

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ  
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМ. С.З. ГЖИЦЬКОГО  
ВІДДІЛ ЗАОЧНОГО НАВЧАННЯ ЦЕНТРУ ПЕРЕПІДГОТОВКИ ТА  
ПІДВИЩЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЇ  
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему **«Розробка технологічного процесу виготовлення  
шліцевого вала з елементами проектування технологічної  
оснастки»**

Виконав: студент групи Маш-51з

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування  
(шифр і назва)

Гасій Василь Богданович  
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Швець Олексій Петрович  
(Прізвище та ініціали)

Львів-Дубляни 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЗАОЧНОЇ  
ТА ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ  
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

Освітній ступінь «Бакалавр»

Спеціальність 133 - Галузеве машинобудування  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри  
Машинобудування  
(назва кафедри)

\_\_\_\_\_  
(підпис)  
професор Віталій ВЛАСОВЕЦЬ  
(прізвище та ініціали)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я**

на кваліфікаційну роботу студенту

\_\_\_\_\_  
Гасію Василю Богдановичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розробка технологічного процесу виготовлення шліцевого вала з елементами проектування технологічної оснастки»

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
к.т.н., доцент Швець Олексій Петрович  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЛНУП від 08 березня 2024 року №172/к-с

2. Строк подання студентом роботи до “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

3. Вихідні дані до работ: довідкова література, характеристики конструкційних матеріалів та типових заготовок, робочі креслення шліцевих валів, каталоги металообробних верстатів, технологічної оснастки та інструменту, методики розробки технологічних процесів, типові технологічні процеси механічної обробки деталей типу «Вал», методики розрахунку режимів різання, інструкції з охорони праці, довідкові дані з нормування праці та методики визначення затрат на виробництво.

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

4.1. Аналіз вихідних даних; 4.2. Технологічна частина; 4.3.Конструктивна частина; 4.4. Охорона праці; 4.5. Економічна частина.

5. Перелік графічного матеріалу:

Графічні матеріали до роботи виконати у вигляді презентації в середовищі PowerPoint обсягом 10-12 листів.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ     | Прізвище, ініціали та посада консультанта         | Підпис, дата   |                  | Відмітка про виконання |
|------------|---------------------------------------------------|----------------|------------------|------------------------|
|            |                                                   | Завдання видав | завдання прийняв |                        |
| 1, 2, 3, 5 | Швець О.П.<br>доц. каф.<br>машинобудування        |                |                  |                        |
| 4          | Городецький І.М.<br>доц. каф. інженерної механіки |                |                  |                        |

7. Дата видачі завдання “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи              | Строк виконання етапів роботи | Відмітка про виконання |
|-------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| 1     | Аналіз вихідних даних            | 26.04.24                      |                        |
| 2     | Технологічна частина             | 28.06.24                      |                        |
| 3     | Конструктивна частина            | 30.08.24                      |                        |
| 4     | Охорона праці                    | 01.11.24                      |                        |
| 5     | Економічна частина               | 31.01.25                      |                        |
| 6     | Оформлення пояснювальної записки | 28.02.25                      |                        |
| 7     | Оформлення графічної частини     | 04.05.25                      |                        |

Студент

\_\_\_\_\_  
( підпис )

Гасій В. Б.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
( підпис )

Швець О.П.  
(прізвище та ініціали)

**Гасій В.Б.** «Розробка технологічного процесу виготовлення шліцевого вала з елементами проектування технологічної оснастки». /Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького, 2025. 56 с.

Проведено аналіз конструкцій шліцевих валів та існуючих технологій їх виготовлення. Проаналізовано можливі технологічні матеріали та обґрунтовано вибір необхідного типу заготовки. Запропоновано технологію виготовлення шліцевого вала з використанням шліцефрезерного напівавтомат ВСН-620 NC22. Розроблено маршрут обробки заготовки, підбрано необхідне технологічне обладнання та визначено параметри його роботи. Описано особливості конструкції та роботи цангового патрона з гідравлічним приводом та розраховано параметри черв'ячної шліцевої фрези. Розглянуто питання охорони праці під час роботи на металообробних верстатах. Визначено показники економічної ефективності запропонованого технологічного процесу.

Табл. 8; рис. 9; бібліогр. джерел 20; дод. 2.

## ЗМІСТ

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП                                                                  | 6  |
| 1 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ                                                | 7  |
| 1.1 Аналіз призначення та матеріалу деталі                             | 7  |
| 1.2 Характеристика матеріалу деталі                                    | 8  |
| 1.3 Аналіз конструкції деталі та її технологічності                    | 8  |
| 1.4 Аналіз існуючих технологій обробки шліців на валах                 | 11 |
| Висновки за розділом                                                   | 14 |
| 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА                                                 | 15 |
| 2.1 Вибір методу отримання та проектування заготовки                   | 15 |
| 2.2 Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі               | 18 |
| 2.3 Вибір засобів технологічного оснащення                             | 22 |
| 2.4 Проектування технологічних операцій                                | 24 |
| Висновки за розділом                                                   | 28 |
| 3 КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА                                                | 29 |
| 3.1 Опис конструкції оснастки                                          | 29 |
| 3.2 Вихідні дані для конструктивних розрахунків                        | 30 |
| 3.3 Розрахунок сил різання під час шліфування                          | 31 |
| 3.4 Розрахунок зусилля затискання                                      | 32 |
| 3.5 Розрахунок затискного механізму та його силового приводу           | 33 |
| 3.6 Визначення параметрів ріжучого інструменту                         | 35 |
| Висновки за розділом                                                   | 38 |
| 4 ОХОРОНА ПРАЦІ                                                        | 39 |
| 4.1 Аналіз вимог з охорони праці під час роботи на фрезерних верстатах | 39 |
| 4.2 Логічне моделювання виникнення небезпечних ситуацій                | 42 |
| Висновки за розділом                                                   | 43 |
| 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА                                                   | 44 |
| Висновки за розділом                                                   | 46 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ                                                      | 47 |
| БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК                                                 | 48 |
| ДОДАТКИ                                                                | 50 |

## ВСТУП

Актуальними питанням розвитку промисловості України є впровадження нових прогресивних технологій та обладнання для в умовах машинобудівного виробництва.

Одним з основних елементів редукторів та коробки зміни швидкостей є вали, по яким відбувається переміщення блоків шестерень. Як правило ці вали виготовляють із шліцевими поверхнями, оскільки вони мають значну несучою здатністю і можуть передавати значні крутні моменти. Їх шліцеві частини забезпечують центрування зубчастих коліс, що необхідно для створення необхідних параметрів зачеплення.

Існує багато методів обробки шліцевих валів. В машинобудуванні для їх виготовлення застосовують такі методи обробки різання, як фрезерування, шліфування, а також такі методи обробки пластичною деформацією, як холодне штампування та холодне прокатування.

Основну обробку шліців виконують на фрезерних або зубофрезерних верстатах відповідно до методу генерації. Цей спосіб має високу продуктивність та точність і підходить для масового виробництва. В якості інструменту використовують спеціальні формувальні фрези для формування міжзубного профілю. Метод фрезерування використовується в основному для чорнової обробки шліцевих валів перед гартуванням. Далі шліци шліфують до необхідних параметрів шорсткості.

У роботі пропонується розробка технологічного процесу виготовлення шліцевого вала, який працює в коробці швидкостей. Основним завданням виготовлення такого валу є забезпечення необхідної якості шліцевих поверхонь. Ці завдання пропонується вирішити за рахунок вибору раціональної технології обробки, підбору високопродуктивного обладнання та інструменту.

## 1. АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ

### 1.1 Аналіз призначення та матеріалу деталі

Шліцеві вали призначені для передачі обертового руху блоку зубчастих коліс коробок швидкостей за допомогою шліцевих поверхонь. При ковзанні блоку шестерень по шліцах відбувається зміна передаточного числа приводу (перемикання передач). 3D-модель деталі «Вал шліцевий», для виготовлення якого буде розроблятися технологічний процес виготовлення показана на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 - 3D-модель деталі «Вал шліцевий»

Робоче креслення деталі представлено в додатку А.

## 1.2 Характеристика матеріалу деталі

Для виготовлення валу обрана сталь 40ХН згідно ДСТУ 7806:2015. В технологічному процесі слід передбачати необхідність загартування деталі. Характеристики матеріалу деталі наведені в таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 40ХН,% [20]

| Хімічний елемент | Вміст, %        |
|------------------|-----------------|
| Кремній (Si)     | 0,17-0,37       |
| Марганець (Mn)   | 0,50-0,80       |
| Мідь (Cu)        | не більше 0,30  |
| Нікель (Ni)      | 1,00-1,40       |
| Сірка (S)        | не більше 0,035 |
| Вуглець (C)      | 0,36-0,44       |
| Фосфор (P)       | не більше 0,035 |
| Хром (Cr)        | 0,45-0,75       |

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 40ХН [20]

| Термообробка,<br>стан постачання | Перетин,<br>мм | $\sigma_{0,2}$ ,<br>МПа | $\sigma_B$ ,<br>МПа | $\psi_5$ ,<br>% | $\delta$ , % | KCU,<br>Дж/м <sup>2</sup> | HB      |
|----------------------------------|----------------|-------------------------|---------------------|-----------------|--------------|---------------------------|---------|
| КП 395                           | <100           | 395                     | 615                 | 17              | 45           | 59                        | 187-229 |

В таблиці 1.1 наведено хімічний склад, а у таблиці 1.2 – основні фізико-механічні властивості якісної сталі 40ХН згідно ДСТУ 7806:2015.

## 1.3. Аналіз конструкції деталі та її технологічності

Для аналізу конструкції деталі використаємо її ескіз (рис. 1.2) з нанесеними на ньому номерами поверхонь та конструктивних елементів та робоче креслення деталі (див. Дод. А).

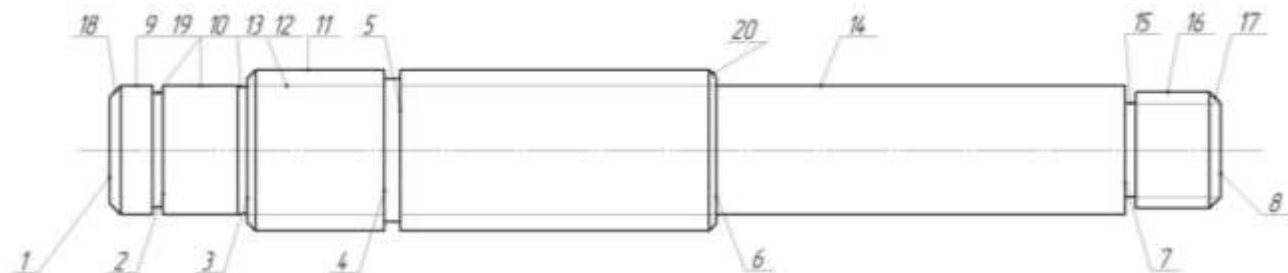


Рисунок 1.2 - Ескіз деталі «Вал шліцевий»

Класифікація поверхонь деталі «Вал шліцевий» представлена у вигляді таблиці 1.3

Таблиця 1.3 - Аналіз технологічних вимог креслення деталі [5, 19]

| №   | вид* | розміри | ІТ | Ra   | HB<br>(HRC)  | технологічна вимога |       |
|-----|------|---------|----|------|--------------|---------------------|-------|
|     |      |         |    |      |              | розташування        | форми |
| 1   | 2    | 3       | 4  | 5    | 6            | 7                   | 8     |
| 1,8 | П    |         | 14 | 12,5 | 40-42<br>HRC |                     |       |
| 2   | П    | Ø 26    | 14 | 12,5 |              |                     |       |
| 3   | П    | Ø 26    | 8  | 12,5 |              |                     |       |
| 4,5 | П    | Ø 23    | 14 | 12,5 |              |                     |       |
| 6   | П    | Ø 26    | 6  | 0,63 |              | 0,004;<br>0,01      | 0,004 |
| 7   | П    | Ø 28    | 6  | 1,25 |              | 0,010,004           |       |
| 9   | Ц    | 2×45°   | 14 | 12,5 |              |                     |       |
| 10  | Ц    | 26×30×6 | 7  | 1,25 |              |                     |       |
|     |      |         | 14 | 1,25 |              |                     |       |
|     |      |         | 9  | 12,5 |              |                     |       |
| 11  | Ф    | Ø 26/4  | 14 | 12,5 |              | // 0,01             |       |
| 12  | Ф    | Ø 26    | 6  | 0,63 |              |                     |       |
| 13  | Ц    | Ø 26    | 12 | 12,5 |              |                     |       |
| 14  | Ц    | M20×1,5 | 8  | 1,25 |              |                     |       |
| 15  | Ц    | 3       | 14 | 12,5 |              |                     |       |
| 16  | Р    | 5       | 6  | 0,63 |              |                     |       |
| 17  | Ф    |         |    |      |              |                     |       |
| 18  | Ф    |         |    |      |              |                     |       |
| 19  | Ф    |         |    |      |              |                     |       |

\* П – пласка; Ц – циліндрична; Ф – фасонна; Р – різьбова.

