

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти магістра

Удосконалення технологічного процесу виготовлення

Назва теми

кришки КРР.043.22.24 з використанням верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти другий (магістр)

Галузь знань 13 механічна інженерія

Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 прикладна механіка

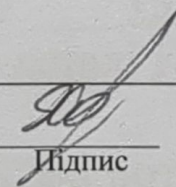
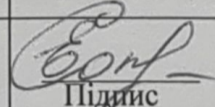
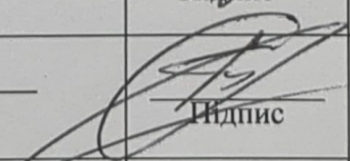
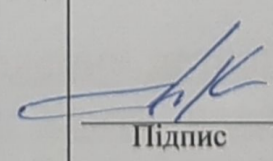
Шифр і назва спеціальності

Назва

Освітня програма «технології машинобудування»

Назва

Шифр ДРМ.ФІТА.ПМ.24.19.ПЗ

Виконав студент <u>2</u> курсу група <u>ПМТм-23-1</u> Шифр	 Підпис	<u>Олексій Харченко</u> Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
Керівник <u>канд. техн. наук, доцент</u> Науковий ступінь, звання	 Підпис	<u>Катерина СОКОЛАН</u> Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
Нормоконтролер <u>канд. техн. наук, доцент</u>	 Підпис	<u>Сергій БИСЬ</u> Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
До захисту допускаю: Завідувач кафедри <u>технології машинобудування</u> Назва	 Підпис	<u>Віталій ТКАЧУК</u> Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
Дата « <u>20</u> » <u>листопада</u> 2024		

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії транспорту та архітектури

Кафедра технології машинобудування

Рівень вищої освіти другий (магістр)

Галузь знань 13 механічна інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 131 прикладна механіка

Шифр і назва

Освітня програма «технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМ

Віталій ТКАЧУК

2 . 09 . 2024

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Харченка Олексія

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Удосконалення технологічного процесу

Назва теми

виготовлення кришки КРР.043.22.24 з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи к.т.н., доцент Катерина СОКОЛАН

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 26 серпня 2024 р. № 60

2 Термін подання студентом роботи на кафедру 15 грудня 2024

3 Вихідні дані до проекту (роботи) кресленик деталі Кришка та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску 5 тис.

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1. Загальний розділ

2. Технологічний розділ

3. Конструкторський розділ

4. Дослідницький розділ

5. Охорона праці

5 Перелік графічного матеріалу: кресленик деталі із 3D моделлю (1 лист А1);

графотехнологія (1 лист А1); кресленик карти наладки (1 лист А1); кресленик

верстатного пристрою (1 лист А1); кресленик контрольного пристрою (1 лист

А1)

6 Консультанти розділів дипломної роботи (за наявності)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

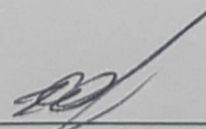
7 Дата видачі завдання

2.09.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

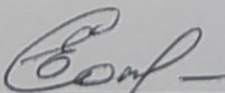
Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ	01.10.2024	
2 Технологічний розділ	01.11.2024	
3 Конструкторський розділ	20.11.2024	
4 Дослідницький розділ	10.12.2024	
5 Охорона праці	15.11.2024	

Студент


Підпис

Олексій ХАРЧЕНКО
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проєкту (роботи)


Підпис

Катерина СОКОЛАН
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Завідувачу кафедри ТМ

здобувача вищої освіти (студента
ПШБ, факультет, «курс», «група»)

Хергенко О. О.

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та/або Anti-Plagiarism) і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

18.12.2024

дата

[Підпис]

підпис

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну магістерську роботу

Харченка Олексія

на тему Удосконалення технологічного процесу виготовлення

Назва теми

кришки КРР.043.22.24 з використанням верстатів з ЧПК

Тема роботи є актуальною і цікаво для сучасного виробництва. Робота скерована на вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «кришки КРР.043.22.24»

У цій магістерській роботі автор запропонував та вирішив наступні задачі: запропоновано новий технологічний процес виготовлення деталі «кришки КРР.043.22.24» із застосуванням верстатів з ЧПК, також спроектована ні верстатний та контрольний пристрої.

Графічна частина виконана на високому рівні із застосуванням SolidWorks.

Креслення та пояснювальна записка повністю відповідають вимогам ДСТУ.

Також у дослідному розділі проведено аналіз конструкції деталі «кришки КРР.043.22.24» у середовищі SolidWorks. Встановлено що деталь буде працювати при робочому навантаженні та має достатню жорсткість і не потребуватиме додаткових конструкторських модернізацій, та зміни окремих її параметрів.

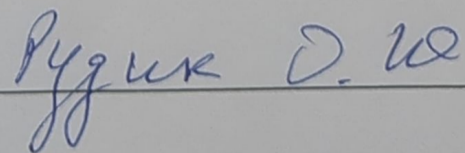
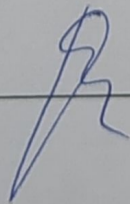
В розділі охорона праці приведено вимоги для продуктивної роботи.

Загальний висновок та оцінка

Робота виконана відповідно до завдання на високому науковому та інженерному рівні.

Рекомендується до захисту та в цілому робота заслуговує оцінки «добре»

Рецензент



«23» грудня 2024р.

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ _____

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатами звіту/звітів подібності щодо роботи, продукованими програмно-технічним засобом (ами) перевірки текстів на плагіат:

Назва кваліфікаційної роботи Удосконалення технологічного процесу
 Автор Карченко О. Виготовлення кресленик КРР. ОпЗ 22.24 з використанням верстатів з ЧПК

Освітня програма "Технології машинобудування"
 Спеціальність: 131 "Детальна механіка"

Науковий керівник: _____

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	+
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:
Anti-plagiarism - 7%
Strikerplagiarism - 21,6%

Дата _____

Завідувач кафедри [Підпис] В. Ткачук
 Підпис Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми [Підпис] В. Ткачук
 Підпис Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи [Підпис] К. Соколан
 Підпис Ім'я, прізвище

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Харченко Олексій Олександрович на захист дипломного проєкту (роботи)
(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Удосконалення технологічного процесу виготовлення кришки KPP.043.22.24 із застосуванням верстатів з ЧПК

Дипломний проєкт (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються.

Декан факультету

ОЛЕГ ПОЛІЩУК

(підпис)

(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Харченко О. О. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2023 по 2023 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за: національною шкалою: відмінно 16,67 %, добре 83,33 %, задовільно 0,00 %. шкалою ЄКТС: А 37,50 %, В 25,00 %, С 37,50 %, D 0,00 %, E 0,00 %.

Методист факультету

(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент

Харченко Олексій Олександрович отримав завдання вчасно, працював самостійно згідно графіка Тієї ж роботи над проєктом показав гарні теоретичні знання, вміння використовувати практичні інженерні задачі та здатність до аналізу та дослідження процесів механічної роботи.

Оцінка дипломного проєкту (роботи)

"відмінно"

Керівник дипломного проєкту

Вол. Соколенко К.С.
(підпис)

(ім'я, прізвище)

" 19 " 12 2024 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Харченко О. О. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

ТМ

(назва)

Ткачук В.П.

