

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)  
Інжинірингу машинобудівних технологій  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу механічного оброблення  
радіатора 947.524.019 світлодіодного світильника

Виконав: студент IV курсу, групи МП-41  
спеціальності 131 “Прикладна механіка”

(шифр і назва спеціальності)

Янусь М.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Окіпний І.Б.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Дячун А.Є.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Окіпний І.Б.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2026

## РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

“Розроблення технологічного процесу механічного оброблення радіатора 947.524.019 світлодіодного світильника ” студента групи МП-41 Януся М.В.  
Керівник роботи - кандидат техн. наук, доцент Окіпний І.Б.

Мета роботи - вдосконалення базового технологічного процесу механічного оброблення радіатора 947.524.019 для середньосерійного типу виробництва.

У першій частині проведено аналіз технологічності конструкції радіаторів. За переглянутими якісними і кількісними показниками деталей «Радіатор» 947.524.019 є технологічною. Вивчено креслення і технічні вимоги до деталі. Проведено аналіз базового технологічного процесу виготовлення радіатора 947.524.019, що відповідає дрібносерійному типу виробництву. Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі «Радіатор» 947.524.019 свідчить про його відповідність дрібносерійному типу виробництва. Такий висновок обумовлений переважним використанням універсального металорізального обладнання без застосування автоматизованих засобів керування. Операції свердління, зенкування, формування фасок і нарізання різьби виконуються із застосуванням спеціалізованих пересувних та поворотних кондукторів, що забезпечують необхідну точність взаємного розташування отворів.

Механічна обробка поверхонь радіатора здійснюється стандартним універсальним різальними інструментами, зокрема токарними різцями, фрезами, свердлами, зенкерами, мітчиками та іншими інструментами, призначеними для виконання відповідних технологічних переходів. Така організація виробництва забезпечує виготовлення деталей невеликими партіями.

Для річної програми випуску 7000 шт., що відповідає середньосерійному типу виробництва, у проєктному варіанті технологічного процесу передбачено зміни, що сприяють підвищенню продуктивності праці та автоматизації виробничих процесів.

У другій частині проведено порівняння способів виготовлення заготовок штока. Порівняльний аналіз альтернативних способів отримання заготовки деталі «Радіатор» 947.524.019 показав, що лиття під тиском у металеві форми забезпечує вищий коефіцієнт використання матеріалу порівняно з литтям у піщані форми з машинним формуванням. У зв'язку з цим для розроблення технологічного процесу виготовлення деталі прийнято спосіб одержання заготовки литтям під тиском у металеві форми.

У процесі розроблення технологічного маршруту виконано вибір металорізального обладнання, різальних та вимірювальних інструментів, визначено величини припусків на обробку, розраховано режими різання та встановлено технічно обґрунтовані норми часу. Проведено проектування технологічного процесу механічної обробки деталі, що забезпечує досягнення заданих показників якості поверхонь.

У третій частині для виконання свердлильної операції 020 на верстаті з числовим програмним керуванням розроблено спеціалізоване технологічне пристосування для встановлення та надійного закріплення деталі «Радіатор» 947.524.019. Конструкція пристосування забезпечує вільний доступ різальних інструментів до оброблюваних поверхонь з верхнього боку заготовки, що відповідає вимогам технологічного процесу.

У четвертій частині розглянуто питання охорони праці.

# ЗМІСТ

**Вступ .....**

## **1 Загально-технічна частина**

1.1. Службове призначення деталі .....

1.2. Аналіз технічних вимог деталі.....

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі.....

1.4. Аналіз базового технологічного процесу.....

1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу.....

## **2 Технологічна частина**

2.1. Вибір способу одержання заготовки.....

2.2. Вибір технологічних баз.....

2.3. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі.....

2.4. Визначення припусків на оброблення.....

2.5. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу.....

## **3 Конструкторська частина**

3.1. Розрахунок точності пристосування для механічного оброблення деталі.....

3.2. Розрахунок силових параметрів пристосування для механічного оброблення деталі.....

## **4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці**

4.1. Характеристика ділянки механічної обробки деталі з позицій охорони праці.....

4.2. Правові гарантії працівників щодо безпеки праці при укладенні трудових договорів.....

Висновки.....

Перелік посилань.....

Додатки

## ВСТУП

У кваліфікаційній роботі внесено зміни у базовий технологічний процес механічного оброблення радіатора 947.524.019 для умов середньосерійного типу виробництва. «Радіатор» 947.524.019 є складовим елементом конструкції вибухозахищеного світлодіодного світильника, призначеного для експлуатації у вибухонебезпечних середовищах класів 1 та 2. Деталь виготовляється із сплаву АК12.

Базовий технологічний процес виготовлення деталі «Радіатор» 947.524.019 відповідає дрібносерійному типу виробництва.

Річна програма випуску деталей відповідає середньосерійному типу виробництва. Тому у проектному варіанті технологічного процесу передбачено зміни, спрямовані на підвищення продуктивності праці та автоматизації виробничих процесів: формування заготовки доцільно виконувати точними методами лиття, зокрема литтям під тиском із формуванням тонкостінних елементів та зменшення припусків на механічне оброблення; токарне оброблення поверхонь, нарізання різьби в отворі великого діаметра доцільно виконувати на токарному верстаті з ЧПК; свердлильні операції та нарізання різьби в малих отворах доцільно виконувати на свердлильних верстатах з ЧПК.

# 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

## 1.1. Службове призначення деталі

Деталь «Радіатор» 947.524.019 є складовим елементом конструкції вибухозахищеного світлодіодного світильника, призначеного для експлуатації у вибухонебезпечних середовищах класів 1 та 2, а також у пожежонебезпечних зонах класів П-I та П-II. Світильник застосовується для забезпечення загального освітлення виробничих приміщень і відкритих технологічних майданчиків підприємств нафтогазової, хімічної, цементної, енергетичної та інших галузей промисловості, де висувуються підвищені вимоги до вибухо- та пожежобезпеки електротехнічного обладнання.

Основним функціональним призначенням радіатора є ефективне відведення теплової енергії, що генерується світлодіодними модулями під час роботи освітлювального пристрою. Завдяки розвиненій поверхні теплообміну забезпечується зниження температури світлодіодних плат до допустимого рівня, що сприяє підвищенню надійності, стабільності світлотехнічних характеристик та збільшенню ресурсу роботи світильника в цілому. Крім тепловідвідної функції, деталь виконує роль несучого конструктивного елемента, на якому здійснюється монтаж світлодіодних плат, захисних та кріпильних компонентів, а також інших вузлів освітлювального приладу.

До основних поверхонь радіатора світлодіодного світильника належать: торець 62h14<sub>(-0,74)</sub>; Ra12,5 – використовується для приєднання до корпусу, визначає габарити виробу; внутрішня циліндрична поверхня  $\varnothing 118H9^{(+0,087)}$ ; Ra2,5 - для встановлення кільця світлодіодного модуля; внутрішня різьба M115×2-7H – для точного базування та встановлення на корпусі радіатора; вісім наскрізних пазів b=8H14<sub>(+0,36)</sub>; 28H14<sub>(+0,52)</sub>; Ra12,5 – для формування поверхні теплообміну та забезпечення вільної циркуляцію повітряних потоків через радіатор, що сприяє підвищенню інтенсивності відведення тепла від світлодіодних модулів;

отвір з трубною циліндричною різьбою  $G\frac{1}{2}-B$ ; Ra6,3 – для приєднання сальника з ущільнювальними елементами; два наскрізних отвори з різьбою M3-7H; l=4; Ra6,3 – 3 – для кріплення елементів управління світильником; два наскрізних отвори  $\varnothing 8H14^{(+0,36)}$ ; l=4; Ra12,5; два наскрізних отвори  $\varnothing 10H14^{(+0,36)}$ ; l=4; Ra12,5 – для встановлення гвинтів, що приєднують додаткові елементи світильника до радіатора; циліндрична поверхня  $\varnothing 128h14_{(-1,0)}$ ; Ra12,5 – обробляється для зняття ливарних залишків, та покращення якості радіатора.

Інші поверхні, зокрема зовнішні циліндрична та конічна поверхні, вісім площин, рівномірно розташованих по периметру не підлягають механічному обробленню, визначають конфігурацію радіатора.

Деталь «Радіатор» 947.524.019 за даними креслення виготовляється зі сплаву АК12 системи Al-Si (алюміній–кремній). Аналогами є сплави GD-AlSi12 Німеччина (DIN); LM20, 4L33EN Велика Британія (BS); A413.1, A413 США (AA). Вибір алюмінієвого ливарного сплаву АК12 для виготовлення радіатора світлодіодного світильника зумовлений комплексом його фізико-механічних та технологічних характеристик, що відповідають умовам експлуатації виробу. До основних переваг даного матеріалу належать висока корозійна стійкість, добрі ливарні властивості, висока текучість розплаву та здатність якісно заповнювати порожнину ливарної форми. Крім того, сплав характеризується низькою схильністю до утворення ливарних дефектів, підвищеною теплопровідністю, що забезпечує ефективне відведення теплової енергії від світлодіодних модулів, а також малою густиною порівняно зі сталевими матеріалами.

Використання сплаву АК12 дозволяє знизити масу конструкції світильника, підвищити ефективність тепловідведення та забезпечити необхідну міцність і довговічність радіатора у процесі експлуатації.

Хімічний склад сплаву характеризується переважним вмістом алюмінію та кремнію, концентрація якого становить близько 12 %. Наявність кремнію в такій кількості сприяє покращенню ливарно-технологічних властивостей матеріалу, формуванню дрібнодисперсної структури та забезпеченню

необхідного комплексу механічних і експлуатаційних характеристик готового виробу.

У таблицях 1.1 та 1.2 представлено відомості щодо хімічного складу сплаву АК12, а також результати механічних випробувань, які характеризують його міцність, твердість, пластичність та інші фізико-механічні показники.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сплаву АК12 ДСТУ 2839-94, %

| Алюміній | Кремній | Кальцій   | Титан | Мідь | Цинк | Магній | Цирконій |
|----------|---------|-----------|-------|------|------|--------|----------|
|          |         | не більше |       |      |      |        |          |
| основа   | 10-13   | 0,08      | 0,1   | 0,6  | 0,3  | 0,1    | 0,1      |

Таблиця 1.2 – Результати механічних випробувань сплаву АК12 ДСТУ 2839-94

| Спосіб лиття | Вид термообробки | Густина, $\rho$ , г/см <sup>3</sup> | $\sigma_r$ , МПа | Відносне видовження, % | Твердість, НВ |
|--------------|------------------|-------------------------------------|------------------|------------------------|---------------|
| в кокіль     | —                | 2,55-2,6                            | 157              | 2,0                    | 50            |
| під тиском   | —                |                                     | 157              | 1,0                    | 50            |
| в кокіль     | відпал           |                                     | 147              | 3,0                    | 50            |
| під тиском   | відпал           |                                     | 147              | 2,0                    | 50            |

## 1.2. Аналіз технічних вимог деталі

У процесі розроблення технологічного процесу механічної обробки деталі «Радіатор» 947.524.019 виконано аналіз конструкторських вимог, а також параметрів точності та якості поверхневого шару оброблюваних поверхонь. Проведення такого аналізу є необхідним для обґрунтованого вибору способів оброблення, формування раціональної послідовності технологічних операцій, призначення технологічних баз і забезпечення встановлених показників точності та шорсткості поверхонь деталі. За результатами аналізу всі поверхні радіатора, що підлягають механічній обробці, ідентифіковано та пронумеровано для подальшого проєктування маршруту виготовлення. Нумерацію поверхонь і відповідні технічні характеристики наведено в таблиці 1.3.