На робочому кресленні шліцевого вала представлена вся необхідна графічна інформація для чіткого уявлення про його конструкцію. Вказані розміри з кваліфікаціями та допусками. На всі поверхні проставлено шорсткість. Найбільш відповідальні поверхні мають вимоги щодо допустимих відхилень розташування та форми.

Конфігурація валу забезпечує вільний доступ для різального інструменту. Це дозволяє застосовувати стандартний ріжучий та вимірювальний інструмент.

Аналіз технологічності виконується для виявлення можливих шляхів зниження технологічної собівартості виготовлення валу шляхом зміни його конструкції.

Деталь «Вал шліцевий» виготовляється з легованої сталі 40ХН ДСТУ 7806:2015. Заготовкою для нього може слугувати прокат або штамповка (для умов серійного виробництва). Конфігурація загального контуру валу не викликає значних труднощів під час отримання вихідної заготовки та її обробці.

Коефіцієнт оброблюваності матеріалу різанням  $K_{об} = 1$  [2, 16, 18].

Відносно проста конфігурація шліцевого вала та відсутність складних фасонних поверхонь дозволяє під час її обробки використовувати уніфіковані вихідні заготовки.

З урахуванням вимог креслень щодо точності та шорсткості, та з урахуванням службового призначення поверхонь остаточно сформулювати поверхні валу на заготівельному етапі неможливо.

Усі поверхні вала мають вимоги щодо точності розмірів, розташування та форми, а також шорсткості, які відповідають їх службовим функціям.

Кількість поверхонь, їх конфігурація та розміри визначаються конструкцією коробки швидкостей та умовами роботи валу. Точність поверхонь валу визначають за конструкторськими вимогами коробки швидкостей. Для заданих умов роботи точність на кресленні визначається кінематичною точністю, вимогами до вібрацій, шуму.

Підвищення вимог призведе до значного зростання витрат на механічну обробку. Зниження вимог спричинить погіршення конструкторських властивостей вузла. Те саме стосується вимог щодо шорсткості.

Проста форма вала дозволяє використовувати засоби механізації та автоматизації під час встановлення-зняття заготовки, її обробки або транспортування. Інструментальний доступ до місць обробки та доступ для контролю вільний. Є можливість обробки кількох поверхонь вала в одній позиції, чи одному переході [15].

За конструкцією вал можна вважати технологічним.

Технологічність установки та закріплення вала характеризується наявністю різних опорних поверхонь. Це можуть бути шийки вала або центрові отвори. У всіх випадках забезпечується збіг технологічних та вимірювальних баз. Самі бази відрізняються високою точністю та малою шорсткістю. В якості чорнових технологічних баз на першій операції механічної обробки можна використовувати основні конструкторські бази.

Отже, підсумовуючи результати аналізу можна зробити висновок, до деталь «Вал шліцевий» загалом є технологічною.

#### 1.4 Аналіз існуючих технологій обробки шліців на валах

Шліци на поверхнях валів виготовляють способами фрезерування з наступним їх шліфуванням, накатуванням, протягуванням та струганням. В умовах неавтоматизованого серійного виробництва шліци на валах здебільшого нарізують на шліцефрезерних чи зубофрезерних верстатах за допомогою черв'ячної фрези методом обкатування. В залежності від регламентованої точності виготовлення шліців їх можуть нарізати за один або два робочих хода інструменту. Для чорнового фрезерування шліців рекомендується використовувати багатозахідні черв'ячні фрези. Це дозволяє збільшити продуктивність роботи, однак не забезпечує високої точності отриманих поверхонь. Шліци на валах діаметром до 100 мм фрезерують за один прохід, а більших діаметрів - за два проходи [1, 9, 11, 18,19].



Рисунок 1.3 – Нарізання шліців багатозахідними черв'ячними фрезами

Чорнове фрезерування шліців на валах більших діаметрів інколи проводиться спеціальними шліцевими фрезами на горизонтально-фрезерних верстатах, обладнаних поділювальною головкою. Даний процес можуть виконувати за допомогою двох або трьох фрез. Так, шліці можуть отримувати методом копіювання трьома дисковими фрезами (спочатку двома фрезами фрезерують бокові поверхні шліців, а потім третьою фрезою формують внутрішню поверхню шліців). Інший метод передбачає використання двох дискових фасонних фрез [14, 16].



Рисунок 1.4 – Нарізання шліців спеціальними шліцевими фрезами

Чистове фрезерування шліців дисковими фрезами на поверхні вала виконують у випадку відсутності спеціального верстата або інструменту,

оскільки воно не забезпечує необхідної точності за кроком і шириною шліців. В більшості випадків кінцевою операцією їх обробки є шліфування [16].

Для нарізання прямобічних шліців застосовують метод попереднього фрезеруванням фасонними дисковими фрезами із наступним чистовим фрезеруванням їх бокових поверхонь торцевими фрезами, оснащеними пластинами із твердого сплаву.



Рисунок 1.5 – Нарізання шліців фасонними дисковими фрезами

Виготовлення шліців на валах методом стругання виконують за допомогою набору фасонних різців, зібраних в одній головці. Їх кількість і профіль повинні відповідати числу шліців і профілю впадини між ними. Число подвійних ходів головки з різцями визначається заданою глибиною різання за один робочій хід інструменту. За кожний подвійний хід різці в головці сходяться в радіальному напрямку на величину подачі. Цей метод підходить для нарізання як прохідних, так і непрохідних шліців, для яких на поверхні вала має бути передбачена канавка глибиною 6 - 8 мм для виходу різців і швидкого їх відведення від заготовки.

Одним із методів виготовлення шліців на поверхні валів є їх протягування на горизонтально-протяжних верстатах за допомогою спеціальних пристосувань. Для протягування прохідних шліців використовують спеціальну протяжку з ножами, профіль ріжучої частини яких відповідає формі шліца. Кожний шліц протягують окремо користуючись поділювальною головкою [2].

Інший метод протягування полягає у використанні двох протяжок, які складаються із набору різців, зубці яких незалежно рухаються у радіальному

напрямку. Цей метод дозволяє обробляти прохідні і непрохідні шліци одночасно з двох діаметрально протилежних впадин. Для нарізання наступних впадин після кожного ходу протяжки здійснюють поворот вала на визначений кут.

В даний час значного поширення набув спосіб холодного протягування шліців, при якому їх утворюють пластичним деформуванням без зняття стружки. Цей спосіб ще називають накочуванням. Накочування виконують роликами, рейками та багатороликовими профільними головками. Ущільнення шару металу під час накатування дозволяє підвищити міцність шліцевих валів. Подекуди холодне накатування дозволяє позбутися необхідності проведення термічної обробки.

Шліци евольвентного профілю з модулем до 2,5 мм отримують холодним накочуванням двома або трьома роликами. Шліци довжиною 80 ... 100 мм можуть накочувати рейками [5].

Для накочування шліців високої точності заготовки для валів повинні бути попередньо оброблені по зовнішньому діаметру. Діаметр такої заготовки має становити середньо-арифметичне значення між діаметром кола виступів і діаметром кола впадин шліца.

Накатування шліців без попереднього нагріву заготовки також виконують багатороликовими накатними головками. При цьому усі шліци накочуються одночасно, без обертання заготовки.

### Висновки за розділом

Проведений в розділі аналіз конструкції та існуючих технологій виготовлення шліцевих валів показав необхідність забезпечення високої якості та точності отримання шліцевих поверхонь. Вирішити це питання не можливо без детального обґрунтування оптимальної технології обробки заготовки, підбору високопродуктивного обладнання та інструменту, визначення його технологічних та конструктивних параметрів. Тому метою подальшої роботи має стати розробка технологічного процесу виготовлення шліцевого вала з елементами проектування параметрів технологічної оснастки.

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Вибір методу отримання та проектування заготовки

Для виготовлення шліцевого вала порівняємо два типи заготовок: прокат та штамповану.

Вартість штампування заготовки на ДКШП визначається за формулою:

$$S_{\text{заг}} = Q \cdot C_{\text{баз}} / 1000 \cdot k_{\text{м}} \cdot k_{\text{п}} \cdot k_{\text{в}} \cdot k_{\text{т}} \cdot k_{\text{с}} - S_{\text{відх}} \cdot (Q - q), \quad (2.1)$$

де  $C_{\text{баз}}$  - базова вартість 1 т. заготовок, штампованих на пресі, грн;

$Q$  – маса заготовки, кг;

$q$  – маса деталі, кг;

$k_{\text{т}}$  – коефіцієнт, який задається за класом точності заготовки;

$k_{\text{с}}$  – коефіцієнт, який визначається групою складності штампування;

$k_{\text{в}}$  – коефіцієнт, який задається за масою штампування;

$k_{\text{м}}$  – коефіцієнт, який задається за матеріалом штампування;

$k_{\text{п}}$  – коефіцієнт, який задається за обсягом виробництва штамповок;

$S_{\text{відх}}$  - вартість 1 т стружки ( $S_{\text{відх}} = 4000$  грн/т.) [19].

Приблизно масу штамповки визначається за коефіцієнтом використання матеріалу:

$$Q = q / K_{\text{вм}}, \quad (2.2)$$

де  $K_{\text{вм}}$  – коефіцієнт використання матеріалу.

При отриманні заготовки штампуванням приймається рівним 0,8. Тоді маса заготовки буде дорівнювати:

$$Q = 6,3 / 0,8 = 7,9 \text{ кг.}$$

Базова ціна 1т. штамповок приймаємо рівною 102 тис. грн.

Для штампованих заготовок нормальної точності  $k_{\text{т}} = 1$ .

Дана штампована заготовка відноситься до групи складності С1. Коефіцієнт складності штамповки, визначений як відношення об'єму деталі до об'єму найпростішої фігури, описаної навколо неї при складності С1 для легованих сталей становить  $k_{\text{с}} = 0,77$  [19].

Для легованих сталей і  $Q = 6,3$  кг коефіцієнт маси  $k_{\text{в}} = 1,1$ .

Для легованих сталей коефіцієнт марки матеріалу  $k_m = 1,0$ .

Коефіцієнт серійності для розрахунку приймемо  $k_{\pi} = 1$ .

Підставляємо значення коефіцієнтів та вартість у вираз 2.1 та отримуємо:

$$S_{\text{заг}} = (7,9 \cdot 102 / 1000 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1,1 \cdot 1,0) - 4000 / 1000 \cdot (7,9 - 6,3) = 614,07 \text{ грн.}$$

Вартість валу із сортового прокату визначаємо розрахунком:

$$S = M + C_{\text{дод}} + C_{\text{мо}}, \text{ грн} \quad (2.3)$$

де  $M$  - вартість матеріалу заготовки;

$C_{\text{дод}}$  - додаткові технологічні витрати на необхідні переходи по правці і калібрування прутків, їх розрізання на штучні заготовки;

$C_{\text{мо}}$  - додаткові витрати на механічну обробку для зняття припусків для приведення конфігурації заготовки з прокату до форми заготовки штампування.

