdot K_{v1} \cdot K_{v2} \cdot K_{v3} \cdot K_{v4} \cdot K_{v5} \cdot K_{v6} \cdot K_{v7} \cdot K_{v8} \quad (1.51)$$

де  $V_T' = 29$  м/хв – значення швидкості обробки для данного матеріала деталі ріжучого інструмента (стр. 57, [7]);

$K_{v1} = 0,9$  – поправочний коефіцієнт, діаметр і ширину зубів фрези;

$K_{v2} = 0,9$  – коефіцієнт, залежний від числа зубів фрези;

$K_{v3} = 0,92$  – коефіцієнт, залежний від подачі;

$K_{v4} = 1,52$  – коефіцієнт враховує стійкість інструмента;

$K_{v5} = 1$  – коефіцієнт, враховує наявність охолодження;

$K_{v6} = 1$  – коефіцієнт, враховує твердість матеріала;

$K_{v7} = 1$  – коефіцієнт, враховує стан поверхні;

$K_{v8} = 1$  – коефіцієнт, враховує марку матеріала ріжучого інструмента (стр. 57, [7]).

$$V_p = 29 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,92 \cdot 1,52 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 32,85 \text{ м/хв}$$

4) Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 V_p}{\pi \cdot D} \quad (1.52)$$

де  $V_p$  – розрахункова швидкість різання, м/мін;

$D$  – діаметр оброблюваної заготовки, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 32,85}{3,14 \cdot 20} = 523 \text{ об / хв}$$

Приймаємо:  $n_{np} = 520$  об/хв.

5) Фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (1.53)$$
$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 520}{1000} = 32,66 \text{ м/хв}$$

6) Визначаємо силу різання:

$$P_Z = C_p \cdot t^{xp} \cdot S_z^{yp} \cdot B^{up} \cdot Z \cdot K_p / (D^{qp} \cdot n^{op}), \quad (1.54)$$

де  $K_p$  – загальний поправочний коефіцієнт  $K_p = 1,1$

$C_p = 68,2$ ;  $up = 1$ ;  $xp = 0,86$ ;  $yp = 0,72$ ;  $qp = 0,86$ ;  $op = 0$ ;  $np = 0,3$ , [1, стр. 291]

Отримуємо:

$$P_Z = 68,2 \cdot 0,45^{0,86} \cdot 0,05^{0,72} \cdot 6,5^1 \cdot 32 \cdot 1,1 / (20^{0,86} \cdot 125^0) = 6,4 \text{ кг}$$

7) Визначуваний момент, що крутить, на шпинделі:

$$M = P_Z \cdot V / 6120 = 6,4 \cdot 32,66 / 6120 = 0,03 \text{ кВт}$$

8) Визначаємо машинний час:

$$T_{\text{маш}} = L_{p.x.} / S_m = 30 / 52,3 = 0,57 \text{ хв} \quad (1.56)$$

$$L_{p.x.} = l + y = 25 + 5 = 30$$

де  $l$  - довжина оброблюваної поверхні;

$$S_m = S_z \cdot n \cdot Z = 0,1 \cdot 523 = 52,3 \text{ мм/хв}$$

Операція 35 – токарна

Верстат: токарно-гвинторізний 16K25

Інструмент:

різець прохідний відігнутий правий  $\varphi=45^\circ$ ,  $16 \times 25 \times 100$ ,  $R=0,8$ , ВК8  
ГОСТ 18868-73.

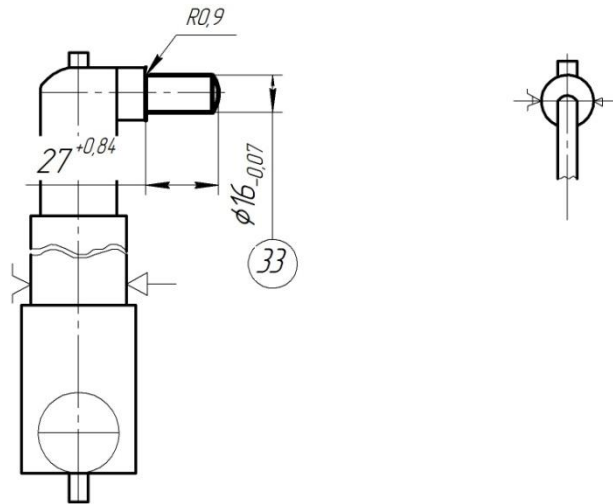


Рисунок 1.8 – Операційний ескіз деталі (оп. 35)

Точити поверхню 33.

1) Визначаємо глибину різання :

$$t = \frac{D - d}{2} \quad (1.57)$$

$$t = \frac{18 - 16}{2} = 1 \text{ мм}$$

2) Визначаємо подачу:

$$Sp = Sm \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (1.58)$$

де  $Sm = 0,2 \text{ мм/об}$  – табличне значення подачі;

$K_1 = 1$  – поправочний коефіцієнт, залежний від твердості оброблювального матеріала;

$K_2 = 0,5$  – коефіцієнт, залежний від виду обробки (стр. 57, [7]).

$$Sp = 0,16 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,08 \text{ мм/об}$$

Приймаємо:  $Sp = 0,1 \text{ мм/об}$ .

3) Визначаємо швидкість різання:

$$Vp = V_T' \cdot K_{v1} \cdot K_{v2} \cdot K_{v3} \cdot K_{v4} \cdot K_{v5} \cdot K_{v6} \cdot K_{v7} \cdot K_{v8} \cdot K_{v9} \cdot K_{v10} \quad (1.59)$$

де  $V_T' = 82,9 \text{ м/хв.}$  – значення швидкості обробки для данного матеріала деталі ріжучого інструмента (стр. 57, [7]);

$K_{v1} = 1$  – поправочний коефіцієнт, враховує охолодження;

$K_{v2} = 1$  – коефіцієнт, враховує кут різця;

$K_{v3} = 1$  – коефіцієнт, враховує стан обробки поверхні;

$K_{v4} = 1$  – коефіцієнт при поперечному точінні;

$K_{v5} = 0,8$  – коефіцієнт, враховує ріжучу частину інструмента;

$K_{v6} = 1$  – коефіцієнт, враховує твердість матеріала;

$K_{v7} = 1,46$  – коефіцієнт, враховує глибину різання;

$K_{v8} = 1,64$  – коефіцієнт, враховує подачу;

$K_{v9} = 1,16$  – коефіцієнт, враховує стійкість інструмента;

$K_{v10} = 0,4$  – коефіцієнт, враховує вид обробки (стр. 57, [7]).

$$V_p = 82,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1,46 \cdot 1,64 \cdot 1,16 \cdot 0,4 = 63,68 \text{ м/хв}$$

4) Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 V_p}{\pi \cdot D} \quad (1.60)$$

де  $V_p$  – розрахункова швидкість різання, м/хв;

$D$  – діаметр оброблюваної заготовки, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 63,68}{3,14 \cdot 16} = 966,56 \text{ об / хв}$$

Приймаємо  $n_{np} = 920$  об/хв.

5) Фактична швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (1.61)$$
$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 920}{1000} = 50,29 \text{ м / хв}$$

6) Визначаємо ту, що становить сили різання  $P_z$ :

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (1.62)$$

де  $C_p = 204$ ;  $x = 1$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = 0$  (табл. 22, стор. 273, [1]);

$K_p$  – коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{qp} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (1.63)$$

де  $K_{mp} = 1,29$  – коефіцієнт, враховуючий вплив якості оброблюваного матеріала (табл. 9, стр. 264, [1] );

$K_{qp} = 0,89$  – коефіцієнт, залежить від головного кута в плані (таблиці. 23, стр. 275, [1]);

$K_{\gamma p} = 1$  – коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута;

$K_{\lambda p} = 1$  – коефіцієнт, що враховує нахил головного леза;

$K_{rp} = 1$  – коефіцієнт, що враховує радіус при вершині різця.

$$K_p = 1,29 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,15$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 1^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 50,29^0 \cdot 1,15 = 417,18 H$$

7) Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (1.64)$$

$$N = \frac{417,18 \cdot 50,29}{1020 \cdot 60} = 0,41 \text{ кВт}$$

Порівнюємо з потужністю двигуна головного руху верстата :

$$N_p < N_{\phi} = 7,5 \text{ кВт.}$$

8) Визначаємо машинний час:

$$t_m = \frac{L_{px}}{S_{np} \cdot n} \cdot i \quad (1.65)$$

$$t_m = \frac{27}{0,1 \cdot 920} \cdot 3 = 0,225 \text{ хв}$$

Результати розрахунку режимів різання зводимо в таблицю 1.9

Таблиця 1.9 – Звідна таблиця режимів різання

| №<br>оп. | Найменування<br>операції, зміст<br>переходу | Режими різання |            |         |            |                        |            |   |                      |                      |
|----------|---------------------------------------------|----------------|------------|---------|------------|------------------------|------------|---|----------------------|----------------------|
|          |                                             | D(L)<br>мм     | L(B)<br>мм | t<br>мм | S<br>мм/об | V <sub>ф</sub><br>м/хв | n<br>об/хв | i | t <sub>о</sub><br>хв | t <sub>Σ</sub><br>хв |
| 1        | 2                                           | 3              | 4          | 5       | 6          | 7                      | 8          | 9 | 10                   | 11                   |
| 25       | Свердлувальна<br>Свердлити отв.<br>46       | 4,3            | 5,8        | 1,5     | 0,06       | 4,95                   | 500        | 1 | 0,3                  | 0,3                  |
| 030      | Токарна<br>Точити пов. 4                    | 23             | 31,5       | 0,25    | 0,125      | 28,29                  | 400        | 2 | 0,2                  | 0,2                  |
| 035      | Токарна<br>Точити пов. 33                   | 16             | 27         | 1       | 0,1        | 50,29                  | 920        | 3 | 0,225                | 0,225                |
| 040      | Токарна<br>Свердлити пов.<br>43             | 12             | 10         | 6       | 0,08       | 30,144                 | 800        | 3 | 4,02                 | 6,92                 |
|          | Точити пов. 40,<br>41, 42, 43               | 38             | 11,8       | 0,25    | 0,1        | 59,66                  | 500        | 3 | 1,8                  |                      |
|          | Точити пов. 45                              | 38             | 22         | 0,1     | 0,1        | 59,66                  | 500        | 1 | 1,1                  |                      |
| 045      | Токарна<br>Точити пов. 4                    | 22,5           | 31,5       | 0,25    | 0,1        | 70,655                 | 1000       | 3 | 0,945                | 0,945                |
| 050      | Шліфувальна                                 | 22,2           | 31,5       | 0,15    | 0,05       | V <sub>д</sub>         | 320        | 1 | 2,32                 | 2,32                 |
|          | Шліфувати<br>пов. 4                         |                |            |         |            | V <sub>кр</sub>        | 3500       |   |                      |                      |

Продовження таблиці 1.9

| 1   | 2                                                                                                                                | 3                                  | 4                                  | 5                                  | 6                                | 7                                         | 8                                | 9                     | 10                                  | 11    |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------|
| 055 | Токарна<br>Точити пов. 33,<br>34, 38<br>Точити пов. 23                                                                           | 14<br>12,2                         | 65<br>12,5                         | 2<br>0,2                           | 0,1<br>0,1                       | 43,96<br>30,65                            | 1000<br>800                      | 3<br>1                | 6,28<br>2,64                        | 8,92  |
| 075 | Фрезерна<br>Фрезерувати<br>пов. 6                                                                                                | 14,2                               | 5,5                                | 1,6                                | Sхв,<br>мм/зуб<br>0,1            | 7,13                                      | 160                              | 1                     | 3,15                                | 3,15  |
| 085 | Фрезерна<br>Фрезерувати<br>пов. 5                                                                                                | 20                                 | 25                                 | 2,3                                | Sмин,<br>мм/зуб<br>0,1           | 32,66                                     | 520                              | 1                     | 0,57                                | 0,57  |
| 086 | Фрезерна<br>Фрезерувати<br>пов. 7                                                                                                | 40                                 | 50                                 | 1,6                                | Sхв,<br>мм/зуб<br>0,1            | 20,1                                      | 160                              | 1                     | 1,43                                | 1,43  |
| 090 | Токарна<br>Свердлити отв.<br>14<br>Зенкувати отв.<br>14<br>Розгорнути<br>отв. 14<br>Розгорнути<br>отв. 9<br>Розточити отв.<br>13 | 8,3<br>8,35<br>8,5<br>14,5<br>10,2 | 39,6<br>39,6<br>39,6<br>0,5<br>4,8 | 4,15<br>0,05<br>0,15<br>2,2<br>1,7 | 0,06<br>0,4<br>0,6<br>0,6<br>0,1 | 13,03<br>20,98<br>21,35<br>36,42<br>32,03 | 500<br>800<br>800<br>800<br>1000 | 3<br>4<br>3<br>5<br>1 | 3,06<br>2,86<br>2,15<br>3,2<br>0,78 | 12,05 |

Продовження таблиці 1.9

| 1   | 2                                                                                                             | 3                        | 4                        | 5                          | 6                          | 7                                 | 8                        | 9                | 10                           | 11    |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------------|------------------|------------------------------|-------|
| 95  | Свердлувальна<br>Свердлити отв.<br>22<br>Свердлити отв.<br>22<br>Зенкувати отв.<br>22<br>Зенкувати отв.<br>22 | 4,3<br>4,3<br>4,5<br>4,5 | 121<br>125<br>121<br>125 | 2,15<br>2,15<br>0,1<br>0,1 | 0,06<br>0,06<br>0,4<br>0,4 | 7,07<br>7,07<br>11,312<br>11,312  | 500<br>500<br>800<br>800 | 3<br>3<br>4<br>4 | 4,08<br>4,25<br>1,53<br>1,59 | 11,48 |
| 100 | Свердлувальна<br>Свердлити 2<br>отв 45                                                                        | 4                        | 3                        | 2                          | 0,06                       | 6,28                              | 500                      | 3                | 6,48                         | 6,48  |
| 105 | Свердлувальна<br>Свердлити 2<br>отв. 22                                                                       | 2                        | 54,5                     | 1                          | 0,06                       | 5,02                              | 800                      | 3                | 8,23                         | 8,23  |
| 110 | Свердлувальна<br>Свердлити 2<br>отв. 35                                                                       | 3                        | 1,5                      | 1,5                        | 0,06                       | 7,54                              | 800                      | 3                | 4,28                         | 4,28  |
| 135 | Шліфувальна<br>Шліфувати<br>пов. 34                                                                           | 10                       | 10,9<br>3                | 0,2                        | 0,05                       | V <sub>д</sub><br>V <sub>кр</sub> | 400<br>3500              | 2                | 5,68                         | 5,68  |

Продовження таблиці 1.9

| 1   | 2                                   | 3      | 4    | 5   | 6    | 7                                 | 8           | 9 | 10   | 11   |
|-----|-------------------------------------|--------|------|-----|------|-----------------------------------|-------------|---|------|------|
| 140 | Шліфувальна<br>Шліфувати<br>пов. 33 | 11,98  | 13   | 0,5 | 0,05 | V <sub>д</sub><br>V <sub>кр</sub> | 350<br>3500 | 3 | 3,06 | 3,06 |
| 145 | Шліфувальна<br>Шліфувати<br>пов. 4  | 21,992 | 32,7 | 0,2 | 0,05 | V <sub>д</sub><br>V <sub>кр</sub> | 320<br>3500 | 1 | 2,04 | 2,04 |

### 1.8 Визначення норм часу і штучно-калькуляційного часу

Під технічною нормою часу розуміють тривалість часу, необхідного для виконання операції. Нормою часу в умовах серійного виробництва є калькуляційний час.

$$T_k = T_{шт} + T_{п.з.} / n_p \quad (1.66)$$

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

$T_{шт}$  – штучний час, хв (норма часу на одну деталь)

$n$  – число деталей в партії, хв.

$$T_{шт} = t_O + t_B + t_{ОБ} + t_{П} \quad (1.67)$$

де  $t_O$  – основне (машинне) час, хв;

$t_B$  – допоміжний час, хв;

$t_{ОБ}$  – час обслуговування робочого місця, хв;

$t_{П}$  – час перерв на відпочинок і особисті потреби, хв.

$$t_B = t_{у.с.} + t_{з.о.} + t_{уп} + t_{из} + t_{ав} + t_{б.п} \quad (1.68)$$

де  $t_{у.с.}$  – час на установку і зняття деталі, хв;

$t_{з.о.}$  – час на закріплення і відкріплення деталі, хв;

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

$t_{из}$  – час на вимір деталі, хв;

$t_{AB}$  – час на автоматичну зміну інструменту, хв;

$t_{Б.П.}$  – час на швидкий підхід, відхід інструменту.

Оперативний час:

$$T_{OP} = t_O + t_B, \text{ хв.} \quad (1.69)$$

Час на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби визначається по формулах:

$$T_{обс} = T_O \cdot \frac{a_{обс}}{100}, \text{ хв;} \quad ; \quad (1.70)$$

$$T_{отд} = T_O \cdot \frac{a_{отд}}{100}, \text{ хв.}$$

де  $a_{обс}$  и  $a_{отд}$  – відповідно час на обслуговування робочого місця, перерву на відпочинок і природні потреби, у відсотках від оперативного часу.

Кількість деталей в партії для запуску у виробництво визначається по формулі:

$$n = \frac{N \cdot a}{253} = \frac{5000 \cdot 10}{253} = 200 \text{ шт} \quad (1.72)$$

де  $N$  – річна програма випуску, штук;

$a$  – періодичність випуску, дні;

253 – число робочих днів в році.

Для застосування в серійному виробництві норм часу масового виробництва використовуємо коефіцієнт 1,8 [8, стр 101].

Операція 45. Токарна.

1) Визначаємо допоміжний час:

$$t_B = t_{y.c.} + t_{3.O.} + t_{yII} + t_{ИЗ} = 0,54 + 0,18 + 0,02 + 0,18 = 0,92 \text{ хв}$$

де  $t_{y.c.} = 0,54 \text{ хв}$  [8, стр 197];

$t_{3.O.} = 0,18 \text{ хв}$  [8, стр 202];

$$t_{yII} = 0,02 \text{ хв [8, стр 202];}$$

$$t_{II3} = 0,18 \text{ хв [8, стр 207].}$$

2) Визначаємо операційний час:

$$t_O = 0,945 \text{ хв (см. п. 1.11)}$$

$$T_{on} = 0,945 + 0,92 = 1,865 \text{ хв..}$$

3) Час на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби:

$$a_{обс} = 7\% \text{ [8, стр 214];}$$

$$a_{омд} = 7\% \text{ [8, стр 214];}$$

$$t_{OB} = T_O \cdot \frac{a_{обс}}{100} = \frac{1,865 \cdot 7}{100} = 0,13, \text{ хв;}$$

$$t_{II} = T_O \cdot \frac{a_{омд}}{100} = \frac{1,865 \cdot 7}{100} = 0,13, \text{ хв.}$$

4) Визначаємо штучний час:

$$T_{um} = t_O + t_B + t_{OB} + t_{II} = 0,945 + 0,92 + 0,13 + 0,13 = 2,125 \text{ хв}$$

5) Визначаємо калькуляційний час:

$$T_k = T_{um} + T_{н.з.}/n = 2,125 + 30/200 = 2,275 \text{ хв.}$$

Операція 95. Свердлувальна.