Таблиця 1.3 – Технічні вимоги до поверхонь деталі “Радіатор” 947.524.019

| Номер поверхні | Назва поверхні                                                          | Квалітет                  | Шорсткість, мкм |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------|
| 1              | 2                                                                       | 3                         | 4               |
| 1              | Отвір з різьбою М115×2-7Н                                               | 12                        | Ra6,3           |
| 2              | Фаска 1,5×45°                                                           | 14                        | Ra12,5          |
| 3, 4           | Два отвори $\varnothing 2,5^{+0,12}$ під різьбу М3-7Н; l=4; 70±0,15     | 12                        | Ra6,3           |
| 5              | Отвір $\varnothing 118H9^{(+0,087)}$ ; l=5                              | 9                         | Ra2,5           |
| 6, 7           | Два отвори $\varnothing 8H14^{(+0,36)}$ ; l=4; 70±0,15                  | 14                        | Ra12,5          |
| 8              | Фаска 2×45°                                                             | 14                        | Ra12,5          |
| 9              | Торець 29±0,18                                                          | 14                        | Ra12,5          |
| 10             | Фаска 1×45°                                                             | 14                        | Ra12,5          |
| 11, 12         | Два отвори з різьбою М3-7Н; l=4; 70±0,2                                 | 12                        | Ra6,3           |
| 14, 15         | Торець 62h14 <sub>(-0,74)</sub>                                         | 14                        | Ra12,5          |
| 16             | Отвір $\varnothing 18,75^{+0,28}$ під різьбу $G \frac{1}{2} - B$ ; l=18 | 12                        | Ra12,5          |
| 17             | Фаска 2×45°                                                             | 14                        | Ra12,5          |
| 18             | Різьба трубна $G \frac{1}{2} - B$ , l=16                                | 12                        | Ra6,3           |
| 19             | Канавка кільцева $\varnothing 118H14^{(+0,87)}$ ; 10 <sup>+0,35</sup>   | 14                        | Ra12,5          |
| 20             | Фаска 1,5×45°                                                           | 14                        | Ra12,5          |
| 21, 22         | Дві фаски 1,5×45°                                                       | 14                        | Ra12,5          |
| 23, 24         | Два отвори $\varnothing 10H14^{(+0,36)}$ ; l=4; 12±1                    | 14                        | Ra12,5          |
| 25             | Циліндрична поверхня $\varnothing 128h14_{(-1,0)}$                      | 14                        | Ra12,5          |
| 26             | Отвір $\varnothing 112,9^{+0,35}$ під різьбу М115×2-7Н                  | 12                        | Ra12,5          |
| 27, 28         | Дві фаски 0,6×45°                                                       | 14                        | Ra12,5          |
| 29-36          | Вісім пазів b=8H14 <sup>(+0,36)</sup> ; 28H14 <sup>(+0,52)</sup>        | 14                        | Ra12,5          |
| 37             | Отвір $\varnothing 16H7^{(+0,018)}$                                     | 7                         | Ra1,6           |
| 38             | Циліндрична поверхня $\varnothing 126$                                  | 7 клас точності заготовки | Rz 50           |
| 39             | Торець 58                                                               | 7 клас точності заготовки | Rz 50           |

### 1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

Річна програма випуску в обсязі 7000 шт., що за прийнятою класифікацією відповідає середньосерійному типу виробництва деталі “Радіатор” 947.524.019 врахована при визначенні її технологічності. У такому виробництві необхідне застосування способів виготовлення заготовок радіатора, що мають підвищену продуктивність і точність, спеціальне технологічне оснащення з механізованим затиском заготовок. Проаналізовано вимоги креслень щодо точності та якості поверхонь радіатора.

Матеріал деталі алюмінієвий сплав АК12 ДСТУ 2839-94 характеризується корозійною стійкістю, хорошими ливарними властивостями та схильністю до заповнення ливарних форм, малою ймовірністю утворення дефектів при литті, високою теплопровідністю для відведення тепла від світлодіодних панелей, а також малою питомою масою порівняно зі сталями. Використання цього сплаву зменшує масу радіатора та надає можливість одержання тонкостінних елементів.

Конструкція радіатора є технологічною для забезпечення усіх етапів проектування технологічного процесу його механічного оброблення, зокрема раціонального базування та надійного закріплення заготовки під час виконання чорнових і чистових операцій

Для забезпечення формування базових поверхонь технологічних операцій, які в подальшому сприятимуть точності оброблення деталі на перших операціях доцільно провести підрізання торців 14, 15 у розмір  $62h14_{(-0,74)}$ , та розточування внутрішньої циліндричної поверхні 5 у розмірі  $\varnothing 118H9^{(+0,087)}$ ;  $l=5$ .

Для одержання необхідних параметрів торців, отворів, різбових поверхонь, пазів деталі доцільне застосування стандартних різальних інструментів: різців із твердосплавними ріжучими пластинами, фрез, свердел, мітчиків тощо. Доцільно застосовувати таке технологічне обладнання: токарні та свердлильні верстати з ЧПК, вертикально-фрезерний верстат,

використовуючи принцип концентрації операцій в умовах середньосерійного типу виробництва.

Робимо висновок, що деталь “Радіатор” 947.524.019 є технологічною в умовах середньосерійного типу виробництва.

Поряд із аналізом якісних параметрів виконано кількісну оцінку технологічності радіатора із використанням основних показників: коефіцієнта точності, коефіцієнта шорсткості та коефіцієнта уніфікації. Розрахунки виконано на основі відомих методик із використанням даних табл. 1.3.

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{T_{\text{cp}}}, \quad (1.1)$$

$$T_{\text{cp}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{15 \cdot 2 + 14 \cdot 26 + 12 \cdot 8 + 9 \cdot 1 + 7 \cdot 1}{38} = 13,3;$$

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{13,3} = 0,92.$$

При  $K_{\text{т.ч.}} = 0,92 > 0,8$  деталь “Радіатор” 947.524.019 є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{B_{\text{cp}}}, \quad (1.2)$$

$$B_{\text{cp}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{6 \cdot 1 + 4 \cdot 6 + 3 \cdot 31}{38} = 3,2,$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{3,2} = 0,31.$$

При  $K_{\text{ш}} = 0,31 > 0,16$  деталь “Радіатор” 947.524.019 є технологічною.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{\text{у.е.}} = \frac{N_{\text{у.е.}}}{N_{\text{е}}} = \frac{36}{38} = 0,95.$$

При  $K_{\text{у.е.}} = 0,95 > 0,6$  деталь “Радіатор” 947.524.019 є технологічною.

Таким чином, за кількісними показниками деталь “Радіатор” 947.524.019 є

технологічною.

#### 1.4. Аналіз базового технологічного процесу

Перелік основного технологічного обладнання, яке використовується для виконання операцій базового технологічного процесу механічного оброблення радіатора 947.524.019 представлено у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Технологічне обладнання операцій базового технологічного процесу виготовлення радіатора 947.524.019

| Операція                    | Технологічне обладнання                | Технологічне оснащення                           |
|-----------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1                           | 2                                      | 3                                                |
| 005 Токарно-гвинторізна     | Токарно-гвинторізний верстат 16K20     | Патрон трьохкулачковий                           |
| 010 Токарно-гвинторізна     | Токарно-гвинторізний верстат 16K20     | Патрон трьохкулачковий                           |
| 015 Вертикально-свердлильна | Вертикально-свердлильний верстат 2Н125 | Кондуктор спеціальний із ручним приводом затиску |
| 020 Вертикально-свердлильна | Вертикально-свердлильний верстат 2Н125 | Підставка спеціальна із ручним приводом затиску  |
| 025 Вертикально-свердлильна | Вертикально-свердлильний верстат 2Н125 | Кондуктор спеціальний із ручним приводом затиску |
| 030 Вертикально-свердлильна | Вертикально-свердлильний верстат 2Н125 | Підставка спеціальна із ручним приводом затиску  |
| 035 Вертикально-свердлильна | Вертикально-свердлильний верстат 2Н125 | Кондуктор спеціальний із ручним приводом затиску |
| 040 Вертикально-свердлильна | Вертикально-свердлильний верстат 2Н125 | Кондуктор спеціальний із ручним приводом затиску |
| 045 Вертикально-свердлильна | Вертикально-свердлильний верстат 2Н125 | Підставка спеціальна із ручним приводом затиску  |
| 050 Вертикально-свердлильна | Вертикально-свердлильний верстат 2Н125 | Підставка спеціальна із ручним приводом затиску  |

#### Закінчення таблиці 1.4

| 1                        | 2                                  | 3                                               |
|--------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 055 Вертикально-фрезерна | Вертикально-фрезерний верстат 6P12 | Пристрій спеціальний із ручним приводом затиску |
| 060 Різенарізна          | Різенарізний верстат 2056          | Підставка спеціальна із ручним приводом затиску |
| 065 Різенарізна          | Різенарізний верстат 2056          | Підставка спеціальна із ручним приводом затиску |

Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі «Радіатор» 947.524.019 свідчить про його відповідність дрібносерійному типу виробництва. Такий висновок обумовлений переважним використанням універсального металорізального обладнання без застосування автоматизованих засобів керування.

Для встановлення та закріплення заготовок у процесі механічного оброблення використовуються спеціальні пристрої, кондуктори та підставки, оснащені затискними механізмами з ручним приводом. Операції свердління, зенкування, формування фасок і нарізання різьби виконуються із застосуванням спеціалізованих пересувних та поворотних кондукторів, що забезпечують необхідну точність взаємного розташування отворів.

Механічна обробка поверхонь радіатора здійснюється стандартним універсальним різальними інструментами, зокрема токарними різцями, фрезами, свердлами, зенкерами, мітчиками та іншими інструментами, призначеними для виконання відповідних технологічних переходів. Така організація виробництва забезпечує виготовлення деталей невеликими партіями.

#### 1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу

У першій частині проведено аналіз технічних вимог деталі «Радіатор» 947.524.019, що є складовим елементом конструкції вибухозахищеного світлодіодного світильника, призначеного для експлуатації у

вибухонебезпечних середовищах. Основним функціональним призначенням радіатора є ефективне відведення теплової енергії, що генерується світлодіодними модулями під час роботи освітлювального пристрою. На основі приведенного якісного та кількісного аналізу встановлено, що «Радіатор» 947.524.019 є технологічною в умовах середньосерійного типу виробництва.

Матеріал деталі алюмінієвий сплав АК12 ДСТУ 2839-94 характеризується корозійною стійкістю, хорошими ливарними властивостями та схильністю до заповнення ливарних форм, малою ймовірністю утворення дефектів при литті, високою теплопровідністю для відведення тепла від світлодіодних панелей, а також малою питомою масою порівняно зі сталями. Використання цього сплаву зменшує масу радіатора та надає можливість одержання тонкостінних елементів.

Для забезпечення формування базових поверхонь технологічних операцій, які в подальшому сприятимуть точності оброблення деталі на перших операціях доцільно провести підрізання торців 14, 15 у розмір  $62h14_{(-0,74)}$ , та розточування внутрішньої циліндричної поверхні 5 у розмірі  $\varnothing 118H9^{(+0,087)}$ ;  $l=5$ .

Для одержання необхідних параметрів торців, отворів, різьбових поверхонь, пазів деталі доцільне застосування стандартних різальних інструментів: різців із твердосплавними ріжучими пластинами, фрез, свердел, мітчиків тощо. Доцільно застосовувати таке технологічне обладнання: токарні та свердлильні верстати з ЧПК, вертикально-фрезерний верстат, використовуючи принцип концентрації операцій в умовах середньосерійного типу виробництва.

Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі «Радіатор» 947.524.019 свідчить про його відповідність дрібносерійному типу виробництва. Такий висновок обумовлений переважним використанням універсального металорізального обладнання без застосування автоматизованих засобів керування.

Річна програма випуску, що становить 7000 шт. відповідно до завдання,

характеризує середньосерійний тип виробництва. Тому проектний технологічний процес доцільно доповнити такими змінами:

- формування заготовки доцільно виконувати точними методами лиття, зокрема литтям під тиском із формуванням тонкостінних елементів та зменшення припусків на механічне оброблення;
- токарне оброблення поверхонь, нарізання різьби в отворі великого діаметра доцільно виконувати на токарному верстаті з ЧПК;
- свердлильні операції та нарізання різьби в малих отворах доцільно виконувати на свердлильних верстатах з ЧПК;
- фрезерування рівномірно розміщених на циліндричній поверхні пазів виконувати на вертикально-фрезерному верстаті з поворотним пристроєм;
- свердління отворів на нахилених площинах виконувати на вертикально-свердлильному верстаті.

Запропоновані зміни у технологічному процесі дозволять підвищити продуктивність виготовлення деталі «Радіатор» 947.524.019 в умовах середньосерійного типу виробництва.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Вибір способу одержання заготовки

Матеріал деталі «Радіатор» 947.524.019 сплав АК 12, до основних переваг даного матеріалу належать добрі ливарні властивості, висока текучість розплаву та здатність якісно заповнювати порожнину ливарної форми. Крім того, сплав характеризується низькою схильністю до утворення ливарних дефектів, підвищеною теплопровідністю, тому для виготовлення заготовки радіатора доцільно використовувати різні методи литва.

У межах виконання кваліфікаційної роботи вибір раціонального способу одержання заготовки здійснено на основі порівняльного аналізу двох альтернативних технологічних варіантів із використанням коефіцієнта використання матеріалу як основного критерію оцінки. Такий підхід дає можливість визначити найбільш економічно доцільний метод виготовлення заготовки з урахуванням рівня матеріаломісткості та обсягу відходів виробництва. Для проведення аналізу розглянуто такі способи одержання заготовки:

1. Лиття під тиском у металеві форми.
2. Лиття у піщані форми із машинним формуванням.

Для першого варіанту забезпечується 7-й клас точності розмірів та 1-й ряд припусків. Для другого варіанту забезпечується 11-й клас точності розмірів і 3-й ряд припусків.

На наступному етапі виконано проєктування заготовок для обох розглянутих способів їх одержання з призначенням технологічно обґрунтованих припусків на механічну обробку поверхонь деталі. Величину маси заготовок визначали розрахунковим методом шляхом додавання маси припусків до маси готової деталі, яка становить 0,34 кг. Такий підхід обумовлений складною просторовою конфігурацією радіатора та наявністю великої кількості конструктивних елементів, що ускладнює безпосереднє



визначення об'єму і маси заготовки.

Вибрані величини припусків для деталі «Радіатор» 947.524.019 представлено у табл. 2.1.

