

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

**магістр**

(освітній рівень)

на тему: **Розроблення технології виготовлення кришки 27.36.011**  
**з дослідженням впливу енергетичних параметрів на стійкість**  
**інструменту при фрезеруванні**

Виконав: студент 6 курсу, групи МПм-61

спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

Лісовий В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Данильченко Л.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Ткаченко І.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Кобельник В.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2024

## ЗМІСТ

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>РЕФЕРАТ</b>                                                                                         | 5  |
| <b>ВСТУП</b>                                                                                           | 7  |
| <b>1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА</b>                                                                           |    |
| 1.1. Характеристика деталі, її призначення, аналіз технічних і технологічних умов                      | 8  |
| 1.2. Характеристика матеріалу деталі та аналіз його фізико-механічних і хімічних властивостей          | 9  |
| 1.3. Аналіз деталі на технологічність                                                                  | 10 |
| 1.4. Аналіз існуючої технології одержання деталі                                                       | 13 |
| 1.5. Сучасні досягнення в галузі технології, обладнання та оснащення при виготовленні подібних виробів | 14 |
| 1.6. Висновки та постановка задач магістерської роботи                                                 | 15 |
| <b>2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА</b>                                                                     |    |
| 2.1. Аналіз енергетичних параметрів при механічному обробленні методами фрезерування                   | 17 |
| 2.2. Розрахунок енергетичних параметрів при фрезеруванні, їх вплив на стійкість фрез                   | 24 |
| <b>3. ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА</b>                                                         |    |
| 3.1. Вибір організаційної форми й типу виробництва                                                     | 31 |
| 3.2. Визначення раціонального методу виготовлення заготовки                                            | 32 |
| 3.3. Проєктування технології оброблення деталі                                                         | 36 |
| 3.4. Визначення припусків та міжопераційних розмірів                                                   | 37 |
| 3.5. Визначення режимів різання для внутрішньої циліндричної поверхні                                  | 40 |
| 3.6. Визначення режимів на свердлильній операції                                                       | 45 |
| 3.7. Вибір різального та вимірювального інструментів                                                   | 46 |
| 3.8. Характеристика обладнання                                                                         | 46 |

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 3.9. Технічне нормування розробленого технологічного процесу | 49 |
| 3.10. Визначення кількості обладнання та його завантаженості | 52 |
| 3.11. Пристосування для розточування отворів                 | 55 |
| 3.12. Поворотний кондуктор для свердління отворів            | 58 |
| 3.13. Пристрій для контролю радіального биття                | 59 |

#### **4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1. Актуальність охорони навколишнього середовища                                                                           | 61 |
| 4.2. Забруднення довкілля, що виникнуть в результаті реалізації проекту                                                      | 62 |
| 4.3. Заходи зі зниження токсичності відпрацьованих газів, охорони навколишнього середовища та зменшення забруднення довкілля | 65 |

|                          |    |
|--------------------------|----|
| <b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b> | 67 |
|--------------------------|----|

|                         |    |
|-------------------------|----|
| <b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b> | 68 |
|-------------------------|----|

|                |    |
|----------------|----|
| <b>ДОДАТКИ</b> | 74 |
|----------------|----|

## РЕФЕРАТ

Завдання проєктування іноваційних техпроцесів одержання деталей з підвищеною якістю й точністю на основі використання передового обладнання й оснащення, комп'ютеризації та моделювання обробних операцій є актуальними та нагальними, що визначило тему кваліфікаційної роботи.

За мету роботи визначено аналіз сучасних досягнень в області типових технологій виготовлення аналогічних деталей, з подальшим розробленням проєктного варіанту техпроцесу виготовлення кришки 27.36.011 із застосуванням комп'ютерних систем з метою обґрунтованого вибору раціональних методів її оброблення.

Для виконання завдання були окреслені наступні питання:

- аналіз базового техпроцесу виробництва кришки,
- вибір й обґрунтування способу виготовлення заготовки;
- розроблення операційного маршруту проєктного техпроцесу;
- розрахунок режимів різання й нормування операцій;
- вибір устаткування й спорядження;
- проєктування основного й допоміжного оснащення;
- розроблення рекомендацій щодо зменшення впливу негативних чинників на діляниці.

Предмет досліджень – проєктна технологія одержання деталі.

Об'єкт проєктування - кришка 27.36.011.

При виконанні завдань використано теоретичні, порівняльні, статистичні та графічні методи, методи синтезу й моделювання, за допомогою яких приймались обґрунтовані висновки щодо оптимальних рішень в проєктній технології виготовлення кришки.

В обґрунтуванні прийнятих рішень використовувались інформаційні матеріали і джерела, патенти, довідкова література, рекомендації, посібники, галузеві стандарти а також технічні довідники щодо типових техпроцесів та шляхів їх модернізації.

Наукова новизна полягала у проєктуванні проєктного техпроцесу: запропоновано раціональний спосіб виготовлення заготовки, введення верстату з ЧП, що дозволило об'єднати дві операції; скоротити тривалість операцій; а за рахунок спроектованого й розрахованого оснащення – зменшити загальну працездатність виробництва кришки.

Досліджено енергетичні показники, які впливають на стійкість фрез при торцевому й циліндричному фрезеруванні, систематизовано причини зношення інструментів залежно від температурних чинників процесу оброблення різними типами фрез.

Запропоновані в кваліфікаційній роботі результати проєктування мають практичне значення, оскільки скорочення виробничого циклу сприятиме скороченню операційного часу, зменшенню кількості залученого в техпроцесі верстатного устаткування й персоналу, економії енергозатрат.

Результати наукових досліджень відображені у поданих тезах доповіді на XIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених і студентів ТНТУ, 2024 р.

## ВСТУП

Технологічні процеси є сукупністю виробничих операцій, що охоплюють комплекс заходів, які мають чітку структуру, і направлені на покращення властивостей виробів. Вони включають різноманітні методи оброблення – механічне, термічне, а також операції складання, оброблення тиском тощо. За умов заводського виробництва такі процеси включають проєктування, оформлення технологічної документації, контроль за виконанням науково-дослідних робіт. Грамотно спроектовані або вдосконалені технології на виробництві дозволяють одержувати готові вироби заданої якості з мінімальними затратами на їх виробництво.

Машинобудівній галузі, продукція якої використовується у різних суміжних галузях, притаманне широке запровадження як універсального, так і спеціального устаткування, контрольно-вимірювального спорядження, що має на меті не лише запровадження сучасних автоматизованих процесів, а й залучення висококваліфікованих фахівців, персоналу, які здатні вирішувати комплекс завдань з проєктування нових виробів, прогресивних технологій.

Сучасне підприємство спрямовує свої зусилля на підвищення працездатності, скорочення витрат за рахунок вдосконалення існуючих технологій, підвищення якості виробів та своєї конкурентоспроможності.

Однак, вітчизняне машинобудування зорієнтоване на масове виробництво деталей, яке вимагає застосування верстатів-автоматів і агрегатних пристроїв.

Проєктування нових виробів в машинобудуванні – це комплексне завдання, яке полягає не лише у дотриманні потрібної технічної точності виробів, а і забезпечення їх конструкцій нових якостей, що здатні суттєво знизити витрати робочої сили, сировини, затрати на розроблення, впровадження, експлуатацію та ремонт.

Успішне вирішення цього завдання закладене у новаційній спільній діяльності технологів та конструкторів та їх взаємодії на всіх стадіях розроблення проєктування й запровадження нової техніки.

## 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1. Характеристика деталі, її призначення, аналіз технічних і технологічних умов

За об'єкт дослідження у кваліфікаційній роботі взято технологію виготовлення деталі-кришка, яка належить до тіл обертання. У заводських умовах для її виробництва використовується алюмінієвий ливарний сплав АЛ 16 В згідно (за сучасною Міжнародною класифікацією – сплав G- $\text{AlSi8Cu3}$ ). Найбільш раціональним методом виготовлення заготовки для деталі є литво, за допомогою якого одержують оптимальні розміри внутрішніх порожнин та форму зовнішніх контурів кришки.

Для більш точного формування внутрішніх поверхонь в процесі литва доцільно використовувати стержні, це дозволяє в подальшому зменшити загальний час на механічне оброблення.

Деталь-кришка є складальною одиницею вузла несучої основи (ходової частини) комбайну. В процесі експлуатації вона виконує функції корпусної деталі, у якій встановлюється вал колеса.

Технічні вимоги до деталі подано в табл.1.1 додатку А з описом методів їх досягнення, а також представлено методи контролю розмірів поверхонь та вимірювальні інструменти. Аналіз представлених у таблиці даних дає можливість внести рекомендації щодо застосування альтернативних способів отримання заготовки та запропонувати оптимальні методи оброблення деталі.

Креслення деталі містить розміри, необхідні для досягнення заданої точності одержаних після литва і операцій механічного оброблення усіх поверхонь з зазначенням необхідних допусків та шорсткості.

Технологія виготовлення кришки є типовою, оскільки технічні вимоги на неї не передбачають спеціальних або підвищених умов до точності та чистоти поверхонь.

Тому в серійному або масовому типах виробництва для її одержання використовується універсальне устаткування, різальні та вимірювальні інструменти, загальнодоступні та широко використовувані пристосування та контрольні засоби.

Усі поверхні деталі, точність та шорсткість яких не досягається литвом, підлягають послідовному механічному обробленню згідно технологічного маршруту, потребують застосування певних технологічних операцій з врахуванням правильного використання її базування, використання точних пристосувань та необхідних пристроїв.

## 1.2. Характеристика матеріалу деталі та аналіз його фізико-механічних і хімічних властивостей

Використання в якості матеріалу заготовки алюмінієвого сплаву АЛ 16 В обґрунтовується конструкцією деталі, її конфігурацією та технологічними вимогами.

В таблицях 1.2; 1.3 представлено фізико-механічні й хімічні характеристики сплаву, аналіз яких дозволяє зробити висновки щодо можливих внутрішніх кристалічних перетворень як в процесі оброблення, так і під час експлуатації деталі. Матеріалам на основі ливарних алюмінієвих сплавів властива підвищена стійкість до корозії, яка може викликати викришування та тріщини на поверхнях оброблення.

Таблиця 1.2

Хімічний склад алюмінію АЛ14В, %

| Cu  | Mn | Ti    | Fe  | Si  | Mg   | Zn  | Mn  | Ni | Zr | Інші |
|-----|----|-------|-----|-----|------|-----|-----|----|----|------|
| 4-5 | -  | 700,2 | 1,0 | 1,2 | 0,03 | 0,2 | 0,1 | -  | -  | 2,2  |



Механічні властивості матеріалу

| $\sigma_B$ , МПа | $\sigma_T$ , МПа | $\delta$ , % | Твердість НВ |
|------------------|------------------|--------------|--------------|
| 20               | 21               | 6            | 60           |

Наявність внутрішньокристалічної корозії аналогічних матеріалів з алюмінієвих сплавів пояснюється застосуванням технології одержання сировини та напівфабрикатів. Основними критеріями при цьому є інтервал температур відпалювання в процесі термічного оброблення напівфабрикату. Оптимальна температура відпалювання в межах 260-280°C забезпечує необхідні показники стійкості до корозії алюмінієвих матеріалів. Проте, можливість застосування підвищених температур в інтервалі 320-340°C суттєво покращує структуру сплаву, підвищує його пластичність та полегшує механічне оброблення поверхонь в процесі різання.

Матеріал АЛ 16 В неважко піддається різанню, тому механічне оброблення деталі не потребує додаткових затрат енергії. У разі модернізації устаткування і використання сучасних альтернативних джерел енергії, можливе значне зниження витрат на механічне оброблення, а значить – і зменшення як технологічної собівартості на її виготовлення, так і загальної собівартості.

### 1.3. Аналіз деталі на технологічність

Можливість оброблення деталі-кришка з максимальною продуктивністю праці та мінімальною собівартістю дозволяє вважати деталь технологічною. Основні задачі рішення при аналізі технологічності деталі зводяться до можливого зменшення працемісткості та металомісткості її оброблення. Покращення технологічності конструкції дозволяє знизити собівартість виготовлення деталі без шкоди для службового призначення.

Заміна даної деталі на збірну чи зварну конструкцію – економічно недоцільна, так як затрати на виготовлення перебивають затрати на виготовлення заготовки.

Аналіз деталі на технологічність включає якісні й кількісні показники.

До якісних показників відносяться:

- матеріал деталі;
- базування і закріплення;
- встановлення розмірів;
- допуски форми та розташування;
- конструктивні нетехнологічні елементи.

До кількісних показників технологічності відносяться:

- коефіцієнт використання заготовки й матеріалу;
- коефіцієнт точності;
- коефіцієнт шорсткості;

Технологічною вважається та конструкція, оброблення якої можливе з максимальною продуктивністю праці та мінімальною собівартістю.

Оскільки основне оброблення здійснюється чорним точінням та свердлінням отворів, при достатній простоті конструкції деталі дозволяється застосовувати високопродуктивні методи оброблення. Такі як: свердлильні головки, багаторізцеві напівавтомати, тощо.

Що стосується внутрішніх поверхонь, то вони повинні бути виконані в границі вказаних відхилень і також радіальне биття не повинно перевищувати 0,022 мм.

Єдиним методом досягнення такої точності є кінцеве розточування на алмазно-розточних верстатах.

Технологічність конструкції деталі-кришка характеризують наступні кількісні показники:

1. Коефіцієнт точності оброблення визначаємо за залежністю [5], ст. 35:

$$K_{Tq} = 1 - 1/T_{cp} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum T_{ni}}, \quad (1.1)$$

де  $T_{cp} = \frac{\sum T n_i}{\sum n_i} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots}$  – середній клас точності оброблення;

$n_i$  – число розмірів відповідного класу точності;

$T$  – клас точності;

$$T_{cp} = \frac{1 \cdot 4 + 2 \cdot 2 + 3 \cdot 4 + 4 \cdot 10 + 5 \cdot 16}{4 + 2 + 4 + 10 + 16} = 3,88;$$

$$K_{Tq} = 1 - 1/3,88 = 0,74.$$

2. Рівень технологічності конструкції за шорсткістю поверхні визначається за формулою [5], ст. 34 :

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{III_{cp}}, \quad (1.2)$$

де  $III_{cp}$  - середній клас шорсткості [5], ст. 34;

$$III_{cp} = \frac{n_1 + 2n_2 + \dots + 14n_{14}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{14}}, \quad (1.3)$$

де  $n_i$  - число поверхонь з відповідним числовим значенням параметру шорсткості;

$$III_{cp} = (7 \times 8 + 5 \times 3 + 3 \times 6 + 2 \times 3) / (8 + 3 + 6 + 3) = 4,75.$$

Визначимо коефіцієнт шорсткості за залежністю:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{4,75} = 0,79.$$

Отже, за коефіцієнтом шорсткості конструкція деталі є технологічною.

3. Коефіцієнт використання матеріалу [5], ст. 39 визначається за формулою:

$$K_{\text{вм}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{з}}} = \frac{4,74}{4,99} = 0,94; \quad (1.4)$$

де  $M_{\text{д}} = 4,74$  кг – маса деталі;

$M_{\text{з}} = 4,99$  кг – маса заготовки.

Більш детальний аналіз цього питання розглянуто в організаційно-економічній частині магістерської роботи.

4. Рівень технологічності конструкції за працемісткістю виготовлення характеризується коефіцієнтом працемісткості:

$$K_{\text{мп}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T_{\text{б}}} = \frac{13}{17} = 0,77; \quad (1.5)$$

де  $T_{\text{пр}}, T_{\text{б}}$  – відповідно розрахункова і базова працемісткість виготовлення деталі.

Із розрахунків видно, що деталь є достатньо технологічною і допускає використання високопродуктивних режимів різання, має прийнятні базові поверхні для початкових операцій і досить проста за конструкцією.

Виходячи з якісних і кількісних оцінок технологічності деталі, основними завданнями вдосконалення існуючої технології є запровадження маловідходної та малоопераційної технології.

#### **1.4. Аналіз існуючої технології одержання деталі**

Технологія виготовлення кришки 27.36.011 характеризується достатньо тривалим основним часом, необхідним для виготовлення цієї деталі. Тому проводимо заміну в технологічному процесі основного металорізального обладнання на більш продуктивне.

Окрім цього, оброблення деталі-кришка на базових верстатах проводиться з величезними економічними затратами, що є нераціональним для сучасних вимог економіки.

### **1.5. Сучасні досягнення в галузі технології, обладнання та оснащення при виготовленні подібних виробів**

Серед найпрогресивніших методів удосконалення машинобудування є типізація процесів виготовлення. Машинобудівне виробництво налічує велику кількість однотипних деталей за конфігурацією, матеріалами, точністю, вимогами, які висуваються до якості оброблення їх основних поверхонь. Досить часто такі деталі виготовляються на різних підприємствах, заводах, в різних цехах (іноді в одному цеху), на різноманітному обладнанні з різних вихідних заготовок, різноманітними технологічними методами при неоднакових продуктивності та економічності оброблення.

Проведення типізації технологічних процесів для схожих за конфігурацією та технологічними особливостями деталей передбачає їх виготовлення за однаковими технологічними процесами, які засновані на застосуванні найдосконаліших способів оброблення, що забезпечують досягнення найвищої продуктивності.

Типізація може виконуватися у трьох напрямках:

- 1) оброблення окремих поверхонь;
- 2) оброблення окремих (типових) поєднань поверхонь;
- 3) оброблення заготовок.

Подальша типізація привела до створення групових методів оброблення, що займає важливе місце в умовах виробництва.

Основною ознакою для об'єднання заготовок в групи за окремими технологічними операціями є сукупність оброблюваних поверхонь або їх поєднань.

Груповий метод не обов'язково забезпечує повну схожість операцій для всіх деталей, які входять в групу. Деталі з однієї групи можуть мати відмінності в технологічному маршруті, тривалості операцій тощо. Характерною особливістю є наявність групових операцій.

Для узагальнення особливостей форми деталей, які входять в ту чи іншу групу і обробляються на однакових верстатах, складають креслення узагальненої деталі, яку називають комплексною. Технологічні процеси розробляються для оброблення комплексної деталі. При обробленні інших деталей групи непотрібні операції виключаються з технологічного процесу.

Групові налагодження розширюють можливість використання високопродуктивних технологічних методів в серійному виробництві деталей, можливість досягнення більш високого завантаження верстатів і скорочують час на пере налагодження.

Групове налагодження може бути застосоване при використанні багатошпиндельних свердлильних головок на звичайних свердлильних верстатах. Частину шпинделів можна використовувати для свердління одних деталей, іншу частину шпинделів – для свердління отворів інших деталей.

Групові налагодження створюють сприятливі умови для здійснення групових процесів виготовлення.

## **1.6. Висновки та постановка задачі на дипломне проєктування**

З аналізу технологічності конструкції та призначення деталі можна зробити наступні висновки:

1. Деталь є технологічною і одержання заготовки не представляє складності.
2. До деталі-кришка не висуваються спеціальні технологічні вимоги за шорсткістю, чистотою оброблення, а це дає змогу використовувати загальнодоступне обладнання.

3. Операції з виконання токарного оброблення супроводжуються достатньо великими затратами часу, тому виникає потреба в оптимізації технологічного процесу.

Основною задачею в проєктуванні є покращення існуючої технології за умови забезпечення усіх технічних вимог, максимальної економічності при більш раціональному використанні устаткування.

Переважаюю тенденцією розвитку технології в автоматизованому виробництві, що сприяє економії металу, зменшенню обсягу механічного є запровадження маловідходних та малоопераційних технологій, використання точних заготовок, близьких за формою й розмірам до готових виробів, скорочення виробничого циклу виготовлення деталей і зниження собівартості продукції в цілому.

Тому, актуальність магістерської роботи зумовлена важливістю та необхідністю вдосконалення технологічних процесів виготовлення таких деталей, розроблення відповідного обладнання і оснащення для операцій механічного оброблення, складання і контролю з метою підвищення їх технологічних та експлуатаційних властивостей.

## 2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 2.1. Аналіз енергетичних параметрів при механічному обробленні методами фрезерування

Удосконалення технологічних процесів у всіх галузях сучасного виробництва опирається на низку критеріїв, серед яких останніми роками дедалі більшого значення набуває енергомісткість. Огляд літературних джерел демонструє широкий спектр завдань, які ставлять і вирішують дослідники, використовуючи організаційно-економічні та технологічні прийоми зменшення енергоспоживання під час виготовлення, експлуатації та утилізації виробів. Питання енергозбереження у виробничих технологічних процесах, до яких належить механічне оброблення матеріалів, не мають яскраво вираженого оціночного параметру, як, наприклад, витрати енергії на роботу верстатів, але при інтегральній оцінці є суттєвою ланкою в економіці підприємства.