(підпис, ім'я, прізвище)

" 20 " червня 2024 р.

АНОТАЦІЯ

Тема роботи: Удосконалення технологічного процесу виготовлення Кришки КРР.043.22.24 з використанням верстатів з ЧПК

У роботі розглядається удосконалення технологічного процесу виготовлення кришки КРР.043.22.24 з використанням верстатів із числовим програмним керуванням (ЧПК). Кришка виготовляється з алюмінієвого ливарного сплаву АК6М2 відповідно до вимог ДСТУ 2839-94. Вихідна заготовка – виливок рівня 7–9 класу точності згідно з ДСТУ 8981:2020.

Процес виготовлення передбачає використання сучасного обладнання з ЧПК, що дозволяє підвищити точність обробки, скоротити виробничий цикл і забезпечити стабільну якість деталей. В роботі проаналізовано існуючі технологічні операції, визначено недоліки традиційних методів обробки та запропоновано раціональні рішення для їх усунення.

Особливу увагу приділено оптимізації режимів різання, вибору інструменту та скороченню кількості переходів, що знижує собівартість виготовлення деталей і покращує продуктивність.

Обсяг виробництва – 5 тисяч штук на рік, що потребує ефективної організації виробничого процесу для досягнення економічної доцільності та мінімізації витрат. Результати дослідження можуть бути впроваджені у виробничий процес із метою підвищення конкурентоспроможності продукції.

Автор роботи:

Олексій ХАРЧЕНКО

2024 р.

/Підпис/

Дата

ANNOTATION

Topic of the work: Improvement of the technological process for manufacturing the Cover KRR.043.22.24 using CNC machines

The work focuses on improving the technological process for manufacturing the Cover KRR.043.22.24 with the use of Computer Numerical Control (CNC) machines. The cover is made from aluminum casting alloy AK6M2 in accordance with DSTU 2839-94. The initial blank is a casting of 7–9 accuracy level, compliant with DSTU 8981:2020.

The manufacturing process involves the use of modern CNC equipment, which ensures higher precision, reduces production time, and guarantees consistent product quality. The study analyzes the existing technological operations, identifies the shortcomings of traditional processing methods, and proposes rational solutions to eliminate them.

Special attention is paid to optimizing cutting parameters, selecting tools, and reducing the number of transitions, which decreases the production cost and improves efficiency.

The annual production volume of 5,000 units requires an effective organization of the manufacturing process to achieve economic feasibility and minimize costs. The results of the study can be implemented into the production process to enhance the competitiveness of the product.

Author of the work:

Oleksii KHARCHENKO

2024

/Signature/ Date

ЗМІСТ

Вступ	7
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Завдання	8
1.2 Опис конструкції деталі та аналіз її технологічності	9
1.3 Визначення типу виробництва	11
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	14
2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі	14
2.2 Техніко-економічне обґрунтування способу отримання заготовки	15
2.3 Проектування технологічного процесу механічної обробки деталі	17
2.3.1 Проектування маршруту технологічного процесу	17
2.4 Обґрунтування послідовності операцій технологічного процесу	22
2.4.1 Обґрунтування вибору технологічних баз	22
2.4.2 Обґрунтування методу обробки та обладнання	22
2.5 Аналіз варіантів виготовлення деталі Кришка під час проектування технологічного процесу	23
2.6 Розрахунок припусків на механічну обробку	28
2.7 Розрахунок режимів різання	30
2.8 Розрахунок технічних норм часу	34
2.9 Розрахунок кількості обладнання та коефіцієнта його використання	36
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	39
3.1 Проектування пристосування на радіально-свердлильну операцію	39
3.1.1 Опис конструкції та принцип дії	39
3.1.2 Розрахунок зусилля закріплення	40
3.1.3. Розрахунок пристосування на точність	41
3.1.4 Розрахунок міжремонтного періоду пристосування	43
3.2. Проектування пристосування для контролю перпендикулярності торця і круглості отвору	46

4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	51
4.1 Розрахунок температурних зсувів осі шпинделя DMG MORI NLX 2000	51
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	60
ВИСНОВКИ	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	85
Додатки	87

ВСТУП

Дана магістерська робота поєднує в собі більшу частину питань з попередніх курсових робіт з дисципліни «Технологія машинобудування» та узагальнює знання різних галузей технології машинобудування, таких як: проектування технологічного процесу, різальний інструмент, проектування пристосування, проектування верстатів, верстатних систем, планування ділянок та ін.

Таке поєднання знань у різних дисциплінах у технології машинобудування і є його основною метою та метою даної випускної атестаційної роботи бакалавра.

У роботі розробляється план ділянки механічного цеху з виготовлення деталі «Кришка». Технологічне устаткування підібрано і проставлено з урахуванням типу виробництва виготовлення цієї деталі – Кришки.

Під технологічний процес розробляється і проектується не лише устаткування чи технологічні бази, а й пристосування, які використовуються або на більшості операцій, або на одній конкретній.

Крім цього, у цій дипломній роботі виконується розробка інструменту, точніше фрези з додатком її складального креслення. Розроблену фрезу передбачається використовувати на одній із операцій механічного процесу.

Загалом магістерська робота дає можливість узагальнити всі знання, отримані в процесі навчання з дисциплін, що вивчалися протягом періоду навчання на освітньому рівні «магістр» спеціальності» Прикладна механіка», що дає змогу оцінити магістра як майбутнього фахівця у цій галузі.

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Завдання

Темою дипломної роботи є розробка технологічного процесу механічної обробки деталі „Кришка”. Ціллю даної роботи є необхідність вдосконалити ділньницю механічної обробки, оскільки вона наразі не автоматизована, що не відповідає сучасним виробничим вимогам.

На базовій ділньниці використовуються верстати універсальні, але враховуючи сучасний розвиток науки, техніки і технологій, метою є провести автоматизацію ділньниці механічної обробки деталей типу „Кришка”. Автоматизація виробництва призведе до підвищення продуктивності праці, покращення та нормалізації умов праці, зменшення дефіциту робочій силі, зменшення собівартості продукції, підвищення її якості та зменшення рівня виробничого травматизму нв підприємстві.

Для досягнення поставлених цілей в серійному виробництві необхідно створити умови, що за продуктивністю відповідатимуть крупносерійному виробництву, а за гнучкістю – дрібносерійному. Одним із методів вирішення цієї технічної проблеми є використання верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Автоматизація ділньниці механічної обробки деталі „Кришка” та раціональне використання верстатів з ЧПК призведе до покращення виробничої структури ділньниці, скорочення циклу підготовки виробництва нових виробів та тривалості виробничого циклу. Це стане можливим завдяки використанню новітніх методів обробки на максимально допустимих режимах різання, що покращить режими роботи обладнання, підвищить рівень спеціалізації виробництва, його механізації та автоматизації, а також значно збільшить гнучкість виробництва. Крім того, автоматизація дозволить покращити умови праці, ефективніше використовувати сучасні інформаційні технології у виробничому процесі та зменшити виробничий травматизм.