Ескізи запропонованих варіантів заготовок зображено на рис. 2.1 (лиття під тиском у металеві форми) та на рис. 2.2 (лиття у піщані форми із машинним формуванням).

Таблиця 2.1 – Припуски механічного оброблення деталі «Радіатор» 947.524.019

| Оброблювана поверхня,<br>її розмір, точність          | Параметр<br>шорсткості<br>деталі, мкм | Допуск<br>заготовки,<br>мм | Загальний<br>припуск,<br>мм    | Розмір<br>заготовки із<br>граничними<br>відхиленнями |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1                                                     | 2                                     | 3                          | 4                              | 5                                                    |
| 1) лиття під тиском у металеві форми                  |                                       |                            |                                |                                                      |
| Циліндрична поверхня<br>Ø126                          | Rz 50                                 | 1,1                        | Не<br>обробляється<br>різанням | Ø126±0,55                                            |
| Торець 58                                             | Rz 50                                 | 0,9                        | Не<br>обробляється<br>різанням | 58±0,45                                              |
| Торець 62h14 <sub>(-0,74)</sub>                       | Ra 12,5                               | 0,9                        | 1,1 × 2 = 2,2                  | 64,2±0,45                                            |
| Циліндрична поверхня<br>Ø128h14 <sub>(-1,0)</sub>     | Ra 12,5                               | 1,1                        | 1,1 × 2 = 2,2                  | Ø130,2±0,55                                          |
| Отвір Ø112,9 <sup>+0,35</sup> під різьбу<br>M115×2-7H | Ra 12,5                               | 1,1                        | 1,2 × 2 = 2,4                  | Ø110,5±0,55                                          |
| Торець 29±0,18                                        | Ra 12,5                               | 0,8                        | 1,0                            | 28±0,4<br>на кресленні<br>29,1±0,4                   |
| Отвір Ø16H7 <sup>(+0,018)</sup>                       | Ra 12,5                               | 0,7                        | 1,0 × 2 = 2,0                  | Ø14±0,35                                             |
| 2) лиття у піщані форми із машинним формуванням       |                                       |                            |                                |                                                      |
| Циліндрична поверхня<br>Ø126                          | Rz 50                                 | 4,0                        | Не<br>обробляється<br>різанням | Ø126±2,0                                             |
| Торець 58                                             | Rz 50                                 | 3,4                        | Не<br>обробляється<br>різанням | 58±1,7                                               |
| Торець 62h14 <sub>(-0,74)</sub>                       | Ra 12,5                               | 3,4                        | 3,0 × 2 = 6,0                  | 68±1,7                                               |

Закінчення таблиці 2.1

| 1                                                     | 2       | 3   | 4             | 5                                |
|-------------------------------------------------------|---------|-----|---------------|----------------------------------|
| Циліндрична поверхня<br>Ø128h14 <sub>(-1,0)</sub>     | Ra 12,5 | 4,0 | 3,0 × 2 = 6,0 | Ø134±2,0                         |
| Отвір Ø112,9 <sup>+0,35</sup> під різьбу<br>M115×2-7H | Ra 12,5 | 4,0 | 3,0 × 2 = 6,0 | Ø106,9±2,0                       |
| Торець 29±0,18                                        | Ra 12,5 | 3,2 | 3,0           | 26±1,6<br>на кресленні<br>29±1,6 |

Масу заготовки визначаємо як суму маси припусків та маси готової деталі:

$$Q = q + m_{\text{пр}}; \quad (2.1)$$

$$m_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} \cdot \rho, \quad (2.2)$$

де  $\rho = 2,6 \text{ г/см}^3$ .

Об'єми припусків окремих елементів заготовки:

$$V_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot (D - d)^2 \cdot H}{4}, \quad (2.3)$$

де  $D, d, H$  – номінальні розміри припусків, мм.

Отже, об'єми припусків окремих елементів заготовки, одержаної литтям під тиском у металеві форми:

$$V_{\text{пр1}} = 2 \cdot a^2 \cdot (1 + \sqrt{2}) \cdot h = 2 \cdot 37,2^2 \cdot 2,41 \cdot 1,1 = 7\,337 \text{ мм}^3;$$

де  $a$  – сторона восьмигранника;

$$V_{\text{пр2}} = 8 \cdot 28 \cdot 8 \cdot 7,75 = 13\,888 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot (130,2^2 - 128^2) \cdot 6,2}{4} = 2\,766 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot (118^2 - 110,5^2) \cdot 6,1}{4} = 8\,210 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр5}} = \frac{\pi \cdot (112,9^2 - 110,5^2) \cdot 14}{4} = 5\,895 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{np6}} = \frac{\pi \cdot (118^2 - 110,5^2) \cdot 10}{4} = 13\,459 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{np7}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 10^2 \cdot 4}{4} = 628 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{np8}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 8^2 \cdot 4}{4} = 402 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{np9}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 3^2 \cdot 4}{4} = 56 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{np10}} = \frac{\pi \cdot (16^2 - 14^2) \cdot 23}{4} = 1\,083 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{np11}} = \frac{\pi \cdot (130,2^2 - 110,5^2) \cdot 1,1}{4} = 4\,096 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{np}} = \sum V_{\text{np}_i};$$

$$\begin{aligned} \sum V_{\text{np1}} &= 7337 + 13888 + 2766 + 8210 + 5895 + 13459 + 628 + 402 + 56 + \\ &+ 1083 + 4096 = 57\,820 \text{ мм}^3 = 57,82 \text{ см}^3. \end{aligned}$$

Для заготовки одержаної лиття у піщані форми із машинним формуванням:

$$V_{\text{np1}} = 2 \cdot a^2 \cdot (1 + \sqrt{2}) \cdot h = 2 \cdot 37,2^2 \cdot 2,41 \cdot 3 = 20\,010 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{np2}} = 8 \cdot 28 \cdot 8 \cdot 7,75 = 13\,888 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{np3}} = \frac{\pi \cdot (134^2 - 128^2) \cdot 10}{4} = 12\,346 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{np4}} = \frac{\pi \cdot (118^2 - 110,5^2) \cdot 8}{4} = 10\,767 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{np5}} = \frac{\pi \cdot (112,9^2 - 106,9^2) \cdot 14}{4} = 14\,500 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр6}} = \frac{\pi \cdot (118^2 - 110,5^2) \cdot 10}{4} = 13\,459 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр7}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 10^2 \cdot 4}{4} = 628 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр8}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 8^2 \cdot 4}{4} = 402 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр9}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 3^2 \cdot 4}{4} = 56 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр10}} = \frac{\pi \cdot 16^2 \cdot 23}{4} = 4\,624 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр11}} = \frac{\pi \cdot (130,2^2 - 110,5^2) \cdot 1,1}{4} = 4\,096 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр}} = \sum V_{\text{прi}};$$

$$\sum V_{\text{прi}} = 20010 + 13888 + 12346 + 10767 + 14500 + 13459 + 628 + 402 + 56 + 4624 + 4096 = 94\,776 \text{ мм}^3 = 94,776 \text{ см}^3.$$

Визначаємо масу припусків:

– лиття під тиском у металеві форми:

$$m_{\text{пр1}} = 57,82 \cdot 2,6 = 150,3 \text{ г} = 0,1503 \text{ кг}.$$

– лиття у піщані форми із машинним формуванням:

$$m_{\text{пр2}} = 94,76 \cdot 2,6 = 246,4 \text{ г} \approx 0,2464 \text{ кг}.$$

Визначаємо масу заготовок:

– лиття під тиском у металеві форми:

$$Q_1 = 0,34 + 0,1503 = 0,4903 \text{ кг}.$$

– лиття у піщані форми із машинним формуванням:

$$Q_2 = 0,34 + 0,2464 = 0,5864 \text{ кг}.$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{в}} = \frac{q}{Q}, \quad (2.4)$$

– лиття під тиском у металеві форми:

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{0,34}{0,4903} = 0,69;$$

– лиття у піщані форми із машинним формуванням:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{0,34}{0,5864} = 0,58.$$

Порівняльний аналіз альтернативних способів отримання заготовки деталі «Радіатор» 947.524.019 показав, що лиття під тиском у металеві форми забезпечує вищий коефіцієнт використання матеріалу порівняно з литтям у піщані форми з машинним формуванням. У зв'язку з цим для розроблення технологічного процесу виготовлення деталі прийнято спосіб одержання заготовки литтям під тиском у металеві форми.

## **2.2. Вибір технологічних баз**

Для забезпечення заданих показників точності механічного оброблення деталі «Радіатор» 947.524.019 як технологічні бази використано чорнові та чистові поверхні, що забезпечують надійне базування заготовки. Для забезпечення формування базових поверхонь технологічних операцій, які в подальшому сприятимуть точності оброблення деталі на перших операціях доцільно провести підрізання торців 14, 15 та розточування внутрішньої циліндричної поверхні 5.

Схеми базування деталі «Радіатор» 947.524.019 відображено у таблиці 2.2.

На першій операції використовуємо як базові внутрішню циліндричну поверхню 26 з упором в торець 15.

На другій операції використовуємо як базові зовнішню циліндричну поверхню 38 з упором в торець 14.

На третій операції використовуємо як базові зовнішню циліндричну поверхню 38 на призму з упором в торець 14.

На четвертій операції використовуємо як базові внутрішню циліндричну поверхню 37 з упором в торець 15 на оправку та орієнтацією по внутрішньому контуру.

На п'ятій та шостій операціях використовуємо як базові внутрішні циліндричні поверхні 5 та 37 з упором в торець 15 на оправку та по отвору 6 на зрізаний палець.

### **2.3. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі**

Під час розроблення технологічного процесу механічної обробки деталі «Радіатор» 947.524.019 виконано аналіз двох альтернативних схем досягнення встановлених вимог щодо точності оброблюваних поверхонь. За результатами техніко-технологічного оцінювання розглянутих варіантів та узгодження прийнятих рішень сформовано оптимізований операційний маршрут виготовлення деталі, який забезпечує необхідні показники якості та ефективно реалізується в умовах середньосерійного виробництва із використанням токарного та свердлильних верстатів з ЧПК.

Способи механічного оброблення поверхонь деталі «Радіатор» 947.524.019 для досягнення заданих параметрів точності представлено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Маршрути оброблення поверхонь деталі «Радіатор»  
947.524.019

| № пов. | Вид поверхні, позначення                                        | Вихідні параметри деталі    |                 | Варіанти методів, маршрутів обробки поверхонь  |                                         |
|--------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|        |                                                                 | Квалітет (ступінь точності) | Шорсткість, мкм | 1                                              | 2                                       |
| 1      | 2                                                               | 3                           | 4               | 5                                              | 6                                       |
| 1      | Отвір з різьбою M115×2-7H                                       | 12                          | Ra6,3           | Нарізання різьби різцем                        | Фрезерування різьби гребінчастою фрезою |
| 2      | Фаска 1,5×45°                                                   | 14                          | Ra12,5          | Точіння напівчистове                           | —                                       |
| 3, 4   | Два отвори Ø2,5 <sup>+0,12</sup> під різьбу M3-7H; l=4; 70±0,15 | 12                          | Ra6,3           | Центрування Свердління                         | Свердління із застосуванням кондуктора  |
| 5      | Отвір Ø118H9( <sup>+0,087</sup> ); l=5                          | 9                           | Ra2,5           | Напівчистове розточування Чистове розточування | —                                       |
| 6, 7   | Два отвори Ø8H14( <sup>+0,36</sup> ); l=4; 70±0,15              | 14                          | Ra12,5          | Центрування Свердління                         |                                         |
| 8      | Фаска 2×45°                                                     | 14                          | Ra12,5          | Розточування                                   | Формування канавочним різцем            |
| 9      | Торець 29±0,18                                                  | 14                          | Ra12,5          | Напівчистове підрізання різцем                 | —                                       |
| 10     | Фаска 1×45°                                                     | 14                          | Ra12,5          | Зенкування                                     | —                                       |
| 11, 12 | Два отвори з різьбою M3-7H; l=4; 70±0,2                         | 12                          | Ra6,3           | Нарізання різьби мітчиком                      | —                                       |
| 14, 15 | Торець 62h14( <sub>-0,74</sub> )                                | 14                          | Ra12,5          | Напівчистове підрізання різцем                 | Фрезерування торцевою фрезою            |