Витрати на прокат розраховуються за формулою

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot C_{\text{відх}}, \text{ кг} \quad (2.4)$$

де  $S$  - ціна 1 кг сортового прокату гарячекатанного прутка, грн. (для сталі 40ХН  $S = 73$  грн/кг);  $Q$  - маса заготовки із прутка.

$$Q = q \cdot k_c, \text{ кг} \quad (2.5)$$

де  $k_c$  - коефіцієнт форми прутка. Приймається рівним  $k_c = 1,5$  [15].

Тоді

$$Q = 6,3 \cdot 1,5 = 9,5 \text{ кг};$$

$$C_{\text{доп}} = (C_{\text{ток}} \cdot T_{\text{шт}}), \text{ грн.} \quad (2.6)$$

де  $C_{\text{ток}}$  - вартість години токарної обробки, грн.;

$T_{\text{шт}}$  - штучний час зняття припусків, хв.

Спрощено, штучний час визначають з виразу:

$$T_{\text{шт}} = \varphi \cdot T_o, \text{ хв.} \quad (2.7)$$

де  $T_o$  - основний час на зняття припусків, хв.

$$T_o = 0,00017 \cdot d \cdot l = 0,00017 \cdot (48 \cdot 52 + 48 \cdot 190 + 44 \cdot 36) = 2,44 \text{ хв.} \quad (2.8)$$

Тоді

$$T_{\text{шт}} = 1,8 \cdot 2,44 = 4,4 \text{ хв.}$$

Отже

$$C_{\text{доп}} = (180 \cdot 4,4) / 60 = 13,2 \text{ грн.}$$

Враховується вартість розрізання на штучні заготовки

$$C_{\text{відр}} = (C_{\text{пр.відр}} \cdot T_{\text{шт}}) / 60, \text{ хв.} \quad (2.9)$$

Основний час розрізання

$$T_o = 0,19 \cdot 10^{-3} \cdot D^2 = 0,00019 \cdot 62^2 = 0,73 \text{ хв.} \quad (2.10)$$

Штучний час відрізки визначаємо враховуючи коефіцієнт допоміжного часу  $\varphi = 1,8$  [8].

$$T_{\text{шт}} = 1,8 \cdot 0,73 = 1,3 \text{ хв.}$$

Тоді

$$C_{\text{відр}} = (120 \cdot 1,3) / 60 = 2,6 \text{ грн.}$$

Отже, вартість матеріалу заготовки становитиме

$$M = 9,5 \cdot 73 - (9,5 - 6,3) \cdot 4 = 680,7 \text{ грн.}$$

$$S = 680,7 + 13,2 + 2,6 = 696,5 \text{ грн.}$$

За отриманими результатами розрахунку можна зробити висновок, що заготовку для шліцевого валу доцільніше отримувати методом штампування.

Проектування такої заготовки виконаємо за стандартом на штамповані поковки.

Під час проектування заготовки припуски на поверхні 10, 11, 14 приймаємо рівними 2 мм на один бік. Для поверхні 16 - 1,5 мм набік [19].

По довжині всі припуски приймаються також рівними 2 мм.

Визначаємо необхідні розміри заготовки:

$$d_{10,14} = 52_{-0,9}^{+1,8} \text{ мм}; l_1 = 52_{-0,9}^{+1,8} \text{ мм};$$

$$d_{11} = 62_{-0,9}^{+1,8} \text{ мм}; l_2 = 182_{-1,0}^{+2,0} \text{ мм};$$

$$d_{16} = 47_{-0,9}^{+1,8} \text{ мм}; l_3 = 36_{-0,9}^{+1,8} \text{ мм};$$

$$l_4 = 424_{-1,3}^{+2,5} \text{ мм.}$$

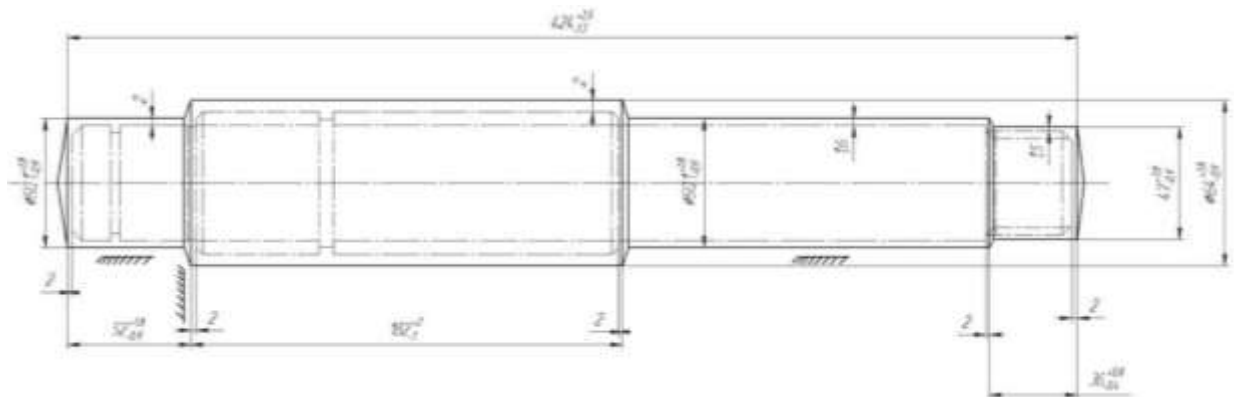


Рисунок 2.1 – Ескіз штампованої заготовки

## 2.2 Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі

Під час розробки технологічного маршруту виготовлення деталі вибирають методи обробки поверхонь та їх послідовність. Для кожної поверхні обраний метод обробки визначаються такими параметрами:

- видом поверхні;
- матеріалом заготовки і його станом;
- типом заготовки, її точністю і станом поверхні;
- необхідною точністю і шорсткістю поверхні деталі;
- типом виробництва.

В результаті кожного переходу економічно доцільним є починаючи з 12 квалітету підвищувати точність не більше, ніж на 2 квалітету (12, 10, 8, 6), а починаючи з 6 квалітету - не більше, ніж на 1 квалітет. Також, при чорновій обробці ( $R_a \geq 3,2$ ) шорсткість зменшувати не більше, ніж в 4 рази, а при чистовій обробки ( $R_a \leq 2,5$ ) - в 2 рази [2, 5, 9, 14].

Технологічні переходи, необхідні для обробки поверхонь деталі зведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Маршрути обробки поверхонь шліцевого валу

| №  | Технологічні переходи                                                      |
|----|----------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 2                                                                          |
| 1  | Ф (IT12, Ra12,5)-ТО                                                        |
| 2  | Тч (IT9, Ra3,2)-ТО                                                         |
| 3  | Т (IT12, Ra12,5) - Тч (IT10, Ra 6,3)-ТО-Ш (IT8, Ra 1,25)                   |
| 4  | Тч (IT9, Ra3,2)-ТО 18                                                      |
| 5  | Тч (IT9, Ra3,2)-ТО                                                         |
| 6  | Т (IT12, Ra12,5) - Тч (IT10, Ra 6,3)-ТО-Ш (IT8, Ra 1,25)                   |
| 7  | Т (IT12, Ra 12,5) - Тч (IT10, Ra 6,3)-ТО                                   |
| 8  | Ф (IT12, Ra 12,5)-ТО                                                       |
| 9  | Т (IT12, Ra 12,5)-Тч (IT9, Ra 3,2)-ТО-Ш (IT7, Ra 1,25) - Шч (IT6, Ra 0,63) |
| 10 | Т (IT12, Ra12,5)-Тч (IT9, Ra 3,2)-ТО-Ш (IT7, Ra 1,25) - Шч (IT6, Ra 0,63)  |

| 1  | 2                                                                         |
|----|---------------------------------------------------------------------------|
| 11 | T (IT12, Ra 12,5)-Tч (IT9, Ra 3,2)-ТО-Ш (IT7, Ra 1,25)                    |
| 12 | Ф (IT12, Ra 12,5)-ТО-Ш (IT8, Ra 1,25)                                     |
| 13 | Tч (IT9, Ra 3,2)-ТО                                                       |
| 14 | T (IT12, Ra 12,5)-Tч (IT9, Ra 3,2)-ТО-Ш (IT7, Ra 1,25) -Шч (IT6, Ra 0,63) |
| 15 | Tч (IT9, Ra 3,2)-ТО                                                       |
| 16 | T (IT12, Ra 12,5)-P-ТО-Pш (IT7, Ra 1,25)                                  |
| 17 | Tч (IT9, Ra 3,2)-ТО                                                       |
| 18 | Tч (IT9, Ra 3,2)- ТО                                                      |
| 19 | Tч(IT9, Ra 3,2)- ТО                                                       |
| 20 | Tч (IT9, Ra 3,2)- ТО                                                      |
| 21 | Ф (IT12, Ra 12,5)-ТО                                                      |
| 22 | C (IT9, Ra 2,5)-ТО-Шч (IT6, Ra 0,63)                                      |
| 23 | C (IT9, Ra 2,5)-ТО-Шч (IT6, Ra 0,63)                                      |

В таблиці переходів наведені наступні позначення [19]:

T – точіння чорнове;

Tч – точіння чистове;

ТО – термообробка;

Ф – фрезерування (плоске для торців, фасонне для шліців);

Ш – шліфування чорнове;

Шч – шліфування чистове;

P – різьбонарізання;

Pш – різьбошліфування;

C – свердління.

Відповідно до принципів проектування технологічних маршрутів складемо перелік операцій, де вкажемо переходи, які виконуються в кожній з них (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Маршрут обробки поверхонь

| №   | Найменування операції      | Обладнання                                          | Зміст                                                                                                                              | ІТ | Ra   |
|-----|----------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------|
| 1   | 2                          | 3                                                   | 4                                                                                                                                  | 5  | 6    |
| 000 | Заготівельна (штампування) | ГКШП                                                |                                                                                                                                    | 15 | 40   |
| 005 | Фрезерно-центрувальна      | фрезерно-центрувальний напівавтомат MP73            | Фрезерувати торці 1, 8                                                                                                             | 12 | 12,5 |
|     |                            |                                                     | Свердлити центрові отвори 22, 23                                                                                                   | 9  | 2,5  |
| 010 | Токарна                    | Токарно-фрезерний центр Mazak Integrex E- 410H-S II | Установи А:<br>точити 11, 14, 16<br>підрізати 6, 7                                                                                 | 12 | 12,5 |
|     |                            |                                                     | Установ Б:<br>точити 3 підрізати 10                                                                                                |    |      |
|     |                            |                                                     | Установи В:<br>точити 11, 14, 16<br>підрізати 6, 7<br>точити фаски 17, 20<br>нарізати різьблення 16<br>точити канавки 4, 5, 23, 24 | 9  | 3,2  |
|     |                            |                                                     | Установ Г:<br>точити 9, 10<br>точити фаски 18<br>точити канавки 2, 19                                                              |    |      |
| 015 | Щліцефрезерна              | Щліцефрезерний напівавтомат BSH-620 NC22            | Фрезерувати 12, 21                                                                                                                 | 8  | 3,2  |
| 020 | Термічна                   | Піч муфельна                                        | Гартування до 40...42 HRC                                                                                                          |    |      |

| 1   | 2                       | 3                                            | 4                                                                                          | 5 | 6    |
|-----|-------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---|------|
| 025 | Центро-шліфувальна      | Центро-шліфувальний верстат Technica ZSM 810 | Шліфувати центри 22, 23                                                                    | 6 | 0,63 |
| 030 | Шліце-шліфувальна       | Шліце-шліфувальний верстат 3П451             | Шліфувати поверхню 21                                                                      | 7 | 1,25 |
| 035 | Торцекругло-шліфувальна | Торцекругло-шліфувальний верстат 3Т153Е      | Установи А:<br>Шліфувати поверхні 11, 14 і 6<br>Установ Б:<br>Шліфувати поверхні 9,10 та 3 | 8 | 1,25 |
| 040 | Торцекругло-шліфувальна | Торцекругло-шліфувальний верстат 3Т153Е      | Установи А:<br>Шліфувати поверхні 6, 14<br>Установ Б:<br>Шліфувати поверхні 3, 9, 10       | 6 | 0,63 |
| 045 | Різьбо-шліфувальна      | Різьбо-шліфувальний верстат 2К822В           | Шліфувати різблення 16                                                                     | 4 | 2,5  |
| 050 | Мийна                   | Мийна машина                                 | Мити всі поверхні                                                                          |   |      |
| 055 | Контрольна              | Контрольний стенд                            | Комплексний контроль параметрів                                                            |   |      |

Під час розробки маршруту механічної обробки керувалися вимогами ЕСТД, галузевими нормативно-технічними документами, стандартами на терміни та визначення і класифікаторами техніко-економічної інформації.

