

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри

машинобудування, мехатроніки і

робототехніки

канд. техн. наук, доцент

\_\_\_\_\_ Андрій ГРЕЧКА

\_\_\_\_\_ червня 2026 р.

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

**«Розробка технології виготовлення корпусу шестеренного насосу»**

Виконав здобувач вищої освіти

4 курсу групи ПМ-22-3

ОПП «Прикладна механіка»

спеціальності 131 «Прикладна механіка»

\_\_\_\_\_ Ігор БАРАНОВСЬКИЙ

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент

\_\_\_\_\_ Олександр СКІБІНСЬКИЙ

Рецензент:

канд. техн. наук, доцент

\_\_\_\_\_ Руслан ОСІН

Кропивницький 2026

# **Центральноукраїнський національний технічний університет**

Механіко-технологічний факультет

Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітньо-професійна програма: Комп'ютерний інжиніринг технологій,  
робототехніка і 3D друк

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри машинобудування,  
мехатроніки і робототехніки

канд. техн. наук, доцент

\_\_\_\_\_ Андрій ГРЕЧКА

14 квітня 2026 р.

## **ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

**за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти**

**Барановському Ігорю Володимировичу**

### **Тема роботи:**

Розробка технології виготовлення корпусу шестеренного насосу.

### **Керівник роботи:**

канд. техн. наук, доцент Олександр СКІБІНСЬКИЙ

Затверджено наказом ЦНТУ від 1 квітня 2026 року № 199-02.

### **Строк подання роботи до захисту:**

\_\_\_ червня 2026 р.

### **Мета та завдання кваліфікаційної роботи:**

Мета: проєктування та обґрунтування технологічного процесу виготовлення деталі кришка, який забезпечить задану точність і якість за рахунок впровадження верстатів з ЧПУ.

Завдання: провести оцінку точності та технологічності конструкції деталі, проаналізувати властивості матеріалу, обґрунтувати вибір методу отримання заготовки, сформулювати маршрути обробки окремих поверхонь та загальний маршрут виготовлення деталі із визначенням змісту технологічних операцій, виконати розрахунок припусків на механічну обробку, визначити режими різання та встановити технічно обґрунтовані норми часу на операції механічної обробки.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи        | Строк виконання роботи | Примітка |
|-------|------------------------------------------------------|------------------------|----------|
| 1     | Виконання загальної частини                          | 28.04.2026 р.          |          |
| 2     | Виконання технологічної частини                      | 10.05.2026 р.          |          |
| 3     | Розробка креслеників                                 | 29.05.2026 р.          |          |
| 4     | Усунення недоліків після перевірки керівником роботи | 01.06.2026 р.          |          |
| 5     | Перевірка роботи на академічний плагіат              | 05.06.2026 р.          |          |
| 6     | Рецензування роботи                                  | 12.06.2026 р.          |          |
|       |                                                      |                        |          |

Дата видачі завдання  
14 квітня 2026 р.

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_

Ігор БАРАНОВСЬКИЙ

Керівник роботи \_\_\_\_\_

Олександр СКІБІНСЬКИЙ

## АНОТАЦІЯ

Барановський І.В. Розробка технології виготовлення корпусу шестеренного насосу: кваліфікаційна бакалаврська робота : спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. О. І. Скібінський ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький: ЦНТУ, 2026. 50 с.

Креслеників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою роботи є розробка технології виготовлення корпусу шестеренного насосу.

Актуальність роботи полягає в проектуванні технологічного процесу механічної обробки деталі корпусу шестеренного насосу, який забезпечить задану точність і якість за рахунок впровадження верстатів з ЧПУ.

У роботі проведено комплекс технологічних досліджень, що включає оцінку точності та технологічності конструкції деталі, вибір матеріалу та раціонального методу отримання заготовки. Розроблено маршрути обробки окремих поверхонь і загальний маршрут виготовлення деталі із визначенням змісту кожної операції механічної обробки. Виконано аналітичний розрахунок припусків на обробку, розраховано режими різання та встановлено технічно обґрунтовані норми часу на всі операції технологічного процесу. Спроектовано та розраховано пристрій затискний.

**Корпус шестеренного насосу, технологія виготовлення, ЧПУ, пристрій затискний, припуски, режими різання**

## ANNOTATION

Baranovskyi, I.V. Development of technology for manufacturing gear pump housing: Qualification work for the educational level "Bachelor", specialty 131 Applied mechanics / Scientific supervisor O. I. Skibinskyi; Central Ukrainian National Technical University – Kropyvnytskyi, 2026. 50 p.

Drawings – summary 3 sheets A1 format.

The purpose of the work is to develop a technology for manufacturing a gear pump housing.

The relevance of the work lies in designing a technological process for machining a gear pump housing part, which will ensure the specified accuracy and quality through the introduction of CNC machines.

The work includes a set of technological research, including an assessment of the accuracy and manufacturability of the part design, the choice of material and a rational method for obtaining a workpiece. The processing routes for individual surfaces and the general route for manufacturing the part have been developed, with the definition of the content of each machining operation. An analytical calculation of machining allowances has been performed, cutting modes have been calculated, and technically justified time standards for all operations of the technological process have been established. A clamping device has been designed and calculated.

**Gear pump housing, manufacturing technology, CNC, clamping device, allowances, cutting modes**

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Механіко-технологічний факультет  
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

## **ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до кваліфікаційної роботи на тему:

**«Розробка технології виготовлення корпусу шестеренного  
насосу»**

**КРБ.ПМ.26.13.03.00.00**

Виконав здобувач вищої освіти  
3мб курсу групи ПМ-22-3  
ОПП «Прикладна механіка»  
спеціальності 131 «Прикладна механіка»  
\_\_\_\_\_ Ігор БАРАНОВСЬКИЙ

Керівник роботи:  
канд. техн. наук, доцент  
\_\_\_\_\_ Олександр СКІБІНСЬКИЙ

Кропивницький 2026

## Зміст

|                                                                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ВСТУП .....</b>                                                                                                    | <b>7</b>  |
| <b>1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....</b>                                                                                       | <b>9</b>  |
| 1.1 Характеристика вузла та деталі.....                                                                               | 9         |
| 1.2 Визначення типу виробництва.....                                                                                  | 11        |
| <b>2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....</b>                                                                                   | <b>12</b> |
| 2.1 Аналіз точності та технологічності деталі.....                                                                    | 12        |
| 2.2 Аналіз діючого технологічного процесу.....                                                                        | 14        |
| 2.3 Вибір заготовки та способу її отримання.....                                                                      | 16        |
| 2.4 Вибір методів обробки поверхонь.....                                                                              | 17        |
| 2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі.....                                                                        | 19        |
| 2.6 Вибір технологічних баз.....                                                                                      | 21        |
| 2.7 Розробка структури та змісту технологічних<br>операцій, вибір металорізальних верстатів<br>для їх здійснення..... | 22        |
| 2.8 Вибір затискних пристроїв.....                                                                                    | 28        |
| 2.9 Вибір ріжучих інструментів.....                                                                                   | 29        |
| 2.10 Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів.....                                                               | 31        |
| 2.11 Визначення припусків та операційних розмірів.....                                                                | 32        |
| 2.12 Визначення режимів різання.....                                                                                  | 38        |
| 2.13 Технічне нормування операцій.....                                                                                | 43        |
| <b>ВИСНОВКИ.....</b>                                                                                                  | <b>47</b> |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>                                                                                | <b>49</b> |

## ВСТУП

Сучасний стан машинобудівної галузі характеризується постійним зростанням вимог до якості та надійності виробів, підвищенням продуктивності праці та зниженням собівартості продукції. Досягнення цих цілей неможливе без впровадження прогресивних технологічних процесів, сучасного обладнання з числовим програмним керуванням та науково обґрунтованих методів проектування виробництва.

Гідравлічні системи тракторів і сільськогосподарських машин є одним із ключових вузлів, що визначають надійність та ефективність роботи всього агрегату. Центральним елементом такої системи є шестеренний насос НШ10У-3, який забезпечує нагнітання робочої рідини під необхідним тиском. Від точності виготовлення корпусних деталей насоса безпосередньо залежать його технічні характеристики, довговічність та герметичність у процесі експлуатації.

Об'єктом дослідження у даній кваліфікаційній роботі є деталь корпус НШ10У-3-02 шестеренного насоса НШ10У-3. Деталь виготовляється з алюмінієвого сплаву АК5М2 методом лиття в кокіль і відноситься до класу корпусних деталей підвищеної точності.

Предметом дослідження є технологічний процес механічної обробки корпусу НШ10У-3-02 в умовах крупносерійного виробництва при річній програмі випуску 128 600 штук.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка раціонального технологічного процесу виготовлення деталі корпус НШ10У-3-02, що забезпечує задані креслеником точність і якість поверхонь при мінімальній собівартості виробництва.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі завдання:

– проведено аналіз конструкції, службового призначення та технологічності деталі;

## 1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

### 1.1 Характеристика вузла та деталі

Насос НШ10У-3 (рисунок 1.1) із правим напрямком обертання ведучого вала слугує для подачі робочої рідини під тиском у гідравлічних системах тракторів, сільськогосподарської техніки та інших машин.

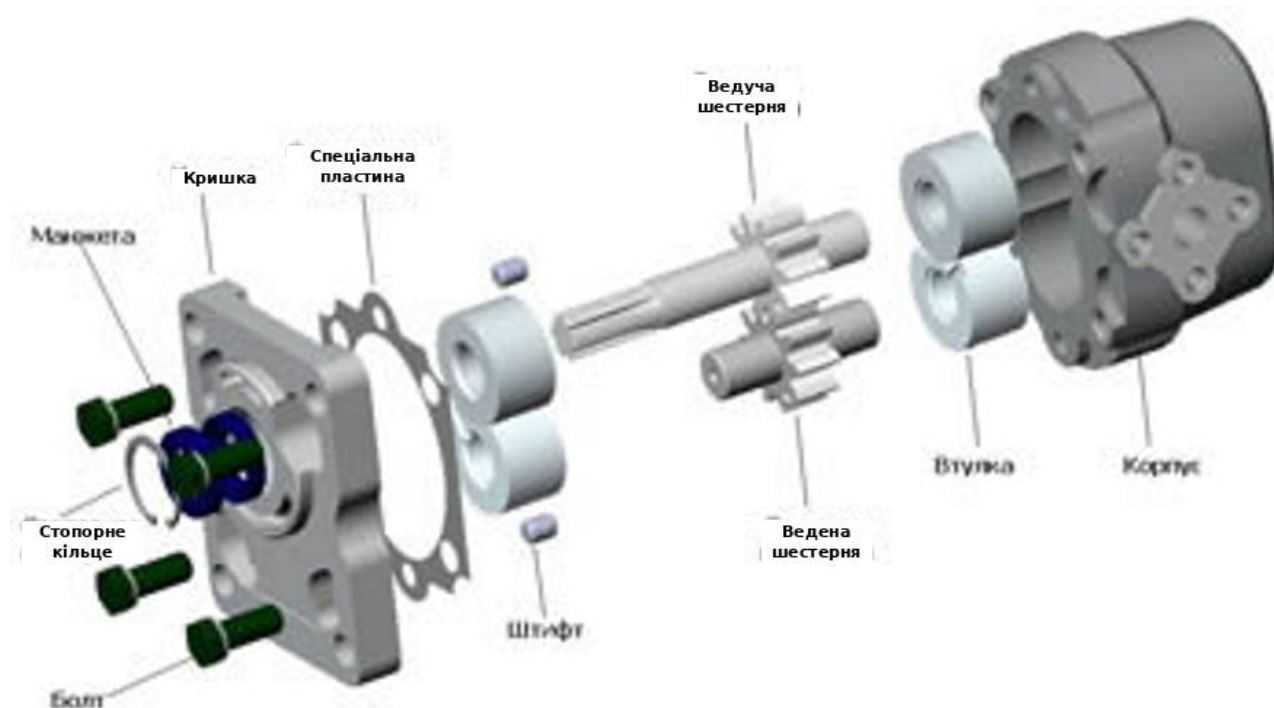


Рисунок 1.1 - Устрій насоса шестеренного НШ10У-3

Насос виступає невід'ємним елементом гідросистеми, перетворюючи механічну енергію силового агрегату на гідравлічну енергію потоку робочої рідини.