1.2 Опис конструкції деталі та аналіз її технологічності

Деталь Кришка відноситься до деталей типу фланець, геометрично з'єднується з корпусом фільтра та служить для кріплення фільтроелементів у фільтрі.

Рідина, яка фільтрується, надходить через вхідний штуцер в порожнину нижньої кришки корпусу фільтра.

Частина механічних домішок при проходженні забрудненої рідини через щільні грати залишається у внутрішніх порожнинах фільтроелементів. Очищена від механічних домішок рідина виходить через штуцер верхньої кришки.

Запуск процесу регенерації (самоочищення) фільтруючих елементів можливий у трьох варіантах:

- 1) За перепадом тиску
- 2) За заданим інтервалом часу
- 3) Ручний запуск

Після запуску процесу регенерації, мотор-редуктор починає обертати (з нульового положення) барабан з фільтроелементами, який, провертаючись, підводить черговий фільтроелемент до збігу зі штуцером зворотного промивання і зупиняється. Після цього, на час, необхідний для регенерації, відкривається клапан дренажної системи, і відфільтрована рідина, проходячи через фільтроелемент у зворотному напрямку, очищає його від забруднень. Процес повторюється до повного очищення всіх фільтроелементів.

Кришка виготовляється з алюмінієвого ливарного сплаву АК6М2 ДСТУ 2839-

найбільш точних розмірів. Є вільний доступ до оброблюваних поверхонь і вихід різального та вимірювального інструменту.

Спрощення конструкції деталі не доцільно, оскільки деталь зможе виконувати своє призначення у вузлі машини. Квалітети точності, шорсткість поверхонь, допуски на форму та розташування поверхонь відповідають їхньому призначенню. Враховуючи результати проведеного аналізу, визнаємо, що конструкція деталі загалом технологічна.

1.3 Визначення типу виробництва

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій (Кз.о.), який вказує на кількість операцій, що виконуються на одному верстаті, [6,с.10]:

$$K_{з.о.} = \tau / T_{шт.ср.} \quad (1.1)$$

де:

τ - такт запуску деталі.

$T_{шт.ср.}$ = середня норма штучного часу по основних операціях

$T_{шт.ср.} = 3,99$ хв.

$$\tau = \frac{F_{дет.} \cdot 60}{N_{заг.}} \quad (хв/шт.) \quad (1.2)$$

де:

$F_{дет}$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання.

$F_{дет} = 3950$ год.

$N_{зап}$ – річна програма випуску.

$$N_{заг.} = N \cdot \left(1 + \frac{\beta}{100}\right) \quad (шт.) \quad (1.3)$$

де:

β – технологічні страти від браку $\beta = 0.5\%$.

$$N_{\text{заг.}} = 5000 \cdot \left(1 + \frac{0.5}{100}\right) = 5025 \text{ шт.}$$

Тоді, підставляючи значення, отримаємо:

$$\tau = \frac{3950 \cdot 60}{5025} = 41,164 \quad (\text{хв/шт.})$$

$$T_{\text{шт.ср.}} = \sum i = \frac{T_{\text{шт.і.}} \cdot 60}{m} = 3.99 \quad (\text{хв}) \quad (1.4)$$

де:

$T_{\text{шт.і}}$ – норма штучного часу на i операції;

m – кількість операцій.

Тоді коефіцієнт закріплення операцій буде дорівнювати:

$$K_{3.0.} = \frac{41,164}{3.99} = 10.31$$

Оскільки $10 < K_{3.0.} < 20$, тип виробництва приймаємо – серійне виробництво. Визначаємо кількість деталей в партії за формулою:

$$n = \frac{N_{\text{заг.}} \cdot t}{F} = \frac{5025 \cdot 3}{252} = 59.8 \approx 60 (\text{шт.}) \quad (1.5)$$

де:

$t = 3$ – число днів, на яке необхідно мати запас деталей для безперебійної роботи складального цеху:

F – число робочих днів у році. $F = 252$

Приймаємо $n = 60$ шт.

2.ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі

Аналіз технологічності конструкції Кришки виконуємо, виходячи з вивчення креслення деталі, технологічних вимог її у вузлі.

Заготовка зірочки є виливком 2-го класу точності. Ступінь складності вилівка С-3, що обумовлюється конструктивними особливостями.

Деталь виготовляється зі сплаву АК6М2, який має високу оброблюваність при різанні.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад у % матеріалу АК6М2

Fe	Si	Mn	Ni	Ti	Al	Cu	Mg
до 0.6	5.5 - 6.5	до 0.1	до 0.05	0.1 - 0.2	89.79 - 92.3	1.8 - 2.3	0.3 - 0.45

Зміна у проєкті методу отримання заготовки дає можливість зменшити величину припусків, що веде до економії металу, скорочення кількості проходів при механічній обробці. Конструкція деталі має достатню жорсткість для її надійного закріплення на верстатах та обробці на режимах різання, що забезпечують високу продуктивність. При механічній обробці у деталі є зручні поверхні для її установки в пристосуваннях, дотримуючись правила єдності і сталості баз при виконанні основних найбільш точних розмірів. Є вільний доступ до оброблюваних та вихід різального і вимірювального інструменту.

Спрощення конструкції деталі не доцільно, оскільки деталь не зможе виконувати своє призначення у вузлі машини. Квалітети, шорсткість поверхонь відповідає їхньому призначенню. Враховуючи результати проведеного аналізу, визнаємо, що конструкція деталі технологічна.

2.2 Техніко-економічне обґрунтування способу отримання заготовки

Заготовка деталі корпус вертикально-свердлувального верстата може бути отримана такими методами:

а) лиття в піщано-глинисті форми машинним формуванням по дерев'яних моделях;

б) лиття в піщано-глинисті форми машинним формуванням з ручним формуванням;

На базовому заводі заготовку отримують методом лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням та механізованим вийманням дерев'яної моделі. Внаслідок чого виходять великі відходи металу, а також великі припуски на механічну обробку. Тому передбачається отримання заготовки корпусу бортового редуктора шасі методом лиття по моделях, що газифікуються, який відноситься до більш прогресивних виробничих процесів. У технології лиття за моделями, що газифікуються, виключається:

- застосування формувальних матеріалів (використовується лише вільний вогнетривкий наповнювач);
- стрижневих сумішей;
- стрижнів.

Відсутність процесу складання форми та її елементів сприяє підвищенню розмірної точності виливків рівня 7 – 9 класу ДСТУ 8981:2020, а шорсткості їх поверхні до 12,5...25,0 мкм.

Досягнення високої точності та низької шорсткості поверхні виливків дозволяє знизити масу литих виробів на 15-30%, підвищити коефіцієнт використання металу до рівня 0,85 - 0,95, що сприяє зниженню обсягів механічної обробки виливків на 20-40% порівняно з виливками, отриманими в піщано-глинисті та металеві форми.

Виконуємо економічне обґрунтування обраного методу отримання заготовки, за коефіцієнтом використання матеріалу та за точністю заготовки з урахуванням методу виготовлення програми випуску, ваги та матеріалу, за вирахуванням реалізованих відходів.