### 2.3. Вибір засобів технологічного оснащення

Засоби технологічного обладнання вибираємо відповідно до рекомендацій [1, 2, 5, 15, 18, 19]. При цьому враховуємо тип виробництва та розроблений технологічний маршрут. Результати вибору заносимо до табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Перелік засобів технологічного оснащення

| № та назва операції          | Обладнання                                           | Оснастка                                                                                 | Ріжучий інструмент                                                                                | Контрольні засоби                                                                                                |
|------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                            | 2                                                    | 3                                                                                        | 4                                                                                                 | 5                                                                                                                |
| 000<br>Заготівельна          | Кривошипно-штампвальний прес                         |                                                                                          |                                                                                                   |                                                                                                                  |
| 005<br>Фрезерно-центрувальна | Фрезерно-центрувальний напівавтомат МР179Ф4          | Лещата верстатні самоцентровані 7200-0253                                                | Торцева насадна збірна фреза Т15К6 D=80; z=6<br>Свердло центрувальне комбіноване типу А 2317-0108 | Штангенциркуль ШЦ-III з діапазоном 0-400 мм                                                                      |
| 010 Токарна чорнова          | Токарно-фрезерний центр Mazak Integrex E- 410 H-S II | Трикулачковий самоцентруючий патрон ПЗКП-315Ф8.95<br>Центр обертовий посилений 7032-4114 | Токарний контурний Різець Т5К10 25x25x150.<br>Токарний контурний різець Т15К6 25x25x150           | Штангенциркуль ШЦ-III з діапазоном 0-400 мм<br>Мікрометр важільний МР 0-25 мм<br>Мікрометр важільний МР 25-50 мм |

| 1                                    | 2                                                      | 3                                                                 | 4                                                  | 5                                                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|                                      |                                                        |                                                                   | Токарний<br>різьбовий<br>різець<br>20x20x120       |                                                        |
| 015 Щіце-<br>фрезерна                | Шліцефрезерний<br>напівавтомат<br>BCH-620<br>NC22      | Цанговий<br>патрон<br>Центр<br>7032-0020                          | Фреза шліцева<br>P6M5K5<br>D80                     | Шаблон                                                 |
| 020<br>Термічна                      | Піч муфельна                                           |                                                                   |                                                    |                                                        |
| 025 Центро-<br>шліфувальна           | Центро-<br>шліфовальний<br>верстат Technica<br>ZSM 810 | Лещата<br>верстатні<br>7200-0253                                  | Шліфувальний<br>круг EW10x25<br>24AF100 O6V        | Шаблон                                                 |
| 030 Шліце-<br>шліфувальна            | Шліцешліфу-<br>вальний верстат<br>3П451                | Патрон<br>повідковий<br>7108-0053                                 | Шліфувальний<br>круг<br>3 350x80x120<br>24A F40M5V | Комплексні<br>калібри<br>скоби                         |
| 035 Торце-<br>кругло-<br>шліфувальна | Торцекругло-<br>шліфувальний<br>верстат<br>3Т153Е      | Хомутик<br>7107-0041                                              |                                                    | Мікрометри<br>важільні<br>MP 0-25 мм<br>MP 25-50<br>мм |
| 040 Торце-<br>кругло-<br>шліфувальна |                                                        | Центр<br>упорний<br>7032-0020                                     |                                                    |                                                        |
| 045 Різьбо-<br>шліфувальна           | Різьбошлі-<br>фовальний<br>верстат<br>2K822B           | Патрон<br>7108-0053<br>Хомутик<br>7107-0041<br>Центр<br>7032-0020 | Шліфувальний<br>круг<br>1 350x80x120<br>24A F80P6V | Різьбовий<br>калібр                                    |

| 1                 | 2                   | 3 | 4 | 5                                              |
|-------------------|---------------------|---|---|------------------------------------------------|
| 050 Мийна         | Мийна<br>машина     |   |   |                                                |
| 055<br>Контрольна | Контрольний<br>стіл |   |   | Усі вище<br>перераховані<br>Засоби<br>контролю |

Технічні характеристики обраного обладнання вибираються за інструкціями з їх використання та будуть враховані під час розрахунку технологічних параметрів процесу механічної обробки деталі.

## 2.4 Проектування технологічних операцій

Для прикладу виконаємо проектування та визначення технологічних параметрів процесу обробки різанням для операції фрезерування шліцевої поверхні.

На першому етапі роботи виконуємо розрахунок режиму різання на шліцефрезерний перехід під час обробки поверхонь 13 та 21 шліцевого вала.

Задамо глибину різання для чорнового фрезерування на повну глибину западини  $t = 3$  мм, оскільки подальша обробка буде проводитися тільки для вершин та бічних сторін шліців.

Швидкість різання розраховуємо як для процесу звичайного фрезерування:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v, \quad (2.13)$$

де:  $C_v = 68,5$  – коефіцієнт;

$D = 90$  мм – діаметр фрези;

$q = 0,25$ ;  $m = 0,8$ ;  $x = 0,3$ ;  $y = 0,2$ ;  $u = 0,1$ ;  $p = 0,1$  – показник ступеня [10];

$T = 90$  хв – стійкість фрези;

$S_z = 0,1$  мм/хв – подача на зуб;

$B = 17$  мм – ширина фрезерування;

$z = 12$  – число зубів фрези [7].

Загальний поправочний коефіцієнт становитиме:

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

де  $K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B}\right) = \left(\frac{750}{685}\right) = 1,07$  – коефіцієнт, який враховує межу міцності матеріалу заготовки;

$K_{nv} = 0,8$  – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки (після обробки);

$K_{uv} = 1$  – коефіцієнт, який враховує матеріал інструменту [10].

$$K_v = 1,07 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,963.$$

Тоді швидкість різання дорівнюватиме:

$$V = \frac{68,5 \cdot 90^{0,25}}{90^{0,2} \cdot 3^{0,1} \cdot 0,1^{0,4} \cdot 17^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,963 = 107,6 \text{ м/хв.}$$

Знайдемо частоту обертання фрези:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 107,6}{3,14 \cdot 90} = 380 \text{ об/хв.}$$

Обраний верстат має безступінчасте регулювання. Тому для подальших розрахунків приймаємо оберти фрези рівними  $n_\phi = 380$  об/хв [4].

Розрахуємо силу різання під час фрезерування:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{Mp}, \text{ Н} \quad (2.14)$$

де:  $C_p = 68,2$ ;  $x = 0,86$ ;  $y = 0,72$ ;  $u = 1$ ;  $q = 0,86$ ;  $w = 0$  – показники ступеня та коефіцієнти;

$n = 380$  об/хв – частота обертання фрези.

Поправочний коефіцієнт, який враховує вплив межі міцності матеріалу заготовки на силу різання становитиме:

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right) = \left(\frac{685}{750}\right) = 0,91$$

Тоді сила різання дорівнюватиме:

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,86 \cdot 0,1^{0,72} \cdot 17^{1,14}}{90^{0,86} \cdot 380^0} \cdot 0,91 = 1520 \text{ Н}$$

Визначаємо ефективну потужність різання, кВт

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1520 \cdot 107,6}{1020 \cdot 60} = 2,67 \text{ кВт} \quad (2.14)$$

Порівнюємо розрахункову потужність із потужністю верстата:

$$N_e = 2,67 \text{ кВт} < N_v = 5 \text{ кВт}.$$

З умови бачимо, що вибраний верстат підходить для виконання заданого переходу.

Далі розраховуємо норму штучного часу на шліцефрезерну операцію. Для цього визначимо штучно-калькуляційний час  $T_{ш-к}$ :

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт}, \quad (2.15)$$

де  $T_{шт}$  – штучний час, хв;

$T_{п-з}$  – підготовчо-заключний час, хв;

$n = 23$  – кількість деталей у партії запуску, шт.

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{об.в}, \quad (2.16)$$

де  $T_o$  – основний час обробки, хв;

$T_d$  – допоміжний час на встановлення зняття заготовки, контроль та інші дії з керування верстатом, хв;

$T_{об}$  – час на організаційне та технічне обслуговування робочого місця, хв;

$T_{об.в}$  – час на перерву, год.

Підготовчо-заключний час на ознайомлення з кресленням та підготовку робочого місця, а також прибирання верстата приймаємо рівним  $T_{п-з} = 43$  хв [8].

Основний час визначимо за формулою:

$$T_o = \frac{L_{px} \cdot i}{S_z \cdot z \cdot n} = \frac{191 \cdot 2}{0,1 \cdot 12 \cdot 380} = 0,48 \text{ хв} \quad (2.17)$$

Допоміжний час становитиме:

$$T_d = T_{вз} + T_{зв} + T_{уп} + T_v, \quad (2.18)$$

де  $T_{вз} = 0,04$  хв – час на встановлення та зняття заготовки;

$T_{зв} = 0,02$  хв – час на закріплення та відкріплення заготовки;

$T_{уп} = 0,05$  хв – час на прийоми управління обладнанням;

$T_v = 0,08$  хв – час на вимір заготовки.

Тоді

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_o + (T_{вз} + T_{зв} + T_{уп} + T_v) \cdot K + T_{об.в}, \quad (2.19)$$

де  $K$  – поправочний коефіцієнт на допоміжний час (для розрахунку приймаємо  $K = 1,85$ ) [8, 10].

Для умов середньосерійного виробництва  $T_{об}$  та  $T_v$  визначаються спільно:

$$T_{об.в} = T_{оп} \cdot P_{об.в} / 100, \quad (2.20)$$

де  $T_{оп}$  – оперативний час, хв;

$P_{об.в}$  – відсоток на організаційне та технічне обслуговування, а також на відпочинок, % [8].

$$T_{оп} = T_o + T_d \cdot K, \text{ хв} \quad (2.21)$$

$$T_{оп} = 0,84 + (0,04 + 0,03 + 0,05 + 0,08) \cdot 1,85 = 1,21 \text{ хв.}$$

Прийнявши  $P_{об.в} = 8 \%$  матимемо:

$$T_{об.в} = 1,2 \cdot 8 / 100 = 0,1 \text{ хв.}$$

Тоді норма штучно-калькуляційного часу дорівнює:

$$T_{шт-к} = \frac{43}{23} + 0,84 + 0,37 + 0,1 = 2,5 \text{ хв}$$

На інші операції, переходи режими різання та час обробки визначаємо аналогічно. Результати розрахунків зведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Штучний час на операції виготовлення шліцевого вала

| № операції                 | $T_o$ , хв | $T_{шт-к}$ , хв |
|----------------------------|------------|-----------------|
| 005 Фрезерно-центрувальна  | 0,7        | 2,6             |
| 010 Токарна чорнова        | 3,2        | 6,4             |
| 015 Шліцефрезерна          | 0,84       | 2,5             |
| 025 Центрошліфувальна      | 0,4        | 1,9             |
| 030 Шліцешліфувальна       | 3,8        | 7,1             |
| 035 Торцекруглошліфувальна | 0,31       | 1,7             |
| 040 Торцекруглошліфувальна | 0,4        | 1,9             |
| 045 Різьбошліфувальна      | 1,5        | 3,1             |

Запропонований перелік технологічних операцій, обладнання та параметри його роботи відображені в розробленому комплекті технологічної документації на виготовлення шліцевого вала (Дод. Б). Він складається з маршрутної корти обробки заготовки, операційної карти на виконання

шліцефрезерної операції (015) та карти ескізу наладки технологічного обладнання.

### Висновки за розділом

Результаті виконаних технологічних розрахунків та елементів проектування для виготовлення шліцевого вала обгрунтовано вибір штампованої заготовки, розроблено технологічного маршруту виготовлення деталі та підібрано необхідні інструментальні та технологічні засоби. Проектний розрахунок дозволив визначити необхідні параметри роботи обладнання та норми часу на виконання основних технологічних операцій. Уся необхідна для виконання технологічного процесу виготовлення шліцевого вала інформація відображена у розробленому комплекті технологічної документації.