1) Визначаємо допоміжний час:

$$t_B = t_{y.C.} + t_{з.О.} + t_{yII} + t_{II3} + t_{II} = 1,2 + 0,2 + 0,02 + 0,18 = 1,6 \text{ хв;}$$

$$\text{где } t_{y.C.} = 1,2 \text{ хв [8 стр 197];}$$

$$t_{з.О.} = 0,2 \text{ хв [8, стр 202];}$$

$$t_{yII} = 0,02 \text{ хв [8, стр 202];}$$

$$t_{II3} = 0,18 \text{ хв [8, стр 207].}$$

2) Визначаємо операційний час:

$$t_O = 11,48 \text{ хв (див. п. 1.11);}$$

$$T_{on} = 11,48 + 1,6 = 13,08 \text{ хв.}$$

3) Час на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби:

$$a_{обс} = 7\% [8, \text{ стр } 214];$$

$$a_{омд} = 7\% [8, \text{ стар } 214];$$

$$t_{OB} = T_O \cdot \frac{a_{обс}}{100} = \frac{1,865 \cdot 7}{100} = 0,13, \text{ хв};$$

$$t_{II} = T_O \cdot \frac{a_{омд}}{100} = \frac{1,865 \cdot 7}{100} = 0,13, \text{ хв.}$$

4) Визначаємо штучний час:

$$T_{um} = t_O + t_B + t_{OB} + t_{II} = 0,945 + 0,92 + 0,13 + 0,13 = 2,125 \text{ хв}$$

6) Визначаємо калькуляційний час:

$$T_k = T_{um} + T_{н.з.}/n = 2,125 + 30/200 = 2,275 \text{ хв.}$$

Операція 85. Фрезерна.

1) Визначаємо допоміжний час:

$$t_B = t_{V.C.} + t_{з.О.} + t_{yII} + t_{II3} + t_{II} = 1,2 + 0,2 + 0,02 + 0,18 = 1,6 \text{ хв};$$

де  $t_{V.C.} = 1,2 \text{ хв [8 стр } 197];$

$$t_{з.О.} = 0,2 \text{ хв [8, стр } 202];$$

$$t_{yII} = 0,02 \text{ хв [8, стр } 202];$$

$$t_{II3} = 0,18 \text{ хв [8, стр } 207].$$

2) Визначаємо операційний час:

$$t_O = 11,48 \text{ хв (см. п. 1.11);}$$

$$T_{on} = 11,48 + 1,6 = 13,08 \text{ хв.}$$

3) Час на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби:

$$a_{обс}=7\% [8, \text{стр } 214];$$

$$a_{омд}=7\% [8, \text{стр } 214];$$

$$t_{OB} = T_O \cdot \frac{a_{обс}}{100} = \frac{11,48 \cdot 7}{100} = 0,8, \text{ хв};$$

$$t_{II} = T_O \cdot \frac{a_{омд}}{100} = \frac{11,48 \cdot 7}{100} = 0,8, \text{ хв}.$$

4) Визначаємо штучний час:

$$T_{um} = t_O + t_B + t_{OB} + t_{II} = 11,48 + 1,6 + 0,8 + 0,8 = 14,68 \text{ хв}.$$

5) Визначаємо калькуляційний час:

$$T_k = T_{um} + T_{н.з.}/n = 14,68 + 15/200 = 14,755 \text{ хв}.$$

Операція 145. Шліфувальна.

1) Визначаємо допоміжний час:

$$t_B = t_{y.c.} + t_{3.O.} + t_{yII} + t_{II3} = 0,7 + 0,2 + 0,03 + 0,12 = 1,05 \text{ хв}$$

де  $t_{y.c.} = 0,7 \text{ хв}$  [8, стр 197];

$t_{3.O.} = 0,2 \text{ хв}$  [8, стр 202];

$t_{yII} = 0,03 \text{ хв}$  [8, стр 202];

$t_{II3} = 0,12 \text{ хв}$  [8, стр 207].

2) Визначаємо операційний час:

$$t_O = 0,57 \text{ хв};$$

$$T_{on} = 0,57 + 1,05 = 1,62 \text{ хв}.$$

3) Час на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби:

$$a_{a\delta c}=4\% [8, \text{стр } 214];$$

$$a_{om\delta}=4\% [8, \text{стр } 214];$$

$$t_{OB}=T_O \cdot \frac{a_{a\delta c}}{100} = \frac{0,57 \cdot 4}{100} = 2,28, \text{ хв};$$

$$t_{II}=T_O \cdot \frac{a_{om\delta}}{100} = \frac{0,57 \cdot 4}{100} = 2,28, \text{ хв.}$$

4) Визначаємо штучний час:

$$T_{um}=t_O+t_B+t_{OB}+t_{II}=0,57+1,05+2,28+2,28=6,18 \text{ хв.}$$

5) Визначаємо калькуляційний час:

$$T_k=T_{um}+T_{n.з.}/n=6,18+20/200=6,28 \text{ хв.}$$

Операція 35. Токарна.

1) Визначаємо допоміжний час:

$$t_B=t_{y.c.}+t_{3.O.}+t_{yII}+t_{II3.}=0,54+0,15+0,02+0,1=0,81 \text{ хв}$$

де  $t_{y.c.}=0,54 \text{ хв [8, стр } 197];$

$t_{3.O.}=0,15 \text{ хв [8, стр } 202];$

$t_{yII}=0,02 \text{ хв [8, стр } 202];$

$t_{II3.}=0,1 \text{ хв [8, стр } 207].$

2) Визначаємо операційний час:

$$t_O=2,04 \text{ хв (см. п. 1.11)}$$

$$T_{on}=2,04+0,81=2,85 \text{ хв.}$$

3) Час на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби:

$$a_{a\delta c}=5\% [8, \text{стр } 214];$$

$$a_{om\delta}=5\% [8, \text{стр } 214];$$

$$t_{OB} = T_O \cdot \frac{a_{обс}}{100} = \frac{2,04 \cdot 5}{100} = 0,102, \text{ хв};$$

$$t_{II} = T_O \cdot \frac{a_{омд}}{100} = \frac{2,04 \cdot 5}{100} = 0,102, \text{ хв}$$

4) Визначаємо штучний час:

$$T_{шт} = t_O + t_B + t_{OB} + t_{II} = 2,04 + 0,81 + 0,102 + 0,102 = 3,054 \text{ хв.}$$

5) Визначаємо калькуляційний час:

$$T_k = T_{шт} + T_{н.з.}/n = 3,054 + 17/200 = 3,139 \text{ хв}$$

Результати технічного нормування операцій зводимо в таблицю 1.10.

Таблиця 1.10 – Результати технологічного нормування операцій механічної обробки

| №   | Найменування операції | Модель верстата   | t <sub>о</sub><br>хв | t <sub>в</sub><br>хв | t <sub>оп</sub><br>хв | t <sub>шт</sub><br>хв | t <sub>п-з</sub><br>хв | t <sub>к</sub><br>хв |
|-----|-----------------------|-------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|
| 1   | 2                     | 3                 | 4                    | 5                    | 6                     | 7                     | 8                      | 9                    |
| 025 | Токарна               | 16K25             | 0,3                  | 0,92                 | 1,22                  | 1,38                  | 30                     | 1,53                 |
| 030 | Токарна               | 16K25             | 0,2                  | 0,92                 | 1,12                  | 1,28                  | 30                     | 1,43                 |
| 035 | Токарна               | 16K25             | 0,225                | 0,92                 | 1,145                 | 1,305                 | 30                     | 1,455                |
| 040 | Токарна з ЧПУ         | АТПр<br>12М12СН-1 | 6,92                 | 1,39                 | 8,31                  | 8,47                  | 20                     | 8,57                 |
| 045 | Токарна               | 16K25             | 0,945                | 0,92                 | 1,865                 | 2,125                 | 30                     | 2,275                |

Продовження таблиці 1.10

| 1   | 2                         | 3                               | 4     | 5    | 6     | 7     | 8  | 9     |
|-----|---------------------------|---------------------------------|-------|------|-------|-------|----|-------|
| 050 | Шліфувальна               | 3A151                           | 2,32  | 0,81 | 3,13  | 3,334 | 17 | 3,425 |
| 055 | Токарна з ЧПУ             | АТПр<br>12М12СН-1               | 8,92  | 1,39 | 10,31 | 10,47 | 20 | 10,57 |
| 060 | Токарна                   | 16K25                           | 0,1   | 0,92 | 1,02  | 1,18  | 30 | 1,33  |
| 065 | Абразивно-<br>відрізна    | 8A230                           | 1,6   | 0,81 | 2,41  | 2,59  | 15 | 2,615 |
| 070 | Фрезерна ЧПУ <sup>3</sup> | 6P11Ф3                          | 3,15  | 1,05 | 4,2   | 8,76  | 20 | 8,86  |
| 080 | Фрезерна                  | 6P81Г                           | 0,82  | 1,05 | 1,87  | 4,03  | 20 | 4,13  |
| 085 | Фрезерна                  | 6P81Г                           | 0,57  | 1,05 | 1,62  | 6,18  | 20 | 6,28  |
| 090 | Фрезерна                  | 6H12П                           | 1,43  | 1,05 | 2,48  | 4,64  | 20 | 4,74  |
| 095 | Токарна                   | 1Г34ОП                          | 11,48 | 1,6  | 13,08 | 14,68 | 15 | 14,78 |
| 100 | Свердлувальна             | обробляючий<br>центр<br>VMC850E | 6,48  | 1,6  | 8,08  | 9,68  | 15 | 10,43 |
| 105 | Свердлувальна             | 2H135                           | 8,23  | 1,6  | 9,39  | 10,99 | 15 | 11,74 |
| 110 | Свердлувальна             | 2H135                           | 4,28  | 1,6  | 5,88  | 7,48  | 15 | 7,555 |
| 130 | Шліфувальна               | ВДА-40                          | 5,68  | 0,81 | 6,49  | 6,692 | 17 | 6,777 |
| 135 | Шліфувальна               | 3M151                           | 3,06  | 0,81 | 3,87  | 4,072 | 17 | 4,151 |
| 140 | Шліфувальна               | 3M182                           | 2,04  | 0,81 | 2,85  | 3,054 | 17 | 3,139 |

1.9 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК, з використанням NXCAM або іншої програми, що має САМ-модуль

#### 1.9.1 Розробка токарної операції

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПК. Заготовка затискається в спеціальному пристрої.

Розробка операції виконується у програмному комплексі Siemens NX.