Продовження таблиці 2.3

| 1         | 2                                                                         | 3  | 4      | 5                                                          | 6                                                          |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------|----|--------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 16        | Отвір $\varnothing 18,75^{+0,28}$ під<br>різьбу $G \frac{1}{2} - B; l=18$ | 12 | Ra12,5 | Розсвердлю-<br>вання                                       | —                                                          |
| 17        | Фаска $2 \times 45^\circ$                                                 | 14 | Ra12,5 | Напівчистове<br>розточування                               | —                                                          |
| 18        | Різьба трубна<br>$G \frac{1}{2} - B, l=16$                                | 12 | Ra6,3  | Нарізання<br>різьби<br>мітчиком                            | —                                                          |
| 19        | Канавка кільцева<br>$\varnothing 118H14(^{+0,87});$<br>$10^{+0,35}$       | 14 | Ra12,5 | Розточування<br>напівчистове<br>кановочним<br>різцем       | Розточування<br>напівчистове із<br>поздовжньою<br>подачею  |
| 20        | Фаска $1,5 \times 45^\circ$                                               | 14 | Ra12,5 | Зенкування                                                 | Свердління із<br>застосуванням<br>комбінованого<br>свердла |
| 21,<br>22 | Дві фаски $1,5 \times 45^\circ$                                           | 14 | Ra12,5 | Свердління із<br>застосуванням<br>комбінованого<br>свердла | Утворення в<br>процесі<br>центрування<br>отвору            |
| 23,<br>24 | Два отвори<br>$\varnothing 10H14(^{+0,36}); l=4;$<br>$12 \pm 1$           | 14 | Ra12,5 | Центрування<br>Свердління                                  | Свердління із<br>застосуванням<br>кондуктора               |
| 25        | Циліндрична<br>поверхня $\varnothing 128h14(-$<br>$1,0)$                  | 14 | Ra12,5 | Точіння<br>напівчистове                                    | —                                                          |
| 26        | Отвір $\varnothing 112,9^{+0,35}$ під<br>різьбу $M115 \times 2-7H$        | 12 | Ra12,5 | Напівчистове<br>розточування                               | —                                                          |
| 27,<br>28 | Дві фаски $0,6 \times 45^\circ$                                           | 14 | Ra12,5 | Свердління із<br>застосуванням<br>комбінованого<br>свердла | Утворення в<br>процесі<br>центрування<br>отвору            |
| 29-<br>36 | Вісім пазів<br>$b=8H14(^{+0,36});$<br>$28H14(^{+0,52})$                   | 14 | Ra12,5 | Фрезерування<br>кінцевою<br>фрезою                         | —                                                          |



Закінчення таблиці 2.3

| 1  | 2                                | 3 | 4     | 5                                                                | 6                                                                   |
|----|----------------------------------|---|-------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 37 | Отвір Ø16H7( <sup>+0,018</sup> ) | 7 | Ra1,6 | Зенкерування<br>Розвертання<br>чорнове<br>Розвертання<br>чистове | Розсвердлювання<br>Розвертання<br>чорнове<br>Розвертання<br>чистове |

Для умов середньосерійного типу виробництва, на основі проведеного синтезу та порівняльного аналізу альтернативних маршрутів механічного оброблення радіатора, проведено проектування технологічного процесу із змінами відносно базового: токарне оброблення поверхонь, нарізання різьби в отворі великого діаметра виконується на токарному верстаті з ЧПК замість токарно-гвинторізних верстатів; свердлильні операції та нарізання різьби в малих отворах виконується на свердлильних верстатах з ЧПК замість вертикально-свердлильних і різьбонарізних верстатів; фрезерування рівномірно розміщених на циліндричній поверхні пазів виконується на вертикально-фрезерному верстаті з поворотним пристроєм; свердління отворів на нахилених площинах виконується на вертикально-свердлильному верстаті.

#### 005 Токарно-гвинторізна

1. Підрізання остаточне торця 14 у розмір  $63,1_{-0,74}$ .
2. Перевірити розмір.

#### 010 Токарна з ЧПК

1. Підрізання остаточне торця 39 у розмір  $62_{-0,74}$ .
2. Точіння остаточне зовнішньої фаски 2, точіння остаточне зовнішньої циліндричної поверхні 25 послідовне за програмою у розміри  $1,5 \times 45^\circ$ ;  $\varnothing 128_{-1,0}$ .
3. Розточування попереднє отвору 5, внутрішньої фаски 17, отвору 26 під різьбу M115×2-7H та остаточне підрізання торця 9 послідовне за програмою, у розміри  $\varnothing 116,5^{+0,22}$ ;  $2,7 \times 45^\circ$ ;  $\varnothing 112,9^{+0,35}$ ;  $29 \pm 0,18$ .
4. Розточування остаточне отвору 5, внутрішньої фаски 17 у розміри  $\varnothing 118^{+0,087}$ ;  $45^\circ$ .

5. Розточування остаточне кільцевої канавки 19, фаски 8 у розмірі  $\varnothing 118H14(^{+0,87})$ ;  $10^{+0,35}$ ;  $2 \times 45^\circ$ .

6. Нарізання внутрішньої різьби 1 за програмою у розмір M115 $\times$ 2-7H.

7. Перевірити розміри.

015. Свердлильна з ЧПК.

1. Розсвердлювання отвору 16 під різьбу  $G \frac{1}{2} - B$  у розмір  $\varnothing 18,75^{+0,24}$ .

2. Зенкування фаски 20 у розмір  $1,5 \times 45^\circ$ .

3. Зенкерування наскрізного отвору 37 у розмір  $\varnothing 15,8^{+0,18}$ .

4. Розвертання попереднє наскрізного отвору 37 у розмір  $\varnothing 15,915^{+0,043}$ .

5. Розвертання остаточне наскрізного отвору 37 у розмір  $\varnothing 16^{+0,018}$ .

6. Нарізання різьби 19 у розмір  $G \frac{1}{2} - B$ .

7. Перевірити розміри.

020. Свердлильна з ЧПК.

1. Центрування чотирьох отворів 6, 7, 3, 4 у розміри  $\varnothing 1,0^{+0,11}$ ;  $\varnothing 2,11^{+0,12}$ ;  $70 \pm 0,15$ .

2. Свердління двох наскрізних отворів 6, 7 у розміри  $\varnothing 8H14(^{+0,36})$ ;  $l=4$ ;  $70 \pm 0,15$ .

3. Свердління двох наскрізних отворів 3, 4 та одночасне формування двох фасок 27, 28 у розміри  $\varnothing 2,5^{+0,14}$ ;  $l=4$ ;  $0,6 \times 45^\circ$ ;  $70 \pm 0,15$ .

4. Зенкування двох фасок 21, 22 у розмір  $1,5 \times 45^\circ$ .

5. Зенкування фаски 10 у розмір  $1 \times 45^\circ$ .

6. Нарізання різьби 11, 12 в двох отворах у розміри M3-7H;  $l=4$ ;  $70 \pm 0,15$ .

7. Перевірити розміри.

025. Вертикально-фрезерна.

1. Фрезерування наскрізного паза 29 у розміри  $b=8^{+0,36}$ ;  $28^{+0,52}$ .

2. Повернути деталь на  $45^\circ$ .

3. Фрезерування наскрізного паза 30 у розміри  $b=8^{+0,36}$ ;  $28^{+0,52}$ .

4. Повернути деталь на  $45^\circ$ .

5. Фрезерування наскрізного паза 31 у розміри  $b=8^{+0,36}; 28^{+0,52}$ .
  6. Повернути деталь на  $45^\circ$ .
  7. Фрезерування наскрізного паза 32 у розміри  $b=8^{+0,36}; 28^{+0,52}$ .
  8. Повернути деталь на  $45^\circ$ .
  9. Фрезерування наскрізного паза 33 у розміри  $b=8^{+0,36}; 28^{+0,52}$ .
  10. Повернути деталь на  $45^\circ$ .
  11. Фрезерування наскрізного паза 34 у розміри  $b=8^{+0,36}; 28^{+0,52}$ .
  12. Повернути деталь на  $45^\circ$ .
  13. Фрезерування наскрізного паза 35 у розміри  $b=8^{+0,36}; 28^{+0,52}$ .
  14. Повернути деталь на  $45^\circ$ .
  15. Фрезерування наскрізного паза 36 у розміри  $b=8^{+0,36}; 28^{+0,52}$ .
  16. Перевірити розміри.
030. Вертикально-свердлильна.
1. Свердління наскрізного отвору 23 у розміри  $\varnothing 10H14(^{+0,36}); l=4; 12\pm 1$ .
  2. Повернути деталь на  $180^\circ$ .
  3. Свердління наскрізного отвору 23 у розміри  $\varnothing 10H14(^{+0,36}); l=4; 12\pm 1$ .
  4. Перевірити розміри.
- 035 Контроль.

## 2.4. Визначення припусків на оброблення

Розрахунок і вибір припусків механічного оброблення деталі «Радіатор» 947.524.019 у проектному технологічному процесі проведено табличним та розрахунковим методами. Результати представлено у таблиці 2.4.

Також результати розрахунку припусків оброблення отвору  $\varnothing 16H7(^{+0,018})$  на 015 свердлильній з ЧПК операції із базуванням деталі на призму та торець у розробленому пристосуванні представлено на рис. 2.3.

Таблиця 2.4 – Припуски на оброблення поверхонь деталі «Радіатор»  
947.524.019

| Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі        | Квалітет (ступінь точності) | Шорсткість, мкм   | Допуск, мм | Припуск, мм             | Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------|------------|-------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1                                                                | 2                           | 3                 | 4          | 5                       | 6                                                        |
| Отвір $\varnothing 118H9^{+0,087}$ ; $l=5$                       |                             |                   |            |                         |                                                          |
| Розточування чистове                                             | 9                           | Ra2,5             | 0,087      | $0,75 \times 2 = 1,5$   | $\varnothing 118^{+0,087}$                               |
| Розточування напівчистове                                        | 11                          | Ra6,3             | 0,22       | $3,0 \times 2 = 6,0$    | $\varnothing 116,5^{+0,22}$                              |
| Заготовка                                                        | 7-мий кл. точн. розм.       | R <sub>z</sub> 50 | 1,1        | $3,75 \times 2 = 7,5$   | $\varnothing 110,5 \pm 0,55$                             |
| Отвір $\varnothing 18,75^{+0,28}$ під різьбу $G \frac{1}{2} - B$ |                             |                   |            |                         |                                                          |
| Розсвердлювання                                                  | 14                          | Ra12,5            | 0,28       | $2,375 \times 2 = 4,75$ | $\varnothing 18,75^{+0,28}$                              |
| Заготовка                                                        | 7-мий кл. заготовки         | R <sub>z</sub> 50 | 0,7        | 4,75                    | $\varnothing 14 \pm 0,35$                                |
| Циліндрична поверхня $\varnothing 128h14_{(-1,0)}$               |                             |                   |            |                         |                                                          |
| Точіння напівчистове                                             | 14                          | Ra12,5            | 1,0        | $1,1 \times 2 = 2,2$    | $\varnothing 128_{-1,0}$                                 |
| Заготовка                                                        | 7-мий кл. заготовки         | R <sub>z</sub> 50 | 1,1        | 2,2                     | $\varnothing 130,2 \pm 0,55$                             |
| Отвір $\varnothing 112,9^{+0,35}$ під різьбу M115×2-7H           |                             |                   |            |                         |                                                          |
| Розточування напівчистове                                        | 12                          | Ra12,5            | 0,35       | $1,2 \times 2 = 2,4$    | $\varnothing 112,9^{+0,35}$                              |
| Заготовка                                                        | 7-мий кл. заготовки         | R <sub>z</sub> 50 | 1,1        | 2,4                     | $\varnothing 110,5 \pm 0,55$                             |
| Торець 62h14 <sub>(-0,74)</sub>                                  |                             |                   |            |                         |                                                          |
| Напівчистове точіння                                             | 14                          | Ra12,5            | 0,74       | 1,1                     | $62_{-0,74}$                                             |
| Напівчистове точіння                                             | 14                          | Ra12,5            | 0,74       | 1,1                     | $63,1_{-0,74}$                                           |
| Заготовка                                                        | 7-мий кл. заготовки         | R <sub>z</sub> 50 | 0,9        | $1,1 \times 2 = 2,2$    | $64,2 \pm 0,45$                                          |
| Канавка кільцева $\varnothing 118H14^{+0,87}$ ; $10^{+0,35}$     |                             |                   |            |                         |                                                          |
| Розточування із поперечною подачею                               | 14                          | Ra12,5            | 0,87       | $2,55 \times 2 = 5,1$   | $\varnothing 118^{+0,87}$                                |

Закінчення таблиці 2.4

| 1                                                  | 2  | 3      | 4    | 5   | 6                           |
|----------------------------------------------------|----|--------|------|-----|-----------------------------|
| Заготовка<br>(попередньо<br>розточена<br>поверхня) | 12 | Ra12,5 | 0,35 | 5,1 | $\varnothing 112,9^{+0,35}$ |

Габаритні розміри заготовки:  $64,2 \pm 0,45 \times \varnothing 130,2 \pm 0,55$ .