### 3 КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

В конструктивній частині роботи пропонується розрахунок параметрів оснастки, а саме цангового патрона для закріплення заготовки шліцевого вала на шліцефрезерному верстаті під час нарізання шліців на зовнішній поверхні вала.

#### 3.1 Опис конструкції оснастки

В технологічному процесі виготовлення шліцевого вала, а саме під час виконання технологічних переходів фрезерування шліців у якості допоміжної технологічної оснастки до використовується цанговий патрон з гідравлічним приводом (рис. 3.1). Він призначений для базування та закріплення заготовки вала при фрезеруванні шліців на шліцефрезерному верстаті BSH620NC22.

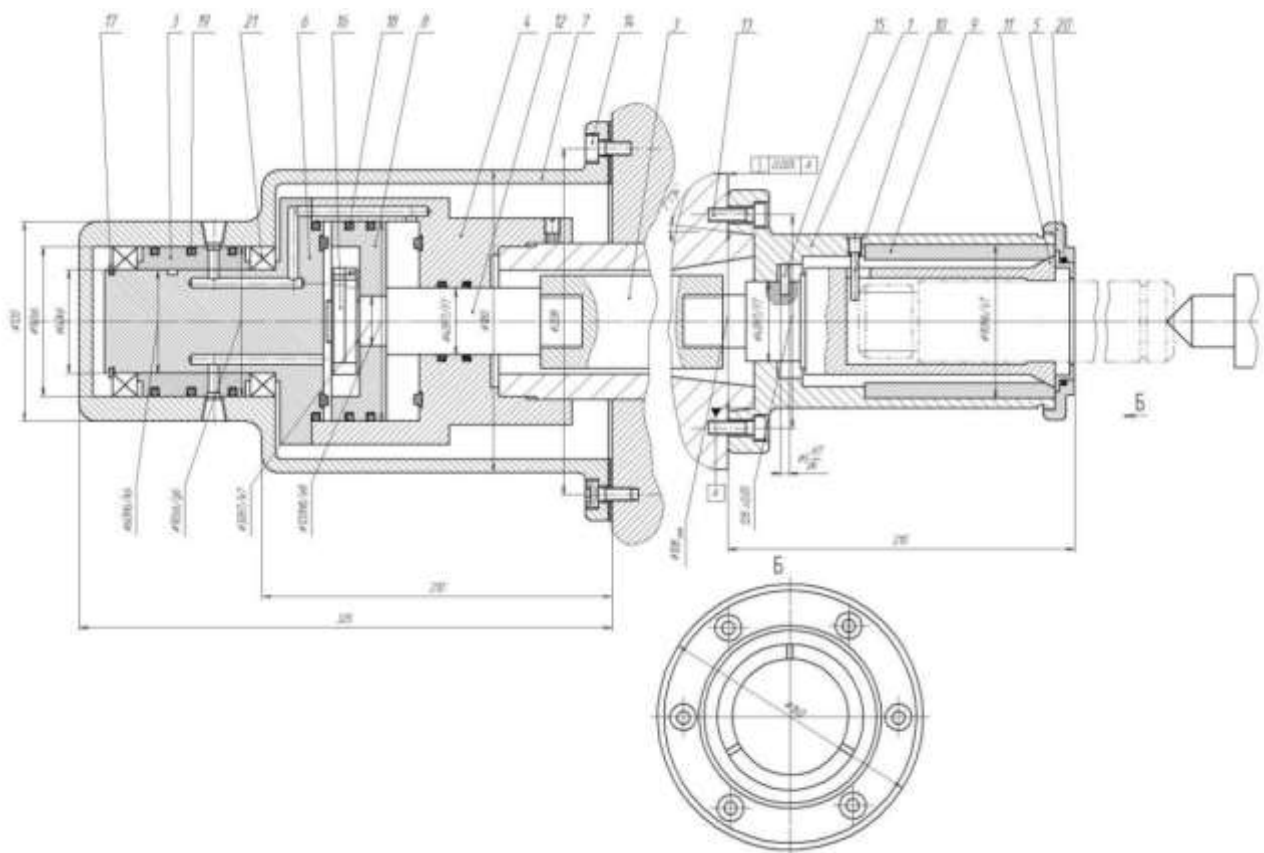


Рисунок 3.1 – Цанговий патрон для шліцефрезерного верстата

Патрон містить корпус 1, на який накручується кришка 2. Її торець використовується як опорна база при встановленні заготовки. Всередині корпусу проходить трипелюсткова цанга 3, яка служить для базування та закріплення вала. Цанга, за допомогою штанги 4 з'єднується з штоком 5 силового приводу. Сам привод включає корпус гідроциліндра 6 в якому переміщається поршень 7. Тиск робочого середовища подається в гідроциліндр через нерухому муфту 8 за допомогою втулки 9, яка обертається разом із гідроциліндром. Корпус 1 кріпиться на шпindel верстата [4].

Цанговий патрон працює наступним чином. При подачі тиску в праву порожнину гідроциліндра поршень зміщується вліво. Пелюстки цанги сходяться і відбувається фіксація заготовки. При подачі тиску в ліву порожнину гідроциліндра поршень зміщується праворуч. Цанга під дією пружних сил, які виникають в її пелюстках, розтискається. Таким чином відбувається розтискання та вивільнення заготовки.

### 3.2 Вихідні дані для конструктивних розрахунків

Вихідними параметрами до конструктивних розрахунків цангового патрона є геометричні параметри заготовки, технологічні параметри процесу різання та характеристики шліцефрезерного верстата. Операційний ескіз на шліцефрезерну операцію (015) наведений на рис. 3.2.

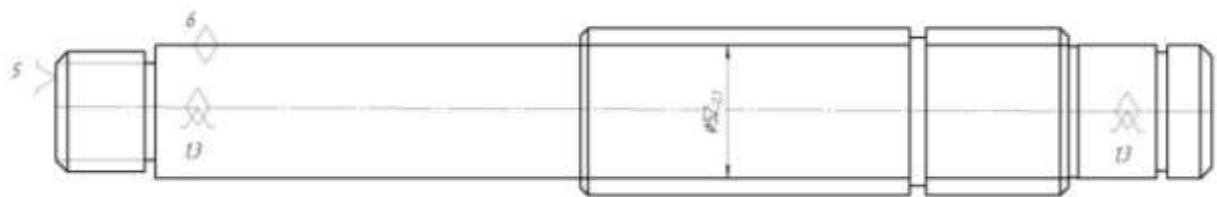


Рисунок 3.2 - Операційний ескіз шліцефрезерної операції

В процесі проектування будуть враховуватись наступні вихідні дані:

1. Технологічний перехід – фрезерувати шліци (утворення поверхонь 13 та 21).
2. Матеріал заготовки – сталь 40ХН з твердістю 40...42 HRC [20].
3. Вид поверхні заготовки – після чистової обробки точінням.

4. Ріжучий інструмент – фреза шліцева черв'ячна Р6М5К5 [7].
5. Обладнання – металорізальний шліцефрезерний верстат ВСН620NC22.
6. Режим різання:

- швидкість різання  $V = 107,6$  м/хв;
- хвилинна поздовжня подача фрези  $S_{хв} = 456$  мм/хв;
- частота обертання фрези  $n_{\phi} = 380$  об/хв.

Верстат оснащений шпинделем № 6, який за ГОСТ 12595-85 має наступні розміри:

- діаметр посадкової ділянки базового фланця  $D = 108,375_{+0,010}$  мм;
- діаметр наскрізного отвору  $D_1 = 82,6_{+0,2}$  мм;
- довжина базової ділянки  $L = 16$  мм.

Цанговий затискний патрон відноситься до групи універсальних безналагоджувальних пристроїв.

### 3.3 Розрахунок сил різання під час фрезерування шліців

Силу різання для шліцефрезеруваної операції було розраховано у попередньому розділі під час розрахунку режимів різання. Так, дотична (тангенціальна) складова сили різання при обраних режимах рівна  $P_z = 1520$  Н.

Для розрахунку зусилля затискання можуть знадобитися складові  $P_h$  та  $P_v$ .

З [11] визначасмо ці складові для дискового фрезерування з співвідношень для попутного фрезерування

$$P_h : P_z = 0,8; \quad (3.1)$$

$$P_v : P_z = 0,9; \quad (3.2)$$

Тоді матимемо

$$P_h = 1216 \text{ Н};$$

$$P_v = 1368 \text{ Н}.$$

Визначені зусилля різання під час нарізання шліців на поверхні вала в подальшому будуть використані як вихідні дані для визначення необхідного зусилля затискання заготовки цанговим патроном.

### 3.4 Розрахунок зусилля затискання

Розрахункова схема для визначення зусилля закріплення вала наведено на рис. 3.3.

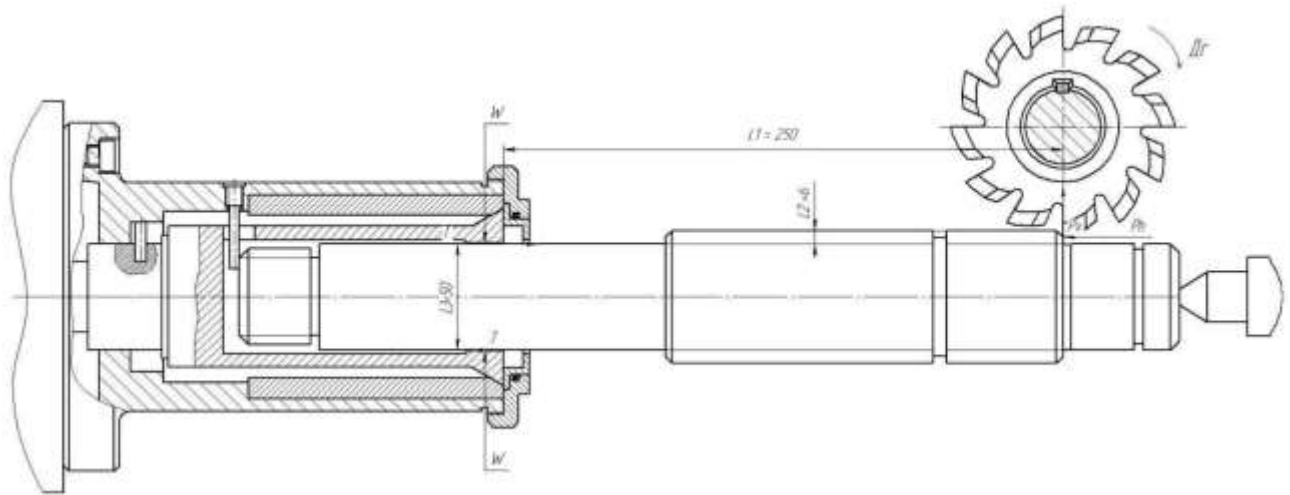


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема зусилля затискання

Визначимо сили затискання, необхідні для утримання заготовки від повороту навколо осі внаслідок дії сили  $P_z$  та створюваного нею крутного моменту і від перекидання навколо точки дотику кінця цанги із заготовкою внаслідок дії радіальної складової сили різання  $P_y$ .

За обраною схемою заготовка підтискається заднім центром. Під дією радіальної складової сили виникатиме прогин деталі. Жорсткість заднього центру через велику відстань між опорами, конструкції підтискної бабки забезпечує схему затискання, що перешкоджає вириванню вала з оснастки.

Силу закріплення, яка перешкоджає зсуву вала в цанзі, розрахуємо за формулою:

$$W = K \cdot \frac{P_h}{f}, \quad (3.3)$$

де  $P_h$  - складова сили фрезерування, Н;

$f$  – коефіцієнт тертя між поверхнею цанги та заготовкою. Для пари сталь-сталь приймаємо  $f = 0,15$  [16].

$K$  – коефіцієнт безпеки.