Шестеренний насос НШ 10У-3 є складним агрегатом, до складу якого входять насосний вузол, корпусна деталь та кришка.

До насосного вузла входять ведуча та ведена шестерні, а також чотири опорні втулки, що виконують роль підшипників ковзання. Герметизацію з'єднань забезпечують гумові ущільнення зі спеціальної оливостійкої гуми.

Під час роботи насоса завдяки тиску, що генерується в системі, відбувається автоматичне гідравлічне притиснення опорних втулок до торцевих поверхонь шестерень, що забезпечує компенсацію торцевих зазорів і зносу спряжених деталей.

Принцип роботи:

Під час обертання шестерень (рисунок 1.2) у вхідному каналі виникає розрідження, внаслідок чого робоча рідина надходить у зону низького тиску, заповнює западини між зубцями та переноситься до нагнітальної зони (високого тиску), формуючи необхідний тиск у напірній магістралі гідросистеми.

Окрім основної функції, робоча рідина забезпечує мащення та охолодження деталей насоса. Довговічність агрегату значною мірою визначається якісними показниками масла (в'язкість і ступінь забрудненості), адже підшипники ковзання вкрай чутливі до умов змащення.

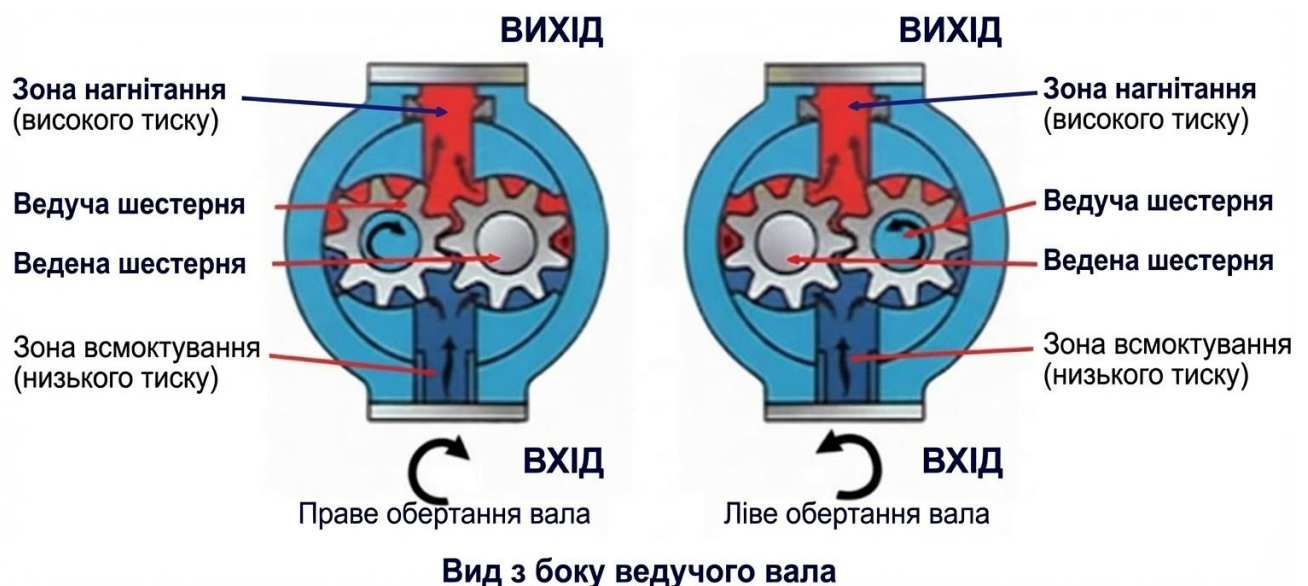


Рисунок 1.2 - Принцип роботи насоса НШ10У-3

Корпус НШ10У-3-02 – (рисунок 1.3) є основною складовою частиною насосу в порожнину якого встановлюються деталі, які забезпечують нагнітання робочої рідини. Деталь має коробчасту форму і відноситься до класу корпусних деталей. Високоміцний корпус з алюмінієвого сплаву АК5М2 гарантує надійну роботу при високому тиску, а конфігурації різьбових і фланцевих отворів під гідролінії задовольняють різні вимоги ринку.

Конструкція корпусу включає торцеві та внутрішні циліндричні поверхні, фаски і різьбові отвори, що забезпечують правильне взаємне орієнтування та кріплення деталей. Головними поверхнями виступають торець 1 (рисунок 1.3) та отвори 7, які фіксують положення корпусу у виробі й одночасно є допоміжними. Внутрішні циліндричні поверхні 5 та торцеві площини 4 є допоміжними, оскільки задають положення суміжних деталей. Отвори 3 призначені для

кріплення кришки, а отвори 8 – для під'єднання фланців гідравлічних магістралей. Решта поверхонь є вільними й слугують для формування зовнішнього вигляду виробу та зручності складання.

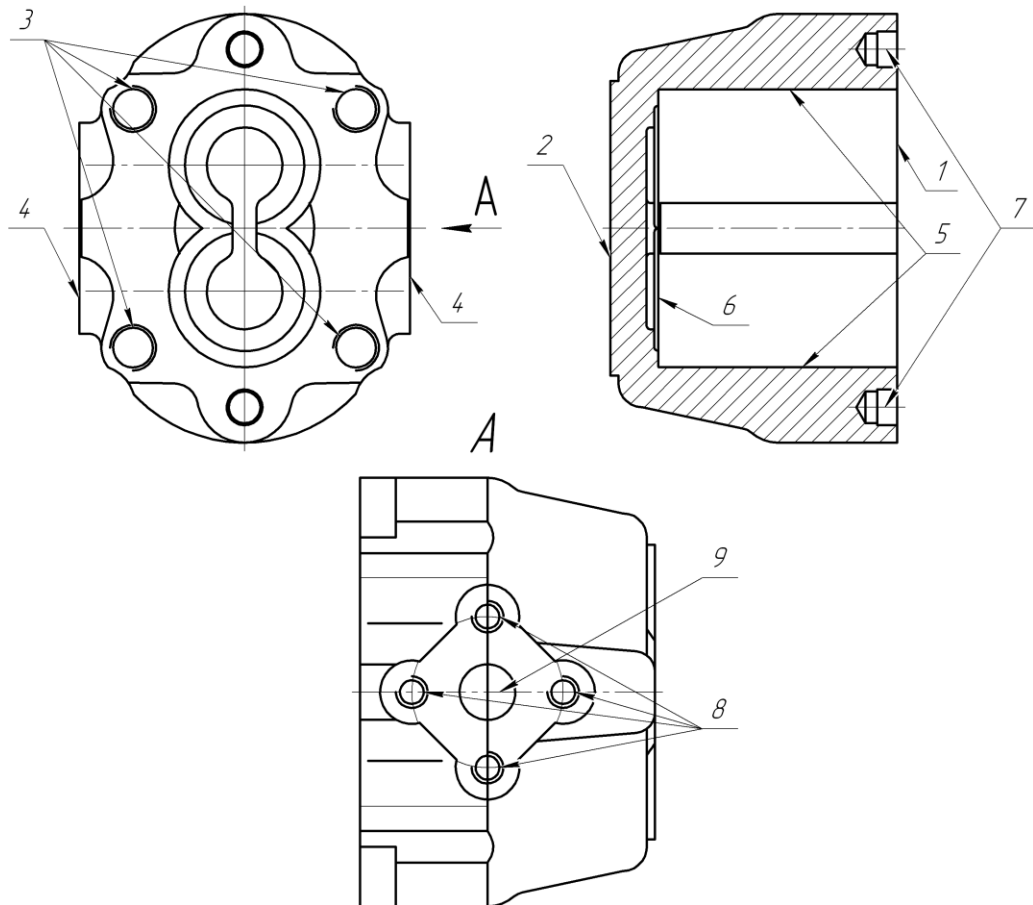


Рисунок 1.3 - Ескіз деталі корпусу НШ10У-3-02

## 1.2 Визначення типу виробництва

Тип виробництва встановлюється на основі значення коефіцієнта закріплення операцій  $K_{з.о.}$ , що розраховується за наступною формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{Q}{P} \quad (1)$$

де  $Q$  – загальна кількість різноманітних операцій базового технологічного процесу, що виконуються на дільниці за розрахунковий календарний період;  
 $P$  – кількість виробничих місць, задіяних у виконанні операцій базового технологічного процесу відповідно до заданого обсягу випуску.

Коефіцієнт закріплення операцій  $K_{з.о.}$  відображає співвідношення між сумарною кількістю різних технологічних операцій, що виконуються у підрозділах протягом місяця, до числа робочих місць.

Обчислення типу виробництва здійснюється з використанням персонального комп'ютера.

Корпус НШ10У-3-02

Вихідні дані

Програма випуску 128 600 шт.

| Номер операції | Дійсний річний фонд часу роботи обладнання | Штучний час |
|----------------|--------------------------------------------|-------------|
| 5              | 3940                                       | 0.8730      |
| 10             | 3940                                       | 1.3330      |
| 15             | 3940                                       | 1.0670      |
| 20             | 3940                                       | 1.0710      |
| 25             | 3940                                       | 0.6860      |
| 30             | 3940                                       | 0.8730      |
| 35             | 3940                                       | 1.2120      |
| 40             | 3940                                       | 1.2000      |

Результати розрахунку

| Номер операції | Розрахункова кількість верстатів | Прийнята кількість верстатів | Кількість операцій на даному верстаті |
|----------------|----------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| 5              | 0.5936                           | 1                            | 1.35                                  |
| 10             | 0.9064                           | 1                            | 0.88                                  |
| 15             | 0.7256                           | 1                            | 1.10                                  |
| 20             | 0.7283                           | 1                            | 1.10                                  |
| 25             | 0.4665                           | 1                            | 1.71                                  |
| 30             | 0.5936                           | 1                            | 1.35                                  |
| 35             | 0.8241                           | 1                            | 0.97                                  |
| 40             | 0.8160                           | 1                            | 0.98                                  |

Коефіцієнт закріплення операцій – 1.180631

Тип виробництва – крупносерійний

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

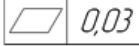
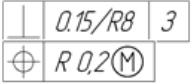
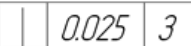
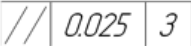
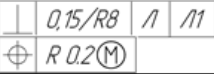
### 2.1 Аналіз точності та технологічності деталі

Аналіз параметрів точності деталі проводиться з метою оцінювання їх відповідності вимогам механічної обробки, чинним стандартам та функціональному призначенню.

Характеристика точності механічної обробки включає показники точності розмірів, геометричної форми, взаємного розташування поверхонь деталі та їх шорсткості.

З метою систематизації параметрів точності виконується ескіз деталі (рис 1.4) із нумерацією оброблюваних поверхонь, після чого складається таблиця вимог до точності.