Коефіцієнт використання матеріалу визначається відношенням:

$$n_n = \frac{q}{Q} \quad (2.1)$$

де: q – маса готової деталі кг;

Q – маса заготовки кг;

$$\eta_{б.лт.} = \frac{2.587}{3.3} = 0.780$$

$$\eta_{н.лт.} = \frac{2.587}{3.2} = 0.808$$

Вартість заготовок, одержаних методом лиття, визначаємо за формулою:

$$C = Q \cdot S \cdot K_c \cdot K_n \cdot K_3 \cdot K_m - (Q - q) \cdot S_{відх} \quad (2.2)$$

де: S – вартість 1 кг виливок, грн;

$S_{відх}$ - вартість 1 кг відходів в грн

K_c – коефіцієнт складності вилівка;

K_n – коефіцієнт програми випуску;

K_3 – коефіцієнт ваги заготовки;

K_m – коефіцієнт матеріалу заготовки.

Визначаємо вартість заготовки за базовим варіантом:

$$C_б = 3.3 \cdot 3.26 \cdot 1.2 \cdot 1.8 \cdot 0.84 \cdot 1 - (3.3 - 2.587) \cdot 0.22 = 19.666 \text{ грн}$$

Визначаємо вартість заготовки за пропонованим варіантом:

$$C_n = 3.2 \cdot 3.26 \cdot 1.2 \cdot 1.8 \cdot 0.84 \cdot 1 - (3.2 - 2.587) \cdot 0.22 = 18.785 \text{ грн}$$

Якщо один із з'являючих методів отримання заготовки забезпечують одночасно меншу вартість і більший коефіцієнт використання металу, то віддають перевагу і визначають:

- річну економію за вартістю заготовок:

$$E.c.z. = (C_I - C_{II})N, \text{ грн} \quad (2.3)$$

де C_I і C_{II} – вартість заготовок, отриманих першим та другим методами.

$$E.c.z. = (C_I - C_{II})N = (19,666 - 18,785) \cdot 5000 = 4\,405, \text{ грн}$$

- річна економія матеріалу розраховється за формулою (1.9) :

$$E_M = \frac{q(\eta_{MI} - \eta_{MII})}{\eta_{MI} \cdot \eta_{MII}} N, \text{ кг} \quad (2.4)$$

де η_{MI}, η_{MII} - к ефіцієнти використання металу при першому та другому методах отримання заготовок.

$$E_M = \frac{2.587 \cdot (0.808 - 0.78)}{0.808 \cdot 0.78} \cdot 5000 = 410.47 \text{ кг}$$

Виходячи з менших витрат на основні матеріали, приймаємо варіант отримання заготовки машиним формуванням. На підставі креслення деталі, технічних вимог ДСТУ 8968:2019.

2.3 Проєктування технологічного процесу механічної обробки деталі

2.31 Проєктування маршруту технологічного процесу

Заводський маршрут технологічного процесу виготовлення Кришки представлено в Таблиці 2.1

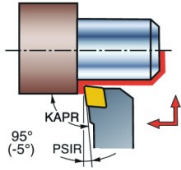
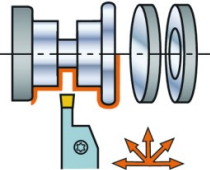
Таблиця 2.1 - Заводський маршрут технологічного процесу виготовлення

Кришки

№ оп.	Найменування операції	Умовне позначення баз	Обладнання	Пристосування	T _o
005	Токарна з ЧПУ	3,4,7	Токарний з ЧПУ 16к20Ф3	Пристосування МС110-11-01, притиск, повідок	0,89
010	Токарна з ЧПУ	1,2	Токарний з ЧПУ 16к20Ф3	Пристосування МС110-11-01, притиск, повідок	1,606
015	Свердлильна 1.Свердлити 4 отв. на прохід. Ø14 2. Цикувати 4 отв. Ø32 на глибині 4 мм	6,7,3	Вертикально-свердлильний 2Н135	Пристосування	2,30
020	Свердлильна 1. Зенкувати пов 8 та пов 11 1.Свердлить отв на пов 12 2. Зенкувати фаску 1,5x45. 4. Нарізати різьбу М16-7Н		Вертикально-свердлильний 2Н135	Пристосування	1,06
025	Свердлильна Засвердлити поверхню 13 4 отв. Ø14	1,2,4,5	Вертикально-свердлильний верстат 2Н135	Патрон подовжувач	0,48
030	Контрольна 1.Перевірити всі розміри 2.Виміряти тиск	-	-	Оправка Пристосування для налаштування інструменту на довжину	-

Спроектований маршрут технологічного процесу виготовлення деталі Кришки

Таблиця 2.2 - Спроектований маршрут технологічного процесу виготовлення Кришки

№ оп.	Найменування операції	Умовне позначення баз	Обладнання	Пристосування інструмент	T _o
005	<p>Токарна з ЧПУ</p> <p>1. Точити торець витримуючи розмір $105^{+0,87}$</p> <p>2. Точити циліндричну поверхню $\varnothing 120$ на довжину $55+0,74$</p> <p>3. Точити фаску $3 \times 45^\circ$</p> <p>4. Точити канавку шириною 20 мм витримуючи розмір 18</p> <p>5. Точити уступ витримуючи розмір 2 мм</p>	3,4,7	Токарний з ЧПУ DMG MORI NLX 2000	<p>Пристосування MC110-11-01, притиск, повідок</p>  <p>Різець SCLCR 2020K 09</p>  <p>Різець C2R-RS25-RL16DB</p>	0,89
010	Токарна з ЧПУ	1,2	Токарний з ЧПУ DMG MORI NLX 2000	Пристосування MC110-11-01, притиск, повідок	1,606

015	Свердлильна 1.Свердлити 4 отв. на прохід. Ø14 2. Цикувати 4 отв. Ø32 на глибині 4 мм	6,7,3	Вертикально- фрезерний з ЧПУ HAAS VF-2	Пристосування	2,30
020	Свердлильна 1. Зенкувати пов 8 та пов 11 1.Свердлить отв на пов 12 2. Зенкувати фас- ку 1,5x45. 4. Нарізати різьбу M16-7H		Вертикально- фрезерний з ЧПУ HAAS VF-2	Пристосування	1,06
025	Свердлильна Засвердлити поверхню 13 4 отв. Ø14	1,2,4,5	Вертикально- фрезерний з ЧПУ HAAS VF-2	Патрон подовжувач	0,48
030	Контрольна 1.Перевірити всі розміри 2.Виміряти тиск	-	-	Оправка Пристосування для налашту- вання інстру- менту на дов- жину	-