Для формалізації та проведення порівняльного аналізу в галузі енергоспоживання під час механічного оброблення багато дослідників вводять поняття питомої енергомісткості, зокрема енергомісткості, приведеної до об'єму матеріалу, що знімається. І відносять його або до обладнання, або до способу оброблення. Такий підхід має багато переваг із погляду якісної й кількісної оцінки енергомісткості виробництва, але не дозволяє давати кількісні прогнози через великі діапазони значень. Наприклад, за розрахунками авторів [3], під час точіння на верстатах із ЧПК питоме енергоспоживання становить 38,4...61,2 Дж/мм<sup>3</sup>, а під час роботи обробних центрів із переважним свердлінням і різенарізнанням – 115-180 Дж/мм<sup>3</sup>. Вказаний діапазон значень визначений широкою варіантністю можливих параметрів режимів оброблення, які не можна врахувати при розгляді обсягу матеріалу, знімається при фрезеруванні.

Метою наукового розділу є дослідження можливості використання розрахункової площі поверхні різання, яка є функцією показників режиму



оброблення, стійкості та конструкції різального інструменту, як показник енергоспоживання під час механічного оброблення. Завдання вирішено на прикладі порівняльного аналізу торцювого й циліндричного фрезерування плоскої поверхні, оскільки ці способи оброблення, по-перше, широко поширені у виробництві та, по-друге, дають змогу провести експериментальні дослідження в ідентичних умовах.

Для порівняльної оцінки проведено аналітичні розрахунки енергоспоживання для оброблення поверхні 110x110 мм з припуском 1,0 мм на виробах з конструкційної сталі однакової твердості та вихідної якості поверхні (табл. 1).

Таблиця 1 - Результати розрахунку енерговитрат за довідковою літературою для різних способів фрезерування поверхні 110x110 мм

| Вид фрезерування | Енерговитрати, $12^{-3}$ х кВт.год.,<br>розраховані за методиками |      |       |
|------------------|-------------------------------------------------------------------|------|-------|
|                  | [4]                                                               | [5]  | [6]   |
| Торцюве          | 8,70                                                              | 8,35 | 14,34 |
| Циліндричне      | 10,68                                                             |      | 24,18 |

Розрахунки проведено для параметрів режимів оброблення за методиками та формулами, рекомендованими довідковою літературою [4]- [6], що виключає можливість об'єктивного порівняння та аналізу результатів. Для забезпечення такого аналізу та можливості прогнозування порівняльних показників енергоспоживання за різних способів оброблення сплановано та проведено аналіз експериментальних досліджень торцювого та циліндричного фрезерування в однакових умовах.

За приклад взято вихідні дані та результати оброблення експериментальних досліджень для порівняння торцювого й циліндричного фрезерування. Досліди були проведені на динамометричній установці, що містить вертикально-фрезерний верстат моделі 6P12, універсальний динамометр з додатковим пристосуванням для базування і закріплення [5].

Фрезерування здійснювали шпонковою фрезою діаметром 30 мм ( $\alpha = 8^\circ$ ,  $\beta = 4^\circ$ ) на спеціально виготовленій заготовці зі сталі 45 з такими режимами оброблення: частота обертання шпинделя  $n = 200$  об/хв, швидкість різання  $v = 20$  м/хв, подача на зуб фрези  $S_z = 0,02; 0,064; 0,06; 0,10$  мм/зуб, глибина різання  $t = 1,1$  мм, ширина фрезерування  $B = 6; 8; 12; 14; 18; 22; 25; 28$  мм. На рис. 2.1 представлено схеми оброблення.

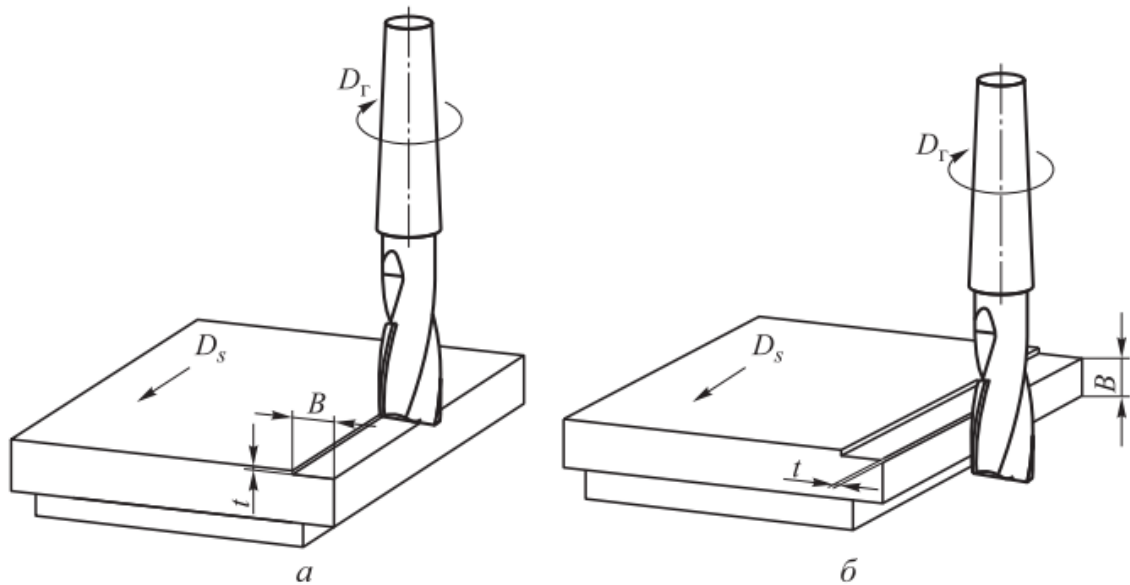


Рис. 2.1. Схеми оброблення плоскої поверхні для торцьового (а) і циліндричного (б) фрезерування

Аналогічність умов забезпечено такими чинниками:

- дослідження були проведені на одному обладнанні одним інструментом, на одній заготовці без будь-яких переналагоджень обладнання;
- вимірювання складових сили різання під час торцьового й циліндричного фрезерування чергувалися;
- фрезерування відбувалось за постійної швидкості  $v$ ; для двох методів подача на зуб  $S_z$  була однаковою;
- співвідношення ширини фрезерування  $B$  і глибини  $t$  вибрано таким, що об'єм стружки, який знімається, був однаковим (рис. 2.2);
- параметри режимів оброблення вибрано такими, що на графічному зображенні складових сили фрезерування відображено кожне врізання зуба фрези (рис. 2.3).

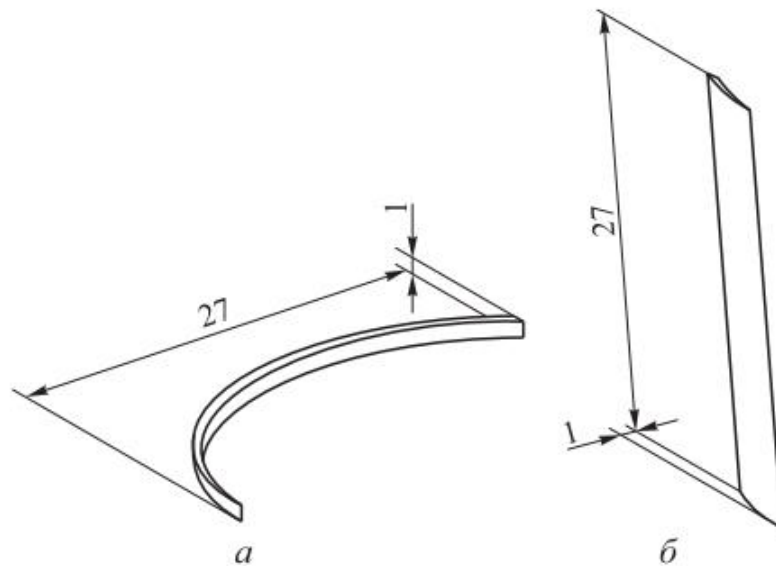


Рис. 2.2. Форма стружки однакового об'єму для торцювого (а) і циліндричного (б) фрезерування

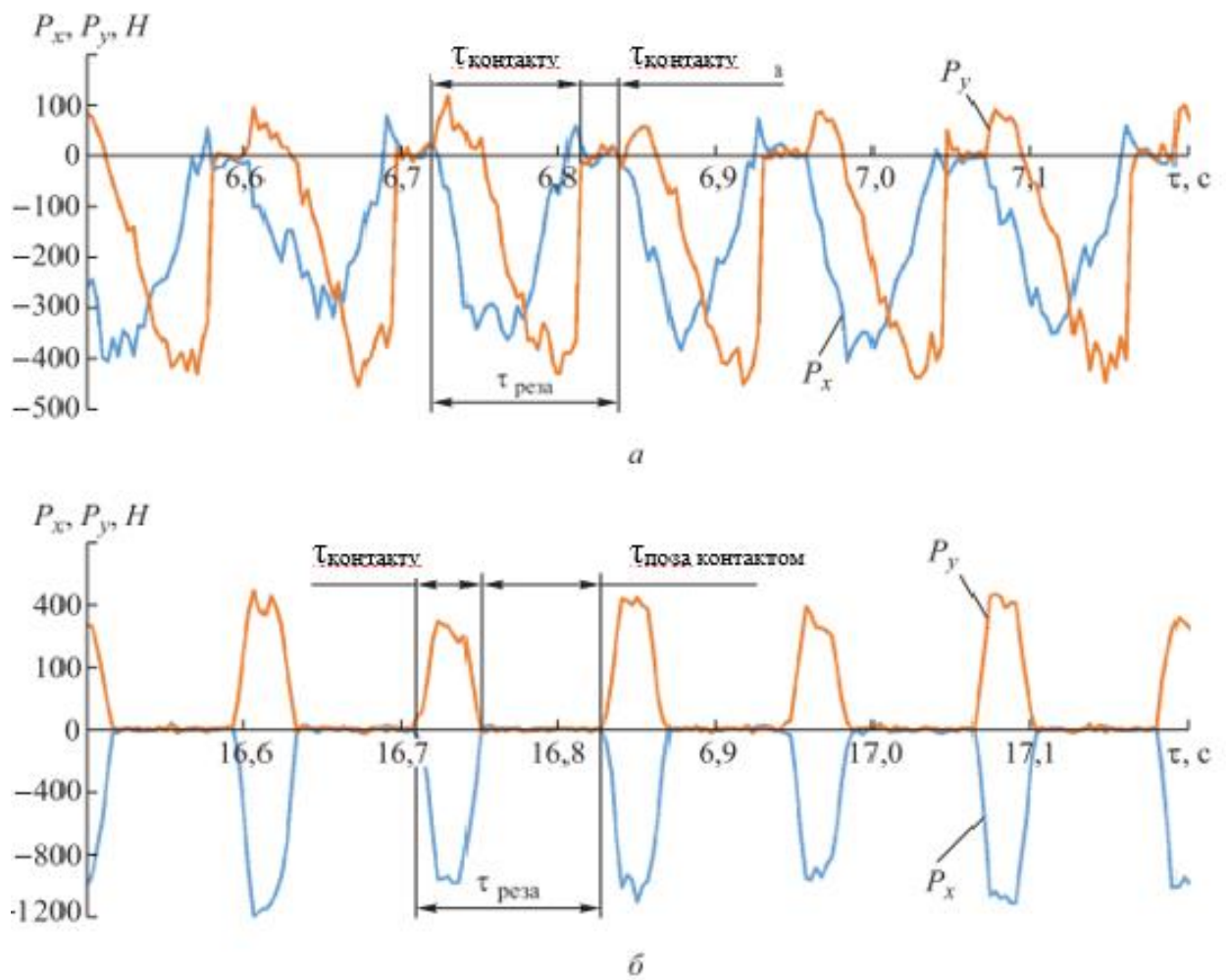


Рис. 2.3. Графічне представлення складових сил різання для торцювого (а) і циліндричного (б) фрезерування

Рис. 2.3 показує окремі фрагменти записів складових сили різання  $P_x$  і  $P_y$  під час торцьового і циліндричного фрезерування. Відхилення в додатню і від'ємну зону значень сили встановлено системою координат власне динамометра і його встановленням в зоні оброблення. Графічні зображення отримано під час фрезерування з подачею на зуб  $S_z = 0,10$  мм/зуб, глибиною різання  $t = 1,1$  мм, шириною  $B = 27$  мм і частотою реєстрації даних  $\nu = 350$  Гц. Області нульових значень  $P_x$  і  $P_y$  відповідають часу, коли один зуб фрези вийшов із контакту з деталлю, а інший ще не увійшов. Час таких періодів є різним для торцьового й циліндричного фрезерування, це пояснюється тим, що кут контакту зуба фрези з деталлю при циліндричному фрезеруванні має менше значення, на відміну від торцьового.

На рис. 2.4 представлено геометричне визначення кутів контакту зуба фрези для двох методів фрезерування.

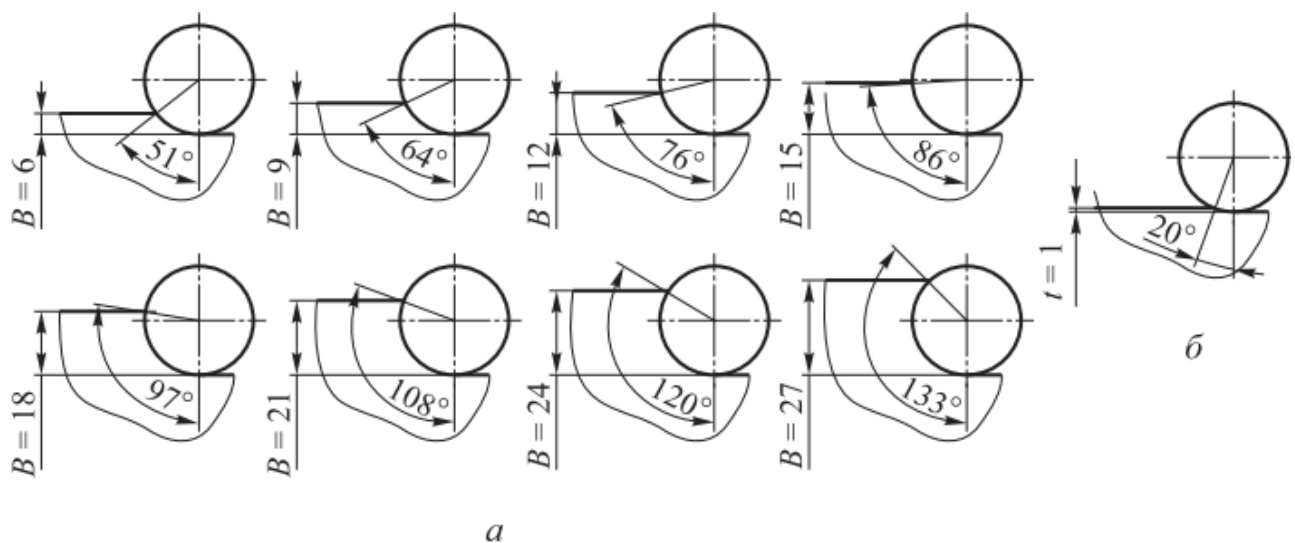


Рис. 2.4. Геометричне визначення зношення кутів контакту зуба для торцьового (а) й циліндричного (б) фрезерування

Для визначення складової околу  $P_t$  сили різання був проведений її розрахунок через складові  $P_x$  і  $P_y$  і поточний кут  $\Theta$ , заданий відносно вісі початку різання (рис. 2.5):

$$P_t = P_x \cos \Theta + P_y \sin \Theta \quad (2.1)$$

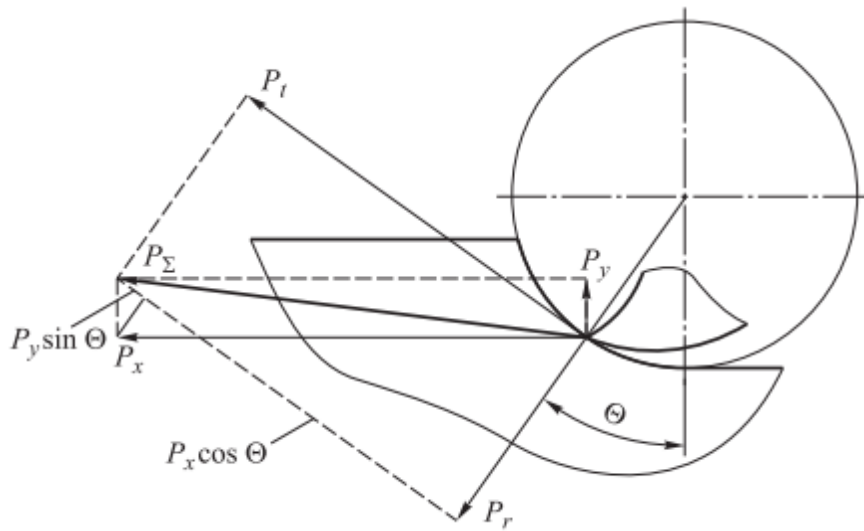


Рис. 2.5. Схема розрахунку складової сили околу через складові  $P_x$  і  $P_y$

Розрахунок середнього сумарного енергоспоживання одного врізання зводиться до обчислення площі під графіками:  $\sum P_{ti}\tau$ , де  $\tau$  - тривалість дії  $i$ -го значення складової сили околу між двома вимірюваннями;  $\tau = 1/350$  с. Шляхом множення розрахованої площі на швидкість фрезерування отримуємо значення енергоспоживання одного врізання:

$$E = \sum P_{ti}v\tau. \quad (2.2)$$

Схему такого розрахунку представлено на рис. 2.6.

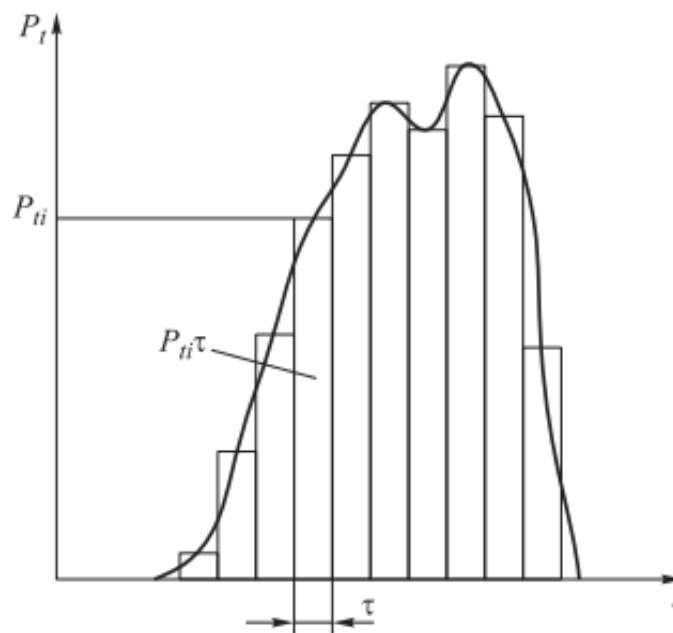


Рис. 2.6. Схема розрахунку енергетичних параметрів одного врізання фрези

Отже, для зняття одного і того ж об'єму матеріалу при торцьовому фрезеруванні необхідно набагато менше енергії, ніж при циліндричному. Така закономірність поширюється як на одне врізання, так і на оброблення всієї поверхні. Зі збільшенням ширини оброблення при фрезеруванні енергоспоживання зростає, аналогічно при збільшенні подачі енергетичні показники на одне врізання збільшуються, а на оброблення всієї поверхні – зменшуються, що підвищує стійкість фрези та її довговічність.

Аналіз експериментів підтверджує зміну енергетичних параметрів при торцьовому й циліндричному фрезеруванні та їх вплив на стійкість фрез [5].