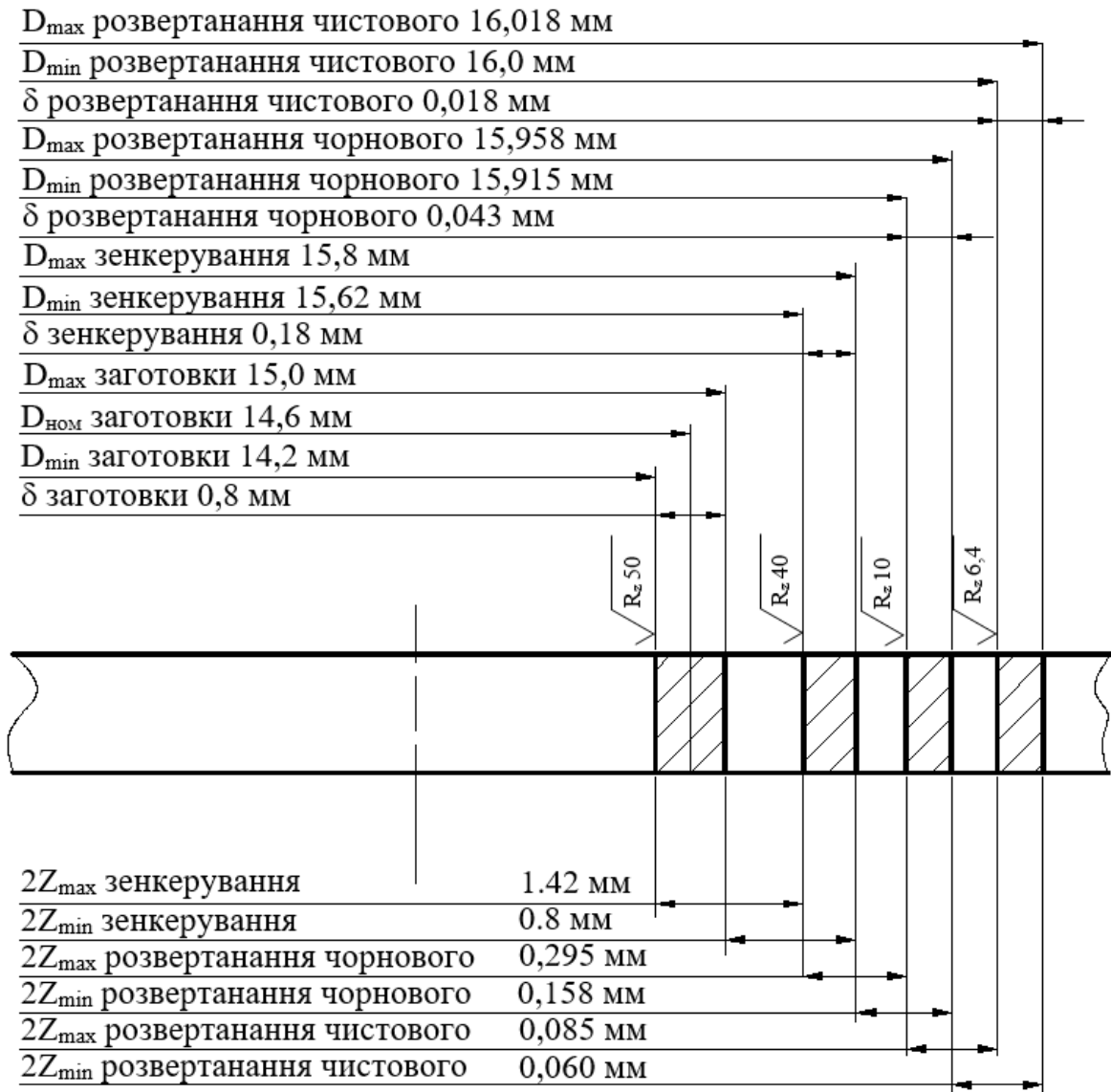


Рисунок 2.3 – Схема розташування припусків на механічне оброблення

отвору  $\varnothing 16H7(^{+0,018})$

## 2.5. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу

Режими різання визначено на основі табличних даних довідників, а для п'ятого технологічного переходу 010 операції токарної з ЧПК оброблення деталі «Радіатор» 947.524.019 визначення режимів різання проведено розрахунковим методом.

Операція 010. Токарна з ЧПК.

Перехід 5.

Розточування остаточне отвору 5 у розмір  $\varnothing 118^{+0,087}$ .

За допомогою різця розточного з механічним кріпленням чотирьохгранної твердосплавної пластини ВК8, d=32мм, тип 3,  $\varphi=92^\circ$ .

1. Глибина різання:

t=0,75 мм.

2. Довжина робочого ходу [14]:

$$L_{p.x.} = l_{різ.} + l_{підв.} + l_{вріз.} + l_{пер.}, \quad (2.5)$$

де  $l_{різ.} = 5$  мм;

$l_{вріз.} = 3$  мм [14].

$l_{підв.} = 2$  мм [14].

$l_{пер.} = 0$  мм [14].

Підставляємо дані у рівняння (2.5):

$$L_{p.x.} = 5 + 3 + 2 = 10 \text{ мм.}$$

3. Подача при чистовому розточуванні:

S = 0,08 мм/об [14].

4. Стійкість розточного різця:

T = 60 хв [14].

5. Швидкість різання при розточуванні:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \cdot 0,9, \quad (2.6)$$

де  $C_v = 485$ ;  $x = 0,12$ ;  $y = 0,25$ ;  $m = 0,28$  [14];

$K_v$  – поправочний коефіцієнт;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}, \quad (2.7)$$

де  $K_{mv} = 1,0$  – для алюмінієвого сплаву при HB 50 [14];

$K_{pv} = 0,9$  – для поверхні, одержаної литтям [14];

$K_{iv} = 2,5$  – для ріжучої пластинки різця із твердого сплаву BK8 [14];

Підставляємо дані у рівняння (2.7):

$$K_v = 1,0 \cdot 0,9 \cdot 2,5 = 2,25.$$

Підставляємо дані у рівняння (2.6):

$$V = \frac{485}{60^{0,28} \cdot 0,75^{0,12} \cdot 0,08^{0,25}} \cdot 2,25 \cdot 0,9 = 613 \text{ м/хв.}$$

Згідно рекомендацій літератури [14] приймаємо швидкість різання для чистового розточування заготовки з алюмінієвого сплаву із досягненням шорсткості Ra2,5  $V_{\pi} = 600$  м/хв.

6. Частоту обертання шпинделя верстата:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.8)$$

де  $D = 118$  мм – діаметр отвору;

$$n = \frac{1000 \cdot 600}{\pi \cdot 118} = 1619 \text{ хв}^{-1}.$$

7. За технічними характеристиками верстата встановлюємо частоту обертання шпинделя:

$$n_d = 1400 \text{ хв}^{-1}.$$

8. Уточнюємо швидкість різання:

$$V_{д.} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{д.}}{1000}, \quad (2.9)$$

$$V_{д.} = \frac{3,14 \cdot 118 \cdot 1400}{1000} = 519 \text{ м/хв.}$$

9. Сила різання при розточуванні:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.10)$$

де  $C_p = 40$ ,  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = 0$  [14];

$K_p$  – поправочний коефіцієнт;

$$K_p = K_{мр}, \quad (2.11)$$

де  $K_{мр} = 1,0$  – для алюмінієвого сплаву при HB 50 [14];

$$K_p = 1,0.$$

Підставляємо дані у рівняння (2.10):

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 0,75^{1,0} \cdot 0,08^{0,75} \cdot 519^0 = 45 \text{ Н.}$$

10. Потужність різання при розточуванні:

$$N_{різ} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (2.12)$$

$$N_{різ} = \frac{45 \cdot 519}{1020 \cdot 60} = 0,38 \text{ кВт.}$$

11. Для забезпечення розточування отвору необхідно, щоб потужність різання була меншою за потужність на шпинделі верстата:

$$N_{різ} \leq N_{шп}, \quad (2.13)$$

Потужність шпинделя верстата:

$$N_{шп} = N_{д} \cdot \eta, \quad (2.14)$$



$$\eta = 0,8.$$

$$N_{\text{III}} = 10 \cdot 0,8 = 8,0 \text{ кВТ}.$$

$$N_{\text{pi3}} = 0,38 \text{ кВТ} < N_{\text{III}} = 8 \text{ кВТ}.$$

12. Основний час для розточування:

$$T_0 = \frac{L_{p.x.}}{S_0 \cdot n}, \quad (2.15)$$

$$T_o = \frac{10}{0,08 \cdot 1400} = 0,9 \text{ XB.}$$

Також визначено режими різання для інших операцій технологічного процесу виготовлення деталі «Радіатор» 947.524.019, що зведені у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Режими різання операцій технологічного процесу виготовлення деталі «Радіатор» 947.524.019

[illegible]

Продовження таблиці 2.5

| 1                                                                                                                                                                                                                                          | 2          | 3  | 4 | 5  | 6    | 7    | 8          | 9   | 10    | 11   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----|---|----|------|------|------------|-----|-------|------|
| Точіння остаточне зовнішньої фаски 2, точіння остаточне зовнішньої циліндричної поверхні 25 послідовне за програмою у розміри 1,5×45°; Ø128 <sub>-1,0</sub> .                                                                              | 1,1        | 12 | 1 | 65 | 0,5  | 700  | 275        | 350 | 0,034 | 2,2  |
| Перехід 4<br>Розточування попереднє отвору 5, внутрішньої фаски 17, отвору 26 під різьбу M115×2-7H та остаточне підрізання торця 9 послідовне за програмою, у розміри Ø116,5 <sup>+0,22</sup> ; 2,7×45°; Ø112,9 <sup>+0,35</sup> ; 29±0,18 | 3,0<br>1,2 | 45 | 1 | 65 | 0,5  | 700  | 249<br>245 | 350 | 0,13  | 4,1  |
| Перехід 5<br>Розточування остаточне отвору 5, внутрішньої фаски 17 у розміри Ø118 <sup>+0,087</sup> ; 45°                                                                                                                                  | 0,75       | 10 | 1 | 60 | 0,08 | 1400 | 519        | 112 | 0,09  | 0,38 |
| Перехід 6<br>Розточування остаточне кільцевої канавки 19, фаски 8 у розміри Ø118H14 <sup>(+0,87)</sup> ; 10 <sup>+0,35</sup> ; 2×45°                                                                                                       | 10         | 36 | 1 | 65 | 0,08 | 1100 | 408        | 88  | 0,41  | 3,5  |
| Перехід 7<br>Нарізання внутрішньої різьби 1 за програмою у розмір M115×2-7H                                                                                                                                                                | 1,08       | 28 | 5 | 65 | 2    | 440  | 160        | 880 | 0,15  | 1,2  |

## Продовження таблиці 2.5

| 1                                                                                                                                                 | 2      | 3  | 4 | 5  | 6    | 7    | 8    | 9   | 10   | 11   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----|---|----|------|------|------|-----|------|------|
| 015 Свердлильна з ЧПК                                                                                                                             |        |    |   |    |      |      |      |     |      |      |
| Перехід 2<br>Розсвердлювання<br>отвору 16 під різьбу<br>$G\frac{1}{2} - В$ у розмір<br>$\varnothing 18,75^{+0,24}$                                | 1,375  | 24 | 1 | 45 | 0,3  | 950  | 57   | 285 | 0,08 | 1,2  |
| Перехід 3<br>Зенкування фаски 20<br>у розмір $1,5 \times 45^\circ$                                                                                | 1,5    | 8  | 1 | 25 | 0,5  | 1200 | 102  | 600 | 0,01 | 0,14 |
| Перехід 4                                                                                                                                         |        |    |   |    |      |      |      |     |      |      |
| Зенкерування<br>наскрізного отвору<br>37 у розмір $\varnothing 15,8^{+0,18}$                                                                      | 0,4    | 29 | 1 | 20 | 0,32 | 620  | 35   | 198 | 0,15 | 0,06 |
| Перехід 5                                                                                                                                         |        |    |   |    |      |      |      |     |      |      |
| Розвертання<br>попереднє<br>наскрізного отвору<br>37 у розмір<br>$\varnothing 15,915^{+0,043}$                                                    | 0,0575 | 29 | 1 | 20 | 0,8  | 210  | 12   | 168 | 0,17 | 0,05 |
| Перехід 6                                                                                                                                         |        |    |   |    |      |      |      |     |      |      |
| Розвертання<br>остаточне<br>наскрізного отвору<br>37 у розмір $\varnothing 16^{+0,018}$                                                           | 0,0425 | 29 | 1 | 20 | 0,8  | 210  | 12   | 168 | 0,17 | 0,01 |
| Перехід 7<br>Нарізання різьби 19<br>у розмір $G\frac{1}{2} - В$                                                                                   | 1,38   | 48 | 1 | 40 | 1,8  | 290  | 17   | 522 | 0,09 | 1,5  |
| 020 Свердлильна з ЧПК                                                                                                                             |        |    |   |    |      |      |      |     |      |      |
| Перехід 2<br>Центрування<br>чотирьох отворів 6,<br>7, 3, 4 у розміри<br>$\varnothing 1,0^{+0,11}$ ; $\varnothing 2,11^{+0,12}$ ;<br>$70 \pm 0,15$ | 0,5    | 7  | 4 | 20 | 0,11 | 1410 | 14,2 | 155 | 0,18 | 0,16 |