Коефіцієнт безпеки для технологічної оснастки розраховується за формулою:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (3.4)$$

де  $K_0 = 1,5$  – мінімальний гарантований коефіцієнт безпеки;

$K_1$  – коефіцієнт, який враховує стан поверхонь технологічних баз для встановлення заготовки. Оскільки бази оброблені начисто, то приймаємо  $K_1 = 1$ ;

$K_2$  – коефіцієнт, який враховує переривчастість процесу різання. Для процесу фрезерування  $K_2 = 1,2$  [16];

$K_3$  – коефіцієнт, який враховує стабільність дії силового приводу. При затисканні в цанзі сила закріплення забезпечується за рахунок сил пружності, які виникають у пружних пелюстках цанги. Оскільки привід механізований, а властивості матеріалу цанги та конструктивні параметри пружних пелюсток цанги постійні приймаємо  $K_3 = 1$ .

Тоді

$$K = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 = 1,8.$$

Оскільки коефіцієнт менший за мінімально-допустиму величину коефіцієнта безпеки, приймаємо його рівним 2,5.

Підставивши розраховані значення складових сил фрезерування та коефіцієнта безпеки у формулу (3.3), отримаємо величину сили закріплення:

$$W = 2,5 \cdot \frac{1216}{0,15} = 20266 \text{ Н.}$$

Як значення зусилля закріплення при подальших розрахунках приймаємо розрахункове значення  $W = 20266 \text{ Н.}$

### 3.5 Розрахунок затискного механізму та його силового приводу

Під час закріплення вала в цанговому патроні сила, яка діятиме на центральному штоці силового приводу, складається з двох складових:

$$Q = Q_1 + Q_2, \quad (3.5)$$

де  $Q_1$  - складова сили на штоці, яка забезпечує деформацію пружних елементів цанги – пелюсток до моменту торкання до поверхні заготовки;

$Q_2$  - складова сили на штоці, яка забезпечує розрахункове значення  $W = 20266$  Н сили затискання.

Зусилля для стиснення пелюсток цанги до їх моменту їх контакту з поверхнею заготовки розраховується за формулою:

$$Q_1 = 3 \cdot \frac{E \cdot J \cdot b \cdot z}{l^3} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi), \quad (3.6)$$

де  $E$  – модуль пружності Юнга. Для сталі приймаємо  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа;

$b$  - виліт пелюсток,  $b = 0,25$  мм [10];

$z$  – число пелюсток цанги,  $z = 3$  [10];

$l$  – відстань від фланця центровика до середини затискного конуса цанги,  $l = 116$  мм;

$\alpha$  – кут затискного конуса цанги,  $\alpha = 29^\circ$ ;

$\varphi$  – кут тертя.

$$\varphi = \operatorname{arctg} f, \quad (3.7)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя між затискним конусом цанги та корпусом патрона  $f = 0,15$ ;

$$\varphi = \operatorname{arctg} 0,15 = 8,53^\circ;$$

$J$  – момент інерції в місці кріплення пелюстки, який розраховується як:

$$J = \frac{D^3 \cdot S}{8} \cdot \left( \alpha_1 + \sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_1 - \frac{2 \sin^2 \alpha_1}{\alpha_1} \right), \quad (3.8)$$

де  $D$  – зовнішній діаметр пелюсток цанги,  $D = 80$  мм;

$S$  – товщина пелюстки цанги,  $S = 6$  мм [10];

$\alpha_1$  – кут сегмента пелюстки,  $\alpha_1 = 110^\circ = 1,9199$  рад.

$$J = \frac{80^3 \cdot 6}{8} \cdot \left( 1,9199 + \sin 1,9199 \cdot \cos 1,9199 - \frac{2 \sin^2 1,9199}{1,9199} \right) = 749650 \text{ мм}^4$$

Підставивши значення формули (3.8) у вираз (3.6), отримаємо:

$$Q_1 = 3 \cdot \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 0,00074965 \cdot 0,25 \cdot 3}{0,116^3} \cdot \operatorname{tg}(37,53^\circ) = 1162,858 \text{ Н}$$

Зусилля на штоці силового приводу, яке забезпечуватиме розрахункове зусилля затискання визначимо за формулою:

$$Q_2 = W \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) = 20266 \cdot \operatorname{tg}(29 + 8,53) = 15271 \text{ Н}. \quad (3.9)$$

Підставивши отримані значення складових зусилля на штоці у вираз (3.5), отримаємо повне його значення:

$$Q = 168,858 + 15271 = 15440 \text{ Н.}$$

Визначимо діаметр поршня гідравлічного приводу:

$$D_{\text{п}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{15440}{1,5}} = 101 \text{ мм,} \quad (3.10)$$

де  $P = 1,5 \text{ МПа}$  - робочий тиск масляного середовища [10].

Врахувавши коефіцієнт безпеки приймаємо діаметр поршня  $D_{\text{п}} = 120 \text{ мм}$ .

### 3.6 Визначення параметрів ріжучого інструменту

Для забезпечення отримання необхідних параметрів шліцевої поверхні вала, її точності та шорсткості, необхідно вибрати конструкцію, визначити точність і підібрати матеріал шліцевої черв'ячної фрези для виконання технологічної операції нарізання шліців [10, 13, 17].

Враховуючи конструкцію шліців, для їх виконання приймаємо конструкцію цільної фрези з вусиками для підрізування ніжок шліців. Такий вибір пов'язаний з базуванням вала як по зовнішній, так і по бічній поверхнях шліців.

Попередньо виконаємо розрахунок внутрішнього та зовнішнього діаметрів шліцевого вала.

Розрахунок внутрішнього діаметра шліцевого валу проводиться з урахуванням допуску, вказаного на кресленику:

$$D_{\text{emax}} = D - E_s = 58 + (-0,03) = 57,97 \text{ мм,} \quad (3.11)$$

$$D_{\text{ф}} = D_{\text{emax}} - 2q = 57,97 - 2 \cdot 0,4 = 57,91 \text{ мм.}$$

де  $D_{\text{emax}}$  - найбільший зовнішній діаметр шліцевої поверхні з врахуванням відхилень, мм;

$q$  – величина фаски на ніжці шліца, мм.

Діаметра внутрішнього кола шліцевого вала:

$$d_i = d_{\text{imin}} + 0,25\Delta = 51,16 + 0,25 \cdot 0,74 = 51,35 \text{ мм,} \quad (3.12)$$

Де

$$d_{\text{imin}} = d_i + e_i = 52 + (-0,74) = 51,16 \text{ мм}$$

де  $d_i$  – мінімальний внутрішній діаметр шліцевої поверхні, мм.

Допуск на розмір визначається за відхиленнями

$$\Delta = e_s - e_i = 0 - (-0,74) = 0,74 \text{ мм}$$

Розрахуємо ширину шліца:

$$b = b_{\min} + 0,25 \cdot \Delta = 9,972 + 0,25 \cdot 0,015 = 9,976 \text{ мм}, \quad (3.13)$$

де  $b_{\min}$  - найменша ширина паза шліца, мм.

Розрахунок радіусу початкового кола шліцевої поверхні вала виконаємо за формулою:

$$R = \sqrt{R_{\Phi}^2 - 0,75 \frac{b^2}{4}} = \sqrt{28,96^2 - 0,75 \frac{9,976^2}{4}} = 28,63 \text{ мм}. \quad (3.14)$$

Кут у шліца визначається як:

$$\sin \gamma = \frac{b}{2R} = \frac{9,976}{2 \cdot 28,63} = 0,174 = 10^\circ. \quad (3.15)$$

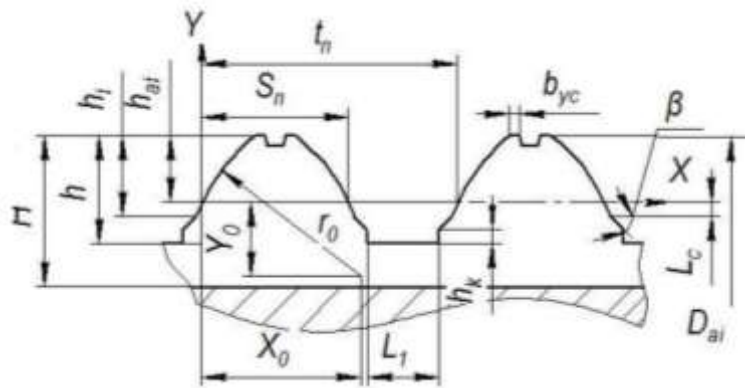


Рисунок 3.4 - Розміри зуба черв'ячної шліцевої фрези нормального перерізу

Висота профілю шліцевої фрези визначається за формулою:

$$h = R - r_i = 28,63 - 26,675 = 2,96 \text{ мм} \quad (3.16)$$

Скоригуємо радіус в початковому колі шліців

$$R = \frac{b}{2 \cdot \sin \gamma} = \frac{9,976}{2 \cdot \sin 10} = 28,72 \text{ мм} \quad (3.17)$$

Знайдемо координати центрів заміщуючого кола:

$$y_o = R \cdot 0,137921 = 3,961 \text{ мм};$$

$$x_o = R \cdot 0,52912 = 15,196 \text{ мм}.$$

Радіус біля замінюючого кола знаходиться за формулою:

$$r_o = R \cdot 0,5468 = 15,7 \text{ мм}.$$

Визначимо відхилення біля профілю:

$$p = R \cdot 0,0004 = 0,011 \text{ мм}.$$

Крок профілю нормалі визначається за формулою:

$$t = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{z} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 28,72}{8} = 22,56 \text{ мм} \quad (3.18)$$

Товщина біля профіля зуба шліцевої черв'ячної фрези по початковій прямій знаходиться як:

$$\begin{aligned} S &= 2 \cdot R \cdot \left( \frac{\pi}{z} - \gamma \cdot 0,017453 \right) = \\ &= 2 \cdot 28,72 \cdot \left( \frac{3,14}{6} - 10 \cdot 0,017453 \right) = 20,06 \text{ мм} \end{aligned} \quad (3.19)$$

Кут шліца біля основи:

$$\begin{aligned} \sin \gamma_i &= \frac{b}{d_i} = \frac{9,976}{51,35} = 0,194 = 11^\circ 6', \\ \cos \gamma_i &= 0,969 \end{aligned} \quad (3.20)$$

Кут обкатки для обробки нижньої точки шліца по колу

$$\begin{aligned} \cos \alpha_i &= \frac{r_i \cdot \cos \gamma_i}{R} = \frac{25,75 \cdot 0,969}{28,72} = 0,869 = 49^\circ 47' \\ \sin \alpha_i &= 0,76. \end{aligned} \quad (3.21)$$

Висота від профілю зуба фрези до вершини вусика знаходиться як:

$$h = R \cdot \sin \alpha_i \cdot (\sin \alpha_i - \sin \gamma) = 28,72 \cdot 0,76 \cdot (0,76 - 0,174) = 12,79 \text{ мм}$$

Величина врізання фрези у внутрішнє коло:

$$\Delta R = R - r_i - h_y = 28,72 - 25,75 - 12,79 = -9,82 \text{ мм} \quad (3.22)$$

Конструктивні параметри для фрези приймаємо за ГОСТ 8027-86 [17]:

$D_{\text{eu}} = 90 \text{ мм}$  – зовнішній діаметр фрези;

$L = 80 \text{ мм}$  – довжина фрези;

$d = 32 \text{ мм}$  – внутрішній діаметр фрези;

$z_u = 14$  – число зубів фрези;

$k = 6 \text{ мм}$  – величина спаду.

Шпад для шліців зі шліфованим профілем становить:

$$K_1 = (1,2 \dots 1,5) \cdot K = 1,3 \cdot 6 = 7,8 \text{ мм} \quad (3.23)$$

Глибина стружкової канавки фрези:

$$H = h + \frac{K + K_1}{2} + (1 \dots 2) = 2,96 + \frac{6 + 7,8}{2} + 2 = 11,86 \text{ мм} \quad (3.24)$$

Розмір фаски від початкової прямої  $L_c$

$$L_c = \frac{D_{\phi} - R \cdot 2}{2} = \frac{57,91 - 28,72 \cdot 2}{2} = 0,235 \text{ мм.}$$

## Висновки за розділом

В даному розділі розглянуто конструкцію цанговий патрон з гідравлічним приводом, який буде використовуватися у якості допоміжної технологічної оснастки до шліцефрезерного верстата BSH620NC22. Він забезпечує якісне базування та закріплення заготовки вала під час фрезерування шліців на його поверхні. Виконані розрахунки необхідного зусилля затискання будуть використані під час налаштування цангового патрона.