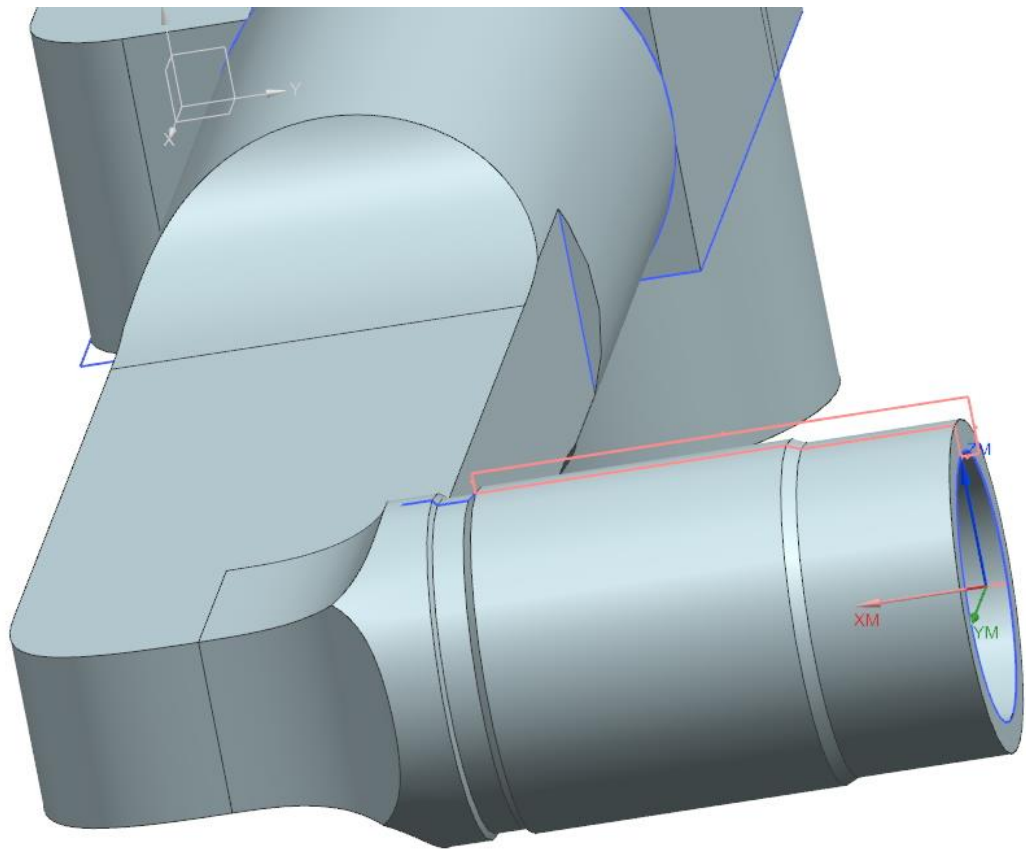


Рисунок 1.9 – Тривимірна модель операційного ескизу операції – токарна з ЧПК

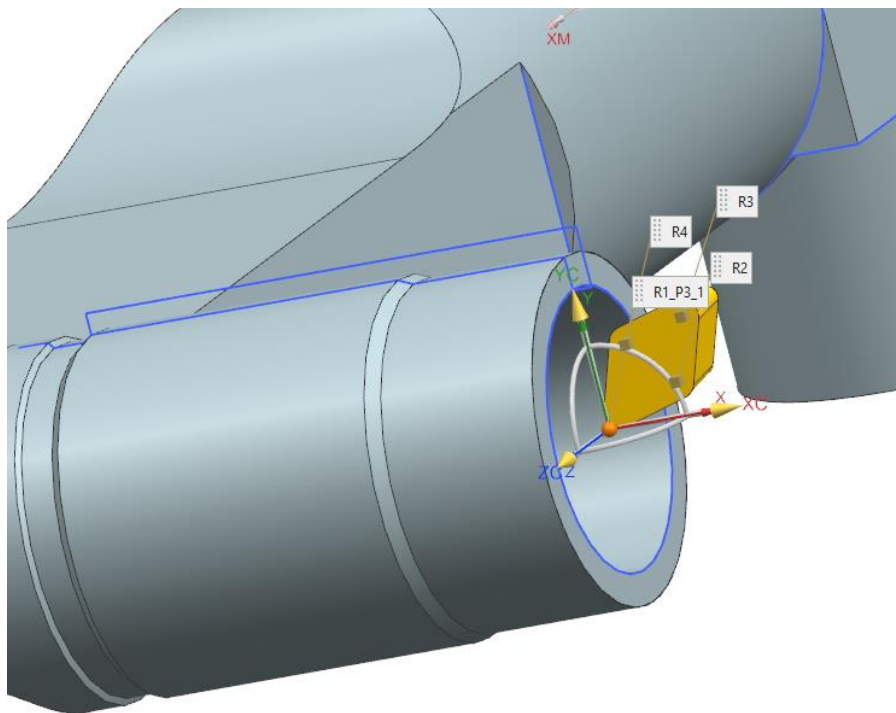


Рисунок 1.10 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки

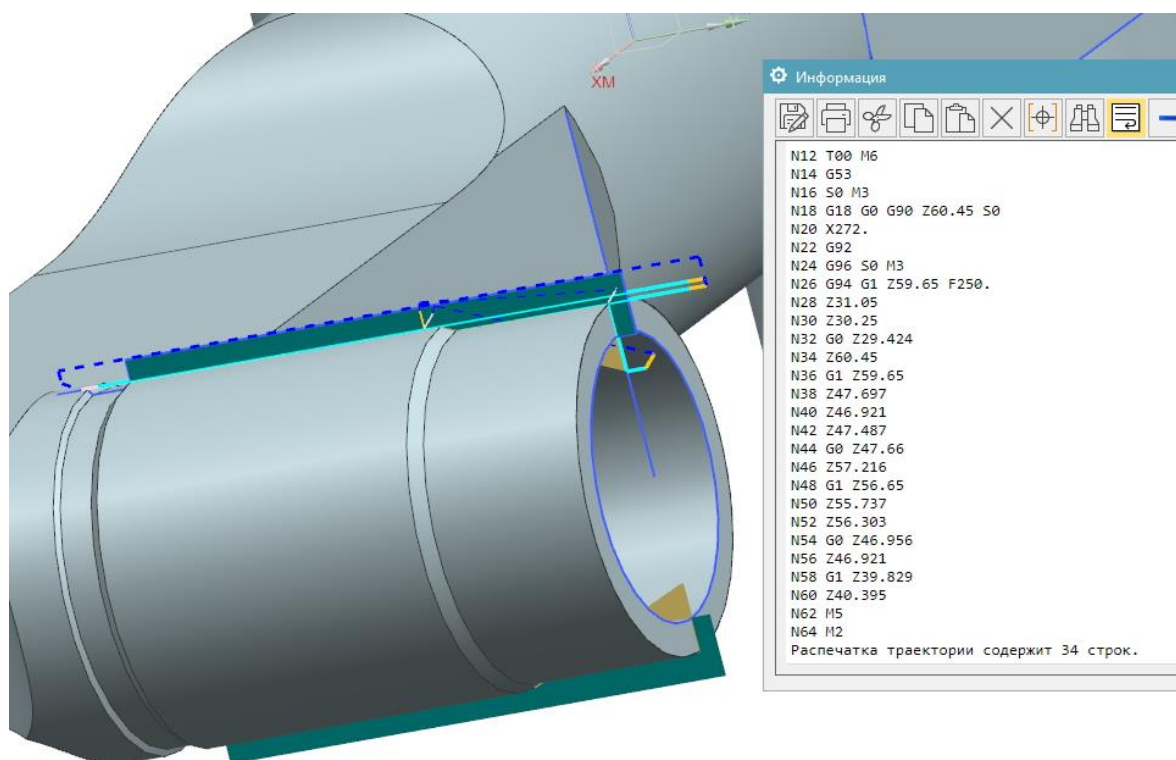


Рисунок 1.11 – Програма обробки в G кодах

### 1.9.2 Розробка свердлильної операції

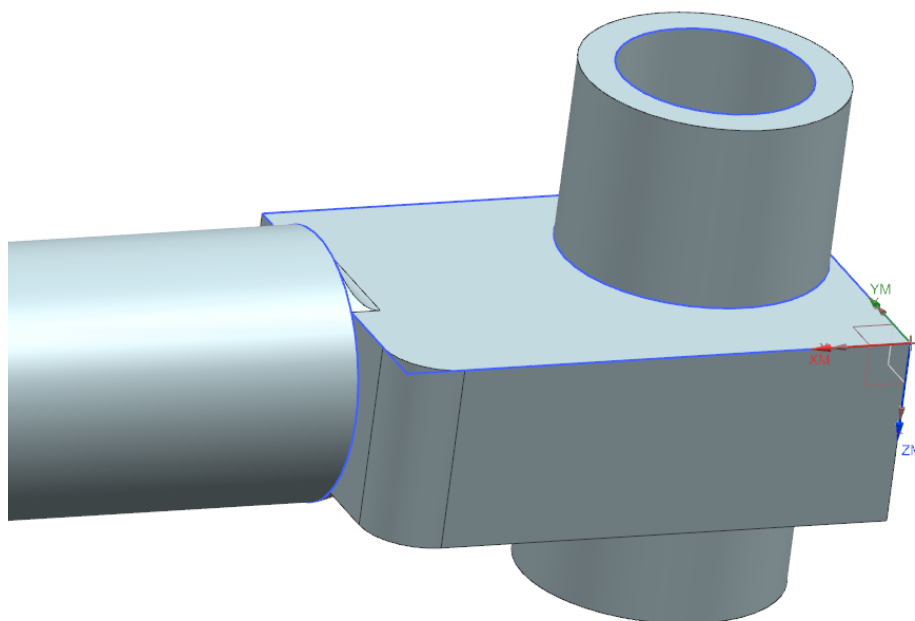


Рисунок 1.12 – Операційний ескіз – свердлильна операція

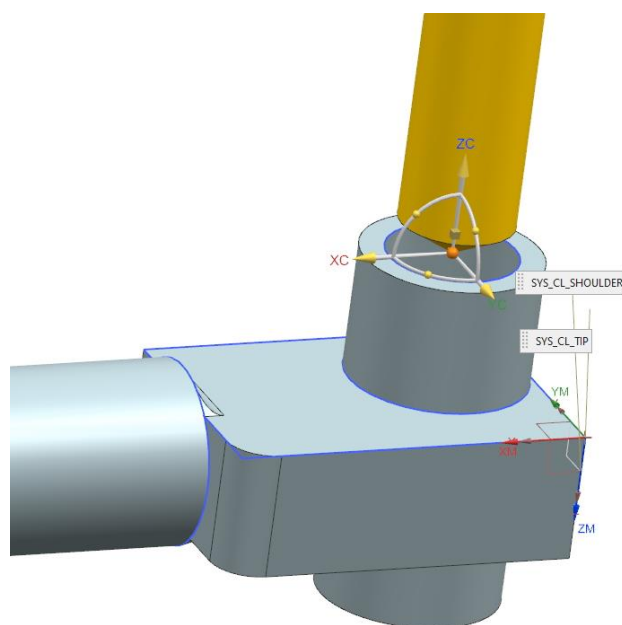


Рисунок 1.13 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки

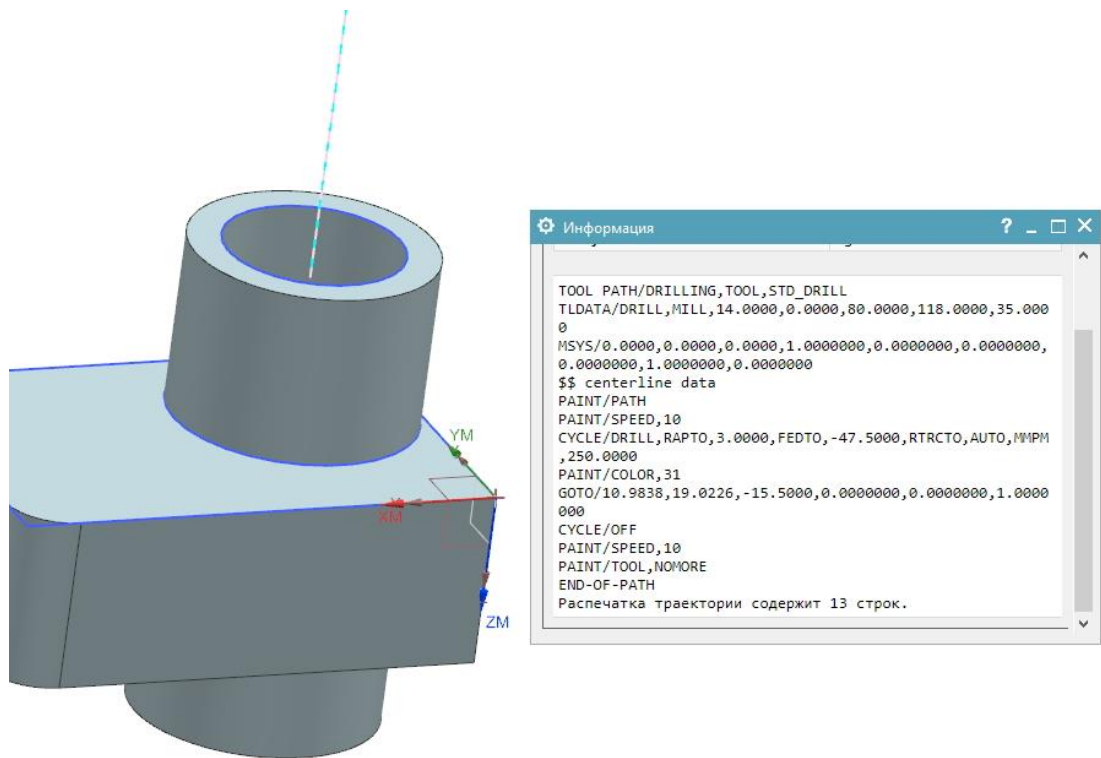


Рисунок 1.14 – Траєкторія обробки з програмою

### 1.9.3 Розробка фрезерної операції

Розрахунок режимів різання на фрезерну операцію з ЧПК

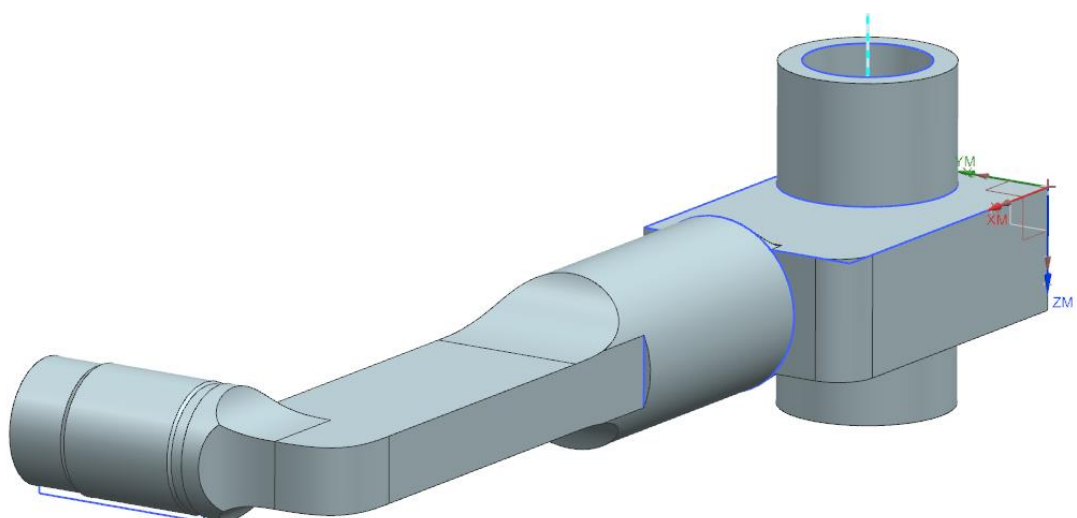


Рисунок 1.15 – Тривимірний модель операційного ескизу операції Фрезерна з ЧПК

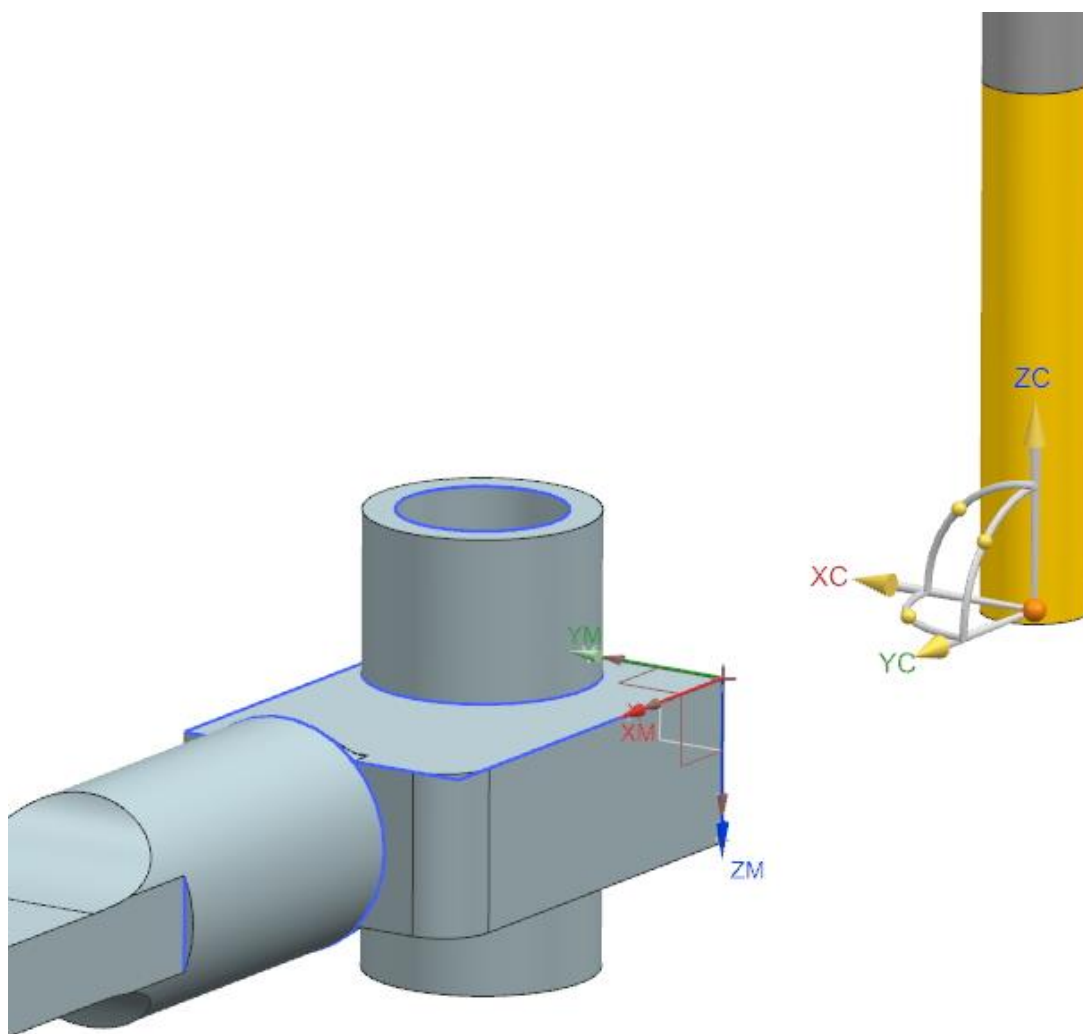


Рисунок 1.16 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки

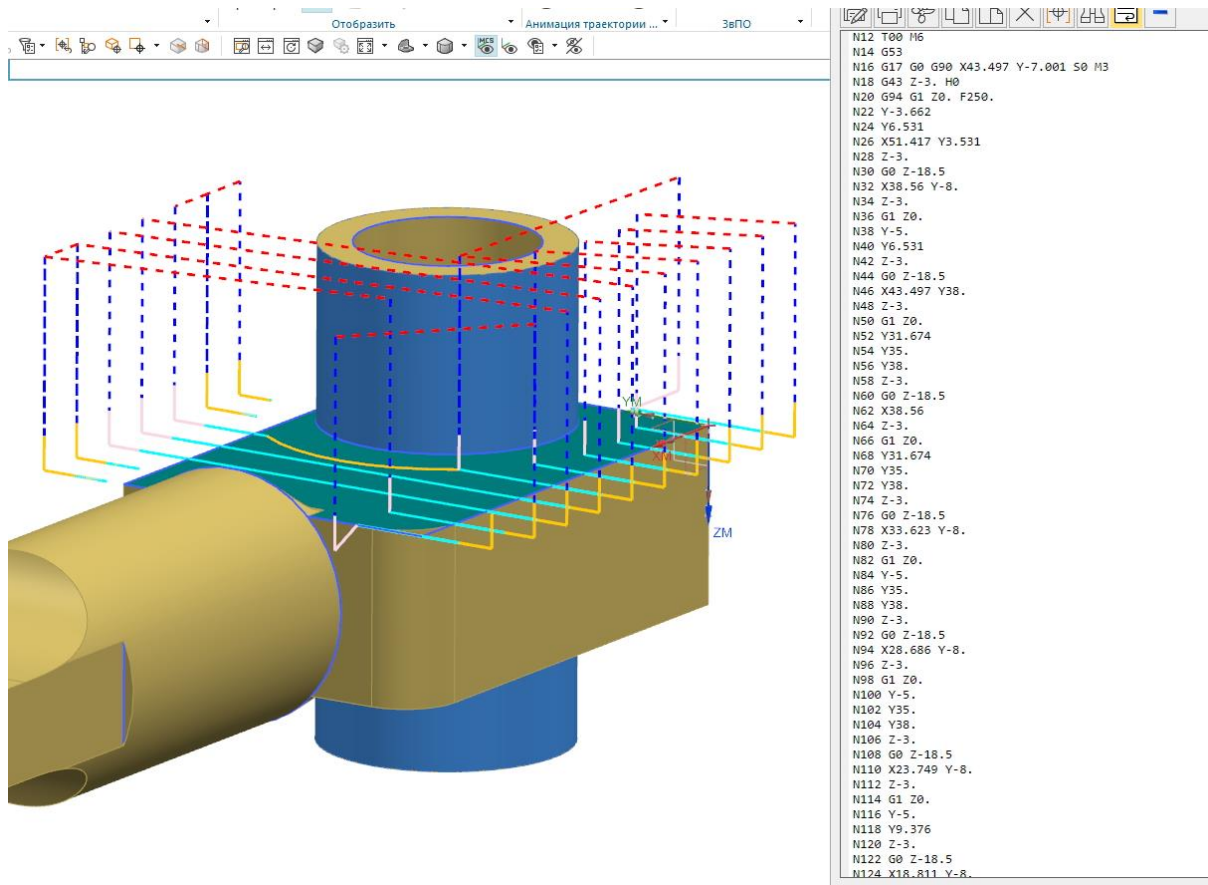


Рисунок 1.17 – Траєкторія обробки з програмою в G кодах

## 2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 2.1 Опис конструкції токарного пристосування

Оброблювана заготівля встановлюється на призми. Гідроциліндр, встановлений в корпусі, при пересуванні вліво за допомогою штока давить на клин, який, у свою чергу, рухає притиски. Заходячи на оброблювану заготівлю, притиски скосом заклинюють її.

Після закінчення обробки шток гідроциліндра переміщається вправо і відпускає притиски, які, за допомогою пружини, розтискають і звільняють оброблену деталь. Для налаштування фрези використовується установ.

2.2.1 Обґрунтування способу базування оброблюваної деталі і розрахунок погрішності установки

Погрішність установки - різниця граничних відхилень виміральної бази відносно встановленого на розмір різального інструменту.

$$\varepsilon_{уст} = \sqrt{\varepsilon_{баз}^2 + \varepsilon_{закр}^2}; \quad (2.1)$$

де  $\varepsilon_{баз}$  – похибка базування;

$\varepsilon_{закр}$  – похибка закріплення.

Похибка базування – частина похибки установки, викликана неспівпаданням виміральної і настроювальної баз.

Похибка закріплення виникає у тому випадку, коли напрям сили затиску або її складової співпадає з розміром обробки.

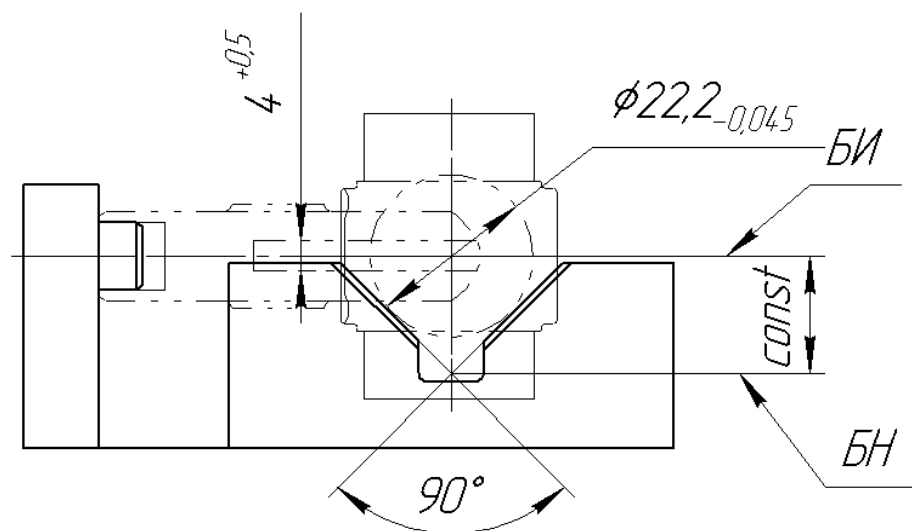


Рисунок 2.1 – Схема базування

Похибка базування

$$\varepsilon_{баз} = k_{Td} = 0.7 \cdot 0.045 = 0.031 \text{ мм}; \quad (2.2)$$

$T_D$  – допуск на діаметр базування;

$k=0.7$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_{закр}=0,03\sin45=0.021\text{мм}; \quad (2.3)$$

Погрішність установки по формулі (2.1):

$$\varepsilon_{уст} = \sqrt{0,031^2 + 0,021^2} = 0,037\text{мм}$$

### 2.1.2 Розрахунок пристосування на точність

Налаштування інструменту на розмір обробки робиться за допомогою установа-габарита. Щоб уникнути зносу основної поверхні установа користуються щупом.

При фрезеруванні площин, коли необхідно витримати один розмір, користуються висотними установками.

Розрахунок на точність фрезерних пристосувань полягає у визначенні виконавчих розмірів на установ.

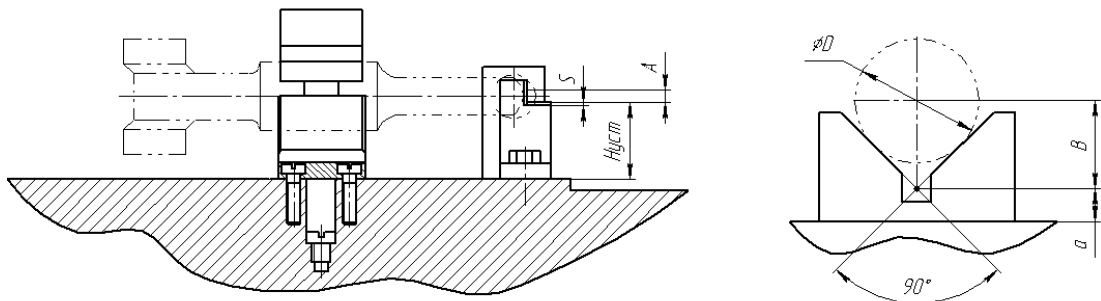


Рисунок 2.2 – Схема розрахунку на точність

Визначення номінального розміру установка.

$$\begin{aligned} A_{сп} &= A + TA/2 = 4 + 0,5/2 = 4.25\text{мм} \\ D_{сп} &= D - TD/2 = 22.2 - 0,045/2 = 22.177\text{мм} \\ R_{сп} &= D_{сп}/2 = 22.177/2 = 11.088\text{мм} \\ B_{сп} &= R_{сп}/\sin45 = 11.088/0,707 = 15.68\text{мм} \\ TB_{сп} &= \pm TD/2\sin45 = \pm 0,045/2\sin45 = \pm 0,03\text{мм} \\ S_{сп} &= S - TS/2 = 3 - 0,006/2 = 2,997\text{мм} \end{aligned}$$

$$H_{уст} = B_{сп} + a - A_{сп}/2 - S_{сп} = 15.68 + 11 - 4.25/2 - 2.997 = 21.55 \text{ мм}$$

Визначення допуску на установ

$$TH_{уст} \leq TA - (K_1 \cdot \varepsilon_{баз} + \varepsilon_{закр} + K_2 \cdot \omega) \quad (2.3)$$

де  $TA$  – допуск на розмір обробки;

$K_1 = 0.8 \dots 0.85$  – коефіцієнт, що враховує реальну погрішність базування;

$K_2 = 0.6 \dots 0.65$  – коефіцієнт, що враховує долю середньої економічної точності обробки і не залежний від конструкції пристосування;

$\omega = 0.016 \text{ мм}$  – середня економічна точність обробки.

$$TH_{уст} \leq 0.5 - (0.8 \cdot 0.031 + 0.021 + 0.6 \cdot 0.016) = 0.45 \Rightarrow \pm 0.0225 \text{ мм}$$

Посилуємо допуск

$$TH = 0.1 = \pm 0.05 \text{ мм}$$

$$TH = 0.1 \leq \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{3} \right) T_{обр} = \frac{1}{3} \cdot 0.5 = 0.111 \text{ мм} \quad (2.4)$$

Виконавчий розмір установка.

$$H_{уст} \pm TH_{уст} = 21.55 \pm 0.05$$

### 2.1.3 Розрахунок необхідної сили затиску заготівлі в пристосуванні

Ефективність затиску багато в чому залежить від напрямку і місця додатка сили. Затискні пристосування служать для утримання заготівлі під час її обробки. Особливістю цієї схеми закріплення заготівлі є те, що точка прикладення сили затиску є плаваючою, тому сила тертя в цій точці не утримує заготівлю в процесі обробки.