## Продовження таблиці 2.5

| 1                                                                                                                                                                     | 2     | 3  | 4 | 5  | 6    | 7    | 8   | 9   | 10   | 11   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|---|----|------|------|-----|-----|------|------|
| Перехід 3                                                                                                                                                             |       |    |   |    |      |      |     |     |      |      |
| Свердління двох наскрізних отворів 6, 7 у розмірі $\varnothing 8H14(^{+0,36}_0)$ ; $l=4$ ; $70\pm 0,15$                                                               | 4     | 10 | 2 | 25 | 0,15 | 1200 | 24  | 180 | 0,11 | 0,1  |
| Перехід 4                                                                                                                                                             |       |    |   |    |      |      |     |     |      |      |
| Свердління двох наскрізних отворів 3, 4 та одночасне формування двох фасок 27, 28 у розмірі $\varnothing 2,5^{+0,14}_0$ ; $l=4$ ; $0,6\times 45^\circ$ ; $70\pm 0,15$ | 1,25  | 10 | 2 | 25 | 0,15 | 1200 | 10  | 180 | 0,11 | 0,03 |
| Перехід 5                                                                                                                                                             |       |    |   |    |      |      |     |     |      |      |
| Зенкування двох фасок 21, 22 у розмір $1,5\times 45^\circ$                                                                                                            | 1,5   | 7  | 2 | 20 | 0,1  | 1200 | 32  | 120 | 0,12 | 0,1  |
| Перехід 6                                                                                                                                                             |       |    |   |    |      |      |     |     |      |      |
| Зенкування фаски 10 у розмір $1\times 45^\circ$                                                                                                                       | 1,0   | 7  | 1 | 20 | 0,4  | 1200 | 105 | 480 | 0,01 | 0,12 |
| Перехід 7                                                                                                                                                             |       |    |   |    |      |      |     |     |      |      |
| Нарізання різьби 11, 12 в двох отворах у розмірі М3-7H; $l=4$ ; $70\pm 0,15$                                                                                          | 0,433 | 10 | 2 | 20 | 0,5  | 840  | 7,8 | 420 | 0,05 | 0,1  |
| 025 Вертикально-фрезерна                                                                                                                                              |       |    |   |    |      |      |     |     |      |      |
| Для робочих переходів                                                                                                                                                 |       |    |   |    |      |      |     |     |      |      |
| Фрезерування наскрізного паза у розмірі $b=8^{+0,36}_0$ ; $28^{+0,52}_0$                                                                                              | 8     | 32 | 8 | 45 | 0,14 | 1580 | 28  | 221 | 1,16 | 0,4  |
| 030 Вертикально-свердлильна                                                                                                                                           |       |    |   |    |      |      |     |     |      |      |
| Перехід 2<br>Свердління наскрізного отвору 23 у розмірі $\varnothing 10H14(^{+0,36}_0)$ ; $l=4$ ; $12\pm 1$                                                           | 5     | 10 | 1 | 25 | 0,15 | 1200 | 33  | 180 | 0,06 | 0,12 |

Закінчення таблиці 2.5

| 1                                                                                            | 2 | 3  | 4 | 5  | 6    | 7    | 8  | 9   | 10   | 11   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|---|----|------|------|----|-----|------|------|
| Перехід 3<br>Повернути деталь на 180°                                                        |   |    |   |    |      |      |    |     |      |      |
| Перехід 4<br>Свердління<br>наскрізного отвору<br>23 у розміри<br>Ø10H14(+0,36); l=4;<br>12±1 | 5 | 10 | 1 | 25 | 0,15 | 1200 | 33 | 180 | 0,06 | 0,12 |

Технічні норми часу розраховано, використовуючи табличні дані, а на 010 операцію токарну з ЧПК оброблення деталі «Радіатор» 947.524.019 визначення технічних норм часу проведено розрахунковим методом.

Штучний час для операції токарної з ЧПК [1]:

$$T_{\text{шт}} = (T_{\text{ц}} + T_{\text{до}}) \cdot \left(1 + \frac{k}{100}\right), \quad (2.16)$$

де  $T_{\text{ц}}$  – час циклу роботи верстата з ЧПК в автоматичному режимі;

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{o}} + T_{\text{д}}, \quad (2.17)$$

$T_{\text{o}}$  – основний час оброблення деталі на токарному верстаті з ЧПК;

$$T_{\text{o}} = \sum_{i=1}^n \frac{L_i \cdot i}{S_i}, \quad (2.18)$$

$L_i$  – довжина робочого ходу  $i$ -го переходу, мм;

$S_i$  – подача при різанні, мм/хв;

$T_{\text{д}}$  – час на допоміжні автоматичні дії;

$$T_{\text{д}} = T_{\text{ді}} + T_{\text{дх}}, \quad (2.19)$$

де  $T_{\text{ді}}$  – час на знімання та встановлення інструментів;

$$T_{\text{ді}} = (T_{\text{п}} + T_{\text{ф}}) \cdot k, \quad (2.20)$$

де  $T_{\Pi}$  – час повороту revolverної головки токарного верстата з ЧПК з інструментами;  $T_{\Pi} = 0,016$  хв.

$k$  – кількість інструментів у наладці;

$T_{\Phi}$  – час фіксації revolverної головки токарного верстата з ЧПК з інструментами;  $T_{\Phi} = 0,016$  хв.

$T_{\text{дх}}$  – час допоміжних ходів;

$$T_{\text{дх}} = \sum_{i=1}^n \frac{L_{\text{xi}}}{S_{\Pi}}, \quad (2.21)$$

де  $L_{\text{xi}}$  – довжина допоміжних ходів;

$S_{\Pi}$  – подача холостого ходу  $S_{\Pi} = 5000$  мм/хв.

010 Токарна з ЧПК.

1. Основний час автоматичного циклу роботи верстата з ЧПК:

$$T_0 = 0,05 + 0,034 + 0,13 + 0,09 + 0,41 + 0,15 = 0,864 \text{ хв.}$$

2. Визначаємо час допоміжних ходів (2.21):

$$T_{\text{дх}} = \frac{1400}{5000} = 0,28 \text{ хв.}$$

3. Час на знімання та встановлення інструментів (2.20):

$$T_{\text{ді}} = (0,016 + 0,016) \cdot 5 = 0,16 \text{ хв.}$$

4. Час на допоміжні автоматичні дії (2.19):

$$T_{\text{д}} = 0,28 + 0,16 = 0,44 \text{ хв.}$$

5. Час автоматичного циклу роботи верстата з ЧПК (2.17):

$$T_{\Pi} = 0,864 + 0,44 = 1,304 \text{ хв.}$$

6. Допоміжний час на виконання ручних переходів:

$$T_{\text{до}} = T_{\text{доу}} + T_{\text{доп}} + T_{\text{дов}}, \quad (2.22)$$

де  $T_{\text{доу}}$  – час на базування та знімання деталі, хв;

$T_{\text{доп}}$  – час на визначення правильного взаємного розміщення деталі та інструмента, хв;

$T_{\text{дов}}$  – час на виконання контролю оброблених поверхонь, хв.

6.1. Час на базування та знімання деталі  $T_{\text{доу}} = 0,12$  хв. [1].

6.2. Час на визначення правильного взаємного розміщення деталі та інструмента [1].

– виставлення деталі та інструмента за координатами наладки:  
 $t_1 = 0,32$  хв;

– перевіряння повернення інструменту у вихідну точку після оброблення:  
 $t_2 = 0,15$  хв;

– монтування щитка для захисту від емульсії:  $t_3 = 0,04$  хв.

$$T_{\text{доп}} = 0,32 + 0,15 + 0,04 = 0,51 \text{ хв.}$$

6.3. Час на виконання контролю оброблених поверхонь:

–  $62_{-0,74}$ ;  $\varnothing 128_{-1,0}$ ;  $29 \pm 0,18$  – штангенциркулем –  
 $t_{1в} = 0,16 + 0,13 + 0,12 = 0,41$  хв. [1];  
 –  $\varnothing 118H14^{+0,87}$ ;  $10^{+0,35}$ ;  $2 \times 45^\circ$  – шаблоном канавочний спеціальним ( $b=10$ ) –  
 $t_{2в} = 0,15$  хв. [1];

–  $\varnothing 118^{+0,087}$  – калібр-пробкою ПР (116Н9) –  $t_{3в} = 0,16$  хв. [1];

–  $\varnothing 118^{+0,087}$  – калібр-пробкою НЕ (116Н9) –  $t_{4в} = 0,1$  хв. [1];

–  $1 \times 45^\circ$ ;  $2 \times 45^\circ$  – кутоміром універсальним –  $t_{5в} = 0,2 \cdot 2 = 0,4$  хв. [1];

– М115×2-7Н – калібр-пробкою різьбовим (М115×2-7Н) НЕ –  $t_{6в} = 0,12$  хв. [1] ;

– М115×2-7Н – калібр-пробкою різьбовим (М115×2-7Н) ПР –  $t_{7в} = 0,24$  хв. [1].

$$T_{\text{дов}} = \sum t_{iв} = 0,41 + 0,15 + 0,16 + 0,1 + 0,4 + 0,12 + 0,24 = 1,58 \text{ хв.}$$

При контролі 30%:

$$T_{\text{довд}} = T_{\text{дов}} \cdot 0,3 = 1,58 \cdot 0,3 = 0,47 \text{ хв.}$$

Загальний допоміжний час:

$$T_{\text{до}} = 0,12 + 0,51 + 0,47 = 1,1 \text{ хв.}$$

7. Оперативний час:

$$T_{\text{оп.}} = T_{\text{ц}} + T_{\text{до}}, \quad (2.23)$$

$$T_{\text{оп.}} = 1,304 + 1,1 = 2,404 \text{ хв.}$$

6. Штучний час (2.16):

$$T_{\text{ш}} = 2,404 \cdot \left(1 + \frac{7}{100}\right) = 2,57 \text{ хв.}$$

7. Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{ш}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n}, \quad (2.24)$$

де  $n = 120$  шт,  $T_{\text{пз}} = 44$  хв.

$$T_{\text{шк}} = 2,57 + \frac{44}{120} = 2,94 \text{ хв.}$$

005 Токарно-гвинторізна операція

Основний час:  $T_{005} = 0,13$  хв.

Штучний час [1]:

$$T_{\text{шт.}} = \Psi_{\text{к}} \cdot T_{\text{о}}, \quad (2.25)$$

$$T_{\text{шт.005}} = 2,5 \cdot 0,13 = 0,325 \text{ хв.}$$

015 Свердлильна з ЧПК операція

Основний час  $T_{015} = 0,08 + 0,01 + 0,15 + 0,17 + 0,17 + 0,09 = 0,67$  хв.

Штучний час (2.25):

$$T_{\text{шт.015}} = 4 \cdot 0,67 = 2,68 \text{ хв.}$$

020 Свердлильна з ЧПК операція

Основний час:  $T_{020} = 0,18 + 0,11 + 0,11 + 0,12 + 0,01 + 0,05 = 0,58$  хв.



Штучний час (2.25):

$$T_{\text{шт.020}} = 4 \cdot 0,58 = 2,32 \text{ хв.}$$

025 Вертикально-фрезерна операція

Основний час:  $T_{025} = 1,16 \text{ хв.}$

Штучний час (2.25):

$$T_{\text{шт.025}} = 2,5 \cdot 1,16 = 2,9 \text{ хв.}$$

030 Вертикально-свердлильна операція

Основний час:  $T_{030} = 0,06 + 0,06 = 0,12 \text{ хв.}$

Штучний час (2.25):

$$T_{\text{шт.030}} = 2,5 \cdot 0,12 = 0,3 \text{ хв.}$$

Технічні норми часу технологічного процесу виготовлення деталі «Радіатор» 947.524.019 зведені у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Технічні норми часу технологічного процесу виготовлення деталі «Радіатор» 947.524.019

| Номер та назва операції     | T <sub>о</sub> , хв | Допоміжний час, T <sub>д</sub> хв |                  |                  | T <sub>оп</sub> , хв | Час обслуговування, T <sub>об</sub> , хв |                     |                   | T <sub>шт</sub> , хв. | T <sub>п.з.</sub> , хв. | п, шт | T <sub>шт.к.</sub> , хв |
|-----------------------------|---------------------|-----------------------------------|------------------|------------------|----------------------|------------------------------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|-------|-------------------------|
|                             |                     | T <sub>у.</sub>                   | T <sub>пер</sub> | T <sub>вим</sub> |                      | T <sub>тех.об</sub>                      | T <sub>орг.об</sub> | T <sub>відп</sub> |                       |                         |       |                         |
| 005 Токарно-гвинторізна     | 0,13                |                                   | —                | —                | —                    | —                                        | —                   | —                 | —                     | —                       | 120   | 0,325                   |
| 010 Токарна з ЧПК           | 0,864               | 0,12                              | 0,51             | 0,47             | 2,404                | 0,17                                     |                     |                   | 2,57                  | 44                      |       | 2,94                    |
| 015 Свердлильна з ЧПК       | 0,67                |                                   | —                | —                | —                    | —                                        | —                   | —                 | —                     | —                       |       | 2,68                    |
| 020 Свердлильна з ЧПК       | 0,58                |                                   | —                | —                | —                    | —                                        | —                   | —                 | —                     | —                       |       | 2,32                    |
| 025 Вертикально-фрезерна    | 1,16                |                                   | —                | —                | —                    | —                                        | —                   | —                 | —                     | —                       |       | 2,9                     |
| 030 Вертикально-свердлильна | 0,12                |                                   | —                | —                | —                    | —                                        | —                   | —                 | —                     | —                       |       | 0,3                     |

### 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1. Розрахунок точності пристосування для механічного оброблення деталі

Для виконання свердлильної операції 020 на верстаті з числовим програмним керуванням розроблено спеціалізоване технологічне пристосування для встановлення та надійного закріплення деталі «Радіатор» 947.524.019. Конструкція пристосування забезпечує вільний доступ різальних інструментів до оброблюваних поверхонь з верхнього боку заготовки, що відповідає вимогам технологічного процесу.