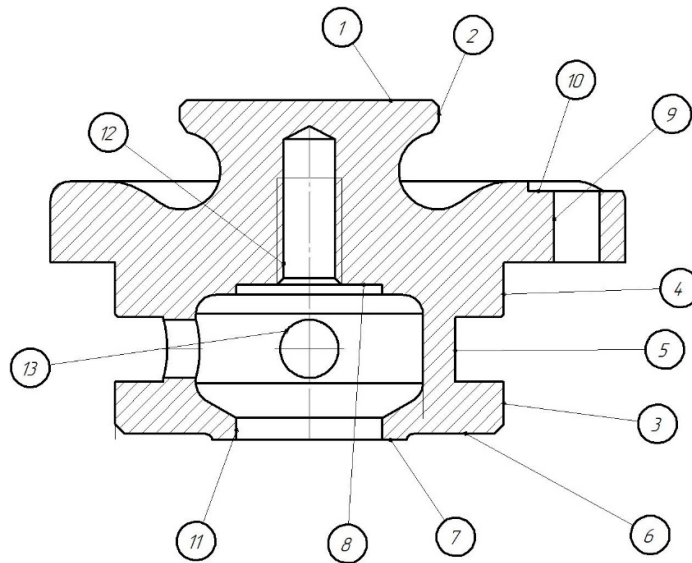


Рисунок 2.2 – Ескіз деталі Кришка

2.4 Обґрунтування послідовності операцій технологічного процесу

2.4.1 Обґрунтування вибору технологічних баз

Велике значення має правильність вибору технологічної бази механічного оброблення Кришки фільтра. У даному випадку, вибираємо чистову технологічну базу поверхню 1,2 для чистової обробки поверхні 3,4, оскільки вони є чистовими настановними базами. Поверхні 3,4 використовуємо як настановну базу для чистової обробки поверхонь 7,8,9,10,12, застосувавши її як основну технологічну базу. При суміщенні конструкторської та технологічної баз є можливість рівномірно розподілити припуски на обробку відповідальних поверхонь, що обумовлює повніше використання ріжучого інструменту, високу продуктивність обробки за рахунок застосування оптимальних режимів різання, підвищення точності обробки на фінішних операціях.

2.4.2 Обґрунтування методу обробки та обладнання

Враховуючи тип виробництва, а також метод отримання заготовки, оброблювані поверхні виготовляємо на універсальному або спеціалізованому устаткуванні. Чистову обробку пов. 3,4 ведемо на токарному верстаті із застосуванням ЧПУ

за один прохід. Обробку пов. 2 виконуємо на токарному верстаті. Поверхні, що впливають на точність подальшої обробки або на роботу Кришки фільтра у вузлі машини призначаються на чистові або фінішні операції на універсальному або спеціалізованому устаткуванні із застосуванням пристроїв, обладнаних пневмоприводом.



Рисунок 2.3 – Токарний з ЧПУ DMG MORI NLX 2000

- Максимальний діаметр обробки: 300 мм.
- Максимальна довжина обробки: 500 мм.
- Точність обробки: до IT6.
- Контролер ЧПК: FANUC 31i-B.

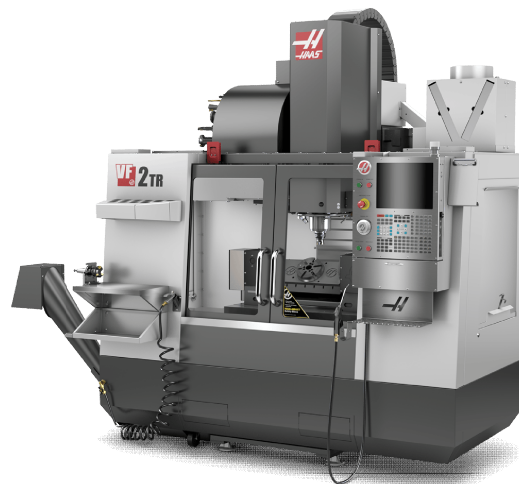


Рисунок 2.4 – Вертикально-фрезерний верстат з числовим програмним керуванням (ЧПК) Haas VF-2

Haas VF-2 є однією з найпопулярніших моделей компанії Haas Automation. Цей верстат поєднує в собі високу продуктивність, надійність та універсальність, що робить його ідеальним для різноманітних виробничих завдань.

Підходить для обробки деталей середнього розміру в різних галузях промисловості, включаючи машинобудування, авіаційну та автомобільну промисловість. Його універсальність дозволяє виконувати як чорнову, так і чистову обробку з високою точністю. [5]

2.5 Аналіз варіантів виготовлення деталі Кришка під час проектування технологічного процесу

Для прийняття рішення щодо прийнятності запропонованого технологічного процесу виконаємо розрахунок економічної ефективності базового та спроектованого варіантів:

Таблиця 2.3 - Розрахунок економічної ефективності базового та спроектованого варіантів:

Заводський ТП	Спроектований ТП
Свердлильна	Фрезерна з ЧПК
Свердлити отвір 9	Свердлити отвір 9
Цикувати отвір 9,	Цикувать отвір 9,
2Н150, $T_{шт}=5,49$	2А56, $T_{шт}=3,487$

Як один з критеріїв для оцінки варіантів механічної обробки деталі на кожній операції використовуються технологічна собівартість, яка визначається за формулою: (1.10)

$$C = M + 3 + C_u + C_n + C_a + C_p + C_s \quad (2.5)$$

де

M – вартість матеріалу або заготовки;

Z – заробітна плата з нарахуваннями робітника, який виконує операцію;

C_u – витрати на експлуатацію інструменту на операції, що виконується;

C_n – витрати на експлуатацію застосовуваного пристосування;

C_a – амортизаційні відрахування, віднесені до операції;

C_3 – витрати на силову енергію;

C_p – витрати на поточний ремонт обладнання, віднесені до однієї операції.

Заробітна плата виробничого робітника, який виконує операцію, визначається за формулою [5, с.32]:

$$Z = \frac{K \cdot 1000 \cdot C_3 \cdot t}{60} = 1.9 \cdot C_3 \cdot t \quad (2.6)$$

де:

K – коефіцієнт, що враховує витрати на соцстрах, додаткову заробітну плату та премію; $Z =$

C_3 – годинна зарплата в залежності від розряду робітника за тарифною сіткою, грн;

t – час на операцію.

Витрати на експлуатацію інструменту під час виконання операції визначається за формулою [5, с.32]:

$$C_u = \frac{S_u \cdot t_o \cdot \eta_p}{T} \quad (2.7)$$

де:

S_u - витрати на експлуатацію інструменту за період його стійкості, коп [5, с.102];

t_o - основний технологічний час, хв;

η_p – коефіцієнт, що враховує зміни стійкості інструменту при багатоінстру-

ментальній обробі;

T – стійкість інструмента, хв.

Витрати на експлуатацію пристрою визначається за формулою [5, с.33]:

Витрати на експлуатацію пристрою визначається за формулою [5, с.33]:

$$C_n = S_{np} t K_1 K_2 \quad (2.8)$$

де:

S_{np} – витрати на експлуатацію пристосування протягом однієї хвилини, коп [5, с.107];

K_1 – коефіцієнт, що враховує термін служби пристосування [5, с.98];

K_2 – коефіцієнт, що враховує ступінь використання пристосування [5, с.98].

Ступінь використання пристосування можна визначити за формулою [5, с.33]:

$$U_{np} = \frac{t \cdot N}{60 F_{\partial}} 100\% \quad (2.9)$$

де:

F_{∂} – дійсний річний фонд часу роботи пристосування [5, с.89].