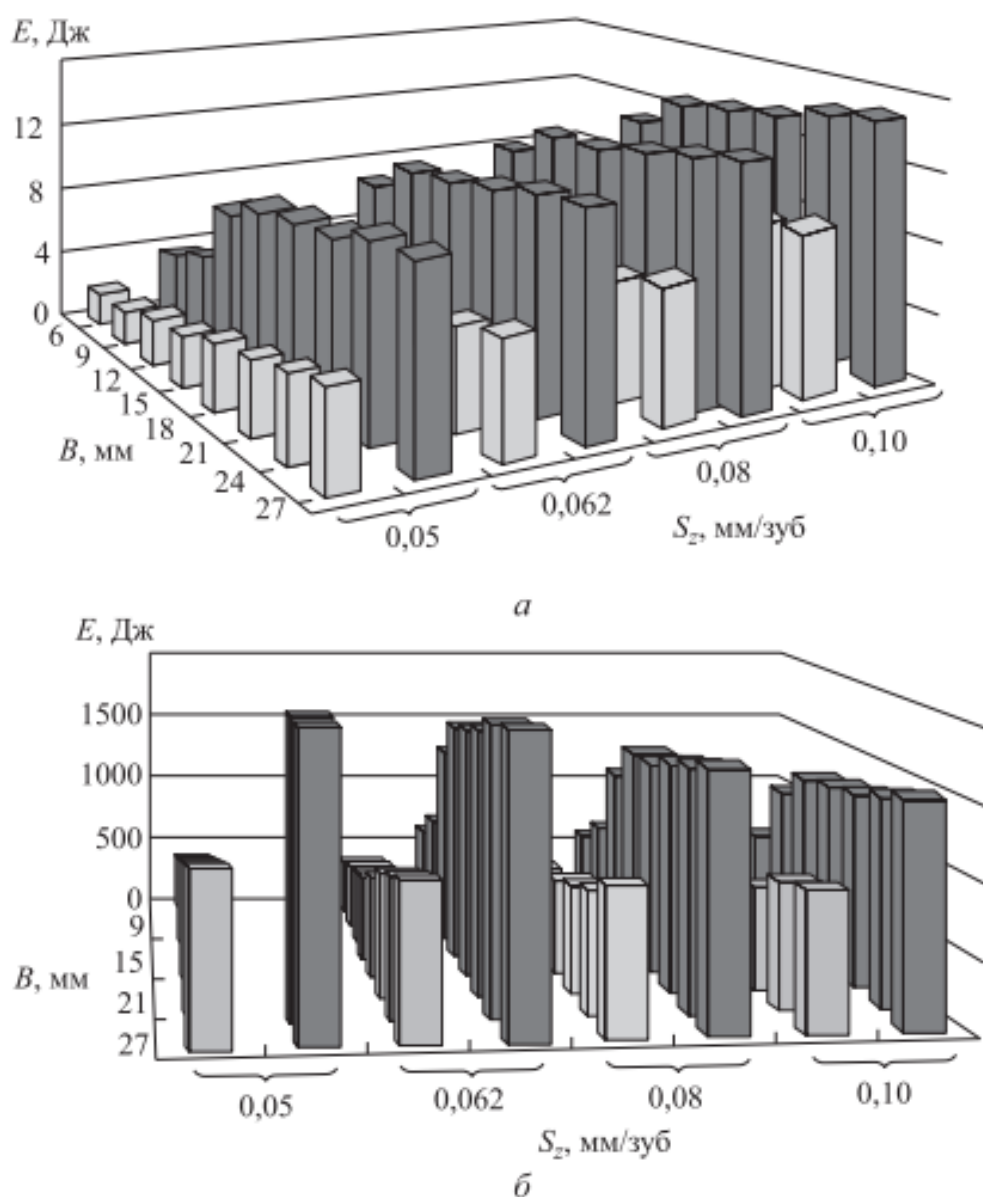


Рис. 2.8. Зміна сумарного енергетичного параметру для торцьового (а) й циліндричного (б) фрезерування

Отже, можна стверджувати про наявність зв'язку між енергоспоживанням і площею поверхні різання, що дає змогу використовувати стійкість фрез як критерій для прогнозування енерговитрат.

Висновки. Результати теоретичних досліджень підтверджують, що стійкості фрез залежать від сумарного енергетичного параметру, витрати енергії для зняття однакового об'єму матеріалу під час торцювого фрезерування суттєво менші, ніж під час циліндричного, що властиво і для одного врізання, і для фрезерування всієї поверхні. Енергетичні складові зростають зі збільшенням ширини оброблення, крім того, зростання подачі призводить до збільшення енергоспоживання на одне врізання, в той же час енергетичні параметри на зменшуються в процесі оброблення всієї поверхні.

Енерговитрати при фрезеруванні площин в значній мірі залежать від площі поверхні оброблення, що дає змогу використовувати площу оброблення як критерій стійкості фрез. Не залежно від методу фрезерування із збільшенням площі поверхні різання енерговитрати зростають. Зміна площі поверхні різання досягається зміною режимів фрезерування, або заміною схем зняття припуску, що суттєво підвищує стійкість різального інструменту.

## **2.2. Розрахунок енергетичних параметрів при фрезеруванні, їх вплив на стійкість фрез**

Оброблювальні поверхні, що обробляються фрезами, у яких леза розміщені по периметру зовнішнього діаметру, відповідно до їх конфігурації мають хвилясту геометрію. Причини виникнення нерівних поверхонь на профрезерованих ділянках спричиняється трахоїдальними переміщеннями щодо робочих траєкторій різальних лез тих зубів, які є суміжними один з одним. Такі нерівності повторюються з довжиною, яка рівний подачі  $S_z$ , від неї також залежить їх висота, яка (рис. 2.9) визначається згідно формули:

$$\Delta h = 0, \left( D - \sqrt{D^2 - S_z^2} \right). \quad (2.3)$$





Важливу роль в умовах циклів зміни температурного навантаження лез зубів фрези має середовище, в якому здійснюється переміщення фрези під час холостого циклу. В процесі фрезерування без використання змащування зміна температури лез є незначною, бо повітряне середовище несуттєво відводить тепло з робочої ділянки. Застосування охолоджувальних рідин здатне прискорити охолодження леза фрези, таким чином підвищується стійкість інструменту. Проте інтенсивність ЗОР буде визначатись типом матеріалів заготовки і фрези.

При обробленні кольорових матеріалів, чавуну та інших крихких матеріалів, стружка, що сходить, слабо контактує з передньою поверхнею фрези, тому нагрів різальних лез є незначним, і охолоджувальні рідини не застосовуються.

У випадку оброблення заготовок зі сталі фрезами, зуби яких оснащені твердосплавними пластинками, також проводиться без застосування охолоджувальних рідин, при цьому стійкість фрез залишається незмінною. Це пояснюється тим, що при застосуванні ЗОР твердосплавні пластинки, нагріті за час робочого ходу до високих температур, на початку холостого ходу потрапляють під струменем охолоджувальної рідини.

Якщо застосовується швидке охолодження поверхневих шарів пластинки, то це спричиняє появу значних внутрішніх напружень, які з'являються періодично, що може призвести до розтріскування лез або викришування самих пластин.

Фрезерування заготовок зі сталі фрезами з високою швидкістю обертання, як правило, проводиться з охолодженням фрези, заготовки і стружки на ділянці фрезерування струменем ЗОР. Фізико-механічні властивості швидкорізальних сталей сприяють меншій чутливості цих матеріалів менш сприймати температурні навантаження на відміну від твердих сплавів. Охолодження рідиною дозволяє більш інтенсивно промивати фрезу, відводити тепло, знижувати її зношення, підвищувати стійкість.

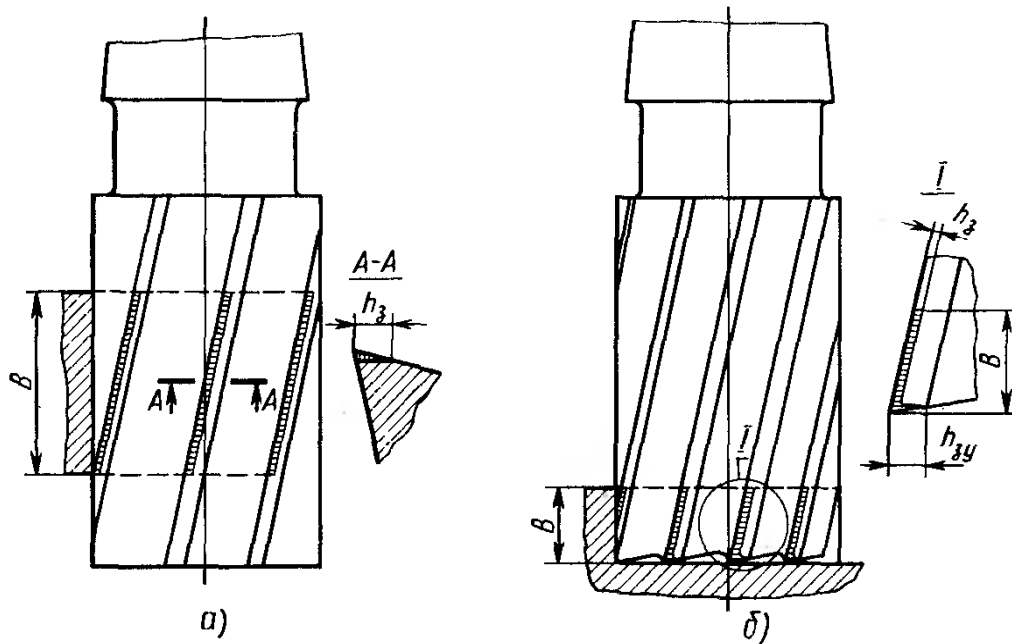


Рис. 2.10. Зношення поверхонь крайок зуба фрези на циліндричній (а) та торцевій ділянках (б)

На стійкість фрез впливає зношення задніх поверхонь головного леза на циліндричній ділянці та допоміжного на торцевій ділянці зубів (рис. 2.10). Найінтенсивніше зношення отримують ділянки з'єднання головного та допоміжного леза. У випадку, коли фрезерування виконується головними лезами на циліндричній ділянці зубів фрез (рис. 2.10, а), то величина зношення визначається величиною  $h_z$ . Якщо зношення стає критичним, то таку фрезу вилучають з процесу оброблення і відновлюють шляхом заточування по задній поверхні. У випадку, коли у фрезеруванні приймають участь головні та допоміжні леза одночасно (рис. 2.10, б), то максимальне зношення спостерігається на ділянці сполучення обидвох лез, величина якого визначається  $h_{zy}$ .

Вимірювання зношення фрези  $h_z$ ,  $h_{zy}$  які визначають її стійкість, проводяться постійно через певні проміжки часу з врахуванням терміну роботи, такі дослідження допомагають представити графічні зображення, залежно від часу роботи та оцінки зношення  $h_z(t)$ ,  $h_{zy}(t)$ , де  $t$  – час роботи фрези до критичного її зношення.

Такі графіки зношення демонструють стійкість фрез і дозволяють виявити комплекс параметрів, що негативно впливають на зношення інструменту, відкоригувати встановленні режими фрезерування, переглянути конструктивні параметри процесу оброблення.

Зношування лез фрез, на відміну від інших різальних інструментів, відбувається досить повільно, оскільки товщина знятого шару металу є невеликою, тому стійкість фрез є вищою за стійкість різців або свердл. Найінтенсивніше зношуються ті фрези на задніх поверхнях, які фрезерують поверхні товщиною більше 0,05 мм.

На рис. 2.11, *а* представлено торцеву фрезу зі вставними лезами, матеріал яких виконано з твердого сплаву. Такі види фрез призначені фрезерування з більшими подачами, причому такі ножі втрачають стійкість не тільки по задніх, а й по передніх поверхнях (рис. 2.11, *б*).

Для такого випадку зниження інтенсивного зношення фрези може вирішуватись шляхом зміни конфігурації різальної крайки зуба. При цьому головні різальні крайки леза встановлюють під кутом виконують під кутом  $\varphi_0$  до поверхні, паралельній вісі обертання фрези, який відноситься на ширину оброблення  $B$ . Оптимальне значення цього кута знаходиться в межах 25-35° для ширини фрезерування  $B = 3-5$  мм. 5 мм (рис. 2.11, *в*). Така конструктивна заміна сприяє зростанню ширини шару, зменшенню його товщини і підвищенню стійкості фрези:

$$b = \frac{B}{\sin \phi_0}. \quad (2.4)$$

Проте, беручи до уваги експериментально перевірене підтвердження, що інтенсивність зношення залежить від товщини зрізуваного шару, то у випадку його зменшення відбувається швидке відведення тепла від різальних крайок лез. Якщо  $\varphi_0 > 60^\circ$ , то тепловідведення із зони оброблення буде значно повільнішим, поверхні леза будуть швидше нагріватись, такі умови фрезерування можуть негативно впливати як на точність фрезерованої

поверхні, призведуть до швидкого зношення лез, скорочення тривалості стійкості фрези, викришування поверхонь зубів.

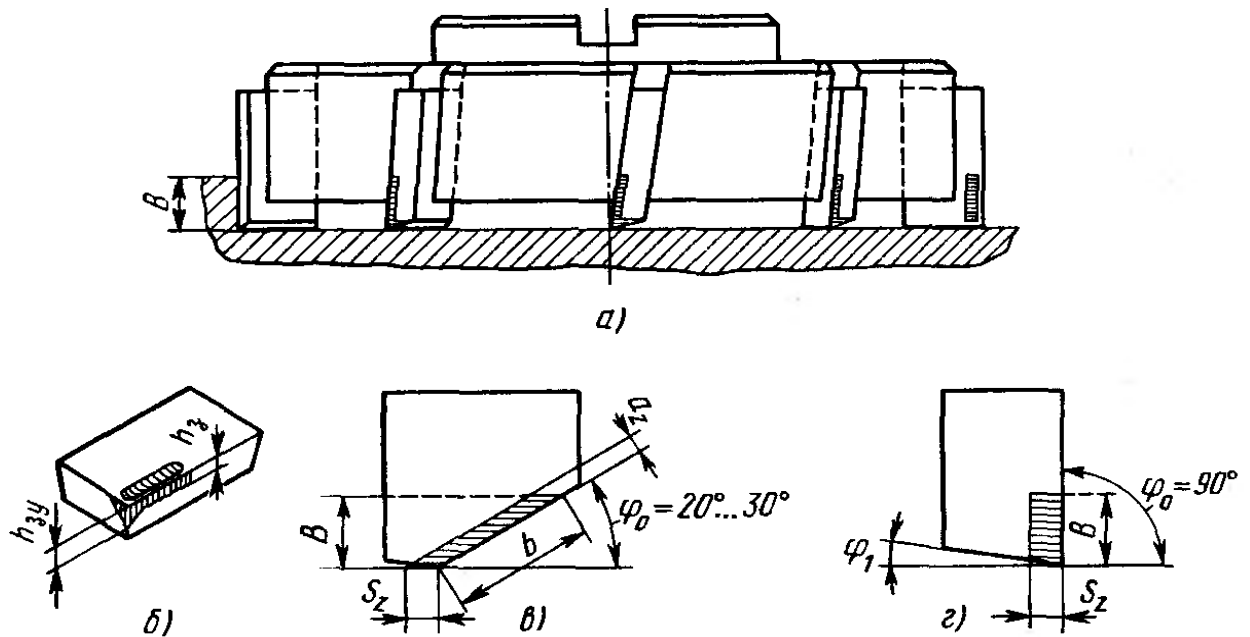


Рис 2.11. Рис 2.11. Схема зношення лез ножів торцьової фрези

Важливим при аналізі стійкості фрез є врахування того, що площа поздовжнього січення стружки при фрезеруванні є змінною величиною. Площа поперечного перерізу стружки під час фрезерування непостійна. Вона змінюється від значення, близького до нуля, до не якого максимуму. Відповідно до цього і в таких самих межах змінюється сила фрезерування, що може призвести до виникнення перемінного навантаження, яке здатне викликати вібраційні явища і динамічні поштовхи. Такі негативні процеси під час фрезерування спричиняють пошкодження різальних крайок фрези, здатні вивести з ладу верстат і знизити термін його роботи.

Конструктивне виконання фрез також впливають на їх стійкість, так, наприклад, прямозубим притаманне більш рівномірне фрезерування, на відміну від прямозубих. Для того, щоб покращити стабільність оброблення прямо зубими фрезами необхідно дотримуватись постійної площі січення врізання, тим самим досягти відсутності коливань сили фрезерування.

При фрезеруванні спіральними фрезами рівномірність оброблення і стійкість інструменту досягається дотриманням умови – довжини оброблення дорівнює осьовому кроку, тобто:

$$B = \frac{k\pi D \operatorname{ctg} w}{z}, \quad (2.5)$$

де  $w$  – кут нахилу спіралі фрези.

Така умова не завжди виконується, оскільки режими фрезерування залежать від розмірів заготовок, довжини та ширини оброблення, коливань сили різання, що може суттєво вплинути на стійкість фрези.

### 3. ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1. Вибір організаційної форми й типу виробництва

Тип виробництва розраховують за коефіцієнтом закріплення операцій.

Коефіцієнт закріплених операцій визначається за формулою [7]:

$$K_{zo} = \frac{O}{P}, \quad (3.1)$$

де  $O$  – число різних операцій, закріплених за 1-им робочим місцем;

$P$  – число робочих місць з різними операціями.

Загальне число операцій  $O$  по базовому варіанту технологічного процесу визначається сумуванням різних операцій  $O_{po}$ , закріплених за робочим місцем.

Визначаємо число операцій, що виконуються на кожному робочому місці [6],

$$O_{po} = (60 \cdot F_m \times K_e \times \eta_m) / (T_{um} \times N_m), \quad (3.2)$$

де  $F_m$  – фонд часу при двозмінному режимі; за місяць;  $F_m = 4055 : 12 = 337,9$  год;

$K_e$  – середній коефіцієнт виконання робіт, для машинобудування рівний -  $K_e = 1,3$ ;

$\eta_m$  - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання при двозмінній роботі і мілкосерійному виробництві він складає  $\eta_m = 0,8 - 0,9$ ; серійному

$\eta_m = 0,75 - 0,85$ ; багатосерійному і масовому  $\eta_m = 0,65 - 0,75$ ;

$T_{um.k}$  - штучно - калькуляційний час для виконання операцій на даному верстаті;

$N_m$  – місячна програма випуску деталей,  $N_m = 1200$  шт.

Основний і штучний час для операцій зводимо в таблицю 3.1 додатку Б.

Проводимо розрахунок:

Операція 005:

$$O_{pm} = \frac{(60 \times 337,9 \times 1,3 \times 0,70)}{(2,0 \times 1200)} = 7,69.$$

Операція 010:

$$O_{pm} = \frac{(60 \times 337,9 \times 1,3 \times 0,70)}{(10,3 \times 1200)} = 1,49.$$

Операція 015:

$$O_{pm} = \frac{(60 \times 337,9 \times 1,3 \times 0,70)}{(5,6 \times 1200)} = 2,75.$$

Операція 020:

$$O_{pm} = \frac{(60 \times 337,9 \times 1,3 \times 0,70)}{(3,1 \times 1200)} = 4,96.$$

Операція 025:

$$O_{pm} = \frac{(60 \times 337,9 \times 1,3 \times 0,70)}{(3,6 \times 1200)} = 4,27.$$

Операція 030:

$$O_{pm} = \frac{(60 \times 337,9 \times 1,3 \times 0,70)}{(3,1 \times 1200)} = 4,96.$$

Операція 035:

$$O_{pm} = \frac{(60 \times 337,9 \times 1,3 \times 0,70)}{(1,1 \times 1200)} = 13,98.$$

Операція 040:

$$O_{pm} = \frac{(60 \times 337,9 \times 1,3 \times 0,70)}{(3,5 \times 1200)} = 4,39.$$

Звідси

$$K_{zo} = (7,69 + 1,49 + 2,75 + 4,96 + 13,98 + 4,39) / 5 = 8,9.$$

Оскільки  $K_{zo} > 1$ , то тип виробництва є багатосерійним.

### 3.2. Визначення раціонального методу виготовлення заготовки

Вихідними параметрами для вибору методу одержання заготовки є: призначення, технічні вимоги до деталі, її матеріал маса, розміри поверхонь і їх точність.

За економічними показниками такий метод отримання заготовки повинен бути більш дешевим. За технологічними параметрами, заготовка повинна мати мінімальні, але допустимі припуски та допуски, так як це зменшує працемісткість механічного оброблення і підвищує коефіцієнт використання матеріалу.

Оптимальний варіант одержання заготовки має передбачати мінімальні витрати готового виробу, її собівартість при заданій якості виробу, тобто затрати матеріалу, і наступне раціональне оброблення разом, включаючи накладні видатки.

