

**Державний вищий навчальний заклад  
«Сумський державний університет»**

Технічних систем та енергоефективних технологій

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної (роботи)

перий (бакалаврський)

(освітній рівень)

на тему: Проектування технологічного процесу

виготовлення діафрагми 68.1038.009

Виконав: студент IV курсу, групи ТМс2-51К  
напряму підготовки (спеціальності)

131 – Прикладна механіка

(Технології машинобудування)

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Олешко Р.С

(прізвище та ініціали)

Керівник: Динник О.Д.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.О.Іванов

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022р.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ  
ДІАФРАГМИ 68.1038.009**

Бакалаврська кваліфікаційна робота

Напрямок підготовки 131 – Прикладна механіка

(Технології машинобудування)

Студент

Олешко Р.С.

Керівник

Динник О.Д.

Нормоконтроль

Динник О.Д.

Державний вищий навчальний заклад

«Сумський державний університет»

Інститут, факультет Технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра Технології машинобудування, верстатів та інструментів  
Освітній рівень перший (бакалаврський)  
Напрямок підготовки 131 – Прикладна механіка (Технології машинобудування)  
(шифр і назва)  
Спеціальність \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології  
машинобудування, верстатів  
та інструментів

\_\_\_\_\_ В.О.Іванов

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022р.

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

***Олешко Роман Святославович***

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проектування технологічного процесу виготовлення діафрагми 68.1038.009

керівник проекту к.т.н. Динник О.Д.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «17» травня 2022 року № 0362-VI  
2. Строк подання студентом проекту (роботи) «\_\_15\_\_» \_\_\_\_\_ червня\_\_ 2022 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Креслення деталі « діафрагми 68.1038.009»

Річний обсяг випуску деталей –500 шт

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

4.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі

4.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі

4.3 Визначення типу виробництва та форми його організації

4.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

4.5 Вибір способу отримання заготовки, розробка технічних вимог на заготовку

4.6 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі

4.7 Проектування верстатного пристрою

4.8 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

2

5. Консультанти розділів проекту (роботи)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--------|---|----------------|------------------|
|        |   | завдання видав | завдання прийняв |
|        |   |                |                  |
|        |   |                |                  |
|        |   |                |                  |
|        |   |                |                  |
|        |   |                |                  |
|        |   |                |                  |
|        |   |                |                  |

6. Дата видачі завдання «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи)                | Строк виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|---|---|----------|
| 1     | Технологічна частина                                    | 10.05.2022                              | 1        |
| 2     | Охорона праці та безпека праці в надзвичайних ситуаціях | 15.05.2022                              | 2        |
| 3     | Оформлення пояснювальної записки                        | 20.05.2022                              | 3        |
| 4     | Оформлення комплексу технологічної документації         | 25.05.2022                              | 4        |
| 5     | Додатки. Презентація                                    | 31.05.2022                              | 5        |
|       |   |   |          |
|       |   |   |          |
|       |   |   |          |
|       |   |   |          |
|       |   |   |          |

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Олешко Р.С.  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Динник О.Д.  
(прізвище та ініціали)

## Зміст

|  |    |
|--|----|
| Вступ.....   | 5  |
| 1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі.   |    |
| Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....                                 | 6  |
| 2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі.....   | 11 |
| 3 Визначення типу та форми організації виробництва .....   | 13 |
| 4 Аналіз технологічності конструкції деталі .....  | 18 |
| 5 Вибір способу отримання заготовки та розроблення технічних вимог до неї .....                      | 21 |
| 6 Аналіз існуючого чи типового технологічного процесу виготовлення деталі .....                      | 25 |
| 6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку .....  | 26 |
| 6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки .....                             | 30 |
| 6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів.....  | 36 |
| 6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів ..... | 39 |
| 6.5 Розрахунки режимів різання.....  | 41 |
| 6.6 Технічне нормування операцій .....   | 48 |
| 7 Проектування верстатного пристрою для установлення і закріплення заготовки.....                    | 52 |
| Висновки.....  | 60 |
| Перелік джерел посилань.....   | 61 |
| Додаток А Діафрагма 68.1038.009. Робоче креслення .....  | 65 |
| Додаток Б Розрахунок припусків на оброблення поверхні обертання.....                                 | 66 |
| Додаток В Пристрій ТМ 20090019-07-00-00СК. Специфікація.....   | 67 |
| Додаток Г Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях .....                                    | 69 |

|                            |      |                    |        |      |   |                 |      |         |
|----------------------------|------|--------------------|--------|------|---|-----------------|------|---------|
| <i>ТМ 20090019 - 00 ПЗ</i> |      |                    |        |      |   |                 |      |         |
|                            |      |                    |        |      |   |                 |      |         |
| Изм.                       | Арк. | № докум.           | Підпис | Дата | Проектування<br>технологічного процесу<br>виготовлення діафрагми<br>68.1038.009 | Літ.            | Арк. | Аркушів |
| Розробив                   |      | <i>Олешко Р.С</i>  |        |      |   |                 | 4    |         |
| Перевірив                  |      | <i>Динник О.Д.</i> |        |      |   |                 |      |         |
| Реценз.                    |      |                    |        |      |   |                 |      |         |
| Н. Контр.                  |      | <i>Динник О.Д.</i> |        |      |   |                 |      |         |
| Затв.                      |      | <i>Залога В.О</i>  |        |      |   | СумДУ, ТМс2-81к |      |         |

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: сторінок 63, рисунків 12, таблиць 22, літературних джерел 22.

Об'єкт роботи: діафрагма 68.1038.009 агрегату газоперекачувального ЕГПА-Ц-б, технологічний процес виготовлення діафрагми 68.1038.009.

Предмет роботи: структура й параметри технологічного процесу виготовлення діафрагми 68.1038.009

Мета роботи: удосконалення технологічного процесу виготовлення діафрагми 68.1038.009

В кваліфікаційній роботі бакалавра виконаний аналіз службового призначення виробу – «Газоперекачуючого агрегату», деталі – «Діафрагма 68.1038.009», проаналізовані технічні вимоги на виготовлення деталі. Визначений тип виробництва – дрібносерійний, та умови організації праці.

Вибраний спосіб одержання заготовки – відливка 59.7038.009, отримана методом відцентрового лиття

В роботі проаналізований технологічний процес виготовлення діафрагми, який складений з урахуванням всіх технологічних вимог креслення та основних напрямків розвитку сучасного виробництва. Проаналізовані технологічні операції 020 - Токарна з ЧПК та 070 - Свердлильна з ЧПК, обґрунтовані схеми базування, вибір металорізального обладнання та технологічної оснастки на даних операціях. Також виконаний розрахунок режимів різання та технічне нормування.

Спроекований верстатний пристрій з пневматичним приводом на операцію 070 Свердлильна з ЧПК, на якій виконується свердління та зенкерування отворів та нарізання різьби М12-7Н.

ГАЗОПЕРЕКАЧУЮЧИЙ АГРЕГАТ, ДІАФРАГМА, ВІДЛИВКА, БАЗУВАННЯ, ВЕРСТАТ, РІЗЕЦЬ, ПРИСТОСУВАННЯ, СВЕРДЛІННЯ

## ВСТУП

Машинобудування є провідним комплексом серед галузей в промисловості. Рівень його розвитку визначає можливість подальшого прогресу народного господарства вцілому.

Розвиток машинобудування робить можливим появу нових проблем, які пов'язані з підвищенням якості виробів та продуктивності праці, що вимагає їх вирішення. Сучасне виробництво машин охоплює практично всі сфери людської діяльності та досягло небувалих успіхів у підвищенні їх ефективності, що врешті перетворилось у технологічну базу промисловості і визначає рівень технічного розвитку країни та її безпеки.

Технологія сьогодення розвивається за наступними основними напрямками: створення нових матеріалів; розробка нових технологічних принципів, методів, процесів, обладнання; механізація і автоматизація технологічних процесів, що зменшує безпосередню участь в них людини.

Створення матеріально-технічної бази і необхідність безперервного підвищення продуктивності праці на основі сучасних засобів виробництва ставить перед машинобудуванням досить відповідальні задачі. До їх числа можна віднести підвищення якості машин, зниження їх матеріаломісткості, трудомісткості і собівартості виготовлення, нормалізація та уніфікація їх елементів, запровадження поточних методів виробництва, його механізація і автоматизація, а також скорочення термінів підготовки виробництва нових об'єктів. Вирішення подібних задач можливе завдяки поліпшенню конструкцій машин, удосконаленню технологій їх виготовлення, застосуванню прогресивних засобів і методів виробництва.

Все це спонукає до більш глибокого вивчення закономірностей технологічних процесів, підвищення рівня узагальнень та формалізації результатів досліджень, застосування математичних методів, удосконалення методів розрахунку та розробки технологічних процесів, методів організації технологічної підготовки виробництва.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ТМ 20090019 - 00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 5    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

## 1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Агрегат газоперекачувальний ЕГПА-Ц-б є блоковим автоматизованим агрегатом, призначеним для компримування природного газу, компонентний склад якого містить сірководень на компресорних станціях. Агрегат ЕГПА-Ц-б, є уніфікованим і може бути використаний в умовах тиску 32 і 67 кгс/см в залежності від конструкції проточної частини нагнітачів. Агрегат забезпечує нормальну працездатність при температурі навколишнього повітря від 233К (-40<sup>0</sup>С) до 318К (+45<sup>0</sup>С). Загальний вигляд агрегату зображений на рисунку 1.1

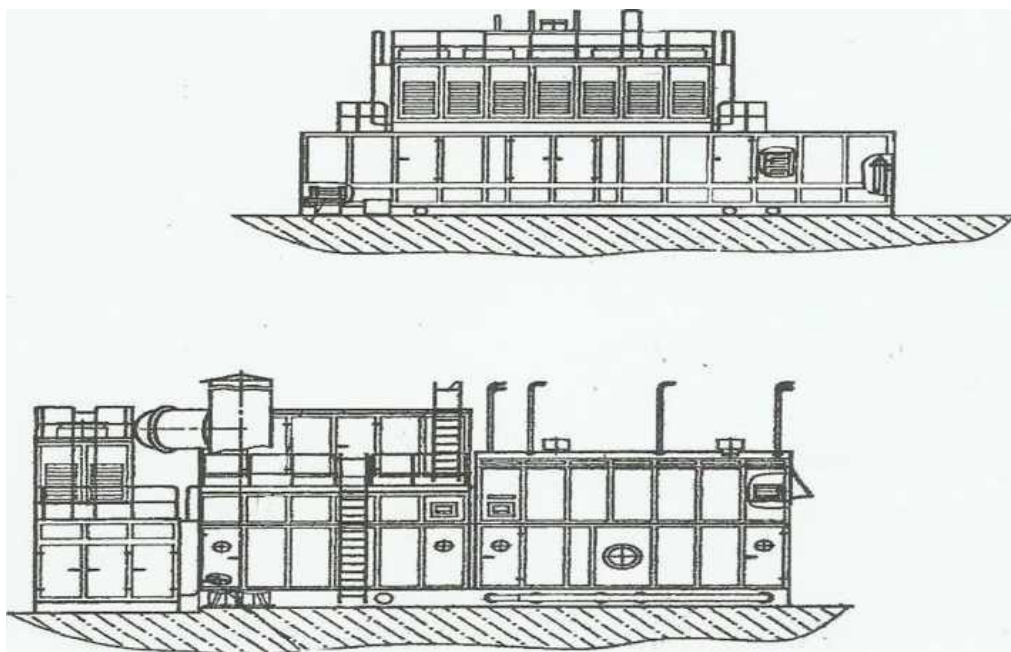


Рисунок 1.1 - Загальний вигляд агрегату ЕГПА-Ц-б

Агрегат ЕГПА-Ц-б (рисунок 1.1) представляє собою установку, що складається із окремих блоків, що монтуються на місці експлуатації. Монтаж агрегату на компресорній станції здійснюється на спеціальному фундаменті. Базовою складальною одиницею агрегату є турбоблок І, контейнер якого розділений герметичною стінкою на два відсіки: відсік двигуна та відсік нагнітача.

|     |      |          |        |      |                   |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТМ 20090019-00 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                   | 6    |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |



У відсіках контейнера розміщені, відповідно, електродвигун СТДП-6300-2Б УХЛ4 і нагнітач НЦВ-б.ЗК, а також основні системи агрегату. Забір, очищення від пилу і подача атмосферного повітря для охолодження приводного двигуна здійснюється через блок очищення повітря (БОВ), розташований на відсіку двигуна турбоблока.

Агрегат забезпечений системами обігріву та вентиляції, призначеними для забезпечення нормальних температурних умов роботи обслуговуючого персоналу в період проведення регламентних і ремонтних робіт, а також для розігріву агрегату в холодну пору року в період пуску. Вентиляція: природна через шиберні вентиляційні заслінки і повітрязабірні вікна, примусова за допомогою осьових і відцентрових вентиляторів

Перекачаний газ певних параметрів по газопроводу через всмоктуючий патрубок надходить на вхід трьох або чотирьох ступеневого відцентрового нагнітача, де стискається і подається через нагнітальний патрубок в магістральний газопровід. В якості приводу нагнітача використовується електродвигун. Агрегат забезпечений різними допоміжними системами, що забезпечують надійність його роботи при установці на відкритих площадках при температурі навколишнього повітря від 233 К (мінус 40°C) по 318 К (+ 45°C).

Технічна характеристика агрегата:

Продуктивність за умовами всмоктування -5,42 (325) м/с (м/хв)

Тиск початковий, абсолютний номінальний (при розрахунковому відношенні тисків) 1,426 (14,50), МПа (кгс / см)

Тиск кінцевий, абсолютний номінальний -3,138 (32) МПа (кгс/с<sup>2</sup>)

Частота обертання ротора нагнітача, номінальне 101,67 (6100) с<sup>-1</sup> (об/хв)

Поляінтропний ККД нагнітача, номінальне не менше -76%

Розрахункова температура газу на вході в нагнітач, -228 К (+15°C)

Підвищення температури газу в нагнітачі на номінальному режимі 74 К, +5°C

Габаритні розміри, не більше

Діаметр 1,225 м

|     |      |          |        |      |                   |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТМ 20090019-00 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                   | 7    |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

Довжина 2,316 м

Маса РПЛ (суха) в обсязі поставки не більше - 6150 кг

Ресурс РПЛ між капітальними ремонту, не менше - 30000ч

Ресурс СТТІ повний встановлений, чи не менше – 100000ч

Встановлене безвідмовне напрацювання, не менше - 50000год

Термін служби до списання 20 років

Компонентний склад компрімуємого газу в відсотках за об'ємом (розраховані величини):

Метан-83,25%

Етан-4,00%

Пропан + вищі-2,55%

Азот-6,50%

Двоокис вуглецю - 1,00%

Сірководень - 2,70%

Максимальний вміст двоокису вуглецю в газі - 1,8%, сірководню - 4,5%.

Максимальна вологість газу на всмоктуванні - стан насичення за браком крапельної вологи.

Щільність газу при нормальних умовах - не менше 0,8 кг/м<sup>3</sup>.

Номінальна щільність газу на всмоктуванні - 11,79 кг/м<sup>3</sup>.

Максимальна щільність газу на всмоктуванні - 17,65 кг/м<sup>3</sup>.

Нагнітальна камера являє собою кільцеву збірну камеру круглого перетину з розділовим ребром просторового профілю, яке забезпечує радіальний вхід. Від проворота камера зафіксована щодо внутрішнього корпусу штифтом. Нагнітальна камера кріпиться до нагнітальної кришки болтами. До нагнітальної камери кріпиться втулка, що утворить з думісом лабіринтове ущільнення. Переднє ущільнення робочих коліс і міжступінчате ущільнення також лабіринтового типу. Базовою складальної одиницею СПЧ є внутрішній корпус, який має горизонтальний роз'єм і складається з камери всмоктування і діафрагм.