Амортизаційні відрахування визначаються за формулою [5, с.34]:

$$C_a = \frac{a \cdot t}{60 \cdot F_d \cdot \eta_3} \quad (2.10)$$

де:

a – величина щорічних відрахувань, коп;

η_3 – коефіцієнт завантаження устаткування.

Розмір щорічних амортизаційних відрахувань визначається за такою формулою [5, с.34]:

$$a = 12,7 \cdot C_o \quad (2.11)$$

де

C_o – вартість обладнання, грн.

Витрати силову електроенергію під час виконання операції визначають за такою формулою [5, с.34]:

$$C_3 = \frac{N_{yct} \cdot a \cdot \beta \cdot S_3}{60} \quad (2.12)$$

де

$N_{уст.}$ – сумарна настановна потужність усіх електродвигунів верстата, кВт;
 α, β – коефіцієнти використання настановної потужності відповідно за часом та величиною;

S_3 - ціна 1 кВт енергії, коп.

Витрати на поточний ремонт обладнання визначається за формулою [5, с.35]:

$$C\rho = \frac{\rho \cdot t}{60 \cdot F_{\partial} \cdot \eta_3} \quad (2.13)$$

де:

ρ - витрати на поточний ремонт верстата.

Питомі капітальні витрати визначаються за формулою [5, с.36]:

$$K_y = \frac{(C_0 \cdot U + C_3 \cdot F \cdot \gamma) \cdot S_n}{60 \cdot F_{\partial} \cdot \eta_3} t \quad (2.14)$$

де:

U – коефіцієнт, що враховує витрати на транспорт, монтаж та запасні частини для ремонту обладнання;

C_3 – вартість будівлі площею 1 м²;

F – площа одного верстата за габаритами, м²;

γ – коефіцієнт, що враховує додаткову площу на проходи [5, с.36];

S_n – кількість верстатів на одній операції, шт.

Наведені витрати визначаються за формулою [5, с.36]:

$$Pr = \frac{C}{100} + E_n \cdot K_y \quad (2.15)$$

де:

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних витрат.

Річна економія від застосування прийнятого варіанту визначається за формулою [5, с.37]:

$$\Xi = \left[\left(\frac{C_1}{100} + E_n \cdot K_{y1} \right) - \left(\frac{C_2}{100} + E_n \cdot K_{y2} \right) \right] \cdot N \quad (2.16)$$

Дослідження варіантів обробки представлено в Таблиці 1.

Таблиця 2.4 – Витрати на виготовлення деталі за різними методами виготовлення.

№ п/п	Найменування елемента витрат	Позначення	Витрати за варіантами, грн	
			2А56	2Н150
1	Вартість заготовки	М	18,785	18,785
2	Заробітна плата з нарахуваннями	З	8,89	8040
3	Витрати на експлуат. інструм.	С _і	1,09	1,64
4	Витрати на експлуат. пристос.	С _п	9	17,6
5	Амортизаційний. відрахування	С _q	7,5	12
6	Витрати сил. енергію	С _ε	1,58	2,55
7	Витрати на поточний ремонт обладнання	С _р	2.99	3,12
8	Технологічна собівартість		3605	3826
9	Капітальні витрати	С	263,7	348,7
10	Наведені витрати	К _у	80,9	97,3

Річна економія від заміни вертикально свердлувального 2Н150 на токарний радіально-свердлильний 2А56: 328 грн.

$$E = \left[\left(\frac{C_1}{100} + E_n K_{y_1} \right) - \left(\frac{C_2}{100} + E_n K_{y_2} \right) \right] N =$$

$$= \left[\left(\frac{3605.02}{100} + 0.17 \cdot 339.87 \right) - \left(\frac{3855.5}{100} + 0.15 \cdot 947.72 \right) \right] \cdot 2000 = 328 \text{ грн}$$

2.6 Розрахунок припусків на механічну обробку

Мінімальний припуск для внутрішніх циліндричних поверхонь розраховується за формулою (1.22), (1,с.175

$$2Z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + H_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (2.17)$$

де

$R_{z_{i-1}}$ - висота нерівностей профілю на попередньому переході, мкм (1,с.181)

ρ_{i-1} - сумарні відхилення розташування поверхні та в деяких випадках відхилення форми поверхні на попередньому переході, розраховується за формулою (1.23), (1.с.187):

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{ц}^2 + \rho_{кор}^2} \quad (2.18)$$

де:

$\rho_{ц}$ - зміщення заготовки

$\rho_{кор}$ - короблення заготовки

Похибка встановлення заготовки визначається за формулою (1.24), (1.с.26)

$$\rho_{кор} = \Delta K \cdot l; \quad \Delta K = 0,3...1,5 \quad (2.19)$$

Для отвору:

$$\rho_{кор} = \Delta K \cdot l = 1,5 \cdot 32 = 48 = 0,048, \text{ мм}$$

ε_i - похибка розташування при обробці прокату формулою (1.25).

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_3^2 + \varepsilon_6^2}; \quad (2.20),$$

$$\varepsilon_i = \sqrt{0 + 100^2} = 100 \text{ мкм}$$

де: ε_3 - похибка закріплення, мкм

ε_6 - похибка базування, мкм

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{ц}^2 + \rho_{кор}^2} = \sqrt{0,25^2 + 0,048^2} = 0,254, \text{ мм}$$

$$\rho = K_y \cdot \rho_{заг}$$

$$\rho_1 = K_y \cdot \rho_{заг} = 0,6 \cdot 254 = 15,24, \text{ мкм}$$

$$\rho_2 = K_y \cdot \rho_{заг} = 0.4 \cdot 254 = 10,16, \text{ мкм}$$

$$T_\delta = es - ei = 0.040 - 0 = 0.040, \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_0 = \frac{T_s}{T_\delta} = \frac{300}{40} = 7.5, \text{ мкм}$$

$$2Z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + H_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) = 2(300 + 150 + \sqrt{254^2 + 100^2}) = 402$$

$$2Z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + H_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) = 2(50 + 50 + \sqrt{15.24^2 + 7.5^2}) = 97.6$$

Таблиця 2.4 - Припуски на механічну обробку

Маршрут обробки поверхні	Елементи припуску				T, мкм	2Z _{min} розрах., мкм	d _{min} розмах мкм	Прийн. розм., мм		Граничні. прип., мм	
	R _z , мкм	H, мкм	ρ, мкм	E, мкм				d _{min}	d _{max}	2Z _{min}	2Z _{max}
Заготовка	300	150	254		300		122,3	122,3	122,544		
Чернове точіння	50	50	15,2 4	100	50	402	121,9	121,9	121,942	436	386
Чистове точіння	6,3	30	10,1 4	7,5	40	97,6	120,0 8	120,0	120,08	118,6	97,6

Припуски на механічну обробку

Таблиця 2.5 - Припуски на механічну обробку

№ пове- рхні	Вид обробки	Припуск на механічну обробку сторони, мкм
1.6.7	Підрізання торця	2500
3.4	Точінн чистове	1500
2.6	Точити фаски	800
11.8	Розточування	2200
5	Проточування канавки	2800

2.7 Розрахунок режимів різання

Режими різання при точінні аналітичним методом визначаються в наступній послідовності [7, с.265]:

Глибина різання t призначається залежно від припуску, що знімається.