Таблиця 2.1 - Точність параметрів деталі корпус

| Позначення поверхні | Назва поверхні                           | Розміри з відхиленнями, що задані на кресленні | Точність поверхні (квалітет) | Точність відносних поворотів, відстаней, розміщення поверхонь                        | Точність форми                                                                        | Шорсткість поверхні (Ra) |
|---------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1                   | 2                                        | 3                                              | 4                            | 6                                                                                    | 7                                                                                     | 8                        |
| 1                   | Площина роз'єму                          | $78 \pm 0,45$                                  | -                            | -                                                                                    |  | 2,5                      |
| 2                   | Площина під маркування                   | $74^{+0,2}$                                    | h14                          | -                                                                                    | -                                                                                     | 2,5                      |
| 3                   | Отвори з різьбою                         | M10                                            | 6H                           |  | -                                                                                     | 3,2                      |
| 4                   | Площина платика                          | $83 \pm 0,3$                                   | -                            | -                                                                                    |  | 2,5                      |
| 5                   | Внутрішній циліндричний отвір            | $\varnothing 38,1^{+0,030}_{+0,005}$           | H8                           |  | -                                                                                     | 1,6                      |
| 6                   | Торець внутрішнього циліндричного отвору | $60^{+0,04}_{-0,03}$                           | h12                          |  | -                                                                                     | 1,6                      |
| 7                   | Отвори під штифти                        | $\varnothing 7,99^{(+0,058)}$                  | H10                          |  | -                                                                                     | 2,5                      |
| 8                   | Кріпильні отвори                         | M8                                             | 6H                           | -                                                                                    | -                                                                                     | 3,2                      |
| 9                   | Отвір                                    | $\varnothing 14^{+0,43}$                       | H14                          | -                                                                                    | -                                                                                     | 12,5                     |

Найсуворіші вимоги щодо точності та якості поверхні висуваються до таких поверхонь:

Поверхня 5 – внутрішній циліндричний отвір  $\varnothing 69,85^{+0,05}$  з шорсткістю поверхні Ra 1,6 та допуском перпендикулярності 0,025.

Поверхня 6 – торець внутрішнього циліндричного отвору розмір з шорсткістю поверхні Ra 1,6 та допуском паралельності 0,025.

Поверхні 5, 6 визначають положення втулок та шестерень, тому від їх точності та взаємного розміщення залежить довговічність підшипників та валів шестерень, витрати енергії на передачу потужності, а також шумність роботи.

Поверхня 1 – Площина роз'єму розміром  $78 \pm 0,45$  з шорсткістю Ra 2,5 та допуском площинності 0,03. Витримана точність цієї поверхні потрібна для щільного з'єднання корпусу з кришкою насоса, для створення необхідної герметичності, що в свою чергу створює відповідні умови роботи під тиском.

Поверхня 7 – Отвори під штифти  $\varnothing 7,99^{(+0,058)}$  з шорсткістю поверхні Ra 2,5 та позиційним допуском 0,2 і допуском перпендикулярності 0,15. Застосовується як установчі елементи для необхідної орієнтації деталей, які взаємно сполучаються, а також при необхідності для захисту з'єднаних деталей від бокових зміщуючих зусиль.

Проведемо аналіз технологічності деталі корпус НШ10У-3-02.

Критерії технологічності:

1. З точки зору форм та розмірів, деталь корпус не технологічна, тому що має внутрішні циліндричні переривчасті поверхні та різьбу в глухих отворах.
2. З точки зору коефіцієнта використання матеріалу для деталі:

$$K_{BM} = \frac{M}{M_M} = \frac{0,73}{0,85} = 0,86, \text{ де } M - \text{ маса деталі; } M_M - \text{ маса заготовки.}$$

Так як коефіцієнт  $K_{BM} = 0,86$ , що перевищує 0,5, тому – деталь є технологічною.

3. За критерієм одержання заготовки деталь є нетехнологічною, оскільки потребує застосування спеціального оснащення – кокільної форми.

4. З точки зору базування – деталь базується на усіх операціях крім 005 по торцевій поверхні 2 та отворах 7. Має хороші базові поверхні і є технологічною.

5. З точки зору використання металоріжучих верстатів деталь є не технологічною, це обумовлено тим що на більшості операціях базового технологічного процесу використовуються спеціальні верстати (агрегатні).

6. З точки зору використання ріжучих інструментів – деталь є технологічною, тому що на більшості механічних операціях використовуються стандартизовані (універсальні) ріжучі інструменти, такі як: свердла, фрези, розточувальні головки, зенкери, розвертки, мітчики.

7. З точки зору використання затискних та вимірювальних пристроїв деталь є не технологічною, це обумовлено тим що деталь корпус вимагає спеціальних затискних та вимірювальних пристроїв при контролі деяких параметрів точності.

За результатами проведеного аналізу деталь корпус визнається нетехнологічною.

## **2.2 Аналіз діючого технологічного процесу**

Деталь корпус виготовляється на базовому підприємстві «Гідросила» за робочим технологічним процесом. Технологічний процес забезпечує точність та якість поверхонь деталі, що задані на кресленні. Базовий технологічний процес представлено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Базовий технологічний процес деталі корпус НШ10У-3-02

| № оп. | Назва операції та короткий зміст                                                 | Обладнання                               | T <sub>шт.</sub> |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------|
| 1     | 2                                                                                | 3                                        | 4                |
| 200   | Карусельно-фрезерна<br>Фрезерувати площину під маркування та площину роз'єму.    | Карусельно-фрезерний<br>621МС            | 0,873            |
| 205   | Видавлювання<br>Видавити текст напису.                                           | Прес ГМ 2657                             | 0,5152           |
| 210   | Видавлювання<br>Видавити номер та дату.                                          | Прес ГМ 1574                             | 0,187            |
| 215   | Агрегатна<br>Свердлити, зенкерувати, розвернути отвори на площині роз'єму.       | Агрегатний<br>2ХА1547                    | 1,333            |
| 220   | Горизонтально-фрезерна.<br>Фрезерувати платики.                                  | Горизонтально-фрезерний 6Р81             | 1,067            |
| 225   | Агрегатна<br>Обробити отвори в платиках                                          | Агрегатний<br>2ХА1546                    | 1,071            |
| 235   | Алмазно-розточна<br>Розточити отвори під штифти, точити фаски.                   | Алмазно-розточний<br>ОС 3893             | 0,686            |
| 237   | Алмазно-розточна<br>Розточити колодці, підрізати дно колодців попередньо.        | Алмазно-розточний<br>ОС 3898             | 0,873            |
| 238   | Алмазно-розточна<br>Розточити колодці, підрізати дно колодців кінцево.           | Алмазно-розточний<br>КК 3225             | 1,212            |
| 245   | Різьбонарізна<br>Нарізати різьбу в 12-ти отворах на площині роз'єму та платиках. | Різьбонарізний<br>Спеціальний<br>020-106 | 1,2              |

У чинному базовому технологічному процесі застосовуються морально застарілі моделі верстатів та агрегатне обладнання, тоді як верстати з числовим програмним керуванням не використовуються.

Водночас є можливість удосконалити технологічний процес шляхом об'єднання кількох операцій в одну з виконанням на сучасних багатофункціональних обробляючих центрах із ЧПУ.

Впровадження таких змін сприятиме скороченню парку верстатів, тривалості механічної обробки, витрат електроенергії та чисельності персоналу, а також підвищенню гнучкості технологічного процесу, що в підсумку знизить собівартість виготовлення деталей.

## 2.3 Вибір заготовки та способу їх отримання

З урахуванням конструктивних особливостей та функціонального призначення матеріалом для виготовлення корпусу обрано алюмінієвий сплав АК5М2.

Алюмінієві сплави відрізняються поєднанням достатньо високої механічної міцності та малої питомої маси. Важливою перевагою також є добра оброблюваність різанням.

Для механічної обробки деталей із цього матеріалу доцільно застосовувати інструменти, оснащені твердосплавними ріжучими пластинами.

Хімічний склад матеріалу деталі корпус наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Хімічний склад

| Марка матеріалу | Склад елементів, % |         |     |          |     |         |     |          |           |
|-----------------|--------------------|---------|-----|----------|-----|---------|-----|----------|-----------|
|                 | Cu                 | Si      | Fe  | Mg       | Zn  | Mn      | Ni  | Ti       | Al        |
| AK5M2           | 1.5-3.5            | 4.0-6.0 | 1.0 | 0.2-0.85 | 1.5 | 0.2-0.8 | 0.5 | 0.05-0.2 | 86.6-94.1 |

Механічні властивості матеріалу деталі корпус наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Механічні властивості матеріалу

| Норма матеріалу | Св, МПа | d5, % | Твердість, НВ |
|-----------------|---------|-------|---------------|
| AK5M2           | 118-206 | 0.5-2 | 65-75         |

де d5 - Відносне подовження при розриві [ % ];

Св - Межа короткочасної міцності [МПа].

Заготовки одержують методом виливання, а саме шляхом лиття в металеві форми – кокілі.

До основних переваг кокільного лиття належать: багаторазовість використання форми; висока точність розмірів і форми; якісна поверхня заготовки; дрібнозерниста структура металу; відносно висока продуктивність;

низька трудомісткість і собівартість заготовок; відсутність необхідності у висококваліфікованих робітниках; менші виробничі площі; відсутність операцій очищення від формувальної суміші; легкість механізації й автоматизації процесу.

Лиття в кокіль дозволяє отримати виливки з точністю розмірів поверхонь до 12-го квалітету та шорсткістю за параметром Ra до 4 мкм.

Серед недоліків методу слід відзначити: значну вартість оснащення; ризик утворення тріщин у відливках; складність виготовлення тонкостінних виробів через прискорене охолодження, а також обмеження за максимальною масою виливків.

## **2.4 Вибір методів обробки поверхонь**

Сучасна теорія технології машинобудування представляє побудову раціонального технологічного процесу виготовлення деталі як направлений пошук з використанням багатьох конструктивних, функціональних, економічних особливостей та обмежень, а також особливостей керування і організації виробництва. На більшості цих особливостей великий вплив має підмножина маршрутів обробки окремих поверхонь деталі. Таку підмножину маршрутів можна визначити виходячи з необхідної точності та шорсткості оброблюваних поверхонь деталі та точності заготовки на підставі закону копіювання похибок з урахуванням типових маршрутів обробки поверхонь і таблиць економічної точності різних методів обробки.

Загальне уточнення розраховуються за формулою:  $\varepsilon_3 = \delta_3 / \delta_d$

Загальне уточнення розраховується для кожної поверхні, що підлягає обробці. Отримані результати зводяться до таблиці 2.5.

Розрахунок здійснюється для поверхні 5 – внутрішнього циліндричного отвору деталі корпус (рисунок 1.3).

Допуск на деталь становить  $\delta_d = 0,025$  мм, шорсткість Ra 0,16 мкм, а допуск на заготовку  $\delta_3 = 0.7$  мм. Загальне уточнення дорівнює  $\varepsilon_3 = \delta_3 / \delta_d = 28$

Вибираємо два маршрути обробки:

Перший маршрут складається з розфрезерування контуру, чистового та тонкого розточування.

Другий маршрут складається згідно таблиці з чорнового, чистового та тонкого розточування.

Економічні допуски на проміжні методи обробки ( $T_d$ ) та частинні коефіцієнти уточнення становлять:

Перший маршрут:

$$\varepsilon_1 = T_{d_{\text{заг}}} / T_{d_1} = 0,7 / 0,21 = 3,33$$

$$\varepsilon_2 = T_{d_1} / T_{d_2} = 0,21 / 0,16 = 1,31$$

$$\varepsilon_3 = T_{d_2} / T_{d_3} = 0,16 / 0,025 = 5,4$$

Другий маршрут:

$$\varepsilon_1 = T_{d_{\text{заг}}} / T_{d_1} = 0,7 / 0,25 = 2,8$$

$$\varepsilon_2 = T_{d_1} / T_{d_2} = 0,25 / 0,11 = 2,27$$

$$\varepsilon_3 = T_{d_2} / T_{d_3} = 0,11 / 0,025 = 4,4$$

Фактичне уточнення розраховується за формулою:  $\varepsilon_{\phi} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3$

Для першого маршруту:  $\varepsilon_{\phi} = 3,33 \cdot 1,31 \cdot 5,4 = 27,92$

Для другого маршруту:  $\varepsilon_{\phi} = 2,8 \cdot 2,27 \cdot 4,4 = 27,97$

Отже  $\varepsilon_{\phi} \approx \varepsilon_3$  таким чином назначений маршрут обробки заданої поверхні достатній та вибраний правильно, тобто забезпечує необхідну точність та шорсткість поверхні.