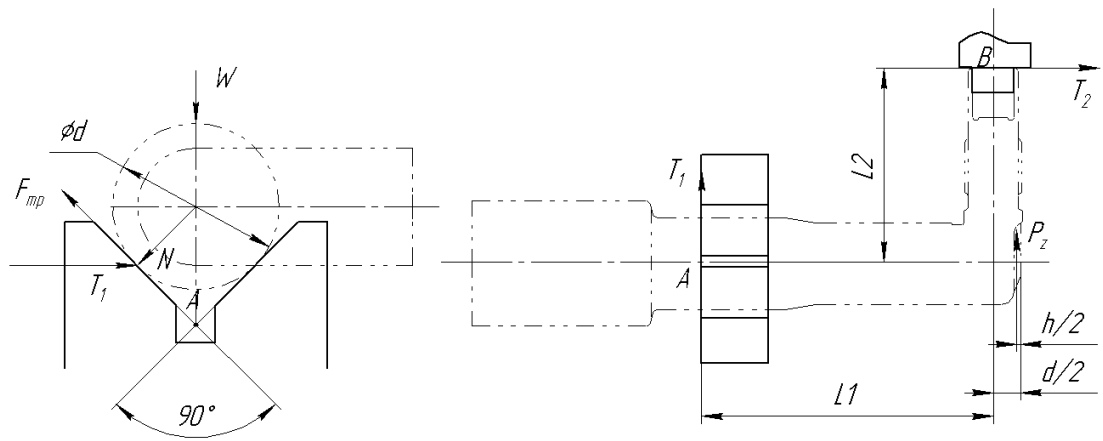


Рисунок 2.5 – Схема до визначення сили закріплення

$$\sum MB = 0;$$

$$P_z(d/2 - h/2) - 2T \cdot R = T_1 \cdot L_1$$

$$\sum MA = 0;$$

$$T \cdot 0.35d = N \cdot 0.5d$$

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

$$T_1 = \frac{0.5W}{0.7 \sin(\alpha/2)}$$

$$W = \frac{T_1 \cdot 0.7 \cdot \sin(\frac{\alpha}{2})}{0.5}$$

$$W = \frac{1.4 \cdot P_z \cdot (\frac{d}{2} - \frac{h}{2}) \cdot \sin(\frac{\alpha}{2})}{L_1} \quad (2.6)$$

$$W = \frac{1.4 \cdot P_z \cdot (\frac{d}{2} - \frac{h}{2}) \cdot \sin(\frac{\alpha}{2})}{L_1} \cdot k \quad (2.7)$$

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6; \quad (2.8)$$

де  $k_0=1,5$  – гарантований коефіцієнт запасу для усіх випадків;

$k_1=1$  – коефіцієнт нерівномірності сил різання із-за непостійності припуску, що знімається при обробці.

$k_2=1,7$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання від прогресуючого затуплення інструменту.

$k_3=1,2$  – коефіцієнт, що враховує уривчастість різання;

$k_4=1$  – коефіцієнт, що враховує непостійність сил затиску, що розвиваються приводами;

$k_5=1$  – коефіцієнт, що враховує зручність розташування руків'я;

$k_6=1$  – коефіцієнт невизначеності положення місць контакту.

$$L_1=75\text{мм}$$

$$d=22\text{ мм}$$

$$h=2.5\text{мм}$$

$$k=1,5 \cdot 1 \cdot 1,7 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 3,06$$

Головна складова сили різання при фрезеруванні – окружна сила.

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{i\delta}; \quad (2.9)$$

Значення коефіцієнтів  $x=0,83$ ,  $y=0,65$ ,  $q=0,83$ ,  $w=0$ ,  $n=1$

$K_{mp}$  – поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу.

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_{\epsilon}}{750} \right)^{0,3}; \quad (2.10)$$

$$K_{mp} = \left( \frac{1080}{750} \right)^{0,3} = 1,11$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 2,5^{0,83} \cdot 0,1^{0,65} \cdot 8^1 \cdot 1,11}{19^{0,83} \cdot 520^0} = 247,5\text{Н};$$

$$W = \frac{1,4 \cdot 247,5 \cdot \left( \frac{0,022}{2} - \frac{0,0025}{2} \right) \cdot \sin\left(\frac{90}{2}\right)}{0,075} \cdot 3,06 = 97,4\text{Н}$$

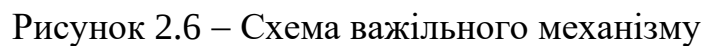
Визначаємо силу на штоку гідроциліндра:

$$P = \frac{W}{2 \cos \gamma} = \frac{97,4}{2 \cos 70} = 142,4\text{Н}$$

$$\sum M_o = 0;$$

$$P \cdot L - P_1 \cdot L_1 + P_{np} \cdot h + F_1 \cdot h_1 + F_2 \cdot R + F_3 h_2 = 0;$$

$$F_2 = f \cdot P_1 - f P_{np} + f P \sin \gamma;$$



$$Q = 2 \cdot 152,2 \cdot \operatorname{tg}(20 + 8) = 161H;$$

де  $P$  – тиск рідини в гідросистемі

$\alpha=2,25$ –коефіцієнт затягування

$[\sigma]=100$  МПа – напруга, що допускається, на розтягування для сталі 40Х

Діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{p\eta\pi} + d^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 161}{3.14 \cdot 5 \cdot 0.85} + 22^2} = 23 \Rightarrow 40_{мм} \quad (2.13)$$

де  $\eta=0,8 \dots 0,85$  – ККД, що враховує втрати на тертя.

Розмір розкриття затискних елементів

$$h = S_1 + S_2 \quad (2.14)$$

де  $S_1=5$ мм – конструктивний проміжок дозволяє встановлювати і знімати заготівлю;

$S_2=5$ мм – додатковий проміжок, що гарантує зручність установки і зняття заготівлі

$\delta=0,2$ мм – додатковий проміжок, компенсуючий погрішність розміру заготівлі в межах допуску

$\Delta=0,08$ мм – додатковий проміжок, компенсуючий пружні деформації в конструкції пристосування, викликані додатком сили затиску заготівлі, визначається по формулі:

$$\Delta = \frac{Q}{J} = \frac{161}{2000} = 0,08_{мм} \quad (2.15)$$

де  $J=2$ кН/мм – жорсткість вузла закріплення заготівлі

$$h = 5 + 5 + 0.2 + 0,08 = 10,28 \text{ мм}$$

Приймаємо гідроциліндр 7021-0221 з діаметром поршня 40 мм, діаметром штока 22 мм, діаметром різьблення на штоку М12 і ходом поршня рівним 12 мм.

## 2.1.5 Розрахунок на міцність найбільш навантаженої деталі

Найбільш навантаженою деталлю в пристосуванні є шток, а саме мінімальний його переріз в різьбленні М12×1,5. Перевіримо його на розтягування.

Умови міцності по напрузі розтягування:

$$\sigma = \frac{\kappa Q}{\frac{\pi d_2^2}{4}} \leq [\sigma] \quad (2.16)$$

де Q – зусилля на штоку.

$d_1=10,376$  мм – діаметр западин різьблення штока

$\kappa=1,5 \dots 2$

$[\sigma]=100$  МПа – напруга, що допускається, на розтягування для сталі 40Х

$$Q = \frac{(D^2 - d^2) p \pi \eta}{4} = \frac{(0.04^2 - 0.022^2) \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot 3.14 \cdot 0.85}{4} = 3723 \text{ Н}$$

$$\sigma = \frac{1,5 \cdot 4 \cdot 3723}{10,376^2 \cdot 3,14} = 66 \text{ МПа} < [\sigma] = 100 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

#### 2.1.6 Вибір і обґрунтування способу базування.

Похибка установки, як одна із складових загальної похибки виконуваного розміру, підсумовується з похибкою базування, закріплення. По своєму фізичному сенсу величина виражає похибку положення заготівлі.

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{зак}^2 + \varepsilon_{баз}^2} \quad (4.1)$$

Похибкою базування називається різниця граничних відстаней вимірювальної бази відносно встановленого на розмір інструменту. Похибка базування має місце при не поєднанні вимірювальної і настроєчної баз заготівлі. В цьому випадку положення вимірювальних баз окремих заготівель в партії буде різним відносно оброблюємої поверхні.

Розрахунки погрішності базування для різних схем установки мож-но представити відстанню між граничними положеннями проекцій вимірювальної бази на напрям виконуваного розміру.

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 настановні і вимірювальні бази, вибирати раціональні розміри і розташування настановних елементів, а також усувати або зменшувати проміжки при посадці заготовлі на охоплювані або охоплюючі настановні елементи. Для уніфікації схем установки по усіх операціях технологічного процесу обробки цієї деталі слід дотримуватись також принципу постійності баз, що має велике значення при обробці на автоматичних лініях.

Похибкою закріплення називається різниця між найбільшою і найменшою величинами проекцій зміщення вимірювальної бази на напрям виконуваного розміру в результаті додатка до заготівлі сили затиску.

Деталь встановлюємо в призму по Ø22. Оправляння з індикаторним годинником встановлюємо в отв. Ø10, закріплюємо. Обертаючи оправляння з годинником знімаємо свідчення торцевого биття.

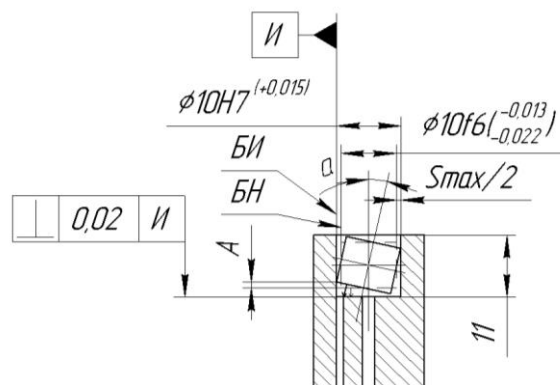


Рисунок 2.7 – Схема базування

Похибка базування:

$$\varepsilon_{\text{баз}} = A = \frac{D}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha = \frac{D}{2} \cdot \frac{S_{\max}}{2 \cdot 11} \quad (2.2)$$

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 10.015 - 9.978 = 0.037 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{\text{баз}} = \frac{10}{2} \cdot \frac{0,037}{2 \cdot 11} = 0,008 \text{ мм}$$

Похибка закріплення.

Оскільки сила закріплення перпендикулярна виміру.

Похибка установки:

$$\varepsilon_y = 0,008 \text{ мм}$$

### 2.1.7 Вибір і обґрунтування засобу виміру

Вибирання засобу виміру розпочнемо з визначення оптимальних метрологічних, експлуатаційних і надійсних характеристик, які повинне мати СІ.

Сумарна похибка виміру КПП, що припускається, знаходиться як частина допуску контрольованого параметра:

$$|\delta_{\text{изм}}| = K \cdot IT$$

де  $IT$  залежить від квалитета або міри точності контрольованого параметра і може набувати значень від 0,2 до 0,35.

$$|\delta_{\text{изм}}| = 0,35 \cdot 20 = 7 \text{ мкм}$$

Визначимо допустиму похибку засобу виміру (інструментальну похибку):

$$|\Delta_{\text{ин}}| = 0,7 \cdot |\delta_{\text{изм}}|$$

$$|\Delta_{\text{ин}}| = 0,7 \cdot 5 = 3,5 \text{ мкм}$$

Ціна ділення визначається залежно від величини допустимої інструментальної похибки СІ.

Інтервал ділення шкали беремо 1 мм, оскільки менша відстань між сусідніми штрихами шкали може зменшити прочитування свідчень СІ. Тут

необхідно враховувати умови, в яких працюватиме КІП і передусім освітленість.

Межа виміру за шкалою А повинна перевищувати допуск, щоб зняття свідчень не викликало затруднень. Прийmemo:

$$/A/ = 4IT = 4 \cdot 20 = 80 \text{ мкм} = 0,08 \text{ мм}$$

Межа вимірів засобу (діапазон вимірів) визначається умовами експлуатації. Приймаємо  $/б/ = 1 \text{ мм}$ .

Вимірювальна умова обумовлюється характером контролюючих поверхонь при вимірі, жорсткістю контролюваної поверхні, величиною допуску вимірюваного параметра. Оскільки обмеження на його величину відсутні, приймаємо  $/P_{yc}/ = 5 \text{ Н}$ . Допустиме коливання вимірювального зусилля зговорене величиною  $\Delta P_{yc} = 1 \text{ Н}$ .

Основним нормованим показником надійності СІ є напруцювання  $\Delta P_{yc}$  до першої відмови при вірогідності безвідмовної роботи  $P$ . Відповідно до ГОСТ 23642-79 обумовлено кількістю циклів вимірів, що забезпечує задану кількість контрольних операцій.

$$t = 2 \cdot 10000 = 20000$$

Вірогідністю безвідмовної роботи задамося  $/P/ = 0,85$ , виходячи з можливостей вимірювальних засобів, що випускаються інструментальною галуззю машинобудування.

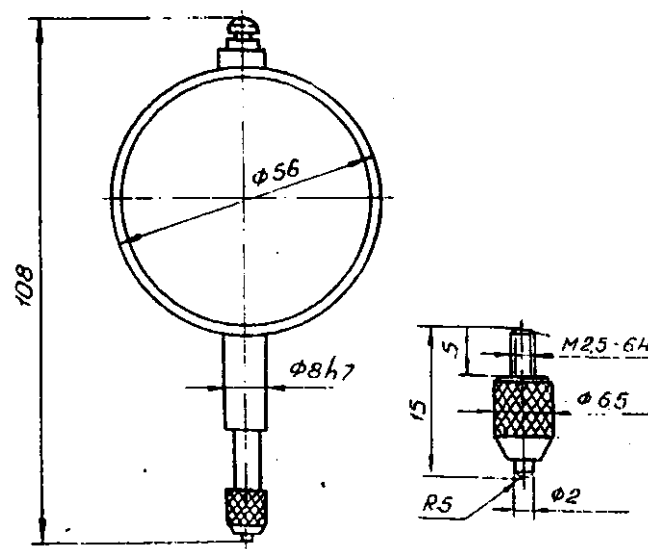


Рисунок 2.8 – Ескіз індикатора годинного типу

Після того, як стали відомі допустимі значення за метрологічними, експлуатаційними і надійнісними показниками, можемо приступити до пошуку СІ. Прийнятним вважається СІ, значення характеристик якого знаходяться в такому співвідношенні з допустимими.

$$\begin{array}{ll} \Delta_{ин} \leq |\Delta_{ин}| & P_{yc} \leq |P_{yc}| \\ c \leq |c| & \Delta P \leq |\Delta P| \\ a \geq |a| & t(P) \geq |t(P)| \\ A \geq |A| & P \geq |P| \\ B \geq |B| & \mathcal{C} \leq |\mathcal{C}| \end{array}$$

Пошук здійснюємо в таблицях технічних характеристик важільно-зубчастих вимірювальних голівок. Найбільш близькими за показниками є індикатор годинного типу моделі ИЧ-10 (клас І), у якого наступні параметри:

$$\begin{array}{ll} \Delta_{ин} = 0,005 \text{ мм} & P_{yc} = 2H \\ c = 0,01 \text{ мм} & \Delta P = 0,8H \\ A = 1 \text{ мм} & P = 0,9 \\ B = 10 \text{ мм} & t(P) = 500000 \end{array}$$

Зіставивши ці значення з допустимими (розрахунковими), приходимо до висновку, що задані умови точності, надійності і економічності дотримуються.

$$\begin{array}{ll} \Delta_{ин} = 0,001 \text{ мм} < |\Delta_{ин}| = 0,0035 \text{ мм} & P_{yc} = 2H \leq |P_{yc}| = 5H \\ c = 10 \text{ мкм} < |c| = 35 \text{ мкм} & \Delta P = 0,8H \leq |\Delta P| = 1H \\ A = 1 \text{ мм} > |A| = 0,08 \text{ мм} & \\ t(P) = 500000 \geq |t(P)| = 20000 & \\ B = 10 \text{ мм} > |B| = 2 \text{ мм} & P = 0,9 \geq |P| = 0,85 \\ a = 2 \geq |a| = 2 & \end{array}$$

Інші СІ мають надмірну точність і меншу надійність. Тому для нашого КІП найбільш відповідним вважаємо індикатор годинного типу моделі ИЧ-10 (клас точності – І, ГОСТ 577-68, завод-виробник КРИН – "Червоний інструментальщик" м. Кіров).

Ескіз вибраної важільно-зубчастої вимірювальної голівки представлений на рис. 2.1. Габаритні розміри індикатора:  $l \times d \times b = 108 \times 56 \times 24$ ,

маса – 0,2 кг, стандарт на повірку обумовлений інструкцією 141-55. Наконечник забезпечений вставкою з твердого сплаву.

### 2.1.8 Розрахунок сумарної похибки виміру

За допустиму сумарну похибку вимірів пристосування приймають тільки частину (8...30%) заданого допуску розміру на робочому кресленні деталі.

Допустиму сумарну похибку виміру визначають по формулі:

$$\varepsilon_{изм} = \varepsilon_{из} + \varepsilon_{ин} + \varepsilon_{им} + \sqrt{\varepsilon_{нб}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{ис}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_{си}^2 + \varepsilon_{оп}^2}$$

де  $\varepsilon_{им}=0$  – похибка, викликана неточністю еталону. У цьому пристосуванні еталон не використовується.

$\varepsilon_{нб}=0,008\text{мм}$  – похибка базування.

$\varepsilon_{ис}=0$  – похибка закріплення, оскільки схема виміру в пристосуванні не затискається.

$\varepsilon_{из}=0,005\text{мм}$  – частина похибки конструкції пристосування.

$$\varepsilon_{ин} = \Delta_{р\delta} + \Delta_{ру} + \Delta_{рн} + \Delta_{рк} + \Delta_{ра}$$

$\Delta_{р\delta}$  – похибка від неточності виготовлення довжин плечей важелів

$$\Delta_{ра} = \left(1 - \frac{l_2}{l_1}\right) \cdot a = \left(1 - \frac{16,44}{16,37}\right) \cdot 0,02 = 0,0007 \text{ мм}$$

$\Delta_{ру}$  – похибка від неточності виготовлення кута плечей важелів

$$\Delta_{ру} = l \cdot \sin \gamma \cdot (1 - \cos \beta) = 35 \sin 1 (1 - \cos 1) = 0,0001 \text{ мм}$$

$\Delta_{рн}$  – похибка від непропорційного переміщення плечей важелів

$$\Delta_{рн} = \frac{l\alpha^3}{3} = \frac{35 \cdot 0,035^3}{3} = 0,0005 \text{ мм}$$

$\Delta_{рк}$  – похибка від зміщення точки контакту важелів

$$\Delta_{рк} = \frac{l \cdot \operatorname{tg} \alpha + r (\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} - 1)}{l \cdot \operatorname{tg} \alpha - r (\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} - 1)} - 1 = \frac{35 \cdot \operatorname{tg} 2 + 2 \cdot (\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 2} - 1)}{35 \operatorname{tg} 2 - 2 \cdot (\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 2} - 1)} - 1 = 0,002 \text{ мм}$$

$\Delta_{рп}$  – похибка прямої передачі

$$\Delta_{рп} = e \frac{s}{h} = 0,2 \frac{0,02}{20} = 0,0002 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{un}=0,0007+0,0001+0,0005+0,002+0,0002=0,0035\text{мм}$$

$\varepsilon_{un}$  – похибка, що виникає унаслідок проміжків між осями важелів передатних пристроїв при їх наявності.

Визначаємо по довіднику  $\varepsilon_{zn}=0,006$  мм

$\varepsilon_{ci}=0,001$  мм – похибка засобу виміру

$\varepsilon_{in.}=0,0015$  мм – похибка викликана дією випадкових чинників.

$$\varepsilon_{uzm} = 0,005 + 0,0035 + 0 + \sqrt{0,008^2 + 0 + 0 + 0,006^2 + 0,001^2 + 0,0015^2} = 0,014\text{мм}$$

$$\varepsilon_{uzm} = 0,014\text{ мм} \leq [\varepsilon_{uzm}] = 0,02\text{ мм}$$

Умова придатності виконується, пристосування можна використати для цієї контрольної операції.

