

Херсонський національний технічний університет

---

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії та транспорту

---

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Автоматизації, робототехніки і мехатроніки

---

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

### **бакалавра**

на тему: Технологічно-конструкторська підготовка виготовлення деталі «Важель»

### **Пояснювальна записка**

Виконав: студент 4 курсу, групи 4ІМ

Спеціальності 131-Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

Бубнов О.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник Селіверстов І.А.

(прізвище та ініціали)

Хмельницький – 2026

Херсонський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

- Інститут, факультет, відділення інженерії та транспорту
- Кафедра Автоматизації, робототехніки і мехатроніки
- Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
- Напрямок підготовки \_\_\_\_\_
- Спеціальність 131- Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,

\_\_\_\_\_  
Ігор СЕЛІВЕРСТОВ

«    » 2026 року

## **ЗАВДАННЯ**

### **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Бубнову Олександр Павловичу

1. Тема проекту “ Технологічно-конструкторська підготовка виготовлення деталі «Важель»”

Керівник проекту ( роботи ) \_\_\_\_\_ Селіверстов І.А.

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

Затвердженні наказом вищого навчального закладу від 15 січня 2026 року № 17-с.

2. Строк подання студентом проекту ( роботи ) \_\_\_\_\_ 10.06.2026 р.
3. .Вихідні дані по проекту ( роботи ) робоче креслення деталі корпус, технічні вимоги до конструкції деталі корпус, річна програма випуску 500 шт.,

типовий технологічний процес, спосіб отримання заготовки, вимоги до матеріалу деталі

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз технологічності конструкції деталі, проектування конструкції заготовки, проектування технологічного процесу виготовлення деталі, визначення припусків для технологічних переходів, призначення режимів різання, нормування технологічних операцій, проектування верстатного пристрою металорізального інструменту.

5. **Консультанти розділів роботи**

| Розділ                                                             | Прізвище, ініціали та по<br>консультанта | Підпис, дата      |                     |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|---------------------|
|                                                                    |                                          | Завдання<br>видав | Завдання<br>прийняв |
| Аналіз службового<br>призначення та умов роботи<br>деталі "Корпус" | <u>Селіверстов І.А.</u>                  | 28.02.26          |                     |
| Конструкторська частина                                            | <u>Селіверстов І.А.</u>                  | 15.02.26          |                     |
| Технологічна частина                                               | <u>Селіверстов І.А.</u>                  | 01.04.26          |                     |
| Проектування та<br>виготовлення пристосування                      | <u>Селіверстов І.А.</u>                  | 30.04.26          |                     |
| Охорона праці та пожежна<br>безпека                                |                                          | 05.04.26          |                     |

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| №  | Назва етапів кваліфікаційної Роботи               | Срок виконання етапів роботи | Примітка |
|----|---------------------------------------------------|------------------------------|----------|
| 1  | Вступ, постановка мети, аналіз призначення деталі | 01.02 – 07.02                |          |
| 2  | Вибір матеріалу, типу виробництва, заготовки      | 08.02 – 14.02                |          |
| 3  | Розробка технологічного процесу                   | 15.02 – 25.02                |          |
| 4  | Вибір обладнання, режимів, інструменту            | 26.02 – 07.03                |          |
| 5  | Проектування пристрою та його розрахунок          | 08.03 – 15.03                |          |
| 6  | Охорона праці та пожежна безпека                  | 30.03 – 05.04                |          |
| 7  | Оформлення креслень                               | 06.04 – 25.04                |          |
| 8  | Висновки, оформлення списку літератури            | 26.04 – 28.04                |          |
| 9  | Перевірка, редагування, остаточне оформлення      | 29.04 – 05.05                |          |
| 10 | Підготовка до захисту, подача дипломної роботи    | 06.05 – 10.05                |          |

## Зміст

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Реферат .....                                                                       | 7  |
| Вступ.....                                                                          | 8  |
| 1. Технологічна частина.....                                                        | 9  |
| 1.1. Призначення деталі та аналіз технічних умов на її виготовлення.....            | 9  |
| 1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі.....                                 | 13 |
| 1.3. Визначення типу виробництва.....                                               | 15 |
| 1.4. Техніко-економічне дослідження методів одержання заготівлі .....               | 17 |
| 1.5. Проектування технологічного процесу механічної обробки деталі .....            | 21 |
| 1.5.1. Розробка маршрутного технологічного процесу .....                            | 21 |
| 1.5.2. Альтернативна розробка маршрутного технологічного процесу .....              | 24 |
| 1.5.2. Обґрунтування вибору технологічних баз.....                                  | 28 |
| 1.6. Розрахунок припусків на механічну обробку .....                                | 28 |
| 1.7. Розрахунок режимів різання .....                                               | 31 |
| 1.7.1 Режими різання призначені табличним методом.....                              | 34 |
| 1.8. Технічне нормування .....                                                      | 36 |
| 1.8.1. Нормування технологічного процесу.....                                       | 36 |
| 1.8.2. Визначення кількості обладнання та ступеня його використання.....            | 39 |
| 2. Конструкторська частина .....                                                    | 41 |
| 2. 1. Економічне обґрунтування доцільності застосування спеціального пристрою ..... | 41 |
| 2.2. Розрахунок пристосування.....                                                  | 43 |
| 2.2.1. Вибір схеми базування.....                                                   | 43 |
| 2.2.2. Вибір настановних елементів для реалізації прийнятої схеми базування .....   | 44 |
| 2.2.3 Силовий розрахунок пристосування .....                                        | 44 |
| 2.2.4. Вибір затискного механізму для верстатного пристрою. ....                    | 47 |
| 2.2.5. Розрахунок параметрів приводу .....                                          | 49 |
| 2.2.6. Оцінка точності пристосування .....                                          | 50 |
| 3. ПРОЕКТУВАННЯ РІЗЧОГО ІНСТРУМЕНТУ .....                                           | 54 |

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1. Призначення комбінованої розточувальної голівки та аналіз умови на її виготовлення. ....                         | 54 |
| 3.2. Тверді сплави та їх застосування для зуборізного інструменту.....                                                | 60 |
| 3.3. Техніко-економічне обґрунтування методу одержання заготівлі компонента комбінованої розточувальної головки ..... | 61 |
| 3.4 Обґрунтування послідовності операцій технологічного процесу.....                                                  | 62 |
| 3.5 Розробка маршрутного технологічного процесу .....                                                                 | 64 |
| 3.6 Обґрунтування вибору технологічних баз.....                                                                       | 67 |
| 3.7 Вибір припусків на механічну обробку .....                                                                        | 67 |
| 3.8 Режими різання призначені табличним методом.....                                                                  | 67 |
| 3.9 Розрахунок норм часу. ....                                                                                        | 69 |
| 4. Охорона праці .....                                                                                                | 71 |
| 4.1 Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту.....                                                    | 71 |
| 4.2 Сертифікація засобів індивідуального захисту.....                                                                 | 71 |
| 4.3 Атестація робочих місць за умовами праці .....                                                                    | 74 |
| 4.4 Норми видачі спецодягу .....                                                                                      | 77 |
| 4.5 Техніка електробезпеки під час роботи на верстатах.....                                                           | 77 |
| ВИСНОВОК.....                                                                                                         | 78 |
| Список використаної літератури .....                                                                                  | 80 |

## Реферат

Дипломний проект з технології машинобудування на тему: «Проектування технологічного процесу виготовлення деталі важеля».

Ця робота складається з графічної частини – 4 аркуша А1, 2 аркуша А2 та розрахунково-пояснювальної записки.

У графічній частині представлено розробку технологічного процесу обробки важеля для серійного виробництва, конструювання пристосування на одну з операцій, креслення заготовки деталі та інструментальні налагодження. Використані такі програми як «AutoCAD», Вертикаль-технологія.

У розрахунково-пояснювальній записці наведено вибір методів обробки, розрахунок припусків на механічну обробку, розрахунок режимів різання, технічне нормування, опис та розрахунок пристосування.

Ця пояснювальна записка містить стор. 80, таблиць 13, малюнків 8.

Ключові слова: різальний та вимірювальний інструмент, обробка зовнішніх поверхонь, клас важелів, досліджувана деталь, оптимальні режими обробки, механічна обробка.

## Вступ

Перехід народного господарства на ринкові відносини передбачають створення економічних передумов для ефективного виробництва як з точки зору раціонального використання ресурсів, так і точки зору прискорення науково-технічного прогресу і повного задоволення потреб виробників і споживачів.

Основним результатом поставлених завдань має стати підвищення якості всіх видів продукції та забезпечення її конкурентоспроможності на зовнішньому ринку.

Забезпечення високої якості продукції потребує конкретного вивчення науково-технічної політики, удосконалення технічної бази виробництва та суттєвого покращення оснащеності розробників нових видів виробів науковими, аналітичними приладами та засобами обчислювальної техніки.

В умовах нових виробничих відносин у сучасному машинобудуванні особливого значення набувають:

- 1) Організація виробництва;
- 2) Ефективне використання технологічних засобів;
- 3) Створення пристроїв, що розширюють можливості виконання різних операцій на металорізальних верстатах, підвищення якості виробів та конкурентоспроможності.

У цій кваліфікаційній роботі передбачається розробка технологічного процесу виготовлення важеля та пристосування однією з операцій.

Запропоновані у роботі організаційні технологічні та конструкторські рішення підвищать продуктивність праці, якість продукції, що випускається, а також дадуть значний техніко-економічний ефект.



## 1. Технологічна частина

### 1.1. Призначення деталі та аналіз технічних умов на її виготовлення

Деталь - важіль (рис.1). Виготовляється із конструкційної сталі 40Х штампуванням, тому конфігурація поверхонь не викликає значних труднощів при отриманні заготовки. Даний матеріал використовується для деталей, що працюють при середніх окружних швидкостях, високих питомих тисках та невеликих ударних навантажень; для валів, що працюють у підшипниках кочення.

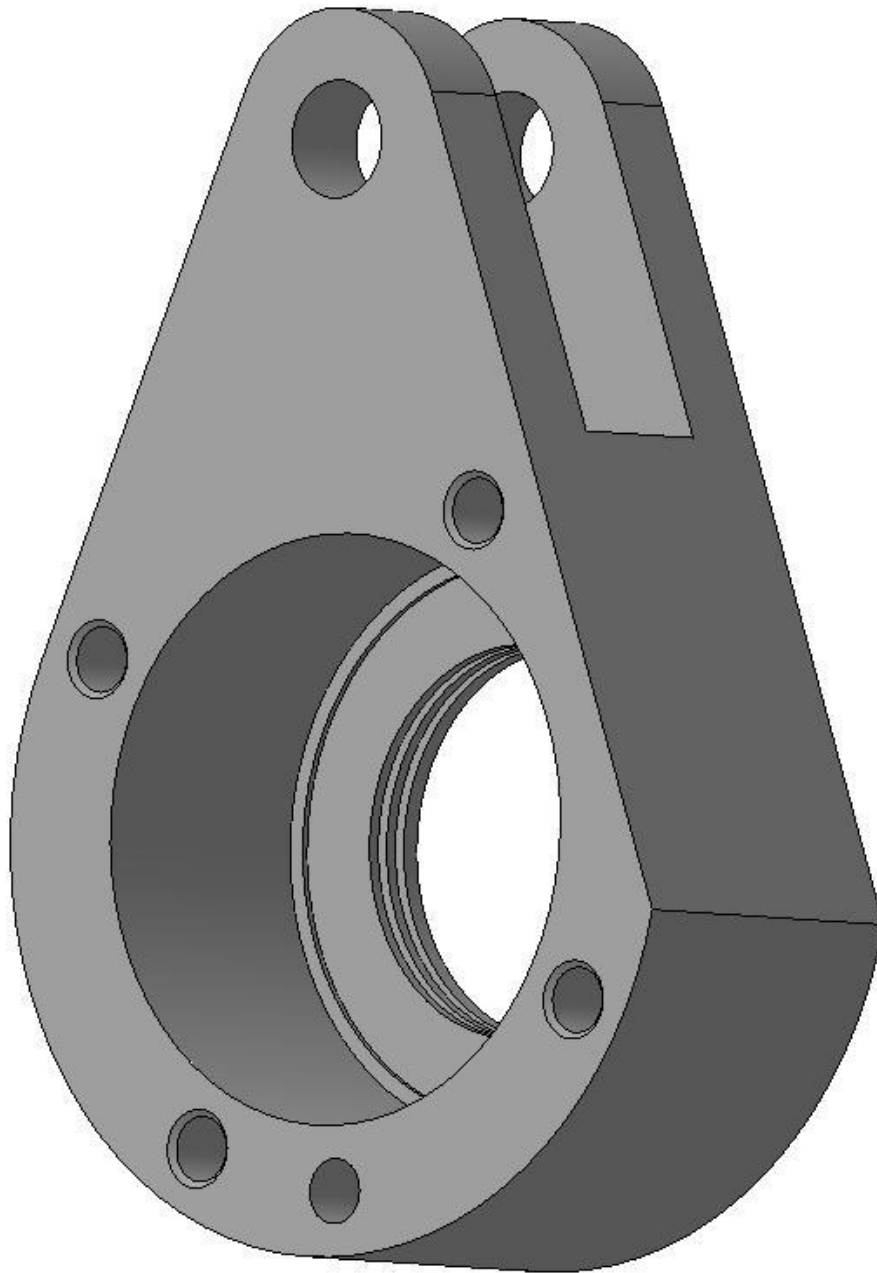


Рис.1

Табл.1

**Хімічний склад у % матеріалу 40Х**  
**ДЕРЖСТАНДАРТ 4543 - 71**

| <b>C</b>           | <b>Si</b>          | <b>Mn</b>        | <b>Ni</b>     | <b>S</b>        | <b>P</b>        | <b>Cr</b>        | <b>Cu</b>     |
|--------------------|--------------------|------------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------|---------------|
| <b>0.36 – 0.44</b> | <b>0.17 – 0.37</b> | <b>0.5 – 0.8</b> | <b>до 0.3</b> | <b>до 0.035</b> | <b>до 0.035</b> | <b>0.8 – 1.1</b> | <b>до 0.3</b> |

**Температура критичних точок матеріалу 40Х.**

**Ac1 = 743, Ac3 (Acm) = 782, Ar3 (Arcm) = 730, Ar1 = 693**

**Технологічні властивості матеріалу 40Х.**

|                                            |                 |
|--------------------------------------------|-----------------|
| <b>Зварюваність:</b>                       | важкозварювана. |
| <b>Флокеночутливість:</b>                  | чутлива.        |
| <b>Схильність до відпускної крихкості:</b> | схильна.        |

**Механічні властивості при T=20oC матеріалу 40X.**

| <b>Сортамент</b>                     | <b>Розмір</b> | <b>Напр.</b> | <b>σ<sub>B</sub></b> | <b>σ<sub>T</sub></b> | <b>σ<sub>5</sub></b> | <b>σ<sub>к</sub></b> | <b>KCU</b>    | <b>Термообр.</b>                                        |
|--------------------------------------|---------------|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|---------------------------------------------------------|
| <b>-</b>                             | <b>мм</b>     | <b>-</b>     | <b>МПа</b>           | <b>МПа</b>           | <b>%</b>             | <b>%</b>             | <b>кДж/м2</b> | <b>-</b>                                                |
| Труби, ГОСТ 8731-87                  |               |              | <b>657</b>           |                      | <b>9</b>             |                      |               |                                                         |
| Труби холоднодеформір., ГОСТ 8733-74 |               |              | <b>618</b>           |                      | <b>14</b>            |                      |               |                                                         |
| Прутки, ГОСТ 4543-71                 | Ø 25          |              | <b>980</b>           | <b>785</b>           | <b>10</b>            | <b>45</b>            | <b>590</b>    | <b>Загартування 860oC, олія, Відпустка 500oC, вода,</b> |

|                                                    |                           |
|----------------------------------------------------|---------------------------|
| Твердість 40X після відпалу, ГОСТ 4543-71          | <b>HB 10 -1 = 217 МПа</b> |
| Твердість 40X, Труби ГОСТ 8731-87                  | <b>HB 10 -1 = 269 МПа</b> |
| Твердість 40X, Труби холоднодеформір. ГОСТ 8733-74 | <b>HB 10 -1 = 217 МПа</b> |
| Твердість 40X, Прутки гарячекатан. ГОСТ 10702-78   | <b>HB 10 -1 = 179 МПа</b> |