Оптимальний метод одержання заготовки вибирається на основі аналізу цих факторів і обґрунтування собівартості.

Для розроблення раціональної технології необхідно зробити аналіз існуючого методу на підприємстві. При цьому необхідно проаналізувати позитивні та негативні сторони методів, причини можливого виникнення браку шляхи їх прогнозування. Також необхідно розрахувати економічні показники щодо одержання заготовки на виробництві: собівартості, працемісткості, продуктивності та матеріаломісткості.

На сучасному виробництві розрахунки параметрів механічної оброблення базуються на використанні чорнових заготовок із економічними конструктивними формами, які забезпечують можливість застосування найбільш раціональних і економічних способів їх оброблення на металорізальних верстатах, тобто оброблення з найбільшою продуктивністю і найменшими відходами металу в стружку.

Цей напрямок потребує неперервного підвищення точності й класу чистоти поверхні заготовок із наближенням їх конструктивних форм і розмірів до готової деталі, що дозволяє відповідно скоротити область застосування оброблення різанням, обмежуючи її в ряді випадків чистовими доводочними операціями.



Способи виготовлення заготовок також залежать від типу виробництва, так як кількість виготовлюваних заготовок і періодичність їх повторення передбачає затрати на виробництво, а відповідно, й рівень його оснащення.

В даному конкретному випадку, враховуючи конструктивні особливості деталі, матеріал та інші показники, можна рекомендувати до розгляду декілька основних видів одержання заготовок, а саме - виливки.

В середньо, багатосерійному і масовому виробництві вже можна застосувати машинне формування по дерев'яних або металевих моделях.

Для одержання високої точності виливки з одночасним зменшенням припуску механічних операцій можна досягти литвом в оболонкові форми. Цей спосіб заснований на властивості термоактивної смолопіщаної суміші, яка приймає форму підігрітої металевої моделі й створює щільну та швидко затвердіваючу оболонку. Проте, цей спосіб відрізняється більшою дороговизною, хоча в ряді випадків таке литво потребує незначного механічного оброблення. Такий метод дозволяє одержати точність по 5 класу і Ra 2,0 чистоти поверхні.

До прогресивних методів і більш дорогих можна віднести литво в металеві форми (кокілі), які в свою чергу виключають процес формування і зв'язаний з ним процес перероблення і транспортування формовочної землі, забезпечуючи хороші умови охолодження та простоту видалення заготовки з форми.

Розглянувши вище перераховані методи, враховуючи конструктивні особливості деталі, матеріал, програму випуску деталей, переваги та недоліки кожного із способів одержання заготовок проводимо обґрунтування вибору існуючого методу за двома варіантами: лиття по виплавлених моделях і лиття в кокіль.

Таблицю порівняння за обома варіантами представлено у дод. Б3.2

Визначаємо вартості порівнюваних заготовок:

– визначаємо витрати на заготовку, отриманої литтям по виплавлених моделях знаходимо за формулою:

$$S_{заг} = \frac{(C_{\delta} / 1000 \times Q \times k_t \times k_c \times k_g \times k_i \times k_n) \cdot (Q - q) \times S_{відх}}{1000}, \quad (3.3)$$

де  $C_{\delta}$  – початкова вартість 1 тони заготовок, ум.од.;

$k_t = 1$  – коефіцієнт, який враховує клас точності;

$k_i = 5,1$  і  $k_g = 0,96$  – відповідно коефіцієнти, який залежить від матеріалу та маси;

$k_c = 1,0$  – коефіцієнт, який враховує групу складності;

$k_n = 0,77$  – коефіцієнт, який визначається об'ємом виробництва;

$Q$  – вага заготовки,  $Q = 4,90$  кг;

$g$  – вага деталі,  $g = 3,82$  кг.

Вартість заготовки по даному варіанту дорівнює (3.3):

$$S_{заг} = (167430 / 1000 \times 1,0 \times 5,1 \times 1,0 \times 0,96 \times 0,77) \cdot (4,69 - 3,82) \times \\ \times 8314 / 1000 = 623,97 \text{ ум.од.};$$

– ціна заготовки (лиття в кокіль) одержаної литтям в кокіль, дорівнює:

$$S_{заг} = (C_{\delta аз} / 1000 \times Q \times k_t \times k_c \times k_g \times k_i \times k_n) \cdot (Q - q) \times S_{відх} / 1000, \quad (3.4)$$

де  $k_t = 1$ ;  $k_i = 5,1$ ;  $k_g = 0,96$ ;  $k_c = 1,0$ ;  $k_n = 0,9$ ;  $Q = 4,56$  кг;  $g = 3,82$  кг.

Підставляючи вихідні і табличні дані, одержимо:

$$S_{заг} = (167430 / 1000 \times 1,0 \times 5,1 \times 1,0 \times 0,96 \times 0,9) \cdot (4,56 - 3,82) \times \\ \times 8314 / 1000 = 731,6 \text{ ум.од.}$$

Економічний ефект для співвідношення методів одержання заготовок, за умови, що технологічний не змінюється, може бути визначається за залежністю:

$$E = (S_{заг1} - S_{заг2}) \times N. \quad (3.5)$$

Визначаємо економічний ефект щодо вибору заготовки, враховуючи величину партії деталей:

$$E = (731,6 - 623,97 S_{заг2}) \times 14400 = 15500 \text{ ум.од.}$$

Отже, заготовка, одержана литтям згідно першого варіанту є більш економічною. Річний економічний ефект складає 15500 ум.од.

### 3.3. Проектування технології оброблення деталі

Аналіз існуючої технології виявлено ряд недоліків, у зв'язку з чим запропоновано два варіанти технологічного маршруту.

В даному випадку вибір проектного варіанту маршруту для заданих умов оброблення проводиться на основі співставлення варіантів за собівартістю й працемісткістю. Згідно із положенням про оцінку ефективності нової технології визнається ефективнішим той варіант, за яким сума поточних і приведених затрат на одиницю продукції буде мінімальною. Суму цих витрат, яка враховує тривалість роботи обладнання, називають годинними приведеними затратами.

Відмінними операціями технологічного процесу є :

- по першому варіанту - на операціях 010-015 проводиться розточування отворів і канавок, підрізання торців, зняття фасок на токарному верстаті моделі 1716 Ц;

- по другому варіанту – на операціях 010-015 оброблення отворів і канавок, підрізання торців, зняття фасок проводиться на токарному верстаті з ЧПК мод. 16 К 20.

В таблицях 3.3, 3.4 дод. Б подано опис існуючої й проектної технології оброблення заготовки.

Проектування маршруту для заданих умов оброблення проводиться на основі співставлення варіантів за собівартістю й працемісткістю. Згідно із положенням про оцінку ефективності нової технології визнається ефективнішим той варіант, за яким сума поточних і приведених затрат на одиницю продукції буде мінімальною. Суму цих називають годинними приведеними затратами.

Для того, щоб вибрати із двох варіантів оброблення кращий, необхідно провести техніко-економічне порівняння. Критерієм оптимальності є мінімум приведених витрат на одиницю продукції.

Відмінними операціями технологічного процесу є :

- по першому варіанту – оброблення деталі на токарно-гвинторізному

верстаті мод. 16 А20 Ф3 на двох операціях;

– по другому варіанту – оброблення деталі на двох операціях на токарному багаторізцевому копірувальному напівавтоматі мод. 1716 Ц.

Величина годинних приведених витрат визначається за залежністю:

$$C_{п.з.} = \frac{C_{зн}}{M} + C_{чз} + E_n (K_c + K_z), \text{ ум.од./год.}, \quad (3.6)$$

де  $C_{зн}$  – основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями, а також відрахуваннями на соцстрах оператору і наладчику за фізичний час роботи обслуговування машин, ум.од./год.;

$M$  – коефіцієнт багатOVERстатності, застосований за фактичним станом на дільниці;

$C_{чз}$  – годинні витрати з експлуатації робочого місця;

$E_n$  – нормативний коефіцієнт,  $E_n = 0.20$ ;

$K_c$  – питомі годинні капітальні вкладення у верстат;

$K_z$  – питомі годинні капітальні вкладення в будівлю.

Основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями визначається за залежністю :

$$C_z = C_{тф} 1,54 k; \text{ ум.од./год.}, \quad (3.7)$$

де  $C_{тф}$  – годинна тарифна ставка верстатника відповідного розряду, ум.од./год.;

1,54 – сумарний коефіцієнт, що враховує зарплату наладчика, виконання норм, додаткову зарплату, відрахування на соціальне страхування;

$k$  – коефіцієнт, що враховує зарплату наладчика, в умовах масового чи багатосерійного виробництва,  $k = 1,0-1,55$ .

Годинні витрати на експлуатацію робочого місця визначаються за залежністю:

$$C_{чз} = C_{ч.з}^{б.ч} k_{pm}, \text{ ум.од./год.}, \quad (3.8)$$

де  $C_{ч.з}^{б.ч}$  – практичні скореговані часові витрати на робочому місці;

$k_{pm}$  – машино-коефіцієнт, який показує, у скільки разів витрати на верстат, , перевищують аналогічні витрати у базового верстату;  $k_{pm} = 1,55$ ;

$C_{ч.з}^{б.ч} = 100 \text{ ум.од./год.};$

$$C_{чз} = 100 \cdot 1,55 = 155 \text{ ум.од./год.}$$

Капітальні вкладення у верстат і будівлю відповідно визначаються за залежностями:

$$K_c = \frac{Ц \cdot 100}{3200}, \text{ ум.од./год.}, \quad (3.9)$$

$$K_з = \frac{F \cdot 75 \cdot 100}{3200}, \text{ ум.од./год.}, \quad (3.10)$$

де  $Ц$  – балансова вартість верстату, ум.од.;

$F$  – виробнича площа, яку займає верстат з урахуванням проходів:

$$F = f \cdot k_f, \text{ м}^2, \quad (3.11)$$

де  $f$  – виробнича площа, яку займає верстат,  $\text{м}^2$ ;

$k_f$  – коефіцієнт, який враховує додаткову виробничу площу.

Технологічна собівартість механічного оброблення на розглядуваній операції визначається за залежністю:

$$C_o = \frac{C_{н.з} \cdot T_{шт.ч.}}{60}, \text{ ум.од.}, \quad (3.12)$$

де  $T_{шт.ч.}$  – штучний час на операціях, хв.

Проводимо розрахунок існуючої технології виготовлення кришки.

В даному випадку використовується верстат 16A20Ø3 з ЧПК.

Визначаємо основну і допоміжну заробітну плату, враховуючи годинну тарифну ставку та коефіцієнт, що впливає на зарплату наладчика:

$$C_{зп} = C_{мп} \times 1,54 \times k = 47,8 \times 1,54 \times 1 = 73,61 \text{ ум.од./год.}$$

Визначаємо годинні витрати по експлуатації робочого місця за залежністю:

$$C_{чз} = C_{ч.з}^{б.ч} k_{рм} = 100,0 \times 1,54 = 154 \text{ ум.од./год.}$$

Балансова вартість верстату складає:  $Ц = 250000 \times 1,2 = 300000 \text{ ум.од.}$

Виробнича площа складає:  $f = 3,02 \times 1,5 = 4,53 \text{ м}^2$ .

Виробнича площа  $F$ , яку займає верстат з урахуванням проходів, дорівнює:  $F = 4,53 \times 2,8 = 12,68 \text{ м}^2$ .

Капітальні вкладення для верстату і будівлі для серійного виробництва:

$$K_{\text{в}} = C \times 110 / 3500 = 300000 \times 110 / 3500 = 7810 \text{ ум.од./год.};$$

$$K_{\text{з}} = F \times 65 \times 110 / 3500 = 12,68 \times 65 \times 110 / 3500 = 35,74 \text{ ум.од./год.}$$

Визначаємо величину приведених затрат:

$$C_{\text{н.з.}} = \frac{C_{\text{з}}}{M} + C_{\text{ч.з}} + E_{\text{н}}(K_{\text{в}} + K_{\text{з}}) = 73,5/1 + 135 + 0,1(7810 + 35,74) = 1832,5 \text{ ум.од./год.}$$

Вартість механічного оброблення для даної базової операції

$$C_{\text{о}} = (C_{\text{н.з.}} \times T_{\text{штк}}) / 60 = (1832,5 \times 10,2) / 60 = 302,6 \text{ ум.од.}$$

Проводимо розрахунок проєктного варіанту технології виготовлення кришки.

В даному випадку використовується токарний багаторізцевий копірувальний напівавтомат моделі 1716 Ц.

Визначаємо основну та допоміжну заробітну плату, враховуючи годинну тарифну ставку та коефіцієнт, що впливає на зарплату наладчика:

$$C_{\text{з}} = C_{\text{тф}} \times 1,2 \times k = 48,1 \times 1,2 \times 1 = 72,94 \text{ ум.од./год.}$$

Визначаємо годинні витрати на експлуатацію робочого місця за залежністю:

$$C_{\text{чз}} = C_{\text{ч.з}}^{\text{б.ч}} k_{\text{рм}} = 100,0 \times 1,54 = 154 \text{ ум.од./год.}$$

Балансова вартість верстату складає:  $C = 130000 \times 1,2 = 156000 \text{ ум.од.}$

Виробнича площа складає:  $f = 4,0 \times 1,32 = 5,28 \text{ м}^2$ .

Виробнича площа  $F$ , яку займає верстат з урахуванням проходів, дорівнює:

$$F = 5,28 \times 2,9 = 15,31 \text{ м}^2.$$

Капітальні вкладення для верстату і будівлі для серійного виробництва

$$K_{\text{в}} = C \times 110 / 3500 = 156000 \times 110 / 3500 = 4800 \text{ ум.од./год.};$$

$$K_{\text{з}} = F \times 65 \times 110 / 3500 = 15,31 \times 65 \times 110 / 3500 = 34,8 \text{ ум.од./год.}$$

Визначаємо величину приведених затрат:

$$C_{\text{н.з.}} = \frac{C_{\text{з}}}{M} + C_{\text{ч.з}} + E_{\text{н}}(K_{\text{в}} + K_{\text{з}}) =$$

$$= 72,84/1+154+0,1(4800+32,1)=1152,1 \text{ ум.од./год.}$$

Вартість механічного оброблення для даної базової операції дорівнює:

$$C_o = (C_{n.з} \times T_{штч})/60 = (1152,1 \times 9,2)/60 = 153,2 \text{ ум.од.}$$

Економічний ефект від порівняння базового та проектного варіантів технології виготовлення деталі складає:

$$E = (C_{\delta} - C_n) \times N, \quad (3.13)$$

де  $C_{\delta}$  – технологічна собівартість існуючої технології одержання кришки;

$C_n$  – технологічна собівартість проектної технології;

$$E = (301,5 - 144,1) \cdot 14400 = 23676,2 \text{ ум.од.}$$

Отже, проектна технологія є вигіднішою, оскільки ефект від її запровадження складає 22667,8 ум.од.

### 3.4. Визначення припусків та міжопераційних розмірів

Розрахунок припусків на механічне оброблення проводимо розрахунково-аналітичним методом і згідно таблиць. Розрахунки припусків і визначення їх величини за таблицями можуть проводитись лише після вибору оптимального для даних умов технологічного маршруту і вибору методу отримання заготовки.

Заготовка представляє собою виливку 1-го класу точності масою 4,9кг.

Технологічний маршрут оброблення отвору складається з двох операцій: чорнового та чистового розточування.

Розрахунок припусків на оброблення Ø110Н8 ведемо шляхом побудови табл. 3.5, подану у дод. Б, яку вписуємо технологічний маршрут оброблення отвору та всі значення елементів припуску.

Сумарне відхилення просторових відхилень визначаємо за формулою:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{зн}^2}, \quad (3.14)$$

де  $\rho_{кор}$  – величина короблення отвору;

$$\rho_{кор} = \sqrt{(\Delta K01)^2 + (\Delta KI)^2} = \sqrt{(0,9 \cdot 12)^2 + (0,9 \cdot 29)^2} = 350,1 \text{ мкм};$$

де  $\Delta K$  – питома кривизна заготовки,  $\Delta K=0,91$ ;

$d$  – діаметр оброблюваної поверхні;

$l$  – довжина оброблювальної поверхні;

$\rho_{3H}$  – сумарне відхилення отвору в відливці відповідно зовнішньої поверхні;

$$\rho_{3M} = \sqrt{\left(\frac{\nu^0}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta}{2}\right)^2} = \sqrt{184,1^2 + 216^2} = 268 \text{ мкм},$$

$$\rho_3 = \sqrt{68^2 + 246^2} = 255 \text{ мкм},$$

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_3 = 12,7 \text{ мкм}.$$

Розрахунок мінімальних значень припусків проводимо, користуючись формулою [2]:

$$2Z_{\min} = 2(K_{21-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{im}^2 + \varepsilon^2}). \quad (3.15)$$

Мінімальний припуск під розточування:

- чорнове

$$2Z_{\min} = 2 \times (200 + 110 + \sqrt{255^2}) = 1112 \text{ мкм};$$

- алмазне

$$2Z_{\min} = 2(80 + 50 + 13 = 228) \text{ мкм}.$$

Розрахункові діаметри:

- чорнове

$$d_{p2} = d_{3\max} - 2Z_{\min3} = 120,055 - 0,228 = 119,826 \text{ мкм};$$

- заготовки

$$d_{p1} = d_{p2} - 2Z_{\min2} = 119,826 - 1,112 = 118,714 \text{ мкм}.$$

Мінімальні діаметри:

$$d_{1\min} = d_{p1} - \delta_1 = 118,714 - 0,2 = 118,512 \text{ мкм};$$

$$d_{2\min} = d_{p2} - \delta_2 = 119,826 - 0,12 = 119,684 \text{ мкм};$$

$$d_{3\min} = d_{3\max} - \delta_3 = 120,053 - 0,06 = 120,047 \text{ мкм}.$$

Граничні значення припусків:

$$2Z_{\max3} = d_{3\max} - d_{2\max} = 120,053 - 119,826 = 227 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max3} = d_{3\min} - d_{2\min} = 120,047 - 119,684 = 363 \text{ мкм}.$$

- чорнове розточування:



$$2Z_{\min 2} = d_{2\max} - d_{1\max} = 119,826 - 118,714 = 1110,4 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 2} = d_{2\min} - d_{1\min} = 119,684 - 118,516 = 1170,0 \text{ мкм}.$$

Загальні припуски:

$$2Z_{0\min} = 2Z_{0\min 2} + 2Z_{0\min 3} = 1110,4 + 227 = 1337,4 \text{ мкм};$$

$$2Z_{0\max} = 2Z_{0\max 2} + 2Z_{0\max 3} = 1170,0 + 363 = 1533 \text{ мкм}.$$

Загальний контрольний припуск:

$$2Z_{\min} = 2Z_{0\min} + B_3 - B_2 = 1337,4 + 227 - 18 = 1509,4 \text{ мкм};$$

$$d_{\text{заг}} = d_{2\text{кон}} - 2d_{0\text{кон}} = 122 - 1,518 = 119,842 \text{ мкм}.$$

Проводимо перевірку правильності виконання розрахунків:

$$Z_{\max 3} - Z_{\min 3} = 363 - 227 = 136 \text{ мкм};$$

$$Z_{\max 2} - Z_{\min 2} = 1534 - 1333 = 201 \text{ мкм};$$

$$\delta_3 - \delta_2 = 202 - 68 = 134 \text{ мкм};$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 404 - 202 = 202 \text{ мкм}.$$

Розрахунок мінімальних значень припусків.

Визначимо скалярне відхилення:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{\text{нор}}^2 + \rho_{\text{ст}}^2}. \quad (3.16)$$

Для чорнового точіння:

$$\rho = 0,05 \times \rho_3 = 0,05 \times 10 = 0,58 \text{ мкм}.$$

Проводимо розрахунок мінімальних значень припусків за формулою:

$$Z_{\min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1};$$

$$Z_{\min} = 202 + 302 + 10 = 504 \text{ мкм}.$$

Знаходимо розрахункові розміри:

$$l_{p3} = l_{\max} + Z_{\min} = 10,6 + 0,09 = 11,69 \text{ мкм}.$$

Максимальні розміри:

$$l_{2\max} = 11,69 + 1,1 = 12,79 \text{ мкм};$$

$$l_{1\max} = 10,6 + 0,8 = 11,4 \text{ мкм}.$$

Граничне значення припусків:

$$Z_{\max} = l_{3\max} - l_{1\max} = 12,79 - 11,4 = 1139 \text{ мкм};$$

$$Z_{\min} = l_{3\min} - l_{1\min} = 11,69 - 11,4 = 350 \text{ мкм}.$$

Проводимо перевірку правильності виконання розрахунку:

$$Z_{\max 1}-Z_{\min}=1139-350=789 \text{ мкм};$$

$$\delta_3-\delta_2=1100-504=596 \text{ мкм}.$$

Загальний номінальний припуск:

$$Z_{\text{ном}}=Z_{\min}+H_3+H_D=596+504+0=1110 \text{ мкм};$$

$$l_{3 \text{ ном}}=l_{D \text{ нор}}+Z_{\text{ном}}=10,5+1,006=11,506 \text{ мм}.$$

На інші оброблювальні поверхні кришки вибираємо припуски і допуски згідно табл. 3.7 додатку Б.