Подача S приймається відповідно до рекомендацій [7, с.266]. Швидкість різання при поздовжньому та поперечному зовнішньому точінні розраховують за емпіричною формулою (1.26), [7, с.265]:

$$V = \frac{Cv}{T^m t^x S^y} K_v, \text{ м/хв} \quad (2.21)$$

де Cv - коефіцієнт [7, с.269 табл. 17];

m, x, y – показники степені [7, с.269 табл. 17];

T - період стійкості інструмента [7, с.268];

K_v – коефіцієнт, що визначається за формулою (1.27) [7, с.268]:

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{iv} \quad (2.22)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки [7, с.261 табл. 1-4];

K_{nv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні [7, с.263 табл.5];

K_{iv} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту [7, с.264 табл.6].

Частота обертання шпинделя визначається за формулою (1.28) [1, с.14]:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot d}, \text{ об/хв} \quad (2.23)$$

де d - діаметр оброблюваної деталі.

Розрахована частота обертання шпинделя уточнюється за паспортом верстата та за прийнятою частотою обертання шпинделя уточнюються швидкість різання формула (1.29) [1, с.14]:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}, \text{ м/хв} \quad (2.24)$$

Силу різання P розкладають на сили різання: P_x , P_y і P_z , спрямоване по осях координат верстата. При зовнішньому поздовжньому точінні ці складові визначаються за формулою [7, с.271]:

$$P_{x,y,z} = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (2.25)$$

де C_p – постійна сил різання [7, с.22];

x, y, z – показники степені [7, с.273 табл.22];

K_p – поправочний коефіцієнт, що визначається за формулою [7, с.271]

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$$

де K_{mp} - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки [7, с.264 табл.9];

$K_{\varphi p}$ - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані γ [7, с.275 табл.23];

$K_{\gamma p}$ - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута γ [7, с.275 табл.23];

$K_{\lambda p}$ - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу головного леза λ [7, с.275 табл.23];

$K_{r p}$ - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив радіусу при вершині r [7, с.275 табл.23].

Потужність різання розраховується за формулою [7, с.271]:

$$N = \frac{PzV}{61200}, \text{ кВт} \quad (2.26)$$

Розрахунок режимів різання при точінні табличним методом проводиться в наступній послідовності [1, с.13]:

Призначається подача супорта на оборот шпинделя S_o , мм/об [1, с.22-25 карта Т-2];

Визначається стійкість інструменту за нормативами T_p , хв [1, с.26-27 карта Т-3];

Розрахункова швидкість різання визначається за формулою [1, с.29-34 карта Т-4].

$$V = V_{\text{табл.}} K_1 K_2 K_3, \text{ м/хв} \quad (2.27)$$

де $V_{\text{табл.}}$ - таблична швидкість різання, м/хв [1, с.29-34 карта Т-4];

K_1 - коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу;

K_2 - коефіцієнт, що залежить від стійкості інструмента;

K_3 - коефіцієнт, залежить від виду обробки.

Розрахунок кількості оборотів шпинделя, що рекомендується, визначається за формулою 1.33, [1, с.14]:

$$n = \frac{1000V}{nd}, \text{ об/хв} \quad (2.28)$$

Рекомендована кількість оборотів шпинделя уточнюється за паспортом.

Уточнена швидкість різання за прийнятою кількістю оборотів шпинделя визначається за формулою 1.34, [1, с.14]

$$V = \frac{n d \pi}{1000}, \text{ м/хв} \quad (2.29)$$

Потужність різання розраховують за формулою [7, с.271]:

$$N = \frac{PzV}{61200}, \text{ кВт}$$

Основний технологічний час визначається за формулою 1,35 [3, с.114]

$$t_o = \frac{\ell}{nS}, \text{ хв} \quad (2.30)$$

Крім цього, розрахунок режимів різання можна проводити і за допомогою онлайн калькуляторів

Lathe 03 - Medium (6-12" chuck)

25 kW, 4000 1/min

Machined diameter start DMS: 130 mm

Machined diameter end DME: 120 mm

Machined length LM: 55 mm

Corner radius maximum REX: 1 mm

Ra roughness value on the face: μm

Ra roughness value longitudinal: μm

Include PrimeTurning™ results: ON

CoroTurn 107

SCLCR 2020K 09 Tool

CCGX 09 T3 08-AL H10 Insert

Rectangular shank -metric: 20 x 20

Adaptive interface machine direction ADINTMS

Tool life count TLIFEC: 207 Features

Machining time TMF: 00:14.160 min:s

Save for later

STEPS

LONGITUDINAL

Cutting speed VC

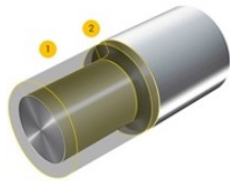
Feed per rev FN

Number of passes per revolution NOPAP

Depth of cut AP

CO₂ EMISSIONS

Carbon dioxide component CPC



LEGEND

- 1 Longitudinal pre-machining
- 2 Face pre-machining

CoroTurn 107

	SCLCR 2020K 09 Tool	
	CCGX 09 T3 08-AL H10 Insert	

coupling
Rectangular shank -metric: 20 x 20

cooling
 External
 Emulsion 10%

NOPAP NUMBER OF PASSES IN AP DIRECTION		DMS [mm] MACHINED DIAMETER START
1	4	130
2	1	130
AP [mm] DEPTH OF CUT		VC [m/min] CUTTING SPEED
1	1.25	1600
2	1.4	1630
RPMX [1/min] ROTATIONAL SPEED MAXIMUM		PPCX [kW] MAXIMUM CUTTING POWER
1	4000	5.09
2	4000	5.77
TCCT [s] CUTTING TIME TOTAL		TNCT [s] NON CUTTING TIME TOTAL
1	12.8	0.936
2	0.3	0.045



Lathe 03 - Medium (6-12" chuck)

25 kW, 4000 1/min

Machined diameter start DMS	<input type="text" value="120"/>	mm
Machined diameter end DME	<input type="text" value="90"/>	mm
Machined width WIDTHMF	<input type="text" value="20"/>	mm
Cutting width CW	<input type="text"/>	mm
Minimum cutting width CWN	<input type="text"/>	mm
Maximum cutting width CWX	<input type="text"/>	mm

[More ...](#)



CoroCut 2

	C2R-RS25-RL16DB Tool	
	C2I-L2N-0800-0005-GMH13A Insert	

Tool life count TLIFEC	1520 Grooves
Machining time TMF	00:04.374 min:s

Save for later

STEPS

MULTIPLE GRO

Cutting speed
VC

Feed per rev
FN

Rotational speed
RPMX

CO₂ EMISSIONS

Carbon dioxide component
CPC

Work per component

Universal high-performance machine

90 HB
N1.3.C.AG

200 kW, 10000 1/min
200 kW, 500000 1/min

CoroBore BR30

BR30-51CC06F-C4
Tool

CCGX 06 02 04-AL H10
Insert (3x)

Tool life count
TLIFEC 25500
Holes

Machining time
TMF 00:03.648
min:s

STEPS
WIDENING
Cutting speed
VC
Feed per revol
FN
Depth of cut
AP
CO₂ EMISSIONS
Carbon dioxide
component
CPC
Work per comp
WPC

Machined diameter start
DMS 41 mm

Machined diameter end
DME 45 mm

Depth of machining feature
DEPTHMF 48 mm

Depth of feature
DEPTHF 50 mm

Achievable hole tolerance
TCHA ---

Ra roughness value
RRA μm

More ...