Опис деталі та її місце у вузлі

|     |      |          |        |      |                   |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТМ 20090019-00 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                   | 8    |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

Діафрагма виконується у вигляді кільця. Залежно від конструкції і конкретного випадку діафрагма може вставлятися в кільцеву камеру. Принцип дії діафрагми в газоперекачувальному агрегаті ЕГПА-Ц-б заснований на законі Бернуллі, який встановлює зв'язок між швидкістю потоку і тиску в ньому.

У трубопроводі, по якому протікає рідка або газоподібна речовина, встановлюється діафрагма, що створює місцеве звуження потоку. Максимальне стиснення потоку відбувається на деякій відстані за діафрагмою, що утворює при цьому мінімальний переріз потоку який називається стисненим перетином. Внаслідок переходу частини потенційної енергії тиску в кінетичну середня швидкість потоку в звуженому перетині підвищується. Статичний тиск потоку після діафрагми стає менше, ніж до неї.

Класифікація поверхонь деталі за призначенням представлена на рисунку 1.2

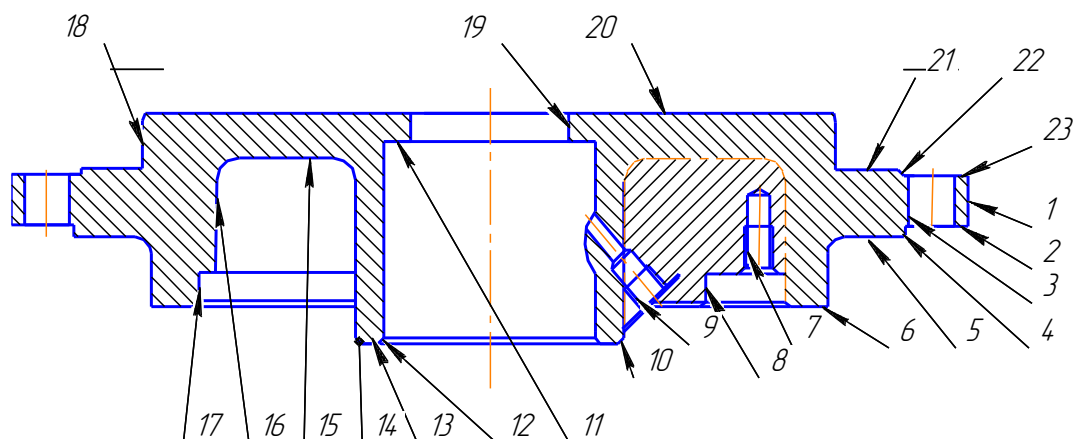


Рисунок 1.2 – Ескіз Діафрагма з класифікацією поверхонь

Проаналізуємо поверхні деталі за призначенням:

Поверхня 18 - основна конструкторська база, під час механічної обробки деталі використовується як технологічна база, позбавляє двох ступенів вільності (двох обертань навколо осей Y та X), і є подвійною опорною базою.

Поверхні 21 - основна конструкторська база, під час механічної обробки деталі використовується як технологічна база, позбавляє заготовку трьох ступенів вільності (двох обертань навколо осей Y та X і одного переміщення по осі X).

|     |      |          |        |      |                   |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|--|------|
|     |      |          |        |      | ТМ 20090019-00 ПЗ |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |  | 9    |

Поверхня 6 - допоміжна конструкторська база, під час механічної обробки деталі використовується як технологічна база, позбавляє заготовку трьох ступенів вільності (двох обертань щодо осей Y і Z одного переміщення по осі X).

Поверхня 17 - допоміжна конструкторська база, під час механічної обробки деталі використовується як технологічна база, позбавляє двох ступенів вільності (двох обертань навколо осей Y та X), так як є подвійний опорною базою.

Поверхня 3 - основна конструкторська база, під час механічної обробки деталі використовується як технологічна база, за кількістю позбавляючих ступенів вільності - опорна (позбавляє заготовку обертання навколо осі X).

Поверхня 11, 12 - виконавча поверхня, під час механічної обробки деталі використовується як технологічна база, позбавляє двох ступенів вільності (двох обертань навколо осей Y та X), так як є подвійний опорною базою.

Поверхні 1,2,10,22 - вільні, зовнішні циліндричні поверхні.

Поверхня 8 - призначена для розміщення шляпки болтів.

Поверхні 5,8,14, 15,16, 19, 23 - вільні торцеві поверхні.

Поверхня 7 - різьбова, призначена для кріплення.

Поверхня 9 - різьбова, призначена для подачі мастильних матеріалів.

Поверхня 13 - для притуплення гострих кромek, підвищує технологічність деталі.

Схема базування діафрагми у вузлі наведена на рисунку 1.3

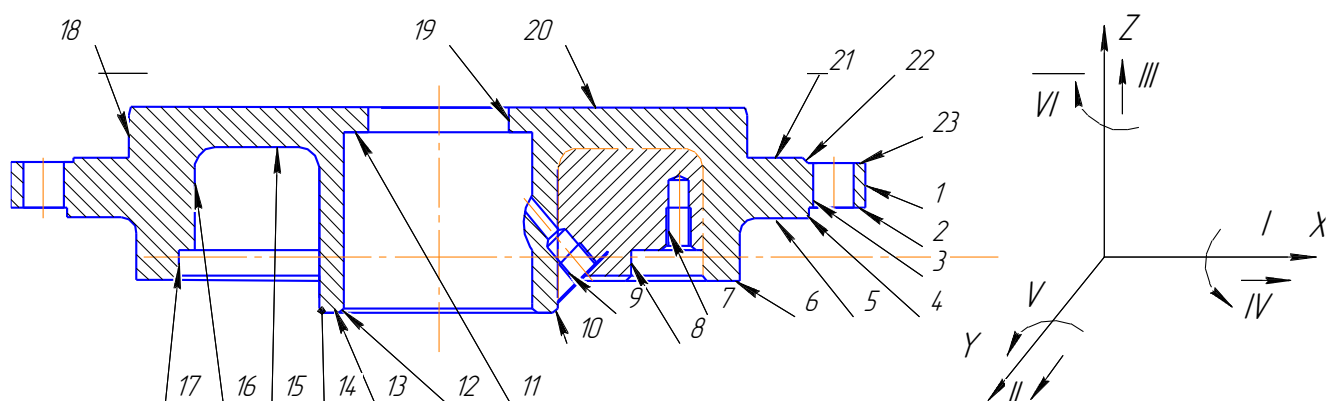


Рисунок 1.3 – Схема базування діафрагми у вузлі

|     |      |          |        |      |                   |            |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------------|
|     |      |          |        |      | ТМ 20090019-00 ПЗ | Арк.<br>10 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |            |

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Діафрагма – це деталь, що відноситься до класу дисків, та використовуються для регулювання перепаду тисків рідин, газів і парів, що транспортуються по трубопровоом.

Деталь – діафрагма 68.1038.009 циліндричної форми виготовлена з корозійностійкої високолегованої сталі марки 20Х13Л ГОСТ 977-88. Це повністю відповідає умовам експлуатації деталі та вимогам по міцності, зносостійкості і поверхневим деформацій. Хімічний склад та механічні властивості матеріалу наведені у таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 20Х13Л ГОСТ 977-88

| C           | Si        | Mn        | Ni     | S        | P      | Cr      | Cu     |
|-------------|-----------|-----------|--------|----------|--------|---------|--------|
| 0.16 - 0.25 | 0.2 - 0.8 | 0.3 - 0.8 | до 0.5 | до 0.025 | до 0.3 | 12 - 14 | до 0.3 |

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 20Х13Л ГОСТ 977-88

| Сортамент           | $\sigma_b$ | $\sigma_T$ | $\delta_5$ | $\psi$ | KCU                  |
|---------------------|------------|------------|------------|--------|----------------------|
| -                   | МПа        | МПа        | %          | %      | кДж / м <sup>2</sup> |
| Марка сталі, 20Х13Л | 590        | 980        | 16         | 40     | 59                   |

Аналізуючи робоче креслення деталі «Діафрагма» за [1] необхідно відмітити, що креслення деталі має достатню кількість видів та перерізів, що дають повне уявлення про конструктивні особливості деталі. Їх розташування відповідає вимогам ГОСТ 2.305-2008 «Зображення – види, розміри, перерізи».

Розміри, граничні відхилення, шорсткість та допуски форми та розташування всіх поверхонь проставлені згідно вимог ГОСТ 2.307-2011 «Нанесення розмірів і граничних відхилень», ГОСТ 2.309-73 «Позначення шорсткості поверхонь», ГОСТ 2.308-2011 «Позначення допусків форми та розташування поверхонь», що дає змогу виготовити задану деталь потрібної точності відповідно до її службового призначення.

|     |      |          |        |      |                   |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТМ 20090019-00 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                   | 11   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

Надані технічні вимоги на виготовлення деталі, їх нанесення відповідає ГОСТ 2.316-2008 «Правила нанесення написів, технічних вимог і таблиць на графічних документа». Дотриманий порядок заповнення основного напису згідно вимог ГОСТ 2.104-2006 «Основні написи» [6].

Креслення виконане за допомогою графічного редактора і відповідає вимогам ГОСТ 2.052-2006 «Електронна модель виробу. Основні вимоги». Отже, креслення виконане згідно вимог ЄСКД за ГОСТ 2.109-73 «Основні вимоги до креслень».

Конструктор визначив такі технічні вимоги до креслення деталі:

1. Відливка 1-ої групи ГОСТ 977-88 і ТУ 26-17-058-89. Точність відливки 11-0-0-11 ГОСТ 26665-85.
2. Не вказані ливарні радіуси 5 мм.
3. На поверхні 3 дефекти без виправлення не допускаються. Виправлення дефектів виконувати з інструкції ТН-194 і ТН-203.
4. Не вказані граничні відхилення розмірів :  $H_{14};h_{14};\pm IT_{14}/2$ .
5. Випробування на міцність тиском  $P_{np}=0.74$  МПа на протязі 10 хвилин і на тиск  $P_{np}=0.64$  МПа в період часу необхідному для огляду.

|     |      |          |        |      |                          |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <i>ТМ 20090019-00 ПЗ</i> | Арк. |
|     |      |          |        |      |                          | 12   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                          |      |

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

Тип виробництва – класифікаційна характеристика виробництва, що виділяється за ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності й обсягу випуску виробів. У машинобудуванні розрізняють одиничне, серійне і масове виробництво. Тип виробництва визначають на початку проектування технологічних процесів, оскільки від нього залежать усі наступні організаційно-технічні характеристики.

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операції:

$$K_{з.о} = \frac{\sum O}{\sum P} \quad (3.1)$$

де  $\sum O$  – сумарне число різноманітних операцій;

$\sum P$  – число робітників виконуючих ці операції.

Таблиця 3.1 - Вихідні дані для розрахунку  $K_{з.о}$

| Назва операції                | $T_{шт}$ | $m_p$ | $P$ | $\eta_{з.ф.}$ | $O$ |
|-------------------------------|----------|-------|-----|---------------|-----|
| Токарно-гвинторізна           | 13,2     | 0,036 | 1   | 0,036         | 21  |
| Токарна с ЧПК                 | 7,9      | 0,021 | 1   | 0,021         | 36  |
| Токарна с ЧПК                 | 16,7     | 0,046 | 1   | 0,046         | 16  |
| Токарно-гвинторізна           | 7,1      | 0,019 | 1   | 0,019         | 40  |
| Свердлильна з ЧПК             | 6,47     | 0,017 | 1   | 0,017         | 44  |
| Свердлильна з ЧПК             | 29       | 0,079 | 1   | 0,079         | 10  |
| Вертикально-свердлильна з ЧПК | 16       | 0,044 | 1   | 0,044         | 17  |
| Разом :                       | 96,37    |       | 7   |               | 184 |

Кількість верстатів по розрахунку необхідних для виконання заданої річної програми випуску, визначаємо за формулою :

$$m_p = \frac{N_{річ} \cdot T_{ш-к}}{60 \times F_{\delta} \cdot \eta_{з.н.ср.}} \quad (3.2)$$

де  $N_{річ}$  – річна програма випуску деталей, 500 шт;

$T_{ш-к}$  - штучно-калькуляційний час беремо з базового технологічного процесу;

|     |      |          |        |      |                   |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |                   |  |  |  |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |                   |  |  |  |  | 13   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ТМ 20090019-00 ПЗ |  |  |  |  |      |

$F_d$  – дійсний річний фонд часу роботи обладнання,  $F_d = 4029$  год;

$\eta_{з.н.ср}$  – середнє значення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання.

$$m_p = \frac{500 \cdot 13,2}{60 \cdot 4029 \cdot 0,75} = 0,036$$

$P$  - прийнята кількість верстатів.  $P = 1$  верстат.

Фактичний коефіцієнт загрузки визначаємо за формулою :

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P} \quad (3.3)$$

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,036}{1} = 0,036$$

Результати розрахунків для інших механічних операцій представимо в таблиці 3.1.

Кількість операцій виконуваних на робочому місці визначаємо за формулою:

$$O = \frac{\eta_{з.н.ср.}}{\eta_{з.ф.}} \quad (3.4)$$

$$O = \frac{0,75}{0,036} = 21.$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 3.1.

Коефіцієнт закріплення операцій розраховуємо, підставивши отримані дані до формули (3.1):

$$K_{з.о} = \frac{184}{7} = 26$$

Розраховане значення коефіцієнта ( $20 < K_{з.о} = 26 < 40$ ) відповідає дрібносерійному типу виробництва.

Добовий випуск деталей визначаємо за формулою:

$$N_{доб.} = \frac{N_{рвч.}}{C} \quad (3.5)$$

|     |      |          |        |      |                   |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТМ 20090019-00 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                   | 14   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |



де С – кількість робочих днів у році, С=254 дня.

$$N_{\text{доб.}} = \frac{500}{254} = 2 \text{ шт/день.}$$

Добовий фонд часу роботи обладнання визначаємо за формулою:

$$F_{\text{доб.}} = \frac{60 \cdot F_{\text{д.}}}{254}$$

$$F_{\text{доб.}} = \frac{60 \cdot 4029}{254} = 952 \text{ хв.}$$

Середню трудомісткість механічних операцій визначаємо за формулою:

$$T_{\text{ср.}} = \frac{\sum T_{\text{ш-к}}}{n}, \quad (3.7)$$

де n – число механічних операцій, n=7;

$$T_{\text{ср.}} = \frac{96,37}{7} = 14 \text{ хв.}$$

Добова потужність потокової лінії при її завантаженні на 60% розраховується за формулою:

$$Q_{\text{доб.}} = \frac{F_{\text{доб.}}}{T_{\text{ср.}}} \cdot 0,6, \quad (3.8)$$

$$Q_{\text{доб.}} = \frac{952}{14} \cdot 0,6 = 41 \text{ шт.}$$

При порівнянні  $N_{\text{доб.}} = 2 < Q_{\text{доб.}} = 41$  робимо висновок, що добовий випуск деталей на багато менший, ніж добова потужність потокової лінії при її завантаженні на 60%, тобто використання одно номенклатурної потокової лінії нерационально, тому обираємо групову форму організації праці.

|     |      |          |        |      |                   |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТМ 20090019-00 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                   | 15   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

У дрібносерійному виробництві вироби виготовляють партіями або дрібними серіями, які складаються з однойменних, однотипних по конструкції і однакових за розмірами виробів, що запускаються у виробництво одночасно. Головним принципом цього виду виробництва є виготовлення всієї партії (серії) цілісно як в обробці, так і в збірці.

Дрібносерійний тип виробництва характеризується обмеженою номенклатурою виробів, виготовлених яких відбувається періодично повторюваними партіями і порівняно великим обсягом випуску.

В якості обладнання використовується універсальне, спеціалізоване обладнання. Широко застосовуються верстати з ЧПУ, обробні центри, а також гнучкі автоматизовані системи на основі верстатів з ЧПУ, пов'язаних транспортуючими пристроями, керованими від ЕОМ. Устаткування розставляються по технологічним групам з урахуванням напрямку основних вантажопотоків цеху, по предметно-замкнутим ділянкам.