### 3.5. Визначення режимів різання для внутрішньої циліндричної поверхні

Операція розточування:

1. Глибина різання – довжина робочого ходу супорта дорівнює:

$$L_{p.x} = L_{piz} + y + L_{\text{дод}}, \quad (3.17)$$

де  $L_{piz}=42$  мм – довжина різання;

$y=2$  мм – підвід, відрізання інструменту;

$L_{\text{дод}}=0$ ;

$$L_{p.x} = 42 + 2 = 42 \text{ мм}.$$

2. Призначаємо подачу супорта на оберт шпинделя  $S_o$ , мм/об.

Різець розточний для глухих отворів.

Матеріал – ВК6.

Глибина різання  $t=1,52$  мм.

$S=0,16$  мм/об.

$S=0,1$  (для алмазного розточування).

3. Визначення стійкості інструменту:

$$T_p = T_m \cdot \lambda, \quad (3.18)$$

де  $T_m$  – стійкість в хвилинах машинної роботи,  $T_m=220$ .

$\lambda$  - коефіцієнт часу різання;

$$\lambda = \frac{L_{piz}}{L_{p.x}} = \frac{44}{42} = 0,96. \quad (3.19)$$

Отже,  $T_m = T_p = 220$  хв.

4. Розрахунок швидкості різання проводимо попередньо визначеними параметрами різання:

$$v = \frac{C}{60 T^m t^{xv} S^{yv}} \cdot K_v, \quad (3.20)$$

де  $C$  – коефіцієнт, який характеризує оброблювальний матеріал і умови оброблення;

$T$  – період стійкості, хв;

$t, S$ , – відповідно глибина і подача різання:

$X_v, Y_v, m$  – показники степенів;

$K_v$  – поправочний коефіцієнт;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{\varphi^s} \cdot K_{iv} \cdot K_{env} \cdot K_{ov} = 1,02, \quad (3.21)$$

де  $C=1660$ ;  $X_v=0,1$ ;  $Y_v=0,6$ ;  $m=0,3$ .

$$v = \frac{1660}{200^{0,3} \cdot 2^{0,1} \cdot 0,2^{0,6}} \cdot 1,2 = 93,8 \cdot 1,02 = 95,6 \text{ м/хв.}$$

Кількість обертів шпинделя дорівнює:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 95,6}{3,14 \cdot 14,0} = 216 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо осьове зусилля і сили різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot S^x \cdot v^n \cdot K_p, \quad (3.22)$$

де  $C_p=42$ ;  $x=1,1$ ;  $y=0,7$ ;  $n=0,1$ ;  $K_p=0,9$ ;

$$P_z = 10,5 \cdot 42 \cdot 1,5^4 \cdot 0,2^{0,7} \cdot 95,6^0 \cdot 0,9 = 216,4 \text{ Н.}$$

Потужність різання дорівнює:

$$N_p = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{216,4 \cdot 95,6}{1020 \cdot 60} = 0,36 \text{ кВт.}$$

Розрахунок основного машинного часу:

$$t_m = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n} = 2,8 \text{ хв.} \quad (3.23)$$

### 3.6. Визначення режимів на свердлильній операції

1. Глибина різання  $t=5,2$  мм.
2. Матеріал свердла – швидкоріжуча сталь Р6М8.
3. Подача  $S=0,2$  мм/об.
5. Стійкість інструменту при обробленні 8 свердлами  $T_M=150$ .
5. Розрахунок швидкості і кількості обертів шпинделя:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_{vM/xv}, \quad (3.24)$$

де  $C_v=31,6$ ;  $q=0,2$ ;  $y=0,1$ ;  $m=0,12$

$$v = \frac{31,6 \cdot 11^{0,2}}{150^{0,12} \cdot 0,5^{0,1}} = 18,5 \text{ м/хв.}$$

Звідси:

$$n_{cv} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 18,5}{3,14 \cdot 11} = 520 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо кількість обертів шпинделя верстату. Так, як здійснюється одночасно свердління 8 отворів, то через свердлильну головку з передаточним відношенням

$$U = \frac{n_{un}}{n_{cv}} = 1,6;$$

$$n_{un} = 1,6 \cdot n_{cv} = 1,6 \cdot 520 = 832 \text{ об/хв.}$$

6. Визначення крутного моменту і осьового зусилля:

$$M_{kp} = 10 C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_M; \text{ Нм}, \quad (3.25)$$

$$P_o = 10 C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p; \text{ Н},$$

де  $C_m=0,004$ ;  $C_p=9,6$ ;  $q=2,2$ ;  $q=1,2$ ;  $y=1,0$ ;  $y=0,75$ ;

$$K_p = K_{np} = \left( \frac{60}{150} \right)^{0,58} = 1,12; \quad (3.26)$$

$$M_{kp} = 10 \cdot 0,005 \cdot 11^2 \cdot 0,5^{0,8} \cdot 1,12 = 3,9 \text{ Нм},$$

$$P_o = 10 \cdot 9,8 \cdot 1,11 \cdot 0,5^{0,7} \cdot 1,12 = 742 \text{ Н}.$$

6. Визначимо потужність різання:

$$N_c = \frac{M_{kp \cdot n}}{9750}; \text{ кВт},$$

$$N_c = \frac{3,8 \cdot 939}{9750} = 0,37; \text{ кВт}. \quad (3.27)$$

Оскільки одночасно свердлимо 8 отворів, то відповідно, потужність зростає:

$$N_{c_{заг}} = 0,37 \cdot 8 = 2,96 \text{ кВт}.$$

Розрахуємо основний машинний час оброблення:

$$T_o = \frac{L_{p \cdot x}}{n_p \cdot S_n S} = \frac{11}{520 \cdot 0,5} = 0,22 \text{ хв}.$$

Решту режимів різання для інших операцій механічного оброблення деталі зводимо в табл. 3.8 додатку Б.

### 3.7. Вибір різального та вимірювального інструментів

Вибір різального інструменту здійснюємо з врахуванням останніх досягнень інструментального виробництва, характеристик точності оброблюваних поверхонь деталі, а також величини програми випуску виробів. Вибір інструменту необхідно проводити з максимально можливим застосуванням стандартних інструментів, як більш дешевших.

Вибір контрольно-вимірювального інструменту необхідно здійснювати з максимально можливим застосуванням сучасних універсальних і спеціальних технічних засобів вимірювання, які дозволяють провести якісний контроль оброблюваного виробу при мінімальних затратах часу.

Контрольно-вимірювальні інструменти для операцій механічного оброблення заносимо в табл. 3.9 додатку Б.

### 3.8. Характеристика обладнання.

#### 3.8.1. Токарно-гвинторізний верстат 16 K20.

На цьому верстаті проводиться оброблення поверхні базування для наступної токарної операції на багато різцевому копіювальному напівавтоматі

1716Ц, на якому деталь закріплюється по оброблюваній поверхні в самоцентрувальному кулачковому патроні. Це дає змогу з зменшити похибку базування при закріпленні.

#### Технічна характеристика:

Найбільший діаметр оброблювальної заготовки, мм:

- над станиною .....400

- над супортом .....200

Найбільша довжина оброблювального виробу, мм.....2000

Висота різця встановленого в різцетримач, мм .....25

Потужність двигуна, кВт.....10

Частота обертання шпинделя, об/хв.....12,5-1600

Повздовжня подача, об/хв.....0,05-2,8

Поперечна подача, об/хв.....0,025-1,4

### 3.8.2. Токарний багаторізцевий напівавтомат моделі 1716 Ц.

Оброблення на токарному багаторізцевому напівавтоматі зводиться до принципу одночасних дій. Оброблення проводиться одночасним підведенням декількох різців, що значно скорочує час оброблення, а також дозволяє оброблювати як внутрішні (чорнове розточування) так і зовнішні (торцювання) поверхні.

#### Технічна характеристика:

Найбільші розміри оброблювальної заготовки, мм:

- над станиною.....400

- над супортом.....200

Довжина виробу.....750

Найбільше переміщення супорта, мм:

- повздовжнє чи вертикальне.....820

- горизонтальне.....100

|                                                    |          |
|----------------------------------------------------|----------|
| Частота обертів шпинделя, об/хв.....               | 100-2000 |
| Робоча подача супорта, мм/хв:                      |          |
| - копіювального.....                               | 5-1250   |
| - поперечного.....                                 | 10-600   |
| Швидкість швидкого переміщення супорта, м/хв:..... | 4,5      |
| - копіювального.....                               | 4,5      |
| - поперечного.....                                 | 4        |
| Потужність електродвигуна.....                     | 18,5     |
| Габаритні розміри, мм:                             |          |
| - довжина.....                                     | 3000     |
| - ширина.....                                      | 1480     |
| - висота.....                                      | 2200     |
| Маса, кг.....                                      | 4500     |

### 3.8.3. Алмазно-розточний верстат моделі ОС2425

Цей верстат є горизонтальний двосторонній, а це означає, що оброблення здійснюється з двох сторін одночасно і незалежно. Алмазно-розточний верстат має незалежні приводи на обидва шпинделі, а це дає змогу здійснювати оброблення в різних режимах різання одночасно.

#### Технічна характеристика:

|                                           |          |
|-------------------------------------------|----------|
| Максимальний діаметр свердління, мм.....  | 150      |
| Максимальне зусилля стола подачі, кг..... | 250      |
| Відстань від торця бабки до стола.....    | 800      |
| Відстань від торця бабки до плити.....    | 100-1250 |
| Число швидкостей.....                     | 12       |
| Конус Морзе.....                          | №5       |
| Подачі на один оберт стола.....           | 0,05-2,2 |
| Розміри стола, мм.....                    | 500×1220 |
| Потужність електродвигуна, кВт.....       | 4,5      |

Габаритні розміри, мм:

- довжина.....1600

- ширина.....975

Маса, кг.....3600

### **3.8.4. Радіально-свердлильний верстат моделі 2М55**

Технічна характеристика:

Найбільший діаметр свердління, мм.....50

Найбільше переміщення, мм:

- вертикальне.....750

- горизонтальне.....1225

Конус Морзе отвору шпинделя.....№5

Число швидкостей шпинделя.....21

Частота обертів шпинделя, об/хв.....20-2000

Число подач.....12

Подача шпинделя.....0,56 – 2,5

Найбільша сила подачі, Нм.....20

Потужність електродвигуна, кВт.....5,5

Габаритні розміри, мм:

- довжина.....2665

- ширина.....1020

- висота.....3430

Маса, кг.....4700

### **3.9. Технічне нормування розробленого технологічного процесу**

Технічні норми часу в умовах виробництва встановлюються розрахунково-аналітичним методом:

Визначимо норму штучного часу, [2]:



$$T_{\text{ит}} = T_o + T_B + T_{\text{обсн}} + T_{\text{відх}}. \quad (3.28)$$

Розрахунок приведемо для токарної операції, яка виконується на токарному багаторізцевому напівавтоматі моделі 1716Ц.

Основний час на лімітуючій позиції складає 2,78 хв.

Розрахуємо тривалість допоміжної роботи і час на її виконання.

Встановлення заготовки і зняття її з верстату на одну позицію складає 0,31 хв, а на іншу завантажувальну припадає 0,32 хв. В загальному  $0,32+0,31=0,63$  хв.

Промір деталі проводимо за  $0,23 \times 2 = 0,46$  хв.

Час затрачений на управління, підвід, відвід інструменту знаходимо за формулою:

$$T_n = T_1 + T_2 + T_3 = 4,5 + 1,44 + 1,0 = 6,94 \text{ с} = 0,114 \text{ хв},$$

де  $T_1$  – час на транспортування заготовки від завантажувальної до робочої позиції.  $T_1$  залежить від методу індексації  $T_1 = 4,5 \text{ с}$ .

$T_2, T_3$  – час швидкого підводу і відводу супорта.

Значення величин  $L_n$  і  $L_o$  (в мм) при швидкості 1,6м/хв знаходимо за залежністю [6]:

$$T_2 + T_3 = 0,017(L_n + L_o) = 0,016(44 + 40,2) = 1,44 \text{ с}.$$

Час на проміри і заміну заготовки складає:

$$0,62 + 0,46 = 1,08 \text{ хв}.$$

Перекривається основним часом на лімітуючу позицію. В цьому випадку допоміжний час складає 0,1 хв.

Оперативний час дорівнює:

$$T_{on} = T_o + T_o = 2,78 + 0,12 = 2,90 \text{ хв}.$$

При визначенні часу технічного обслуговування робочого місця включають в нього час на заміну затупленого інструменту, так як час на відвід стружки перекривається машинним часом.

В комплекті інструменту є 12 різців.

Час на заміну різців складає  $1,02 \times 12 = 12,24$  хв.

Час на заміну канавочних різців складає  $1,6 + 3,1 = 4,4$  хв.

Тоді час на заміну комплекту інструменту складає:

$$T_{зм} = 12,24 + 4,4 = 16,64 \text{ хв.}$$

Проведемо розрахунок по стійкості і основному часу інструментів:

$$T_{tex} = \frac{T_{зм} \cdot T_o}{T} = \frac{15,83 \cdot 2,79}{200} = 0,22 \text{ хв.}$$

Час на операційне обслуговування робочого місця приймаємо 2,4% від оперативного часу:

$$T_{opz} = \frac{2,89 \cdot 2,4}{100} = 0,069 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і особисті потреби складають 6% від оперативного часу:

$$T_{відх} = \frac{2,89 \cdot 6}{100} = 0,17 \text{ хв.}$$

В результаті штучний час на операцію дорівнює:

$$T_{шт} = T_{en} + T_{max} + T_{opz} + T_{відх} = 2,89 + 0,22 + 0,069 + 0,17 = 3,35 \text{ хв.} \quad (3.29)$$

Проведемо технічне нормування для внутрішньої циліндричної ступінчатої поверхні, оброблення якої проводиться на алмазно-розточному верстаті моделі ОС2425.

Основний час на лімітуючій позиції  $T_o = 0,83$  хв.

Допоміжний час, який йде на встановлення та зняття деталі складає  $T_{дон} = 0,12$  хв.

Час на керування верстатом дорівнює  $T_k = 0,24$  хв.

Час, який йде на вимірювання точності деталі, складає  $T_{\epsilon}=0,20$  хв.

Оперативний час визначимо за формулою:

$$T_{on} = T_{\epsilon} + T_{дон} + T_{\kappa} + T_o = 0,84 + 0,13 + 0,25 + 0,22 = 1,44 \text{ хв.}$$

В комплекті інструменту знаходиться 6 розточних різців.

Час на заміну складає  $T_{зм}=1,03 \times 5 = 5,15$  хв. Оскільки вони працюють одночасно, то:

$$T_{max} = \frac{T_{зм} \cdot T_o}{200} = \frac{5,15 \cdot 0,84}{200} = 0,023 \text{ хв.}$$

Час на операційне обслуговування робочого місця приймаємо 2,5% від  $T_{on}$ :

$$T_{орг} = \frac{1,44 \cdot 2,4}{100} = 0,033 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і особисті потреби приймаємо 6% від оперативного часу:

$$T_{відп} = \frac{1,44 \cdot 6}{100} = 0,085 \text{ хв.}$$

Штучний час на операцію дорівнює:

$$T_{шт} = 0,86 + 0,033 + 0,23 + 0,085 = 1,208 \text{ хв.}$$

### 3.10. Визначення кількості обладнання та його завантаженості

Правильний вибір обладнання означає його раціональне використання його в часі.

З цією метою визначають використання в часі в ряду з іншими техніко-економічними показниками критерії, які показують ступінь використання в часі кожного окремого верстата і всіх разом по розробленому технологічному процесу.

Коефіцієнт завантаження верстату  $\eta_3$  визначимо за залежністю:

$$\eta_3 = \frac{m_p}{m_n}, \quad (3.30)$$

де  $m_p$  – розрахункова кількість верстатів;

$m_n$  – прийнята кількість верстатів:

$$m_p = \frac{T_{um}}{t_g}. \quad (3.31)$$

Розрахунки проведено по операціях:

- 005 токарно-гвинторізна:

$$m_p = \frac{2,0}{1,33} = 1,5; \eta_3 = \frac{1,5}{2} = 0,75\%,$$

- 010 токарна:

$$m_p = \frac{3,35}{1,33} = 2,5; \eta_3 = \frac{2,5}{3} = 0,83\%;$$

- 015 токарна:

$$m_p = \frac{1,1}{1,33} = 0,82; \eta_3 = \frac{0,82}{1} = 0,82\%;$$

- 020 токарно-гвинторізна:

$$m_p = \frac{0,96}{1,33} = 0,72; \eta_3 = \frac{0,72}{1} = 0,72\%;$$

- 025 алмазно-розточна:

$$m_p = \frac{1,18}{1,33} = 0,88; \eta_3 = \frac{0,88}{1} = 0,88\%;$$

- 030 радіально-свердлильна:

$$m_p = \frac{0,4}{1,33} = 0,3; \eta_3 = \frac{0,3}{1} = 0,3\%;$$

- 040 радіально-свердлильна:

$$m_p = \frac{3,5}{1,33} = 2,6; \eta_3 = \frac{2,6}{3} = 0,86\%;$$

Коефіцієнт використання по основному часу  $\eta_0$  свідчить про частку машинного часу залежно від загального часу роботи верстату:

$$\eta_0 = \frac{T_o}{T_{um}} \quad (3.32)$$

- 005 токарно-гвинторізна:  $\eta_0 = \frac{1,0}{2} = 0,5;$

- 010 токарна:  $\eta_0 = \frac{2,79}{3,35} = 0,83;$

- 015 токарна:  $\eta_0 = \frac{0,93}{1,48} = 0,62;$

- 020 токарно-гвинторізна:  $\eta_0 = \frac{0,25}{0,96} = 0,26;$

- 025 алмазно-розточна:  $\eta_0 = \frac{0,84}{1,18} = 0,71;$

- 030 радіально-свердлильна:  $\eta_0 = \frac{0,24}{0,4} = 0,6.$

- 040 радіально-свердлильна:  $\eta_0 = \frac{1,4}{3,5} = 0,4.$

Визначимо використання верстату по потужності приводу. Цей параметр характеризується коефіцієнтом використання обладнання:

$$n_N = \frac{N_{np}}{N_{\partial\epsilon}}, \quad (3.33)$$

де  $N_{np}$  – потужність приводу верстату, яка необхідна для процесу різання.

$N_{\partial\epsilon}$  – потужність електродвигуна.

Відповідно для кожної операції:

- 005 токарно-гвинторізна:  $n_N = \frac{0,86}{10} = 0,086;$

- 010 токарна:  $n_N = \frac{1,21}{18,5} = 0,06;$

- 015 токарна:  $n_N = \frac{0,7}{18,5} = 0,03;$

- 020 токарно-гвинторізна:  $n_N = \frac{0,61}{10} = 0,061$ ;
- 025 алмазно-розточна:  $n_N = \frac{0,55}{4,5} = 0,12$ ;
- 030 радіально-свердлильна:  $n_N = \frac{2,88}{5,5} = 0,52$ ;
- 040 радіально-свердлильна:  $n_N = \frac{0,96}{5,5} = 0,17$ .

Для більш наглядного представлення оцінки техніко-економічної ефективності розробленої технології побудовано графіки завантаження обладнання (рис. 3.3 дод. Б); завантаження обладнання по основному часу (рис. 3.4 дод. Б); завантаження обладнання по потужності (рис. 3.5 дод. Б).

### 3.11. Пристосування для розточування отворів

Опис конструкції.