**Фізичні властивості матеріалу 40Х.**

| <b>Е 10-5</b> | <b><math>\alpha</math> 10 6</b> | <b><math>\lambda</math></b>     | <b><math>\rho</math></b>    | <b>С</b>                 | <b>R 10 9</b>       | <b>Е 10-5</b> |
|---------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------|---------------|
| <b>Град</b>   | <b>МПа</b>                      | <b>1/Град</b>                   | <b>Вт/(м·град)</b>          | <b>кг/м3</b>             | <b>Дж/(кг·град)</b> | <b>Ом·м</b>   |
| <b>20</b>     | <b>2.14</b>                     |                                 |                             | <b>7820</b>              |                     | <b>210</b>    |
| <b>100</b>    | <b>2.11</b>                     | <b>11.9</b>                     | <b>46</b>                   | <b>7800</b>              | <b>466</b>          | <b>285</b>    |
| <b>200</b>    | <b>2.06</b>                     | <b>12.5</b>                     | <b>42.7</b>                 | <b>7770</b>              | <b>508</b>          | <b>346</b>    |
| <b>300</b>    | <b>2.03</b>                     | <b>13.2</b>                     | <b>42.3</b>                 | <b>7740</b>              | <b>529</b>          | <b>425</b>    |
| <b>400</b>    | <b>1.85</b>                     | <b>13.8</b>                     | <b>38.5</b>                 | <b>7700</b>              | <b>563</b>          | <b>528</b>    |
| <b>500</b>    | <b>1.76</b>                     | <b>14.1</b>                     | <b>35.6</b>                 | <b>7670</b>              | <b>592</b>          | <b>642</b>    |
| <b>600</b>    | <b>1.64</b>                     | <b>14.4</b>                     | <b>31.9</b>                 | <b>7630</b>              | <b>622</b>          | <b>780</b>    |
| <b>700</b>    | <b>1.43</b>                     | <b>14.6</b>                     | <b>28.8</b>                 | <b>7590</b>              | <b>634</b>          | <b>936</b>    |
| <b>800</b>    | <b>1.32</b>                     |                                 | <b>26</b>                   | <b>7610</b>              | <b>664</b>          | <b>1100</b>   |
| <b>900</b>    |                                 |                                 | <b>26.7</b>                 | <b>7560</b>              |                     | <b>1140</b>   |
| <b>1000</b>   |                                 |                                 | <b>28</b>                   | <b>7510</b>              |                     | <b>1170</b>   |
| <b>1100</b>   |                                 |                                 | <b>28.8</b>                 | <b>7470</b>              |                     | <b>120</b>    |
| <b>1200</b>   |                                 |                                 |                             | <b>7430</b>              |                     | <b>1230</b>   |
| <b>Т</b>      | <b>Е 10-5</b>                   | <b><math>\alpha</math> 10 6</b> | <b><math>\lambda</math></b> | <b><math>\rho</math></b> | <b>С</b>            | <b>R 10 9</b> |

## 1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі

У сучасному машинобудуванні обробка зняттям стружки навіть у дуже розвинених галузях сягає 30...40 % загальної трудомісткості виготовлення машин. Тому технологічність деталей, що піддаються механічній обробці, має значення: кожна деталь повинна виготовлятися з мінімальними трудовими і матеріальними витратами. Ці витрати можна скоротити значною мірою від правильного вибору варіантів технологічного процесу, його оснащення, механізації та автоматизації, застосування оптимальних режимів обробки та правильної підготовки виробництва. Чим менша трудомісткість і собівартість виготовлення деталі, тим вона технологічніша. На трудомісткість виготовлення деталі мають особливий вплив її конструкція та технічні вимоги на виготовлення.

Досліджувана деталь відноситься до класу важелів.

Загалом деталь технологічна:

- 1) є зручні основи;
- 2) конструкція деталі допускає обробку більшості зовнішніх поверхонь з одного боку за однієї установки;
- 3) вільний доступ до оброблюваних поверхонь різального та вимірювального інструменту;
- 4) простота форм деталі, що забезпечує можливість вибору раціонального методу виготовлення заготовки, що забезпечує найвищий коефіцієнт використання матеріалу; (В даному випадку поковка на КДШП)
- 5) можливість застосування типових технологічних процесів обробки деталі;
- 6) конструкція деталі допускає одночасну обробку кількох поверхонь;

Однак є й відхилення від технологічності:

- 1) деталь має шліцеві поверхні;
- 2) є кільцеві радіальні виточки, розташовані на шліцевих ділянках;
- 3) деякі поверхні мають високу точність, зокрема ступені  $\varnothing 60^{+0.021}_{+0.002}$ , а отже, трудомісткі у виготовленні та дорогі;

4) виконання шліцевої поверхні, що підвищує трудомісткість її виробництва.

Залежно від якості матеріал може подаватися обробці різанням по-різному – складніше чи легше.

Здатність матеріалів піддаватися різанню прийнято називати їх оброблюваністю. Оброблюваність матеріалу тим краще, що вища швидкість різання, менше сили різання і чистіше оброблена поверхня. У більшості випадків за критерій оброблюваності приймають швидкість різання, що забезпечує деяку найбільш доцільну в умовах стійкість інструменту.

Оброблюваність матеріалу дуже впливає на продуктивність і собівартість готової деталі, а значить, є критерієм оцінки технологічності.

Оброблюваність сталі залежить в основному від структури, вмісту вуглецю та легуючих компонентів. Інтенсивність зношування інструменту збільшується залежно від структури в такій послідовності: ферит, перліт, сорбіт, троостит. Різний вплив структур на зношування інструменту пояснюється їх твердістю. Зі збільшенням вмісту вуглецю в сталі, оброблюваність її погіршується, крім чистоти поверхні, яка покращується. З підвищенням вмісту вуглецю знижується теплопровідність сталі, що підвищує температуру різання, збільшуються жорсткість і міцність. Все це призводить до зниження швидкості різання.

Легуючі елементи сталі (хром, марганець, кремній, вольфрам тощо. п.) погіршують оброблюваність, оскільки знижується теплопровідність, зростають твердість і міцність. Наявність карбідів також сприяє підвищенню інтенсивності зношування інструменту.

Враховуючи все вищезгадане, а також те, що матеріал деталі вуглецева, хромиста сталь 40Х, що за технічними умовами має мікроструктуру в відпаленому стані – зернистий перліт, твердість 170...207 НВ, оброблюваність матеріалу деталі різанням загалом можна визнати задовільною.

Матеріал, сталь 40Х, вибраний з урахуванням роботи у вузлі. На деталь діють сили зминання, зокрема шліцеві ділянки валу.

Спрощення конструкції валу є недоцільним – деталь не зможе виконувати своє призначення. Його конструкція має достатню жорсткість, а обробку кількох поверхонь можна здійснювати в один установ.

Спосіб отримання заготівлі є економічно доцільним, що підтверджується коефіцієнтом використання матеріалу.

Проаналізувавши вище розглянуту деталь можна дійти невтішного висновку, що вона досить технологічної.

### 1.3. Визначення типу виробництва

Тип виробництва визначається коефіцієнтом серійності в тому випадку, якщо у заводського технологічного процесу можуть бути обрані штучні часи за всіма операціями.

За відсутності даних трудомісткості, тип виробництва може бути визначений тільки після детальної розробки технологічного процесу.

У цьому випадку тип виробництва встановлюється орієнтовно, залежно від річної програми запуску деталей та ваги табл.1.3.

**Табл. 2.**

#### **Виробнича програма.**

| Вид<br>Виробництва | Кількість оброблюваних на рік деталей одного<br>найменування |                               |                     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------|
|                    | Тяжких<br>понад 300 кг.                                      | Середніх<br>Від 20 до 300 кг. | Легких<br>До 20 кг. |
| Одиничне           | до 5                                                         | до 10                         | до 100              |
| Дрібносерійне      | 5...100                                                      | 10...200                      | 200...500           |

|               |            |               |              |
|---------------|------------|---------------|--------------|
| Серійне       | 100...300  | 200 ... 1000  | 500...5000   |
| Великосерійне | 300...1000 | 1000 ... 5000 | 5000...50000 |
| Масове        | >1000      | >5000         | >50000       |

Після розробки технологічного процесу на базі обраного типу виробництва та розрахунку штучного або штучно-калькуляційного часу за всіма операціями визначається коефіцієнт серійності

Оскільки ця деталь немає заводського технологічного процесу, слідуємо вищевказаній рекомендації, тобто. за масою деталі та програмою запуску, приймаємо орієнтовно серійний тип виробництва. Оскільки, маса деталі  $m=3.6$  кг, а кількість оброблюваних на рік деталей приймемо  $N=3500$  прим.

Розрахуємо такт випуску деталей за формулою:[2, стр. 18]

$$\tau = \frac{F_d \times 60}{N}, \text{ мин / шт} \quad (1.3.1)$$

де  $F_d$  – дійсний річний фонд часу роботи обладнання у годинах;  
N-річна програма випуску деталей у штуках.

Оскільки кількість робочих днів становить 254 дні, з урахуванням 8-ми годинного робочого дня  $=254 \times 8=2032$  години, проводимо розрахунок: $F_d$

$$\tau = \frac{2032 \times 60}{3500} = 34.83$$

Даний тип виробництва має обмежену номенклатуру виробів, що виготовляються або ремонтуються партіями, що періодично повторюються, і порівняно великим обсягом випуску.

Серійне виробництво є головним типом сучасного машинобудівного виробництва. За всіма технологічними та виробничими характеристиками серійне



виробництво займає проміжне положення між одиничним та масовим виробництвом.

Характерною ознакою серійного виробництва є виконання на робочих місцях декількох операцій, що повторюються.

Технологічна документація та технічне нормування докладно розробляються для найскладніших і найвідповідальніших заготовок при одночасному застосуванні спрощеної документації та дослідно-статистичного нормування найпростіших заготовок.

При серійному виробництві визначається кількість деталей у партії, що одночасно запускаються у виробництво за формулою:[2, стр. 19]

$$n = \frac{N \times f}{Q}; \quad (1.3.2.)$$

де  $f$  – необхідний запас деталей складі (для дрібних 5-10 днів);

$Q$  – кількість робочих днів у році.

$$n = 3500 \times 1 / 254 = 13,7 \approx 14 \text{ шт.}$$

Оскільки вище був обраний коефіцієнт серійності, прийнятий тип виробництва вимагає подальшого уточнення.

#### **1.4. Техніко-економічне дослідження методів одержання заготівлі**

На підставі аналізу можливих методів одержання заготівлі вибираємо два з них з урахуванням конструкції деталі та типу виробництва.

Вибираємо для порівняння заготовки із різних типів штампування. [2, стор.31]

Вибрані методи оцінюємо:

- за вартістю заготовок;
- За ступенем використання металу.

### Вартість заготівлі, отриманої методомГКМ

Ступінь складності С3, точність виготовлення поковки – клас Т3, група сталі М2.

Вартість даної заготівлі визначаємо за формулою [2, стор 33]:

$$S_{\text{заг}} = ( , (1.4.2) \frac{C_i}{1000} Q k_T k_C k_B k_M k_{II} ) - (Q - q) \frac{S_{\text{отх}}}{1000}$$

де – базова вартість однієї тонни заготовок, грн.; грн.;  $C_i C_i = 12500$

**Q**- Маса заготівлі, кг;  $Q = 3,6$  кг;

**q**- Маса готової деталі, кг;  $q = 5,9$  кг;

**S<sub>отх</sub>**- Ціна 1т відходів, тобто;  $S_{\text{отх}} = 4000$  грн.

$k_T, k_C, k_B, k_M, k_{II}$ - Коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу та обсягу виробництва заготовок відповідно. [2, стор 36].

Підставляючи вихідні та табличні дані, отримуємо

$$S_{\text{заг}} = (\frac{12500}{1000} 5,9 \cdot 0,9 \cdot 1,18 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) - (5,9 - 3,6) \frac{4000}{1000} = 69.31 \text{ грн.}$$

### Вартість заготівлі, отриманої методомКШП.

Ступінь складності С3, точність виготовлення поковки – клас Т3, група сталі М2.

Вартість даної заготівлі визначаємо за формулою [2, стор 33]:

$$S_{\text{заг}} = ( , (1.4.3) \frac{C_i}{1000} Q k_T k_C k_B k_M k_{II} ) - (Q - q) \frac{S_{\text{отх}}}{1000}$$

де – базова вартість однієї тонни заготовок, грн.; грн.;  $C_i C_i = 13250$

**Q**- Маса заготівлі, кг;  $Q = 3,6$  кг;

**q**- Маса готової деталі, кг;  $q = 5,9$  кг;

**S<sub>отх</sub>**- Ціна 1т відходів, тобто;  $S_{\text{отх}} = 4000$  грн.

$k_T, k_C, k_B, k_M, k_{II}$ - Коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу та обсягу виробництва заготовок відповідно. [2, стор 36].

Підставляючи вихідні та табличні дані, отримуємо

$$S_{\text{заг}} = \left( \frac{13250}{1000} 5,9 \cdot 0,9 \cdot 1,18 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (5,9 - 3,6) \frac{4000}{1000} = 73.65 \text{ грн.}$$

Визначимо одну з найголовніших показників вибору способу виробництва заготовок - коефіцієнт використання матеріалу:

$$\eta_{\text{Mi}} = (1.4.4) \frac{q}{Q_i}$$

де  $q$  - маса готової деталі, кг;  $q = 5,9$  кг;

$Q_i$ - Маса заготівлі, кг;

$$\eta = \frac{3,6}{5,9} = 0,61$$

**Табл.3**

| Найменування показників          | Перший варіант | Другий варіант |
|----------------------------------|----------------|----------------|
| Вид заготівлі                    | ГКМ            | КШП            |
| Клас точності                    | 3              | 3              |
| Група складності                 | 3              | 3              |
| Маса заготівлі, кг               | 3,6            | 3,6            |
| Вартість 1 т заготовки Сі, грн.  | 12500          | 13250          |
| Вартість 1 т. відходів Сорх.,грн | 4000           | 4000           |

**Висновок:** За результатами техніко-економічного дослідження, де порівнювалося – отримання заготовок на горизонтально – кувальній машині (метод 1) та заготовок, отриманих з прокату (метод 2), було визначено, що з економічної

точки зору отримання заготовок другим методом економічніше і значно простіше. Але якщо поглянути на це з іншого боку – при механічній обробці заготівлі, отриманої на КГШП, коефіцієнт використання матеріалу значно вищий, що заощаджує нам велику кількість металу, що йде в стружку при обробці заготівлі з прокату, що може перекрити витрати на штампування заготівлі. Також у порівнянні з прокатом об'ємне штампування має такі переваги: 1. Велика однорідність та точність заготовок;

2. Можливість одержання заготівлі, форма якої більш наближена до форми деталі; 3. Висока якість поверхні; 4. На одному штампі залежно від складності, матеріалу, маси заготівлі та способу штампування можна виготовити від 10 до 25 тисяч поковок, тобто. у нашому випадку можна буде випустити 3 – 4 партії, не змінюючи штамп.

Розглянувши всі переваги і недоліки, я вважаю, що доцільніше буде вибрати заготівлю, отриману методом гарячого об'ємного штампування на ГKM.