Технологічна оснастка в основному універсальна, Велике поширення має універсально-збірна, переналагоджувальне технологічне оснащення, яке дозволяє істотно збільшити коефіцієнт оснащеності дрібносерійного виробництва.

У якості вихідних заготовок використовується гарячий і холодний прокат, лиття в землю і під тиском, точне лиття, поковки і точні штамповки. Необхідна точність досягається як методами автоматичного отримання розмірів, так і методами пробних проходів з частковим застосуванням розмітки для складних корпусних деталей. Кваліфікація робітників вище ніж в масовому виробництві, але нижча ніж в одиничному. Поряд з робітниками універсальщиками та наладчиками, працюючими на складному універсальному обладнанні використовуються робітники-оператори, що працюють на настроєних верстатах.

В залежності від особливості технології виробництва та обсягу випуску забезпечується повна, неповна, групова взаємозамінність, однак застосовується і пригін по місцю, компенсація розмірів.

Технологічна документація та нормування докладно розробляється для найбільш складних і відповідальних заготовок і спрощеного нормування для

|     |      |          |        |      |                          |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <i>ТМ 20090019-00 ПЗ</i> | Арк. |
|     |      |          |        |      |                          | 16   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                          |      |

простих заготовок. Застосований різальний та вимірювальний інструмент - універсальний.

У відповідності з даним типом виробництва та порядком виконання операцій, розташування технологічного обладнання встановлюється групова форма організації технологічного процесу, яка характеризується однорідними конструктивно-технологічними ознаками виробів, єдністю засобів технологічного оснащення.

Дрібносерійне виробництво значно економніше, ніж одиничне виробництво, так як краще використання устаткування, спеціалізація робочих, збільшення продуктивності праці забезпечують значне зменшення собівартості продукції.

Дрібносерійне виробництво є найбільш поширеним видом виробництва в загальному і середньому машинобудуванні. До цього виду виробництва відносяться, зокрема:

- верстатобудування;
- насособудування;
- виробництво пресів;
- виробництво компресорів;
- транспорту і т.д.

Як видно дана галузь присутня в переліку і вибір типу виробництва даної деталі цілком обумовлюється.

Дрібносерійне виробництво характеризується випуском партій, тому визначаємо кількість деталей у партії для одночасного запуску:

$$n = \frac{(N_{\text{річ}} \cdot a)}{259} \quad (3.9)$$

де  $a = 24$  - періодичність запуску в днях.

$$n_{\text{зап}} = \frac{24 \cdot 500}{259} = 46 \text{ шт}$$

Приймаємо  $n_{\text{зап}} = 46$  шт.

|     |      |          |        |      |                          |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <i>ТМ 20090019-00 ПЗ</i> | Арк. |
|     |      |          |        |      |                          | 17   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                          |      |

#### 4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Досягнення максимальної технологічності деталі та виробу в цілому дозволить підвищити продуктивність праці, знизити затрати, а також скоротити час на виготовлення, але при цьому забезпечити необхідну якість та точність.

Показники технологічності діляться на якісні та кількісні.

Якісні показники характеризують технологічність конструкції більш загально на основі досвіду виконавця. До якісних показників відносяться: матеріал деталі, установка в верстаті (базування та закріплення), геометрична форма, розміщення розмірів, допуски форми та розміщення, можливість використання передових способів обробки поверхонь. При цьому аналізується:

- матеріал;
- спосіб отримання заготовки;
- конструкція деталі;
- можливість використання форсуючих режимів різання;
- конструктивні елементи в технологічному відношенні;
- креслення деталі (правильність проставлених розмірів, шорсткості, допусків тощо);

Діафрагма є типовим представником деталей типу диск, виготовляється зі сталі 20Х13Л ГОСТ 977-88.

Згідно з ГОСТ 977-88 хімічний склад і механічні властивості представлені в таблиці 2.1 та 2.2.

Аналізуючи технологічність конструкції за застосовуваним матеріалом необхідно відзначити, що дана сталь має гарну оброблюваність, що дозволяє виконувати лезвійну обробку без ускладнень. Замінник - сталь 40Х.

Призначення сталі - деталі з підвищеною пластичністю, що піддаються ударним навантаженням і працюють при температурі до 400 ° С, що не піддаються дії слабоагресивних середовищ при кімнатній температурі

Дана марки сталі відносно недорога, а по своїм фізико-механічним властивостям підходить для виготовлення даної деталі з відповідними умовами

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | 18   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |      |

ТМ 20090019-00 ПЗ

експлуатації, так як під час роботи на деталь діють як вібрації так і динамічні навантаження, котрі руйнують структуру матеріалу.

Дана сталь є високолегованою, але вважати що матеріал 20Х13Л є дорогим не є правильним, але використання, більш дешевих конструкційних сталей (ст3, 5, 40, 45) не доцільно, так як це приведе до зменшення показників механічних властивостей матеріалу та руйнування деталі під дією робочих навантажень.

Тому за використаним матеріалом, а саме сталі 20Х13Л, будемо вважати деталь технологічною.

Конструктором в технічних вимогах вказано одержання заготовки – відливки, що є досить обґрунтовано з точки зору застосованого матеріалу форми, розмірів та конфігурації заготовки та відповідності технічним вимогам креслення.

Аналізуючи форму поверхонь деталі з точки зору можливості застосування високопродуктивного обладнання, можна зазначити, що більшість поверхонь є простими та відкритими, що значно полегшує обробку, так як в більшій мірі досягнута точність обробки залежить від простоти конструкційних форм. Тому можемо стверджувати, що деталь технологічна за формою поверхонь.

Аналізуючи деталь за використанням необроблюваних поверхонь, можемо зробити висновок що вона не технологічна, так як всі поверхні, є механічно обробленими з досить низькою шорсткістю ( $Ra=1,6-6,3$  мкм) та вимогами по розташуванню (радіальні та торцеві биття), що пов'язано з функціональним призначенням деталі її умовами роботи. При аналізі поверхонь можна сказати що за цим показником деталь не технологічна.

Спрощення вимог креслення, запропонованих конструктором, у відношенні точності та якості поверхонь не має можливості, так як деталь відповідальна та для відповідності деталі її функціональним призначенню необхідно забезпечити відповідну якість та точність поверхонь, тому за цим пунктом деталь не технологічна.

Маса деталі 22 кг, заготовки 27 кг що свідчить про те що при транспортуванні та закріпленні потрібно використовувати допоміжні підйомні механізми (кран

|     |      |          |        |      |                          |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <i>ТМ 20090019-00 ПЗ</i> | Арк. |
|     |      |          |        |      |                          | 19   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                          |      |

балки, мостові крани), що значно збільшить допоміжний час та відповідно собівартість готової деталі. Отже за масою деталь не технологічна.

Поверхні деталі що, застосовуються в якості технологічних баз, є достатньо розвинутими, що полегшує умови базування та закріплення на механічних операціях.

На основі розглянутого креслення деталі «Діафрагма», можемо зробити висновок, що існує не технологічна конструктивна особливість:

- деталь має велику кількість точних поверхонь виконаних по 7 квалітету з відповідно низькою шорсткістю,  $Ra=1,6$  мкм, також конструктором пред'явлені вимоги по точності даних поверхонь а саме їх биття.

Для отримання в комплексі даних критеріїв необхідно використовувати точне чистове обладнання, достатню кількість операцій та переходів (чорнові, напів чистові та чистові), відповідні режими різання, та технологічну оснастку.

Вище приведені зауваження є не технологічними, але вони є конструктивними: необхідні для використання деталі в вузлі, а отже змінити їх не має можливості.

Поверхні, які мають шорсткість  $Ra=1,6$  мкм потребують відповідної кількості операцій, переходів чорнові, напів чистові та чистові), що в результаті буде відзначатися на собівартості виробу в цілому, але так як даних поверхонь небагато, то можна сказати що за шорсткістю поверхонь деталь технологічна.

Також треба відзначити, що конструктором пред'явлені жорсткі вимоги як до форми, так і до розміщення базових поверхонь, це радіальні та торцеві биття, котрі складають 0,02-0,03 мм (данні поверхні відіграють роль як основних так і допоміжних конструкторських баз). Для досягнення даних вимог треба застосовувати відповідну кількість операцій з використанням режимів різання котрі дозволять виконати зазначені допуски та забезпечити необхідну якість поверхонь.

Висновок: В цілому деталь технологічна, хоча має окремі не технологічні конструктивні елементи, що пов'язані з функціональним призначенням та умовами її експлуатації.

|     |      |          |        |      |                          |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <i>TM 20090019-00 ПЗ</i> | Арк. |
|     |      |          |        |      |                          | 20   |
| Зм. | Арк. | № док.м. | Підпис | Дата |                          |      |

## 5 ВИБІР СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Враховуючи конфігурацію, матеріал деталі, а також тип виробництва, можливим способом отримання заготовки є лиття. Так, для умов дрібносерійного виробництва економічно доцільними є методи лиття в кокіль та відцентрового лиття. В нашому випадку пропонуємо отримання заготовки методом відцентрового лиття як більш точного та продуктивного методу, яке гарантує отримання щільної дрібнозернистої структури. При конструюванні заготовки користуємося ГОСТ 26645-85 та визначаємо[4]:

- клас розмірної точності 11;
- ступінь жолоблення елементів виливка 5;
- ступінь точності поверхонь 9;
- шорсткість поверхні виливки  $Ra = 12,5\text{мкм}$ ;
- клас точності маси 11;

Припуски та розміри заготовки за ГОСТ 26645-85 заносимо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахунок розмірів відливки по ГОСТ 26645-85 [4]

| Номинальний розмір деталі, мм | Допуск розміру, мм | Допуск форми розміщення елементів виливка, мм | Загальний допуск, мм | Половина загального допуску, мм | Ряд припусків | Величина припуску, мм | Остаточний розмір, мм |
|-------------------------------|--------------------|---|----------------------|---------------------------------|---------------|-----------------------|-----------------------|
| 1                             | 2                  | 3   | 4                    | 5                               | 6             | 7                     | 8                     |
|                               | Табл. 1            | Табл. 2                                       | Табл. 16             | Табл. 9                         | Табл. 14      | Табл. 6               |                       |
| Ø340                          | 5,0                | 1,00  | 5,00                 | 2,5                             | 6             | 4,8                   | Ø350±2,5              |
| Ø240                          | 4,4                | 0,64  | 5,00                 | 2,5                             | 4             | 4,5                   | Ø249±2,5              |
| Ø95                           | 3,6                | 0,32  | 4,00                 | 2,0                             | 4             | 4,4                   | Ø95±2                 |
| Ø56                           | 3,2                | 0,32  | 3,20                 | 1,6                             | 4             | 2,3                   | Ø51,4±1,6             |
| 82                            | 3,6                | 0,32  | 4,00                 | 2,0                             | 5             | 4,1                   | 90.2±2,0              |
| 57,5                          | 3,2                | 0,32  | 3,20                 | 1,6                             | 4             | 2,3                   | 53±1,6                |
| 42                            | 3,2                | 0,32  | 3,20                 | 1,6                             | 4             | 2,3                   | 46,6±1,6              |
| 42                            | 3,2                | 0,32  | 3,20                 | 1,6                             | 4             | 2,3                   | 42±1,6                |
| 16                            | 2,4                | 0,32  | 2,40                 | 1,2                             | 4             | 2,6                   | 21,4±1,2              |

Виконуємо ескіз заготовки, отриманої методом відцентрового лиття (рисунок 5.1).

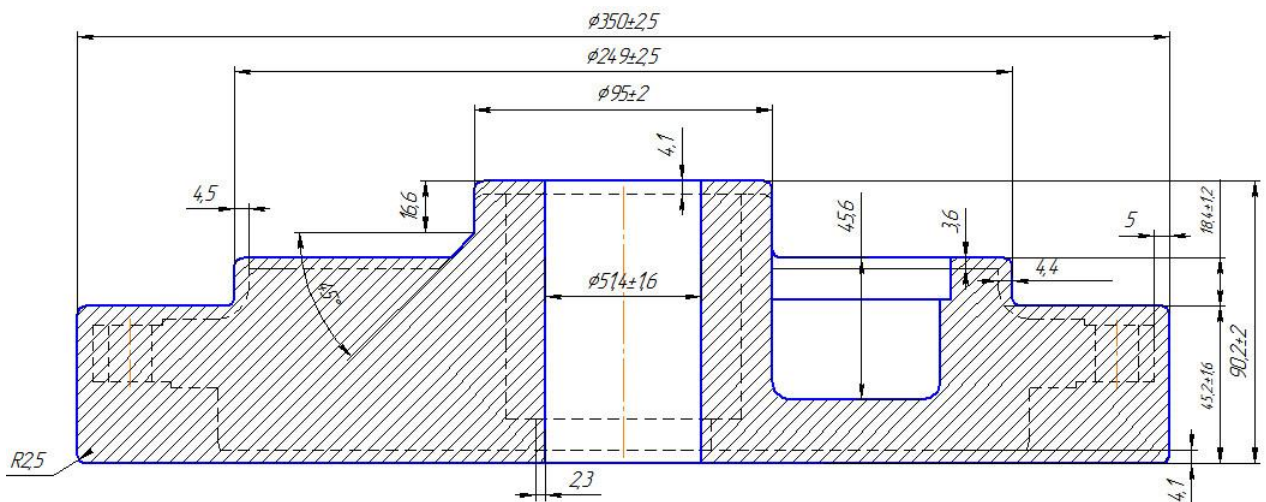


Рисунок 4.1 – Заготовка діафрагми, отримана методом відцентрового лиття

Визначаємо масу заготовки за формулою:

$$m_z = V_{заг} \times \rho, \text{ кг} \quad (5.1)$$

Де  $V_{заг}$  - загальний об'єм, який складається з простих фігур,  $\text{мм}^3$ ;

$\rho = 7,1 \cdot 10^{-6} \text{ кг/мм}^3$  – густина сталі;

Визначаємо загальний об'єм. Для цього розіб'ємо заготовку на п'ять простих циліндри та знайдемо їх об'єми за формулами:

$$V_{заг} = V_1 + V_2 + V_3 - V_4 - V_5, \text{ мм}^3 \quad (5.2)$$

$$V_1 = 3.14 \cdot \frac{345^2}{4} \cdot 45,2 = 4223245,05 \text{ мм}^3$$

$$V_2 = 3.14 \cdot \frac{245^2}{4} \cdot 18,4 = 867001,1 \text{ мм}^3$$

$$V_3 = 3.14 \cdot \frac{99^2}{4} \cdot 86 = 661665,51 \text{ мм}^3$$

$$V_4 = 3.14 \cdot \frac{59,2^2}{4} \cdot 86 = 236595,2464 \text{ мм}^3$$

$$V_5 = 3.14 \cdot \frac{54,3^2}{4} \cdot 42 = 97211,7153 \text{ мм}^3$$

|     |      |          |        |      |                   |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТМ 20090019-00 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                   | 22   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |



$$V_{\text{заг}} = 4223245,05 + 867001,1 + 661665,51 - 236595,2464 - 97211,7153 = 5418104,6983 \text{ мм}^3$$

$$m_3 = 5418104,6983 \cdot 7,1 \cdot 10^{-6} = 38 \text{ кг}$$

Тоді коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{вм}} = \frac{m_{\text{д}}}{m_3} = \frac{22}{38} = 0,57$$

Визначаємо собівартість заготовки за формулою [2], с. 31:

$$S_{\text{заг}} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_e \cdot K_M \cdot K_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{відх}}}{1000}, \text{ грн.} \quad (5.3)$$

де  $C_i = 9000$  – базова вартість 1 тони заготовки, грн; [2], с.31, табл.2.6;

$S_{\text{відх}} = 330$  – вартість 1 тони відходів, грн; [2], с.32, табл.2.7;

$K_m = 1,05$  – коефіцієнт, що залежить від точності; [2], с.33;

$K_c = 1,0$  – коефіцієнт, що залежить від групи складності; [2], с.33, табл.2.8;

$K_e = 1,0$  – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу; [2], с.33, табл.2.8;

$K_M = 0,82$  – коефіцієнт, що залежить від маси заготовки; [2], с.34;

$K_n = 1,0$  – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготовки; [2], с.31, табл.2.6;

$Q = 38$  – маса заготовки, кг;

$q = 22$  – маса деталі, кг.

$$S_{\text{заг}} = \left( \frac{9000}{1000} \cdot 38 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,82 \cdot 1,0 \right) - (38 - 22) \cdot \frac{330}{1000} = 289,182 \text{ грн}$$

Якщо порівняти отриману заготівку з базовим аналогом – заготівкою отриманою литтям в кокіль, то доцільніше виготовляти базовий аналог, але даний метод не дає нам потрібну дрібнозернисту структуру. Так як ціни на заготовки майже не відрізняються між собою ( $\approx 290$ грн), то приймаємо метод отримання вихідної заготовки – відцентрове лиття.