Таблиця 2.5 - Технологічні маршрути обробки поверхонь деталі корпус  
НШ10У-3-02

| Позначення поверхні | Допуск на поверхню за кресленням $\delta_{\text{кр}}$ , мм | Шорсткість поверхні $R_a$ , мкм | Допуск на заготовку поверхні $\delta_z$ , мм | Загальне уточнення $\epsilon_z$ | Можливі технологічні маршрути обробки                                                                                                                                  | Економічні допуски на проміжні методи обробки | Частинні коефіцієнти уточнення            | $\epsilon_{\text{ф}}$  |
|---------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|
| 1                   | 2                                                          | 3                               | 4                                            | 5                               | 6                                                                                                                                                                      | 7                                             | 8                                         | 9                      |
| 5                   | 0,025                                                      | 1,6                             | 0,7                                          | 28                              | 1-й маршрут<br>1.Розфрезерувати<br>2.Розточуван. чистове<br>3.Розточуван. тонке<br>2-й маршрут<br>1.Розверчув. нормальне<br>2. Розверчув. точне<br>3. Розверчув. тонке | 0,21<br>0,16<br>6,4<br>0,25<br>0,11<br>0,025  | 3,33<br>1,31<br>5,4<br>2,8<br>2,27<br>4,4 | 27,9<br>2<br>27,9<br>7 |
| 1,2,4               | 0,6                                                        | 2,5                             | 0,9                                          | 1,5                             | Фрезерування                                                                                                                                                           | 0,6                                           | 1,5                                       | 1,5                    |
| 3,8                 | 6H                                                         | 3,2                             | -                                            | -                               | 1.Свердління                                                                                                                                                           | 0,300                                         | -                                         | -                      |
|                     |                                                            |                                 | -                                            | -                               | 2.Нарізання різьби                                                                                                                                                     | 0,150                                         | -                                         | -                      |
| 6                   | 0,7                                                        | 1,6                             | 0,8                                          | 1,14<br>3                       | 1.Розточити начорно<br>2.Розточити тонко                                                                                                                               | 0,19<br>0,7                                   | 4,21<br>0,27                              | 1,13<br>7              |
| 7                   | 0,058                                                      | 2,5                             | 0,09                                         | 1,55<br>1                       | 1.Свердління<br>2.Розточуван. кінцеве                                                                                                                                  | 0,150<br>0,058                                | 0,6<br>2,59                               | 1,55<br>4              |
| 9                   | 0,43                                                       | 12,5                            | -                                            | -                               | Свердління                                                                                                                                                             | 0,43                                          | -                                         | -                      |

## 2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі

Технологічний маршрут обробки деталі розробляється з урахуванням обраних маршрутів окремих поверхонь, типу виробництва, можливостей металорізального обладнання, технічних вимог та розмірних зв'язків за

кресленням. Зміст маршруту подається як послідовність найменувань операцій, стислого опису переходів і застосовуваних верстатів.

Розроблений технологічний процес приведено нижче.

#### 001 Транспортна

Електронавантажувач EB-710

Транспортувати виливки зі складу на ділянку механічної обробки.

#### 005 Комплексна

Обробляючий центр HAAS VF-3

Фрезерувати площину роз'єму, свердлити, зенкерувати, розвернути отвори, розточити отвори під штифти, точити фаски, розточити колодці, підрізати дно колодців попередньо та кінцево.

#### 006 Промивка

Мийна машина ГМ 752

Промити деталі.

#### 010 Горизонтально-фрезерна

Горизонтально-фрезерний 6P81

Фрезерувати площину під маркування.

#### 015 Видавлювання

Прес ГМ 2657

Видавити текст напису.

#### 020 Видавлювання

Прес ГМ 1574

Видавити номер та дату.

#### 025 Комплексна

Обробляючий центр HAAS VF-3

Фрезерувати платики, обробити отвори в платиках.

#### 030 Різьбонарізна

Різьбонарізний спеціальний 020-106

Нарізати різьбу в отворах на площині роз'єму та платиках.

#### 031 Промивка

Мийна машина ГМ 752

Промити деталі.

032 Обдувочна

Камера обдувочна 082-023

Продути та промити деталь.

033 Контрольна

Стіл ГМ 1486

Перевірити розміри.

## **2.6 Вибір технологічних баз**

Виконання технічних вимог до деталі досягається обґрунтованим вибором схеми базування при механічній обробці. Схема базування повинна гарантувати достатню жорсткість закріплення заготовки, точність її орієнтації в пристосуванні та надійність фіксації.

Вибір технологічних баз розпочинається з чорнової бази, яка використовується на першій операції для підготовки чистових баз подальшої обробки. При виборі чорнової бази необхідно забезпечити рівномірне знімання припуску з найточніших і найважливіших поверхонь деталі. Вибір баз ведеться відповідно до принципів суміщення та постійності баз. У разі вимушеної зміни бази слід переходити від менш точної до більш точної поверхні.

Для деталі корпус за чорною базою слугує площа під маркування – поверхня 2 (рисунок 1.3). На першій операції проводиться повна обробка площини роз'єму та підготовка чистових баз для подальших операцій. На операціях 010, 015 базування здійснюється по торцевій поверхні 2 як установчій базі та отворах 7 як напрямних та опорних базах.

Прийняті схеми базування на інші операції для деталі корпус приведені в таблиці 2.6.

## **2.7 Розробка структури та змісту технологічних операцій, вибір металорізальних верстатів для їх здійснення**

На основі розробленого маршруту обробки деталі, маршрутів обробки окремих поверхонь та аналізу розміщення розмірів з урахуванням технічних вимог до кожної поверхні, формується структура та зміст операцій із зазначенням їх номерів і найменувань.

Структура та зміст технологічних операцій деталі корпус наведено таблиці 2.7.

В проектуємому технологічному процесі на деталь корпус застосовується модель обробляючого центру HAAS VF-3 (рисунок 2.1).

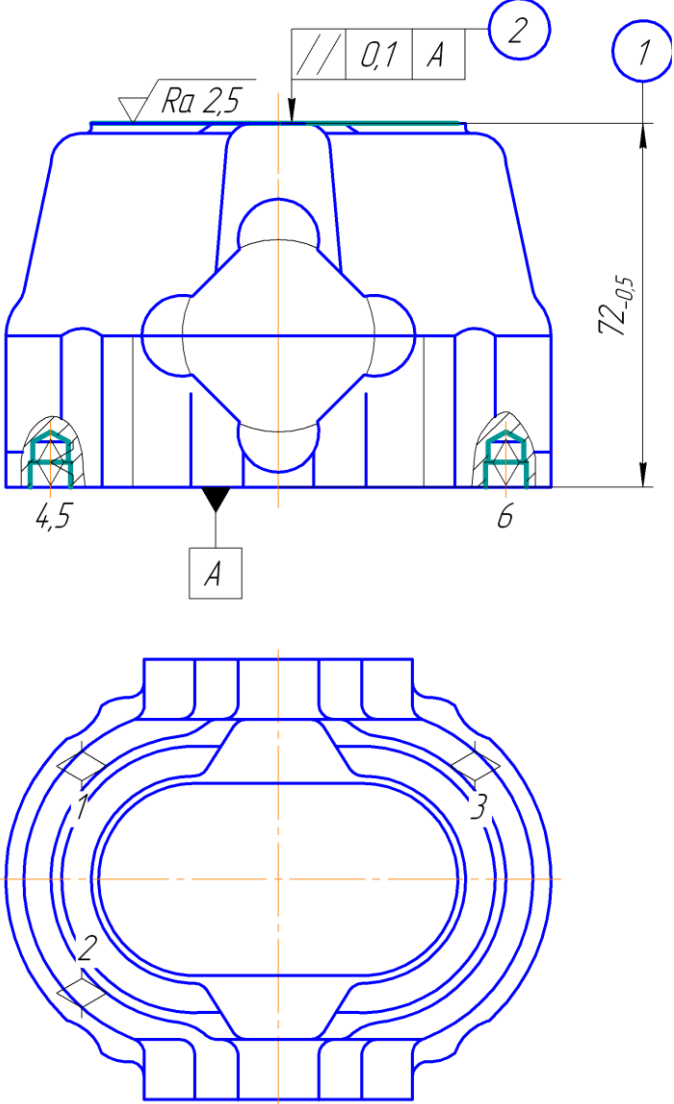


Рисунок 2.1 - Вертикальний обробляючий центр Haas VF-3

Таблиця 2.7 - Структура та зміст технологічних операцій деталі корпус

| № та назва опер      | Модель версту, назва                 | Операційний ескіз | Зміст операції                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------|--------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                    | 2                                    | 3                 | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 005 Комплексна з ЧПУ | Фрезерний обробляючий центр HAAS VF3 |                   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити та закріпити деталь.</li> <li>2. Фрезерувати площину роз'єму витримуючи розмір 1 та допуск 2.</li> <li>3. Розфрезерувати контур витримуючи розміри 18,21,22,23 та допуск 19.</li> <li>4. Розточити начисто колодці витримуючи розміри 22,30,31,32 та допуск 35.</li> <li>5. Розточити тонко колодці витримуючи розміри 22,33,37 та допуски 34,36,38,39.</li> <li>6. Свердли 2 отв.. під штифти витримуючи розміри 13,14,17,29 та допуски 15.</li> <li>7. Розточити кінцево 2 отв.. під штифти витримуючи розміри 13,26,27 та допуск 28.</li> <li>8. Свердли одночасно 4 отв. витримуючи розміри 3,4,5,6,10,12 та допуски 11.</li> <li>9.Зенкерувати фаску в 4 отв.. витримуючи розмір 16.</li> <li>10. Відкріпити та зняти деталь.</li> </ol> |

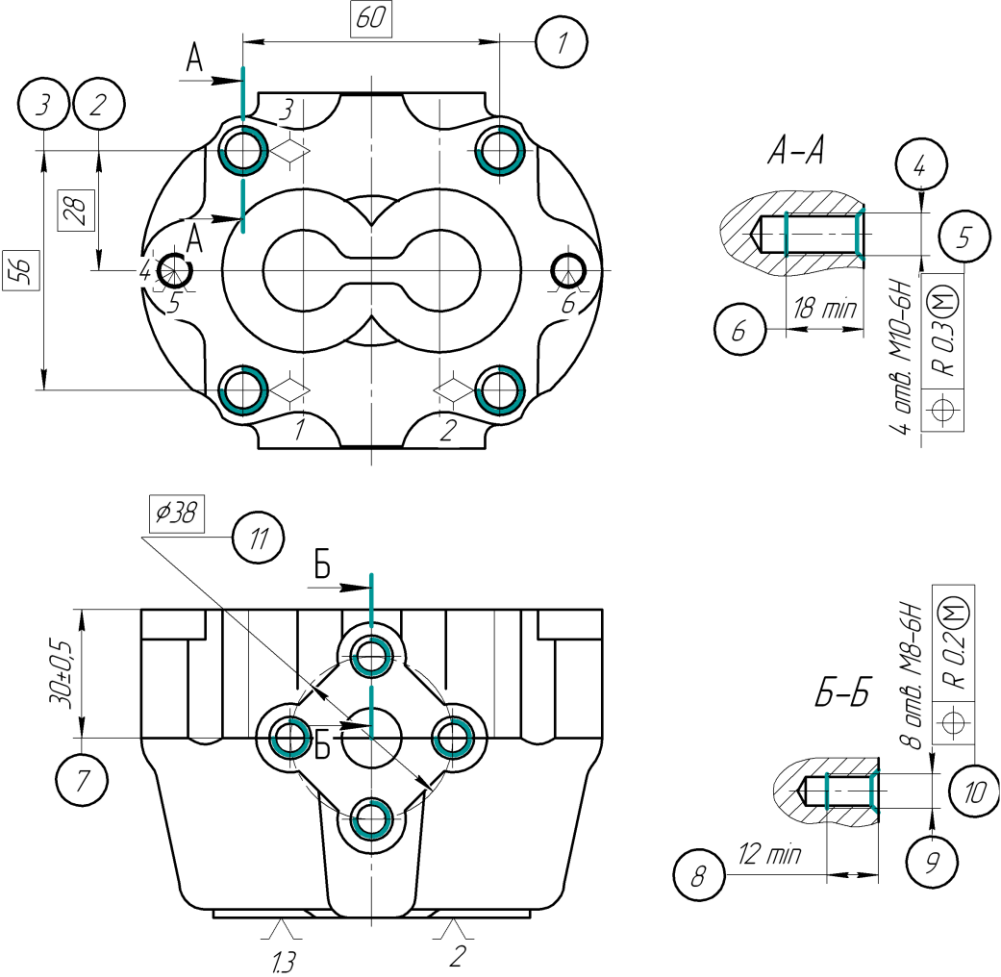
Продовження таблиці 2.7

| 1                          | 2                            | 3                                                                                   | 4                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 010 Горизонтально-фрезерна | Горизонтально-фрезерний 6Р81 |  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити та закріпити деталь.</li> <li>2. Фрезерувати площину під маркування витримуючи розмір 1 та допуск 2.</li> <li>3. Відкріпити та зняти деталь.</li> </ol> |