## 1.5.Проектування технологічного процесу механічної обробки деталі

### 1.5.1. Розробка маршрутного технологічного процесу

Табл.4

Базовий маршрутний технологічний процес виготовлення важеля.

|     | Найменування операції, переходу                                                                                   | Найменування верстата, модель         | Умовне позначення баз |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| 005 | <b>Вертикально-фрезерна</b><br><i>1. Встановити та закріпити заготовлю</i><br><i>2. Фрезерувати торець, 1</i>     | Вертикально-фрезерний 6550            | 7,4,5                 |
| 010 | <b>Вертикально-фрезерна</b><br><i>1. Перевстановити та закріпити заготовлю</i><br><i>2. Фрезерувати торець, 2</i> | Вертикально-фрезерний 6550            | 7,4,5                 |
| 015 | <b>Торцешліфувальна</b><br><i>1. Встановити та закріпити заготовлю</i><br><i>2. Шліфувати площину.</i>            | Напівавтомат круглошліфувальний 3М150 | 7,4,5                 |
| 020 | <b>Торцешліфувальна</b><br><i>1. Перевстановити та закріпити заготовлю</i><br><i>2. Шліфувати площину.</i>        | Напівавтомат круглошліфувальний 3М150 | 7,4,5                 |

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                     |       |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------|
| <b>025</b> | <b>Вертикально-фрезерна</b><br>1. Встановити та закріпити заготовлю<br>2. Фрезерувати паз, 3<br>3. Фрезерувати торець за контуром, 4,5                                                                                                                                                     | Вертикально-фрезерний 6550                          | 7     |
| <b>030</b> | <b>Плоскошліфувальна</b><br>1. Встановити та закріпити деталь<br>2. Шліфувати паз, 3<br>3. Шліфувати торець 4,5                                                                                                                                                                            | Плоскошліфувальний<br>3П722                         | 7     |
| <b>035</b> | <b>Токарна</b><br>1. Встановити та закріпити деталь<br>2. Розточити отвір, 6<br>3. Розточити східчастий отвір, 7                                                                                                                                                                           | Токарний верстат з ЧПУ 16K20Ф3                      | 4,5   |
| <b>040</b> | <b>Вертикально-свердлильна</b><br>1. Встановити та закріпити заготовлю<br>2. Центрувати отвори 8,9,10<br>3. Свердлити отвори, 9,10<br>4. Зенкерувати отвори, 9, 10<br>5. Розгорнути отвори, 10<br>6. Нарізати внутрішнє різьблення, 10<br>7. Свердлити отвір, 8<br>8. Зенкерувати отвори 8 | Вертикально-свердлильний верстат з ЧПУ<br>2P135Ф2-1 | 7,4,5 |

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                |       |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------|
| <b>045</b> | <p>Вертикально-свердлильна</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перевстановити та закріпити заготовлю</li> <li>2. Центрувати отвори, 11</li> <li>3. Свердлити отвори, 11</li> <li>4. Зенкерувати отвори, 11</li> <li>5. Розгорнути отвори, 11</li> <li>6. Нарізати внутрішнє різьблення, 11</li> </ol> | <p>Вертикально-свердлильний верстат з ЧПУ</p> <p>2P135Ф2-1</p> | 7,4,5 |
| <b>050</b> | <p>Вертикально-свердлильна</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перевстановити та закріпити заготовлю</li> <li>2. Центрувати отвори, 12</li> <li>3. Свердлити отвори, 12</li> <li>4. Зенкерувати отвори, 12</li> <li>5. Розгорнути отвори, 12</li> <li>6. Нарізати внутрішнє різьблення, 12</li> </ol> | <p>Вертикально-свердлильний верстат з ЧПУ</p> <p>2P135Ф2-1</p> | 7     |
| <b>055</b> | <p>Контрольна</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <p>Контрольний стіл</p>                                        |       |

### 1.5.2. Альтернативна розробка маршрутного технологічного процесу

Табл.5

Базовий маршрутний технологічний процес виготовлення важеля.

|     | Найменування операції, переходу                                                                                   | Найменування верстата, модель         | Умовне позначення баз |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| 005 | <b>Вертикально-фрезерна</b><br><i>1. Встановити та закріпити заготовлю</i><br><i>2. Фрезерувати торець, 1</i>     | Вертикально-фрезерний 6550            | 7,4,5                 |
| 010 | <b>Вертикально-фрезерна</b><br><i>1. Перевстановити та закріпити заготовлю</i><br><i>2. Фрезерувати торець, 2</i> | Вертикально-фрезерний 6550            | 7,4,5                 |
| 015 | <b>Торцешліфувальна</b><br><i>1. Встановити та закріпити заготовлю</i><br><i>2. Шліфувати площину.</i>            | Напівавтомат круглошліфувальний 3М150 | 7,4,5                 |
| 020 | <b>Торцешліфувальна</b><br><i>1. Перевстановити та закріпити заготовлю</i><br><i>2. Шліфувати площину.</i>        | Напівавтомат круглошліфувальний 3М150 | 7,4,5                 |



|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                 |     |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----|
| <b>025</b> | <b>Вертикально-фрезерна</b><br>1. Встановити та закріпити заготовлю<br>2. Фрезерувати паз, 3<br>3. Фрезерувати торець за контуром, 4,5                                                                                                                                                                                                      | Вертикально-фрезерний 6550      | 7   |
| <b>030</b> | <b>Плоскошліфувальна</b><br>1. Встановити та закріпити деталь<br>2. Шліфувати паз, 3<br>3. Шліфувати торець 4,5                                                                                                                                                                                                                             | Плоскошліфувальний<br><br>3П722 | 7   |
| <b>035</b> | <b>Токарна з ЧПУ</b><br>1. Встановити та закріпити деталь<br>2. Розточити отвір, 6<br>3. Розточити східчастий отвір, 7<br>4. Центрувати отвори 8,9,10<br>5. Свердлити отвори, 9,10<br>6. Зенкерувати отвори, 9, 10<br>7. Розгорнути отвори, 10<br>8. Нарізати внутрішнє різьблення, 10<br>9. Свердлити отвір, 8<br>10. Зенкерувати отвори 8 | Токарний верстат з ЧПУ 16К20Ф3  | 4,5 |

|            |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                     |     |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----|
| <b>040</b> | <b>Токарна з ЧПУ</b><br>1. Перевстановити та закріпити заготовлю<br>2. Центрувати отвори, 11<br>3. Свердлити отвори, 11<br>4. Зенкерувати отвори, 11<br>5. Розгорнути отвори, 11<br>6. Нарізати внутрішнє різьблення, 11           | Токарний верстат з ЧПУ 16K20Ф3                      | 4,5 |
| <b>045</b> | <b>Вертикально-свердлильна</b><br>1. Перевстановити та закріпити заготовлю<br>2. Центрувати отвори, 12<br>3. Свердлити отвори, 12<br>4. Зенкерувати отвори, 12<br>5. Розгорнути отвори, 12<br>6. Нарізати внутрішнє різьблення, 12 | Вертикально-свердлильний верстат з ЧПУ<br>2P135Ф2-1 | 7   |
| <b>050</b> | <b>Контрольна</b>                                                                                                                                                                                                                  | Контрольний стіл                                    |     |

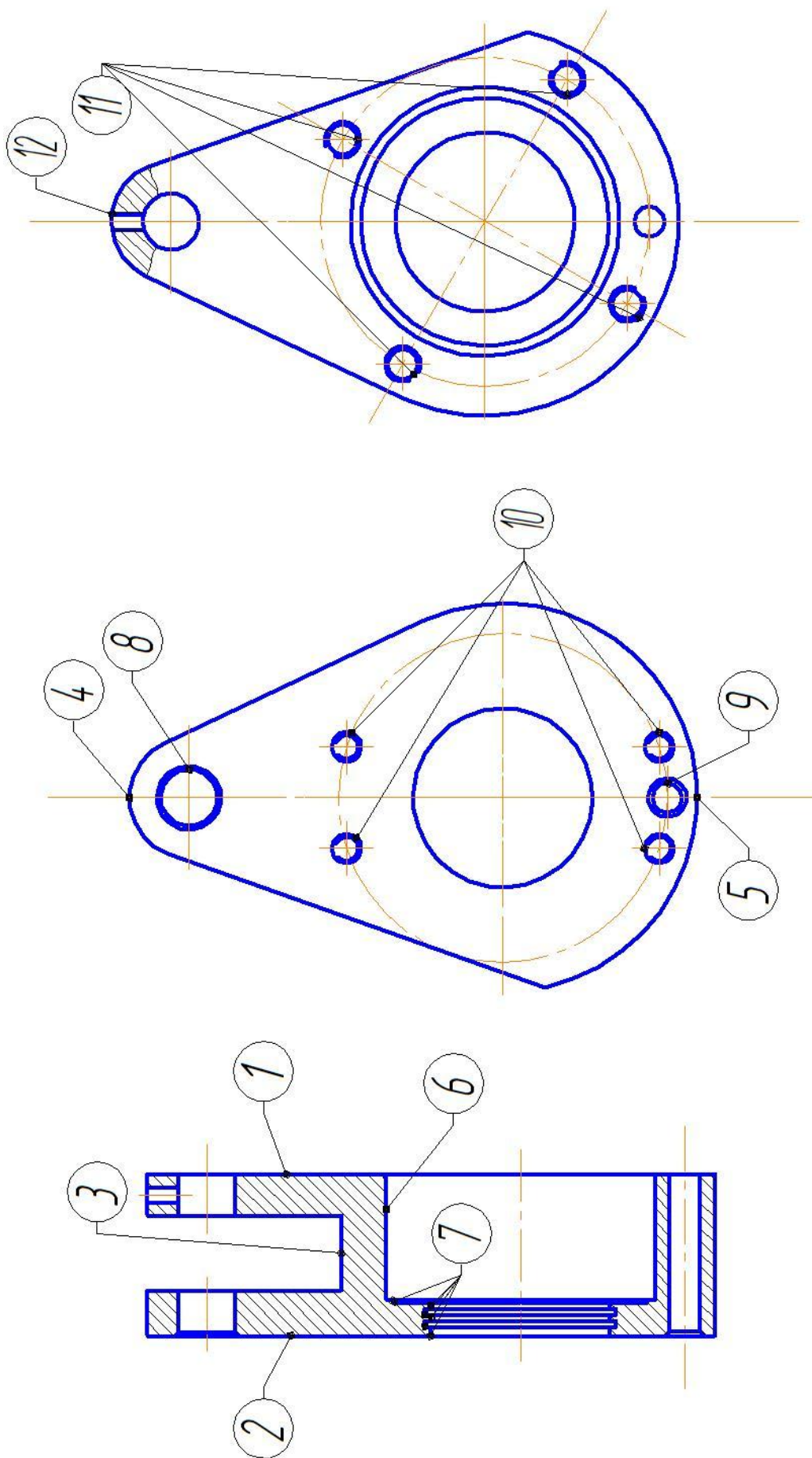


Рис.2

### 1.5.2. Обґрунтування вибору технологічних баз

При виборі чистових баз потрібно скористатися принципом сталості, суміщення та єдності технологічних баз. Необхідно враховувати, що забезпечить точність просторового розташування поверхонь, взаємопов'язаних технічними умовами, складніше, ніж точність оздоблювальних розмірів [6, стор 26].

При поєднанні конструкторської та технологічної баз є можливість рівномірно розподілити припуски на обробку відповідальних поверхонь, обумовлює більш повне використання ріжучого інструменту, високу продуктивність обробки за рахунок застосування оптимальних режимів різання, підвищення точності обробки на фінішних операціях.

Чорнову технологічну базу обирають відповідно до таких правил:

- У комплект чорнових технологічних баз включають поверхні, що залишаються після обробки деталі в чорновому вигляді;
- поверхні, що включаються, з яких при подальшій обробці повинен бути знятий рівномірний припуск, тобто, поверхні оброблені за 7-8 квалітетом;
- забезпечити правильне відносне положення чорнових та чистових поверхонь;
- Отримати рівномірну структуру поверхневого шару в оброблених поверхнях.

Зокрема деталь починаємо обробляти з підготовки чистових технологічних баз, тобто фрезерування торців.

Чистовими базами є центрові отвори. Чорновою базою є необроблена зовнішня поверхня.

### 1.6. Розрахунок припусків на механічну обробку

Розраховуємо припуски на обробку та проміжні розміри на поверхню  $\varnothing 90$   
 $\begin{matrix} +0,037 \\ -0 \end{matrix}$  На інші поверхні, що обробляються, призначити припуски і допуски за табл.

ГОСТ 7505-55. Заготівля-штампування на ГKM, група точності-3, маса заготівлі-3,6 кг.

Технологічний маршрут обробки поверхні  $\varnothing 90^{+0,307}_{-0}$  складається з

фрезерування чорнового та чистового. Розрахунок припусків на обробку поверхні ведемо складанням таблиці, в яку послідовно записуємо технологічний маршрут обробки поверхні та всі значення елементів припуску.

Сумарне значення Rz та T, що характеризує якість поверхні заготовок, становить 150 мкм та 200 мкм відповідно. Далі параметри Rz і T, що досягаються після механічної обробки зовнішніх поверхонь, визначається аналогічно.

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{cm}^2 + \rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2}, \text{ Де (1.6.1.)}$$

$\rho_{cm} = 1.0$  мм- похибка заготівлі зі зміщення;

$\rho_{кор} = \Delta_k * l = 1 * 42 = 0,042$  мм- похибка заготівлі по жолобленню;

$\Delta_k$  —питома кривизна заготівлі на 1 мм довжини, мкм;

$$\rho_{ц} = \sqrt{\left(\frac{\delta_z}{2}\right)^2 + 0,25^2} \quad (1.6.2.)$$

Допуски на поверхні, що використовуються як базові на фрезерній операції, розраховується за формулою:

$$\delta_z = H_{ед} + I_{ш} + K_y, \text{ Де (1.6.3.)}$$

$H_{ед} = 2,0$  мм - елемент допуску з недоштампування;

$I_{ш} = 1,0$  мм - елемент допуску по зносу штампів;

$K_y = 1,0 * 60 = 60$  мкм =  $0,06$  мм - коливання усадки

$$\delta_3 = 2,0 + 1,0 + 0,06 = 3,06 \text{ мм} = 3,0 \text{ мм}$$

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{\left(\frac{3}{2}\right)^2 + 0,04^2} = 1,52 \text{ мм}$$

$$\rho_3 = \sqrt{1,0^2 + 0,26^2 + 1,52^2} = 1,84 \text{ мм}$$

Залишкова величина просторового відхилення:

Після чорнового точення  $\rho_1 = 0,06 \times 1840 = 110 \text{ мкм}$

Після чистового точення  $\rho_2 = 0,04 \times 1840 = 74 \text{ мкм}$

Розрахунок мінімальних значень припусків робимо, користуючись основною формулою:

$$2 \cdot Z_{\min} = (RZ(i-1) + T(i-1) + \Delta \Sigma(i-1)) \cdot 2, (1.6.4.)$$

Мінімальний припуск:

Під чорнове точення:  $2 \cdot Z_{\min 1} = (150 + 250 + 1840) \cdot 2 = 2 \cdot 2240 \text{ мкм}$

Під чистове точення:  $2 \cdot Z_{\min 2} = (50 + 50 + 110) \cdot 2 = 2 \cdot 210 \text{ мкм}$

Графа «Розрахунковий розмір» дорозповнюється, починаючи з кінцевого (креслення), шляхом послідовного додавання розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу:

$$dp1 = 90,037 - 0,420 = 89,61 \text{ мм} (1.6.5.)$$

$$dp2 = 90,46 - 4,480 = 85,98 \text{ мм}$$

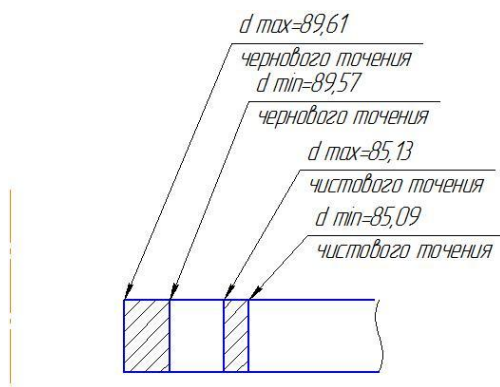
**Табл. 6**

### Припуски

| Технологічні<br>переходи<br>обробки<br>поверхні<br>$\varnothing 90_{+0}^{+0,037}$ | Елементи<br>припуску, мкм | Розрахунковий<br>припуск<br>$2Z_{\min}$ , мкм | Розрахунковий<br>розмір $dp$ ,<br>мм |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------|
|                                                                                   |                           |                                               |                                      |

|                    | RZ  | T   | $\rho$ |        |        |
|--------------------|-----|-----|--------|--------|--------|
| Заготівля          | 150 | 250 | 1840   |        | 85,13  |
| Точіння<br>чорнове | 50  | 50  | 110    | 2*2240 | 85,13  |
| Точіння<br>чистове | 30  | 30  | 74     | 2*210  | 89, 61 |

На підставі даних розрахунку будуємо схему графічного розташування припусків та допусків з обробки поверхні  $\varnothing 90^{(+0.037)}_{(+0)}$ .