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  |  | 23   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |  |      |

Технічні вимоги на заготовку:

- матеріал – корозійностійка високолегована сталь;
- точність виливки 11-5-9-11 ГОСТ 26645-85;
- твердість металевої основи на робочому діаметрі гільзи 229 – 277 НВ;
- овальність і конусність в межах допуску;
- допускаються скалювання гострих кромки заготовки гільзи на торцях величиною до 0,5 мм;
- на оброблених поверхнях допускаються дефекти ливарного характеру глибиною 2/3 припуску на механічну обробку;
- тріщини та неметалеві включення не допускаються.

|     |      |          |        |      |                          |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <i>ТМ 20090019-00 ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                          | 24   |

## 6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ЧИ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Базовий технологічний процес діафрагми 68.1038.009 складається операцій, наведених у таблиці 6.1. На всіх операціях технологічного процесу витримується принцип суміщення та постійності баз, також забезпечується потрібна точність розмірів деталей, що є дуже важливим фактором так, як гільза циліндра є найбільш відповідальним елементом корпусу двигуна внутрішнього згорання. На всіх операціях при закріпленні, заготовка позбавляється необхідної кількості ступенів вільності, що забезпечує обробку деталі з відповідною точністю.

Таблиця 6.1 – Базовий технологічний процес виготовлення діафрагми

| № операції | Назва операції           | Короткий зміст операції  | Обладнання  |
|------------|--------------------------|--|---|
| 1          | 2                        | 3  | 4   |
| 005        | Лиття металів та сплавів |  | Машина для відцентрового лиття                    |
| 010        | Токарна з ЧПК            | Підрізка торцю   | Токарний верстат з ЧПК моделі UNITECH UT 560×1000 |
| 015        | Технічний контроль       |  | Стіл ВТК  |
| 020        | Токарна з ЧПК            | Напівчистове точіння зовнішніх циліндричних поверхонь з шорсткістю Ra = 6,3мкм       | Токарний верстат з ЧПК моделі UNITECH UT 560×1000 |
| 025        | Технічний контроль       |  | Стіл ВТК  |
| 030        | Токарна з ЧПК            | Чистове точіння зовнішніх циліндричних поверхонь та канавок з шорсткістю Ra = 2,5мкм | Токарний верстат з ЧПК моделі UNITECH UT 560×1000 |
| 035        | Технічний контроль       |  | Стіл ВТК  |

Продовження таблиці 6.1

| 1   | 2                  | 3   | 4   |
|-----|--------------------|---|---|
| 040 | Токарна з ЧПК      | Підрізання торцю  | Токарний верстат з ЧПК моделі UNITECH UT 560×1000 |
| 045 | Технічний контроль |   | Стіл ВТК  |
| 050 | Свердлильна з ЧПК  | Свердління отворів діаметром Ø15                                    | Свердлильний верстат з ЧПК Knuth Mark Super SV    |
| 055 | Технічний контроль |   | Стіл ВТК  |
| 060 | Свердлильна з ЧПК  | Розсвердлити отвір діаметром Ø12 і шорсткістю поверхні Ra = 12,5мкм | Свердлильний верстат з ЧПК Knuth Mark Super SV    |
| 065 | Технічний контроль |   | Стіл ВТК  |
| 070 | Свердлильна з ЧПК  | Свердлити 3 отвори із шорсткістю поверхні Ra = 12,5мкм              | Свердлильний верстат з ЧПК Knuth Mark Super SV    |
| 075 | Технічний контроль |   | Стіл ВТК  |

### 6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Розраховуємо припуски на обробку діаметрального розміру Ø75H9 при установці заготовки в патроні токарного верстата з ЧПК.

Розрахунки проводимо за допомогою програми PRIP, результати наведені в додатку Б.

Користуючись робочим кресленням деталі, виберемо технологічний маршрут обробки отвору Ø75H9 і визначимо елементи Rz і T по технологічних переходах [6 абл.4.3,4.5, с.63-64]. Вихідні дані для розрахунку наведені у таблиці 6.2

Мінімальний припуск на обробку визначаємо по формулі:

$$2Z_i^{min} = 2(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{\varepsilon_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2}), \text{ мкм} \quad (6.1)$$

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | 26   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |







## 6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки

### Операція 020 Токарна з ЧПК

На токарній операції виконується попередня обробка зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь, а також торців заготовки. Аналізуючи креслення заготовки, бачимо, що вона має досить розвинені плоскі і циліндричні поверхні, які можна використовувати в якості технологічних баз. Деталь діафрагма відноситься до коротких циліндричних деталей, а отже, схема базування передбачає встановлювану базу (позбавляє деталь трьох ступенів вільності) та подвійну опорну (позбавляє деталь двох ступенів вільності), опорна (позбавляє одного ступеня вільності).

Таким чином, при обробці діафрагми можливо запропонувати схему базування і закріплення заготовки в самоцентруючому патроні з упором в оброблюваний правий торець (розмір  $60_{-0,3}$ ), представлену на рисунку 6.2.

У такий спосіб заготовка позбавляється 5-ти ступенів вольності (таблиця 6.3 і таблиця. 6.4).

Таблиця 6.3 – Таблиця відповідностей

| Зв'язки | Ступені вільності | Назви баз       |
|---------|-------------------|-----------------|
| 1, 2, 3 | II, IV, VI        | Встановлювальна |
| 4, 5    | III, I            | Подвійна опорна |
| 6       | V                 | Опорна          |

Таблиця 6.4 – Матриця зв'язків

|          | X | Y | Z |                      |
|----------|---|---|---|----------------------|
| L        | 0 | 1 | 0 | Встановлювальна база |
| $\alpha$ | 1 | 0 | 1 |                      |
| L        | 1 | 0 | 1 | Подвійна опорна база |
| $\alpha$ | 0 | 0 | 0 |                      |
| L        | 0 | 0 | 0 | Опорна база          |
| $\alpha$ | 0 | 1 | 0 |                      |



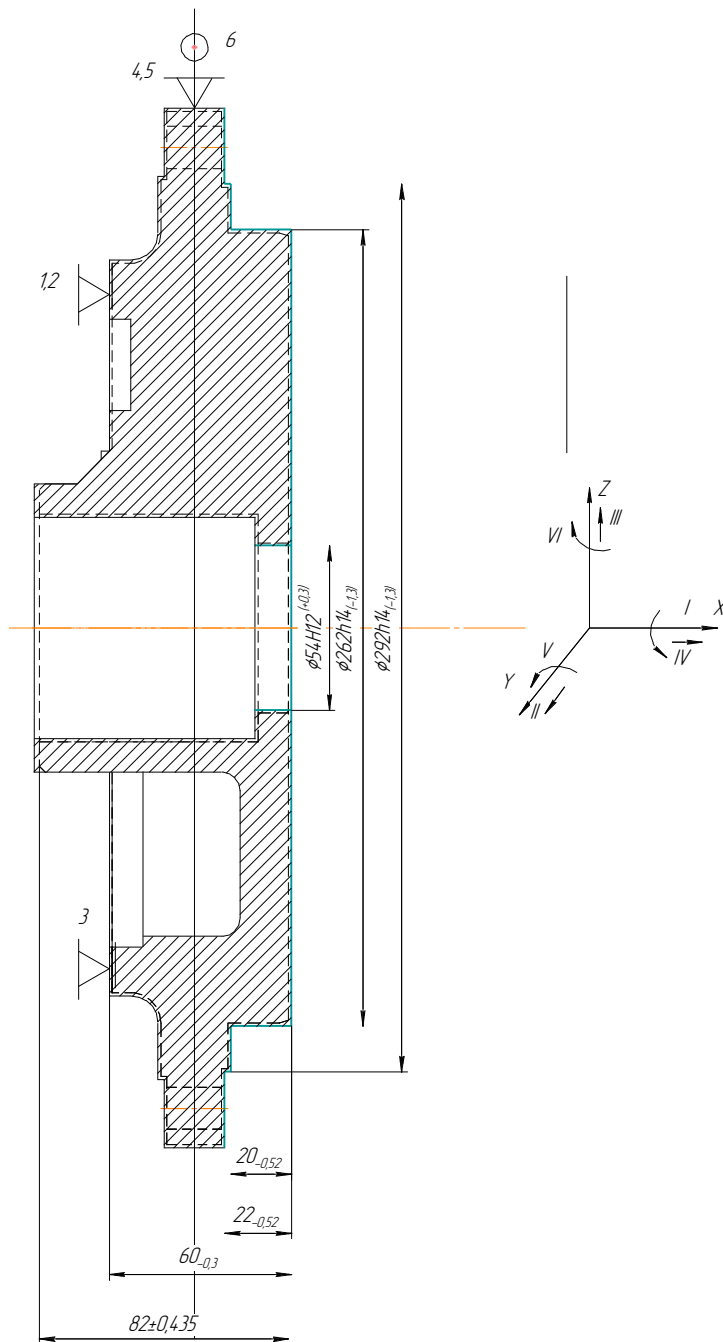


Рисунок 6.2 – Базування в трьохкулачковому патроні (схема 1)

Похибка базування для розмірів  $20_{-0,52}$  мм та  $22_{-0,52}$ мм, які витримуються на цій операції, буде дорівнювати допуску на розмір, з'єднуючий вимірювальну базу технологічну базу – це розмір  $60_{-0,3}$  мм.

$$\varepsilon_6 = T_{60} = 0,3 \text{ мм}$$

Оскільки похибка базування менша, ніж допуск отримуваних розмірів ( $\varepsilon_6 = 0,3 \text{ мм} < T_{20} = 0,52 \text{ мм}$ ), то обробка можлива

|     |      |          |        |      |                   |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТМ 20090019-00 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                   | 31   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

Як альтернативу, розглянемо інший варіант схеми базування (рисунок 6.3), при якій встановлювальна база – торець деталі (розмір  $82 \pm 0,435$  мм) У зв'язку з тим, що при розглянутій схемі базування технологічна і вимірювальна бази не співпадають, виникає похибка базування.

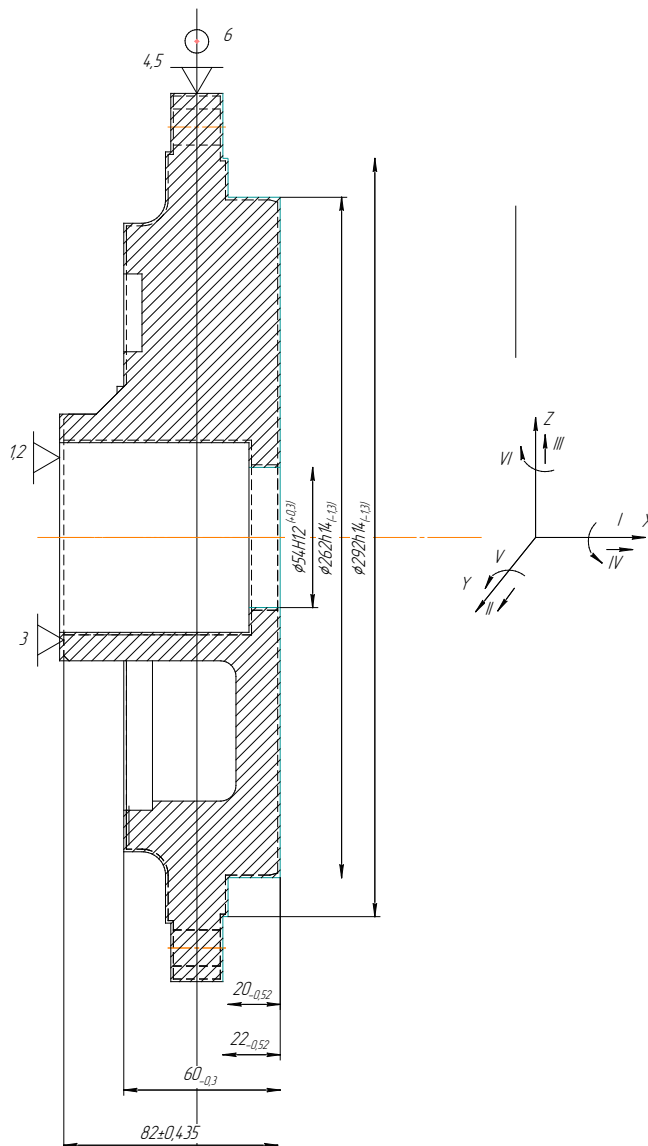


Рисунок 6.3 – Базування в трьохкулачковому патроні (схема 2)

Похибка базування для розмірів  $20_{-0,052}$  мм та  $22_{-0,052}$  мм, які витримуються на цій операції, буде дорівнювати допуску на розмір, з'єднуючий вимірювальну базу технологічну базу – це розмір  $82 \pm 0,435$  мм.

$$\varepsilon_6 = T_{82} = 0,87 \text{ мм}$$

|     |      |          |        |      |                   |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТМ 20090019-00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 32   |

Оскільки похибка базування більша, ніж допуск отримуваних розмірів ( $\varepsilon_6 = 0,87 \text{ мм} < T_{20} = 0,52 \text{ мм}$ ), то обробка неможлива

Порівнюючи першу і другу схему базування, робимо висновок, що схема базування, представлена на рисунку 6.2, прийнятна, бо лише вона забезпечує необхідну точність обробки.

#### Операція 070- Свердлильна з ЧПК

На даній операції проводиться центрування, свердління, зенкерування, цекування та нарізання різі. Заготовка встановлюється на оправку ( $\varnothing 56 \text{ г6}$ ) оброблюваним отвором  $\varnothing 56 \text{ Н9}$ , також отвором  $\varnothing 14 \text{ Н9}$  (отриманим на попередній операції на зрізаний палець ( $\varnothing 14 \text{ г6}$ ) та притискається пневматичним приводом до оброблюваної площини. Схема базування наведена на рисунку 6.5

Торець заготовки є встановлювальною базою, яка позбавляє заготовку трьох ступенів вільності, оправка та зрізаний палець - є напрямною (позбавляє двох ступенів вільності) та опорною базами (одна ступінь вільності) (Таблиці 6.5 і 6.6)

Таблиця 6.5 – Таблиця відповідностей

| Зв'язки | Ступені вільності | Назви баз       |
|---------|-------------------|-----------------|
| 1, 2, 3 | II, IV, VI        | Встановлювальна |
| 4, 5    | III, I            | Подвійна опорна |
| 6       | V                 | Опорна          |

Таблиця 6.4 – Матриця зв'язків

|          | X | Y | Z |                      |
|----------|---|---|---|----------------------|
| L        | 0 | 1 | 0 | Встановлювальна база |
| $\alpha$ | 1 | 0 | 1 |                      |
| L        | 1 | 0 | 1 | Подвійна опорна база |
| $\alpha$ | 0 | 0 | 0 |                      |
| L        | 0 | 0 | 0 | Опорна база          |
| $\alpha$ | 0 | 1 | 0 |                      |



Максимальний зазор між отвором і оправкою (Ø56 H9/ g6):

$$S_{\max 1} = T_{\text{отв}} + T_{\text{п}} + S_{\min} = 0.074 + 0.019 + 0.01 = 0.103 \text{ мм,}$$

Максимальний зазор між отвором і оправкою (Ø14H9/ g6):

$$S_{\max 2} = T_{\text{отв}} + T_{\text{п}} + S_{\min} = 0.043 + 0.011 + 0.006 = 0.06 \text{ мм,}$$

Тоді максимальний угол повороту заготовки на пальцях :

$$\text{tg}\alpha = (S_{\max 1} + S_{\max 2}) / H = (0.103 + 0.06) / 165 = 0.00098.$$

Похибка базування отвора на відстані 60 мм:

$$\varepsilon_6 = 60 \cdot 0.000098 = 0.059 \text{ мм.}$$

|     |      |          |        |      |                          |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <i>ТМ 20090019-00 ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                          | 35   |

### 6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

Проаналізуємо обладнання, що застосовується на розглянутих операціях у базовому технологічному процесі виготовлення діафрагми. Застосоване у базовому техпроцесі обладнання відповідає за характеристиками вимогам дрібносерійного типу виробництва [10, 11], але є морально застарілим. Тому вважаємо за доцільне підібрати верстати, подібні за точністю та ступенем автоматизації, проте більш прогресивні, сучасні та високопродуктивні.