Продовження таблиці 2.7

| 1                    | 2                                    | 3                                                                                                                                                                                                    | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 025 Комплексна з ЧПУ | Фрезерний обробляючий центр HAAS VF3 | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><i>Установ А</i></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><i>Установ Б</i></p> </div> </div> | <p>Установ А</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити та закріпити деталь в установу А.</li> <li>2. Фрезерувати площину платика витримуючи розмір 2 та допуск 1.</li> <li>3. Свердлити отвір витримуючи розміри 3,4.</li> <li>4. Свердлити 4 отв. послідовно витримуючи розміри 5,6,8 та допуск 7.</li> <li>5. Зенкерувати фаску в 4 отв. витримуючи розмір 9.</li> <li>6. Відкріпити, перевстановити деталь в установу Б</li> </ol> <p>Установ Б</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>7. Фрезерувати площину платика витримуючи розмір 2 та допуск 1.</li> <li>8. Свердлити отвір витримуючи розміри 3,4.</li> <li>9. Свердлити 4 отв. послідовно витримуючи розміри 5,6,8 та допуск 7.</li> <li>10. Зенкерувати фаску в 4 отв. витримуючи розмір 9.</li> <li>11. Відкріпити та зняти деталь.</li> </ol> |

Продовження таблиці 2.7

| 1                 | 2                                  | 3                                                                                   | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 030 Різьбонарізна | Різьбонарізний спеціальний 020-106 |  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити та закріпити деталь.</li> <li>2. Нарізати різьбу в 4 отв. Одночасно витримуючи розміри 1,2,3,4,6 та допуск 5.</li> <li>3. Нарізати різьбу в 8 отв. Одночасно витримуючи розміри 7,8,9,11 та допуск 10.</li> <li>4. Відкрити та зняти деталь.</li> </ol> |

Вертикальний обробний центр Haas VF-3 з переміщеннями в робочій зоні 1016 x 508 x 635 мм зібраний з литих чавунних компонентів, що забезпечують ефективне гасіння демпфірування вібрацій.

VF-3 обладнаний картриджем-шпинделем типу з конусом ISO 40 з векторним приводом потужністю 14,9 кВт, крутним моментом 102 Нм при  $n = 1400$  об / хв, або 339 Нм при 450 об / хв при наявності додаткового 2-швидкісного редуктора, а також досягає швидкість до 7500 об / хв за 1,2 секунди для чистової обробки алюмінію.

#### Особливості:

- повністю відлита чавунна станина;
- повністю закрита герметична захисна огорожа;
- серводвигуни переміщень по осях з прямою передачею моменту;
- сталеві загартовані підшипникові блоки напрямних;
- система автоматичного змащення напрямних і ШВП;
- ШВП з подвійним кріпленням і попередньо натягнутої гайкою;
- система компенсації теплових розширень ШВП;
- відкатна конструкція бака для МОР.

Вертикальний обробляючий центр обладнаний інструментальним магазином барабанно-важільного типу. Магазин повністю закритий з усіх боків, а вільні позиції добре захищені від попадання стружки і емульсії механічно керованим екранами-шторками.

Кількість позицій в інструментальному магазині - 20

Час зміни інструменту 4.2 с.

Вибрані верстати та їх технічна характеристика для обробки корпусу НШ10У-302 наведено у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Металорізальні верстати для обробки корпусу НШ10У-3-02

| № операції | Модель та найменування верстату          | Стисла технічна характеристика                             |                                           |                   |                  |                                 |
|------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------|------------------|---------------------------------|
|            |                                          | Габаритні розміри робочого столу чи макс. діаметр. обробки | Ряд частот обертання ( $\text{хв}^{-1}$ ) | Ряд подач (мм/хв) | Потужність (кВт) | Габаритні розміри верстату (мм) |
| 005        | Вертикальний обробляючий центр HAAS VF-3 | Ø406                                                       | 7500                                      | -                 | 14.9             | 3210х<br>1540х<br>1880          |
| 010        | Горизонтально-фрезерний 6P81             | 250х1000                                                   | 50-1600                                   | 16                | 3                | 1480х<br>1990х<br>1630          |
| 015        | Прес ГМ 2657                             | ø 400<br>h=700                                             | 150..150<br>0                             | 0,1..4            | 2.8              | 4850х<br>4025х<br>4750          |
| 020        | Прес ГМ 1574                             | ø 400<br>h=500                                             | 45..1600                                  | 0,2..4,2          | 2.8              | 2390х<br>805х<br>1130           |
| 025        | Вертикальний обробляючий центр HAAS VF-3 | Ø406                                                       | 7500                                      | -                 | 14.9             | 3210х<br>1540х<br>1880          |
| 030        | Спеціальний різьбонарізний 020-106       | ø 400<br>h=250                                             | 63..250                                   | 0,5..20           | 5                | 1610х<br>1380х<br>2400          |

## 2.8. Вибір затискних пристроїв

Вибір типу та конструктивних особливостей затискних пристроїв для кожної операції здійснюється відповідно до прийнятої схеми базування деталі та типу виробництва. Відомості про обрані затискні пристрої заносимо до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Затискні пристрої для обробки деталі корпус НШ10У-3-02

| № опер. | Найменування пристрою                                             | Стандарт (код)                           | Вид приводу  |
|---------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------|
| 1       | 2                                                                 | 3                                        | 4            |
| 005     | Пристрій спеціальний                                              | 7221-4140                                | Пневматичний |
| 010     | 1.Пристосування з пневмозатиском<br>2.Палець зрізаний<br>3.Палець | 7221-4139<br>7221-4139-177221<br>4139-18 | Пневматичний |
| 005     | Пристрій спеціальний                                              | 7221-4141                                | Пневматичний |
| 025     | Пристрій спеціальний (двухмісний)                                 | -                                        | Пневматичний |
| 030     | Пристосування з пневмозатиском                                    | 020-106-01-00                            | Пневматичний |

## 2.9 Вибір різальних інструментів

З урахуванням методу та стадії обробки, типу виробництва, фізико-хімічних властивостей матеріалів заготовки й інструменту, його міцності та стійкості, а також характеру виконуваної обробки для кожного переходу підбирається відповідний різальний інструмент. Відомості про обрані інструменти вибираємо з довідників. Характеристики вибраного інструменту наведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Різальний інструмент для обробки деталі корпус НШ10У-3-02

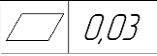
| Номер    |          | Найменування інструменту | Стандарт (код) на державку | Стандарт (код) на різальну пластину | Різальна частина |               |
|----------|----------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------------|------------------|---------------|
| Операції | Переходу |                          |                            |                                     | Матеріал         | Стандарт      |
| 1        | 2        | 3                        | 4                          | 5                                   | 6                | 7             |
| 005      | 2        | Фреза торцева Ø150       | HP E90AN-D12-2-M8          | HP ANKT 0702                        | P6M5             | ГОСТ 19265-73 |
|          | 3        | Фреза Ø36,5              | ECM D040-CF4               | R90MT 1205-T                        | IC28             | ISO N21-28    |
|          | 4        | Різець розточний         | DWLNL2020K08               | WNMG080408-GN UE6020                | IC9015           | ISO P1-11     |
|          | 5        |                          | DWLNL2020K12               | CNMG120408-SW UE6110                | IC9015           | ISO P1-11     |
|          | 6        | Свердло Ø7               | DIN 6535                   | SCD 061-080-043-080 AG5             | IC908            | ISO P1-11     |
|          | 8        | Різець розточний         | PDJNL2020K16               | VNGG160401-FJ VP10RT                | IC908            | ISO P1-11     |
|          | 9        | Свердло Ø8,3             | DIN 6535                   | SCD 061-080-064-080 ACG8            | IC908            | ISO P1-11     |
| 010      | 2        | Фреза Ø150               | 2214-0505                  | 721(ONT)-0903                       | BK6              | ГОСТ 25424-82 |
| 025      | 2,7      | Фреза Ø125               | HP E90AN-D12-2-M8          | HP ANKT 0702                        | P6M5             | ГОСТ 19265-73 |
|          | 3,8      | Свердло Ø14              | DIN 6535                   | SCD 061-080-140-080 AG5             | IC908            | ISO P1-11     |
|          | 4,9      | Свердло Ø6,8             | DIN 6535                   | SCD 061-080-043-080 AG5             | IC908            | ISO P1-11     |
|          | 5,10     | Зенківка                 | 2353-4076                  | AMC 60/40                           | BK8              | ГОСТ 2424-83  |

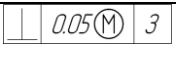
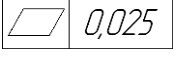
|     |   |               |           |   |     |               |
|-----|---|---------------|-----------|---|-----|---------------|
| 030 | 2 | Мітчик М10-6Н | 2620-4212 | - | ВК8 | ГОСТ 25424-83 |
|     | 3 | Мітчик М8-6Н  | 2620-4077 | - | ВК8 | ГОСТ 25424-83 |