Базування деталі в пристосуванні здійснюється за внутрішньою циліндричною поверхнею діаметром  $\varnothing 16H7$  та торцевою поверхнею розміром 62 мм. Обрана схема базування забезпечує необхідну точність взаємного розташування оброблюваних поверхонь, стабільність положення деталі під час оброблення та дотримання встановлених вимог щодо точності виготовлення. Орієнтування деталі в пристосуванні забезпечується за внутрішнім контуром відносно базового елемента поз. 6 та установчого пальця поз. 27.

Робота пристосування здійснюється таким чином. Перед початком оброблення деталь встановлюють торцевою поверхнею на опорну базу поз. 6 та центрують по отвору за допомогою установчого пальця поз. 27. Після базування заготовки через систему керування подається стиснене повітря до верхньої порожнини пневмоциліндра, утвореного гільзою поз. 20. Під дією тиску повітря поршень зі штоком переміщується вниз, передаючи зусилля через тягу поз. 19, вісь поз. 25 та важелі поз. 14.

Подальше переміщення кінематичного ланцюга через осі поз. 26 спричиняє радіальне розведення плунжерів поз. 11. Плунжери, взаємодіючи з регульовальними гвинтами поз. 10, забезпечують поворот важелів поз. 8 навколо осей поз. 22. У результаті цього прихвати поз. 7 підводяться до поверхні деталі та здійснюють її надійне закріплення в робочому положенні.

Після завершення технологічної операції система керування забезпечує

подачу стисненого повітря до нижньої порожнини пневмоциліндра. Поршень разом зі штоком поз. 18 переміщується у зворотному напрямку, приводячи в рух тягу поз. 19, вісь поз. 25 та важелі поз. 14. При цьому через осі поз. 26 плунжери поз. 11 з регулювальними гвинтами поз. 10 переміщуються до центра пристосування, викликаючи зворотний поворот важелів поз. 8. Унаслідок цього прихвати поз. 7 відводяться від деталі, забезпечуючи її розкріплення та можливість вільного вилучення із пристосування.

Установлення та закріплення наступної заготовки здійснюється за аналогічною схемою відповідно до описаного робочого циклу.

Пристрій призначений для оброблення двох отворів  $\varnothing 8H14^{(+0,36)}$ ;  $l=4$ ;  $70\pm 0,15$ ; двох отворів МЗ-7Н;  $l=4$ ;  $70\pm 0,15$ ;  $1,5\times 45^\circ$ .

Креслення розробленого затискного пристрою наведено у графічній частині роботи.

Похибка встановлення заготовки деталі «Радіатор» 947.524.019 у пристрої визначається на основі рівняння, яка враховує сумарний вплив похибок базування, закріплення та виготовлення елементів оснащення [15]:

$$\Delta \varepsilon_1 = \sqrt{\Delta_6^2 + \Delta_3^2 + \Delta_{\text{пр}}^2} . \quad (3.1)$$

Необхідна точність базування та закріплення заготовки в технологічному пристосуванні забезпечується за умови, що сумарна похибка встановлення не перевищує величини допустимого допуску на розмір, який формується в процесі механічного оброблення [15]. За цієї умови похибки, що виникають під час базування та затискання деталі, не призводять до виходу фактичних розмірів за межі встановленого поля допуску.

Таким чином, вимога щодо забезпечення точності оброблення виконується за умови дотримання наступного співвідношення [15]:

$$\Delta \varepsilon_1 \leq T . \quad (3.2)$$

На свердлильній з ЧПК операції 020 виконують оброблення різьбових отворів МЗ-7Н та свердління двох отворів діаметром  $\varnothing 8$  мм. Визначальним

показником точності для даної операції є забезпечення необхідного взаємного розташування отворів відносно базових і конструктивних елементів деталі. Вимоги до точності координування отворів регламентуються 14-м квалітетом точності, при цьому допустиме відхилення їх розташування не повинно перевищувати  $T=0,3$  мм.

Відповідно до прийнятої схеми базування та конструктивних особливостей затискного пристосування, похибка базування  $\Delta_6$  виникає внаслідок наявності зазору між установчим пальцем поз. 6 та базовим отвором деталі.

Похибка базування:

$$\Delta_{6.} = S_{\max} . \quad (3.3)$$

Максимальна величина зазору в спряженні «установчий палець поз. 8 – базовий отвір заготовки»:

$$S_{\max} = D_{\max 1} - d_{\min 2}, \quad (3.4)$$

де  $D_{\max 1}$  – максимальний розмір отвору;

$d_{\min 2}$  – мінімальний розмір пальця.

$$D_{\max 1} = D_{\text{ном}1} + ES_{1.}, \quad (3.5)$$

де  $D_{\text{ном}1}$  – номінальний розмір отвору;

$ES_{1.}$  – верхнє відхилення отвору.

$$d_{\min 2} = d_{\text{ном}2} + ei_2, \quad (3.6)$$

де  $d_{\text{ном}2}$  – номінальний розмір пальця;

$ei_2$  – нижнє відхилення пальця.

Розмір отвору деталі  $\varnothing 16H7(^{+0,018})$ .

Розмір пальця –  $\varnothing 16f6(^{-0,016}_{-0,027})$ .

Визначаємо максимальний зазор:

$$D_{\max 1} = 16 + 0,018 = 16,018 \text{ мм.}$$

$$d_{\min 2} = 16 + (-0,027) = 15,973 \text{ мм.}$$

$$S_{\max} = 16,018 - 15,973 = 0,045 \text{ мм.}$$

Тоді:

$$\Delta_{\zeta} = 0,045 \text{ мм.}$$

Похибка закріплення заготовки  $\Delta_z = 100 \text{ мкм.}$

Похибка пристосування  $\Delta_{\pi} = 140 \text{ мкм.}$

Похибка встановлення заготовки деталі «Радіатор» 947.524.019 у пристрої (3.1):

$$\Delta \varepsilon_1 = \sqrt{0,045^2 + 0,1^2 + 0,14^2} = 0,178 \text{ мм.}$$

Перевіряємо виконання умови (3.2):

$$0,178 \text{ мм} < 0,3 \text{ мм}$$

Отже, точність встановлення заготовки забезпечена.

### **3.2. Розрахунок силових параметрів пристосування для механічного оброблення деталі**

Для визначення необхідного зусилля затиску деталі «Радіатор» 947.524.019 на операції 020 свердлильній з ЧПК розглядається розрахункова схема дії сил під час свердління отвору  $\varnothing 8 \text{ мм}$  (рис. 3.1). Саме в даному режимі оброблення виникає найбільший крутний момент різання, який є визначальним при розрахунку затискного механізму.

Заготовка встановлюється на циліндричний установчий палець та фіксується двома прихватами. Зусилля затиску  $P_{\text{зат}}$ , що передається через систему важелів і прихватів, забезпечує притискання деталі до установчої обробленої поверхні пристосування та запобігає її зміщенню в процесі оброблення.

Під час свердління на заготовку діє крутний момент різання  $M_{\text{різ}}$ , який

прагне повернути деталь відносно осі базування. Для забезпечення стійкого положення заготовки сила тертя, створена затискним механізмом, повинна компенсувати дію цього моменту. Тому необхідне зусилля затиску визначають із умови рівноваги моментів, тобто за умови, що утримувальний момент сил тертя перевищує або дорівнює моменту різання.

Тоді мінімально необхідна сила затиску деталі визначається відповідно до розрахункової схеми за наступною залежністю:

$$P_{\text{зат1}} \cdot f_1 \cdot R + P_{\text{зат2}} \cdot f_1 \cdot R + \frac{2P_{\text{зат}} f_2 \cdot (R_2^3 - R_1^3)}{3(R_2^2 - R_1^2)} = K \cdot M_{\text{різ}} , \quad (3.7)$$

де  $f_1=0,2$  – коефіцієнт тертя між поверхнею заготовки та поверхнями прихватів;

$R= 59$  мм– радіус контакту прихватів із заготовкою відносно центру поверхні базування;

$f_2 =0,2$  – коефіцієнт тертя між поверхнею заготовки та поверхнею базової оправки;

$R_1=59$  мм – менший радіус контакту радіатора із базовою оправкою;

$R_2=64$  мм –більший радіус контакту радіатора із базовою оправкою;

Момент різання при свердлінні

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p , \quad (3.8)$$

де  $D = 8$  мм – діаметр свердла;

$S = 0,15$  мм/об – подача при свердлінні;

$K_p = 1,0$  – для матеріалу заготовки сплав АК12 [14];

$C_m = 0,005$ ;  $y = 0,8$ ;  $q = 2,0$  [14].

Підставляємо дані у рівняння (3.8):

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,005 \cdot 8^{2,0} \cdot 0,15^{0,8} \cdot 1,0 = 0,70 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Коефіцієнт запасу  $K = 3$ .

Оскільки  $P_{\text{зат1}} = P_{\text{зат2}}$ , одержуємо:

$$P_{\text{зат}} = \frac{K \cdot M_{\text{різ}}}{2 \cdot f_1 \cdot R + 2f_2 \cdot \frac{R_2^3 - R_1^3}{3(R_2^2 - R_1^2)}}. \quad (3.9)$$

Підставляємо дані у рівняння (3.9):

$$P_{\text{зат}} = \frac{3 \cdot 700}{2 \cdot 0,2 \cdot 59 + 2 \cdot 0,2 \cdot \frac{64^3 - 59^3}{3(64^2 - 59^2)}} = 58,49 \text{ Н}.$$

Перевіряємо умову затиску заготовки:

$$2P_{\text{зат}} \leq W, \quad (3.10)$$

де  $W$  – сила на штоці пневмоциліндра, що збільшена за рахунок важільних механізмів.

Із розрахункової схеми рис. 3.1, сила на штоці пневмоциліндра, що збільшена за рахунок важільних механізмів:

$$W = F_1 \left( \frac{1}{\text{tg}(\alpha + \beta)} - \text{tg}\varphi_2 \frac{3 \cdot l}{a} \right) \frac{l_1}{l_2} \cdot \eta, \quad (3.11)$$

де  $\alpha$  – кут нахилу важеля в момент затиску заготовки,  $\alpha = 18^\circ$ ;

$\beta$  – кут впливу сил тертя в шарнірних з'єднаннях механізму;

$\text{tg}\varphi_2$  – коефіцієнт тертя ковзання між плунжером і напрямними поверхнями,  
 $\text{tg}\varphi_2 = 0,1$ ;

$\eta = 0,9$  – к.к.д;

$F_1$  – сила, утворена тиском повітря у пневмоциліндрі.

Решта параметрів визначаються конструкцією пристрою (рис. 3.1):

$l_1 = 50 \text{ мм}$ ;

$l_2 = 77 \text{ мм}$ ;

$a=40\text{мм};$

$l=37\text{мм};$

Кут впливу сил тертя в шарнірних з'єднаннях механізму:

$$\beta = \arcsin\left(\frac{f \cdot d}{L}\right), \quad (3.12)$$

де  $f$  - коефіцієнт тертя між поверхнями шарніра,  $f=0,18$ ;

$d=12\text{мм};$

$L=55\text{мм}.$

$$\beta = \arcsin\left(\frac{0,18 \cdot 12}{55}\right) = 2,25 \text{ град.}$$

Сила, утворена тиском повітря у пневмоциліндрі [15]:

$$F_1 = 0,785 \cdot (D_1^2 - d_1^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (3.13)$$

де  $D_1=100$  мм діаметр циліндра;

$d_1=22$  мм діаметр штока.

Із формули (3.9) отримано:

$$F_1 = 0,785 \cdot (0,1^2 - 0,022^2) \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 2689,2 \text{ Н.}$$

Підставляємо дані у рівняння (3.11):

$$W = 2689,2 \left( \frac{1}{\text{tg}(18 + 2,25)} - 0,1 \frac{3 \cdot 37}{20} \right) \frac{50}{77} \cdot 0,9 = 3387 \text{ Н.}$$

Перевіряємо виконання умови (3.10):  $2P_{\text{зат}} = 117 \text{ Н} < W = 3387 \text{ Н}$ . Отже, заготовка деталі «Радіатор» 947.524.019 буде надійно закріплено на операції 020 свердлильній з ЧПК.



## **4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ**

### **4.1. Характеристика дільниці механічної обробки деталі з позицій охорони праці**

Проектована дільниця механічної обробки деталі організована відповідно до вимог чинного законодавства України у сфері охорони праці, виробничої санітарії, електро- та пожежної безпеки. Планувальні та конструктивні рішення виробничого приміщення забезпечують створення безпечних і нешкідливих умов праці, раціональну організацію технологічного процесу та можливість подальшої модернізації виробництва.