Запропонований алмазно-розточний пристрій дає можливість одночасного закріплення двох виробів, для одночасного оброблення на двохсторонньому алмазно-розточному верстаті ОС 2425. Встановлюється цей пристрій на столі верстату в повздовжніх направляючих за допомогою болтів. Пристрій укомплектований двома силовими циліндрами, завдяки яким здійснюється затиск виробів.

Пристрій складається з корпусу 1, до якого за допомогою гвинтів 14 кріпиться стакан 8, саме в якому повинна базуватися оброблювальна деталь. Палець 3 виконує роль штовхача, який передає момент важелю 5. Після цього важіль тисне на притиск 6, який в свою чергу і кріпить заготовку в стакані.

Важіль 5 міститься на осі 7, яка відповідно міститься у втулці 9.

Принцип дії.

Виріб встановлюється в вертикальному положенні, так, щоб вісь виробу була розміщена горизонтально. Силовий затиск здійснюється притиском, який

кріпиться жорстко на осі штовхача. Стакан встановлений таким чином, щоб не було прокручування заготовки під час розточування.

Розрахунок сили затиску.

Розрахунок проводимо з умови:

$$Q_{зам} > kP_o, \quad (3.34)$$

де  $k$  – коефіцієнт, який враховує запас точності,  $k=1,2-2,5$  [2];

$P_o$  – осьова сила.

$$P_o = 10C_{pt}^x s^y v^n K_p, \quad (3.35)$$

де  $C_p=50$ ;  $x=1,0$ ;  $y=0,2$ ;  $n=0,1$ ;

$$K_p = K_{np} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{зр} \cdot K_{вр} \cdot K_{vp}, \quad (3.36)$$

де  $K_{np} = (H_v / 150)^n - (60 / 150) = 0,41$ ;

при  $n=1,1$ :  $K_{\phi p}=1,2$ ;  $K_{вр}=1,1$ ;

$$K_p = 0,41 \times 1,2 \times 1,1 \times 1,2 \times 1,1 = 0,487.$$

Осьова сила дорівнює:

$$P_o = 10 \cdot 60 \cdot 10^{-11} \cdot 0,2^{0,18} \cdot 98^0 \cdot 0,47 = 211,5 \text{ Нм.}$$

Враховуючи, що  $P_{o1}=P_{o2}$  - осьові сили відсутні.

Виведемо формулу для обчислення сили затиску деталі.

Для того, щоб деталь не прокручувалася момент різання повинен бути меншим або рівним сили затиску деталі  $M_{piz} \leq M_{mp}$ .

Для більшої ймовірності вводиться коефіцієнт  $K$ :

$$2M_{piz} = KM_{mp}.$$

В результаті чого отримано:

$$K_{p_z} \cdot \frac{d_{cp}}{2} = F_{Tp} \cdot d, \quad (3.37)$$

де  $F_{Tp} = Q \cdot f$  - сила тертя.

Враховуючи

$$kM_{pi3} = f \cdot Q \cdot d_{cp} \quad (3.38)$$

Одержимо формулу для визначення сили затиску:

$$Q = \frac{kM_{pi3}}{fd_{cp}^2}, \quad (4.6)$$

де  $M_{pi3}$  – момент різання;

$f$  – коефіцієнт тертя.

Визначаємо момент різання:

$$M_{pi3} = P_z \cdot \frac{d_{cp}}{z}, \quad (3.39)$$

де  $d_{cp}$  – середній діаметр розточування отворів.

Величина сили різання визначається за залежністю:

$$P_z = 10Cp \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot Kp, \quad (3.40)$$

де  $Cp=110$ ;  $x=1,1$ ;  $y=0,7$ ;  $n=0,1$ .

Підставивши дані одержимо:

$$P_z = 10 \cdot 110 \cdot 0,25^{1,1} \cdot 0,15^{0,7} \cdot 98^{0,1} \cdot 1,56 = 95 \text{ Нм.}$$

Оскільки,  $P_{z_1} = P_{z_2}$  то:

$$M_{pi31} = 0,4 \cdot 0,0635 = 5 \text{ Нм,}$$

$$M_{pi32} = 0,4 \cdot 0,055 = 5,14 \text{ Нм.}$$

Враховуючи, що моменти різання діють в різні сторони, то:

$$M_{zag} = M_{pi32} - M_{pi31} = 5,14 - 5 = 0,14 \text{ Нм.}$$

Звідси:



$$Q = \frac{2 \cdot 0,17}{0,25 \cdot 0,057} = 54,4 \text{ Н},$$

$$Q_{\text{заг}} = 3 \cdot Q = 16324 \text{ Н}.$$

### 3.12. Поворотний кондуктор для свердління отворів

Опис пристрою.

Розроблений кондуктор дає можливість закріплення виробу по вже оброблених поверхнях. Він працює в парі з 8-шпindelною головкою, за допомогою якої здійснюється оброблення по всіх 8-ми отворах одночасно.

Кондуктор складається з корпусу 1, на якому кріпиться підставка 3, на яку, в свою чергу, повинна базуватися заготовка. На заготовку зверху накладається кондукторна плита 6, яка кріпиться на осі 5. Для того, щоб виріб був відцентрованим, на вісь насаджено палець 7, який кріпиться до кондукторної плити за допомогою гвинта 18 і штифтів 21. На кондукторній плиті містяться 8 втулок 32, через які безпосередньо ведеться і оброблення отворів. Плита фіксується гайкою 16. Тарілка 8, як і палець служить для основного базування виробу.

Розрахунок сили затиску.

Розраховуємо силу затиску, яка є необхідною для встановлення деталі. Для цього по формулі визначаємо коефіцієнт запасу  $k$ :

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (3.41)$$

де  $k_0 = 1,2$ ;

$k_1$  – визначає точність поверхонь заготовок  $k_1 = 1,1$ ;

$k_2$  – враховує збільшення сили різання від затуплення інструменту  $k_2 = 1,3$ ;

$k_3$  – враховує збільшення сили різання при неперервному різанні  $k_3 = 1,5$ ;

$k_4$  – враховує постійність сили затиску  $k_4 = 1,1$ ;

$k_5 = 1,1$ ;

$k_6$  – визначає метод закріплення свердла  $k_6 = 1,1$ .

Отже  $k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 3,24$ .

Силу затиску  $Q$  визначаємо за формулою:

$$Q = \frac{2MkR}{dfPo} - Po, \quad (3.42)$$

де  $M$  – крутний момент свердла 14,403 Нм;

$R$  – відстань від центру свердла до центру заготовки,  $R=120$ мм;

$d$  – діаметр свердла,  $d=12$ мм;

$f$  – коефіцієнт тертя,  $f=0,2$ ;

$Po$  – осьова сила,  $Po = 748,65$  Н.

Звідси:

$$Q = \frac{2 \cdot 14,403 \cdot 3,24 \cdot 0,125}{0,011 \cdot 0,25 \cdot 0,1157} - 747,55 = 3258,1 \text{ Н.}$$

### 3.13. Пристрій для контролю радіального биття

Опис пристосування.

Пристрій для контролю радіального биття дає можливість контролювати радіальне биття відносно поверхні  $A$ . Пристосування складається із плити 2, до якої кріпиться індикатор 25. Деталь кріпиться до пробки 3, яка складається із плунжера 8, що використовується для затиску виробу. Плита прикріплена до ребра 4 гвинтами 21 і 12.

Також до плити прикріплена стойка 6, на якій в свою чергу закріплено рухомий важіль 7 і індикатор 25. Індикатор фіксується гвинтом 15. А важіль до стойки кріпиться штифтом 19, індикатор  $I$  використовується для контролю торцевого биття.

Принцип дії пристосування.

Деталь встановлюється на пробку 3 і притискається до її стінок плунжером 8. Деталь базується на поверхні пробки. Радіальне биття контролюється важелем 7. Так як кут нахилу ребра -  $15^0$ , то при його

розміщенні на горизонтальній поверхні відхилення буде яскраво видно на індикаторах 25. Прилад працює таким чином, що при радіальному битті деталь при відхиленні буде тиснути на важелі, які в свою чергу тиснутимуть на пальці індикаторів.

Визначимо допустиме радіальне биття поверхні ( $\varnothing 140\text{мм}$ ).

Для розрахунку використаємо залежність:

$$\varepsilon_{np} \leq \delta - k \sqrt{\varepsilon \delta^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{знош}^2 + \varepsilon_n^2 + (k + \omega)^2}, \quad (3.43)$$

де  $\delta$  - відхилення на відповідний розмір оброблюваних поверхонь виробу;  
 $\delta = 0,15\text{мм}$ ;

$k$  – коефіцієнт, що враховує можливе відступлення від нормального розподілу даних складових;  $k = 0,3$ ;

$\varepsilon_\delta$  - похибка базування;  $\varepsilon_\delta = 0,1$ ;

$\varepsilon_3$  - похибка закріплення,  $\varepsilon_3 = 0,09\text{мм}$  [4,];

$\varepsilon_{уст}$  - похибка встановлення пристосування;  $\varepsilon_{уст} = 0,018\text{мм}$ ;

$\varepsilon_{знош}$  - похибка зношування;  $\varepsilon_{знош} = 0,01$ ;

$\varepsilon_n$  - похибка переходу і зміщення;  $\varepsilon_n = 0,01$ ;

$\omega$  - значення похибки, виходячи з економічної точності для даного методу;  
 $\omega = 0,02\text{мм}$ .

$$\varepsilon_{np} = 0,12 - 0,2 \sqrt{0^2 + 0,08^2 + 0,017^2 + 0,07^2} = 0,043\text{мкм}.$$

Отже, відхилення при радіальному битті знаходиться в межах норми.

## **4. БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ І ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **4.1. Актуальність охорони навколишнього середовища**

На всіх стадіях свого розвитку людина була тісно пов'язана з навколишнім світом. Але з тих пір як з'явилося високо індустріальне суспільство, небезпечне втручання людини в природу різко підсилилося, розширились сфери втручання в природне середовище, вони стали різноманітнішими і зараз загрожують стати глобальною небезпекою для людства. Найбільш масштабним і відчутним є хімічне та радіоактивне забруднення навколишнього середовища невластивими їй речовинами, пилом, стічними водами.

Забруднення навколишнього середовища погіршує в першу чергу фізичні умови існування людей, крім того, обумовлює і прямі втрати робочого часу - невихід на роботу через погіршення здоров'я працівників, і непрямі - суспільство змушене відволікати частину робочої сили на запобігання або ліквідацію наслідків забруднення.

Захист навколишнього середовища - проблема загальнодержавна. Але практичні конкретні заходи для її вирішення полягають головним чином на ті регіони, які знаходяться на території військових дій, адже вони безпосередньо страждають від порушення нормального стану середовища проживання і, до того ж, мають необхідну інформацію для відстеження обстановки і вживання заходів.

Проблема вирішується головним чином шляхом наукового обґрунтування гранично припустимих рівнів забруднення навколишнього середовища з урахуванням особливостей окремих кліматичних зон і освоєння територій, екологічної оцінки й узгодження проєктів будівництва великих об'єктів міжрегіонального значення, а також розроблення екологічно чистих технологій для малих підприємств.

В Україні екологічна безпека в умовах воєнного стану носить глобальну проблему цивілізації, загалом, через можливість гуманітарної катастрофи

внаслідок бойових дій і незабраних тіл окупантів із нашої території. Окрім цього, існує загроза хімічної, біологічної, ядерної катастроф, унаслідок використання зброї масового знищення для мирного населення України. Це принесе загрозу всьому людству, а не тільки нашій державі. Саме в цьому стоїть постановка проблеми: зупинити екологічну небезпеку в умовах бойових дій.

Складовою частиною національної безпеки України є екологічна безпека. Остання має особливе значення у воєнний час в силу великих масштабів екологічної шкоди, яка завдається навколишньому середовищу із застосуванням зброї. За останніми даними Держекоінспекції України, зокрема, впродовж повномасштабного вторгнення росії в Україну окупантами завдано нашій державі таку шкоду: – забруднено понад 180 тисяч квадратних метрів ґрунтів небезпечними речовинами; – засмічено близько двох з половиною тисяч квадратних метрів земель залишками знищених об'єктів та боєприпасів; 14 – згоріло понад 680 тисяч тон нафтопродуктів під час обстрілів, забруднивши атмосферне повітря небезпечними речовинами; – випалено понад 23 тисяч гектарів лісів ракетами та снарядами. Постраждали річки та морські акваторії. Під загрозою виявилися Запорізька та інші атомні електростанції, власне саме життя людей. Наслідками тривалих воєнних дій на території нашої держави є погіршення економічного стану країни, соціального стану людей, забруднення небезпечними хімічними речовинами всіх складових навколишнього природного середовища, що негативно впливає на здоров'я кожної людини.

#### **4.2. Забруднення довкілля, що виникнуть в результаті реалізації проекту**

Для галузі технології машинобудування характерними видами забруднення навколишнього середовища є забруднення повітря абразивним пилом, відходи металічної стружки та металолому, забруднення навколишнього середовища і водойм стічною водою, яка використовувалась для технічних

потреб, забруднення відпрацьованим маслом, змащувально-охолоджувальними рідинами.

На проектованій ділянці по виготовленню заготовок гвинтових з їх подальшим механічним обробленням виділяється значна кількість пилу, операції супроводжуються виділенням великої кількості теплоти, і як наслідок, значним розходом води для змащувально-охолоджувальних рідин.

Деталі типу кришка піддаються механічному обробленню, внаслідок якого знімається певний шар металу – стружка, яка при попаданні в навколишнє середовище забруднює його.

На проектованій ділянці можна передбачити наступні заходи для зменшення шкідливих викидів в навколишнє середовище:

Технічна вода та її відходи.

Для зменшення викидів забруднених відходів води на ділянці слід передбачити повторне використання води для технічних потреб, більш раціональне її використання в ході виконання технологічного процесу відновлення деталей.

Очистка стічних вод на підприємстві залежно від їх властивостей, концентрації і фракційного складу здійснюється методами проціджування, відстоювання, відділення твердих частинок в полі дії відцентрових сил і фільтрування. Для очищення промислових стоків на виробництві можна рекомендувати використання наступних засобів очищення води:

- мастилозбирачі;
- фарбозбирачі;
- станції нейтралізації хімічно забруднених вод;
- очисні споруди для фільтрування, хімічного очищення та відстоювання води.

Металолом і сталіні відходи.

В ході виконання оброблення деталей із чавуну та сталей відходи цих матеріалів (стружка, металолом) слід передбачити обов'язковий збір відходів і передачі її на спеціальні пункти, де вони будуть направлятись: частково на

переплавку на дільницю литва, і в основному на пункти збору вторинної сировини для відправлення на підприємства металургійної промисловості, переробні підприємства.

Відпрацьоване мастило.

На підприємстві широко застосовуються мастильні матеріали для змащування технологічного обладнання, зменшення тертя в рухомих частинах устаткування та багато іншого. В результаті цього передбачаються значні кількості відпрацьованого масла. Тому на підприємстві необхідно передбачити устаткування для переробки та регенерації відпрацьованого масла. Рекомендується використовувати установку типу УРИМ-100.

Абразивний пил.

Повітря на дільниці в основному забруднене частинками туману розміром 0,3-5 мкм та твердими абразивними частинками розміром 0,3-2 мкм.

В процесі оброблення виробів із чавуну та сталі виділяється значна кількість пилу, який забруднює навколишню атмосферу і може призвести до тяжких захворювань органів дихання, зору, шкірних і алергічних захворювань.

Класифікація пиловловлюючого обладнання основана на особливостях процесу відділення твердих часток від газової фази, це:

- обладнання для вловлення пилу сухим способом, до якого відносяться циклони, пилоосаджуючі камери, вихрові циклони, жалюзійні та ротаційні пиловловлювачі, електрофільтри, фільтри;

- обладнання для вловлення пилу мокрим способом, до якого відносяться скрубери Вентурі, форсуночні скрубери, пінні апарати та ін.

Для очищення повітря від пилу слід передбачити фільтри в місцевій вентиляції на робочих місцях, на яких проводиться оброблення таких деталей, а також необхідно передбачити використання спеціальних фільтрів в місцях заточування інструменту, шліфування деталей та інших, де можливе виділення пилу.

Відпрацьовані змащувально-охолоджувальні рідини.

Для відводу тепла при обробленні металів в тяжких умовах, до яких

відноситься і оброблення чавуну, використовуються змащувально-охолоджувальні рідини. Для зменшення стоку таких рідин в довкілля на підприємстві необхідно передбачити використання спеціального устаткування для переробки та фільтрування ЗОР. Рекомендується використання установок для безвідходного розкладання і очищення відпрацьованої емульсії методом мікрофлотаційної технології, наприклад установка ТФС-017.

#### Шум та вібрації.

В процесі виконання виробничого процесу по виготовленню або відновленню деталей на підприємстві буде значне виділення шуму. Для зниження шуму на підприємстві необхідно передбачити використання спеціальних звукопоглинаючих та звукоізолюючих прокладок для зниження шуму від працюючого обладнання, використання спеціальних віброізолюючих пристроїв, які зменшують вібрацію тяжких пресів, молотів, важких верстатів. На дільницях, які характеризуються підвищеною шумністю необхідно використовувати спеціальні звукові екрани. Сильно вібруюче обладнання необхідно встановлювати на спеціальних віброізолюючих опорах.

### **4.3. Заходи зі зниження токсичності відпрацьованих газів, охорони навколишнього середовища та зменшення забруднення довкілля**

При роботі двигуна у відпрацьованих газах поряд з продуктами повного згоряння міститься деяка кількість токсичних речовин. До них відносять: оксиди азоту, водню, вуглеводню.

Однією з основних причин викидів СО та СН двигунів з іскровим запалюванням – це використання збагаченої паливо-повітряної суміші на більшості режимів роботи. Тому основним напрямком вдосконалення бензинових двигунів є розроблення заходів з забезпечення їх стійкості роботи на збіднених паливо-повітряних сумішах.

Способи зниження шкідливих речовин у відпрацьованих газах:

- рециркуляція відпрацьованих газів;



- нейтралізація шкідливих речовин у процесах впуску та випуску;
- використання закритих систем вентиляції картера;
- застосування уловлювачів шкідливих речовин;
- застосування спиртових палив.

Забруднення, які поступають до навколишнього середовища можуть бути дійсного та антропогенного походження. До дійсних джерел забруднення навколишнього середовища відносять пильні бурі, вулканічні виверження, космічний пил, лісні пожежі тощо.

До джерел антропогенної дії на навколишнє середовище відносять питання промислових підприємств, транспортно–енергетичних систем, особливо підприємства кольорової металургії, які викидають в газоподібному вигляді сірководень, хлор, аміак, фтор, тощо.

В процесі виробництва утворюються тверді промислові відходи у вигляді лому, стружки, шлаків, окалини, золи, шламу з пристроїв мокрої очистки технологічних та вентиляційних викидів.

Разом з цим на навколишнє середовище діють: шуми, вібрації, теплове та радіаційне забруднення тощо.

Заходи із захисту навколишнього середовища.

Найбільш ефективною формою захисту навколишнього середовища від викидів промислових підприємств є розроблення та впровадження безвідходних та маловідходних технологічних процесів у всіх видах промисловості.

До цього часу визначилось 4 напрямки в створенні безвідходних технологічних процесів:

- розроблення безстічних технологічних систем та водооборотних циклів на базі існуючих та перспективних способів очищення стічних вод;
- переробка відходів виробництва;
- розроблення та впровадження принципово нових технологічних процесів, які дозволяють виключити створення основної кількості відходів;
- створення територіально–промислових комплексів з замкнутою структурою матеріальних потоків сировини та відходів всередині комплексу.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті проведених у кваліфікаційній роботі досліджень відповідно до визначених завдань отримано наступні рішення:

1. Проаналізовано базовий техпроцес виготовлення кришки 27.36.011 в умовах крупносерійного виробництва, виявлено шляхи і методи покращення існуючого процесу.

2. Здійснено аналіз і дослідження впливу енергетичних показників фрезерування на стійкість фрез, представлено схеми зношення інструментів при використанні фрез різноманітних конструкцій, які використовуються для фрезерування плоских поверхонь різних розмірів з різних матеріалів, розглянуто методи підвищення їх стійкості за рахунок врівноваження динамічних навантажень, пов'язаних з вібростійкістю технічних систем.

3. Запропоновано більш економічний спосіб одержання виливка, який дозволяє зменшити матеріаломісткість оброблення й працемісткість операцій.