## 2.10 Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів

Засоби технічного контролю для кожної операції обираються з урахуванням необхідної точності вимірювання, розмірів і якості контрольованих поверхонь, а також типу виробництва. Вибрані засоби технічного контролю наведені в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 - Вимірювальний інструмент і контрольні пристрої для корпусу  
НШ10У-3-02

| Номер операції | Параметр деталі, який контролюється                                                      | Найменування вимірювального інструменту, код             | Стандарт на конструкцію |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1              | 2                                                                                        | 3                                                        | 4                       |
| 005            | 78±0,45                                                                                  | 1 МИГ Індикатор                                          | ГОСТ 9473-80            |
|                |  0,03 | Пристосування для контролю допуску площинності 8533-4075 | -                       |
|                | Ø8,3 <sup>+0,1</sup>                                                                     | Калібр-пробка 8133-0902                                  | СТП 23.113.01.073-78    |
|                | Ø36,7                                                                                    | Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1                              | ГОСТ 166-8980           |
|                | Ø8, Ø7,<br>Ø36,5, Ø43                                                                    | Калібр на розташування отворів 8534-4419                 | -                       |
|                | Ø 7,99 <sup>+0,058</sup>                                                                 | Калібр-пробка 8133-0802                                  | -                       |
|                | 5 <sup>+0,5</sup>                                                                        | Калібр на глибину 8151-4535                              | -                       |

|     |                                                                                   |                                                   |                      |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------|
|     |  | Калібр для контролю позиційного допуску 8534-4586 | -                    |
|     | $\varnothing 37,5^{+0,05}$                                                        | Нутромір НЦ 18-50                                 | ГОСТ 9244-75         |
|     | $59,7 \pm 0,05$                                                                   | Нутромір НЦ 50-100                                | ГОСТ 9244-75         |
|     |  | 1 МИГ Індикатор                                   | ГОСТ 9696-82         |
|     | $\varnothing 38,1^{+0,005}$                                                       | Кільце для налаштування нутроміра 8124-0303       | СТП 23.113.411.74    |
|     | $\varnothing 69,85^{+0,005}$                                                      | Кільце для налаштування нутроміра 8124-0305       | СТП 23.113.411.74    |
| 010 | $72_{-0,5}$                                                                       | Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1                       | ГОСТ 166-89          |
|     |                                                                                   | Профілометр системи «М»                           | ГОСТ 19300-86        |
| 025 |  | Пристосування для контролю площинності 8533-4075  | -                    |
|     | $\varnothing 14^{+0,43}$                                                          | Калібр-пробка 8133-0903                           | СТП 23.113.01.073-78 |
|     | $\varnothing 6,7^{+0,26}$                                                         | Калібр-пробка 8133-0903                           | СТП 23.113.01.073-78 |
|     | $30 \pm 0,2$                                                                      | Калібр на розмір 8534-4404                        | -                    |
|     | $17^{+0,5}$                                                                       | Калібр на глибину отворів 8151-4596               | -                    |
| 030 | M8-6H                                                                             | Калібр на глибину різьби 12 min 8151-4089         | -                    |
|     | M10-6H                                                                            | Калібр на глибину різьби 18 min 8151-4712-02      | -                    |
|     | M8-5H6H                                                                           | Пробка 8221-3036                                  | ГОСТ 177-72          |
|     | M10-5H6H                                                                          | Пробка 8221-3044                                  | ГОСТ 177-72          |

## 2.11 Розрахунок припусків та операційних розмірів

Розрахунок припусків виконується для поверхні 5 – внутрішнього циліндричного отвору (рисунок 1.3) деталі корпус НШ10У-3-02, для якої будується схема розподілу припусків та міжопераційних розмірів. Для інших поверхонь деталі величини припусків визначаються за нормативними

довідниками. Вибрані величини припусків для деталі корпус приведені в таблиці 2.11.

Виконуємо розрахунок припусків на поверхню 5 –  $\varnothing 38.1^{+0.030}_{+0.005}$ , шорсткість  $R_a 1,6$  мкм.

Маршрут обробки поверхні:

1. Розфрезерування контуру.
2. Розточування чистове.
3. Розточування тонке.

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки даного типу визначаємо за формулою:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2} \quad (2.1)$$

Величина короблення отвору розраховується за формулою:

$$\rho_{кор} = \Delta_{\kappa} \cdot L = 0.7 \cdot 76 = 53,2 \text{ мкм},$$

де  $\Delta_{\kappa}$ - питомий відвід; L – довжина оброблюємого отвору.

Сумарне зміщення отвору у відливку відносно її зовнішньої поверхні буде дорівнювати допуску відповідного розміру на заготовці:  $\rho_{см} = \delta = 0,9$

Таким чином сумарне значення просторового відхилення:

$$\rho_3 = \sqrt{53,2^2 + 0,9^2} = 45,07 \text{ мкм}$$

Остаточне просторове відхилення після розфрезерування контуру:

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 45,07 = 2,254 \text{ мкм}$$

Остаточне просторове відхилення після чистового розточування:

$$\rho_2 = 0,02 \cdot \rho_3 = 0,02 \cdot 45,07 = 0,901 \text{ мкм}$$

Остаточне просторове відхилення після алмазного розточування:

$$\rho_3 = 0,005 \cdot \rho_3 = 0,005 \cdot 45,07 = 0,225 \text{ мкм}$$

Похибка встановлення  $\varepsilon_y$  на заготовку розраховується за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}, \quad (2.2)$$

де  $\varepsilon_{\delta} = 0$ , так як деталь базується один раз;  $\varepsilon_3 = 0,01$ ;  $\varepsilon_{np} = 0,05$ .

$$\varepsilon_y = \sqrt{0^2 + 0,01^2 + 0,05^2} = 0,051 \text{ мкм}$$

$\varepsilon_y$  розфрезерування = 0,0204 (визначається, як 40% від  $\varepsilon_y$  заготовки)

Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку поверхні 5 -  $\varnothing 38,1^{+0,030}_{+0,005}$  мм, корпусу зводимо до таблиці 2.11.

Таблиця 2.11

| Технологічні<br>переходи<br>обробки<br>поверхні | Елементи припуски |     |           |               | Розрах.<br>припуск<br>$2Z_{\min}$ | Розр.<br>діам.<br>$d_p$ , мм | До-<br>пуск<br>$\delta$ ,<br>мкм | Граничний<br>розмір |            | Граничні<br>значення<br>припусків,<br>мкм |                  |
|-------------------------------------------------|-------------------|-----|-----------|---------------|-----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------|------------|-------------------------------------------|------------------|
|                                                 | Rz                | T   | $\rho$    | $\varepsilon$ |                                   |                              |                                  | $d_{\min}$          | $d_{\max}$ | $2Z_{\min}^{np}$                          | $2Z_{\max}^{np}$ |
| Заготовка                                       | 200               | 300 | 45,0<br>7 | 0,05<br>1     | -                                 | 68,494                       | 0,900                            | 67,6                | 68,5       | -                                         | -                |
| Розфрезеро-<br>ування                           | 50                | 50  | 2,25<br>4 | 0,02<br>04    | $2 \cdot 545$                     | 69,584                       | 0,210                            | 69,3<br>7           | 69,5<br>8  | 1080                                      | 1770             |
| Розточування<br>начисто                         | 20                | 25  | 0,90<br>1 | -             | $2 \cdot 102$                     | 69,788                       | 0,160                            | 69,6<br>3           | 69,7<br>9  | 210                                       | 260              |
| Розточува-<br>ння тонке                         | 5                 | 10  | 0,22<br>5 | -             | $2 \cdot 46$                      | 69,88                        | 0,025                            | 69,8<br>55          | 69,8<br>8  | 90                                        | 225              |

Для заготовки значення шорсткості, дефектного шару та короблення складають відповідно:

$$R_z = 0,2 \text{ мм} \quad T = 0,3 \text{ мм} \quad \Delta_k = 0,7 \text{ мм}$$

Для розфрезерування:  $R_z = 0,05 \text{ мм} \quad T = 0,05 \text{ мм}$

Для розточування чистового:  $R_z = 0,02 \text{ мм} \quad T = 0,025 \text{ мм}$

Для розточування тонкого:  $R_z = 0,005 \text{ мм} \quad T = 0,01 \text{ мм}$

Мінімальні значення міжопераційних припусків розраховуються за формулою:

$$2z \left( R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right)_{\min} \quad (2.3)$$

При розфрезеруванні контуру:

$$2z_{\min 1} = 2 \cdot \left( 200 + 300 + \sqrt{45,07^2 + 0,0204^2} \right) = 2 \cdot 545 \text{ мкм}$$

При чистовому розточуванні:

$$2z_{\min 2} = 2 \cdot (50 + 50 + 2,254) = 2 \cdot 102 \text{ мкм}$$

При тонкому розточуванні:

$$2z_{\min 3} = 2 \cdot (20 + 25 + 0,901) = 2 \cdot 46 \text{ мкм}$$

Виконуємо розрахунок інших граф таблиці.

Графу «Розрахунковий розмір  $d_p$ » заповнюємо починаючи з кінцевого розміру:

$$d_{p3} = 69,88 \text{ мм.}$$

$$d_{p2} = 69,88 - 0,092 = 69,788 \text{ мм.}$$

$$d_{p1} = 69,788 - 0,204 = 69,584 \text{ мм.}$$

$$d_{p3} = 69,584 - 1,09 = 68,494 \text{ мм.}$$

$d_{\min}$  визначаємо для кожного технологічного переходу, округляючи  $d_p$  збільшенням розмірів. Округляємо до того знаку десяткового дробу, з яким заданий допуск на розміщення для кожного переходу.

Найбільш граничні розміри визначаємо шляхом додавання допуску до  $d_{\min}$ .

$$d_{\max 3} = 69,855 + 0,025 = 69,88 \text{ мм.}$$

$$d_{\max 2} = 69,63 + 0,160 = 69,79 \text{ мм.}$$

$$d_{\max 1} = 69,37 + 0,210 = 69,58 \text{ мм.}$$

$$d_{\max 3} = 67,6 + 0,900 = 68,5 \text{ мм.}$$

Граничне значення припусків  $2Z_{\max}^{np}$  визначаємо як різницю найбільших граничних розмірів:

$$2Z_{\max 3}^{np} = 69,855 - 69,93 = 0,225 \text{ мм} = 225 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\max 2}^{np} = 69,63 - 69,37 = 0,262 \text{ мм} = 260 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\max 1}^{np} = 69,37 - 67,6 = 1,77 \text{ мм} = 1770 \text{ мкм.}$$

Граничне значення припусків  $2Z_{\min}^{np}$  - як різницю найменших граничних розмірів наступного виконуємого переходу.

$$2Z_{\min 3}^{np} = 69,88 - 69,79 = 0,09 \text{ мм} = 90 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\min 2}^{np} = 69,79 - 69,58 = 0,21 \text{ мм} = 210 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\min 1}^{np} = 69,58 - 68,5 = 1,08 \text{ мм} = 1800 \text{ мкм.}$$

$$\text{Перевірка: } \sum \sum \sum Z_{\min} Z_{\max}; \delta_{\text{заг}} - \delta_{\text{дет}} = 900 - 25 = 875 \text{ мкм}$$