**Мал. 3** Схема графічного розташування припусків та допусків на обробку поверхні  $\varnothing 90^{(+0.037)}_{(+0)}$ .

## 1.7. Розрахунок режимів різання

Конструкція деталі припускає обробку площини на прохід. Доступ інструменту до поверхні, що обробляється, вільний. Є площини, розташовані паралельно та перпендикулярно з достатніми розмірами, що дозволяють використовувати їх як базові поверхні. Жорсткість заготівлі достатня.

Конструкція деталі та її параметри дозволяють проводити обробку на вертикально-фрезерному верстаті типу 5650, який може бути прийнятий у нашому

випадку. Установчі та приєднувальні розміри його столу достатні для встановлення та закріплення пристосування з деталлю, а силовий привід та характеристики цілком забезпечує режими різання, точність та якість обробки поверхонь.

### **Фрезерування**

**I.** Визначаємо тип та основні габарити різального інструменту (фрези):

торцева насадна фреза,  $D = 130\text{мм}$ ;  $d=40\text{H7 мм}$ ;  $Z = 16$ ; матеріал – твердий метал – Р6М5. [13, стор.321].

**II.** Визначаємо основні режими різання.[14, стор.73]

1. Розрахунок довжини робочого ходу  $L_{p.x.}$  і середньої ширини фрезерування  $b_{ср}$  мм.

2.

$$L_{p.g.} = L_{рез.} \text{ (1.7.1.)}$$

$$L_{рез.} = 190\text{мм};$$

2. Визначення рекомендованої подачі на зуб фрези за нормативами  $S_{zmm}/\text{зуб}$ .

За таблицями залежно від твердості та глибини різання визначаємо  $S_z = 0,15$  мм/зуб. [С76,3]

Розрахунок подачі на оборот:

$$S_o = S_z \cdot Z_f = 0,15 \cdot 16 = 2,4 \text{ мм / об (1.7.2.)}$$

3. Визначаємо стійкість інструменту за нормативами  $T_{рв}$  хвилины різання.

Залежно від типу фрези та її діаметра вибираємо стійкість інструменту  $T_p = 250$  хв. [14]

4. Розрахунок швидкості різання, числа оборотів шпинделя в хвилину та хвилинної подачі.

Визначення рекомендованих нормативних швидкостей різання:



$$V_{\text{табл.}} = 240 \text{ м/хв.}$$

$$V_{\text{расч.}} = V_{\text{табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3; (1.7.3.)$$

**K1 = 1,0** -коефіцієнт, що залежить від розмірів обробки;

**K2 = 0,9**- Коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу;

**K3 = 0,75**- Коефіцієнт, що залежить від стійкості та матеріалу інструменту.

$$V_{\text{расч.}} = V_{\text{табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 240 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 162 \text{ м / хв}$$

5.Розрахунок чисел оборотів шпинделя, що відповідають рекомендованим швидкостям різання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 162}{3,14 \cdot 130} = 322,45 \text{ об/хв. (1.7.4.)}$$

Призначення числа обертів шпинделя верстата перевіряємо за паспортом.

пп = 315 об/хв.

6.Уточнюємо швидкість різання за прийнятою кількістю оборотів шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = 160,79 \text{ м/хв. (1.7.5.)}$$

III. Величину окружної сили різання при фрезеруванні розраховуємо за такою формулою: [14,стр.78]

$$P_Z = \frac{C_p \cdot t^x \cdot p \cdot S^y \cdot p \cdot B_u \cdot P \cdot Z}{D^q \cdot p \cdot n^w \cdot p} \cdot K_p, (1.7.6.)$$

де Z - число зубів фрези,

n- Число оборотів фрези в хвилину.

X, y, n, q, w-коефіцієнти та показники ступеня у формулі наведені в довіднику.

$$P_Z = \frac{825 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0,19^{0,75} \cdot 70^{1,1} \cdot 16}{130^{1,3} \cdot 315^{0,2}} = 273,48 \text{ Н.}$$

### 1.7.1 Режими різання призначені табличним методом

Таблиця 7

| №   | ОПЕРАЦІЯ                   | N,               | D   | L   | V,         | S,ММ<br>/ПРО | Т,М<br>М | ТО,ХВ |
|-----|----------------------------|------------------|-----|-----|------------|--------------|----------|-------|
|     |                            | про/<br>хв       |     |     | м/хв       |              |          |       |
| 005 | Вертикально-фрезерна       |                  |     |     |            |              |          |       |
|     | 1.Фрезерувати торець       | 315              | 110 | 190 | 160        | 2,4          | 2        | 1,23  |
| 010 | Вертикально-фрезерна       |                  |     |     |            |              |          |       |
|     | 1.Фрезерувати торець       | 315              | 110 | 190 | 160        | 2,4          | 2        | 1,23  |
| №   | Операція                   | N,<br>про/<br>хв | D   | L   | V,<br>м/хв | S,мм/<br>про | t,мм     | То,хв |
| 015 | Торцешліфувальна           |                  |     |     |            |              |          |       |
|     | 1.Шліфувати площину        | 25               | 110 | 190 | 30         | 0,5          | 0,015    | 0,1   |
| 020 | Торцешліфувальна           |                  |     |     |            |              |          |       |
|     | 1.Шліфувати площину        | 25               | 110 | 190 | 30         | 0,5          | 0,015    | 0,1   |
| 025 | Вертикально-фрезерна       |                  |     |     |            |              |          |       |
|     | 1.Фрезерувати паз          | 600              | -   | 20  | 93         | 0,15         | 0,5      | 0,27  |
|     | 2. Фрезерувати за контуром | 600              | 110 | 494 | 105        | 0,15         | 0,5      | 2,7   |

|     |                                  |                  |     |     |            |              |       |       |
|-----|----------------------------------|------------------|-----|-----|------------|--------------|-------|-------|
| 030 | Плоскошліфувальна                |                  |     |     |            |              |       |       |
|     | 1.Шліфувати пази                 | 25               | -   | 20  | 35         | 0,5          | 0,015 | 0,14  |
|     | 2.Шліфувати за контуром          | 25               | 110 | 494 | 35         | 0,5          | 0,015 | 1,96  |
| 035 | Токарна                          |                  |     |     |            |              |       |       |
|     | 1. Розточити отвір               | 900              | 60  | 13  | 113        | 0,08         | 2     | 0,48  |
|     | 2. Розточити ступінчастий отвір  | 900              | 90  | 41  | 124        | 0,08         | 2     | 0,95  |
| 040 | Вертикально-свердлильна          |                  |     |     |            |              |       |       |
|     | 1.Центрувати отвори              | 250              | 10  | 28  | 15         | 0,01         | 0,015 | 0,2   |
|     | 2. Свердлити отвори              | 450              | 10  | 28  | 28,9       | 0,2          | 0,015 | 0,27  |
|     | 3. Зенкерувати отвори            | 450              | 10  | 28  | 26,67      | 0,4          | 0,015 | 0,25  |
|     | 4. Розгорнути отвори             | 650              | 10  | 28  | 22,45      | 0,25         | 0,015 | 0,24  |
|     | 5. Нарізати внутрішнє різьблення | 350              | 10  | 28  | 25,38      | 0,32         | 0,015 | 0,5   |
| №   | Операція                         | N,<br>про/<br>хв | D   | L   | V,<br>м/хв | S,мм/<br>про | t,мм  | To,хв |
| 045 | Вертикально-свердлильна          |                  |     |     |            |              |       |       |
|     | 1.Центрувати отвори              | 250              | 10  | 28  | 15         | 0,01         | 0,015 | 0,2   |
|     | 2. Свердлити отвори              | 450              | 10  | 28  | 28,9       | 0,2          | 0,015 | 0,27  |
|     | 3. Зенкерувати отвори            | 450              | 10  | 28  | 26,67      | 0,4          | 0,015 | 0,25  |
|     | 4. Розгорнути отвори             | 650              | 10  | 28  | 22,45      | 0,25         | 0,015 | 0,24  |
|     | 5. Нарізати внутрішнє різьблення | 350              | 10  | 28  | 25,38      | 0,32         | 0,015 | 0,5   |
| 050 | Вертикально-свердлильна          |                  |     |     |            |              |       |       |

|                       |     |   |    |       |      |       |      |
|-----------------------|-----|---|----|-------|------|-------|------|
| 1.Центрувати отвори   | 250 | 7 | 10 | 15    | 0,01 | 0,015 | 0,1  |
| 2. Свердлити отвори   | 450 | 7 | 10 | 28,9  | 0,2  | 0,015 | 0,13 |
| 3. Зенкерувати отвори | 450 | 7 | 10 | 26,67 | 0,4  | 0,015 | 0,14 |
| 4. Розгорнути отвори  | 650 | 7 | 10 | 22,45 | 0,25 | 0,015 | 0,12 |

## 1.8.Технічне нормування

### 1.8.1. Нормування технологічного процесу

Після визначення змісту операцій, вибору обладнання, інструментів та розрахунку режимів різання норми часу визначаються у такій послідовності.

1. На підставі розрахованих режимів різання роботи обладнання з кожного переходу обчислюється основний (технологічний) час  $T_o$ .

2. За змістом кожного переходу встановлюється необхідний комплекс прийомів допоміжної роботи та визначається допоміжний час  $T_b$  з урахуванням можливих та доцільних суміщень та перекриттів.

3. За нормативами в залежності від операцій та обладнання встановлюється час на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби  $T_{обсл}$  і  $T_{отд}$ .

4. Визначається норма штучного часу  $T_{шт}$ .

5. Для серійного виробництва встановлюється склад підготовчо-заключної роботи, обчислюється підготовчо-заключний час  $T_{п.з.}$  та штучно - калькуляційне  $T_{шт.к.}$

1) Оскільки попереднє визначення типу виробництва показало, що маємо серійне виробництво, то нормою часу буде штучно-калькуляційний час  $T_{шт.к}$  [5,с.205]

$$T_{шт.к.} = \frac{T_{п.з.}}{n} + T_{шт.} \quad (1.8.1.)$$

$$T_{шт.} = T_o + T_{всп.} + T_{т.о.} + T_{перер.} \quad (1.8.2.)$$

Детально розглянемо визначення  $T_o$  для операції 005

$$T_o = \frac{L_{п.х.}^i}{S_z n} \text{ хв} \quad (1.8.3)$$

$$T_o = 0,356 \text{ мин}$$

$$T_{всп.} = 2.12 \text{ мин}; \text{ Вибір допоміжного часу ведемо по [4, стр.84].}$$

$$T_{п.з.} = 15 \text{ мин}; \text{ вибір підготовчо-заключного часу робимо за [4, с.142].}$$

$$T_{т.о.} \text{ и } T_{перер.} \text{ рівні по 4\% від } T_o \text{ пер}$$

$$T_{пер} = T_o + T_v \quad (1.8.4.)$$

$$T_{т.о.} = T_{перер.} = 0.224 \text{ мин}$$

Підставляючи час у формулу, визначимо

$$T_{шт.} = 0.356 + 2.12 + 0.224 + 0.224 = 2.924 \text{ мин}$$

$$T_{шт.к.} = \frac{15}{4500} + 2.924 = 2.927 \text{ хв}$$

Аналогічно розраховуються для інших операцій. Розрахунки заносимо в операційну картку.

2) Допоміжний час  $T_b$  витрачається робітникам на дії, що забезпечують виконання основної роботи. Разом із основним часом воно складає оперативний час.

При розрахунку норми штучного часу враховується лише частина допоміжного часу, що не перекривається машинним часом. При визначенні норми допоміжного часу підсумовують такі його елементи: час встановлення і зняття деталі, час прийоми управління верстатом. Сюди входить час, що витрачається на пуск і зупинку верстата, включення і вимикання подачі, зміна числа обертів шпинделя та ін, час на вимірювання деталей (якщо воно не може бути перекрито машинним).

Вибір допоміжного часу ведемо по [4, стр.84]. Вибраний допоміжний час заносимо в операційну картку.

3) Час обслуговування робочого места  $T_{обсл}$  у серійному виробництві задається у відсотках від оперативного часу (суми допоміжного та основного часу).

4) Час на відпочинок залежить від ваги оброблюваної деталі, відсотка машинного часу, величини оперативного часу, характеру подачі (ручна або механічна) і визначається у відсотках від оперативного часу як у масовому, так і в серійному виробництві.

5) Підготовчий заключний час  $T_{п.з.}$  нормується на партію деталей, і частина його, що припадає на одну деталь, включається до норми штучно-калькуляційного часу (тільки при серійному та одиничному виробництві). До складу попереднього часу входить ознайомлення з роботою, налаштування устаткування виконання даної роботи, налаштування устаткування виконання даної роботи і необхідні режими різання, пробна обробка деталей, отримання, здавання продукції. Підготовчо-заключний час визначається за нормативами в хвилинах і залежить від характеру та обсягу підготовчих робіт. Вибір підготовчо-заключного часу робимо по [4,стр.62,122,142]. Вибраний час заносимо в операційну картку.

За вище викладеною методикою проводимо розрахунок нормованого часу та заносимо до таблиці 1,7.

Табл.8

## Нормування часу.

| №   | Найменування операції   | То     | Тв   | Тп.з | Тпер. | Тотд  | Тшт.  |
|-----|-------------------------|--------|------|------|-------|-------|-------|
| 005 | Вертикально-фрезерна    | 1,2356 | 2,12 | 15   | 0,224 | 0,224 | 2,927 |
| 010 | Вертикально-фрезерна    | 1,2356 | 2,12 | 15   | 0,224 | 0,224 | 2,927 |
| 015 | Торцешліфувальна        | 0,1    | 1,84 | 8    | 0,147 | 0,147 | 2,396 |
| 020 | Торцешліфувальна        | 0,1    | 1,84 | 8    | 0,147 | 0,147 | 2,396 |
| 025 | Вертикально-фрезерна    | 2,97   | 1,84 | 8    | 0,139 | 0,139 | 5,09  |
| 030 | Плоскошліфувальна       | 2,13   | 3,6  | 17   | 0,355 | 0,01  | 8,09  |
| 035 | Токарна                 | 1,43   | 2,35 | 10   | 0,198 | 0,198 | 4,17  |
| №   | Найменування операції   | То     | Тв   | Тп.з | Тпер. | Тотд  | Тшт.  |
| 040 | Вертикально-свердлильна | 6,34   | 2,35 | 10   | 0,199 | 0,199 | 9,09  |
| 045 | Вертикально-свердлильна | 5,84   | 2,35 | 10   | 0,199 | 0,199 | 8,59  |
| 050 | Вертикально-свердлильна | 0,492  | 1,84 | 10   | 0,199 | 0,199 | 2,731 |

## 1.8.2. Визначення кількості обладнання та ступеня його використання

Розрахункова кількість верстатів визначається:

-у серійному виробництві за формулою [2, с.117]

$$M_p = \frac{t_{шт.к.}}{\tau} \text{ шт; (1.8.4.)}$$

$Det_{um.k.}$  - штучно-калькуляційний час за хв. ;

$\tau$  - Такт випуску

На 005 операцію:

$$M_p = \frac{2.92}{34} = 0.08$$

Округлюємо  $M_n = 1$

Ухвалена кількість верстатів ( $M_n$ ) визначиться шляхом округлення їх розрахункової кількості зазвичай, у бік збільшення.

Ступінь зайнятості обладнання кожної з операцій визначається коефіцієнтом навантаження верстата (верстатів) за такою формулою [2,с.117]

$$\eta_z = \frac{M_p}{M_n} \quad (1.8.5.)$$

$$\eta_z = \frac{0.11}{1} = 0.11$$

Коефіцієнт завантаження верстата збільшуємо за рахунок довантаження іншими деталями.

Коефіцієнт використання устаткування здебільшого свідчить про частку машинного часу, загалом, часу роботи верстата. [2, с.117]

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{шк}} \quad (1.8.6.)$$

$$\eta_o = \frac{0.356}{2.927} = 0.13$$

За вище викладеною методикою розрахуємо кількість необхідного устаткування інші операції і заносимо результати таблицю 1.8.