Таблиця 6.7 – Аналіз технологічного обладнання

| Найменування операції | Технологічне обладнання, що використовується в заводському технологічному процесі | Проектне технологічне обладнання                      |
|-----------------------|---|---|
| 020 Токарна з ЧПК     | Токарний верстат з ЧПК 16K20T1  | Токарний верстат з ЧПК моделі UNITECH UT 560×1000     |
| 070 Свердлильна з ЧПК | Свердлильний верстат з ЧПК моделі 2P135Ф2   | Свердлильний верстат з ЧПК моделі Knuth Mark Super SV |

На токарній операції 020 пропонуємо застосувати токарний верстат з ЧПК UNITECH UT 560×1000, який має такі особливості:

- напівавтоматичне переміщення при виконанні індивідуальних циклів: обробка конусної поверхні, нарізування різьби
- SINUMERIK 808D: початковий рівень для стандартних верстатів з ЧПУ
- переміщення по осі X і Z за допомогою електронних регуляторів
- адаптований для користувача інтерфейс циклів для легкого програмування
- серійний патрон 200 мм з регульованою силою затискання
- шестиінструментальна револьверна інструментальна головка, яка підвищує ступінь автоматизації і ефективність та економію часу при обробці складних елементів (рисунок 6. )

|     |      |          |        |      |                          |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |                          |  |  |  |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |                          |  |  |  |  | 36   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | <i>ТМ 20090019-00 ПЗ</i> |  |  |  |  |      |



Рисунок 6. – Токарний верстат з ЧПК UNITECH UT 560×1000

Технічні характеристики верстата:

|                                       |                       |
|---------------------------------------|-----------------------|
| Максимальна довжина точіння           | 1000 мм               |
| Діаметр точіння над станиною          | 410 мм                |
| Діаметр точіння над супортом          | 220 мм                |
| Обороти шпинделя                      | 35-2500 об/хв         |
| Максимальне переміщення по осі x/z    | 235/920 мм            |
| Прискорений хід по осі x/z            | 6/8 м/хв              |
| Точність позиціонування по осі x/z    | 0,024/0,032 мм        |
| Діаметр пінолі задньої бабки          | 65 мм                 |
| Максимальний хід пінолі задньої бабки | 127 мм                |
| Конус пінолі задньої бабки            | MT4                   |
| Потужність двигуна                    | 5,5 кв                |
| Маса                                  | 3400 кг               |
| Габаритні розміри                     | 3680 x 1600 x 2040 мм |

На операції 070 пропонується застосувати свердлильно-фрезерний верстат з ЧПК моделі Knuth Mark Super SV, який має наступні особливості:

- потужність і безступінчасте регулювання швидкості розширюють діапазон застосування
- 2 ступені коробки швидкостей і сстабільна система регулювання частоти гарантують досягнення високого крутного моменту для інтенсивної обробки
- вибрана частота обертання шпинделя виводиться на панелі управління
- 

|     |      |          |        |      |                   |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТМ 20090019-00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 37   |





- Найбільше переміщення шпindelної бабки за програмою (вісь Z), мм 620
- Частота обертів шпинделя знаходиться в межах від 35 до 3000 за хвилину
- Кількість інструментів, які можна установити на верстаті 18
- Потужність електродвигуна головного приводу – 5,3 кВт
- Розміри верстата: довжина, ширина, висота, мм 1700x1900x2000 мм

Зважаючи на характеристики, вважаємо, що запропоновані моделі верстатів з ЧПУ більш сучасні, має оптимальну потужність, ширші технологічні можливості та більш досконалу систему ЧПК, ніж верстати 16K20T1 та 2P135Ф2.

#### **6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв та металорізального і вимірювального інструменту**

При виборі пристосувань для базування й закріплення заготовки на верстаті скористаємося прийнятою схемою базування в пункті 6.2.

Для обробки сталі використовуємо інструмент, ріжуча частина якого виготовлена з титановольфрамових твердих сплавів, швидкорізальних інструментальних сталей. Перевагу надаємо застосуванню різцям з механічним кріпленням багатогранних непереточуваних пластин

Для міжопераційного і кінцевого контролю розмірів деталі в умовах дрібносерійного виробництва приймаємо стандартний універсальний вимірювальний інструмент.

Для операції 020 вибираємо наступне технологічне оснащення:

- Патрон трьохкулачковий самоцентруючий 7100-0011 ГОСТ 2675-80,
- Різець прохідний з механічним кріпленням багатогранних непереточуваних пластин DCLNL 2525M 16
- Різець розточний з механічним кріпленням багатогранних непереточуваних пластин A32T-SCLCR 12
- Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,5 ГОСТ 166-89– для вимірювання лінійних і діаметральних розмірів.

|     |      |          |        |      |  |                          |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--------------------------|------|
|     |      |          |        |      |  | <i>ТМ 20090019-00 ПЗ</i> | Арк. |
|     |      |          |        |      |  |                          | 39   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |                          |      |

Для операції 070 вибираємо наступне технологічне оснащення:

Для установки і закріплення деталі використовуємо затискне пристосування з призматичними настановними елементами і пневмозажимом.

Для свердління отвору використовуємо

- Втулка 6100-0201 ГОСТ 13598-85,

свердло 2300-7022 Ø12 P6M5 ГОСТ 886-77,

свердло 2300-7032 Ø15 P6M5 ГОСТ 886-77,

зенковка 2300-7072 Ø 20 P6M5 ГОСТ 886-77

цековка Ø 28 P6M5 ГОСТ 26258-87,

та мітчик 2621-1512 3/8-В P6M5 ГОСТ 3266-81.

штангенциркуль ШЦ-II-250-0,5 ГОСТ 166-89,

|     |      |          |        |      |                          |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <i>ТМ 20090019-00 ПЗ</i> | Арк. |
|     |      |          |        |      |                          | 40   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                          |      |

## 6.5 Розрахунок режимів різання

### Операція 020 Токарна з ЧПК

На токарній операції з ЧПК відбувається попереднє точіння зовнішніх циліндричних поверхонь. На токарно-гвинторізному верстаті 16К20Ф3 підрізати поверхню  $\varnothing 342/\varnothing 54$  мм. Матеріал заготовки – сталь 20Х13Л,  $\sigma_B = 590$  МПа, заготовка – відливок. Охолодження – емульсія.

Розрахунок виконуємо за підручником [14].

Вибираємо різець і встановлюємо його геометричні параметри. Приймаємо токарний прохідний різець відігнутий правий. Матеріал ріжучої частини – твердий сплав Т14К8; матеріал корпусу різця – сталь 45; переріз корпусу різця 16x25 мм. Геометричні параметри різця: форма передньої поверхні – плоска з фаскою; кути різця –  $\varphi = 45^\circ$ ,  $\varphi_1 = 45^\circ$ ,  $\lambda = 0^\circ$ ,  $\alpha = 10^\circ$ ,  $\gamma = 12^\circ$ ,  $\gamma_\phi = -3^\circ$ ,  $r = 1$  мм.

Призначаємо режими різання.

1. Визначаємо глибину різання. При знятті припуску за один прохід

$$t = h = 2,0 \text{ мм.}$$

2. Призначаємо подачу табл. 11, с.266. Для параметра шорсткості поверхні  $Ra = 6.3$  мкм при обробці сталі різцем з  $r = 1$  мм  $S_o = 0.4 - 0.5$  мм/об. Приймаємо  $S_o = 0,5$  мм/об, коректуємо за паспортними даними верстата  $S_o = 0,5$  мм/об.

3. Призначаємо період стійкості різця. При одно інструментальній обробці  $T = 30 \dots 60$  хв. (с. 268). Приймаємо  $T = 60$  хв.

4. Визначаємо швидкість головного руху різання, допустиму ріжучими властивостями різця за формулою:

$$V_i = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_o^y} \cdot K_v, \text{ м/хв} \quad (6.7)$$

де  $C_v$  - коефіцієнт, що вказує на вплив умов обробки на швидкість різання;

$T, t, S$  - елементи режиму різання;

$x, y, m$  - показники степеня, що враховують вплив елементів режиму різання на швидкість різання.

|     |      |          |        |      |                   |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТМ 20090019-00 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                   | 41   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

Значення коефіцієнту  $C_v$  і показників  $x, y, m$  визначаємо за табл. 17, с.269.

$$C_v = 350, \quad x = 0,15, \quad y = 0,35, \quad m = 0,20$$

$K_v$  - виправний коефіцієнт.

Коефіцієнт  $K_v$  визначаємо за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{\varphi v}, \quad (6.8)$$

де  $K_{mv}$  - коефіцієнт, що залежить від матеріалу заготовки;

Коефіцієнт  $K_{mv}$  визначаємо за табл.1, с. 261

$$K_{mv} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (6.9)$$

Показник степеня  $n_v$  і  $K_r$  визначаємо за табл.2, с. 262.  $n_v = 1.0$ ,  $K_r = 1.0$

$$K_{mv} = 1.0 \cdot \left( \frac{750}{590} \right)^{1.0} = 1,271$$

$K_{nv}$  - коефіцієнт, що залежить від глибини різання,  $K_{nv} = 0.8$ , табл. 5, с. 263;

$K_{iv}$  - коефіцієнт, що залежить від стану поверхні,  $K_{iv} = 0.8$ , табл. 6, с. 263;

$K_{\varphi v}$  - коефіцієнт, що залежить від марки інструментального матеріалу,  $K_{\varphi v} = 1.0$ , табл. 6, с. 263.

$$K_v = 1.271 \cdot 0.8 \cdot 0.8 \cdot 1.0 = 0.814$$

$$V_i = \frac{350}{60^{0,20} \cdot 2,0^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,814 = 144,22 \text{ м/хв.}$$

5. Визначаємо частоту обертання за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V_I}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв} \quad (6.10)$$

де  $V_I$  - швидкість головного руху, м/хв.;

$D$  - діаметр обробки, мм

$$n = \frac{1000 \cdot 144,22}{\pi \cdot 342} = 134 \text{ об/хв.}$$

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | 42   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

Коректуємо знайдене значення  $n$  за паспортними даними верстата і встановлюємо дійсну частоту обертання шпинделя:  $n=125$  об/хв.

6. Визначаємо дійсні швидкості різання за формулою:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_o}{1000}, \text{ м/хв} \quad (6.11)$$

де  $D$  - діаметр обробки, мм;

$n_o$  - дійсна частота обертання шпинделя, об/хв.

$$V_o = \frac{\pi \cdot 342 \cdot 125}{1000} = 134 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо потужність різання за формулою:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V_o}{60 \cdot 1020}, \text{ кВт} \quad (6.12)$$

де  $V_o$  - дійсна швидкість різання;

$P_z$  - сила різання

$$P_z = 9.81 \cdot C_{pz} \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н} \quad (6.13)$$

де  $C_p$  - коефіцієнт, що вказує на вплив матеріалу заготовки на силу різання;

$t, S, V$  - елементи режиму різання;

$x, y, n$  - показники степеня, що вказують на вплив елементів режиму різання на силу різання.

Значення коефіцієнту  $C_p$  і показників  $x, y, n$  визначаємо за таблицею 22, с.273.

$$C_p = 300, \quad x = 1.0, \quad y = 0.75, \quad n = -0.15.$$

$K_p$  - коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, в даному випадку залежить тільки від матеріалу оброблюємої заготовки.

$$K_p = K_{mp}, \quad (6.14)$$

Значення показника  $K_{mp}$  визначаємо за табл.9, с.264

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (6.15)$$

|     |      |          |        |      |                   |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТМ 20090019-00 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                   | 43   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

де  $\sigma_B$  - фактичний параметр, який характеризує оброблюєий матеріал, для якого визначаємо швидкість різання,  $\sigma_B = 590$  МПа;

$n$  - показник степеня,  $n = 0.75$ .

$$K_{i\delta} = \left( \frac{590}{750} \right)^{0.75} = 0.598$$

$$P_z = 9.81 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0.5^{0.75} \cdot 134^{-0.15} \cdot 0.532 = 893 \text{ Н}$$

$$N_{\text{різ}} = \frac{893 \cdot 134}{60 \cdot 1020} = 1.95 \text{ кВт}$$

8. Перевіряємо чи достатня потужність верстата:

Необхідно, щоб  $N_{\text{різ}} \leq N_{\text{ун}}$ . У верстата 16К20Ф3  $N_{\text{ун}} = N_{\phi} \cdot \eta$ ,  $N_{\phi} = 10 \cdot 0.8 = 8$  кВт,  
 $1.95 \leq 10.4$ , умова виконується, отже обробка можлива.

Визначаємо основний час за формулою:

$$T_{o1} = \frac{L}{n \cdot S_o}, \text{ хв} \quad (6.16)$$

де  $L$  - довжина робочого ходу, мм;

$$L = l + y + \Delta, \text{ мм} \quad (6.17)$$

де  $l$  - довжина обробки,  $l = (342 - 54) / 2 = 144$  мм;

$\Delta$  - довжина перебігу,  $\Delta = 2$  мм,

$y$  - довжина врізання, мм;  $y = 2$  мм,

$$L = 148 \text{ мм}$$

$n$  - частота обертання шпинделя, об/хв.;

$S_o$  - подача, мм/об

$$T_{o1} = \frac{148}{125 \cdot 0.5} = 2.37 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання для інших поверхонь заносимо у таблицю 6.5

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | 44   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |      |

ТМ 20090019-00 ПЗ

Таблиця 6.5 – Розрахунок режимів різання

| Діаметр<br>оброблюваної<br>поверхні | $t$ ,<br>мм | $S$ ,<br>мм/об | $V$ ,<br>м/мин | $n$ ,<br>об/мин | $i$ | $L$ ,<br>мм | $T_o$ ,<br>мин | $T_b$ ,<br>мин | $T_{шт}$ ,<br>мин |
|-------------------------------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|-----|-------------|----------------|----------------|-------------------|
| $\phi 342/\phi 56$                  | 2,0         | 0,5            | 134            | 125             | 1   | 150         | 3              | 15             | 21                |
| $\phi 342/\phi 262$                 | 2,0         | 0,5            | 134            | 125             | 10  | 400         | 8              |                |                   |
| $\phi 342/\phi 292$                 | 2,0         | 0,5            | 134            | 125             | 1   | 27          | 0,54           |                |                   |
| $\phi 292$                          | 1,0         | 0,5            | 114,67         | 125             | 1   | 5           | 0,08           |                |                   |
| $\phi 262$                          | 1,0         | 0,5            | 102,88         | 125             | 1   | 25          | 0,4            |                |                   |
| $\phi 56$                           | 2           | 0,5            | 105,55         | 600             | 1   | 15          | 0,05           |                |                   |

### Операція 070 Вертикально-свердлильна з ЧПК

Розраховуємо режими різання аналітичним методом на операцію 070-вертикально-свердлильна, яка виконується на верстаті 2P135Ф2.