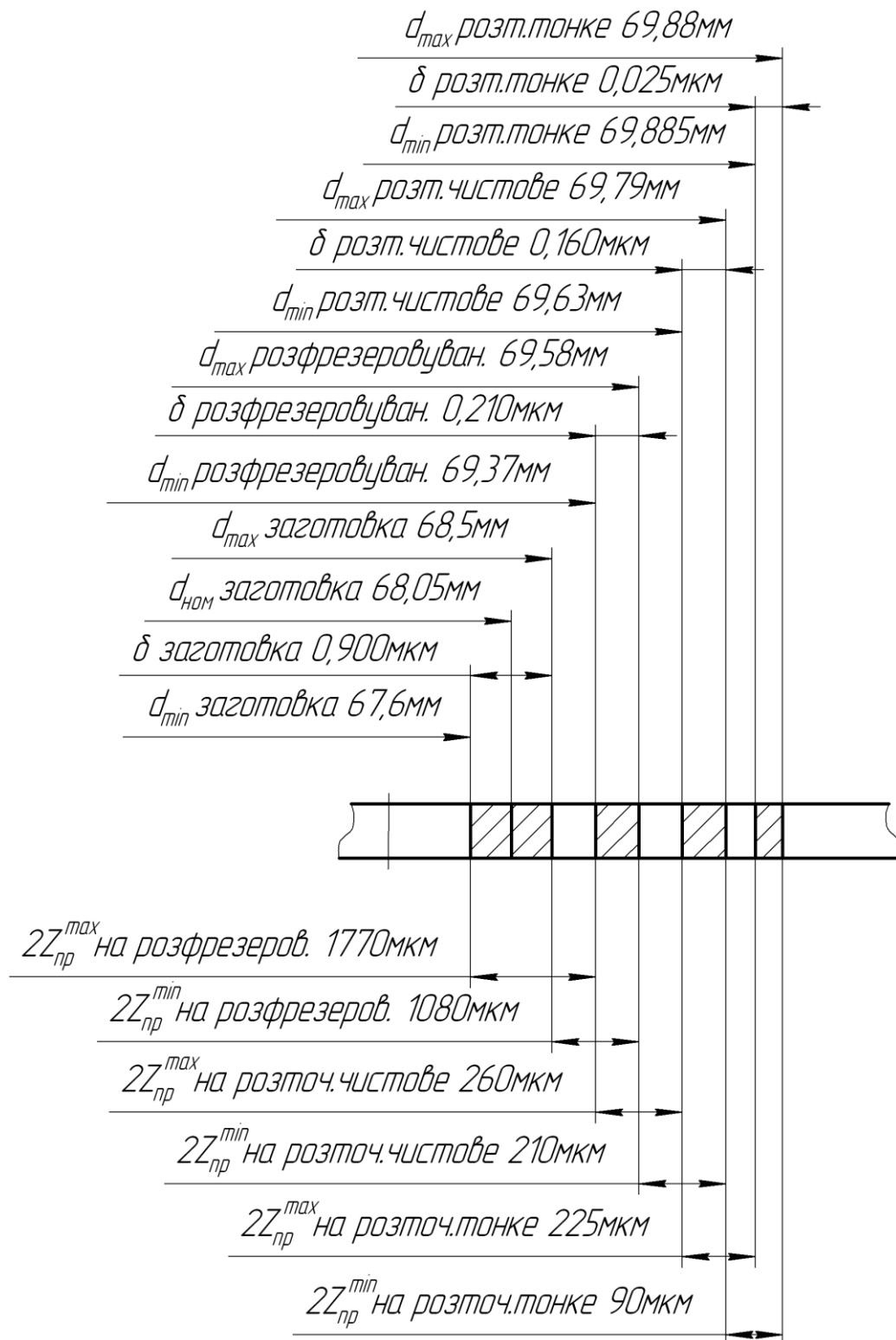


Рисунок 2.2 - Графічне зображення припусків

Таблиця 2.12 - Припуски на обробку деталі корпус НШ10У-3-02

| № поверхні | Найменування поверхні                    | Найменування переходу | Припуск $Z_{\min}$ (мм) | Технологічний допуск, мм |
|------------|------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|
| 1          | Площина роз'єму                          | Фрезерування          | 4                       | 0,5                      |
| 2          | Площина маркування                       | Фрезерування          | 2                       | 0,9                      |
| 3          | Отвори з різьбою                         | 1.Свердління          | 8,5                     | 0,220                    |
|            |                                          | 2.Нарізання різьби    | 1,5                     | 0,150                    |
| 4          | Площина платика                          | Фрезерування          | 2                       | 0,6                      |
| 5          | Внутрішній циліндричний отвір            | 1.Розфрезерувати      | 1,5                     | 0,7                      |
|            |                                          | 2.Розточуван. чистове | 1                       | 0,05                     |
|            |                                          | 3.Розточуван. тонке   | 0,6                     | 0,035                    |
| 6          | Торець внутрішнього циліндричного отвору | 1.Розточити начорно   | 0,2                     | 0,1                      |
|            |                                          | 2.Розточити тонко     | 0,3                     | 0,07                     |
| 7          | Отвори під штифти                        | 1.Свердління          | 7                       | 0,6                      |
|            |                                          | 2.Розточуван. кінцеве | 0,99                    | 0,058                    |
| 8          | Кріпильні отвори                         | 1.Свердління          | 6,7                     | 0,26                     |
|            |                                          | 2.Нарізання різьби    | 1,3                     | 0,130                    |
| 9          | Отвір                                    | Свердління            | 14                      | 0,43                     |

## 2.12 Визначення режимів різання

Розрахунок режимів різання виконуємо на операцію 030 різьбонарізну обробки деталі корпус, яка здійснюється на спеціальному різьбонарізному верстаті мод. 020-106.

На вказаній операції виконується нарізання різьби М10-6Н в чотирьох отворах по площині роз'єму та нарізання різьби М8-6Н в восьми отворах по площинах платиків.

Зміст операції:

030 Різьбонарізна

## 020-106 Різьбонарізний спеціальний

1. Встановити та закріпити деталь.
2. Нарізати різьбу в 4 отв. по площині роз'єму, одночасно .
3. Нарізати різьбу в 8 отв. по площині платика одночасно.
4. Відкріпити та зняти деталь.

Глибина різання при нарізанні різьби дорівнює висоті різьбового профілю:

$$\text{різьба M8} - t_1 = 0,63 \text{ мм}$$

$$\text{різьба M10} - t_1 = 0,75 \text{ мм}$$

Подача при нарізанні різьби відповідає кроку різьби. При нарізанні різьби мітчиком маємо подачу.

$$\text{різьба M8} - s_1 = 1,25 \text{ мм/об}$$

$$\text{різьба M10} - s_1 = 1,5 \text{ мм/об}$$

Матеріал інструментів – швидкорізальна сталь Р6М5.

Швидкість різання при нарізанні різьби мітчиком визначаємо за формулою:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K_v \quad (2.4)$$

Значення коефіцієнту  $C_v$ , величину стійкості  $T^m$  та показники степені вибираємо з табл. 49 [4].

$$C_v = 20; q = 1,2; y = 0,5; m = 0,9; T = 90 \text{ хв.}$$

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, розраховується за формулою:

$$K_v = K_{mr} \cdot K_{ur} \cdot K_{tr}, \quad (2.5)$$

де:  $K_{mr}$  – коефіцієнт, який враховує оброблюваний матеріал – 1,0;

$K_{ur}$  – коефіцієнт, який враховує матеріал інструменту – 1,0;

$K_{tr}$  – коефіцієнт, який враховує точність різьби – 1,0.

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0.$$

Тоді:

Швидкість різання при нарізанні різьби М10:

$$v_2 = \frac{20 \cdot 10^{1,2}}{90^{0,9} \cdot 1,5^{0,5}} \cdot 1,0 = 4.509 \text{ м/хв.};$$

Швидкість різання при нарізанні різьби М8:

$$v_1 = \frac{20 \cdot 8^{1,2}}{90^{0,9} \cdot 1,25^{0,5}} \cdot 1,0 = 3.77 \text{ м/хв};$$

Визначаємо частоту обертання інструментів за формулою:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} \quad (2.6)$$

Тоді:

Частота обертання інструмента при нарізанні різьби М10:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 4.509}{3,14 \cdot 10} = 143.6 \text{ об/хв};$$

Частота обертання інструмента при нарізанні різьби М8:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 3.77}{3,14 \cdot 8} = 150.079 \text{ об/хв};$$

Приймаємо по паспорту верстата  $n_{насн.} = 147 \text{ об/хв}$

Тоді:

Дійсна швидкість різання при нарізанні різьби М10:

$$v_{\partial} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{насн.}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 147}{1000} = 4.62 \text{ м/хв};$$

Дійсна швидкість різання при нарізанні різьби М8:

$$v_{\partial} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{насн.}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 147}{1000} = 3.69 \text{ м/хв};$$

Крутний момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p \quad (2.7)$$

Значення коефіцієнту  $C_M$ , та показники степені вибираємо з табл. 51 [4].

$C_M = 0,0022$ ;  $q = 1,8$ ;  $y = 1,5$ .

Поправочний коефіцієнт:  $K_p = K_{mp} = 1,0$

Тоді:

Крутний момент при нарізанні різьби M10:

$$M_{кр1} = 10 \cdot 0,0022 \cdot 10^{1,8} \cdot 1,5^{1,5} \cdot 1,0 = 2,55 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Крутний момент при нарізанні різьби M8:

$$M_{кр1} = 10 \cdot 0,0022 \cdot 8^{1,8} \cdot 1,25^{1,5} \cdot 1,0 = 1,3 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Потужність різання:

$$N_p = \frac{M \cdot n}{975} \quad (2.8)$$

Так як, різьба M10 нарізується в чотирьох отворах одночасно, тоді:

$$N_{пзг} = \frac{(4 \cdot M_{кр1}) \cdot n}{975} = \frac{(4 \cdot 2,55) \cdot 147}{975} = 1,54 \text{ кВт};$$

Так як, різьба M8 нарізується в восьми отворах одночасно, тоді:

$$N_{пзг} = \frac{(4M_{кр1} + 4M_{кр1}) \cdot n}{975} = \frac{(4 \cdot 1,3 + 4 \cdot 1,3) \cdot 147}{975} = 1,6 \text{ кВт};$$

Перевірка по потужності:

$$N_p \leq 1,2 \cdot N_{дс} \cdot \eta \quad (2.9)$$

Для різьби M10:

$$1,54 \leq 1,2 \cdot 3 \cdot 0,8 \rightarrow 1,54 \leq 2,88$$

Для різьби М8:

$$1,6 \leq 1,2 \cdot 3 \cdot 0,8 \rightarrow 1,6 \leq 2,88$$

Умови виконуються.

Визначаємо коефіцієнт використання верстата по потужності:

$$\eta_N = \frac{N_p}{N_{\partial s} \cdot \eta} \quad (2.10)$$

$$\text{Для різьби М10: } \eta_{N2} = \frac{1,54}{3 \cdot 0,8} = 0,64$$

$$\text{Для різьби М8: } \eta_{N2} = \frac{1,6}{3 \cdot 0,8} = 0,67.$$

Основний час визначаємо за формулою:

$$t_o = \frac{l_o + l_{sp}}{s \cdot n} + \frac{l_o + l_{sp}}{s \cdot n_o} \quad (2.11)$$

Де,  $l_o$ - довжина різьби, мм;  $l_{вр}$ - величина врізання, мм  $l_{вр}=(1...3)s$ ,  $s$ - крок нарізуваної різьби,  $n$ - число обертів при робочому ході за хвилину,  $n_o$ - число обертів при зворотному ході за хвилину.

Основний час при нарізанні різьби М10:

$$t_o = \frac{18+1,5}{1,5 \cdot 147} + \frac{18+1,5}{1,5 \cdot 147} = 0,18 \text{ хв.}$$

Основний час при нарізанні різьби М8:

$$t_o = \frac{12+1,5}{1,25 \cdot 147} + \frac{12+1,5}{1,25 \cdot 147} = 0,15 \text{ хв.}$$

Нарізування різьби здійснюється за два переходи, тобто:

$$t_{o\Sigma} = 0,18 + 0,15 = 0,33 \text{ хв.}$$

На решту операцій елементи режимів різання визначаються за нормативними документами. Визначені елементи режимів різання для деталі корпус приведені в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 - Режими різання на операціях механічної обробки деталі корпус  
НШ10У-3-02

| Номер    |          | t, мм | S, мм/об<br>(мм/хв) | v, м/хв | n, об/хв | t <sub>0</sub> , хв |
|----------|----------|-------|---------------------|---------|----------|---------------------|
| операції | переходу |       |                     |         |          |                     |
| 005      | 2        | 1,5   | 600                 | 565,2   | 1200     | 0,31                |
|          | 3        | 0,5   | 0,2                 | 286,52  | 2500     | 0,56                |
|          | 4        | 1     | 0,15                | 412,13  | 3500     | 0,514               |
|          | 5        | 0,6   | 0,05                | 478,54  | 4000     | 0,61                |
|          | 7        | 3,5   | 0,15                | 32,97   | 1500     | 0,22                |
|          | 8        | 0,5   | 0,05                | 62,72   | 2500     | 0,27                |
|          | 9        | 1     | 0,15                | 32,03   | 1200     | 0,44                |
|          | 10       | 4,15  | 0,15                | 35,79   | 1200     | 0,28                |
| 010      | 2        | 1,5   | 400                 | 565,2   | 1200     | 0,24                |
| 025      | 2        | 2     | 0,2                 | 1020    | 2600     | 0,18                |
|          | 3        | 7     | 0,12                | 52,75   | 1200     | 0,23                |
|          | 4        | 3,4   | 0,12                | 25,25   | 1200     | 0,19                |
|          | 5        | 1,6   | 0,15                | 30,14   | 1200     | 0,15                |
|          | 7        | 2     | 0,2                 | 1020    | 2600     | 0,146               |
|          | 8        | 7     | 0,12                | 43,96   | 1000     | 0,24                |
|          | 9        | 3,4   | 0,12                | 25,62   | 1200     | 0,118               |
|          | 10       | 1,6   | 1,25                | 30,14   | 1200     | 0,01                |
| 030      | 2        | 0,8   | 1,5                 | 4,62    | 147      | 0,18                |
|          | 3        | 0,6   | 1,25                | 3,69    | 147      | 0,15                |

### 2.13 Технічне нормування операцій

Розрахунок норм часу виконуємо на операцію 030 обробки деталі корпус НШ10У-3-02, яка здійснюється на різьбонарізному верстаті мод. 020-106.