За результатами розрахунків параметрів ріжучого інструменту, а саме шліцевої черв'ячної фрези для виконання технологічної операції нарізання шліців на поверхні вала підібрано шліцеву фрезу P6M5K5 D80.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Аналіз вимог з охорони праці під час роботи на фрезерних верстатах

#### *Загальні положення*

До роботи на фрезерних верстатах допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли спеціальне навчання й одержали дозвіл на виконання фрезерних робіт.

Не слід торкатися до електропроводів та інших частин, що проводять струм, а також самому усувати несправності електрообладнання для уникнення ураження електричним струмом.

Бути уважним, не займатись сторонніми справами й розмовами, не відволікати увагу інших.

Не стояти і не проходити під піднятим вантажем або поблизу нього.

Постійно виконувати правила техніки безпеки, утримувати своє робоче місце в чистоті й порядку, не загромождувати проходи.

Палити в спеціально відведених місцях.

Помітивши порушення правил по техніці безпеки іншою особою або небезпеку для оточуючих, попередити цю особу або механіка про необхідність дотримання вимог, що забезпечують безпеку праці.

У випадку травмування або недомагання закінчити роботу, сповістити про це механіка і звернутися в медпункт.

#### *Вимоги безпеки перед початком роботи.*

Надіти робочий одяг. Застібнути або обв'язати обшлаг рукавів, заправити одяг так, щоб не було кінців, що розвиваються.

Оглянути робочий одяг, забрати всі предмети, що заважають при роботі. Робочий інструмент і пристрої розкласти в зручному й безпечному для користування порядку і перевірити справність.

Переконатися в тому, що робоче місце достатньо освітлене і світло не буде сліпити очі [12].

Перевірити наявність, справність і міцність кріплення огороження та інших частин, що обертаються.

Перевірити чи не обірваний провід заземлюючого пристрою і його з'єднання.

При закріпленні інструменту в шпинделі за допомогою клинків, гвинтів, планок та інших пристроїв ці елементи не повинні виступати поза межі шпинделя. У випадку неможливого виконання цієї вимоги поверхні вказаних елементів слід закривати захисним пристроєм.

Перевірити на холостому ході справність верстату, про всі несправності сповістити механіка і до їх усунення до роботи на верстаті не приступати.

*Вимоги безпеки під час роботи.*

Знімаючи (згвинчуючи) фрезу, необхідно обертати її тільки вручну. Забороняється для виконання цієї операції включати шпиндель верстата.

Під час роботи верстата забороняється торкатися обертових частин, вводити руку в зону їх руху, класти на верстат деталі та інструменти.

При обробці в'язких матеріалів (сталей) необхідно застосовувати фрези з спеціальною заточкою зубів або пристрої, які забезпечують роздроблення стружки в процесі різання. При обробці крихких матеріалів і при утворенні роздрібненої на малі частини стружки повинні застосовуватись стружковідвідники.

Обпиловка, поліровка, зачистка абразивним полотном деталей, що обробляються на верстатах, повинна проводитися за допомогою спеціального інструменту і методами, які забезпечують безпеку виконання цих операцій.

Перед кожним включенням верстату переконатися, що його пуск нікому не загрожує. Фрезу слід підводити до деталі плавно, без ударів і різкого натиску.

Вимкнення верстату необхідно здійснювати в наступних випадках: при тимчасовому закінченні роботи; при перерві в подачі електроенергії; для очищення, мащення і наладки верстату; при підтягуванні болтів, гайок, клинків та інших з'єднань деталей; при замірі деталей, які обробляються.

*Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.*

Для уникнення травмування – вставляти або виймати деталі, які обробляються на столі верстата чи в його пристроях кріплення лише тільки після повної зупинки.

Під час встановлення деталі, яка обробляється в лещатах верстату слідкувати за надійністю його кріплення й правильністю базування.

У випадку поломки ріжучого інструменту вимкнути верстат. Під час роботи верстату не нахилитись близько до фрези.

Команду «Стій» виконувати швидко, хто б її не подав – це команда запобігання аварії та нещасних випадків.

Після вимикання верстату не допускається сповільнювати обертання фрези рукою або будь-яким іншим предметом.

При виявленні пожежі негайно викликати пожежну бригаду і прийняти заходи по ліквідуванню пожежі наявними засобами пожежогасіння.

#### *Вимоги безпеки після закінчення роботи.*

Вимкнути електрообладнання.

Привести до ладу робоче місце. Прибрати інструмент, обладнання, пристрої у відведене для них місце.

Зняти спецодяг, помити лице, руки теплою водою з милом, при можливості прийняти душ.

Повідомити майстра про всі недоліки, які мали місце під час роботи.

#### 4.2. Логічне моделювання виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків під час роботи на фрезерному верстаті

У моделях процесів формування, виникнення аварій та виробничих травм усі випадкові події (явища), що утворюють конкретну аварійну або травмонебезпечну ситуацію, пов'язані між собою причинно-наслідковими зв'язками. В них є початкові, проміжні та кінцеві події.

Початкові події (небезпечні умови, небезпечні дії) виявляють у процесі обстеження об'єктів виробництва, а проміжні та кінцеві входять до схеми на основі логічного аналізу можливих варіантів перебігу події.

Слід зауважити, що поняття «початкові події» введено умовно, бо насправді цим подіям можуть передувати інші. Але вони першими помічаються при обстеженні робочих місць та інших об'єктів виробництва.

Якщо на схемах, які зображують моделі процеси протікання (перебігу) випадкових подій, починаючи з початкових і закінчуючи кінцевими, показати причинно-наслідкові зв'язки, то ми одержимо логічну модель процесу [3].

Кожна логічна модель процесу формування та виникнення небезпечної або аварійної ситуації складається з певної кількості випадкових подій, які між собою можуть бути статистично залежними або незалежними. *Статистично залежні події* - це такі, коли поява наступної події неможлива без виникнення попередньої. Якщо кожна з двох подій, що входять до однієї моделі, може з'явитися незалежно одна від одної, то такі події є *статистично незалежними*. Як правило, у таких моделях незалежні випадкові події одна відносно одної розміщуються паралельно, а залежні – послідовно. Причинно-наслідкові зв'язки зображуються стрілками, які, показують напрямок протікання (перебігу) події.

Таблиця 4.1 - Логічна модель виникнення травмонебезпечних і аварійних ситуацій під час роботи на фрезерному верстаті

| Вид роботи, виробничий підрозділ                                | Виробнича безпека                                                                  |                                                          |                                                       | Можливі наслідки               | Заходи запобігання                                    |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------|
|                                                                 | Небезпечна умова (НУ)                                                              | Небезпечна дія (НД)                                      | Небезпечна ситуація (НС)                              |                                |                                                       |
| 1                                                               | 2                                                                                  | 3                                                        | 4                                                     | 5                              | 6                                                     |
| Обробка шліцевих поверхонь деталей, механічний цех підприємства | НУ <sub>1</sub> - порушення ізоляцій.<br>НУ <sub>2</sub> - відсутність заземлення. | НД - Поява струму на корпусі верстата                    | НС – Контакт робітника з корпусом верстата            | Т - Ураження струмом робітника | Заземлення струмо-ведучих частин і якісна їх ізоляція |
| НУ <sub>1</sub> → НУ <sub>2</sub> → НД→ НС→ Т                   |                                                                                    |                                                          |                                                       |                                |                                                       |
| Обробка шліцевих поверхонь деталей, механічний цех підприємства | НУ- відсутність або несправність захисних кожухів обертових частин                 | НД – можливість контакту з обертовими частинами верстата | НС- контакт робітника з обертовими частинами верстата | Т – травмування робітника      | Обладнання верстата кожухами обертових частин         |
| НУ→ НД→ НС→ Т                                                   |                                                                                    |                                                          |                                                       |                                |                                                       |

Продовження таблиці 4.1

| 1                                                               | 2                                               | 3                                                           | 4                                                 | 5                                              | 6                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Обробка шліцевих поверхонь деталей, механічний цех підприємства | НУ – не застебнутий робочий одяг                | НД – контакт з рухомими частинами верстата                  | НС – захоплення одягу рухомими частинами верстата | Т – травмування робітника                      | Робота в робочому одязі та засобах інд. захисту відповідно до вимог ТБ |
| НУ → НД → НС → З                                                |                                                 |                                                             |                                                   |                                                |                                                                        |
| Обробка плоских поверхонь деталей, механічний цех підприємства  | НУ – використання обладнання не за призначенням | НД – виконання робіт, не передбачених для даного обладнання | НС – поломка обладнання, його руйнування, падіння | Т – травмування робітника або інших робітників | Використання верстата та оснастки за призначенням                      |
| НУ → НД → НС → Т                                                |                                                 |                                                             |                                                   |                                                |                                                                        |

Логічна модель може стати основою для розробки графічної чи математичної моделей виникнення травмонебезпечної чи аварійної ситуації.

### Висновки за розділом

В даному розділі поаналізовано вимоги нормативно-правових документів щодо охорони праці та виробничої санітарії під час виконання робіт в механічних цехах на металообробних верстатах різанням.

Встановлені основні чинники та причини виникнення травмонебезпечних ситуацій під час роботи на фрезерних верстатах.

Розроблено логічні моделі виникнення окремих травмонебезпечних ситуацій під час роботи на фрезерних верстатах, зокрема під час фрезерування шліців на поверхні вала.

## 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Визначення показників економічної ефективності передбачає розрахунок техніко-економічних показників розробленого технологічного процесу та на основі їх порівняльного аналізу з показниками типового (базового) варіанта, визначення економічного ефекту від запропонованих у ньому технічних рішень.

Розглянемо запропоновані в роботі вдосконалення на предмет економічної обґрунтованості впровадження змін у технологічний процес виготовлення шліцевого вала. Детальна інформація щодо особливостей пропонованого технологічного процесу, розглянута у попередньому розділі роботи. Тому визначимо лише його основні відмінності від типового процесу виготовлення шліців на валах.

В типовому (базовому) варіанті шліцефрезерна операція передбачає виконання операції нарізання шліців на шліцефрезерному напівавтоматі, моделі ВСН-620 NC22. Закріплення заготовки забезпечується за допомогою цангового патрона та упорного центра. Отримання заданих поверхонь шліців забезпечують за допомогою шліцевої фрези Р6М5.

У проектному варіанті шліцефрезерна операція передбачає виконання операції нарізання шліців на тому ж шліцефрезерному напівавтоматі, моделі ВСН-620 NC22. Закріплення заготовки також забезпечується цанговим патроном та упорним центром. Однак, для отримання заданих поверхонь шліців пропонується використовувати шліцеву фрезу Р6М5К5 зі зміцненою ріжучою частиною.

Запропоновані зміни дозволяють скоротити трудомісткість виконання описаної операції, що виражається у скороченні часу на обробку. Штучний час обробки зменшується з 3,2 хв для базового варіанта до 2,5 хв для проектного варіанту технологічної операції. Основний час обробки при цьому зменшився з 1,4 хв для базового варіанту до 0,84 хв для проектний варіанту процесу.

Проаналізувавши короткий опис запропонованих змін, визначимо капітальні вкладення в проєктований варіант технологічного процесу. Для цього використовували стандартну методику, згідно якої величина необхідних

капіталовкладень становить  $K_{впр} = 2183,83$  грн. Ці грошові кошти будуть потрібні нам на придбання нового інструменту та витрат, пов'язаних із проектуванням технологічного процесу.

Далі згідно з методикою, визначимо технологічну собівартість, яка залежатиме від матеріалу заготовки, заробітної плати, нарахування на неї та витрат на утримання й експлуатацію обладнання. Враховуючи те, що метод отримання заготовки та її матеріал за порівнюваними варіантами не змінилися, то розрахунок технологічної собівартості здійснювати без витрат на матеріал, оскільки ці значення суттєвого впливу на кінцевий результат не мають.