### 3 АВТОМАТИЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ НА ВЕРСТАТІ

Датчики, що встановлюються в шпиндель або револьверну головку, можуть використовуватися для вимірювання розмірів заготовки в процесі її обробки і для контролю першої деталі при переході на нову партію деталей – успішне використання ручних вимірювальних приладів залежить від навичок оператора, а переніс деталі з верстата на контрольно-вимірювальну машину (КВМ) не завжди доцільний. Переваги застосування датчика:

- вимірювання деталей в процесі її виготовлення, що супроводжується автоматичним вводом необхідної корекції;
- збільшення надійності повністю автоматизованої обробки деталей, не потребує втручання обслуговуючого персоналу;
- перевірка розмірів першої обробленої деталі при переході на нову партію деталей з подальшим автоматичним вводом корекції;

- зменшення часу простою верстата, пов'язаного з очікуванням результатів перевірки розмірів першої деталі.

При свердленні глибоких отворів виникає необхідність витратити багато часу на контроль. Тому було вирішено автоматизувати контроль на обробляючому центрі VMC850E (рис 3.1) за допомогою датчиків автоматичного контролю компанії Renishaw, що пришвидшить контроль розмірів та усуне необхідність в спеціальних шаблонах і калібр-пробках а також необхідність людського втручання в контроль розмірів.

Між датчиками Renishaw і системою ЧПК верстата, на якому використовується цей датчик, має бути встановлений зв'язок. Сигнал спрацьовування датчика повинен попадати в систему ЧПК верстата, щоб зареєструвати момент торкання заготовки або інструмента щупом датчика. Окрім того, між системою ЧПУ і датчиком має існувати зворотній зв'язок, щоб ПЧПК верстата могло керувати роботою датчику.

Зв'язок між датчиком і системою ЧПК як раз і забезпечується системою передачі сигналів. Вибір конкретної системи передачі сигналів визначається типом використовуваного датчику і типом верстата, на якому він встановлений.



Рисунок 3.1 – Обробляючий центр VMC850E

Датчики для контролю деталей на обробних центрах зазвичай знаходяться в інструментальному магазині верстата і встановлюються в

шпиндель так само, як і звичайний інструмент. Тому зв'язок між датчиком і системою ЧПК, як правило, дистанційна.

Положення датчика для наладки інструмента на верстаті зазвичай фіксоване, що дозволяє організувати між датчиком і ПЧПК дротовий зв'язок.

Датчики Renishaw працюють з чотирма основними системами передачі сигналів:

- оптичними;
- радіочастотними;
- індуктивними;
- дротовими.

Для даного типу контролю обробки було вирішено використання оптичної системи передачі сигналів.

Система оптичної передачі сигналів (рис. 3.2) забезпечує передачу сигналів між датчиком і системою ЧПК в інфрачервоному діапазоні. Складовими компонентами такої системи є:

1) Датчик, який отримує сигнал від ПЧПК верстата і, в свою чергу, передає в систему ЧПК сигнали про стан датчика. У датчику два активні режими: режим очікування і робочий режим. В режимі очікування датчик виконує роль приймача, що чекає сигналу, який переведе його до робочого режиму. В робочому режимі, датчик передає сигнал про свій стан до приймача ОММ та інформацію про стан елементів живлення.

2) Приймач оптичних сигналів (ОММ), що є приймально-передавальним пристроєм, який підтримує зв'язок з датчиком і за допомогою дроту підключається до інтерфейсу верстата.

3) Інтерфейс для підключення до верстата (MI12), що перетворює сигнали датчика таким чином, щоб вони були сумісними з системою ЧПК верстата. Крім того, на ньому є візуальні та/або звукові індикатори стану датчика, наявності живлення системи, стану елементів живлення і діагностики помилок датчика.

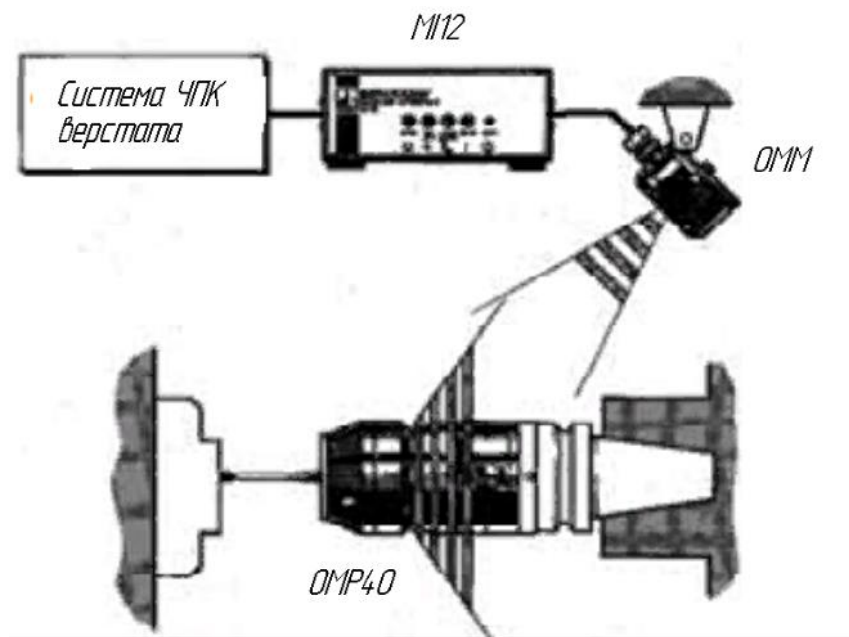


Рисунок 3.2 – Система оптичної передачі сигналів

ОММ (рис 3.3) являє собою оптичний приймально-передавальний пристрій, який забезпечує передачу сигналів між датчиком і системою ЧПК верстата.

Область застосування ОММ – обробляючі центри і токарні верстати середніх розмірів.

Тип передачі сигналу – оптична передача в інфрачервоному діапазоні.

Кабель – екранований 5-тижильний кабель довжиною 25 м.

Закріплення – мається монтажна скоба для регулювання положення.

Ступінь захисту – IPX8.

Сумісні інтерфейси – ОММ підключається до MI12, до одного MI12 може бути підключені два приймачі ОММ.

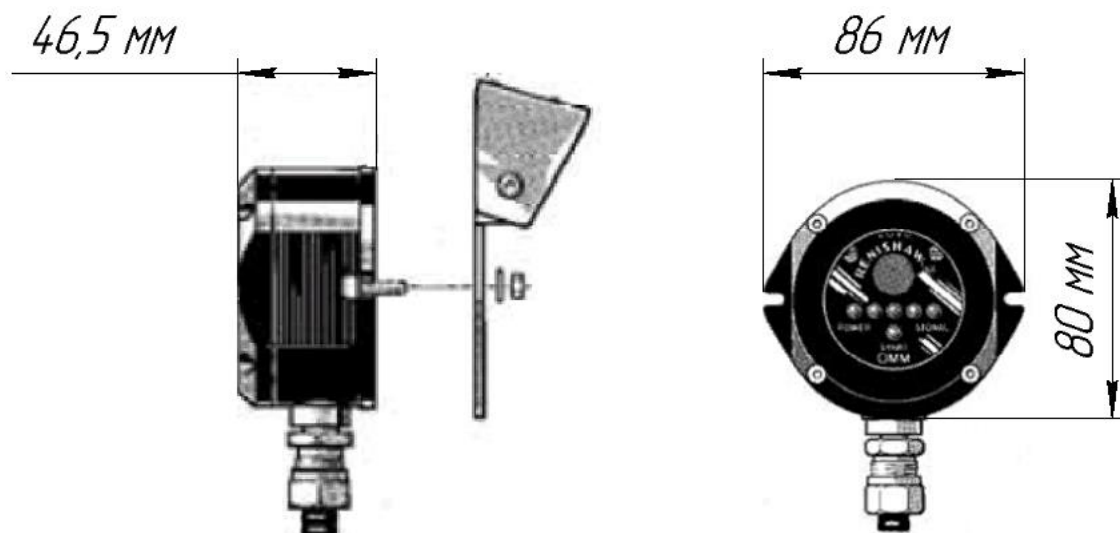


Рисунок 3.3 – Оптичний приймально-передавальний пристрій ОММ

Сумісні датчики – ОМР40, МР10, МР12 і МР700 для контролю деталей на обробляючих центрах. LTO2S, LTO2T, LTO3Ti LTO2 для контролю деталей на токарних верстатах.

Датчик і приймач не зобов'язані лежати на центральній оптичній вісі, але необхідно, щоб ці пристрої не виходили за границі конусів випромінювання одне одного, і між ними весь час існувала пряма видимість. Наявність відбиваючих поверхонь всередині робочого простору верстата може призвести до ефективного збільшення області впевненого прийому/передачі сигналу.

Датчик ОМР40 підтримує оптичну передачу сигналу і режим дистанційного вмикання в діапазоні 360°.

Приведений на рисунку 3.4 діапазон передачі оптичного сигналу не залежить від орієнтації шпинделя.

Кутові діапазони передачі сигналів представлені на рисунку 3.3.

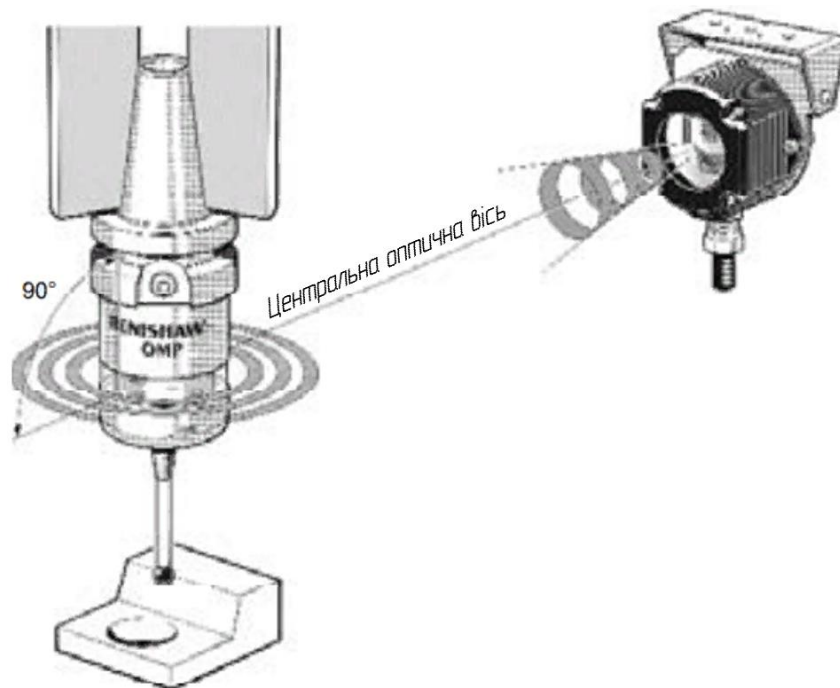


Рисунок 3.3 – Кутові діапазони передачі сигналів

- – Ефективна область передачі сигналів  
ввімкнення/вимкнення
- – Ефективна область розповсюдження сигналів  
в робочому режимі

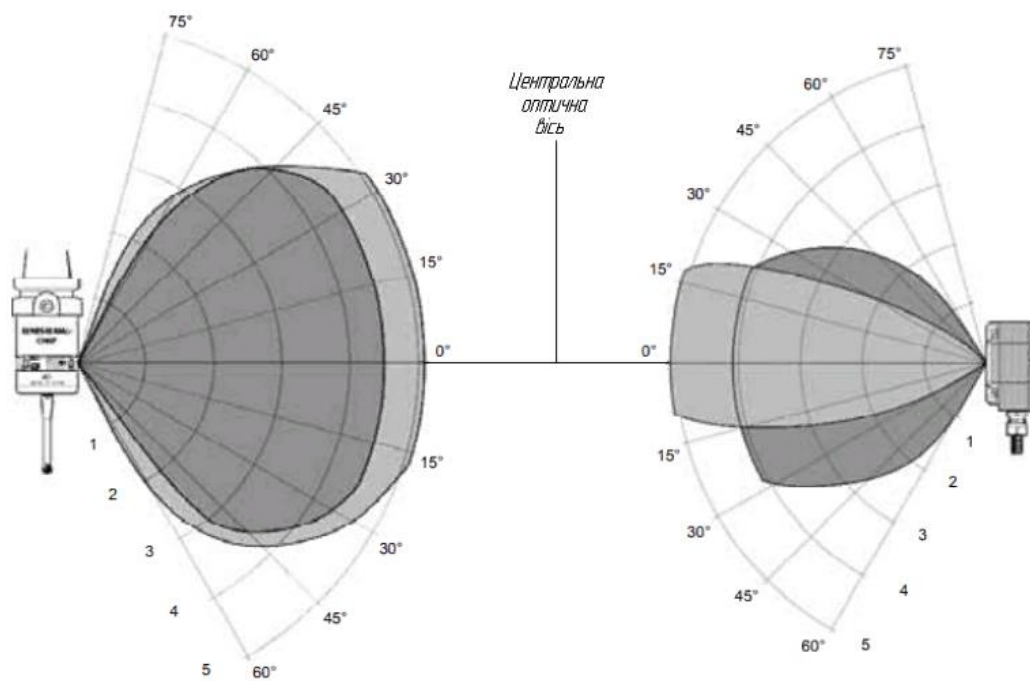


Рисунок 3.4 – Діапазон передачі оптичного сигналу

#### 4. РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ. ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕТАЛІ

Розрахунок напружено-деформованого стану виконуємо у NX ADVANTAGE SIMULATION. Тривимірна модель показана на рисунку 4.1.

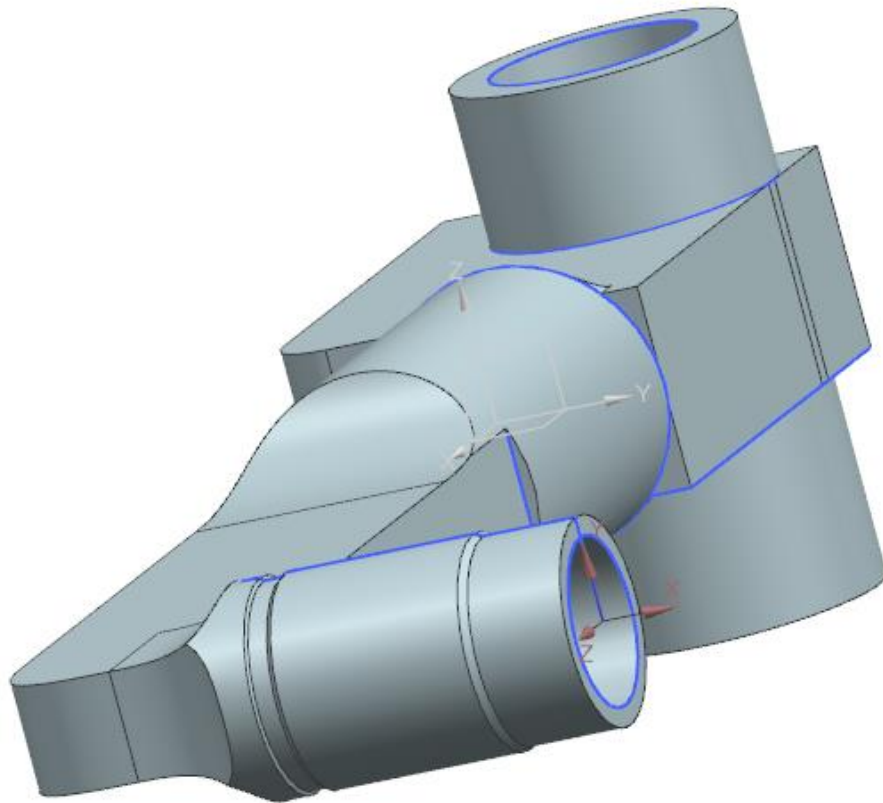


Рисунок 4.1 – Тривимірна модель

На першому етапі розрахунку виконуємо розбивку моделі сіткою кінцевих елементів, результат показано на рисунку 4.2.

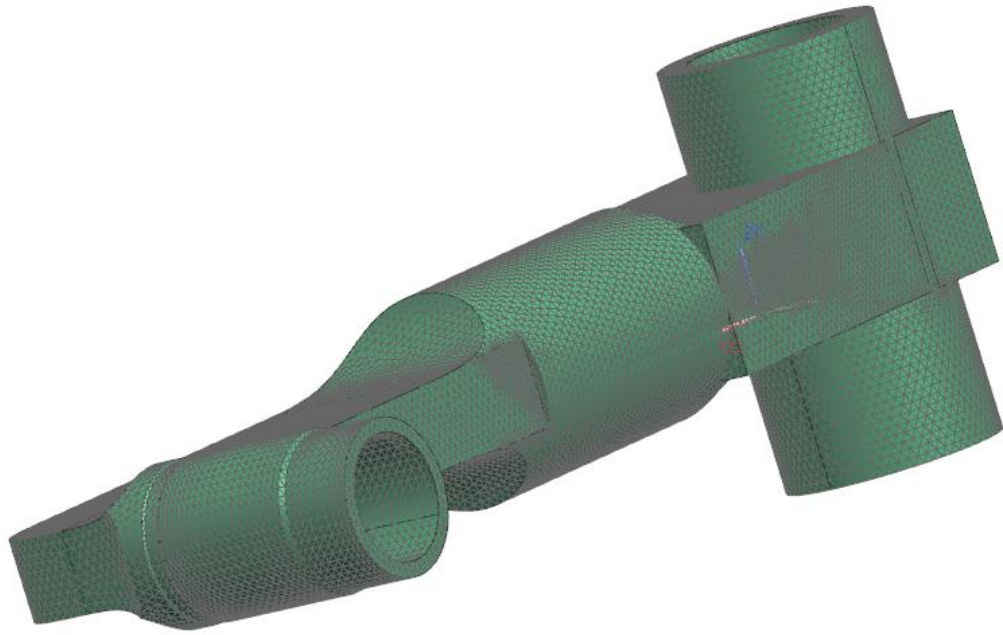


Рисунок 4.2 – Модель розбита на сітку нінцевих елементів

Другий етап виконуємо прикладення обмежень, що унеможливляють переміщення деталі у окремих напрямках (рисунок 4.3).

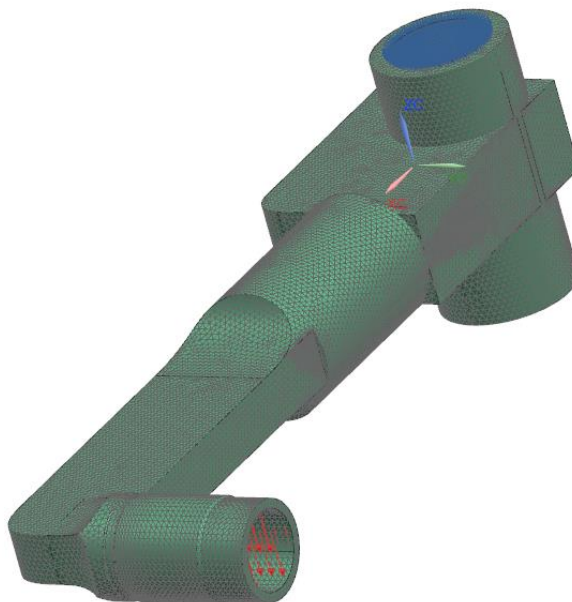


Рисунок 4.3 – Схема прикладення обмежень та навантажень

Наступним етапом виконуємо розрахунок напружено-деформованого стану (рисунок 4.4).