Табл.9

## Використання обладнання за основним часом

| № операції | Найменування операції   | $M_p$ | $M_n$ | $\eta_z$ | $\eta_o$ |
|------------|-------------------------|-------|-------|----------|----------|
| 005        | Вертикально-фрезерна    | 0,292 | 1     | 0,292    | 0,4      |
| 010        | Вертикально-фрезерна    | 0,42  | 1     | 0,42     | 0,59     |
| 015        | Торцешліфувальна        | 0,508 | 1     | 0,508    | 0,66     |
| 020        | Торцешліфувальна        | 0,67  | 1     | 0,67     | 0,74     |
| 025        | Вертикально-фрезерна    | 1,52  | 2     | 0,76     | 0,88     |
| 030        | Плоскошліфувальна       | 0,73  | 1     | 0,73     | 0,76     |
| 035        | Токарна                 | 0,33  | 1     | 0,33     | 0,31     |
| 040        | Вертикально-свердлильна | 0,39  | 1     | 0,39     | 0,30     |
| 045        | Вертикально-свердлильна | 0,478 | 1     | 0,478    | 0,29     |
| 050        | Вертикально-свердлильна | 0,389 | 1     | 0,425    | 0,29     |

## 2. Конструкторська частина

### 2. 1. Економічне обґрунтування доцільності застосування спеціального пристрою

Розрахунок економічної доцільності застосування пристосування ґрунтується на зіставленні витрат та одержуваної економії. Умова ефективного застосування пристрою виражається формулою. [2,с.151]

$$\mathcal{E}_n \geq P \quad (2.1.1.)$$

Де  $\mathcal{E}_n$  - річна економія (без урахування річних витрат на пристосування), грн.

$P$  - річні витрати на пристосування, грн.

Річна економія у свою чергу може бути визначена як:

$$\mathcal{E}_n = (T_{шт} - T_{шт}^n) \cdot \frac{C_{ч.з.} \cdot N}{60} \text{ грн} \quad (2.1.2.)$$

Де  $T_{шт}$  - штучний час при обробці деталі без пристосування або в універсальному пристосуванні, хв.

$T_{шт}^n$  - штучний час на операції після впровадження проектного пристрою, хв.

$C_{ч.з.}$  - годинні витрати з експлуатації робочого місця, коп/год;

N-річна програма, прим.

$$\mathcal{E}_n = (T_{шт} - T_{шт}^n) \cdot \frac{C_{ч.з.} \cdot N}{60} = (5.022 - 2.924) \cdot \frac{65,34 \cdot 3500}{60} = 1028,124 \text{ грн}$$

Розрахунок  $C_{ч.з.}$  проводиться за методикою, викладеною в розділі «Вибір варіанта технологічного маршруту та його техніко-економічне обґрунтування» посібника (2, стор.40).

Річні витрати на пристосування

$$P = S_{пр} (A + B) \text{ грн.} \quad (2.1.3.)$$

Де  $S_{пр}$  - Вартість пристосування (2,табл.63)

A - коефіцієнт амортизації: при окупності два роки 0,5; при окупності три роки 0,33;

B-коефіцієнт, що враховує ремонт та зберігання пристосування; 0,1-0,2

Економічний ефект від застосування пристосування є різницею між річною економією і річними витратами на пристосування.

$$P = S_{\text{ПР}}(A + B) = 80(0.33 + 0.1) = 34.4 \text{ грн} (2.1.4.)$$

$$\Delta_{\text{П}} = \Theta_{\text{П}} - P = 1028.124 - 34.4 = 993.724$$

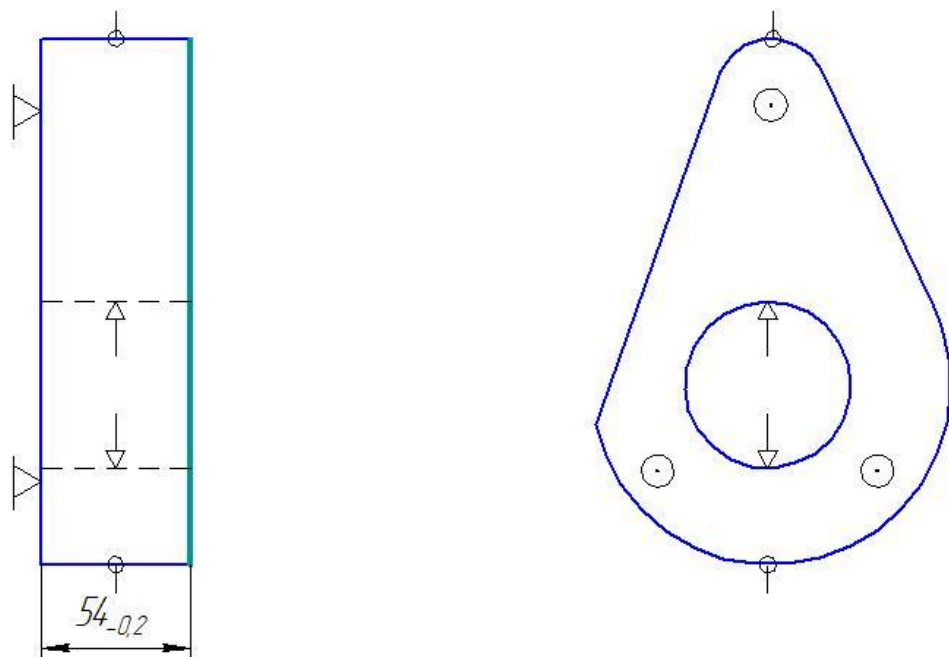
З цього розрахунку бачимо, що застосування спеціального пристосування доцільно з економічної погляду, і з технологічної. Пристрій зручно використовувати для закріплення та зняття деталі, цим ми скорочуємо допоміжний час, збільшуючи продуктивність та підвищуючи завантаження верстата, зменшуючи час його простою.

## **2.2. Розрахунок пристосування**

### **2.2.1. Вибір схеми базування**

Вибір схеми базування здійснюється виходячи з конструкції деталі, схеми та способу обробки поверхні. При цьому поверхні, прийняті в якості технологічних баз повинні мати достатню протяжність і площу і забезпечувати таку схему базування, при якій кількість ступенів свободи, що позбавляються, достатньо для отримання витримуваних на даній операції розмірів, допусків відхилень форм і розташування поверхонь. Разом з цим заготівля повинна займати у пристосуванні належне їй становище під дією власної ваги та повинно забезпечуватись стійке становище її при обробці. [7, стор.22]

Схемою обробки на цьому етапі передбачається вертикально-фрезерна операція (рис.4.)



**Мал. 4.** Схеми базування валу

### **2.2.2.Вибір настановних елементів для реалізації прийнятої схеми базування**

Для реалізації прийнятої схеми базування настановні елементи вибираємо з урахуванням конструкції деталі, форми, розмірів, точності та якісного стану базових поверхонь.

З урахуванням цих показників, як настановні елементи за ГОСТ 12195-66 приймаємо опорні опори. Розміри настановних елементів приймаємо відповідно до розмірів базових поверхонь. Шорсткість їх робочих поверхонь не повинна бути більшою за шорсткість базових поверхонь деталі. [9, стор.363]

Таке розміщення забезпечує найкращу стійкість заготівлі та розподіл опорних реакцій сил різання та закріплення.

### **2.2.3 Силовий розрахунок пристосування**

Силовий розрахунок пристрою виконується з метою забезпечення гарантованої нерухомості оброблюваної заготовки під дією технологічних навантажень.

Силовий розрахунок пристосування включає:

- Аналіз схеми дії сил;
- Розрахунок затискного механізму;
- Розрахунок зусилля закріплення;
- Розрахунок силового приводу.

Основними силовими технологічними факторами, що діють при механічній обробці, є сили різання, тертя ваги та інерції.

Величини сил різання та тертя розраховуються за відомими формулами [14, стр.73-78] теорії різання та обробки. Емпіричні коефіцієнти та показники ступеня визначаються за довідниками [1].

Розрахунок режимів різання на вертикально-фрезерну операцію наведено у розділі - "Розрахунок режимів різання".

1. Розрахуємо силу затиску заготовки у призмі:[8, стор.56]

$$P_z = \frac{K \cdot M}{\frac{f_{з.м} \cdot D}{2} + \frac{f_{о.п} \cdot D}{2 \cdot \sin \alpha / 2}}, (2.2.1.)$$

де  $K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6$  - коефіцієнт запасу;

(Як відомо, умови механічної обробки певною мірою носять випадковий характер, що обумовлює можливі випадкові зміни силових факторів, що залежать від умов обробки. Насамперед це стосується сили різання. Для компенсації можливих випадкових відхилень силових факторів від розрахованих (середніх) значень у силовий розрахунок запроваджується коефіцієнт запасу);

$M$  - крутний момент:

$$M_{кр} = P_z \cdot D / 2 = 273,48 \cdot 0,19 / 2 = 9,57 \text{ Н} \cdot \text{м}; (2.2.2.)$$

$K_0 = 1,5$  - гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1,2$  - враховує стан базових поверхонь;

$K_2 = 1,0 - 1,9$  - враховує затушення інструменту;

$K_3 = 1,0 - 1,2$  - враховує ударне навантаження інструмент;

$K_4 = 1,0 - 1,3$  - враховує стабільність сил, що розвиваються приводом;

$K_5 = 1,0 - 1,2$  - враховує зручність керування затискними механізмами з ручним приводом;

$K_6 = 1,0 - 1,5$  - враховує визначеність розташування опорних точок при усуненні заготівлі моментом сил.

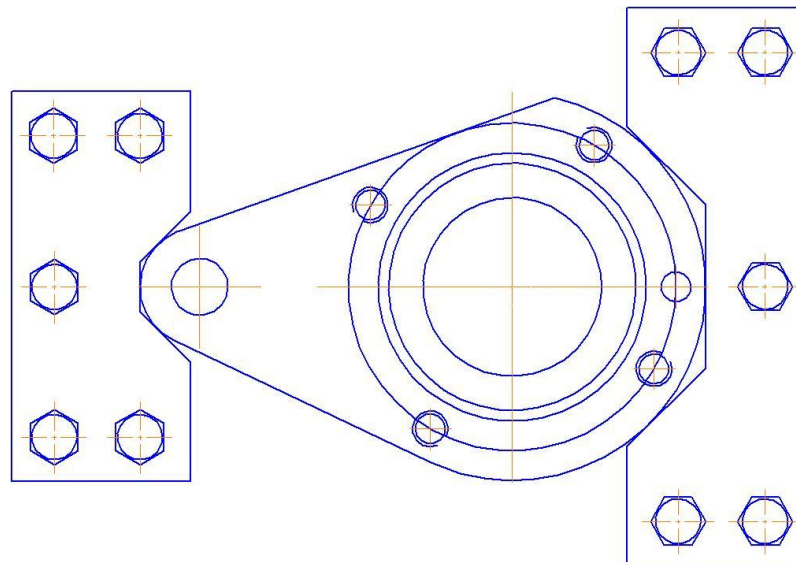
Усі коефіцієнти визначаємо за довідковою літературою[1].

$$K = 1,5 * 1,2 * 1,3 * 1,2 * 1,3 * 1,5 = 5,47$$

При визначенні величини сили тертя прийнято коефіцієнт тертя  $f=0,25$

$$P_3 = \frac{5,47 \cdot 9,57}{\frac{0,25 \cdot 0,07}{2} + \frac{0,25 \cdot 0,19}{2 \cdot \sin 45^\circ}} = 3489 \text{ Н}$$

Напрямок дії та точка докладання зусилля закріплення визначаються виходячи із загальної вимоги: необхідно виключати можливість зміщення або повороту, характерних для небезпечної ситуації, що розглядається. Тобто, сила закріплення безпосередньо або через створювані нею сили тертя та реакції опор має перешкоджати можливому змішанню або провороту заготівлі. При цьому слід прагнути такого вибору напрямку і точки докладання зусилля закріплення, щоб одночасно виключити можливість втрати нерухомого стану заготівлі для всіх небезпечних ситуацій. (див. рис.5)



**Рис.5.** Схеми установки

#### **2.2.4. Вибір затискного механізму для верстатного пристрою.**

##### **Вибір затискного механізму.**

Вибір виду затискного механізму здійснюється з урахуванням прийнятих рішень за принциповою схемою пристосування, вимоги та обмежень за габаритами та компонованням основних елементів пристосування. Затискний механізм реалізує зусилля закріплення шляхом перетворення сили, що розвивається приводом пристосування.

Принципову схему та вид затискного механізму вибираємо відповідно до прийнятої схеми базування та обробки заготовки та з урахуванням величини та місця докладання сили її закріплення. При цьому структура та компоновання механізму мають бути простими. а сам пристрій компактним, невеликих габаритів, зручно в монтажі на столі верстата та в експлуатації; забезпечувати необхідне зусилля закріплення та достатню швидкодію.[15]

До своєї деталі я підбрала затискний механізм важільного типу.

##### **Короткий опис роботи та конструкції даного механізму:**

-Під дією тиску стисненого повітря, що подається в робочий циліндр, поршень зі штоком одночасно розходяться, повертаючи важіль і здійснюючи затискач заготовки.

### **Основні технічні вимоги до розташування настановних елементів:**

-Відхилення від паралельності осей призм щодо поверхні А трохи більше Т1 на довжині l1.

-Відхилення від паралельності осей призм щодо прямої бази пристосування (поверхня Б) трохи більше Т2 на довжині l2.

### **Переваги:**

-Простота конструкції; можна отримати виграш у силі чи переміщенні (у разі у переміщенні); сталості сили закріплення, яке залежить від розмірів заготовлі. Можливість встановлення заготовки у важкодоступних місцях, технологічність, зручність експлуатації та надійність.

### **Недоліки:**

-є несамотормозний механізм; не призначений безпосереднього закріплення нежорстких заготовок.

Визначення величини сили тяги на штоку пневмоциліндра:

$$W = P_3 \cdot \frac{l_1}{l_2} \cdot \eta, [1, \text{стор.91}] \text{ де (2.2.3.)}$$

**L1 та L2** –плечі даного затискного механізму (див. креслення Затискний механізм): L1 = 0,043 м; L2 = 0,088м.

**η** –коефіцієнт корисної дії пневмоциліндра. (η = 0,9)

**P3** -вихідна сила, що прикладається до провідної ланки механізму;

P3 = 3489 Н.

$$W = P_3 \cdot \frac{l_1}{l_2} \cdot \eta = 3489 \cdot \frac{0,043}{0,088} \cdot 0,9 = 449,54 \text{ Н.}$$



## 2.2.5. Розрахунок параметрів приводу

В даному випадку було обрано пневматичний затискний механізм. Як виконавчий механізм у пневматичному приводі використовується циліндри. Основні параметри циліндра – діаметри поршня та штока визначаються з урахуванням конструктивних особливостей циліндра.

Діаметр поршня одноштокового циліндра двосторонньої дії (робочий та зворотний ходи виконуються під дією тиску робочого середовища) визначається виразом: [7, стр.34]

$$d_n = \sqrt{\frac{4W}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}}, \text{ м, де (2.2.4.)}$$

**W** -сила тяги на штоку пневмоциліндра; (Див. вище);

**P**- тиск робочого середовища (рідини, або газу), Н/м<sup>2</sup> (Па);

**η** –коефіцієнт корисної дії пневмоциліндра. (η = 0,9).

$$d_n = \sqrt{\frac{4W}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 449,54}{3.14 \cdot 0.39 \cdot 10^6 \cdot 0.9}} = 0,0403 \text{ м.}$$

Діаметр штока циліндра попередньо можна прийняти рівним:

для пневматичного:

$$d_{ш} = \frac{1}{4} \cdot d_n = 0,25 \cdot 40,3 = 12,075 \text{ м (2.2.5.)}$$

## 2.2.6. Оцінка точності пристосування

Проектований пристрій повинен забезпечувати необхідний рівень точності обробки, що відповідає виконанню наступної умови:

$$\varepsilon \leq [\varepsilon],$$

де  $[\varepsilon]$  - допустима величина похибки пристосування (мкм);

$\varepsilon$  - Справжня величина похибки пристосування (мкм).