На базі отриманих даних та із застосуванням методики складання калькуляції повної собівартості розраховуємо її значення для виконання операції 015 Шліцефрезерна.

Згідно з розрахунками за базовим варіантом повна собівартість без урахування витрат на матеріал становить 590,7 грн, а за проектним варіантом – 394,7 грн.

Далі проведемо економічне обґрунтування ефективності впровадження запропонованих змін у технологію виготовлення шліцевого вала. Для цього використаємо методику розрахунку показників економічної ефективності.

Очікуваний прибуток визначається з виразу [8, 14]:

$$Pr_{оч} = (C_{п.б} - C_{п.пр}) \cdot P_p, \text{ грн} \quad (5.1)$$

де  $C_{п.б}$  – повна собівартість базового варіанта, грн;

$C_{п.пр}$  – повна собівартість проектного варіанта, грн.

$$Pr_{оч} = (590,7 - 394,7) \cdot 500 = 98000 \text{ грн.}$$

Податок на прибуток становитиме:

$$P_{приб} = Pr_{оч} \cdot K_{приб}, \text{ грн} \quad (5.2)$$

де  $K_{приб}$  – відсоток відрахувань на податок ( $K_{приб} = 20 \%$ ).

$$P_{приб} = 98000 \cdot 0,2 = 19600 \text{ грн}$$

Тоді, чистий прибуток становитиме:

$$Pr_{чист} = Pr_{оч} - P_{приб}, \text{ грн} \quad (5.3)$$

$$Pr_{чист} = 98000 - 19600 = 78400 \text{ грн}$$

Очікуваний термін окупності визначимо з виразу:

$$T_{\text{ок.оч}} = \frac{K_{\text{впр}}}{\text{Пр}_{\text{чист}}} + 1, \text{ років} \quad (5.4)$$

$$T_{\text{ок.оч}} = \frac{2183,83}{78400} + 1 = 1,03 \text{ роки}$$

### Висновки за розділом

Пропоновані зміни у виконанні шліцефрезерної операції технологічного процесу виготовлення шліцевого вала можна вважати економічно обґрунтованими. Цей висновок ґрунтується, по-перше, на тому, що було досягнуто зниження собівартості виконання даної операції на 33,17 %. По-друге, чистий дохід при річній програмі у 500 одиниць становитиме 78400 грн. Це також свідчить про ефективності проектованої технології. Крім того, строк окупності вкладених коштів буде досягнуто майже за рік (1,03 роки), що також підтверджує наш висновок.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведений аналіз конструкції та існуючих технологій виготовлення шліцевих валів показав необхідність забезпечення високої якості та точності отримання шліцевих поверхонь, що не можливо без детального обґрунтування оптимальної технології обробки заготовки, підбору високопродуктивного обладнання та інструменту, визначення його технологічних та конструктивних параметрів.

За результатами технологічних розрахунків встановлено, що оптимальною для виробництва шліцевого вала буде виготовлення штампована заготовка, оскільки вона має більший коефіцієнт використання матеріалу та нижчу вартість.

Для підвищення ефективності та якості виготовлення шліців на поверхні вала пропонується для виконання шліцефрезерної операції використовувати шліцефрезерного півавтомат BSH620NC22, оснащений цанговим патроном з гідравлічним приводом

Конструктивними розрахунками встановлено, що цанговий патрон забезпечує зусилля затискання понад 20 кН, що достатньо для якісного базування та закріплення заготовки.

За результатами розрахунків параметрів ріжучого інструменту, а саме шліцевої черв'ячної фрези для виконання технологічної операції нарізання шліців на поверхні вала пропонується шліцева фреза P6M5K5 D80.

Запропонований технологічний процес дозволяє скоротити трудомісткість виконання фрезерної операції, що виражається у скороченні штучного часу на обробку з 3,2 хв до 2,5 хв. Основний час обробки при цьому зменшився з 1,4 хв до 0,84 хв.

Ефективність запропонованої технології є економічно обґрунтованою, оскільки в ній досягається зниження собівартості виконання основної операції на 33,17 %. За річної програми у 500 одиниць чистий дохід становитиме 78400 грн. Строк окупності вкладених коштів при цьому становить близько одного року (1,03 роки).

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Білоус О.В., Пахолук А.П., Василенко І.І. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. Проектування технологічного процесу обробки металів різанням. Методичні рекомендації до виконання практичних та індивідуальних робіт у підготовці за напрямом 6. 050503 «Машинобудування» для студентів денної та заочної форми навчання. Львів: ЛНАУ, 2008. 60 с.
2. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування: Навчальний посібник. Львів: Магнолія 2006, 2007. 500 с.
3. Городецький І. В, О. Тимочко. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях: методичні рекомендації до виконання розділу у роботах ОКР "Магістр" студентами факультету механіки та енергетики. Львів: Львівський НАУ, 2011. 16 с.
4. Довідник по металорізальних верстатах та пресовому обладнанні.  
[https://www.metalinstryment.com/sprav\\_ctx\\_beta800.htm](https://www.metalinstryment.com/sprav_ctx_beta800.htm)
5. Доля В.М. Технологія обробки типових деталей: Конспект лекцій для студентів спеціальності 7.090.202 „Технологія машинобудування” усіх форм навчання. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2003. – 64 с.
6. ДСТУ 8781:2018. Виливки зі сталі. Загальні технічні умови.  
<https://foundry.kpi.ua/wp-content/uploads/2021/06/dstu-8781-2018.pdf>
7. Каталоги інструментів, ГОСТи та довідкова література:  
<https://ocean.biz.ua/catalog-i-price>
8. Кирилович В.А., Мельничук П.П., Яновський В.А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПК. Житомир: ЖІТГ, 2001.
9. Когут М.С. Технологія машинобудування. Практикум до виконання курсового проекту для студентів спеціальностей «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання» та «Обладнання переробних і харчових виробництв». Львів: ЛНАУ, 2010. 114 с.
10. Паливода Ю. Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник. Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

11. Петраков Ю.В. Лабораторно-комп'ютерний практикум з теорії різання: Навчальний посібник для студентів, які навчаються за напрямом «Інженерна механіка». Київ: Політехніка, 2006. 190 с.
12. Піддубний В.В., Стовбун О.І. Питання професійної гігієни праці в системі охорони праці. Київ: Логос, 2004. 195с.
13. Проектування технологічної оснастки. Методичні рекомендації. до виконання практичних робіт студентами першого (бакалаврського ) рівня вищої освіти спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування» / Укл. О. П. Швець. Львів: ЛНУП, 2024. 64 с.
14. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі. Методичні вказівки до виконання курсової роботи (проекту) з дисципліни "Технологія машинобудування" для студентів Механіко-машинобудівного інституту, інженерно-фізичного та поліграфічного факультетів / Укл. С. С. Добрянський , В. К. Фролов, В. А. Ковальов. Київ: Політехніка, 2002. 78с.
15. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Київ: Вища школа, 1993. 414 с.
16. Сердюк В.С. Основи оброблення матеріалів різанням та інструмент. Навчальний посібник для студентів спеціальності «Технічне обслуговування і ремонт устаткування підприємств машинобудування. Київ: Освіта України, 2006. 186 с.
17. Стискін Г.М., Ревнівцев М.П., Берізко М.М., Мелещик В.А. Інструменти для механічної обробки матеріалів. Львів: Оріяна-Нова, 2002. 240 с.
18. Технологія верстатних робіт: навч.пос. для проф.-техн. навч. закладів / за наук. ред. М. А. Вайнтрауба. Київ, 2015. 199с.
19. Швець О.П. Технологія машинобудування: Методичних рекомендацій до виконання практичних робіт студентами ОС «Магістр» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування. Львів, 2019. 74 с.
20. <https://www.maxima-metall.com.ua/ua/balka/balka-dvotavrova-45m-st1-3ps-sp>.



## Додаток Б

[illegible]



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 6 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |





|          |                                                                      |  |   |                                            |         |       |                    |          |                     |     |      |   |  |  |
|----------|----------------------------------------------------------------------|--|---|--------------------------------------------|---------|-------|--------------------|----------|---------------------|-----|------|---|--|--|
| Дудл.    |                                                                      |  |   |                                            |         |       |                    |          |                     |     |      |   |  |  |
| Взам.    |                                                                      |  |   |                                            |         |       |                    |          |                     |     |      |   |  |  |
| Підп.    |                                                                      |  |   |                                            |         |       |                    |          |                     |     |      |   |  |  |
| Виріб    |                                                                      |  |   |                                            |         |       |                    |          |                     |     | 6    | 6 |  |  |
| Розроб.  | Гасій В.                                                             |  |   | ЛНУВМБ                                     |         |       |                    |          |                     |     |      |   |  |  |
| Перевір. | Швець О.                                                             |  |   | Маш-41з                                    |         |       |                    |          |                     |     |      |   |  |  |
| Нач. ТБ  |                                                                      |  |   |                                            |         |       |                    |          |                     |     |      |   |  |  |
| Затв     |                                                                      |  |   |                                            |         |       |                    |          |                     |     |      |   |  |  |
| Н. конт. |                                                                      |  |   |                                            |         |       |                    |          |                     |     |      |   |  |  |
|          |                                                                      |  |   | Найменування операції                      |         |       |                    |          | Матеріал            |     |      |   |  |  |
|          |                                                                      |  |   | 4153 Шліцефрезерна                         |         |       |                    |          | 40ХН ГОСТ 4543-71   |     |      |   |  |  |
|          |                                                                      |  |   | Твердість                                  | ОВ      | МД    | Профіль та розміри |          |                     | МЗ  | КОВД |   |  |  |
|          |                                                                      |  |   | НВ 240                                     | 166     | 6,4   | 64x424             |          |                     | 7,9 | 1    |   |  |  |
|          |                                                                      |  |   | Обладнання, пристрій ЧПК                   |         |       |                    |          | Позначення програми |     |      |   |  |  |
|          |                                                                      |  |   | 381572 Шліцефрезерний півтомат ВСН-620 NC2 |         |       |                    |          |                     |     |      |   |  |  |
|          |                                                                      |  |   | То                                         | Тд      | Тп.з. | Тшт                | МОР      |                     |     |      |   |  |  |
|          |                                                                      |  |   | 0,84                                       | 0,37    | 43    | 2,5                | Емульсія |                     |     |      |   |  |  |
| Р        |                                                                      |  |   | ПІ                                         | Д або В | L     | t                  | i        | S                   | n   | V    |   |  |  |
| О 01     | 1. Встановити заготовку                                              |  |   |                                            |         |       |                    |          |                     |     |      |   |  |  |
| Т 02     | 396171 Цанговий патрон; 392871 Центр упорний 7032-0020 ГОСТ 13214-79 |  |   |                                            |         |       |                    |          |                     |     |      |   |  |  |
| 03       |                                                                      |  |   |                                            |         |       |                    |          |                     |     |      |   |  |  |
| О 04     | 2. Фрезерувати поверхні відповідно до зскізу                         |  |   |                                            |         |       |                    |          |                     |     |      |   |  |  |
| Т 05     | 391814 Фреза шліцева Р6М5К5 D80; 393610 Шаблон ГОСТ 2534-79          |  |   |                                            |         |       |                    |          |                     |     |      |   |  |  |
| Р 06     |                                                                      |  | 1 | 52                                         | 190     | 4     | 2                  | 1        | 380                 | 108 |      |   |  |  |
| 07       |                                                                      |  |   |                                            |         |       |                    |          |                     |     |      |   |  |  |
| О 08     | 3. Зняти заготовку                                                   |  |   |                                            |         |       |                    |          |                     |     |      |   |  |  |
| Р 09     |                                                                      |  |   |                                            |         |       |                    |          |                     |     |      |   |  |  |
|          |                                                                      |  |   |                                            |         |       |                    |          |                     |     |      |   |  |  |
|          |                                                                      |  |   |                                            |         |       |                    |          |                     |     |      |   |  |  |
| ОК       |                                                                      |  |   |                                            |         |       |                    |          |                     |     | 6    |   |  |  |