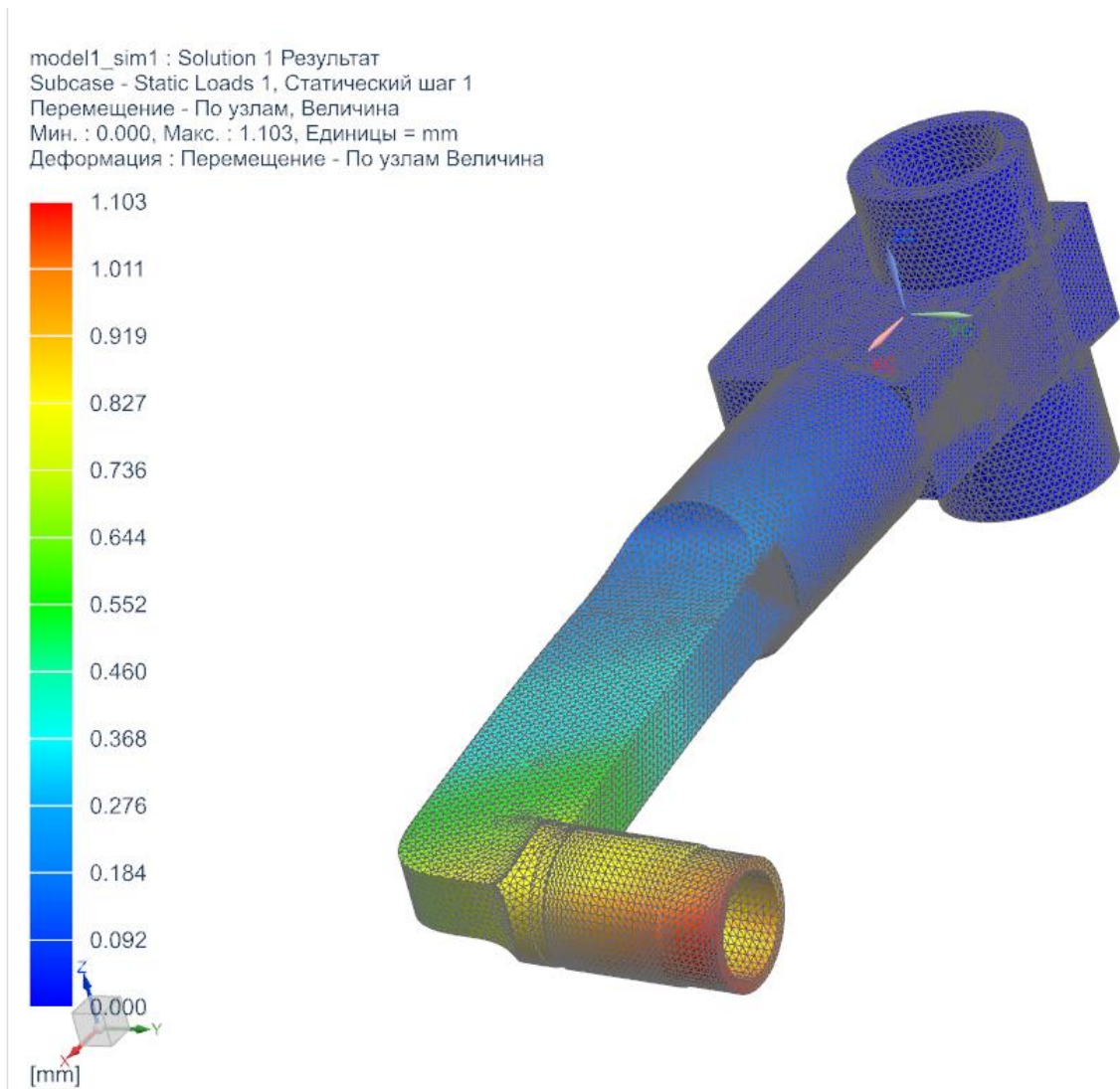


Рисунок 4.4 – Результат розрахунку напружено деформованого стану

У результаті виконаного розрахунку можна зробити висновок, що найбільш небезпечним перерізом буде радіус закруглення тому збільшимо значення радіусу закруглення з 2,5мм до 5мм та повторимо розрахунок на міцність.

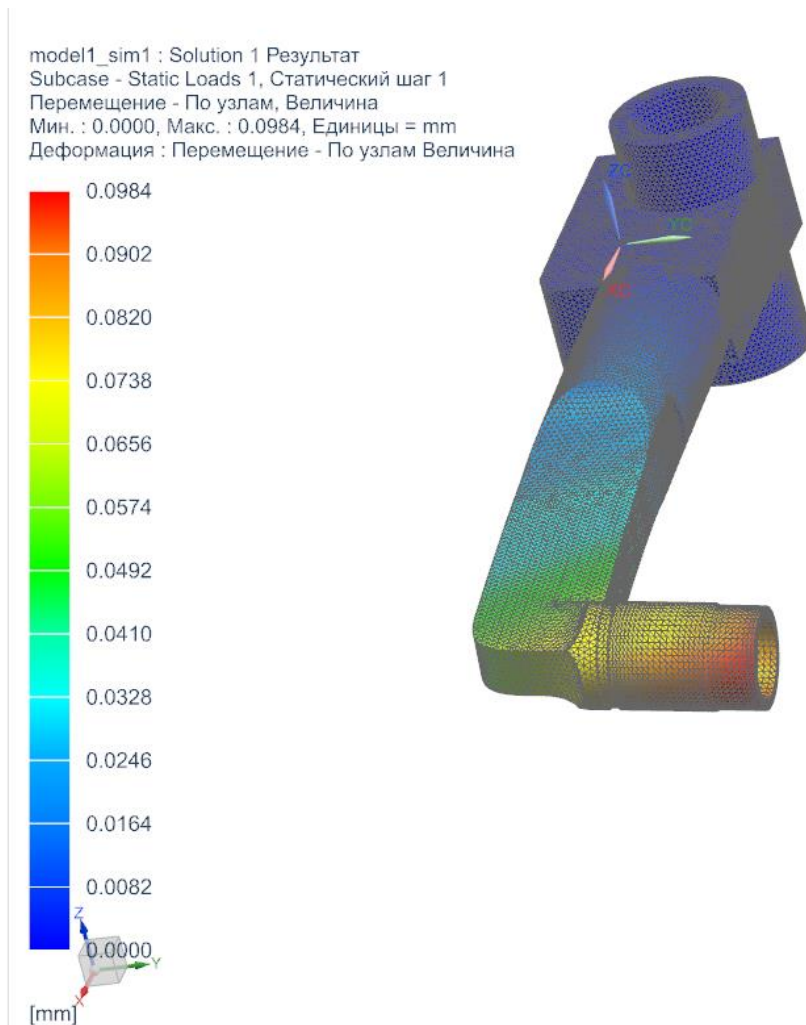


Рисунок 4.5 – Результат розрахунку напружено деформованого стану оптимізованої конструкції

## 5. СПЕЦЗАВДАННЯ

Шляхи і методи підвищення ефективності процесу свердління глибоких отворів

### 5.1 Особливості свердління глибоких отворів

Метод свердління спіральними свердлами успішно застосовується тільки при глибині свердління, рівній не більше 3-5 діаметрам свердла. При свердлінні ж глибших отворів доводиться застосовувати переривчастий

процес, оскільки необхідно часто виводити спіральне свердло з отвору для очищення від стружки, мастила і охолодження. Подібна робота, навіть якщо вона робиться автоматично, різко знижує продуктивність свердління.

Важливим чинником, від якого залежить безперервність протікання процесу свердління, є відведення стружки, що утворюється. Чим більша глибина свердління, тим скрутніше відведення стружки із зони різання. Спіральні свердла не забезпечують надійного стружковідвода. Наявні конструкції спіральних свердел з внутрішніми канавками для підведення до різальних кромek мастильно-охолоджувальної рідини дуже складні у виготовленні і не отримали широкого поширення в промисловості. На практиці глибокі отвори свердляться зазвичай безперервно з примусовим або зовнішнім, або внутрішнім відведенням стружки. Примусове відведення стружки здійснюється зазвичай рідиною, що підводиться в зону різання під тиском. Дуже рідко замість рідини застосовують стисле повітря. Для створення циркуляції рідини застосовується спеціальне оснащення і устаткування.

На рис. 5.1 показані спрощені схеми обох методів глибокого свердління.

При зовнішньому відведенні стружки рідина поступає від насоса через внутрішню порожнину стебла і свердла в зону різання і разом із стружкою відводиться через проміжки між свердлом із стеблом і поверхнею глибокого отвору, що утворюється, в стружкоприймачі. Стружкоприймач затримує стружку, а рідина стікає у відстійник резервуару. У резервуарі (баку) рідина очищається від механічних домішок, охолоджується і знову насосом спрямовується через трубопровід (гнучкий шланг) і стебло свердла в зону різання.

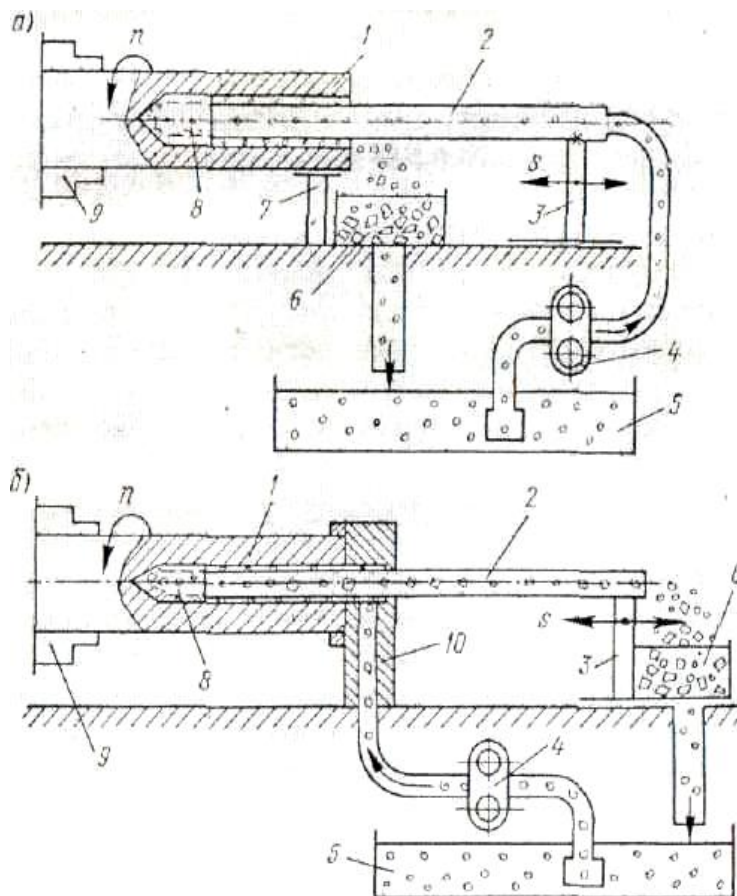


Рисунок 5.1 – Схеми глибокого свердління

При внутрішньому відведенні стружки рідина спрямовується насосом в спеціальний пристрій – маслоприймач. З маслоприймача рідина поступає в зону різання через проміжки між зовнішньою поверхнею стебла зі свердлом і поверхнею глибокого отвору, що утворюється. Потім стружка разом з рідиною вимивається в стружкоприймач через внутрішню порожнину свердла і стебла. Далі шлях рідини до насоса аналогічний описаному вище.

Глибоке свердління займає особливе місце серед операцій, вживаних при обробці деталей, що мають велику відносну довжину. Специфічність цієї операції полягає як в тому, що інструмент повинен прокладати собі шлях в суцільному матеріалі, не маючи заздалегідь підготовленої опори і жорсткого напрямку, так і в тому, що від якості проведення глибокого свердління істотно залежить структура подальшого технологічного процесу. Типовим для глибокого свердління також являється неможливість безпосереднього спостереження за ходом процесу і трудність виконання цієї операції на універсальному устаткуванні без його ґрунтовної підготовки.

Запроектований технологічний процес глибокого свердління зазвичай оцінюється за трьома показниками:

по продуктивності;

по відповідності якості виконання отвору технічним вимогам на операцію;

за загальною вартістю виготовлення деталі з глибоким отвором.

## 5.2 Типи верстатів і їх основні вузли

Операції глибокого свердління і розточування виконуються на глибинносвердлильних верстатах, відмінною особливістю яких є наявність у них системи підведення-відведення ЗОТС для примусового відведення стружки [3,12]. Глибинносвердлильні верстати дуже різноманітні. Вони розрізняються по ряду ознак. По розташуванню шпинделя їх розділяють на горизонтальні і вертикальні. Найбільш поширені горизонтальні, оскільки вертикальні дозволяють обробляти тільки порівняно неглибокі отвори. По числу шпинделів розрізняють одно-, двох- і багатошпиндельні. Найбільше поширення отримали одношпиндельні верстати. Двох- і багатошпиндельні призначаються для обробки глибоких отворів малого діаметру у великосерійному і масовому виробництві. Розрізняють верстати і залежно від того, обертається заготівля під час обробки або залишається нерухомою. Широко застосовуються верстати для обробки заготівель, що обертаються. Вони розрізняються конструкцією бабки. Відомі два різновиди бабок – токарного типу і вертлюжного.

Глибокі отвори ( $l > 10D$ ) зазвичай обробляють по 6...8-му квалітетам точності і зберігають прямолінійність осі отвору, співісність отвору і зовнішньої поверхні. Обробка їх викликає великі утруднення і вимагає застосування спеціальних свердел і точних верстатів (токарних, розточувальних та ін.), на яких оброблювана деталь обертається, а свердло має тільки поступальний хід. Для глибокого свердління застосовують звичайні гвинтові свердла двостороннього різання і спеціальні свердла одностороннього різання (рис. 5.2). Конструкція свердла повинна

забезпечити примусове подання охолоджувальної рідини до різальних кромок, вільне відведення стружки, достатню жорсткість, хороше базування по стінках отвору.



Рисунок 5.2 – Конструкція свердел для глибокого свердління

Звичайні свердла двостороннього різання є подовженими гвинтовими свердлами з двома канавками для внутрішнього підведення охолоджувальної рідини. Канали з'єднуються з центральним каналом в хвостовій частині свердла, через який поступає рідина під високим тиском. Рідина разом із стружкою відводиться по гвинтових канавках свердла.

Для глибокого свердління застосовуються свердла:  
двостороннього різання (двохкромкові) – шнекові, ежекторні;  
одностороннього різання (однокромкові) – рушничні і гарматні.

Свердла шнекові застосовують при обробці отворів ( $D=3\ldots 30$  мм) завдовжки більше  $10D$  без періодичного виведення інструменту із заготівлі. Вони мають великі кути нахилу гвинтових канавок ( $\omega=60^\circ$ ), що полегшує відведення стружки із зони різання. Канавки в осьовому перерізі мають трикутний профіль. Для підвищення жорсткості шнекові свердла мають потовщену серцевину, рівну  $(0,3\ldots 0,35)D$ . Застосовується підгострювання поперечної кромки (до  $0,1D$ ).

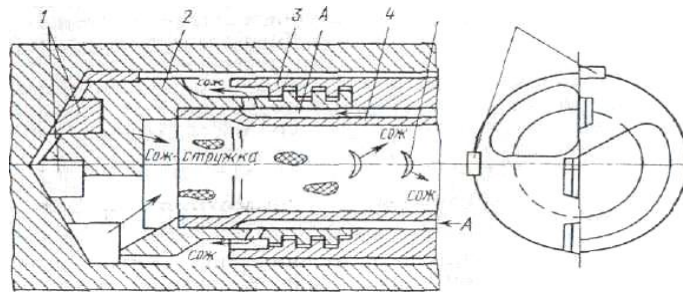


Рисунок 5.3 – Схема ежекторного свердління

Ежекторне свердління (рис. 5.3) застосовується лише як суцільне для свердління отворів діаметром 20-60 мм глибиною до 1000 мм.

Голівка 2 нагвинчується на зовнішню трубку 5, що є корпусом, що несе. Різальна частина 1 оснащена твердосплавними пластинами, розташованими в шаховому порядку. Тому стружка зрізується у вигляді окремих стрічок, а потім дробиться стружколомаючими уступами і легко видаляється. Особливістю ежекторних свердел є ефект підсосу ЗОТС, що йде разом із стружкою в результаті розрідження усередині свердла, розрідження виникає із-за розділення прямого потоку рідини (під тиском 2...3 МПа) на два: близько 0,7 рідини спрямовується в зону різання, а 0,3 назад через прорізи у внутрішній канал труби 4. Це розрідження, що виникає між потоком рідини із стружкою і потоком через щілини, покращує умови відведення стружки.

Ежекторні свердла працюють на швидкостях різання 25...200 м/хв і подачах 0,15...0,7 мм/об. Забезпечується точність 9...11-го квалітетів і  $Ra$  25...0,63 мкм.

Рушнічні свердла діаметром  $D=8...30$  мм складаються з робочої частини і трубчастого корпусу (стебла).

Для створення сприятливих умов різання головна різальна кромка зміщена на  $0.2D$  від осі свердла. Свердло має внутрішній канал круглого або серпоподібного поперечного перерізу для підведення ЗОТС під тиском 2...4 МПа. ЗОТС разом із стружкою вимивається по зовнішній прямій канавці.

Для глибокого свердління отворів малого діаметру ( $D=2...10$  мм) ефективне вібраційне свердління твердосплавними свердлами. Обробка здійснюється на віброствердлувальних верстатах, де інструменту разом з обертальним рухом і рухом подачі повідомляються коливання уздовж осі (з

амплітудою  $A=0,01...0,04$  мм і частотою  $f=100...200$  Гц). При цьому відбувається надійне дроблення стружки і підвищується ефективність дії ЗОТС.

### 5.3 Основні чинники, що впливають на роботу свердла

При глибокому свердлінні різальні елементи свердел працюють в тяжких умовах, що виникають на цих операціях, вібрації і порушення безперебійного стружководводу прискорюють зношування різальних елементів і викликають їх поломку (вифарбовування різального леза, руйнування усієї різальної частини). Зважаючи на складність і високу вартість цих інструментів продовження терміну їх служби має велике значення як з точки зору забезпечення продуктивності, так і зниження питомих витрат на інструмент. Виділяють наступні основні чинники [1,3,9], що впливають на стійкість інструменту:

- 1) матеріал і конструкція свердла;
- 2) оброблюваний метал;
- 3) режими різання;
- 4) змащуючо-охолоджуючі рідини;
- 5) устаткування.

Продовження терміну служби свердла можливо за рахунок застосування багатократних переточувань або зміни різальних елементів. Залежно від конструкції різального елемента і способу його кріплення на робочій частині переточування може виконуватися спільно з робочою частиною або окремо.

Зі збільшенням глибини свердління умови різання погіршуються. Відведення стружки і підвод охолоджувальної рідини утруднюються, тепловиділення збільшується. Усе це призводить як до зниження стійкості свердла, так і до підвищення осьової сили і моменту від сил опору – різанню. Для полегшення різання на великій глибині у свердел робляться стружкороздільні канавки, які розділяють стружку, полегшують її відведення, зменшують тепловиділення, осьову силу і момент від сил опору різанню.

#### 5.4. Вплив ЗОТС

На операціях глибокого свердління і розточування ЗОТС повинна виконувати ряд функцій [2,9]: відводити стружку із зони різання і транспортувати її по відповідних каналах, зменшувати сили різання і тертя між направляючими елементами і поверхнею отвору, відводити тепло, що утворюється в процесі різання і тертя.

Відведення тепла при глибокому свердлінні (розточуванні) за допомогою ЗОТС вирішується попутно, разом з головним призначенням ЗОТС – відведенням стружки. Деякі труднощі, що мають місце, пов'язані з циркуляцією великої кількості ЗОТС за одиницю часу, що призводить до її нагріву. І відведення тепла робиться переважно шляхом конвективного теплообміну між нагрітими поверхнями заготівлі і інструменту і потоком ЗОТС. Інтенсивність відведення тепла значною мірою залежить від теплопровідності ЗОТС, її витрати і швидкості переміщення, різниці температур охолоджуваних поверхонь і потоку ЗОТС. Для підтримки оптимальної температури ЗОТС верстати для глибокого свердління і розточування слід забезпечувати теплообмінниками.