Планування виробничої дільниці виконано з урахуванням принципів ергономіки, потоковості виробництва та мінімізації виробничих ризиків. Внутрішнє зонування приміщення забезпечує прямоточність транспортних потоків, розділення зон зберігання заготовок, міжопераційних запасів і готової продукції, а також виключає зустрічні та перехресні переміщення вантажів і персоналу.

Технологічне обладнання розміщено з дотриманням нормативних проходів та відстаней, що забезпечують безпечне виконання робіт, технічне обслуговування та евакуацію працівників у разі виникнення аварійної ситуації. Відстані між верстатами становлять:

- з боку робочої зони – не менше 1,0 м;
- з боку неробочої зони – не менше 0,6 м.

Підведення електричної енергії до обладнання виконано відповідно до вимог Правил улаштування електроустановок (ПУЕ). Електротехнічне обладнання обладнане захисним заземленням, а всі відкриті провідні металеві частини верстатів приєднані до контуру заземлення, що забезпечує захист працівників від ураження електричним струмом у разі пошкодження ізоляції або виникнення струму витoku.

З урахуванням маси заготовок, пристроїв та оснащення на дільниці

передбачено використання вантажопідіймального та транспортного обладнання, що дозволяє мінімізувати фізичні навантаження на працівників і знизити ризик виникнення виробничих травм. Робочі місця оснащені стелажми, інструментальними тумбами, міжопераційними накопичувачами, контейнерами для стружки та спеціальними ємностями для зберігання інструменту й технологічного оснащення.

Параметри мікроклімату виробничого приміщення відповідають вимогам державних санітарних норм і підтримуються за допомогою системи загальнообмінної припливно-витяжної вентиляції та централізованого водяного опалення низького тиску. На ділянці забезпечуються такі параметри повітряного середовища:

- температура повітря – від +20 до +25 °C;
- відносна вологість – 40–60 %;
- швидкість руху повітря – до 0,2 м/с у холодний період року та до 0,3 м/с у теплий період;
- атмосферний тиск –  $(0,9–1,06) \cdot 10^5$  Па;
- інтенсивність теплового опромінення – не більше 70 Вт/м<sup>2</sup>.

Підлога виробничого приміщення виконана із зносостійких, негорючих та вологостійких матеріалів, які не вбирають мастильно-охолоджувальні рідини, технічні масла та інші агресивні речовини. Покриття має неслизьку поверхню, що зменшує ризик падіння працівників.

Природне освітлення здійснюється за рахунок двостороннього бокового освітлення через світлові прорізи, що забезпечує достатній коефіцієнт природної освітленості робочої зони. Штучне освітлення виконане комбінованою системою із застосуванням світильників загального освітлення та місцевих світильників, встановлених безпосередньо на металорізальних верстатах.

Нормовані значення освітленості становлять:

- загальне робоче освітлення – 300 лк;
- аварійне освітлення – 2 лк;

- евакуаційне освітлення – 0,5 лк;
- охоронне освітлення – 0,5 лк.

Застосування лише місцевого освітлення без загального освітлення не допускається, оскільки це призводить до виникнення значних контрастів яскравості та підвищеного зорового навантаження на працівників.

Рівні шуму та вібрації на робочих місцях не перевищують гранично допустимих значень, встановлених чинними санітарними нормами. У разі необхідності працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту органів слуху та антивібраційними засобами захисту.

Для забезпечення електробезпеки та захисту будівлі від атмосферних перенапруг передбачено систему блискавкозахисту, яка складається з окремо встановлених стрижневих блискавковідводів. Усі елементи системи блискавкозахисту об'єднані із загальним контуром захисного заземлення.

Відповідно до вимог пожежної безпеки виробнича дільниця належить до категорії Д за вибухопожежною та пожежною небезпекою, а будівля має IIIa ступінь вогнестійкості.

На дільниці передбачено:

- внутрішній господарсько-протипожежний водогін низького тиску;
- систему автоматичної пожежної сигналізації;
- первинні засоби пожежогасіння;
- систему оповіщення та евакуації персоналу.

Евакуація працівників у разі пожежі або іншої надзвичайної ситуації забезпечується через два незалежні евакуаційні виходи шириною не менше 1,2 м і висотою не менше 2,2 м.

Ширина шляхів евакуації становить:

- основних проходів – не менше 1,5 м;
- транспортних проїздів – не менше 2,5 м.

Для ліквідації початкових осередків пожежі дільниця оснащена необхідним протипожежним інвентарем:

- ящик із сухим піском місткістю 1 м<sup>3</sup> з пожежною лопатою;

- протипожежні покривала;
- порошкові або вуглекислотні вогнегасники;
- пожежні гаки, ломи та сокири.

З метою підвищення рівня безпеки праці на виробничій ділянці застосовано сигнальне кольорове маркування небезпечних зон, проходів, евакуаційних виходів, трубопроводів та елементів технологічного обладнання. Робочі місця обладнані відповідними знаками безпеки, попереджувальними написами та інформаційними стендами з охорони праці.

Отже, прийняті архітектурно-планувальні, інженерно-технічні та організаційні рішення забезпечують відповідність ділянки механічної обробки вимогам нормативно-правових актів з охорони праці, пожежної та електричної безпеки, створюють належні санітарно-гігієнічні умови праці та сприяють безпечній і ефективній експлуатації виробничого обладнання.

#### **4.2. Правові гарантії працівників щодо безпеки праці при укладенні трудових договорів**

Відповідно до статті 21 Кодексу законів про працю України, трудовий договір є угодою між працівником і роботодавцем, за якою працівник зобов'язується особисто виконувати визначену роботу з дотриманням правил внутрішнього трудового розпорядку, а роботодавець – забезпечити належні умови праці, своєчасну та повну виплату заробітної плати, а також гарантувати дотримання вимог законодавства про працю та охорону праці.

Однією з основних гарантій працівника під час укладення трудового договору є право на безпечні та нешкідливі умови праці. Це право закріплене Конституцією України, Кодексом законів про працю України та Законом України «Про охорону праці» і є обов'язковим для всіх роботодавців незалежно від форми власності підприємства та виду господарської діяльності.

Трудовий договір укладається, як правило, у письмовій формі, а письмова форма є обов'язковою у випадках, передбачених законодавством,

зокрема:

- при організованому наборі працівників;
- під час укладення трудового договору з неповнолітніми особами;
- при укладенні контракту;
- у разі укладення трудового договору між працівником і фізичною особою;
- в інших випадках, установлених законодавством України.

Фактичний допуск працівника до виконання трудових обов'язків за дорученням роботодавця також вважається укладенням трудового договору незалежно від того, чи був належним чином оформлений наказ про прийняття на роботу.

Під час укладення трудового договору роботодавець зобов'язаний забезпечити реалізацію прав працівника у сфері охорони праці. Згідно зі статтею 5 Закону України «Про охорону праці» працівник під особистий підпис повинен бути поінформований про:

- умови праці на робочому місці;
- наявність небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які ще не усунені;
- можливі наслідки впливу цих факторів на стан здоров'я;
- право на пільги та компенсації за роботу у шкідливих або небезпечних умовах праці;
- режим праці та відпочинку;
- порядок забезпечення засобами індивідуального захисту.

Умови трудового договору не можуть містити положень, що суперечать вимогам законодавства про працю та нормативно-правовим актам з охорони праці. Будь-які умови, які погіршують становище працівника порівняно з вимогами законодавства, є недійсними.

Забороняється укладення трудового договору з працівником для виконання робіт, які протипоказані йому за станом здоров'я відповідно до медичного висновку. Працівники, зайняті на важких роботах, роботах зі

шкідливими або небезпечними умовами праці, а також на роботах, де існує потреба у професійному доборі, підлягають попереднім і періодичним медичним оглядам за рахунок роботодавця.

Усі працівники підлягають загальнообов'язковому державному соціальному страхуванню від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань, які спричинили втрату працездатності. У разі настання страхового випадку потерпілі мають право на відшкодування шкоди та отримання відповідних страхових виплат у порядку, визначеному законодавством.

Роботодавець зобов'язаний забезпечити на робочому місці безпечні та нешкідливі умови праці, що передбачають:

- відповідність параметрів виробничого середовища державним санітарним нормам;
- технічну справність обладнання, машин, механізмів та виробничого оснащення;
- безпечний технічний стан електроустановок, систем вентиляції, опалення та освітлення;
- функціонування засобів колективного захисту;
- забезпечення працівників сертифікованими засобами індивідуального захисту;
- дотримання нормативних показників мікроклімату, рівнів шуму, вібрації, запиленості та освітленості.

У разі виникнення виробничої ситуації, яка становить безпосередню загрозу життю чи здоров'ю працівника або оточуючих, працівник має право відмовитися від виконання дорученої роботи. Про таку ситуацію він зобов'язаний негайно повідомити безпосереднього керівника або роботодавця. Наявність небезпечної виробничої ситуації, за необхідності, підтверджується фахівцями служби охорони праці, представниками профспілки або уповноваженою працівниками особою з питань охорони праці.

За працівником, який відмовився від виконання роботи з підстав

виникнення небезпечної виробничої ситуації не з власної вини, зберігається середній заробіток за весь час простою.

У разі систематичного порушення роботодавцем вимог законодавства про охорону праці, невиконання умов колективного договору або створення небезпечних умов праці працівник має право розірвати трудовий договір за власною ініціативою. У такому випадку відповідно до статті 6 Закону України «Про охорону праці» працівникові виплачується вихідна допомога в розмірі, передбаченому колективним договором, але не менше тримісячного середнього заробітку.

У разі погіршення стану здоров'я працівника, підтвердженого медичним висновком, роботодавець зобов'язаний перевести його за згодою на легшу роботу, яка відповідає медичним рекомендаціям. За необхідності роботодавець повинен організувати професійне навчання або перекваліфікацію працівника, змінити режим праці та забезпечити адаптацію робочого місця відповідно до функціональних можливостей працівника.

Якщо підприємство або окремих виробничий підрозділ тимчасово припиняє роботу внаслідок виробничих, технічних, економічних чи організаційних причин, за працівниками зберігаються трудові права та гарантії, передбачені законодавством України. Оплата часу простою здійснюється у порядку, встановленому Кодексом законів про працю України та колективним договором підприємства.

Таким чином, чинне трудове законодавство України передбачає комплекс правових, соціально-економічних та організаційних гарантій, спрямованих на забезпечення права працівників на безпечні та здорові умови праці, захист їхнього життя і здоров'я під час виконання трудових обов'язків та відшкодування шкоди у разі виникнення нещасних випадків або професійних захворювань.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра встановлено, що деталь «Радіатор» 947.524.019 є складовим елементом конструкції вибухозахищеного світлодіодного світильника, призначеного для експлуатації у вибухонебезпечних середовищах класів 1 та 2, а також у пожежонебезпечних зонах класів П-I та П-II. Основним функціональним призначенням радіатора є ефективне відведення теплової енергії, що генерується світлодіодними модулями під час роботи освітлювального пристрою. Деталь виготовляється із сплаву АК12.

Базовий технологічний процес виготовлення деталі «Радіатор» 947.524.019 відповідає дрібносерійному типу виробництва.

Річна програма випуску деталей відповідає середньосерійному типу виробництва. Тому у проєктному варіанті технологічного процесу передбачено зміни, спрямовані на підвищення продуктивності праці та автоматизації виробничих процесів: формування заготовки виконується литтям під тиском із формуванням тонкостінних елементів та зменшенням припусків на механічне оброблення; токарне оброблення поверхонь, нарізання різьби в отворі великого діаметра виконується на токарному верстаті з ЧПК замість токарно-гвинторізних верстатів; свердлильні операції та нарізання різьби в малих отворах виконується на свердлильних верстатах з ЧПК замість вертикально-свердлильних і різьбонарізних верстатів; фрезерування рівномірно розміщених на циліндричній поверхні пазів виконується на вертикально-фрезерному верстаті з поворотним пристроєм; свердління отворів на нахилених площинах виконується на вертикально-свердлильному верстаті.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування”. Тернопіль, 2001. 58 с.
2. Пилипець М.І., Комар Р.В. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин. Тернопіль, 2019. 58 с.
3. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. 148 с.
4. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.
5. Паливода Ю. Є., Дячун А.Є. Дослідження технологічних процесів за допомогою методів математичної статистики та теорії ймовірності. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2022. 33 с.
6. Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
7. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом, Тернопіль, 2003. 81 с.
8. Розмірні ланцюги: навчально-методичний посібник / Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Капаціла Ю.Б, Ткаченко І.Г. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 132 с.
9. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
10. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисциплін “Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин ” та “Технологія машинобудування” для студентів спеціальностей 131 “Прикладна механіка” і 133 “Галузеве машинобудування” на тему “Структура технологічного процесу. Принципи побудови технологічних операцій” /

Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. - Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 53 с.

11. Дячун А. Є. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин» / А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.

12. Жидецький В. Ц., Джигирей В. Ц., Мельников О. В. Основи охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 350 с.

13. Жидецький В. Ц. Практикум із охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 349 с.

14. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки : навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

15. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.

16. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Конструювання пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2015. 141 с.