Допустима величина похибки залежить від величини допускається геометричний параметр, що отримується при обробці за допомогою даного пристосування, і визначається з урахуванням похибок механічної обробки іншого виду. [7, стор.42].

$$[\varepsilon] = T - K_Y \cdot \omega_S, \quad (2.2.6.)$$

де  $\omega$  - середньоекономічна точність даного виду обробки, визначається за довідником /13/; (Приймаємо  $\omega = 160$ мкм)

$K_Y$  - Коефіцієнт посилення (0,6 - 0,8).

$T$  - Допуск на розмір ( $T = 200$ мкм).

$$[\varepsilon] = T - K_Y \cdot \omega_S = 200 - 160 \cdot 0,6 = 104 \text{мкм.}$$

Справжня похибка пристосування включає три складові

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_o^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_n^2}, \quad (2.2.7.)$$

де  $\varepsilon_o$  - похибка базування (мкм);

$\varepsilon_z$  - похибка закріплення (мкм);

$\varepsilon_n$  - Похибка пристосування (мкм).

Похибка закріплення розраховується за розрахованими величинами зміщень заготовки.

$$\varepsilon_3 = (Y_{\max} - Y_{\min}) \cdot \cos \alpha, (2.2.8.)$$

де  $Y_{\max}$  та  $Y_{\min}$  - найбільше та найменше зміщення заготівлі (мкм);

$\alpha$  - кут між лінією дії сили закріплення напрямом виконуваного розміру.

Переміщення  $Y_{\max}$  та  $Y_{\min}$  визначаються величиною контактної деформації у місцях контакту деталі з опорними елементами та обчислюються за формулою.

$$Y = C_m \cdot Q^n, \text{ де } (2.2.9.)$$

$C_m$  - Коефіцієнт, що характеризує вид контакту. [9, стор.529].

(Приймаємо  $C_m = 0,026$ );

$Q$  – сила затиску заготовки ( $Q = 449,54 \text{ Н}$ );

$n = 0,4 - 0,8$ .

$$Y_{\max} = C_m \cdot Q^n = 0,026 \cdot 61330,5 = 2,036 \text{ мкм};$$

$$Y_{\min} = C_m \cdot Q^n = 0,026 \cdot 61330,4 = 0,85 \text{ мкм}$$

Звідси,

$$E_3 = (Y_{\max} - Y_{\min}) = 1,186 \text{ мкм.}$$

Похибка, що викликається розмірним зносом різального інструменту:

$$E_{u,u} = h_3 \operatorname{tg} \alpha = 0,4 \operatorname{tg} 10^\circ = 71 \text{ мкм.}$$

$h_z = (0,3-0,8)$  – допустиме зношування ріжучого інструменту по задній поверхні; Приймаємо  $h_z = 0,4$ .

$\alpha$  – задній кут інструменту.

Похибка верстата. Приймаємо за довідковими матеріалами [8].

Похибка фрезерного верстата  $E_{ст} = 20 \text{ мкм}$ .

Визначимо величину похибки пристосування.

**Епр**- Похибка, викликана неточністю пристосування.

$$E_{пр} = t \cdot \sqrt{\lambda_1 \cdot E_u^2 + \lambda_2 \cdot E_c^2} + E_{yc}, (2.2.10)$$

де  $t$  - Коефіцієнт, що визначає частку можливого шлюбу;  $t = 3$ ;

$\lambda_1$  та  $\lambda_2$  – коефіцієнти, що залежать від кривої розподілу;

$\lambda_1 = 1/3$ ;  $\lambda_2 = 1/9$ ;

$$E_{yc} = (0 - 15) \text{ мкм}; \ddot{y} = (0 - 10) \text{ мкм}.$$

Визначимо величину зносу, що допускається -  $U$ .

$$U = \beta_1 \cdot N = 0,3 \cdot 6000 = 18000.$$

$\beta_1$  – коефіцієнт, що характеризує форму поверхні опор.

Для призми  $\beta_1 = 0,3 - 0,5$ .

$$E_{пр} = t \cdot \sqrt{\lambda_1 \cdot E_u^2 + \lambda_2 \cdot E_c^2} + E_{yc} = 21,53 \text{ мкм}.$$

Похибка базування виникає при розбіжності технологічної та вимірювальної баз. Похибка закріплення обумовлена неоднорідністю властивостей поверхні

оброблюваної заготовки (основному шорсткості і твердості), а також нестабільністю величини зусилля закріплення.

У цьому випадку похибка базування  $\varepsilon_{\delta} = 0$ , т.к. дотримується сталість баз.

Звідси,

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_n^2} = \sqrt{1.186^2 + 21,5^2} = 21,53 \text{ мкм.}$$

З розрахункових даних знайдемо сумарну похибку:

$$E_{\Sigma} = K \cdot \sqrt{E_y^2 + E_{cm}^2 + E_{u.u}^2} ;$$

$$K = 1 - 1,2.$$

$$E_{\Sigma} = K \cdot \sqrt{E_y^2 + E_{cm}^2 + E_{u.u}^2} = 1 \cdot \sqrt{21,53^2 + 20^2 + 71^2} = 76,84 \text{ мкм.}$$

**У цьому випадку умова  $\varepsilon_{\text{сум}} \leq [\varepsilon] \rightarrow 76,84 < 104$  дотримується і, отже, необхідна точність обробки деталі в пристрої забезпечується.**

### 3. ПРОЕКТУВАННЯ РІЗЧОГО ІНСТРУМЕНТУ

#### 3.1. Призначення комбінованої розточувальної голівки та аналіз умови на її виготовлення.

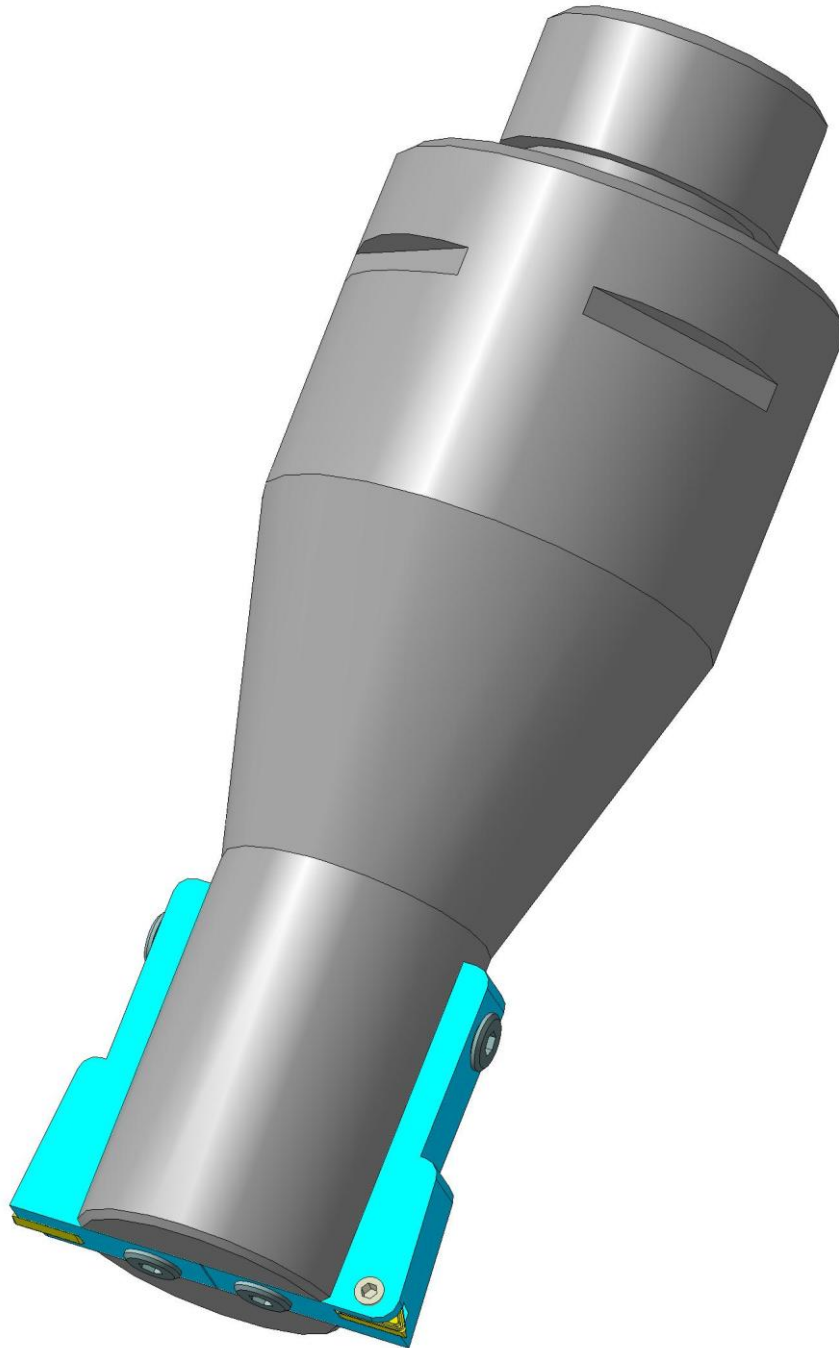


Рис 6

Розточувальні головки призначені для отримання точних отворів різних діаметрів на фрезерних, свердлильних та розточувальних верстатах.

Застосування комбінованих різальних інструментів – один із найважливіших резервів підвищення продуктивності при механічній обробці.

Прототипом є: CoroBore 825 - інструмент для точення та розточування.



**Рис 7**

CoroBore 825 є першим вибором для чистової розточування отворів у діапазоні діаметрів від 23 до 250 мм. Цей інструмент оснащений одним змінним картриджем, конструкція якого максимально надійна та проста у регулюванні. Точність установки картриджа досягає 2 мкм. Точність виточують отвір, за певних умов, відповідає IT6, а шорсткість поверхні Ra дорівнює 3,2 мкм. Чистовий інструмент CoroBore 825 відмінно доповнює чорновий інструмент CoroBore 820 для обробки в однаковому діапазоні діаметрів, що дозволяє рекомендувати їх як найкращий варіант для комплексної розточування.

Переваги даного інструменту:

- Інструмент дозволяє обробити декілька поверхонь за один прохід.
- Даний інструмент я багатофункціональний тому що може поєднувати в собі свердло, різець, розточу головку, фрезу, зенкер, розгортку як окремо так і в різних комбінаціях.
- Інструмент має внутрішній канал СОЖ, який проходить через всі компоненти. Якщо використовується проміжний компонент, то головний канал перекривається в кінцевій точці пробкою.
- Зменшується час обробки деталі.
- Скорочений час налагодження.
- Скорочення часу простою верстата.
- Скорочення часу на перезакріплення інструменту.

Області застосування:

- Комплексні рішення для токарних центрів
- Модульні рішення для багатоцільових верстатів та важких токарних центрів.

Матеріал комбінованої розточувальної головки має наступний хімічний склад та механічні властивості матеріалу.



Табл 10

**Хімічний склад у % матеріалу 40Х**  
**ДЕРЖСТАНДАРТ 4543 - 71**

| <b>C</b>           | <b>Si</b>          | <b>Mn</b>        | <b>Ni</b>     | <b>S</b>        | <b>P</b>        | <b>Cr</b>        | <b>Cu</b>     |
|--------------------|--------------------|------------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------|---------------|
| <b>0.36 – 0.44</b> | <b>0.17 – 0.37</b> | <b>0.5 – 0.8</b> | <b>до 0.3</b> | <b>до 0.035</b> | <b>до 0.035</b> | <b>0.8 – 1.1</b> | <b>до 0.3</b> |

**Температура критичних точок матеріалу 40Х.**

**Ac1 = 743, Ac3 (Acm) = 782, Ar3 (Arcm) = 730, Ar1 = 693**

**Технологічні властивості матеріалу 40Х.**

|                                            |                 |
|--------------------------------------------|-----------------|
| <b>Зварюваність:</b>                       | важкозварювана. |
| <b>Флокеночутливість:</b>                  | чутлива.        |
| <b>Схильність до відпускної крихкості:</b> | схильна.        |

**Механічні властивості при T=20oC матеріалу 40X.**

| <b>Сортамент</b>                     | <b>Розмір</b> | <b>Напр.</b> | <b>σ<sub>B</sub></b> | <b>σ<sub>T</sub></b> | <b>σ<sub>5</sub></b> | <b>σ<sub>к</sub></b> | <b>KCU</b>    | <b>Термообр.</b>                                        |
|--------------------------------------|---------------|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|---------------------------------------------------------|
| <b>-</b>                             | <b>мм</b>     | <b>-</b>     | <b>МПа</b>           | <b>МПа</b>           | <b>%</b>             | <b>%</b>             | <b>кДж/м2</b> | <b>-</b>                                                |
| Труби, ГОСТ 8731-87                  |               |              | <b>657</b>           |                      | <b>9</b>             |                      |               |                                                         |
| Труби холоднодеформір., ГОСТ 8733-74 |               |              | <b>618</b>           |                      | <b>14</b>            |                      |               |                                                         |
| Прутки, ГОСТ 4543-71                 | Ø 25          |              | <b>980</b>           | <b>785</b>           | <b>10</b>            | <b>45</b>            | <b>590</b>    | <b>Загартування 860oC, олія, Відпустка 500oC, вода,</b> |

|                                                    |                           |
|----------------------------------------------------|---------------------------|
| Твердість 40X після відпалу, ГОСТ 4543-71          | <b>HB 10 -1 = 217 МПа</b> |
| Твердість 40X, Труби ГОСТ 8731-87                  | <b>HB 10 -1 = 269 МПа</b> |
| Твердість 40X, Труби холоднодеформір. ГОСТ 8733-74 | <b>HB 10 -1 = 217 МПа</b> |
| Твердість 40X, Прутки гарячекатан. ГОСТ 10702-78   | <b>HB 10 -1 = 179 МПа</b> |

**Фізичні властивості матеріалу 40Х.**

| <b>Е 10-5</b> | <b><math>\alpha</math> 10 6</b> | <b><math>\lambda</math></b>     | <b><math>\rho</math></b>    | <b>С</b>                 | <b>R 10 9</b>       | <b>Е 10-5</b> |
|---------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------|---------------|
| <b>Град</b>   | <b>МПа</b>                      | <b>1/Град</b>                   | <b>Вт/(м·град)</b>          | <b>кг/м3</b>             | <b>Дж/(кг·град)</b> | <b>Ом·м</b>   |
| <b>20</b>     | <b>2.14</b>                     |                                 |                             | <b>7820</b>              |                     | <b>210</b>    |
| <b>100</b>    | <b>2.11</b>                     | <b>11.9</b>                     | <b>46</b>                   | <b>7800</b>              | <b>466</b>          | <b>285</b>    |
| <b>200</b>    | <b>2.06</b>                     | <b>12.5</b>                     | <b>42.7</b>                 | <b>7770</b>              | <b>508</b>          | <b>346</b>    |
| <b>300</b>    | <b>2.03</b>                     | <b>13.2</b>                     | <b>42.3</b>                 | <b>7740</b>              | <b>529</b>          | <b>425</b>    |
| <b>400</b>    | <b>1.85</b>                     | <b>13.8</b>                     | <b>38.5</b>                 | <b>7700</b>              | <b>563</b>          | <b>528</b>    |
| <b>500</b>    | <b>1.76</b>                     | <b>14.1</b>                     | <b>35.6</b>                 | <b>7670</b>              | <b>592</b>          | <b>642</b>    |
| <b>600</b>    | <b>1.64</b>                     | <b>14.4</b>                     | <b>31.9</b>                 | <b>7630</b>              | <b>622</b>          | <b>780</b>    |
| <b>700</b>    | <b>1.43</b>                     | <b>14.6</b>                     | <b>28.8</b>                 | <b>7590</b>              | <b>634</b>          | <b>936</b>    |
| <b>800</b>    | <b>1.32</b>                     |                                 | <b>26</b>                   | <b>7610</b>              | <b>664</b>          | <b>1100</b>   |
| <b>900</b>    |                                 |                                 | <b>26.7</b>                 | <b>7560</b>              |                     | <b>1140</b>   |
| <b>1000</b>   |                                 |                                 | <b>28</b>                   | <b>7510</b>              |                     | <b>1170</b>   |
| <b>1100</b>   |                                 |                                 | <b>28.8</b>                 | <b>7470</b>              |                     | <b>120</b>    |
| <b>1200</b>   |                                 |                                 |                             | <b>7430</b>              |                     | <b>1230</b>   |
| <b>Т</b>      | <b>Е 10-5</b>                   | <b><math>\alpha</math> 10 6</b> | <b><math>\lambda</math></b> | <b><math>\rho</math></b> | <b>С</b>            | <b>R 10 9</b> |

### 3.2. Тверді сплави та їх застосування для зуборізного інструменту.

У процесі різання, тобто пластичного деформування металу, на передній та задній поверхнях ріжучого інструменту виникають значні зусилля та підвищується температура. Основними джерелами тепла в процесі різання є тертя стружки про передню поверхню інструменту і тертя задньої поверхні оброблюваної деталі. В результаті фізичних та хімічних процесів, що відбуваються в зоні різання, різальний інструмент зношується і втрачає свої ріжучі властивості. Щоб інструмент тривалий час зберігав свої ріжучі властивості, він повинен мати високу твердість, міцність, зносостійкість і теплостійкість.