Похибки наладки технологічної системи, що виникають на практиці, впливають на точність обробки отвору. У виробничих умовах часто виявляються відхилення осі того або іншого елемента технологічної системи від ЗОТС. Відхилення можуть викликатися за рядом причин: похибками розташування, допущеними на різних стадіях наладки технологічної системи; деформаціями станини, при переміщенні по якій стійок осі їх опорних поверхонь під інструмент можуть відхилятися від ЗОТС; дією ваги заготівлі, встановленої в патроні, на перерозподіл проміжків в опорах шпинделя, внаслідок чого можливе відхилення осі шпинделя від його положення в ненавантаженому стані, при якому робиться наладка верстата.

#### 5.5 Застосування додаткових рухів інструменту (вібраційне свердління)

Полегшити стружковідвід виявилось можливим шляхом застосування вібраційного свердління, при якому задаються примусові вібрації в осьовому напрямі оброблюваної заготівлі або інструменту, завдяки чому при певних параметрах коливань вдається забезпечити дроблення зливної стружки по довжині і отримати дрібну, легко таку, що видаляється з отвору стружку [1].

На практиці частіше застосовують схему з осьовими вібраціями інструменту. Підбором частоти і амплітуди вібрацій, що накладаються на подання інструменту, відплачується переривчасте різання, при якому забезпечується дроблення стружки по довжині і створюються сприятливі умови для роботи різального леза. При переривчастому різанні різальна кромка періодично виводиться із зони різання і при цьому охолоджується, ЗОТС безперешкодно проникає в зону різання, а поверхневі плівки на площинах леза періодично відновлюються. Усе це сприяє підвищенню стійкості інструменту, що дозволяє підвищувати режими різання (в першу чергу швидкість різання) і продуктивність.

Крім того, при вібраційному свердлінні полегшуються умови різання, обумовлене кінематикою процесу: по-перше, зрізування стружки відбувається при великій товщині зрізу, завдяки чому зменшується негативний вплив радіусу скруглення кромки; по-друге, виникає кінематичне загострення різального леза внаслідок неприрывного зміни фактичних значень кутів  $\gamma$  і  $\alpha$ , заданих при заточуванні. Це повинно враховуватися при виборі кута заточування  $\alpha$ , щоб уникнути тертя по задній грані.

Режим вібрацій характеризується двома параметрами: частотою і амплітудою  $A$ , де  $k$  – число повних періодів коливань, що укладаються повністю за час 1 обороту заготівлі;  $i$  – відношення залишку періоду коливань, що не уклався під час 1 обороту заготівлі, до періоду коливань;  $f$  – частота вібрацій, Гц;  $n$  – частота обертання заготівлі об/хв. Величина  $i$  характеризує зрушення фаз між слідами подальшого і попереднього проходів інструменту. З точки зору дроблення стружки і стійкості інструменту прийнятніше за значення  $i$  приймати в межах 0,25-0,75,  $a(k+i)$  – до 4,5. Амплітуду коливань  $A$  приймають рівною.

Застосування вібраційного свердління дозволило істотно підвищити продуктивність при роботі швидкорізальними свердлами, перейти до свердління жароміцних, корозійностійких і інших сталей і сплавів твердосплавними свердлами (що неможливе було при звичайному свердлінні) і отримати при цьому багатократне підвищення продуктивності.

Режими різання і вібрацій при вібросвердлінні встановлюються залежно від міцності і в'язкості оброблюваного матеріалу, необхідної точності і шорсткості поверхні і діаметру отвору.

Таблиця 5.1 – Режими різання при вібросвердлінні

|                                              |              |
|----------------------------------------------|--------------|
| Швидкість різання $v$ , м/хв                 | 15 – 55      |
| Подання $s_o$ , мм/об                        | 0,015 – 0,10 |
| Амплітуда осьових коливань свердла $2A$ , мм | 0,06 – 0,25  |
| Частота осьових коливань свердла $f$ , Гц    | 35 – 125     |

## 5.6 Рекомендації по підвищенню ефективності глибокого свердління

Усі рекомендації по підвищенню ефективності процесу свердління глибоких отворів можна підрозділити на 3 групи: рекомендації до устаткування, інструменту і процесу.

### *Рекомендації до устаткування*

1. Оснащення верстатів приводом безступінчатої зміни подання інструменту, що забезпечує мінімальне подача не більше 0,015 мм/об, це обумовлено тим, що при обробці отворів малих діаметрів можливості процесу обмежені жорсткістю вживаного інструменту.

2. Оснащення верстатів приводом, що забезпечує високі частоти обертання заготівлі або інструменту (до 7500 об/хв), це обумовлено тим, що застосування інструменту з твердосплавною різальною частиною значно розширює можливості процесу.

3. Обов'язкове використання верстатних пристосувань (кондукторних втулок та ін.), що впливають на точність центрування інструменту.

4. Висока жорсткість системи, що впливає на точність базування інструменту відносно заготівлі, точність виготовлення отвору.

*Рекомендації до інструменту*

1. Використання інструменту з твердосплавною різальною частиною і твердосплавними, що направляють (наприклад, для вуглецевих сталей – різальні пластини – T15K6, що направляють, – BK8).

2. Призначення оптимальних параметрів заточування різальної частини інструменту залежно від умов обробки, матеріалу заготівлі і інструменту.

3. Подвійне заточування свердла і підгострювання перемички і стрічки, тим самим підвищуються різальні властивості свердла і полегшується процес стружкообразовання.

4. Нанесення зносостійких покриттів на різальну частину інструменту, що значно підвищує стійкість інструменту.

5. Підвищення стійкостних характеристик інструменту за рахунок проведення різних методів зміцнення : термічна обробка, лазерне зміцнення, іонно-променева обробка, зміцнення в магнітному полі.

*Рекомендації до процесу*

1. Використання заправного (пілотного) отвору при свердлінні глибоких отворів.

2. Свердління при обертанні і заготівлі, і інструменту, при цьому застосовувати режим різання з великим відношенням частоти обертання інструменту до частоти обертання заготівлі для зменшення ограновування і підвищення стійкості тих, що направляють.

3. Використання примусового зовнішнього, або внутрішнього відведення стружки.

4. Призначення раціональних режимів свердління(швидкість різання не більше 50-60 м/хв, робоча подача в діапазоні 0,01-0,03 мм/об – для діаметрів 7-20 мм. і так далі).

5. Підбір ЗОТС з оптимальними характеристиками, якість якої впливає на процес обробки і стійкість інструменту.

6. Використання додаткових рухів інструменту (вібраційне свердління).

## 6 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНІСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

Під час проектування технологічного процесу можливо об'єднати 3 операції в одну (операція 100, 105, 110).

Спроектована операція: свердлення отворів діаметром  $\varnothing 4,5 \text{ мм}$  ,  $\varnothing 4_{-0,08}$  мм,  $\varnothing 2 \text{ мм}$ .

Свердлильна операція з ЧПК виконується на обробляючому центрі VMC850E.

.

Такт випуску  $\tau$ , хв. розраховуємо за формулою (6.1):

$$\tau = \frac{F_d \times 60}{N}, \quad (6.1)$$

де,  $F_d = 4015 \text{ год}$  – дійсний річний фонд роботи обладнання;

$N = 5000 \text{ шт}$  – річна програма виготовлення деталей.

$$\tau = \frac{4015 \times 60}{5000} = 48,18 \text{ хв}$$

Кількість верстатів  $n_{\epsilon}$ , шт. розраховуємо за формулою (6.2)%

$$n_{\epsilon} = \frac{T_{\text{нзк}}}{\tau}, \quad (6.2)$$

$$n_{\epsilon} = \frac{15,25}{48,18} = 0,38 \text{ шт}$$

Дійсну кількість верстатів приймаємо  $n_{\epsilon, \text{пр}} = 1 \text{ шт}$ .

Кількість верстатів у заводському технологічному процесі  $n_{\epsilon, \text{за}} = 3 \text{ шт}$

Розраховуємо норми витрати по статтях собівартості.

Заробітну плату основних робочих  $З_p$ , коп./хв. розраховуємо по формулі (6.3):

$$З_p = З_{\tau} \times K, \quad (6.3)$$

де,  $З_{\tau} = 1,048 \text{ коп./хв}$  – для робочого 4-го розряду;

$K = 1,1$  – коефіцієнт перевиконання норми.

$$З_{p, \text{пр}} = 1,048 \times 1,1 = 1,15 \text{ коп./хв}$$

Для наладчика 6-го розряду заробітна плата складає:

$$З_{н.пр} = 1,414 \times 1,1 = 1,55 \text{ коп/хв}$$

Оскільки для заводського технологічного процесу необхідні 3 основних робочих та 1 наладчик, тоді для них заробітна плата складатиме:

$$З_{р.зав} = 1,15 \times 3 = 3,045 \text{ коп/хв}$$

$$З_{н.зав} = 1,55$$

Розраховуємо витрати на електроенергію  $E_{\phi}$ , коп./хв. за формулою (6.4):

$$E_{\phi} = \frac{\sum N \times K_1 \times K_2 \times B}{60}, \quad (6.4)$$

Де  $N_{пр} = 22 \text{ кВт}$  – потужність оброблюючого центру;

$K_1 = 0,6$  – коефіцієнт, що враховує використання двигунів токарних верстатів в серійному виробництві по потужності;

$K_2 = 0,5$  – коефіцієнт, що враховує використання двигунів токарних верстатів в серійному виробництві по часу;

$B = 183 \text{ коп/кВт}$  – вартість одного кіловату електроенергії у діючих на даний час розцінках.

Оскільки для заводського технологічного процесу необхідні 3 верстати, тоді  $N_{зав} = 66 \text{ кВт}$ .

$$E_{\phi пр} = \frac{22 \times 0,6 \times 0,5 \times 183}{60} = 20,13 \text{ коп/хв}$$

$$E_{\phi зав} = \frac{66 \times 0,6 \times 0,5 \times 183}{60} = 60,39 \text{ коп/хв}$$

Розраховуємо норми витрат на амортизацію обладнання  $A_{\phi}$ , грн. за формулою (6.5):

$$A_{\Phi} = \frac{A \times 100}{F_{\partial} \times 60}, \quad (6.5)$$

де,  $A$  — нарахування на амортизацію обладнання за рік, грн. розраховується за формулою (6.6)

$$A = \frac{\alpha_1 \times 1,15 \times \Pi}{100}, \quad (6.6)$$

де,  $\alpha_1 = 15$  — проценти відрахувань від балансної вартості обладнання;

$\Pi = 70000$  грн — ціна обладнання.

$$A_{\text{пр}} = \frac{15 \times 1,15 \times 70000}{100} = 12075 \text{ грн}$$

Оскільки для заводського технологічного процесу необхідні 3 верстати, тоді  $A_{\text{зав}} = 36225$  грн.

Тоді:

$$A_{\Phi \text{пр}} = \frac{12075 \times 100}{4015 \times 60} = 5,01 \text{ грн}$$

$$A_{\Phi \text{зав}} = \frac{36225 \times 100}{4015 \times 60} = 15,03 \text{ грн}$$

Розраховуємо норми витрат на обслуговування обладнання  $O_{\Phi}$ , грн. за формулою (6.7):

$$O_{\Phi} = \frac{A \times 100}{F_{\partial} \times 60}, \quad (6.7)$$

де,  $O$  — нарахування на обслуговування обладнання за рік, грн. розраховується за формулою (6.8)

$$O = \frac{\alpha_2 \times 1,15 \times \Pi}{100}, \quad (6.8)$$

де,  $\alpha_2 = 0,5$  — проценти відрахувань від балансної вартості обладнання;

$$O_{\text{пр}} = \frac{0,5 \times 1,15 \times 70000}{100} = 402,5 \text{ грн}$$

Оскільки для заводського технологічного процесу необхідні 3 верстати, тоді  $O_{зав} = 1207,5$  грн.

Тоді:

$$O_{фпр} = \frac{402,5 \times 100}{4015 \times 60} = 0,17 \text{ грн}$$

$$O_{фзав} = \frac{1207,5 \times 100}{4015 \times 60} = 0,5 \text{ грн}$$

Розраховуємо норми витрат на ремонт обладнання  $P_{\phi}$ , грн. за формулою (6.9):

$$P_{\phi} = \frac{P \times 100}{F_{\phi} \times 60}, \quad (6.9)$$

де,  $P$  — нарахування на ремонт обладнання за рік, грн. розраховується за формулою (6.10)

$$P = \frac{\alpha_3 \times 1,15 \times \Pi}{100}, \quad (6.10)$$

де,  $\alpha_3 = 4,5$  — проценти відрахувань від балансної вартості обладнання;

$$P_{пр} = \frac{4,5 \times 1,15 \times 70000}{100} = 3622,5 \text{ грн}$$

Оскільки для заводського технологічного процесу необхідні 3 верстати, тоді  $P_{зав} = 10867,5$  грн.

Тоді:

$$P_{фпр} = \frac{3622,5 \times 100}{4015 \times 60} = 1,5 \text{ грн}$$

$$P_{фзав} = \frac{10867,5 \times 100}{4015 \times 60} = 4,5 \text{ грн}$$

Витрати на інструмент:

$I_{пр} = 0,036$  — вартість однієї години роботи ріжучого інструменту на чорнових та чистових операціях;

$I_{зав} = 0,12$  – вартість однієї години роботи ріжучого інструменту на чорнових та чистових операціях.

Витрати на пристосування:

Пристосування має число деталей  $n = 6$ . Для пристосувань такої складності  $\Pi_{ф.пр} = 0,0063$  коп/хв. Оскільки для заводського технологічного процесу необхідно 3 таких пристосування, то  $\Pi_{ф.зав} = 0,0189$  коп/хв.

Технологічна собівартість  $C$ , коп. розраховується за формулою (6.11):

$$C = (З_p + З_n + E_{\phi} + \Pi_{\phi} + I_{\phi} + A_{\phi} + O_{\phi} + P_{\phi}) \times t_{шт}, \quad (6.11)$$

$$\begin{aligned} C_{пр} &= (1,15 + 1,55 + 20,13 + 0,0063 + 0,036 + 5,01 + 0,17 + 1,5) \times 53,38 \\ &= 1577,5 \text{ коп} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{зав} &= (3,45 + 1,55 + 60,39 + 0,0189 + 0,12 + 15,03 + 0,5 + 4,5) \times 53,38 \\ &= 4567,13 \text{ коп} \end{aligned}$$

Економічний ефект  $E_o$ , грн. очікуваний при упровадженні об'єднання трьох операцій розраховується за формулою (6.12):

$$E_o = (C_{зав} \times N + E \times Ц \times n_{зав}) - (C_{пр} \times N + E \times Ц \times n_{пр}), \quad (6.12)$$

де,  $E = 0,15$  – нормативний коефіцієнт ефективності;

$n_{пр}$ ,  $n_{зав}$  – число одиниць обладнання для першого та другого варіантів.

$$\begin{aligned} E_o &= (4567,13 \times 1500 + 0,15 \times 70000 \times 3) \\ &\quad - (1577,5 \times 1500 + 0,15 \times 70000 \times 1) = 4505445 \text{ грн} \end{aligned}$$

Отже, при об'єднанні трьох токарних операцій з ЧПК в одну, економічний ефект складатиме 4505445 грн/рік.

## 7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Дотримання усіх норм охорони праці (ОП) забезпечує досягнення безпечних умов праці на робочих місцях, попереджує виникнення

травматизму та професійних захворювань на робочих місцях. У даному розділі магістерської роботи приведено аналіз потенційно небезпечних факторів, які можуть виникати під час роботи на підприємстві. У ньому розглядаються наступні питання: аналіз потенційних небезпек; заходи по забезпеченню техніки безпеки; заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці; заходи по пожежній безпеці; заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях. Також розглянуто питання про перелік дій робітників, службовців та населення при аварії з викидом (розливом) сильнодіючих отруйних речовин.

### 7.1 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 верстатника в наслідок застосування меблів, що не відповідають ергономічним вимогам; б) захащення заготовками і деталями робочого місця; в) травми та пошкодження шкіряного покриву при розвантаженні і завантаженні заготовок та деталей; г) пошкодження шкіряного покриву рук гострити кромками, шорсткостями на поверхні заготовок, інструменту, обладнання, відходів при роботі без рукавиць. 2. Опіки можливі при порушенні правил безпеки при виконанні операцій точіння в'язких 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; 6. Емоційне перенавантаження, викликане необхідністю виконувати одну і ту

саму роботу без перерв на відпочинок сприяє передчасному розвитку загального стомлення, зниженню працездатності; 7. 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. 8. Недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю, або хибного вибору освітлювальних приладів, що призводить до погіршення зору; 9. Підвищений рівень шуму, що супроводжує роботу значної кількості верстатів, призведе до роздратованості, збільшенню помилок, в окремих випадках - до погіршення слуху. 10. Незадовільні параметри мікроклімату, у зв'язку з відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальної системи, можуть викликати загальні захворювання. 11. Зневага правилами пожежної безпеки може привезти загоряння, пожежі. 12. порушення правил експлуатації електрообладнання може привести до короткого замкнення в електромережі; несправність системи пожежної безпеки може привести до розповсюдження пожежі та нанесення травм робітникам. 13. Неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, які призводять до паніки та загибелі людей.