Свердління отвору  $\varnothing 12$  мм. В якості ріжучого інструменту приймаємо свердло 2300-7022  $\varnothing 12$  мм ГОСТ 886-77 P6M5.

Визначаємо глибину різання.

$$t_{\text{сверл}} = \frac{D}{2} = \frac{12}{2} = 6 \text{ мм};$$

Вибираємо подачу:

$$S_{\text{сверл}} = 0,2 \text{ мм/об};$$

Призначаємо період стійкості інструментів:

$$T_{\text{сверл}} = 50 \text{ хв};$$

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y \cdot t^x} \cdot K_v \quad (6.18)$$

де -  $C_v$ ,  $q$ ,  $m$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $u$ ,  $p$  – коефіцієнт та показники степеня на швидкість різання.

$K_v$  – поправний коефіцієнт на швидкість різання;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}, \quad (6.19)$$

$$K_V = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

$$V_{\text{сверл}} = \frac{7,0 \cdot 12^{0,4}}{50^{0,2} \cdot 0,2^{0,7}} \cdot 0,8 = 21,3 \text{ м/хв};$$

Визначаємо частоту обертання шпинделю за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D}, \text{ об/хв} \quad (6.20)$$

$$n_{\text{сверл}} = \frac{1000 \cdot 21,3}{3,14 \cdot 12} = 566 \text{ об/хв};$$

Коректуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстату  
 $n_{\text{ст сверл}} = 500 \text{ об/хв}.$

Визначаємо дійсну швидкість головного руху різання за формулою:

$$V_D = \frac{\pi D n}{1000}, \text{ м/хв} \quad (6.21)$$

$$V_{\text{к сверл}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 500}{1000} = 18,8 \text{ м/хв};$$

Крутний момент

$$M_{\text{кр сверл}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 12^{2,0} \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1,0 = 13,7 \text{ Нм}$$

Осьова сила різання

$$P_{\text{о сверл}} = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 12^{1,0} \cdot 0,2^{0,7} \cdot 1 = 2645 \text{ Н}$$

Потужність різання визначемо за формулою:

$$N_p = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750}, \quad (6.22)$$

$$N_{\text{р сверл}} = \frac{13,7 \cdot 500}{9750} = 0,7 \text{ кВт}$$

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | 46   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |      |



Перевіряємо чи достатня потужність приводу головного руху верстата. Необхідно, щоб виконувалася умова:

$$N_e \leq N_{\text{шп}} \quad (6.23)$$

$$N_{\text{шп}} = N_d \cdot \eta, \text{ кВт}$$

де  $N_d$  – потужність верстата за паспортними даними;  $N_d = 3$  кВт;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії;  $\eta = 0,75$ .

$$N_{\text{шп}} = 3 \cdot 0,75 = 2,25 \text{ кВт}$$

Умова виконується, отже обробка можлива.

Визначаємо основний час за формулою:

$$T_0 = \frac{L}{v_s}, \text{ хв} \quad (6.24)$$

де  $L$  - довжина ходу з урахуванням довжини врізання і перебігу, мм;

$i$  — кількість проходів.

Підставивши всі дані до формули, отримуємо:

$$T_{0\text{сверл}} = \frac{35 \cdot 1}{500 \cdot 0,2} \approx 0,35 \text{ хв};$$

Розрахунок режимів різання для інших поверхонь заносимо у таблицю 6.6

Таблиця 6.6 – Розрахунок режимів різання

| Найменування<br><i>PI</i>                   | Матеріал <i>PI</i> | $t$ ,<br>мм | $S$ ,<br>мм/об | $n$ ,<br>об/хв | $V$ ,<br>м/хв | $T_{\text{об}}$ ,<br>хв | $T_{\text{шк}}$ ,<br>хв |
|---|--------------------|-------------|----------------|----------------|---------------|-------------------------|-------------------------|
| Свердло 2300-7022<br>$\phi 12$ ГОСТ 886-77  | Р6М5 ГОСТ 19265-73 | 6           | 0,2            | 500            | 18.8          | 2,6                     | 4,9                     |
| Свердло 2300-7022<br>$\phi 15$ ГОСТ 886-77  | Р6М5 ГОСТ 19265-73 | 7.5         | 0,2            | 500            | 23.5          |                         |                         |
| Цевка<br>$\phi 28$ ГОСТ 26258-87            | Р6М5 ГОСТ 19265-73 | 6.5         | 0,2            | 250            | 21            |                         |                         |
| Зенковка 2300-7072<br>$\phi 20$ ГОСТ 886-77 | Р6М5 ГОСТ 19265-73 | 7           | 0,2            | 400            | 22.8          |                         |                         |
| Мітчик 2621-1512<br>3/8-В ГОСТ 3266-81      | Р6М5 ГОСТ 19265-73 | 0,85        | 1,337          | 315            | 14            |                         |                         |

## 6.6 Технічне нормування операцій

### Операція 020 Токарна з ЧПУ

Розрахунок норм часу виконуємо за формулами та методиці, що викладені в [3] та [17].

В якості норми часу розраховуємо штучно-калькуляційний час, за формулою:

$$t_{ум} = t_o + t_\delta + t_{обс} + t_{відп}, \text{ хв} \quad (6.25)$$

де  $t_o$  – основний час, хв;

$t_\delta$  – допоміжний час, хв;

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

$t_{відп}$  – час на відпочинок, хв.

Допоміжний час, хв. розраховуємо за формулою:

$$t_\delta = t_{ус.} + t_{з.о} + t_{уп.} + t_{вим}, \text{ хв} \quad (6.26)$$

де  $t_{ус.}$  – час на встановлення та знімання деталі, хв;

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

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

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

Час на прийоми управління верстатом складається з:

- 1) Час на вмикання верстату – 0,1 хв;
- 2) Час на підведення та відведення інструменту до деталі при обробці – 0,025 хв;
- 3) Час на переміщення каретки супорту в повздовжньому напрямку – 0,04 хв.

$$t_{уп.} = 0,1 + 0,025 + 0,04 = 0,13 \text{ хв.}$$

Час на вимірювання деталі складається з часу на вимірювання скобою односторонніх діаметрів.

$$t_{вим} = 0,2 + 0,3 = 0,5 \text{ хв.}$$

Підставивши всі дані до формули, отримуємо:

$$t_\delta = 0,2 + 0,1 + 0,13 + 0,5 = 0,85 \text{ хв.}$$

|     |      |          |        |      |                   |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТМ 20090019-00 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                   | 48   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

Визначаємо оперативний час за формулою:

$$T_{оп} = T_0 + T_{в, хв} \quad (6.27)$$

$$T_{оп} = 12.07 + 0,85 = 12,92 \text{ хв}$$

Розраховуємо час на технічне обслуговування верстата:

$$T_T = 2,5\% \cdot T_0, \quad (6.28)$$

$$T_T = 2,5\% \cdot 12.07 = 0,3 \text{ хв}$$

Визначаємо час організаційного обслуговування верстата за формулою:

$$T_{орг} + T_{пер} = 3\% \cdot T_{оп} = 3\% \cdot 12,92 = 0,39 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час, підставивши раніше визначені дані:

$$T_{шт} = 12,07 + 0,85 + 0,3 + 0,39 = 13,6 \text{ хв}$$

Підготовчо – заключний час  $T_{пз} = 18 \text{ хв}$

Визначаємо штучно - калькуляційний час:

$$T_{штк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 13,6 + \frac{18}{46} = 14,0 \text{ хв}$$

### Операція 070 – Свердлильна з ЧПК

Штучний час нормується в хв на кожну операцію техпроцесу і складається з основного часу  $T_0$ , допоміжного часу  $T_{в}$ , часу організаційного обслуговування робочого місця  $T_{орг}$ , часу тех.обслуговування  $T_T$  і часу перерв в роботі  $T_{пер}$ .

$$T_{шт} = T_0 + T_{в} + T_T + T_{орг} + T_{пер}, \text{ хв} \quad (6.29)$$

де -  $T_0$  - час, протягом якого відбувається зміна стану об'єкта виробництва, що і є метою виконуваної операції.

$T_{в}$  - час, що охоплює дію, що забезпечує виконання основної роботи, воно включає час на установку, закріплення і зняття оброблюваної заготовки, підвід і відвід інструмента, проміри тощо.

$T_T$  - час, що витрачається на зміну інструменту під налагодження обладнання, заправку і регулювання інструменту,  $T_T = 2,5\% \cdot T_0$

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | 49   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

$T_{орг}$  - час, що витрачається на огляд і випробування, розкладка і прибирання інструменту, мастило устаткування, очищення від стружки.

$T_{пер}$  – час, регламентований умовами роботи для періодичного відпочинку або час на природні потреби.

$$T_{орг} + T_{пер} = 3\% \cdot T_{оп.}, \text{ хв} \quad (6.30)$$

Весь час, що входить в  $T_{шт}$  віднесений до однієї заготовки.

Основний час становить :  $T_0 = 1,86 \text{ хв}$

Допоміжний час, хв. розраховуємо за формулою:

$$t_0 = t_{ус.} + t_{з.о} + t_{ун.} + t_{вим.}, \text{ хв} \quad (6.31)$$

де  $t_{ус.}$  – час на встановлення та знімання деталі, хв;

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

$t_{ун.}$  – час на прийоми управління верстатом, хв;

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

Час на прийоми управління верстатом складається з:

- 1) Час на вмикання верстату – 0,1 хв;
- 2) Час на підведення та відведення інструменту до деталі при обробці – 0,025 хв;
- 3) Час на переміщення каретки супорту в повздовжньому напрямку – 0,04 хв.

$$t_{ун.} = 0,1 + 0,025 + 0,04 = 0,13 \text{ хв.}$$

Час на вимірювання деталі складається з часу на вимірювання скобою односторонніх діаметрів.

$$t_{вим.} = 0,2 + 0,3 = 0,5 \text{ хв.}$$

Підставивши всі дані до формули, отримаємо:

$$t_0 = 0,2 + 0,1 + 0,13 + 0,5 = 0,9 \text{ хв.}$$

Оперативний час, хв. розраховуємо за формулою:

|     |      |          |        |      |                          |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <i>ТМ 20090019-00 ПЗ</i> | Арк. |
|     |      |          |        |      |                          | 50   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                          |      |

$$t_{on} = t_o + t_{дон}, \text{ хв} \quad (6.32)$$

Підставляючи всі дані до формули, отримуємо:

$$t_{оп} = 2,6 + 0,9 = 3,5 \text{ хв}$$

$$T_T = 2,5\% \cdot T_o = 2,5\% \cdot 2,6 = 0,07 \text{ хв}$$

$$T_{орг} + T_{пер} = 3\% \cdot T_{оп} = 3\% \cdot 3,5 = 0,1 \text{ хв}$$

Підставивши всі дані до формули, розраховуємо штучний час:

$$T_{шт} = 2,6 + 0,9 + 0,07 + 0,1 = 3,67 \text{ хв}$$

Підготовчо – заключний час  $T_{пз} = 18 \text{ хв}$

Розраховуємо штучно - калькуляційний час за формулою, підставивши раніше визначені дані:

$$T_{штк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n}, \text{ хв}, \quad (6.33)$$

$$T_{штк} = 3,67 + \frac{18}{46} = 4,1 \text{ хв}$$

|     |      |          |        |      |                          |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <i>ТМ 20090019-00 ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                          | 51   |











Деталь базується на даній операції по поверхням  $\text{Ø}70\text{h}6$ , тобто можна говорити про те що технологічна та вимірювальна бази збігаються.

Визначимо допустиму похибку на перпендикулярність верхнього торця склянки до настановної поверхні плити за формулою 7.4

Більшість складових, що входять у дану формулу, являють собою поля розсіювання випадкових величин, тому їх підсумовуємо у загальному випадку за правилом геометричного додавання.

$$\varepsilon_{np} = T - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_{zn}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{noz}^2}, \text{ мкм} \quad (7.4)$$

Розглянемо більш докладно складові, що входять у дану формулу.

- $T = 360$  мкм – найбільш жорсткий допуск розташування або розміру;
- $K_T = 1,2$  - коефіцієнт що враховує можливий відступ окремих складових від нормального закону розподілу випадкових величин;
- $K_{T1} = 0,85$  - коефіцієнт, що враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування;
- $\varepsilon_{\delta} = 0$  - похибка базування (свердлимо наскрізний отвір  $\text{Ø}10,2$ );
- $\varepsilon_3 = 43$  мкм - похибка закріплення;
- $\varepsilon_y = 20$  мкм - похибка установки пристрою на верстаті;
- $\varepsilon_n = 0$  - похибка перекосу інструмента (відсутні постійні або змінні напрямні втулки);
- $\varepsilon_{zn} = 0$  – похибка зношування
- $K_{T2} = 0,7$  – коефіцієнт що враховує можливість появи похибки обробки;
- $\omega = 150$  мкм - значення допуску для 12 квалітету середньої економічної точності свердління для розміру 8 мм;
- $\varepsilon_{noz} = 50$  мкм - похибка позиціювання (відповідно до паспорта верстата).

Тоді розрахункове значення похибки пристрою буде дорівнювати:

$$\varepsilon_{np} = 360 - 1,2 \sqrt{0^2 + 43^2 + 20^2 + 0^2 + 0^2 + (0,7 \cdot 150)^2 + 50^2} = 156 \text{ мкм.}$$

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | 56   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |      |

З урахуванням стандартного ряду беремо допуск перпендикулярності.

$T = 160$  мкм.

За ГОСТ 24643-81 приймаємо найближче менше значення допуску перпендикулярності.

Найближче стандартне значення допуску паралельності по ГОСТ 24643-81 160 мкм для діапазону розмірів 16-25 мм, в який входить розмір  $\varnothing 70$  - перпендикулярності, відповідає 6-й ступені точності.

Розрахунок на міцність.

Розраховуємо на міцність різьбу штока. По конструктивних міркувань і попередньої компоновки пристосування приймемо різьбу на штоку М16х1,75-6g. Сила на штоку  $W = 19580$  Н, матеріал гвинта - Сталь 40 ГОСТ 1050-88.

Внутрішній діаметр різьби розраховується за формулою:

$$d_B = d_n - (0,541P) \cdot 2, \text{ мм} \quad (7.5)$$

де  $d_n$  – зовнішній діаметр різьби;

$P$  – шаг різьби.

$$d_e = 16 - (0,541 \cdot 1,75) \cdot 2 = 14,1065 \text{ мм}$$

Мінімальна площа поперечного перерізу різьби розраховується за формулою:

$$S_{\min \text{pez}} = \frac{\pi d_e^2}{4} \quad (7.6)$$

де  $d_B$  – внутрішній діаметр різьби.

$$S_{\min \text{pez}} = \frac{\pi \cdot 14,1065^2}{4} = 156,2 \text{ мм}^2$$

Межа текучості для Сталі 40  $\sigma_T = 300$  МПа.

Допустимі напруги розтягування визначається за формулою:

$$[\sigma_p] = 0,5 \cdot \sigma_T \quad (7.7)$$

Тобто  $[\sigma_p] = 0,5 \cdot 300 = 150$  МПа.

Запишемо умова міцності на розтяг:

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | 57   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

$$\sigma_p = \frac{W}{S_{\min \text{pez}}} \leq [\sigma_p] \quad (7.8)$$

$$\sigma_p = \frac{19580}{156,2} = 125,3 < 150 \text{ Мпа} \text{ – отже міцність штока забезпечується, так як}$$

міцність забезпечується навіть в його мінімальному перетині.

Пристосування для обробки 6 отворів М12 складається з корпусу, внутрішня порожнина якого утворить пневмокамеру. На зовнішній поверхні корпусу встановлюється оправка 10 та палець 11, для центрування заготівлі. Також на корпусі розміщується пневморозподільник 11, для керування подачею стисненого повітря в обидві порожнини пневмокамери.