4. Розроблено проєктний маршрут на операціях мехоброблення кришки з використанням структурного аналізу, розраховано допуски й припуски для оброблювальних поверхонь, проведено нормування операцій, визначено оптимальні технологічні режими, внесено зміни щодо послідовності стадій оброблення.

5. Вибрано обладнання, розраховано його кількість, подано їх технічні характеристики. Заміна та групування фрезерних верстатів дало змогу обробляти заготовку за два проходи, замість трьох, підвищити точність отриманих поверхонь, збільшити продуктивність і зменшити поточні затрати.

6. На всіх операціях, де необхідний геометричний контроль якості поверхні, замість універсального вимірювального інструменту, зокрема, шаблонів і штангенциркулів, запропоновано використання спеціального пристосування, що дозволяє зменшити допоміжний час на контроль й вимірювання розмірів. Це так само приводить до зменшення штучного часу, кількості обладнання, персоналу, виробничих площ тощо.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження: Навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих закладів освіти / Л.І. Боженко. – Львів: Світ, 2001. – 296 с.
2. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок: Підручник / Л.І. Боженко. – Львів: Світ, 1996. – 368 с.
3. Васильків В.В., Данильченко Л.М., Радик Д.Л. Математичне моделювання процесів кристалізації виливок / В.В. Васильків, Л.М. Данильченко, Д.Л. Радик // Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції, присвячена пам'яті професора Шаблія О.М. та 60-ти річчю кафедри теоретичної механіки „Математичні методи та моделі технічних і економічних систем“ 22-23 листопада 2022 р. – Т.: ФОП Паляниця В. А., 2022. - С. 116–118.
4. Гевко Б.М. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої: Навчальний посібник / Б.М. Гевко, М.Г. Дичковський, А.В. Матвійчук. – К.: Вид-во «Кондор», 2009. – 220 с.
5. Гевко Б.М. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра / Б.М. Гевко, Ю.Б. Капаціла, І.Г. Ткаченко. – Тернопіль: Вид-во ТДТУ, 2002. – 35 с.
6. Горбатюк Є.О. Технологія машинобудування / Є.О. Горбатюк, М.П. Мазур, А.С. Зенкін та ін. – К.: Вид-во «Новий світ», 2009. – 360 с.
7. Данильченко Л.М., Дудар П.А. Кінцево-елементне математичне моделювання процесів різання / Збірник тез доповідей VIII Науково-технічної конференції: Інформаційні моделі, системи та технології – Тернопіль 09-10 грудня 2020 р. - Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2020. - С. 7-8.
8. Данильченко Л.М., Дудар П.А. Моделювання процесів стружкоутворення при різанні / Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних

технологій – Тернопіль 25-26 листопада 2020 р. - Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2020.- С. 63-64.

9. Данильченко Л.М., Данилюк В.В. Дослідження та оптимізація навантажень при різанні / Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 25-26 листопада 2020 р. - Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2020. - С. 57-58.

10. Данильченко Л.М., Собко В.В. Аналіз переваг і недоліків традиційних схем різання в процесах лезового оброблення / Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», (Тернопіль, 6-7 грудня 2023) – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023. – с. 79-80.

11. Данильченко Л.М., Радик Д.Л. Аналіз математичних моделей тертя в обробленні тиском / Л.М. Данильченко, Д.Л. Радик / Збірник тез доповідей VIII Науково-технічної конференції. Інформаційні моделі, системи та технології – Тернопіль 09-10 грудня 2020 р. - Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2020. - С. 8.

12. Данильченко Л.М., Радик Д.Л. Особливості запровадження адитивних технологій в процесах виробництва заготовок / Л.М. Данильченко, Д.Л. Радик // Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої пам'яті професора Гевка Богдана Матвійовича „Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин“, 23-24 вересня 2021. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. – С. 26–27.

13. Данильченко Л.М., Радик Д.Л. Дослідження термодинамічного стану процесу поверхневого пластичного деформування / Л.М. Данильченко, Д.Л. Радик // Матеріали I Міжнародної науково-технічної конференції „Прикладна механіка“, 6-7 червня 2024 р. – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – С. 29–32.

14. Данильченко Л.М., Лісовий В.П. Дослідження динаміки процесів фрезерування / Л.М. Данильченко, В.П. Лісовий / Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів.

Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 11-12 грудня 2024 р. - Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2024.

15. Добрянський С.С. Технологія машинобудування і технологічні основи машинобудування / С.С. Добрянський, В.К. Фролов, Ю.М. Малафеев, В.М. Гриценко. - К.: НТУУ «КПІ», 2007. - 72 с.

16. Експериментальні дослідження в технології машинобудування: навч посібник з дисципліни «Наукові дослідження і теорія експерименту» / В.В. Васильків, Д.Л. Радик. – Тернопіль. ТНТУ, 2012. - 386 с.

17. Ефективність інвестиційних проєктів у механічній інженерії: навчально-методичний посібник для здобувачів вищої освіти спеціальності 131 Прикладна механіка галузі знань, 13 Механічна інженерія / Укладачі: В. Васильків, І. Ткаченко, Л. Данильченко, М. Сіправська, І. Ярема. Тернопіль: ТНТУ, 2024. - 208 с.

18. Ефективність інженерних рішень: навчальний посібник для здобувачів вищої освіти спеціальності 131 Прикладна механіка, галузі знань 13 Механічна інженерія / Укладачі: Лариса Данильченко, Василь Васильків, Ігор Ткаченко, Марія Сіправська. – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 245 с.

19. Інженерний аналіз в Ansys Workbench. Методичний практикум з дисципліни “Комп’ютерне моделювання процесів обробки матеріалів”. Укладачі: Васильків В.В., Радик Д.Л., Данильченко Л.М., Дивдик О.В. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 66 с.

20. Когут М.С. Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні: Підручник / М.С. Когут – Львів: Вид. НУ «Львівська політехніка», 2000.-352 с.

21. Мельничук П.П. Технологія машинобудування: Підручник / П.П. Мельничук, А.І. Боровик, П.А. Лінчевський, Ю.В. Петраков. – Житомир: Вид-во ЖДТУ, 2005. - 835 с.

22. Методичний практикум на тему: “Інженерний аналіз в Ansys Workbench” з дисципліни “Комп’ютерне моделювання процесів обробки матеріалів”. Укладачі: Васильків В.В., Радик Д.Л., Данильченко Л.М., Дивдик О.В. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 66 с.

23. Методичні вказівки для практичного заняття №1 на тему: Методи визначення ефективності інженерних рішень з дисципліни “Ефективність

інженерних рішень” / Укладачі: Василь Васильків, Лариса Данильченко, Дмитро Радик, Ігор Ярема. — Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. — 25 с.

24. Методичні вказівки для практичного заняття №2 на тему: Оцінка ефективності та обґрунтування методу отримання заготовок з дисципліни „Ефективність інженерних рішень“ / Укладачі: Василь Васильків, Лариса Данильченко, Дмитро Радик, Ліліана Джиджора. — Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. — 29 с.

25. Методичні вказівки для практичного заняття №4 на тему: Аналіз ефективності інженерних рішень за собівартістю виготовленої продукції з дисципліни „Ефективність інженерних рішень“ / Укладачі: Василь Васильків, Лариса Данильченко, Дмитро Радик, Ігор Ярема. — Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. — 27 с.

26. Методичні вказівки для практичного заняття №6 на тему: Оцінка ефективності витрат електроенергії на технологічне устаткування й спорядження з дисципліни „Ефективність інженерних рішень“ / Укладачі: Василь Васильків, Лариса Данильченко, Дмитро Радик, Ігор Ярема. — Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. — 24 с.

27. Методичні вказівки до практичної роботи №12 на тему: “Моделювання та аналіз процесу лиття під тиском в середовищі програмного продукту SolidWorks Plastics” з дисципліни “САР і САЕ системи машинобудівних виробництв” / Укладачі: В. Васильків, Д. Радик, Л. Данильченко, В. Парашук. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2023. 40 с.

28. Обробка результатів експериментальних досліджень математичними методами: метод. посібник / В.В. Васильків, Д.Л. Радик, Р.М. Романовський. - Тернопіль: ТНТУ, 2011. - 74 с.

29. Правила заповнення основних норм технологічних документів: навч.-метод. посібник / М.І. Пилипець, І.Г. Ткаченко, М.Г. Левкович, В.В. Васильків, Д.Л. Радик. - Тернопіль: ТНТУ, 2009. - 110 с.

30. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобуду-

ванні: навчальний посібник / П.О. Руденко. – К.: Вища школа, 1993. – 414 с.

31. Соловйов С.М. Автоматизоване проектування технологічних процесів: навчальний посібник / С.М. Соловйов, О.Л. Ніколаєв, М.М. Івахненко, О.П. Гожий. – Миколаїв: УДМТУ, 2001. – 63 с.

32. Терміни та визначення в наукових дослідженнях: метод. посібник / М.І. Пилипець, В.В. Васильків, Д.Л. Радик. - Тернопіль: ТНТУ, 2011. - 256 с.

33. Danylchenko L. (2021) Comparative analysis of computer systems for casting processes simulation. In: Ternopil National Ivan Puluj Technical University, Proceedings of the International Conference Advanced Applied Energy and Information Technologies, Ternopil, December 15-17, 2021, pp. 105-113.

34. Influence of the design parameters of a screw feeder loading mechanism on the torque value of the drive shaft. Vasylykiv, V., Radyk, D., Stashkiv, M., Danylchenko, L. Communications - Scientific Letters of the University of Zilina. Slovakia. Том 25. Випуск 4, 2023. с. B301-B314.

35. Technological methods of workpieces manufacturing. Metal Casting: Manual / V. Vasylykiv, L. Danylchenko, D. Radyk. Edited by L. Dzhydzhora. – Ternopil: Osadtsa U.V., 2021. – 203 p.

36. Technologies of workpieces manufacturing. by casting: Manual / V. Vasylykiv, L. Danylchenko, D. Radyk.– Ternopil: Published TNTU named after Ivan Puluj, 2023. – 492 p.

37. Vasylykiv V., Pylypets M., Danylchenko L., Radyk D. (2021) Use of computer-integrated technologies in training of engineering specialists. In: Ternopil National Ivan Puluj Technical University, Proceedings of the International Conference Advanced Applied Energy and Information Technologies, Ternopil, December 15-17, 2021, pp. 74-80.

## ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця 1.1



## Технічні умови та вимоги, методи їх виконання

| Позначення поверхні | Зміст технічних вимог      | Оброблення після одержання | Метод контролю |
|---------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|
| А                   | Розточити поверхню         | Чорнове точіння            | Штангенциркуль |
| Г                   | Г                          | Г                          | ШЦ--III        |
| Г                   | Г                          | Г                          | Г              |
| Б,В,Г               | Підрізати торці            | Чорнове точіння            | Штангенциркуль |
| Г                   | Г                          | Г                          | ШЦ--II         |
| Г                   | Г                          | Г                          | Г              |
| Г                   | Обточити зовнішній діаметр | Чистове точіння            | Штангенциркуль |
| Г                   | Г                          | Г                          | ШЦ--II         |
| Г                   | Г                          | Г                          | Г              |
| Г                   | Розточити отвори           | Чорнове розточування       | Пробка (Ø140)  |
| Г                   | Г                          | Г                          | 8140-016H8     |
| Г                   | Г                          | Г                          | ГОСТ-9823-89   |
| Г                   | Г                          | Г                          | Г              |
| П                   | Ø139,2 H8                  | Алмазне розточування       | Пробка (Ø120)  |
| Н                   | Ø124 P7                    | Г                          | 8140-0157      |
| Г                   | Г                          | Г                          | ГОСТ-14823-89  |
| Г                   | Г                          | Г                          | Г              |
| К                   | Ø119,2 H8                  | Г                          | Пробка (Ø85)   |
| Г                   | Г                          | Г                          | 8136-0017      |
| Г                   | Г                          | Г                          | ГОСТ-14816-89  |
| Г                   | Г                          | Г                          | Г              |
| Д                   | Ø85 H8                     | Г                          | Пробка (Ø124)  |
|                     |                            |                            | 8142-0107      |
|                     |                            |                            | ГОСТ-14822-89  |

Таблиця 3.1

## Час оброблення (базовий варіант)

| № опер. | Назва операції        | $T_o$ , хв | $T_{шт}$ , хв |
|---------|-----------------------|------------|---------------|
| 005     | Токарно-гвинторізна   | 1,0        | 2,0           |
| 010     | Токарна з ЧПК         | 5,3        | 10,3          |
| 015     | Токарна з ЧПК         | 4,93       | 5,6           |
| 020     | Токарно-гвинторізна   | 1,7        | 3,1           |
| 025     | Алмазно-розточна      | 2,1        | 3,6           |
| 030     | Радіально-свердлильна | 1,84       | 3,1           |
| 035     | Слюсарна              | 1,1        | 1,1           |
| 040     | Радіально-свердлильна | 1,8        | 3,5           |

Таблиця 3.2

## Порівняльна таблиця способів одержання заготовки за двома варіантами

| Назва показників                        | Лиття по виплавлених моделях | Лиття в кокіль |
|-----------------------------------------|------------------------------|----------------|
| Група серійності                        | 1                            | 2              |
| Група складності                        | 3                            | 3              |
| Маса заготовки, кг                      | 4,69                         | 4,56           |
| Маса деталі, кг                         | 3,82                         | 3,82           |
| Вартість 1 тони заготовок, грн.         | 167430                       | 167430         |
| Вартість 1 тони стружки $S_{відх}$ грн. | 8314                         | 8314           |

Таблиця 3.3

## Таблиця 3.3 - Проектний варіант

| №п/п опер. | Назва операції та переходів                              | Вид обладнання                          |
|------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 005        | Токарно-гвинторізна:<br>1. Точити поверхню в розмір (1). | Токарно-гвинторізний верстат мод. 16K20 |

|     |                                                                                                                                                                                                                  |                                                    |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 010 | Токарна:<br>1. Підрізати торці в розмірі (1) (2) (3).<br>2. Розточити отвори в розміри (7) (10) (5) (11) (15), фаски в розмір (9).<br>3. Розточити канавки в розміри (8) (13) (10) (6) (14) (12) (16) (11) (17). | Токарний<br>верстат мод.<br>1716Ц                  |
| 015 | Токарна:<br>1. Підрізати торець в розмір (1).<br>2. Розточити отвори в розміри (5) (2) (6) (3), фаску в розмір (7) (4).<br>3. Розточити канавку в розміри (8) (9).                                               | Токарний<br>верстат мод.<br>1716Ц                  |
| 020 | Токарно-гвинторізна:<br>1. Підрізати торець в розмір (4).<br>2. Точити канавку в розмір (1) (2) (3).                                                                                                             | Токарно-<br>гвинторізний<br>верстат мод.<br>16K20  |
| 025 | Алмазно-розточна:<br>1. Розточити два отвори в розмір (1) (2) (3) (4).<br>2. Розточити отвір в розмір (5) (6).                                                                                                   | Верстат мод<br>ОС 2425                             |
| 030 | Радіально-свердлильна:<br>1. Свердлити одночасно 8 отворів (1) (2) (3).                                                                                                                                          | Радіально-<br>свердлильний<br>верстат мод.<br>2M55 |
| 040 | Радіально-свердлильна:<br>1. Свердлити послідовно 2 отвори в розмір (3) (4)(5).<br>2. Зенкувати послідовно 2 фаски в розмір (1).<br>3. Нарізати різь в 2-х отворах в розмір (2) (5).                             | Радіально-<br>свердлильний<br>верстат мод.<br>2M55 |

Таблиця 3.4

## Базовий варіант

| №п/п<br>опер. | Назва операція та переходів                              | Вид<br>обладнання                                 |
|---------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 005           | Токарно-гвинторізна:<br>1. Точити поверхню в розмір (1). | Токарно-<br>гвинторізний<br>верстат мод.<br>16K20 |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                          |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 010 | Токарна з ЧПК:<br>1. Підрізати торці в розміри (1) (2) (3).<br>2. Обточити поверхню в розміри (4) (3).<br>3. Розточити отвори в розміри (7) (10) (5) (11) (15), фаски в розмір (9).<br>4. Розточити канавки в розміри (8) (13) (10) (6) (14) (12) (16) (17) (11). | Токарний верстат з ЧПК мод. 16K20Ø3      |
| 015 | Токарна з ЧПК:<br>1. Підрізати торець в розмір (1).<br>2. Розточити отвір і фаску в розміри (5) (2) (6) (3) (7)<br>3. Розточити канавку в розміри (8) (9).                                                                                                        | Токарний верстат з ЧПК мод. 16K20Ø3      |
| 020 | Токарно-гвинторізна:<br>1. Підрізати торець в розмір (4).<br>2. Точити канавку в розмір (1) (2) (3).                                                                                                                                                              | Токарно-гвинторізний верстат мод. 16K20  |
| 025 | Алмазно-розточна:<br>1. Розточити два отвори в розмір (1) (2) (3) (4).<br>2. Розточити отвір в розмір (5) (6).                                                                                                                                                    | Верстат мод ОС 2425                      |
| 030 | Радіально-свердлильна:<br>1. Свердлити послідовно 8 отв. в розмір (1) (2) (3).                                                                                                                                                                                    | Радіально-свердл. верстат мод. 2M55      |
| 040 | Радіально-свердлильна:<br>1. Свердлити послідовно 2 отвори в розмір (3) (4) (5).<br>2. Зенкувати послідовно 2 фаски в розмір (1).<br>3. Нарізати різь в 2-х отворах в розмір (2) (5).                                                                             | Радіально-свердлильний верстат мод. 2M55 |

Таблиця 3.5

## Розрахунок припусків на оброблення

| переходи оброблення поверхні | Елементи припуску |     |     | Розрахунковий припуск $2Z_{max}$ | Розрахунковий розмір $d_p$ , мкм | Допуск $\delta$ , мкм | Граничний розмір, мм |           | Граничне значення припусків |                       |
|------------------------------|-------------------|-----|-----|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------|-----------------------------|-----------------------|
|                              | $R_z$             | $T$ | $S$ |                                  |                                  |                       | $d_{min}$            | $d_{max}$ | $2Z_{min \text{ гр}}$       | $2Z_{max \text{ гр}}$ |
| Заготовка                    | 200               | 100 | 226 | -                                | 118,518                          | -                     | 118,518              | 118,718   | -                           | -                     |
| Чорн. розточ.                | 50                | 50  | 16  | $2 \times 696$                   | 119,688                          | 200                   | 119,688              | 119,828   | 1110                        | 1170                  |
| Алмазрозточ.                 | -                 | -   | -   | $21 \times 12$                   | 120,049                          | 80                    | 120,049              | 120,054   | 226                         | 361                   |

Розрахунок припусків і граничних розмірів на оброблення розміру

$$l=10^{+0,5}_{-0}\text{мм}$$

| Технологічні<br>переходи<br>оброблення<br>поверхні | Елементи<br>припуску |     |        | Розрахунковий<br>припуск $Z_{\min}$ | Розрахунковий<br>розмір $l_p$ , мкм | Допуск $\delta$ мкм | Граничний<br>розмір |            | Граничне<br>значення<br>припусків |                       |
|----------------------------------------------------|----------------------|-----|--------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------|------------|-----------------------------------|-----------------------|
|                                                    | Rz                   | T   | $\rho$ |                                     |                                     |                     | $l_{\min}$          | $l_{\max}$ | $Z_{\max \text{ гр}}$             | $Z_{\min \text{ гр}}$ |
| Заготовне                                          | 200                  | 300 | 52     | -                                   | 12,008                              | 800                 | 12,008              | 12,008     | -                                 | -                     |
| Чорнове<br>точіння                                 | -                    | -   | 3      | 508                                 | 11,008                              | 400                 | 11,1                | 11,1       | 908                               | 508                   |



Рис. 3.1. Графічний розрахунок припусків

## Допуски розмірів і припуски на механічне оброблення

| Поверхня | Розмір, мм             | Табличний припуск, мкм | Розрахунковий припуск, мкм | Допуск, мкм |
|----------|------------------------|------------------------|----------------------------|-------------|
| <i>A</i> | Ø275-1                 | 2-4                    | -                          | + - 0,63    |
| <i>B</i> | 10+0,5                 | 2                      | -                          | + - 0,5     |
| <i>B</i> | 34+0,1                 | 2                      | -                          | + - 0,9     |
| <i>Г</i> | 104*0,4                | 3                      | 1,008                      | + - 1,1     |
| <i>H</i> | Ø124-0,3               | 2*0,8                  | -                          | + - 0,6     |
| <i>П</i> | Ø139+0,01              | 2*1,5                  | -                          | + - 0,54    |
| <i>K</i> | Ø120 <sup>+0,059</sup> | 2*1,5                  | 2*1,517                    | + - 0,63    |
| <i>I</i> | Ø85 <sup>-0,048</sup>  | 2*1,5                  | -                          | + - 0,86    |