Висока твердість необхідна для впровадження ріжучої кромки інструменту в матеріал, що обробляється, і зрізання стружки. Чим більша твердість інструментального матеріалу, тим вищі його ріжучі властивості. Висока зносостійкість, яка в основному визначається твердістю та міцністю, необхідна для опору дії тертя, що виникає на ріжучих поверхнях зубів інструменту при різанні. Однак з підвищенням твердості зменшується в'язкість і підвищується крихкість матеріалу, що може призвести до сколів та руйнування кромки інструменту при його роботі. Тому, поряд з високою твердістю, інструментальний матеріал повинен мати високу механічну міцність, особливо на вигин і на зминання. Інструментальний матеріал повинен мати також високу теплостійкість, тобто здатність зберігати свої механічні властивості при високій температурі.

Матеріалом, що найбільш відповідає зазначеним вимогам, є твердий металокерамічний сплав, який складається з дрібних зерен карбідів тугоплавких металів: вольфраму, титану і танталу, пов'язаних найчастіше кобальтом, що надає сплавам необхідну міцність і в'язкість. Основною частиною твердих сплавів є карбіди, які надають їм високу твердість, зносостійкість та теплостійкість до температури 1200°.

Вироби із твердих сплавів виготовляються методом порошкової металургії. При виготовленні деталей із твердих сплавів беруться порошкоподібні суміші карбідів, кобальту та зв'язуючої речовини (каучуку), з яких пресуються вироби необхідної форми, після чого проводиться їхнє спікання. Температура спікання твердих сплавів близька до температури плавлення кобальту, але значно нижча за температуру плавлення карбідів. При спіканні кобальт розплавляється і міцно з'єднує карбіди; цьому утворюється твердий розчин карбідів кобальті, що має властивості, необхідні інструментального матеріалу.

Розрізняють три групи твердих сплавів, що застосовуються для виготовлення різальних інструментів:

- 1) вольфрамові ВК, що складаються із зерен карбіду вольфраму (WC), зцементованих кобальтом (Co);
- 2) титановольфрамові ТК, що складаються із зерен карбіду титану (TiC) та карбіду вольфраму (WC), зцементованих кобальтом;
- 3) титанотанталовольфрамові ТТК, що складаються із зерен карбідів титану, танталу (TaC) та вольфраму, зцементованих кобальтом.

### **3.3. Техніко-економічне обґрунтування методу одержання заготівлі компонента комбінованої розточувальної головки**

Вибираємо два варіанти отримання заготовки:

-прокат;

Розраховуємо вартість заготівлі при кожному з вибраних варіантів виготовлення.

Для визначення вартості заготівлі скористаємося формулою:

- Ціна заготовки з прокату:

$$C_n = QS - (Q - q) \frac{S_{omx}}{1000}, \text{ грн},$$

де  $Q$  – маса заготівлі, кг;

$S$  – ціна 1 кг матеріалу, грн.;  
 $q$ -маса готової деталі, кг;  
 $S_{отх}$  - ціна 1 т відходів, грн.

$$C_n = 3,1 \cdot 10 - (3,1 - 2,7) \frac{4000}{1000} = 15 \text{ грн}$$

- Ціна гарячекатаної заготовки:

$$C = \left( \frac{Ci}{1000} \times Q \times K_T \times K_M \times K_C \times K_B \times K_{II} \right) - (Q - q) \frac{S_{отх}}{1000}, \text{ грн}$$

$K_T, K_M, K_C, K_B, K_{II}$  - коефіцієнти, що залежать від класу точності, марки матеріалу, складності, маси заготівлі та обсягу виробництва (визначаються за таблицями).

$K_T = 1,15$ ;  
 $K_M = 1,0$ ;  
 $K_C = 0,87$ ;  
 $K_B = 0,9$ ;  
 $K_{II} = 1,0$ .

$$C = \left( \frac{10000}{1000} \times 3,1 \times 1,15 \times 1 \times 0,87 \times 0,9 \times 1 \right) - (3,1 - 2,7) \frac{4000}{1000} = 26,31 \text{ грн}$$

Коефіцієнт використання металу:

$$\eta = \frac{q}{Q}$$

$$\eta = \frac{2,7}{3,1} = 0,87$$

### 3.4 Обґрунтування послідовності операцій технологічного процесу.

Послідовність операцій технологічного процесу спроектована відповідно до таких рекомендацій:

На перших операціях, кількість яких зазвичай знаходиться в межах від 1 до 3, планують обробку поверхонь, що становлять комплект чистових баз.

Оскільки в заготівлі ще немає оброблених поверхонь, то на цій стадії проектування вибирають комплект чорнових технологічних баз. Потім проектують операції для чорнової обробки деталі, рекомендується передбачати спочатку обробку невідповідальних, а потім відповідальних поверхонь. На наступних операціях планують чистову, а за відсутності термообробки, та обробку обробку відповідальних поверхонь.

Операції з обробки другорядних поверхонь (отворів під болти та різьбових отворів, лисок і т. д.) розподіляють між основними або їх виносять у кінець перед термообробкою. У маршрутному технологічному процесі вказують місце та визначають основний зміст операцій з термічної обробки деталі. Після термічної обробки слідує операції, призначені для обробки відповідальних поверхонь деталі.

У першу чергу обробляються поверхні комплексу чистових технологічних баз. Інші оздоблювальні операції проектують з урахуванням точності обробки елементарних поверхонь. Спочатку проектують обробку поверхонь із меншою точністю; найбільш відповідальну та точну поверхню рекомендується обробляти останньою. Розробку маршрутної технології у зазначеній послідовності проводять для переважної більшості деталей. Однак у деяких випадках недоцільно, інколи ж і неможливо дотримуватися зазначених міркувань.

### 3.5 Розробка маршрутного технологічного процесу

Табл.11

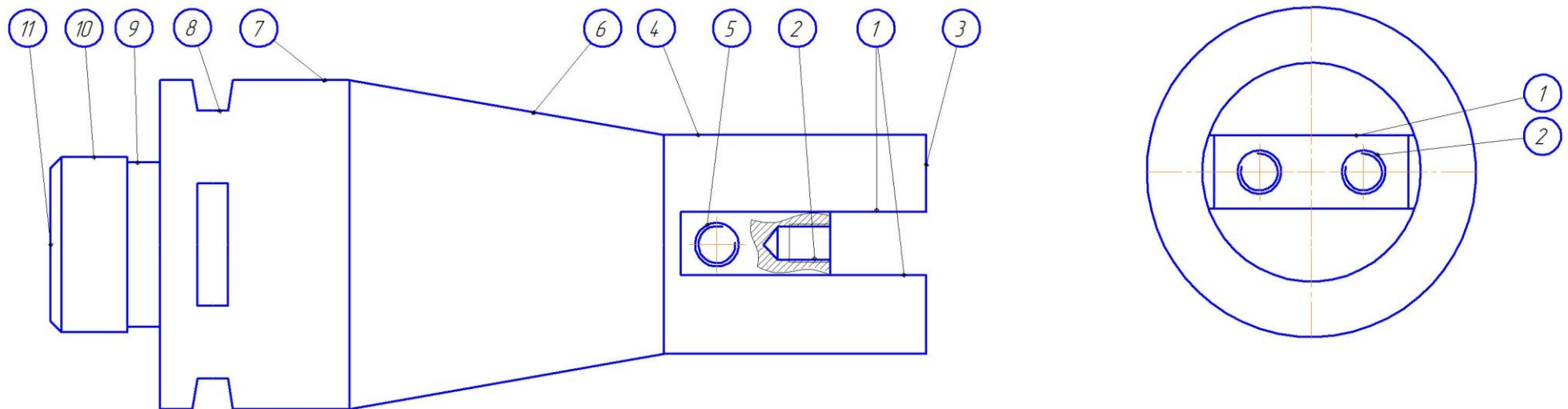
Базовий маршрутний технологічний процес виготовлення корпусу.

|     | Найменування операції, переходу                                                                                                              | Найменування верстата, модель           | Умовне позначення баз |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------|
| 005 | <b>Фрезерно-центрувальна</b><br><i>1. Встановити та закріпити заготовлю</i><br><i>2. Фрезерувати торці 6 та 18, обробити центрові отвори</i> | МР-77                                   | 11,10,3               |
| 010 | <b>Токарна з ЧПУ</b><br><i>1 Встановити та закріпити заготовлю</i><br><i>2. Точити поверхні</i><br><i>11,10,9</i>                            | Токарний верстат з ЧПУ<br>16K20Ф3       | 11,10,3               |
| 015 | <b>Токарна з ЧПУ</b><br><i>1. Встановити та закріпити заготовлю</i><br><i>2. Точити поверхні 7,6,4,3</i>                                     | Токарний верстат з ЧПУ<br>16K20Ф3       | 4,3,11                |
| 020 | <b>Горизонтально-фрезерна</b><br><i>1. Встановити та закріпити заготовлю</i><br><i>2. Фрезерувати пази 8</i>                                 | Горизонтально-фрезерний<br>верстат 6P80 | 9,4                   |



|            |                                                                                                                                 |                                                        |       |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------|
| <b>025</b> | <b>Вертикально-фрезерна</b><br><i>1. Встановити та закріпити заготовлю</i><br><i>2. Фрезерувати паз 1</i>                       | Вертикально-фрезерний<br>верстат 6P12                  | 7     |
| <b>030</b> | <b>Вертикально-свердлильна</b><br><i>1. Встановити та закріпити деталь</i><br><i>2. Свердлити отвори 5,2</i>                    | Вертикально-свердлильний<br>верстат 2H125              | 11,10 |
| <b>035</b> | <b>Вертикально-свердлильна з ЧПУ:</b><br><i>1. Встановити та закріпити деталь</i><br><i>2. Нарізати різьблення МЗ відп. 5,2</i> | Вертикально-свердлильний<br>верстат з ЧПУ<br>2P135Ф2-1 | 11,10 |
| <b>040</b> | <b>Вертикально-фрезерна з ЧПУ:</b><br><i>1. Встановити та закріпити заготовлю</i><br><i>2. Фрезерувати поверхню 10</i>          | Вертикально-фрезерний станок<br>ЧПУ<br>6P13Ф3          | 4,3   |
| <b>045</b> | <b>Термічна</b><br><i>1. Цементувати</i>                                                                                        |                                                        |       |
| <b>050</b> | <b>Круглошліфувальна з ЧПУ</b><br><i>1. Встановити та закріпити заготовлю</i><br><i>2. Шліфувати поверхню 10</i>                | 3M151Ф2                                                | 4,3   |

|            |                                                                                                 |                  |         |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------|
| <b>055</b> | <b>Круглошліфувальна</b><br>1. Встановити та закріпити заготовлю<br>2. Шліфувати поверхню 7,6,4 | 3М150            | 11,10,3 |
| <b>060</b> | <b>Плоскошліфувальна з ЧПУ</b><br>1. Встановити та закріпити заготовлю<br>2. Шліфувати поверхню | 3Е711ВФ3-1       | 11,10   |
| <b>065</b> | Контрольна                                                                                      | Контрольний стіл |         |



**Рис.8**

### 3.6 Обґрунтування вибору технологічних баз.

Для обробки деталі на токарно-револьверному верстаті з ЧПУ, де всі операції пов'язані зі зняттям стружки, заготовка встановлюється лише один раз. Технологічна база всім операцій одна. При призначенні технологічних баз для забезпечення більш точної обробки необхідно поєднувати вимірвальні та технологічні бази, у тому числі використовувати ці поверхні не тільки при обробці, але і при складанні.

При розробці технологічних процесів необхідно прагнути до того, щоб одна і поверхня (по можливості) була використана як база. При цьому поєднується принцип суміщення та сталості баз.

### 3.7 Вибір припусків на механічну обробку

Припуски на механічну обробку розраховані аналітичним методом у програмі «PRIPUSK», а результати внесені до додатків.

### 3.8 Режими різання призначені табличним методом

Таблиця 12

| №   | ОПЕРАЦІЯ              | N,               | D  | L  | V,         | S,MM<br>/ПРО | T,М<br>М | ТО,ХВ |
|-----|-----------------------|------------------|----|----|------------|--------------|----------|-------|
|     |                       | про/<br>хв       |    |    | м/хв       |              |          |       |
| 005 | Фрезерно-центрувальна |                  |    |    |            |              |          |       |
|     | 1.Фрезерувати торці   | 300              | 40 | 25 | 70         | 1,8          | 3        | 1,5   |
|     | 2. Свердлити отвори   | 600              | 4  | 4  | 8          | 0,15         | 4        | 0,23  |
| №   | Операція              | N,<br>про/<br>хв | D  | L  | V,<br>м/хв | S,мм/<br>про | t,мм     | То,хв |

|     |                               |                  |    |    |            |              |      |       |
|-----|-------------------------------|------------------|----|----|------------|--------------|------|-------|
| 010 | Токарна з ЧПУ                 |                  |    |    |            |              |      |       |
|     | 1. Точити поверхню            | 900              | 40 | 25 | 99,84      | 0,08         | 2    | 0,48  |
| 015 | Токарна з ЧПУ                 |                  |    |    |            |              |      |       |
|     | 1. Точити поверхні            | 900              | 65 | 50 | 109,08     | 0,08         | 0,7  | 0,54  |
|     |                               | 900              | 65 | 50 | 98,91      | 0,08         | 2,5  | 0,49  |
|     |                               | 900              | 48 | 80 | 109,08     | 0,08         | 0,5  | 0,43  |
| 020 | Горизонтально-фрезерна        |                  |    |    |            |              |      |       |
|     | 1. Фрезерувати паз            | 600              | 65 | 10 | 123        | 0,15         | 5    | 0,23  |
| 025 | Горизонтально-фрезерна        |                  |    |    |            |              |      |       |
|     | 1. Фрезерувати паз            | 600              | 48 | 45 | 91         | 0,15         | 5    | 0,5   |
| 030 | Вертикально-свердлильна       |                  |    |    |            |              |      |       |
|     | 1. Свердлити отвори           | 600              | 3  | 10 | 7,6        | 0,15         | 1,5  | 0,21  |
| 035 | Вертикально-свердлильна з ЧПУ |                  |    |    |            |              |      |       |
|     | 1. Нарізати різьблення        | 400              | 3  | 10 | 5,2        | 0,15         | 1,5  | 0,19  |
| №   | Операція                      | N,<br>про/<br>хв | D  | L  | V,<br>м/хв | S,мм/<br>про | t,мм | To,хв |

|     |                            |     |    |     |    |      |       |      |
|-----|----------------------------|-----|----|-----|----|------|-------|------|
| 040 | Вертикально-фрезерна з ЧПУ |     |    |     |    |      |       |      |
|     | 1. Фрезерувати             | 600 | 40 | 20  | 93 | 0,15 | 0,5   | 0,27 |
| 050 | Круглошліфувальна з ЧПУ    | 25  | 40 | 20  | 30 | 0,5  | 0,015 | 0,05 |
| 055 | Круглошліфувальна          | 25  | 65 | 180 | 33 | 0,5  | 0,015 | 0,45 |
| 060 | Плоскошліфувальна з ЧПУ    | 25  | 48 | 45  | 31 | 0,5  | 0,015 | 0,24 |

### 3.9 Розрахунок норм часу.

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$t_{ш.к.} = t_o + t_v + t_{м.об.} + t_{від.} \cdot \frac{t_{п.з.}}{n}, \text{ хв}$$

де:

$t_o$  - основний технологічний час;

$t_v$  - допоміжний час;

$t_{м.об.}$  - Час на технічне обслуговування робочого місця;

$t_{від.}$  - Час на відпочинок та фізичні потреби робітника;

$t_{п.з.}$  - підготовчо-заключний час

$n$  – кількість деталей.