## 7.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Для запобігання аварій, виробничого травматизму та інших небезпечних явищ конструкція обладнання на механічній ділянці відповідає вимогам національних стандартів та технічному регламенту безпеки. На ділянці передбачено застосовувати обладнання, що відповідає вимогам Технічного регламенту безпеки машин затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 30 січня 2013 р. № 62. Обладнання не створювали небезпеки для людей під час встановлення, налагодження, експлуатації та обслуговування згідно з передбачуваними умовами та технологічними вимогами. Для уникнення дискомфорту, передчасної втоми, фізичного та психологічного

стресу під час організації робочого процесу враховані принципи ергономіки: врахування можливих фізичних розмірів оператора, його сили і витривалості; забезпечення достатнього простору для рухів частин тіла оператора; уникнення встановлення фіксованої продуктивності; уникнення необхідності спостереження, яке вимагає тривалої зосередженості; пристосування системи взаємодії “людина - машина” до передбачуваних характеристик операторів (ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування»). На кожному робочому місці передбачені посадові інструкції, які встановлюють загальні та кваліфікаційні вимоги, вимоги до знань, обов’язки, права, відповідальність фахівця згідно вимогам НАОП 1.4.32-2.01-82 (ОСТ 11 090.028-82) «Інструкція з охорони праці. Порядок розроблення, оформлення та користування», НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями», Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров’я працівників затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118). Згідно інструкцій для уникнення травматизму верстат перед початком роботи повинен пройти обов’язкову перевірку. Обов’язково повинна бути перевірена надійність закріплення заготовки та ріжучого інструменту. Ріжучий інструмент, як і робоча зона та рухомі органи верстата, повинні бути огорожені захисною огорожею або захисним кожухом відповідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож». Застосування захисних екранів дає можливість запобігти небезпеці травмування верстатника і тих, що перебувають поблизу верстата, стружкою, що відлітає, та змащувально-охолоджувальною рідиною. Крім того, ці пристрої запобігають забрудненню підлоги стружкою та рідиною. Знімні, відкидні або розсувні огороження робочих органів, які запобігають небезпеці при роботі обладнання, а також двері, кришки, щитки, що

відкриваються в огороженнях або в корпусі обладнання, мають пристрої, що унеможливають їх випадкове знімання або відкриття та мають блокування, що забезпечує припинення робочого процесу (ДСТУ EN ISO 14119:2017 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору»). Передбачена звукова сигналізація, яка попереджає про пуск обладнання, засоби зупинки, про порушення нормального режиму роботи, автоматичного відключення від джерела енергії при небезпечних несправностях. Елементи конструкції виробничого обладнання не мають гострих кутів, країв і поверхонь з нерівностями, що становлять небезпеку. Робочі місця безпечні зручні ті відповідають вимогам ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування», НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями». З метою уникнення ризиків отримання механічних травм різного ступеню важкості передбачено застосування кольорів та сигналів безпеки, що використовуються на робочих місцях, у відповідності вимогам Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118). 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 механічної дільниці, відповідно НПАОП 40.1-1.3201 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» - підвищеної небезпеки (сухе – відносної вологості не більше 60%, металевий пил в повітрі, температура до 30°C, залізобетонна підлога). Відповідно до вимог «Правил улаштування електроустановок» (далі «ПУЕ») для виключення можливого ураження обслуговуючого персоналу

електричним струмом, передбачене захисне заземлення. Електроживлення електрообладнання механічної дільниці здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В і частотою 50 Гц. Відповідно до вимог «ПУЕ», електрообладнання на механічній дільниці характеризується як електроустановки до 1000 В, тому згідно вимог глави 1.7 «ПУЕ», величина опору контуру захисного заземлення електрообладнання приміщення у будьяку пору року не перевищує – 4 Ом. Відповідно до вимог ПУЕ в електроустаткуванні застосовують такі системи засобів: захисне заземлення ізоляції токопроводних частин, захисне відключення, напруга (до 42 В) для переносного освітлення і роботи електроінструменту, повна недоступність працівників до неізольованих проводів. 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 (ДСТУ EN 60204-32:2018 «Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги»). Згідно з ПУЕ, ДСТУ 7237:2011 «ССБП. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту» електричне устаткування за засобом захисту людини від ураження електричним струмом, належить до I 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 виконується відповідно вимога ПУЕ і ДСТУ Б В.2.5-82:2016 «Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом». 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 нераціонального 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. Планування безпосередньо робочого місця передбачає місця для збереження тари з заготовками та готовою продукцією, стелажи для зберігання технічної документації та інструменту, а також місця для відходів виробництва. 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. Для установки заготовок масою більше ніж 8кг та пристосувань масою більше ніж 20кг верстати оснащені індивідуальним підймальним пристроєм. На дільниці передбачено застосування кран-балки, яка призначена для транспортування пристосувань, переміщення тари з партією заготовок або деталей від верстата до верстата. ДСТУ EN 13155-2018 «Крани вантажопідймальні. Вимоги щодо безпеки. Пристрої вантажозахоплювальні знімні». 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 вимогам Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118). Також враховано, що

вантажопідйомність кран-балки на 10-20% вища ніж маса вантажу, що підіймається. Для уникнення травмування рук та пальців при переміщенні деталей необхідно використовувати спеціалізовані рукавиці ( ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація»). Для уникнення травмування робітник повинен використовувати спеціалізований одяг та взуття. Респіратори, навушники та захисні окуляри використовуються під час роботи для захисту органів дихання, слуху та очей. Такі засоби захисту використовуються під час роботи на відкритих верстатах та при перевищенні допустимого рівня шуму. Для контролю здоров'я працюючих за рахунок роботодавця обов'язковим є проходження медичного огляду один раз на два роки, а для окремих категорій робітників і один раз на рік, 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 вміти надати першу медичну допомогу при невідкладних станах.

### 7.3 Заходи по забезпеченню 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», МІОУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»). Мікрокліматичні умови повинні відповідати таким умовам як температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху

повітря, інтенсивність теплового (інфрачервоного) опромінення, температура поверхні. Мікрокліматичні умови можуть бути оптимальні чи допустимі. Так оптимальні умови мікроклімату встановлюються для постійних робочих місць, допустимі встановлюються у випадках, коли на робочих місцях не можна забезпечити оптимальні величини мікроклімату за технологічними вимогами виробництва, технічною досяжністю та економічно обґрунтованою недоцільністю. В холодну пору року на дільниці температура повітря становить 18-20 °С, в теплу - 21-23 °С. Відносна вологість повітря повинна складати 40-60%. 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». Вимоги до систем вентиляції, кондиціонування та опалення зазначені в ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» та ГОСТ 12.4.021-75 «ССБТ. Системы вентиляционные. Общие требования». Системи вентиляції, кондиціонування та опалення повинні у різні пори року забезпечувати відповідний мікроклімат у робочому приміщенні. Завдяки системі вентиляції повинно забезпечуватися повна очистка повітря від зайвих домішок у повітрі; подача повітря повинна бути постійною, без перебоїв; вміст пилу не повинен перевищувати 30%. Під вентиляцією розуміють сукупність заходів та засобів призначених для забезпечення на постійних робочих місцях та зонах обслуговування виробничих приміщень метеорологічних умов та чистоти повітряного середовища, що відповідають гігієнічним та технічним вимогам. Основне завдання вентиляції – вилучити із приміщення забруднене, вологе або нагріте повітря та подати свіже очищене повітря. Вентиляція класифікується за такими ознаками: – за способом переміщення повітря – природна, штучна (механічна) та суміщена (природна та штучна одночасно); – за напрямком потоку повітря – припливна, витяжна, припливновитяжна; – за місцем дії – загально обмінна, місцева, комбінована; – за призначенням – робоча, аварійна. Природна вентиляція може бути неорганізованою і організованою.

При неорганізованій вентиляції невідомі об'єми повітря, що надходять та вилучаються із приміщення, а сам повітрообмін залежить від випадкових чинників (напрямку та сили вітру, температури зовнішнього та внутрішнього повітря). Неорганізована природна вентиляція включає інфільтрацію – просочування повітря через нещільності у вікнах, дверях, перекриттях тощо та провітрювання, що здійснюється при відкриванні вікон та квартир.

Організована природна вентиляція називається аерацією. Для аерації в стінах будівлі роблять отвори для надходження зовнішнього повітря, а на даху чи у верхній частині будівлі встановлюють спеціальні пристрої (ліхтарі) для видалення відпрацьованого повітря. Для регулювання надходження та видалення повітря передбачено перекривання на необхідну величину аераційних отворів та ліхтарів. Це особливо важливо в холодну пору року.

Перевагою природної вентиляції є її дешевизна та простота експлуатації. Основний її недолік у тому, що повітря надходить у приміщення без попереднього очищення, а видалене відпрацьоване повітря також не очищується і забруднює довкілля. Штучна (механічна) вентиляція, на відміну від природної, дає можливість очищувати повітря перед його викидом в атмосферу, вловлювати шкідливі речовини безпосередньо біля місць їх утворення, обробляти припливне повітря (очищувати, підігрівати, зволожувати тощо), більш цілеспрямовано подавати повітря в робочу зону.

Окрім того, механічна вентиляція дає можливість організувати повітрозабір у найбільш чистій зоні території підприємства і навіть за її межами. При штучній вентиляції повітрообмін здійснюється внаслідок різниці тисків, що створюється вентилятором. Вона застосовується в тих випадках, коли тепловиділення у виробничому приміщенні недостатні для постійного (протягом року) використання аерації, або коли кількість чи токсичність шкідливих речовин, які виділяються у повітря приміщення є такою, що виникає необхідність постійного повітрообміну незалежно від метеорологічних умов навколишнього середовища. Природна та штучна вентиляції повинні відповідати наступним санітарно-гігієнічним вимогам: –

створювати в робочій зоні приміщень нормовані метеорологічні умови праці (температуру, вологість і швидкість руху повітря); – повністю усувати з приміщень шкідливі гази, пари, пил та аерозолі або розчиняти їх до допустимих концентрацій; – не вносити в приміщення забруднене повітря ззовні або шляхом засмоктування із суміжних приміщень; – не створювати на робочих місцях протягів чи різкого охолодження; – бути доступними для керування та ремонту під час експлуатації; – не створювати під час експлуатації додаткових незручностей (наприклад, шуму, вібрацій, попадання дощу, снігу і т. п.). Необхідно зазначити, що до вентиляційних систем, встановлених у пожежо- та вибухонебезпечних приміщеннях висувається ціла низка додаткових вимог. Кондиціонування повітря – це створення та автоматичне підтримування в приміщенні заданих або таких, що змінюються за певною програмою метеорологічних умов, які є найбільш сприятливими для працівників чи для нормального протікання технологічного процесу. Кондиціонування повітря може бути повним та неповним. Повне кондиціонування повітря передбачає регулювання температури, вологості, швидкості руху повітря, а також можливість його додаткового оброблення (очищення від пилу, дезінфекції, дезодорації, озонування). При неповному кондиціонуванні регулюється лише частина параметрів повітря. Кондиціонування повітря здійснюється кондиціонерами, які підрозділяються на центральні та місцеві. Центральні кондиціонери призначені для обслуговування великих за розмірами приміщень. Оброблення повітря проводиться в одному центрі, що розташований поза приміщеннями, в яких здійснюється кондиціонування і зв'язаного з останніми каналами для подачі та рециркуляції повітря. Місцеві кондиціонери мають малу продуктивність і встановлюються безпосередньо в невеликих приміщеннях. Такі кондиціонери, зазвичай, працюють на зовнішньому повітрі за, так званою, припливною схемою. Система кондиціонування оснащується спеціальними пристроями, які автоматично регулюють за заданими умовами необхідні параметри повітря, а отже й

відповідні характеристики теплоносія та холодної води. Розраховуємо повітрообмін за умови виділення шкідливих речовин, у нашому випадку при обробці дюралюмінію виділяється металевий пи́л, що надходить у робочу зону, з метою розбавлення його до граничнодопустимої концентрації по формулі (5.1):  $m^3/\text{год}$  (5.1)

де  $L_v$  – кількість приточного або видаляє мого повітря в залежності від схеми механічної вентиляції,  $m^3/\text{с}$ ;  $G_{вр}$  – кількість шкідливих речовин, що виділяються у виробничих приміщеннях,  $\text{мг}/\text{с}$ . У нашому випадку металевий пи́л при різній механічній обробці: фрезерування –  $1,9 \text{ мг}/\text{с}$ , свердління –  $0,4 \text{ мг}/\text{с}$ , розточування –  $0,7 \text{ мг}/\text{с}$ , шліфування – абразивний пи́л  $10 \text{ мг}/\text{с}$ , металевий пи́л  $18 \text{ мг}/\text{с}$ ;  $g_{пдк}$  – граничнодопустима концентрація шкідливих речовин в приміщенні,  $\text{мг}/\text{м}^3$ . ГДК деяких шкідливих речовин у повітрі робочої зони при обробці деталей з алюмінію наведені у таблиці 4.1.  $g_{п}$  – концентрація шкідливих речовин в зовнішньому повітрі, що подається в приміщення і дорівнює  $g_{п} = 0,3 \cdot g_{пдк}$ ,  $\text{мг}/\text{м}^3$ .

Таблиця 4.1 – ГДК деяких шкідливих речовин у повітрі робочої зони № п/п Речовина ГДК,  $\text{мг}/\text{м}^3$  Клас небезпеки Агрегатний стан

1

Алюміній та його сплави (у перерахунку на алюміній)

2 3 а 2 Мідь 1 2 а 3 Кремнію діоксин амфорний 1 3 а 4 Залізо з

домішками магнію та марганцю 6 4 а 5 Нікель 0,5 2 а 6 Титан та його діоксид 10 4 а 7 Цинку оксид 0,5 2 а

$g_{п} = 0,3 \cdot 22,5 = 6,75 \text{ мг}/\text{м}^3$   $m^3/\text{с}$   $m^3/\text{с}$   $m^3/\text{с}$  Розраховуємо кількість повітря, що видаляється від шліфувальних та полірувальних верстатів за формулою (4.2):

$= k \cdot \pi \cdot d \cdot n, \text{ м}^3/\text{год}$  (4.2) де  $d$  – діаметр круга - 100 мм;  $k$  – коефіцієнт, що приймається в залежності від матеріалу та діаметра круга – 6;  $n$  – число кругів – 1 шт.  $= 1 \cdot \pi \cdot 100 = 0,1 \text{ м}^3/\text{год}$

83

З розрахунків можемо зробити висновок, що для забезпечення безпечних умов праці достатньо використовувати місцеву вентиляцію, яка вбудована в верстаті та загальну припливно-витяжну вентиляційну систему по цеху. 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.2.5-28-2018 «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. Для металорізальних верстатів передбачено комбіновану систему освітлення робочих зон верстатів. Місцеве освітлення забезпечується лампами розжарювання, для живлення застосовується напруга 42В. ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» регламентують рівень шуму у робочій зоні. Дані норми встановлюють методи оцінки виробничого шуму, параметри та їх допустимі значення. Рівень шуму не повинен перевищувати 80 дБ. При перевищенні

цього значення робочий час повинен бути скорочений в залежності від рівня перевищення шуму. При роботі за верстатами необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту, наприклад, беруші. Верстати повинні бути оснащені шумоізоляційними корпусами. ДСТУ ISO 2631-1:2004 «Вібрація та удар механічні. Оцінка впливу загальної вібрації на людину» та ДСН 3.3.6.039-99. «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрацій», ДСТУ EN 14253-2018 «Вібрація механічна, вимірювання та обчислювання впливу на здоров'я загальної виробничої вібрації. Практична настанова» зазначають рівні вібрації під час верстатних та інших видів робіт, описують вплив рівня вібрацій на здоров'я працюючих. На місцях праці з вібраціями необхідно робити перерви кожні 1015 хвилин. Для зниження негативного впливу вібрацій на стан здоров'я робітника необхідно регулярно робити огляд у лікаря та виконувати профілактичне лікування.

#### 7.4 Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки для приміщення 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 горіння електроустановок (верстати), 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 безпеки – 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 механічної дільниці – 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. 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) оснащене 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 вуглекислотних вогнегасників є відсутність слідів гасіння так як вуглекислота після використання не залишає слідів і бруду. З метою привернення уваги усіх працюючих пожежні щити, обладнання та інвентар фарбують в червоний колір, відповідно до вимог ДСТУ ISO 6309:2007 «Противопожечный захист. Знаки безпеки. Форма та колір». Для механічних цехів та адміністративних приміщень передбачено використання сповіщувачів пожежі, приміщення буде обладнане адресованим автоматичним сповіщувачем ДІП-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).

### 7.5 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: фізикогеографічні, 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 інженернотехнічних 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 хімічно небезпечних 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. В результаті можна зробити наступний висновок. 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.

## ВИСНОВОК

Згідно завданню на магістерський дипломний проект, було вдосконалено процес виготовлення деталі «Корпус форсунки.». Обрано доцільніший метод отримання заготовки. Було призначено припуски на заготовку. Режими різання та технічне нормування часу призначені і визначені за рекомендаціями нормативних документів авіаційної промисловості.

Розроблено 3D модель деталі та заготовка за допомогою програмного модулю NX CAM. Технологічний процес розроблено з урахуванням вимог охорони праці. Спроектовано пристосування верстатів, що дозволяють швидко та надійно затискати та закріплювати заготовку під час обробки, що в умовах серійного виробництва є дуже важливою особливістю. Було виконано автоматизацію вимірювання залишкових напружень, що дуже спрощує процес контролювання під час виготовлення деталі та є вагомим чинником в авіабудуванні.

Виконано спеціальне завдання на тему " Шляхи і методи підвищення ефективності процесу свердління глибоких отворів". за допомогою програмного модулю NX CAM найуразливіша частину деталі було розраховано на міцність, після чого була запропонована оптимізація геометрії деталі з метою покращення її роботи у вузлі.

Зіставлено альбом технологічної документації на виготовлення деталі.

## Список використаної літератури

1. Обробка глибоких отворів. Н. Ф. Уткин, Ю. И. Кижняев, С. К. Плужников та ін. - Л.: Машинобудування. 1988.
2. Б. А. Німців, С. К. Плужников, П. Д. Яковлев. Прогресивна технологія обробки глибоких отворів діаметром 7-23 мм. - Л.: ЛДНТП, 1989.
3. Лакирев С. Г. Обробка отворів : Довідник. - М.: Машинобудування, 1984.
4. Збірка праць. Прогресивні інструменти для обробки отворів. Під ред. Д. И. Семенченко. - Москва, ВНИИинструмент, 1979.
5. Довідник технолога- машинобудівника: в 2-х т. / під ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. - М.: Машинобудування, 1985.
6. Довідник металіста : в 5 т. - М.: Машинобудування, 1977.
7. Технічний довідник Sandvic Coromant : рекомендації по обробці свердлінням, 2006.
8. Технологічне забезпечення процесів глибокого свердління Botek., "Werkstattechnik und Maschinenbau", 2007.
9. Троїцький Н. Д. Глибоке свердління. Машинобудування, 1976.
10. Технологія обробки конструкційних матеріалів під ред. П. Г. Петрухи. Москва, "Вища школа", 1991.
11. Дриц М. Е., Москалев М. А. Технологія конструкційних матеріалів. Москва, "Вища школа", 1990.
12. Барун В. А. Робота на свердлувальних верстатах., Профтехиздат, Москва, 1963.
13. Аршинів В. А., Алексєєв Г. А. Різання металів і різальний інструмент. Машинобудування, 1964.
14. Технічна інформація Hartmetall, 2007.





## Додаток Б

|               |              | Формат<br>Зона |  | Паз. | Обозначение | Наименование                                  | Кол.       | Примечание |        |
|---------------|--------------|----------------|--|------|-------------|-----------------------------------------------|------------|------------|--------|
| Перв. примен. |              |                |  |      |             | <u>Документация</u>                           |            |            |        |
|               |              |                |  |      |             |                                               |            |            |        |
|               |              |                |  |      |             | Сборочный чертеж                              | 1          |            |        |
|               |              |                |  |      |             |                                               |            |            |        |
|               |              |                |  |      |             |                                               |            |            |        |
|               |              |                |  |      |             |                                               |            |            |        |
|               |              |                |  |      |             |                                               |            |            |        |
| Срав. №       |              |                |  |      |             | <u>Детали</u>                                 |            |            |        |
|               |              |                |  |      |             |                                               |            |            |        |
|               |              |                |  |      |             |                                               |            |            |        |
|               |              |                |  | 1    |             | Опора                                         | 1          |            |        |
|               |              |                |  | 2    |             | Карпус                                        | 1          |            |        |
|               |              |                |  | 3    |             | Штанга                                        | 1          |            |        |
|               |              |                |  | 4    |             | Муфта                                         | 1          |            |        |
|               |              |                |  | 5    |             | Ось                                           | 1          |            |        |
|               |              |                |  | 6    |             | Коромисло                                     | 1          |            |        |
|               |              |                |  | 7    |             | Щуп                                           | 1          |            |        |
|               |              |                |  | 8    |             | Ось                                           | 1          |            |        |
|               |              |                |  | 9    |             | Призма                                        | 1          |            |        |
|               |              |                |  | 10   |             | Болт                                          | 1          |            |        |
|               |              |                |  | 11   |             | Гайка                                         | 1          |            |        |
|               |              |                |  | 12   |             | Прижим                                        | 1          |            |        |
|               |              |                |  | 13   |             | Пружина                                       | 1          |            |        |
|               |              |                |  | 14   |             | Шестерня                                      | 1          |            |        |
|               | Подп. и дата |                |  |      | 2           |                                               | Маховик    | 1          |        |
|               |              |                |  | 16   |             | Гайка                                         | 1          |            |        |
|               |              |                |  | 17   |             | Болт                                          | 1          |            |        |
|               |              |                |  | 18   |             | Рукоятка                                      | 1          |            |        |
|               |              |                |  |      |             |                                               |            |            |        |
|               |              |                |  |      |             |                                               |            |            |        |
| Изд. №        |              |                |  |      |             |                                               |            |            |        |
|               |              |                |  |      |             |                                               |            |            |        |
|               |              |                |  |      |             |                                               |            |            |        |
|               |              |                |  |      |             |                                               |            |            |        |
| Изд. № подл.  | Разраб.      | Литвин ОВ      |  |      |             | Пристосовання для<br>контроля торцевого диття | Лист       | Лист       | Листов |
|               | Проф.        | Степанов ДМ    |  |      |             |                                               |            | 1          | 2      |
|               | Нконтр.      | Гермашев АІ    |  |      |             |                                               | НУЗП       |            |        |
|               | Утв.         | Дядя СІ        |  |      |             |                                               | гр. М-118м |            |        |

Копировав

Формат А4

[illegible]