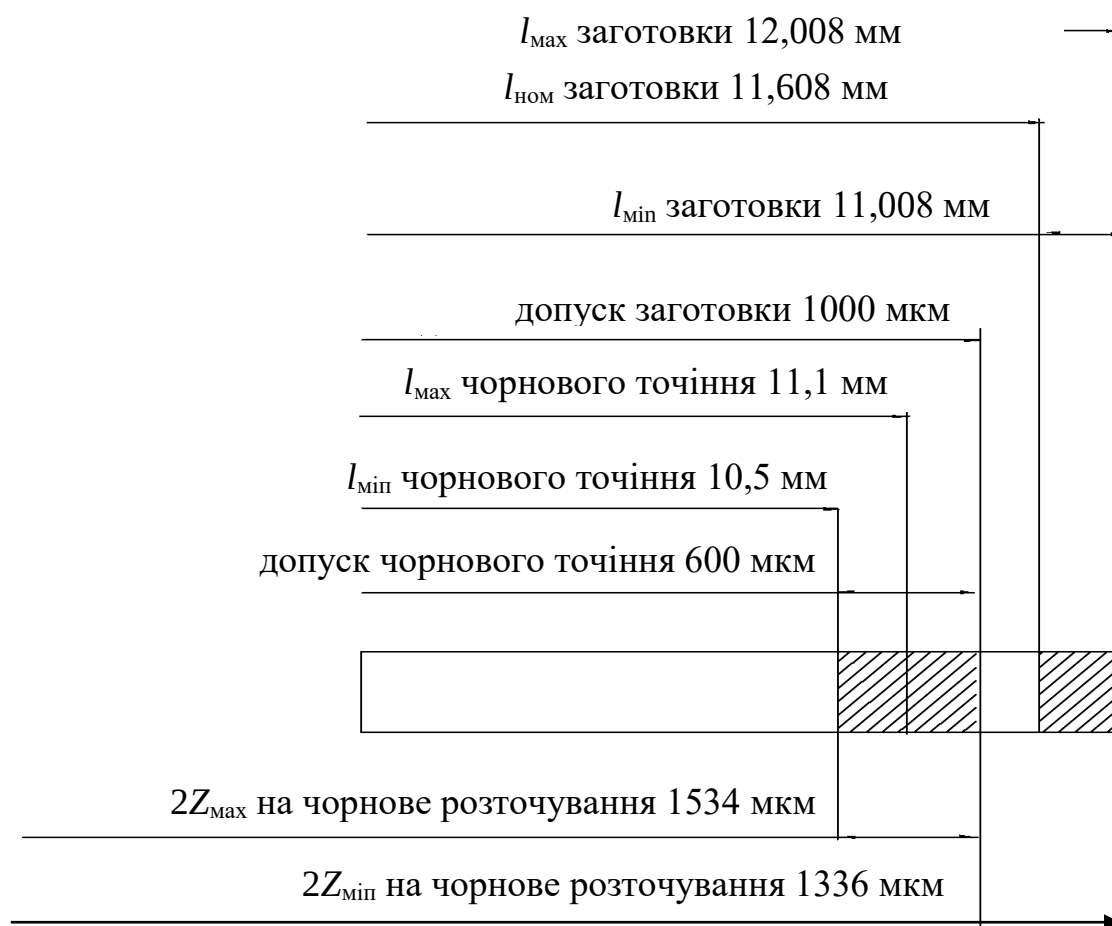


Рис. 3.2. Схема графічного розміщення припусків і допусків при обробленні лінійного розміру

Зведена таблиця режимів різання

| Назва операції<br>переходу                                   | $t$ ,<br>мм | $\frac{L_{ps}}{L_{p-x}}$ ,<br>мм | $\lambda$ | $\frac{T_m}{T_n}$ | $\frac{S_{p_2}}{S_n}$<br>мм/об | $\frac{n_{p_2}}{n_n}$<br>об/хв | $\frac{V_{p_2}}{V_n}$<br>м/хв | $S_n$ ,<br>мм/хв | $T_o$ ,<br>хв | $N_{кр}$<br>кВт     |
|--------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------------|-----------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------|---------------|---------------------|
| 1                                                            | 2           | 3                                | 4         | 5                 | 6                              | 7                              | 8                             | 9                | 10            | 11                  |
| 005 Токарно-гвинторізна:<br>1.Точити поверхню в розмір (1)   | 2           | <u>10</u><br>13                  | 0,67      | <u>210</u><br>200 | <u>0,15</u><br>0,15            | <u>100</u><br>140              | <u>85</u><br>94               | 12,5<br>7        | 1,0           | <u>0,86</u><br>10   |
| 010 Токарна:<br>1.Підрізати торці в розмір (1)(2)(3)         | 4           | <u>70</u><br>16                  | 0,81      | <u>210</u><br>200 | <u>0,78</u><br>0,31            | <u>133</u><br>160              | <u>116</u><br>150             | 32,4<br>8        | 2,01          | <u>0,51</u><br>18,5 |
| 2.Розточити отвори в розміри (7)(10)(5)(11)(15)              | 1,5         | <u>120</u><br>126                | 0,73      | <u>210</u><br>200 | <u>0,2</u><br>0,2              | <u>218</u><br>160              | <u>96</u><br>126              | 19,2             | 2,79          | <u>0,49</u><br>18,5 |
| 3. Розточити канавки в розміри (8)(13)(10)(6)(14)(12)        | 1,5         | <u>5</u><br>7                    | 0,9       | <u>210</u><br>200 | <u>0,16</u><br>0,2             | <u>109</u><br>140              | <u>49</u><br>57               | 7,84             | 0,28          | <u>0,21</u><br>18,5 |
| 015 Токарна:<br>1. Підрізати торець в розмір (1)             | 2           | <u>54</u><br>59                  | 0,6       | <u>210</u><br>200 | <u>0,28</u><br>0,3             | <u>281</u><br>280              | <u>115</u><br>160             | 32,2             | 0,68          | <u>0,24</u><br>18,5 |
| 2. Розточити отвори в розміри (5)(2)(6)(3)                   | 10          | <u>40</u><br>45                  | 0,83      | <u>210</u><br>200 | <u>0,25</u><br>0,3             | <u>260</u><br>280              | <u>92</u><br>96               | 23               | 0,69          | <u>0,3</u><br>18,5  |
| 3. Розточити канавку в розмір (8)(9)                         | 1,3         | <u>5</u><br>9                    | 0,8       | <u>210</u><br>200 | <u>0,15</u><br>0,15            | <u>198</u><br>190              | <u>49</u><br>56               | 7,35             | 0,24          | <u>0,16</u><br>18,5 |
| 020 Токарно-гвинторізна:<br>1. Підрізати торець в розмір (1) | 2           | <u>70</u><br>16                  | 0,81      | <u>210</u><br>200 | <u>210</u><br>200              | <u>0,78</u><br>0,31            | <u>133</u><br>160             | 32,4<br>8        | 2,01          | <u>0,51</u><br>18,5 |

| 1                                                                  | 2   | 3               | 4    | 5                 | 6                    | 7                 | 8                 | 9         | 10   | 11                 |
|--------------------------------------------------------------------|-----|-----------------|------|-------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-----------|------|--------------------|
| 2. Точити канавку в розміри (4)(2)(3)                              | 5   | <u>6</u><br>9   | 0,9  | <u>210</u><br>200 | РУЧ                  | <u>200</u><br>190 | <u>63</u><br>63   | РУЧ       | 0,25 | <u>0,1</u><br>10   |
| 025 Алмазно-розточна:<br>1. Розточити отвори в розміри (1)(2)      | 1   | <u>40</u><br>44 | 0,64 | <u>180</u><br>160 | <u>0,08</u><br>0,08  | <u>650</u><br>640 | <u>286</u><br>270 | 22,8<br>8 | 0,84 | <u>0,3</u><br>4,5  |
| 2. Розточити отвори в розміри (3)(4)                               | 1   | <u>15</u><br>19 | 0,46 | <u>180</u><br>160 | <u>0,03</u><br>0,035 | <u>580</u><br>640 | <u>256</u><br>270 | 7,68      | 0,7  | <u>0,25</u><br>4,5 |
| 030 Радіально-свердлильна:<br>1. Свердлити 8 отв. в розміри (1)(2) | 5,5 | <u>11</u><br>16 | 0,83 | <u>140</u><br>140 | <u>0,3</u><br>0,5    | <u>522</u><br>560 | <u>58</u><br>18   | 5,4       | 0,24 | <u>2,88</u><br>5,5 |
| 040 Радіально-свердлильна:<br>1.Свердлити 8 отв. в розміри (5)(4)  | 2,5 | <u>22</u><br>26 | 0,46 | <u>140</u><br>140 | РУЧ                  | <u>880</u><br>820 | <u>14</u><br>14   | РУЧ       | 0,8  | <u>0,96</u><br>5,5 |

Таблиця 3.9

Зведена таблиця різального та вимірювального інструменту

| № операції | Назва операції      | Різальний інструмент                                                                                                                         | Вимірювальний інструмент                                                                                                                      |
|------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 005        | Токарно-гвинторізна | Різець прохідний<br>ГОСТ 18877-13                                                                                                            | Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 (ГОСТ 166-89)                                                                                                     |
| 010        | Токарна             | Різець підрізний<br>2102-4095<br>Різець прохідний<br>2102-4099<br>Різець розточний<br>(2шт.)<br>2102-4190<br>Різець розточний<br>2128-430618 | Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 (ГОСТ 166-89)<br>Мікрометр МК25-2<br>Скоба ГОСТ 16776-71<br><br>Фаскомір ГОСТ 10365-16<br><br>Шаблон ГОСТ 2675-78 |
| 015        | Токарна             | Різець підрізний<br>2102 – 4095<br>Різець розточний                                                                                          | Шаблон ГОСТ 1845 – 78<br>Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 (ГОСТ 166-89)                                                                            |



|     |                       |                                                                           |                                                                                                                                                    |
|-----|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                       | ГОСТ 16365–76 (2шт.)<br>Різець розточний<br>канавочний<br>ГОСТ 1873 - 79  | Мікрометр МК25-2<br><br>Шаблон ГОСТ 1584 – 89                                                                                                      |
| 020 | Токарно-гвинторізна   | Різець підрізний<br>ГОСТ 18877-73<br>Різець канавочний<br>ГОСТ 17837 – 78 | Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 (ГОСТ166-89)                                                                                                           |
| 025 | Алмазно-розточна      | Розточний різець з алмазною пластиною (4шт.)                              | Штангенциркуль ШЦ-2-0-320-0,1 (ГОСТ166-89)<br>Пробка (Ø140)<br>ГОСТ 14815 – 89<br>Пробка (Ø120)<br>ГОСТ 14815 – 89<br>Пробка (Ø90)<br>Пробка (Ø86) |
| 030 | Радіально-свердлильна | Свердло (Ø11)<br>ГОСТ 10903 – 71<br>Свердло (Ø6)<br>ГОСТ 1090 - 87        | Калібр (Ø11)<br>ГОСТ 15875 - 79                                                                                                                    |

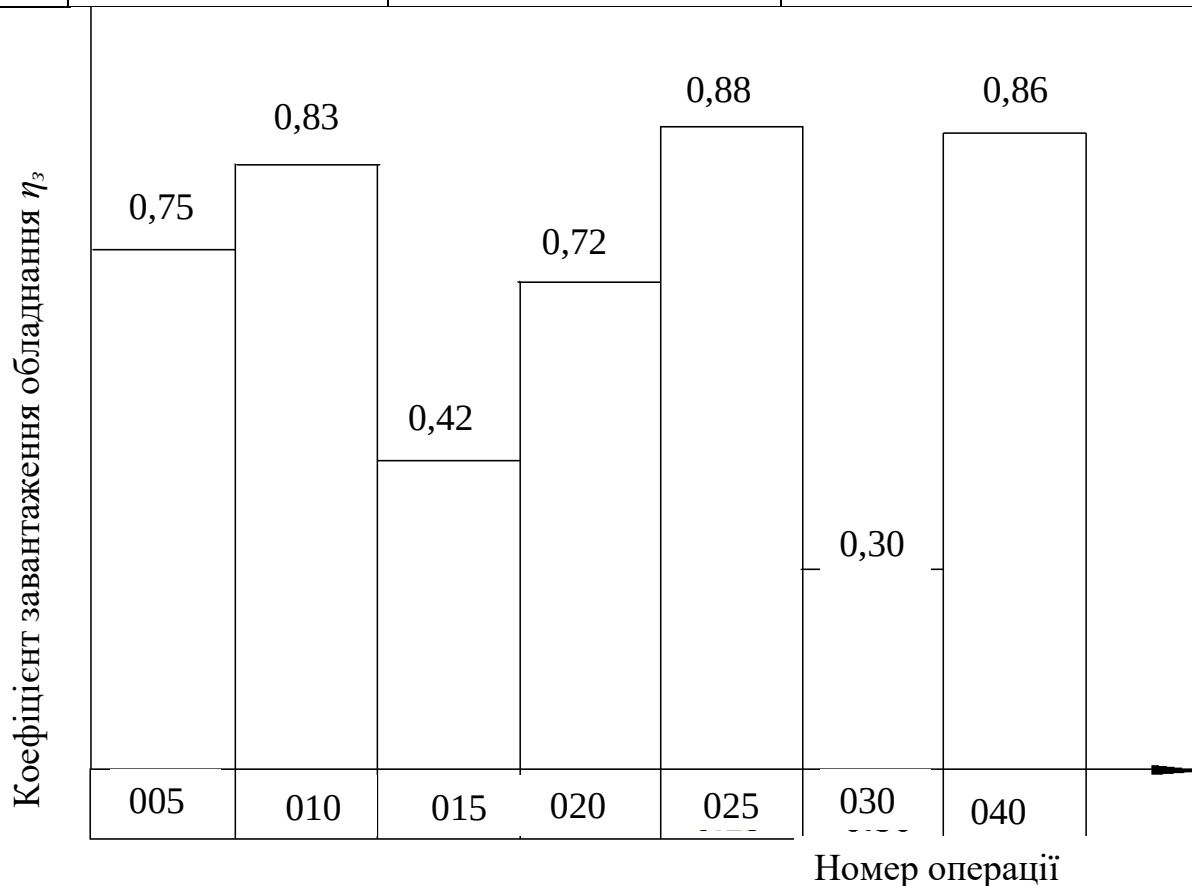


Рис. 3.3. Графік завантаженості обладнання за операціями

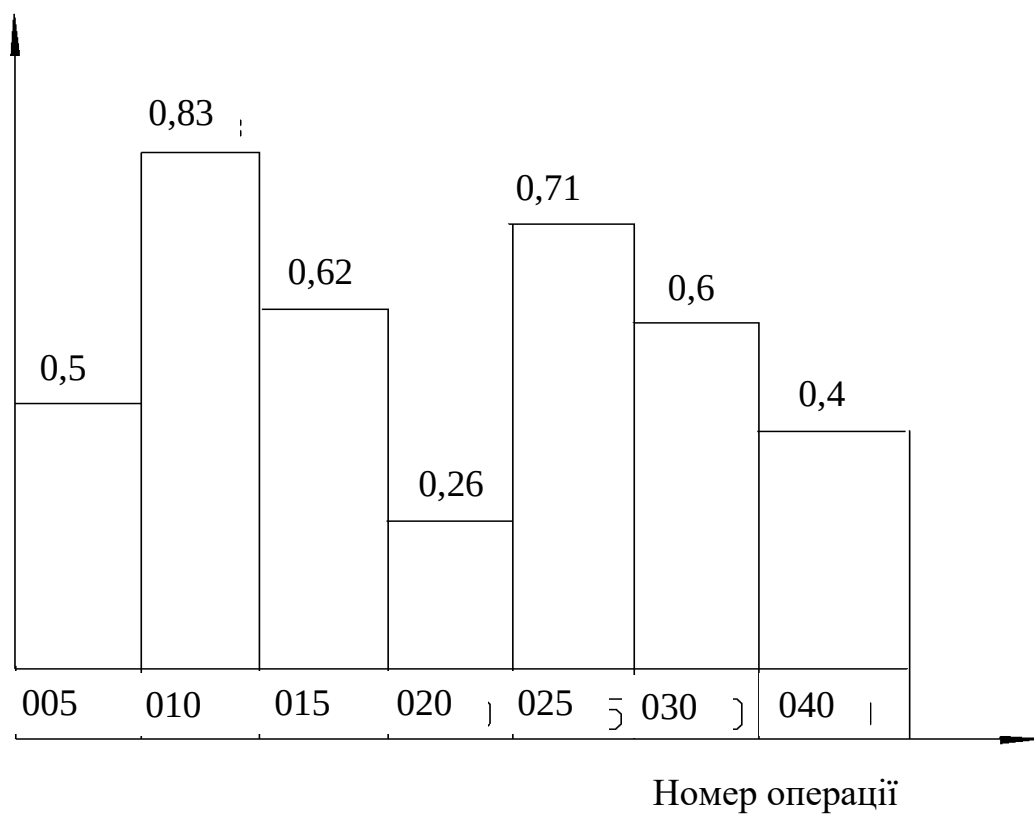


Рис. 3.4. Графік завантаження обладнання по основному часу

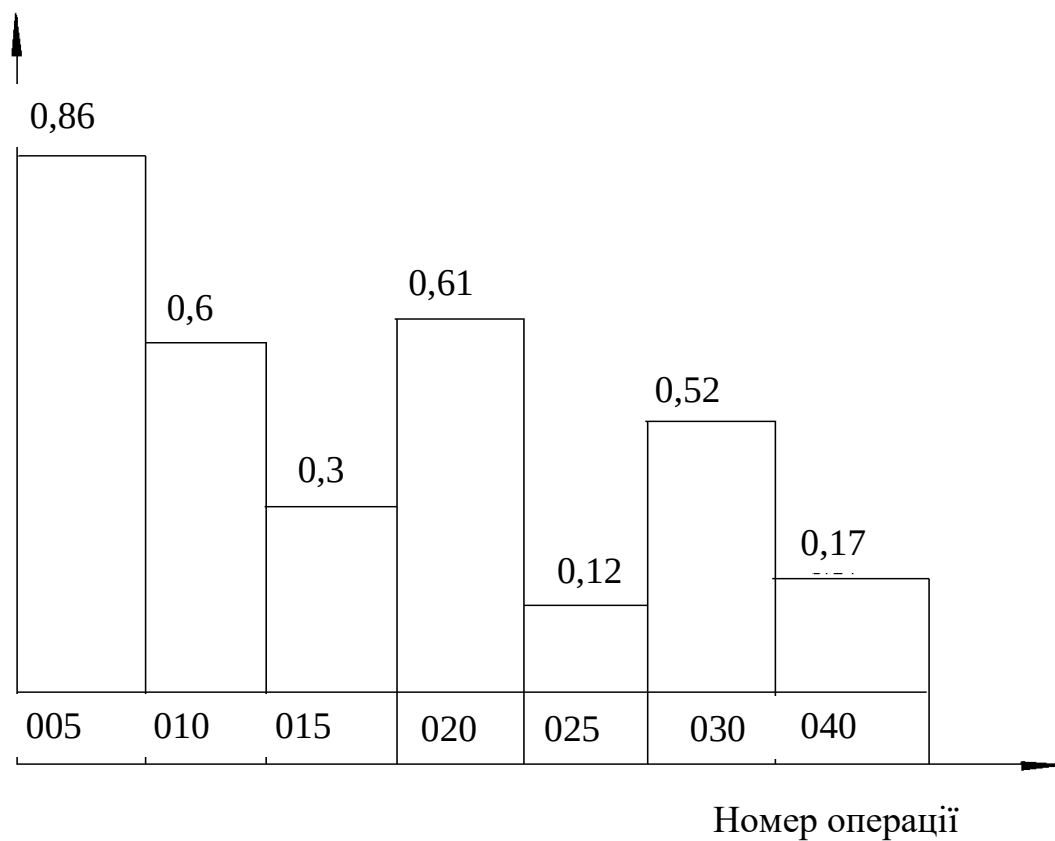


Рис. 3.5. Графік завантаження обладнання по потужності