На вказаній операції виконується нарізання різьби М10-6Н в чотирьох отворах по площині роз'єму та нарізання різьби М8-6Н в восьми отворах на площині платиків.

Зміст операції:

030 Різьбонарізна

020-106 Різьбонарізний спеціальний

1. Встановити та закріпити деталь.
2. Нарізати різьбу в 4 отв. по площині роз'єму, одночасно .
3. Нарізати різьбу в 8 отв. по площині платика одночасно.
4. Відкріпити та зняти деталь.

На решту операцій механічної обробки деталей виконуємо нормування згідно відомих рекомендацій з використанням таблиць, довідників, виробничих нормативних документів.

Результати вибору та розрахунку норм часу заносимо в таблицю 2.14.

Норма штучно-калькуляційного часу визначається за формулою:

$$t_{шт.к} = t_{шт} + t_{пз} / n \quad (2.12)$$

де:  $t_{пз}$  – підготовчо-заключний час;

$n$  – кількість деталей у партії.

Норма штучного часу  $t_{шт}$ , розраховується за формулою:

$$t_{шт} = t_o + t_d + t_{г.о} + t_{о.о} + t_{відп}, \quad (2.13)$$

де:  $t_o$  – основний час визначається в розділі розрахунків режимів різання;

$t_d$  – допоміжний час, який включає в себе: час на встановлення та зняття деталі; час на підведення, відведення та зміну ріжучого інструменту; час на керування верстатом; час на проведення контрольних вимірів.

Елементи допоміжного часу вибираються з нормативних таблиць:

$$t_{\partial} = t_{\text{в.з.}} + t_{\text{п.в.}} + t_{\text{кер.}} + t_{\text{вим.}} \quad (2.14)$$

$t_{\text{в.з.}}$  - час на встановлення та зняття деталей – 0,28 хв.;

$t_{\text{п.в.}}$  - час на підведення та відведення інструмента – 0,02 хв.;

$t_{\text{кер.}}$  - час на керування верстатом – 0,02 хв.;

$t_{\text{вим.}}$  - час на проведення контрольних вимірів – 0,48 хв.

Тоді:  $t_{\partial} = 0,28 + 0,02 + 0,02 + 0,48 = 0,8$  хв.

$t_{\text{т.о}}$  – час на технічне обслуговування обладнання для масового та серійного виробництва, розраховується за формулою:

$$t_{\text{т.о}} = \alpha t_{\text{оп}} \quad (2.15)$$

де:  $\alpha$  - нормативний процент від основного часу – 2%;

$$t_{\text{т.о}} = 0,02 \cdot 1,13 = 0,023 \text{ хв.}$$

$t_{\text{о.о}}$  – час на організаційне обслуговування, розраховується за формулою:

$$t_{\text{о.о}} = \beta t_{\text{оп}} \quad (2.16)$$

де:  $\beta$  - нормативний процент від оперативного часу – 2,4%;

$t_{\text{оп}}$  – оперативний час, є сумою основного та допоміжного часу;

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{о}} + t_{\partial} = 0,33 + 0,8 = 1,13 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{о.о}} = 0,024 \cdot 1,13 = 0,03 \text{ хв.}$$

$t_{\text{відп}}$  – час на перерви відпочинок та особисті потреби, розраховується за формулою:

$$t_{\text{пер.}} = \gamma t_{\text{оп}} \quad (2.17)$$

де:  $\gamma$  - нормативний процент від оперативного часу - 6%;

$$t_{\text{пер.}} = 0,06 \cdot 1,13 = 0,07 \text{ хв.}$$

Тоді норма штучного часу становить:

$$t_{\text{шт.}} = t_o + t_d + t_{\text{т.о}} + t_{\text{о.о}} + t_{\text{пер.}} = 0,33 + 0,8 + 0,023 + 0,03 + 0,07 = 1,253 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час:

$$t_{\text{шт.к}} = t_{\text{шт}} + (t_{\text{пз}} / n) = 1,253 + 12/408 = 1,282 \text{ хв.}$$

Таблиця 2.14 - Норми часу на обробку деталі

| № операції        | $t_o$ | $t_d$ | $t_{\text{т.о}}$ | $t_{\text{о.о}}$ | $t_{\text{від}}$ | $t_{\text{шт}}$ | $T_{\text{пз}}$ | $t_{\text{шт.к}}$ |
|-------------------|-------|-------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| Корпус НШ10У-3-02 |       |       |                  |                  |                  |                 |                 |                   |
| 005               | 3,2   | 0,33  | 0,21             | 0,11             | 0,17             | 4,02            | 30              | 4,094             |
| 010               | 0,27  | 0,66  | 0,014            | 0,01             | 0,05             | 0,41            | 8               | 0,429             |
| 025               | 1,5   | 0,18  | 0,12             | 0,07             | 0,1              | 1,97            | 30              | 2,044             |
| 030               | 0,33  | 0,8   | 0,023            | 0,03             | 0,07             | 1,253           | 12              | 1,282             |

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблено технологічний процес механічної обробки деталі корпус НШ10У-3-02 шестеренного насоса НШ10У-3. За результатами роботи зроблено такі висновки.

1. Проведено аналіз конструкції та службового призначення деталі. Встановлено, що корпус НШ10У-3-02 виготовляється з алюмінієвого сплаву АК5М2, відноситься до класу корпусних деталей і є частково нетехнологічним через наявність переривчастих циліндричних поверхонь та різьби в глухих отворах. Коефіцієнт використання матеріалу КВМ = 0,86 відповідає нормі.
2. За значенням коефіцієнта закріплення операцій  $K_{з.о.} = 1,18$  при програмі випуску 128 600 шт./рік встановлено тип виробництва — крупносерійний.
3. Виконано аналіз точності деталі. Найвищі вимоги висуваються до внутрішнього циліндричного отвору (поверхня 5: Н8, Ra 1,6 мкм, допуск перпендикулярності 0,025 мм) та торця отвору (поверхня 6: Ra 1,6 мкм, допуск паралельності 0,025 мм), оскільки вони визначають точність позиціонування шестерень і довговічність насоса.
4. Як спосіб отримання заготовки обрано лиття в кокіль. Метод забезпечує точність до 12-го квалітету, шорсткість Ra до 4 мкм, дрібнозернисту структуру матеріалу та є економічно обґрунтованим для крупносерійного виробництва.
5. Розроблено маршрути обробки поверхонь. Для поверхні 5 прийнято маршрут: розфрезерування — чистове розточування — тонке розточування, що забезпечує фактичне уточнення  $\epsilon_f \approx 27,92$  при необхідному  $\epsilon_z = 28$ .
6. На відміну від базового технологічного процесу підприємства «Гідросила», де застосовувалися застарілі агрегатні верстати, у проєктованому процесі впроваджено вертикальні обробляючі центри HAAS VF-3. Кількість операцій скорочено з десяти до шести шляхом об'єднання фрезерних, свердлувальних і розточувальних переходів у комплексні операції 005 і 025.
7. Аналітичним методом розраховано припуски на обробку поверхні 5. Мінімальний загальний припуск становить 1,09 мм на бік, що відповідає нормам

для виливків з алюмінієвих сплавів. Для решти поверхонь припуски визначено за нормативними таблицями.

8. Розраховано режими різання для операції 030 різьбонарізної. Швидкість різання при нарізанні різьби М10 — 4,62 м/хв, М8 — 3,69 м/хв. Перевірка підтвердила відповідність режимів можливостям верстата моделі 020-106.

9. Проведено технічне нормування операції 030. Штучно-калькуляційний час  $t_{шт.к} = 1,282$  хв. Норми часу для всіх операцій зведено у підсумкову таблицю.

10. Впровадження розробленого технологічного процесу з обробляючими центрами з ЧПУ забезпечує підвищення гнучкості виробництва, скорочення парку верстатів та чисельності персоналу, зменшення витрат електроенергії і, як наслідок, зниження собівартості виготовлення деталі корпус НШ10У-3-02 в умовах крупносерійного виробництва.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Афанасьєва М. А., Жуков М. Б. Гідравліка, гідро- і пневмоприводи : навч. посіб. Краматорськ : ДДМА, 2011. 188 с.
2. Базієвський С. Д., Дмитришин В. Ф. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання : підручник. Київ : Видавничий Дім «Слово», 2004. 504 с.
3. Бочков В. М., Сілін Р. І., Гаврильченко О. В. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів : підручник. Львів : Бескид Біт, 2008. 448 с.
4. Бузило В. І., Сердюк В. П., Яворський А. В., Гайдай О. А. Матеріалознавство : навч. посіб. Дніпро : НТУ «ДП», 2021. 243 с.
5. Власенко А. М. Матеріалознавство та технологія металів : підручник. Київ : Літера ЛТД, 2019. 304 с.
6. Горбатюк Є. О., Мазур М. П., Зеленський К. В. [та ін.]. Технологія машинобудування : навч. посіб. Львів : Новий Світ-2000, 2012. 358 с.
7. Грабченко А. І., Доброскок В. Л., Федорович В. О. 3D-технології та швидке прототипування у машинобудуванні : навч. посіб. Харків : НТУ «ХП», 2013. 144 с.
8. Дерібо О. В., Репінський С. І., Сухоруков С. І. Основи технології машинобудування. Ч. 1 : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2014. 116 с.
9. Добрянський С. С., Малафєєв Ю. М. Технологічні основи машинобудування : підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 416 с.
10. Залога В. О., Дядюра О. О. Основи формоутворення та різальний інструмент : навч. посіб. Суми : СумДУ, 2010. 156 с.
11. Кіндрачук М. В., Лабунець В. Ф., Пашечко М. І., Корбут Є. В. Трибологія : підручник. Київ : НАУ-друк, 2009. 392 с.
12. Кіницький Я. Т. Теорія механізмів і машин : підручник. Київ : Наукова думка, 2002. 660 с.

13. Когут М. С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання : підручник. Львів : Світ, 2014. 400 с.
14. Корендій В. М. Деталі машин : навч. посіб. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2014. 436 с.
15. Кузнєцов Ю. М., Луців І. В., Дубиняк С. А. Теорія технічних систем : підручник. Київ ; Тернопіль : Збруч, 1997. 310 с.
16. Мазур М. П., Внуков Ю. М., Доброскок В. Л. [та ін.]. Основи теорії різання матеріалів : підручник / за заг. ред. М. П. Мазура. 2-ге вид. Львів : Новий Світ-2000, 2010. 422 с.
17. Павлице В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин : підручник. 3-тє вид. Львів : Афіша, 2003. 560 с.
18. Павловський М. А. Теоретична механіка : підручник. Київ : Техніка, 2002. 512 с.
19. Попович В. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : підручник. Львів : Світ, 2006. 624 с.
20. Руденко В. М. Математична статистика : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2012. 304 с.
21. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні : навч. посібник. Київ : Вища шк., 1993. 414 с.
22. Сологуб М. А., Некоз І. О. [та ін.]. Технологія конструкційних матеріалів : підручник / за ред. М. А. Сологуба. 2-ге вид., перероб. і допов. Київ : Вища шк., 2002. 374 с.
23. Ступницький В. В., Сліпчук А. М. Основи технології машинобудування : навч. посіб. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2012. 336 с.
24. Шваб'юк В. І. Опір матеріалів : підручник. Київ : Знання, 2016. 400 с.
25. Якімов О. В., Марчук В. І., Лінчевський П. А. Технологія машино- та приладобудування : підручник. Луцьк : РВВ ЛДТУ, 2005. 710 с.