У внутрішню порожнину корпусу, у розточення встановлюється шток із закріпленими на ньому шайбами й мембраною, і кришка для герметизації пневмокамери.

Порядок роботи: при подачі повітря в нижню порожнину пневмо-камери, шток піднімається нагору й плита, звільняє місце для установки заготівлі. Заготівлю встановлюють на оправку та палець, після чого подають тиск у верхню порожнину. Шток опускається й шайба притискає заготівлю до площини фланця. Після чого відбувається обробка заготівлі.

|     |      |          |        |      |                   |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТМ 20090019-00 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                   | 58   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

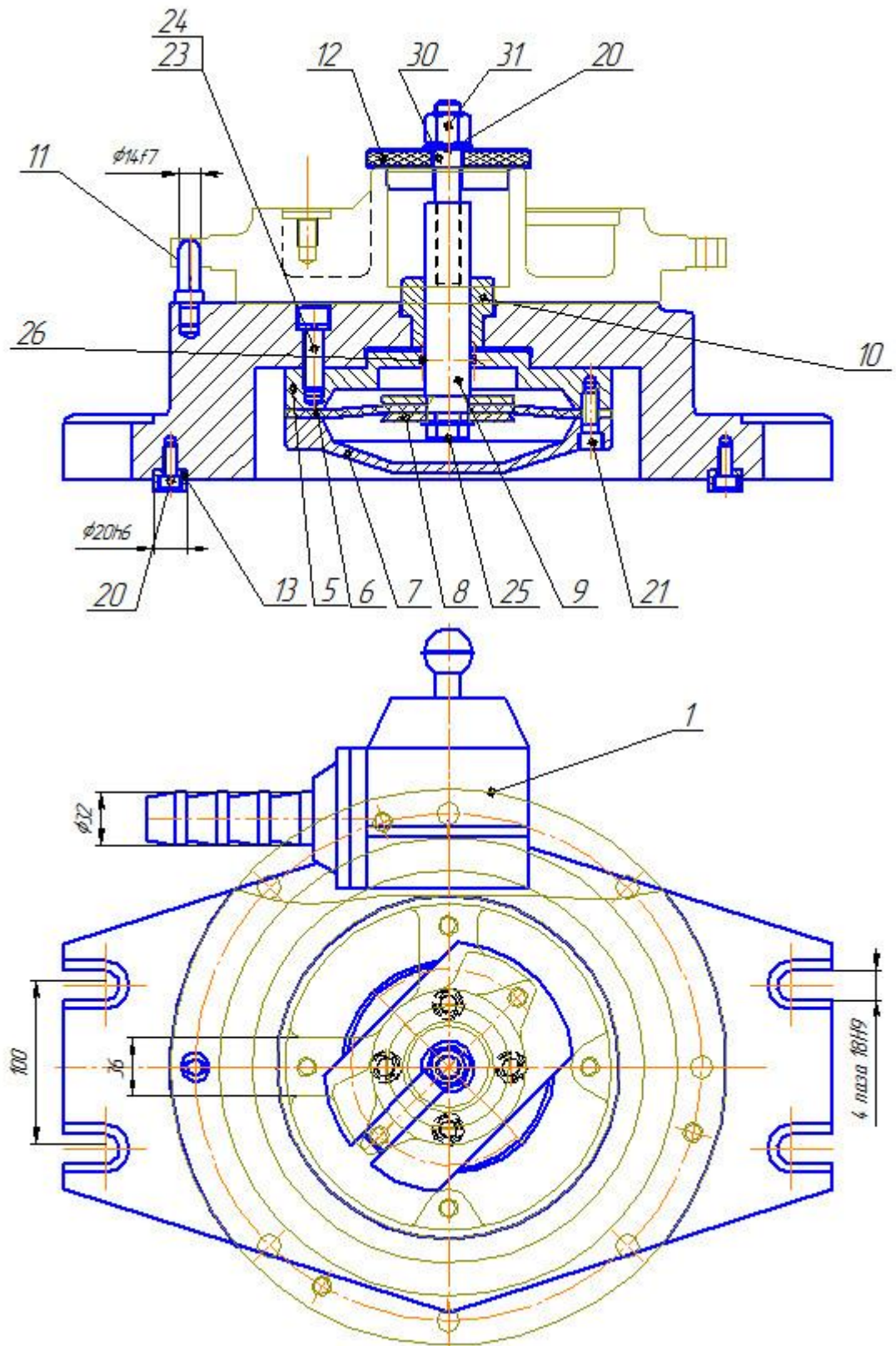


Рисунок 7.1 – Кондуктор для сверлення

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

ТМ 20090019-00 ПЗ

Арк.

59

## ВИСНОВОК

В ході виконання кваліфікаційної роботи бакалавра розкрито призначення і принцип дії виробу, до складу якого входить деталь «Діафрагма 68.1038.009». Наведено службове призначення і технічні характеристики деталі. На підставі технічних характеристик деталі зроблені висновки про можливість її отримання наявними методами обробки з використанням стандартного інструменту та обладнання.

У цій роботі був розроблений маршрутно-операційний технологічний процес виготовлення деталі «Діафрагма 68.1038.009».

Тип виробництва, визначений у розділі 3, і розрахований розмір партії оброблюваних деталей вплинув на вибір обладнання. Перевага віддана універсальному обладнанню з числовим програмним управлінням.

Обґрунтовано вибір методу і способу отримання заготовки. Зроблено попередній розрахунок розмірів заготовки та спроектоване її креслення.

Деталь досить технологічна, але наявність литих бобишок ускладнює технологію механічної обробки;

Отримання заготовки – методом відцентрового лиття лиття; вимога щодо точності виконується.

Крім того було виконано:

- розглянуті схеми базування і обрані найбільш раціональні;
- обране найбільш раціональне металорізальне обладнання;
- обране верстатне технологічне оснащення;
- проведений розрахунок режимів різання;
- проведено технічне нормування операцій;
- спроектований верстатний пристрій для обробки отворів.

|     |      |          |        |      |                          |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <i>ТМ 20090019-00 ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                          | 60   |

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин и др.; Под общ. ред. В.Г. Сорокина – М.: Машиностроение, 1989, 640с

2. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Технологічні основи машинобудування» / Укладач О.У. Захаркін. – Суми: Вид-во СумДУ, 2009. – 53 с.

3. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред: [Учеб. Пособие для машиностроит. спец. вузов]. - 4-е изд., перераб. и доп., – Мн.:Выш. Школа, 1983. – 256 с., ил.

4. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – М.: Издательство стандартов, 1989.

5. Справочник технолога - машиностроителя: В 2 т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - Т. 1 - 656 с.

6. Справочник технолога - машиностроителя: В 2 т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - Т. 2. - 496 с.

7. Справочник инструментальщика/ И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др. Под общ.ред. И.А. Ординарцева. - Машиностроение. Ленингр. отделение, 1987

8. Панов А.А., Аникин В.В. Обработка металлов резанием: Справочник технолога; Под общ. Ред. А.А. Панова. 2-е изд., перераб. и доп.-М.: Машиностроение, 2004.-784 с.

9. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. - М.: Машиностроение, 1974. - 434 с.

10. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для

|     |      |          |        |      |                          |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <i>ТМ 20090019-00 ПЗ</i> | Арк. |
|     |      |          |        |      |                          | 61   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                          |      |

технического нормирования работ на металлорежущих станках. - Ч. 1. Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, долбежные и фрезерные станки.- М.: Машиностроение, 1974. - 416 с.

11. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на шлифовальных и доводочных станках. - М.: Машиностроение, 1974. - 203 с.

12. Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування: у 2 частинах. – Ч. 1. Загальні відомості / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов.–Суми : Сумський державний університет, 2011.–55 с.

13. Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування: у 2 частинах. – Ч. 2. Приклади оформлення технологічної документації / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 59 с.

14. Захаркин А.У. Методические указания для практических работ по курсам «Теоретические основы изготовления деталей и сборки машин» и «Технология машиностроения» для студентов направления 0902 «Инженерная механика» всех форм обучения [Текст] : А. У. Захаркин, В. Г. Евтухов. – Сумы изд. СумДУ 2004. – 75 с.

15. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие для техникумов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 448 с.

16. Методичні вказівки до кваліфікаційної роботи бакалаврів для студентів спеціальності 6.05050201 «Технології машинобудування» денної та заочної форм навчання / укладач В. Г. Євтухов. – Суми : Сумський державний університет, 2017 –44 с.

17. Кушніров П. В. Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Технологічна оснастка” [Текст] : П. В. Кушніров. – Суми: Вид-во Сум ДУ, 2009. – 52 с.

|     |      |          |        |      |                          |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <i>ТМ 20090019-00 ПЗ</i> | Арк. |
|     |      |          |        |      |                          | 62   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                          |      |



18. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Ансеров- М.: Машиностроение, 1964.-652 с.

19. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков [Текст] :А. К. Горошкин. – М: Машиностроение, 1979. – 302 с.

20. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении / В.С. Корсаков – М.: Машиностроение, 1971. - 288 с.

21. Юдин, Е.Я. Охрана труда в машиностроении: Учебник для машиностроительных вузов/Е. Я. Юдин, С. В. Белов, С. К. Баланцев и др.; Под ред. Е. Я. Юдина, С. В. Белова — 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1983, 432.

22. ГОСТ 12.0.003-74 (СТ СЭВ 790-77) Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация / Сборник. – М.: Гос. ком. СССР по стандартам, 1983. – 296 с.

23. ГОСТ 12.0.003-74 (СТ СЭВ 790-77) Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация / Сборник. – М.: Гос. ком. СССР по стандартам, 1983. – 296 с.

|     |      |          |        |      |                          |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <i>ТМ 20090019-00 ПЗ</i> | Арк. |
|     |      |          |        |      |                          | 63   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                          |      |

# ДОДАТКИ



# ДОДАТОК Б

## РОЗРАХУНОК ПРИПУСКІВ НА ОБРОБЛЕННЯ ПОВЕРХНІ ОБЕРТАННЯ

| Расчетные значения |       |                      | Принятые значения, мм |   |                   |              |              |       |      |       |
|--------------------|-------|----------------------|-----------------------|---|-------------------|--------------|--------------|-------|------|-------|
| припуск, мкм       |       | расчетный размер, мм | расчетный размер      | номинальный размер с предельными отклонениями | предельный размер |              | припуск, мкм |       |      |       |
| миним              | расч. |                      |                       |   | минимальный       | максимальный | миним        | расч. | макс |       |
| -                  | -     | 64.094               | 64                    | 64  | +4.400<br>0       | 64           | 68.4         | -     | -    | -     |
| 5205               | 9605  | 73.743               | 73.7                  | 73.7  | +0.300<br>0       | 73.7         | 74           | 5300  | 9700 | 10000 |
| 574                | 874   | 74.617               | 74.617                | 74.617  | +0.120<br>0       | 74.617       | 74.737       | 617   | 917  | 1037  |
| 263                | 383   | 75                   | 75                    | 75  | +0.074<br>0       | 75           | 75.074       | 263   | 383  | 457   |

<Enter> – продолжение работы                      <Esc> – возврат

**ДОДАТОК В**  
**ПРИСТРІЙ ТМ 20090019-07-00-00СК. СПЕЦИФІКАЦІЯ**

## ДОДАТОК Г

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### **Причини виробничого травматизму, методи його аналізу, показники травматизму**

Постійне і різнобічне дослідження травматизму і профзахворювань розглядається як одна з основних функцій керування безпекою праці та прийняття основних заходів щодо усунення причин травматизму та захворювань.

Технічні причини, які можна охарактеризувати як причини, що залежать від рівня організації праці на виробництві, а саме: недовершений технологічний процес, конструктивні недоліки устаткування, інструментів та пристосувань, недостатня механізація тяжких робіт; недосконале огороження, відсутність спеціальних захисних засобів, засобів сигналізації та блокувань, недостатня міцність та надійність устаткувань, шкідливі властивості оброблюваного матеріалу тощо. Такі причини інколи називають конструктивними або інженерними.

Організаційні причини, що повністю залежать від міри організації праці на виробництві. До них можна віднести: незадовільний стан прилеглої території, проїздів, проходів, порушення правил та умов експлуатації обладнання, транспортних засобів, порушення технологічного регламенту, порушення правил і норм при перевезенні, складанні і зберіганні матеріалів і деталей; порушення норм і правил планового технічного обслуговування та ремонту обладнання, транспортних засобів і інструменту; недоліки при навчанні працівників безпечним методам праці; недостатній або відсутній технічний нагляд за небезпечними роботами; використання машин, пристрій і інструменту не за призначенням; відсутність або незадовільний стан огороження робочої зони; невикористання або відсутність засобів індивідуального захисту тощо.

Санітарно-гігієнічні причини, до яких можна віднести: перевищення (відносно) запиленості та загазованості повітря робочої зони; недостатність або повна відсутність природного освітлення, підвищену пульсацію світлового потоку; підвищений рівень вібрації та шуму, інфразвукових та ультразвукових частот на робочому місці; підвищений рівень інфрачервоної та ультразвукової радіації тощо.

Психофізіологічні причини, до котрих відносяться фізичні та нервово-психічні перевантаження робітників.

Психофізіологічні причини - грубі помилки в діях, пов'язані з фізіологічним (втомленість), психічним (підвищена нервозність) або хворобливим станом працівників. Найбільш частими причинами виробничих травм на виробничих підприємствах є: відсутність інструкції з охорони праці; праця на несправному устаткуванні або на устаткуванні без засобів захисту; відсутність засобів проти непередбаченого ураження робітників електричним струмом; відсутність драбин, котрі б відповідали вимогам правил техніки безпеки; вивантаження і транспортування вантажу без застосування відповідних механізмів і пристосувань; використання несправного реманента, пристосування та інструмента.

Людина може допускати помилки у своїх діях внаслідок фізичного, статичного або динамічного перевантаження, розумового перенапруження, перенапруження органів чуття (зорового, слухового, тактильного), одноманітності праці, стресових ситуацій, хворобливого стану. Виробничу травму може спричинити незадовільність анатомо-фізіологічних і психічних особливостей організму людини в залежності від характеру виконуваної роботи. У сучасних складних технічних системах управління, в конструкціях машин, приладів і систем управління ще в недостатній мірі враховуються фізіологічні і антропологічні особливості і можливості людини.

Незадовільна організація праці спричиняє надмірні фізичні і нервові перевантаження, що прискорює стомлюваність працівників. У такому стані знижується чутливість до різних подразників виробничого середовища,

знижується увага, пильність. Це призводить до того, що ближче до кінця робочої зміни різко збільшується кількість нещасних випадків, причинами котрих є помилкові дії потерпілих.

Особливо важливе значення серед факторів, які спричиняють виробничий травматизм, мають попередні нещасні випадки, психофізіологічний стан постраждалих. При цьому несприятливий психофізіологічний стан може бути пов'язаний як з об'єктивними причинами (невміла організація праці), так і суб'єктивними, які залежать від особливостей особистого стану потерпілих (необачність, поспіх, втома, роздратування, ризик тощо).

Особисті якості робітників (швидкість реакції, активність, обачливість, відповідальність, дисциплінованість і т. ін.) також мають вплив на їх схильність до нещасних випадків. Це свідчить, що особисті якості потерпілих істотно впливають на той факт, що в подібних екстремальних ситуаціях одні отримують травму у разі нещасного випадку, а другі - ні.

Методи аналізу.

Нещасні випадки на виробництві потрібно розглядати як сигнал, який попереджає, про незадовільний стан профілактичної роботи щодо попередження виробничого травматизму на тому або іншому судні, виробничій ділянці.

Матеріали розслідувань і звітні дані про нещасні випадки дозволяють робити висновки про стан безпеки праці і слугують підставою для розробки та проведення заходів щодо активізації профілактичної роботи по запобіганню травматизму.