За вищевикладеною методикою ведемо розрахунок та отримані дані записуємо в таблицю

Штучний час обробки деталі:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{обс.} + T_n,$$

де  $T_o = \sum T_{oi}$  - основний час на операцію, хв;

$T_v$  = хв. - Допоміжний час;

$T_{обс.}$  = хв. - Час обслуговування робочого місця;

$T_n$  = хв. - Час на особисті потреби.

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n},$$

де  $T_{п.з.}$  - Підготовчо-заключний час на партію, хв;

$n$  - розмір партії деталей, що запускаються у виробництво.

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n}$$

Результати заносимо до таблиці

**Таб.13**

| Тп.з<br>хв | to<br>хв | tуст<br>хв | tпер<br>·<br>хв | tізм.<br>хв | tвсп<br>хв | tвідд.<br>хв | tш.к.<br>хв |
|------------|----------|------------|-----------------|-------------|------------|--------------|-------------|
| 12         | 4,96     | 0,88       | 0,36            | 0,22        | 0,5        | 2,25         | 21,17       |

## **4. Охорона праці**

### **4.1 Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту**

Статтею 212 Трудового кодексу Української Держави (далі – Трудовий кодекс УГ) на роботодавців покладаються обов'язки щодо забезпечення застосування сертифікованих засобів індивідуального та колективного захисту працівників. Обов'язком роботодавця є придбання та видача за рахунок власних коштів сертифікованих спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту, що змивають та знешкоджують коштів відповідно до встановлених норм працівників, зайнятих на роботах зі шкідливими та (або) небезпечними умовами праці, а також на роботах, що виконуються в особливих температурних умовах або пов'язаних з ними.

Обов'язком роботодавця є проведення атестації робочих місць за умовами праці з наступною сертифікацією організації робіт з охорони праці.

У статті 221 Трудового кодексу УГ зазначено, що кошти індивідуального захисту видаються працівникам безоплатно. Також сказано, що роботодавець має право з урахуванням думки виборного органу первинної профспілкової організації чи іншого представницького органу працівників та свого фінансово-економічного становища встановлювати норми безоплатної видачі працівникам засобів індивідуального захисту, які покращують у порівнянні з типовими нормами захист працівників.

Видача спеціального одягу, спеціального взуття, інших засобів індивідуального захисту, їх зберігання, прання, сушіння, ремонт та заміна здійснюються за рахунок коштів роботодавця.

### **4.2 Сертифікація засобів індивідуального захисту.**

Стаття 215 Трудового кодексу УГ встановлено, що засоби індивідуального та колективного захисту працівників, у тому числі іноземного виробництва, повинні відповідати державним нормативним вимогам охорони праці та мати декларацію про відповідність та (або) сертифікат відповідності.

Засоби індивідуального захисту підлягають обов'язковій сертифікації відповідно до таких документів:

- Постановою Уряду Української Держави від 13 серпня 1997 року №1013 «Про затвердження переліку товарів, що підлягають обов'язковій сертифікації, та переліку робіт та послуг, що підлягають обов'язковій сертифікації»;

- Постановою Держстандарту Української Держави від 30 липня 2002 року №64 «Про номенклатуру продукції та послуг (робіт), що підлягають обов'язковій сертифікації, та номенклатурі продукції, відповідність якої може бути підтверджена декларацією про відповідність».

Правила сертифікації засобів індивідуального захисту встановлені Постановою Держстандарту Української Держави від 19 червня 2000 року №34 «Про затвердження та набуття чинності Правил проведення сертифікації засобів індивідуального захисту».

При обов'язковій сертифікації засобів індивідуального захисту визначають їх відповідність вимогам наступних нормативних документів:

ГОСТ чи ГОСТ Р загальних технічних вимог;

ГОСТ чи ГОСТ Р на конкретний вид засобів індивідуального захисту (далі ЗІЗ) за показниками, зазначеними у Правилах.

При добровільній сертифікації встановлюється відповідність ЗІЗ стандартам різних категорій, технічним умовам, рецептурам та іншим документам, які визначаються заявником.

Засоби індивідуального захисту, на які видано сертифікати відповідності та ліцензії на застосування знака відповідності, мають бути промарковані знаком відповідності. Маркування здійснюється виробником або продавцем способами, що забезпечують чітке зображення цього знака, його стійкість до



зовнішніх факторів, що впливають, а також довговічність протягом встановленого терміну служби або придатності продукції. Знак відповідності наноситься на ЗІЗ та (або) супровідну документацію. Знак може наноситися в безпосередній близькості від товарного знака виробника на ті місця ЗІЗ, які схильні до мінімального зносу і де він може бути легко виявлений. Виконання знака відповідності має бути контрастним і натомість поверхні, яку він нанесений. У разі неможливості нанесення знака відповідності безпосередньо на ЗІЗ, слід наносити його на ярлики, етикетки, упаковку, безповоротну тару, а також супровідну документацію. Місце нанесення знака відповідності вказується в ліцензії застосування знака відповідності.

Спецодяг має видаватися відповідно до Постанови №51.

Переліки професій, найменування та норми спецодягу працівникам організацій магістрального трубопровідного транспорту нафти, що видається, встановлені Наказом МОЗ Української Держави від 6 червня 2006 року №458 «Про затвердження типових норм безкоштовної видачі сертифікованих спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам організацій.

Працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту незалежно від форм власності організацій та їх організаційно-правових форм. Якщо у відповідних Типових галузевих нормах не зазначені будь-які професії, то засоби індивідуального захисту цим працівникам видаються відповідно до Типових норм безкоштовної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам наскрізних професій та посад усіх галузей економіки, затвердженими Постановою Мінпраці Російської Федерації від 7 ці професії вказані.

Звертаємо Вашу увагу на пункт 26 Постанови №51, в якій сказано, що роботодавець має своєчасно здійснювати хімчистку, прання, ремонт, дегазацію, дезактивацію, знешкодження та знепилення спеціального одягу, а також ремонт, дегазацію, дезактивацію та знешкодження спеціального взуття та інших засобів індивідуального. З цією метою роботодавець може видавати

працівникам 2 комплекти спеціального одягу, передбаченого Типовими галузевими нормами, з подвоєним терміном носіння.

Норми безкоштовної видачі працівникам засобів, що змивають та знешкоджують, порядок та умови їх видачі затверджено Постановою Мінпраці Української Держави від 4 липня 2003 року №45 (далі – Постанова №45).

До засобів, що змивають і знешкоджують, відповідно до Постанови №45 відносяться мило, захисний крем для рук гідрофільної та гідрофобної дії, очищувальна паста для рук, а також регенеруючий крем для рук, що відновлює. На роботах, пов'язаних із забрудненням, видається мило. На роботах, пов'язаних з забрудненнями, маслами, мастилами, нафтопродуктами, клеями, бітумом, хімічними речовинами дратівливої дії та іншими речовинами, що важко змиваються, видаються захисні, регенеруючі і відновлювальні креми, що очищають пасти для рук.

#### **4.3 Атестація робочих місць за умовами праці**

Відповідно до статті 209 Трудового кодексу УГ атестація робочих місць за умовами праці є оцінкою умов праці на робочих місцях з метою виявлення шкідливих і (або) небезпечних виробничих факторів та здійснення заходів щодо приведення умов праці у відповідність з державними нормативними вимогами охорони праці. Атестація робочих місць за умовами праці проводиться в порядку, встановленому федеральним органом виконавчої влади, що здійснює функції з вироблення державної політики та нормативно-правового регулювання у сфері праці.

Пунктом 6 Правил №51 встановлено, що якщо засоби індивідуального захисту не зазначені у Типових галузевих нормах, вони можуть бути видані працівникам на підставі атестації робочих місць залежно від характеру виконуваних робіт з терміном носіння – до зносу або як чергові та можуть включатися до колективних договорів та угод.

Положення про порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці затверджено Постановою Мінпраці Української Держави від 14 березня 1997 року №12. Відповідно до цього положення атестації за умовами праці підлягають всі робочі місця, що є в організації. При проведенні атестації враховуються гігієнічні критерії оцінки умов праці за показниками шкідливості та небезпеки факторів виробничого середовища, тяжкості та напруженості виробничого процесу, стандарти системи безпеки праці, санітарні правила та норми.

Терміни проведення атестації встановлюються організацією виходячи із змін умов та характеру праці, але не рідше одного разу на 5 років з моменту проведення останніх вимірювань.

В обов'язковому порядку переатестація проводиться у таких випадках:

- Після заміни виробничого обладнання;
- після зміни технологічного процесу;
- Після проведення реконструкції засобів колективного захисту;
- На вимогу органів Державної експертизи умов праці Російської Федерації при виявленні порушень при проведенні атестації робочих місць за умовами праці.

Для організації та проведення атестації видається наказ, відповідно до якого створюється атестаційна комісія, визначаються строки та графік проведення атестації.

Як правило, вимірювання параметрів небезпечних та шкідливих виробничих факторів, а також визначення показників тяжкості та напруженості трудового процесу проводиться лабораторними підрозділами організації. За відсутності таких підрозділів залучаються центри державного санітарно-епідеміологічного нагляду, лабораторії органів Державної експертизи умов праці Української Держави та інші лабораторії, які атестовані на право проведення таких заходів.

При атестації робочих місць проводиться оцінка умов праці, оцінка травмобезпеки обладнання та пристроїв. При цьому враховується

забезпеченість працівників засобами індивідуального та колективного захисту, а також ефективність цих коштів.

Результати роботи атестаційної комісії оформлюються протоколом атестації робочих місць, до якого додаються:

- карти атестації робочих місць за умовами праці;
- відомості робочих місць та результатів їх атестації за умовами праці у підрозділах;
- зведена відомість робочих місць та результатів їх атестації за умовами праці в організації;
- план заходів щодо поліпшення та оздоровлення умов праці в організації, що передбачає, поряд з іншими заходами, та застосування засобів індивідуального захисту.

Документи атестації робочих місць за умовами праці є матеріалами суворой звітності та підлягають зберіганню. У «Переліку Типових управлінських документів, що утворюються в діяльності організації, із зазначенням термінів зберігання», затвердженому Росархівом 6 жовтня 2000 року, у пункті 332 зазначено, що документи про атестацію робочих місць зберігаються протягом 5 років. Відповідальність за проведення атестації несе керівник організації.

Таким чином, провівши атестацію робочих місць, організація має право розробити власні норми забезпечення працівників спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту та ввести їх у дію наказом керівника.

Витрати організації на придбання спецодягу та інших засобів індивідуального захисту після проведення атестації робочих місць та оформлення всіх необхідних документів можуть бути враховані з метою обчислення податку на прибуток відповідно до підпункту 7 пункту 1 статті 264 ПК РФ у складі інших витрат як витрати на забезпечення нормальних умов праці та заходів з техніки безпеки

#### **4.4 Норми видачі спецодягу**

Засоби індивідуального захисту, спецодяг, спеціальний одяг та спецвзуття застосовуються для запобігання чи зменшення впливу на працюючих небезпечних та шкідливих виробничих та кліматичних факторів.

Тому на роботах із шкідливими умовами праці, а також на роботах, що виробляються в особливих температурних умовах або пов'язаних із забрудненням, у забезпеченні безпеки та збереженні працездатності та здоров'я, працівникам видаються безкоштовно за встановленими нормами спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту. Вони можуть створити найбільш сприятливі для організму людини співвідношення з навколишнім середовищем, забезпечити оптимальні умови для трудової діяльності, ефективний захист працюючого, зручність при експлуатації та відповідають вимогам технічної естетики та ергономіки. Адміністрація зобов'язана забезпечувати зберігання, прання, сушіння, дезінфекцію, дегазацію, дезактивацію та ремонт виданих працівникам спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту.

#### **4.5 Техніка електробезпеки під час роботи на верстатах**

##### **До початку роботи на верстатах:**

- перевірити, чи справний верстат, чи справні пусковий пристрій, пристрій для перемикання швидкостей та подач, чи справні огороження та захисні пристрої від стружки, чи справні підйомні пристрої та кріпильні пристрої; чи жорстко і надійно закріплені різці та оброблювана заготівля;

Усі робітники, крім правил техніки безпеки, повинні також знати основні правила електробезпеки та заходи запобігання нещасним випадкам, пов'язаним

з використанням електричної енергії. Небезпека електротравматизму посилюється тим, що електричний струм може бути виявлений безпосередньо органами почуттів людини. Проходження через організм людини струмів величиною 0,1 і вище смертельно.

Найважливішою умовою електробезпеки є категорична заборона робітникам цеху (крім електриків) самостійно проводити ремонт, налагодження, розтин та огляд електричного обладнання, приладів та проводів.

Робочий, який виявив несправності в роботі електроустаткування (наприклад, іскріння та спалахи в електричних приладах, нагрівання струмопровідних частин та апаратури, обвислі та обірвані дроти та ін.), повинен негайно попередити оточуючих та повідомити керівників цеху. Цеховий персонал не повинен мати доступу до струмоведачущих частин та деталей, що знаходяться під напругою.

Для попередження ураження електричним струмом усі верстати та механізми, що працюють від електродвигунів, мають захисне заземлення. При справному заземленні через тіло людини, що доторкнулася до струмоведачущих частин, потече нікчемний струм, що не становить небезпеки. Звідси видно, наскільки велика роль захисного заземлення у забезпеченні електробезпеки обслуговуючого персоналу.

Місцеве освітлення на верстатах повинне живитися від мережі напругою 36 ст.

## **ВИСНОВОК**

При виконанні кваліфікаційної роботи бакалавра за технологією машинобудування було проведено аналіз існуючих способів обробки важеля.

У технологічній частині обґрунтовано метод отримання заготовлі деталі, спроектовано маршрутний технологічний процес її виготовлення та подано економічне обґрунтування вибору технологічного процесу. Далі проведено

розрахунок припусків на механічну обробку аналітичним та табличним методами, а також за допомогою програми Pripusk. Виконано розрахунок режимів різання та технічне нормування операцій механічної обробки.

Також представлений розрахунок пристосування, спроектованого для операції вертикально-свердлильного.

## Список використаної літератури

1. Довідник технолога-машинобудівника. У 2-х т. за ред. А.Г. Косилової та Р.К.Мещерякова -4-е вид., перераб. і дод. - М.- Машинобудування, 1986. 496с., іл.
2. Яковенко І. Е., Пермяков О. А., Фесенко А. В. Технологічні основи машинобудування: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131-Прикладна механіка, 133 -Галузеве машинобудування /І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков, А. В. Фесенко - Харків: НТУ «ХПІ», 2022. - 421с.
3. Основи наукових досліджень. Моделювання процесів обробки металів різанням: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 – Прикладна механіка /І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков, Ю.В. Петраков, О.І. Драчев - Харків: НТУ «ХПІ», 2021. – 145 с.
4. Основи обробки матеріалів різанням та інструмент: Навчальний посібник для підготовки молодших спеціалістів та бакалаврів машинобудівних спеціальностей / Ю. Ф. Лебеденко, С. Є. Сліпченко. Харків: Факт, 2020.-344 с.
5. Ванін В. В. Оформлення конструкторської документації : навч. посіб./ В. В. Ванін, А. В. Бліок, Г. О. Гнітецька. – К. : Каравела, 2018. – 200 с
6. Орловський Б. В. Мехатроніка в галузевому машинобудуванні: навчальний посібник / Б. В. Орловський. – К.: КНУТД. – 2018. – 416 с.
7. Захаркін О.У. Технологічні основи машинобудування (основні способи обробки поверхонь та технологічні обробляючі системи для їх реалізації): навч. посібник / О.У. Захаркін. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 137 с.