Методи аналізу виробничого травматизму

Для аналізу виробничого травматизму і професійної захворюваності застосовуються декілька методів.

Найчастіше використовується статистичний метод, який базується на вивченні кількісної залежності нещасних випадків та професійних



захворювань від впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів на базі відповідних актів розслідування (Н-1).

Аналіз проводиться методом математичної статистики, а результати оформляються у вигляді графіків, картограм тощо.

При груповому методі аналізу акти за формою Н-1 групують за певною ознакою: за статтю, віком, стажем роботи, видом устаткування, часом виникнення тощо. Так, виявлено, що частота травматизму жінок трохи менша ніж чоловіків, які працюють в тих самих умовах; після вихідних та святкових днів частота травматизму підвищується. Якщо провести аналіз залежності травматизму від часу доби, то переважно час травмування припадає на 3–5 годину ранку, що пояснюється біологічними особливостями організму людини.

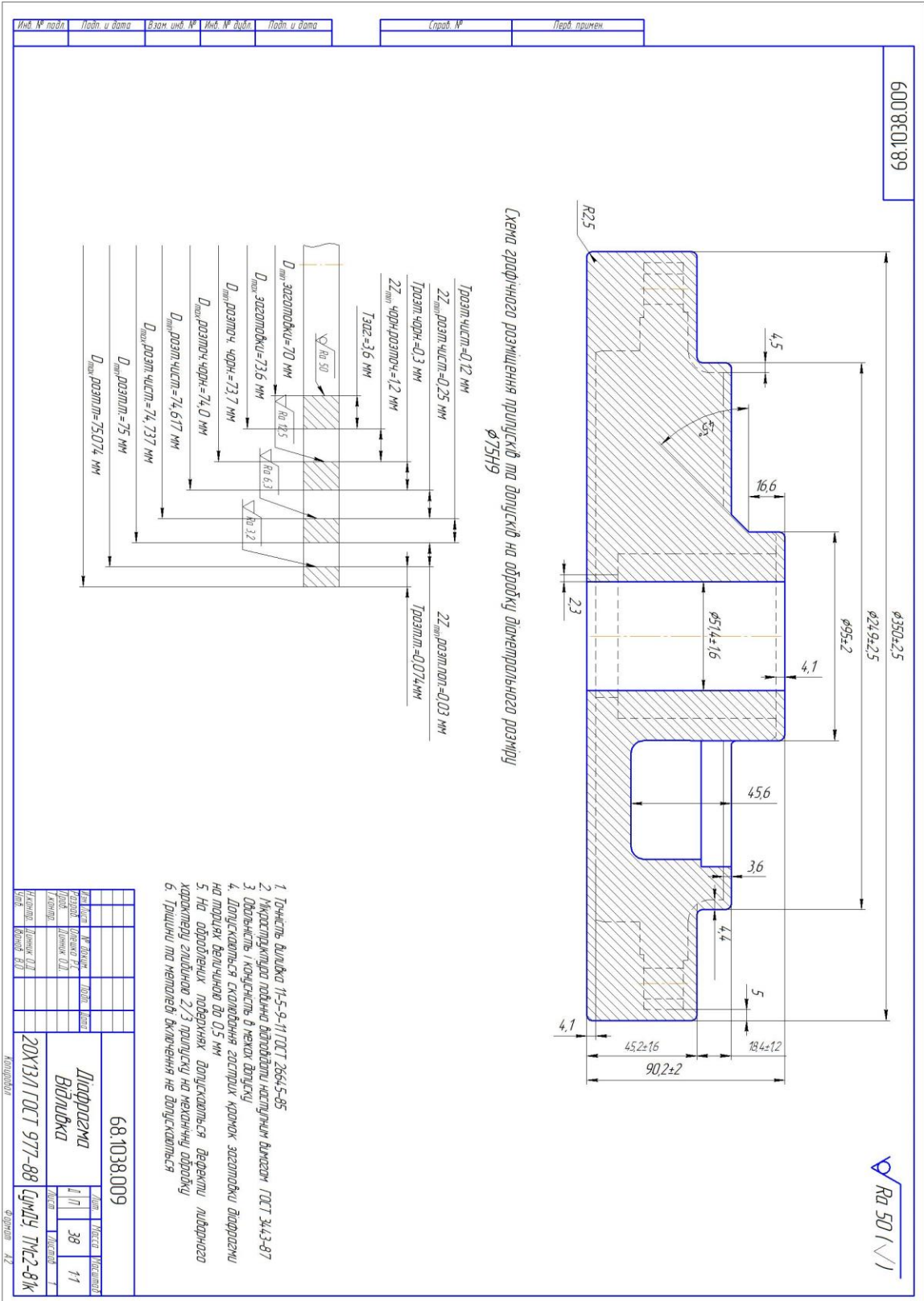
Топографічний метод залежить у вивченні причин випадків травматизму за місцем їх випадку. При цьому на плані розміщення устаткування в цеху, на ділянці відмічаються місця випадків травматизму. Це дає змогу виявити найбільш травмонебезпечні ділянки і прийняти відповідні заходи.

Монографічний метод аналізу травматизму і профзахворюваності полягає в детальнішому вивченні виробничого обладнання, технологічного процесу, всього виробничого середовища, психологічного клімату, причин нещасних випадків тощо з метою знаходження небезпечних і шкідливих чинників. При цьому можливе виявлення потенційної небезпеки.

Економічний метод аналізу полягає у визначенні втрат на компенсацію за непрацездатність, ліквідації наслідків аварій тощо і визначенні соціально-економічної ефективності заходів, направлених на запобігання нещасних випадків.

# ДОДАТОК Д

## ГРАФІЧНА ЧАСТИНА РОБОТИ

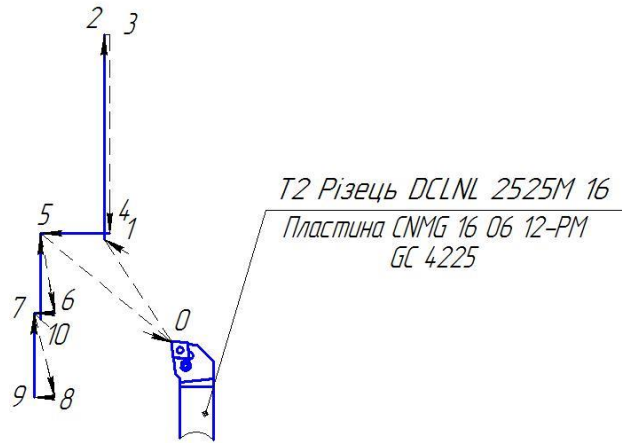
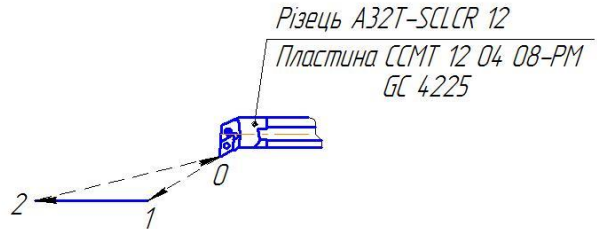
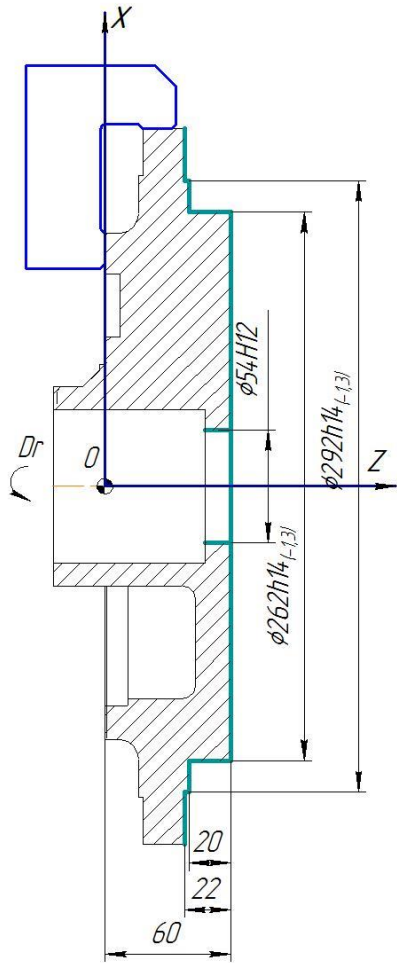




Операція 020 – Токарна з ЧПК  
Токарний верстат з ЧПК UNITECH UT 560×1000, N = 10 кВт

√Ra 6,3

ТМ. 20090019-06. 0Н



Перв. примен.  
Справ. №

Подп. и дата  
Инд. № дробл.  
Инд. № дробл.  
Взам. инд. №  
Подп. и дата  
Инд. № подл.

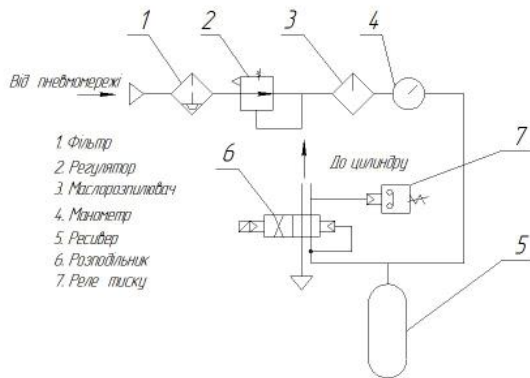
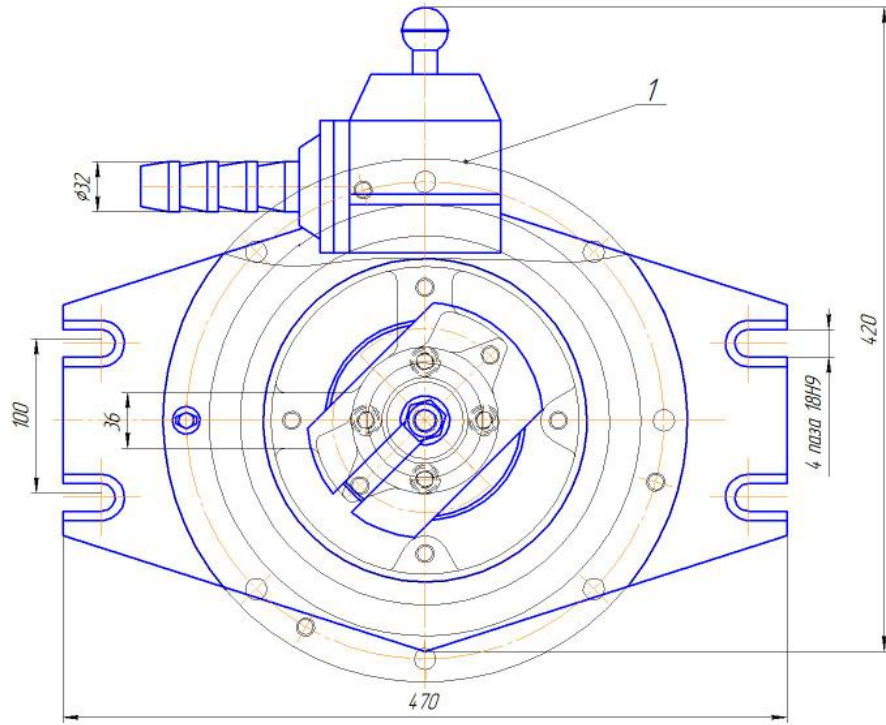
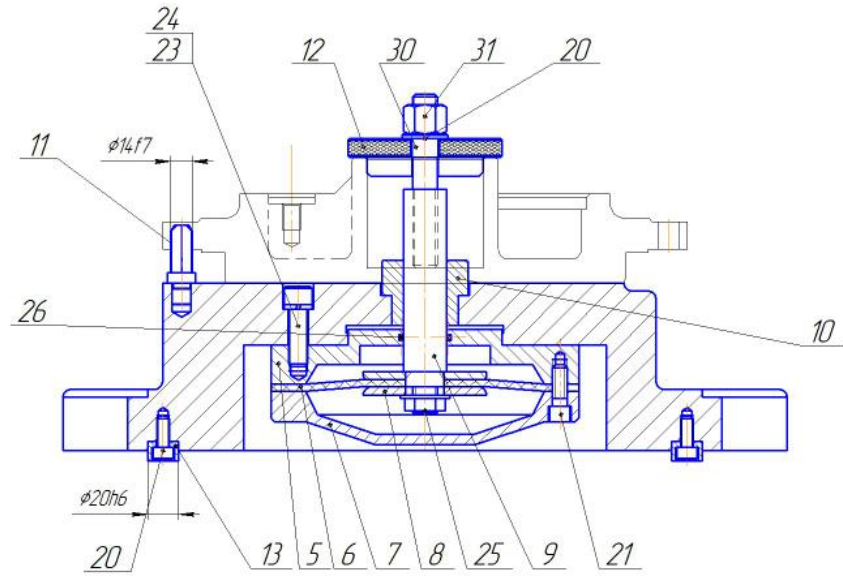
| Діаметр оброблюваної поверхні | t, мм | S, мм/об | V, м/мин | n, об/мин | i  | L, мм | T <sub>о</sub> , мин | T <sub>в</sub> , мин | T <sub>шт</sub> , мин |
|-------------------------------|-------|----------|----------|-----------|----|-------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| φ342/φ56                      | 2,0   | 0,5      | 107,44   | 100       | 1  | 150   | 3                    | 15                   | 21                    |
| φ342/φ262                     | 2,0   | 0,5      | 107,44   | 100       | 10 | 400   | 8                    |                      |                       |
| φ342/φ292                     | 2,0   | 0,5      | 117,81   | 100       | 1  | 27    | 0,54                 |                      |                       |
| φ292                          | 1,0   | 0,5      | 114,67   | 125       | 1  | 5     | 0,08                 |                      |                       |
| φ262                          | 1,0   | 0,5      | 102,88   | 125       | 1  | 25    | 0,4                  |                      |                       |
| φ56                           | 2     | 0,5      | 105,55   | 600       | 1  | 15    | 0,05                 |                      |                       |

ТМ. 20090019-06. 0Н

|           |             |       |      |                         |  |  |                 |        |         |
|-----------|-------------|-------|------|-------------------------|--|--|-----------------|--------|---------|
|           |             |       |      | Наладка на операцію 020 |  |  | Лист            | Масса  | Масштаб |
| Изм. Лист | № докум.    | Подп. | Дата |                         |  |  | Лист            | Листов | 1       |
| Разраб.   | Олешко Р.С. |       |      |                         |  |  | СумДУ, ТМс2-81к |        |         |
| Проб.     | Динник О.Д. |       |      |                         |  |  |                 |        |         |
| Т.контр.  |             |       |      |                         |  |  |                 |        |         |
| Н.контр.  | Динник О.Д. |       |      |                         |  |  |                 |        |         |
| Утв.      | Іванов В.О. |       |      |                         |  |  |                 |        |         |

Копировал

Формат А3



- 1. Фільтр
- 2. Регулятор
- 3. Мастеррозподільник
- 4. Манометр
- 5. Ресивер
- 6. Розподільник
- 7. Реле тиску

- Технічні вимоги
- 1. Хід штоку - 8мм.
  - 2. Діаметр пневмомережі - 14,0мм.
  - 3. Зусилля на штоці - 6060 Н
  - 4. Тиск повітря в мережі - 0,4МПа

|          |              |       |      |                      |        |    |
|----------|--------------|-------|------|----------------------|--------|----|
|          |              |       |      | ТМ. 20090019-07. СК  |        |    |
| Лист     | № докум.     | Найд. | Дата | Прийнято             |        | 12 |
| Розроб.  | Олексюк Р.С. |       |      | Складальне креслення |        |    |
| Проб.    | Димчук О.Д.  |       |      | Лист                 | Листів | 1  |
| Контр.   |              |       |      | СумДУ, ТМс2-81к      |        |    |
| Н.контр. | Димчук О.Д.  |       |      |                      |        |    |
| Змін.    | Ванов В.О.   |       |      |                      |        |    |