Таблиця 2.6 - Результати розрахунків режимів різання

№ опер.	№ пер.	№ пов.	t, мм	S, мм	n, об/хв	V, м/хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	9
005	1	1.2	3	0.17	315	79.1	3.2
010	1	3.4.5	4	0.195	315	94.251	5.3
015	1	6.7.4.5.3	12	0.75	350	14.814	2.3
020	1	1.2.3.9.11	45	0.803	250	11.97	3.2
020	2	1.2.3.9.11	33	1.5	45	2.262	1.3
025	1	9.11.5	12	0.804	250	12.37	2.2

2.8 Розрахунок технічних норм часу

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

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

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

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

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

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

1. Оскільки попереднє визначення типу виробництва показало, що ми маємо дрібносерійне виробництво, нормою часу буде штучно-калькуляційний час $T_{шт.к.}$ (2. додаток 2)

$$T_{шт.к.} = \frac{T_{п.з.}}{n} + T_{шт.} \quad (2.311)$$

$$T_{шт.} = T_o + T_{доп.} + T_{м.о.} + T_{перер.} \quad (2.32)$$

Мінімальне значення основного часу T_o конкретними видами обробки знаходимо, користуючись даними (2. додаток 2)

$$T_o = \frac{L_{р.х.}^i}{S_z n} \quad (2.33)$$

$T_{доп.}$ – вибір допоміжного часу ведемо за (4, стр.84).

$T_{п.з.}$ – вибір підготовчо-заключного часу робимо за (4, с.142).

$T_{м.о.}$ та $T_{перер.}$ рівні по 7% від $T_{опер.}$

$$T_{опер.} = T_o + T_B \quad (2.34)$$

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

2) Допоміжний час T_B витрачається робітником на дії, що забезпечують виконання основної роботи. Разом із основним часом воно складає оперативний час. При розрахунку норми штучного часу враховується лише частина допоміжного часу, що не перекривається машинним часом. При визначенні норми допоміжного часу підсумовують такі його елементи: час встановлення і зняття деталі, час на прийоми управління верстатом. Сюди входить час, що витрачається на пуск і зупинку верстата, включення і вимикання подачі, зміна числа обертів шпинделя та ін, час на вимірювання деталей (якщо воно не може бути перекрито машинним).

Вибір допоміжного часу ведемо (4, стр.84). Вибраний допоміжний час заносимо в операційну картку $T_{обс}$ у серійному виробництві задається у відсотках від оперативного часу (суми допоміжного та основного часу).

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

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

За вище викладеною методикою проводимо розрахунок нормованого часу та заносимо до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Час на обробку

№	Найменування операції	T _o	T _в	T _{п.з.}	T _{шт.к.}
005	Токарно-гвинторізна	1,052	0,354	2,316	3,670
010	Токарна з ЧПУ	1,606	0,542	2,54	4,680
015	Радіально-свердлильна	0,926	0,26	1,8	3,02
020	Вертикально-свердлильна	0,792	0,10	1,526	2,56
025	Вертикально-свердлильна	0,349	0,4	0,637	1,32
030	Контроль	-	-	-	-

2.9 Розрахунок кількості обладнання та коефіцієнта його використання

Розрахункова кількість верстатів визначається у серійному виробництві за формулою [2,с.117]:

$$m_p = \frac{t_{шт.к.}}{\tau} \quad (2.35)$$

де:

$t_{шт.к.}$ - штучно-калькуляційний час в хвилинах;

τ - такт випуску (З. додаток 3)

На 025 операцію:

$$m_p = \frac{3.60}{58.9} = 0.056$$

Округлюємо $M_n = 1$

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

Ступінь зайнятості обладнання на кожній з операцій визначається коефіцієнтом навантаження верстата (верстатів) за формулою

$$\eta_3 = \frac{M_p}{M_n} \quad (2.36)$$

$$\eta_3 = \frac{0.056}{1} = 0.056$$

Коефіцієнт завантаження верстата збільшуємо за рахунок довантаження іншими деталями.

У серійному виробництві середнє значення коефіцієнта завантаження при довантаженні іншими деталями має бути в межах – 0,75 – 0,85.

Коефіцієнт використання устаткування за основним часом свідчить про частку машинного часу у загальному часі роботи верстата.

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{ук}} \quad (2.37)$$

$$\eta_o = \frac{0.556}{3.84} = 0.178$$

За вище викладеною методикою визначаємо кількість необхідного обладнання на інші операції та заносимо результати до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Розрахована кількість необхідного обладнання на інші операції

№	Найменування операції	M_p	M_n	η_3	η_o
005	Токарно -гвинторізна	0,076684	2	0,076684	0,294118
010	Токарна з ЧПУ	0,0918	3	0,0918	0,458779
015	Вертикально-фрезерна з ЧПК	0,034635	5	0,034635	0,777778
020	Вертикально-фрезерна з ЧПК	0,065314	2	0,065314	0,242378
025	Вертикально-фрезерна з ЧПК	0,030221	2	0,030221	0,276923
030	Контроль	-	-	-	-

Загальна кількість верстатів дорівнює – 14 .

2.9 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК DMG MORI NLX 2000 за допомогою САМ програми

Розробка керуючої програми для верстатів із числовим програмним керуванням (ЧПК) є важливим етапом технологічного процесу виготовлення деталей. Програма визначає послідовність операцій і режими обробки, забезпечуючи точність та ефективність виробництва. У цьому випадку для розробки керуючої програми виготовлення деталі "Кришка" використовувався САМ-софт Esprit.

Переваги використання САМ Esprit

1. Інтеграція з CAD: Легке імпортування 3D-моделей.
2. Сучасні інструменти для програмування: Швидка розробка керуючої програми навіть для складних деталей.
3. Симуляція обробки: Зменшення ризиків помилок завдяки попередньому аналізу.
4. Оптимізація: Підбір найбільш ефективних траєкторій і режимів обробки.

Основні етапи розробки програми

1. Створення 3D-моделі деталі

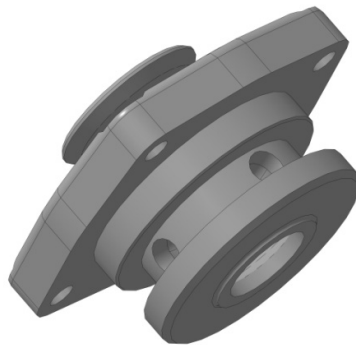


Рисунок 2.5 – 3D модель вала-шестерні

2. Імпорт моделі у CAM Esprit
Завантаження 3D-моделі у CAM Esprit. Визначення координатної системи для базування деталі.

2. Вибір обладнання та інструментів

- вибір моделі верстата DMG MORI NLX 2000.
- підбір інструментів для токарної операції

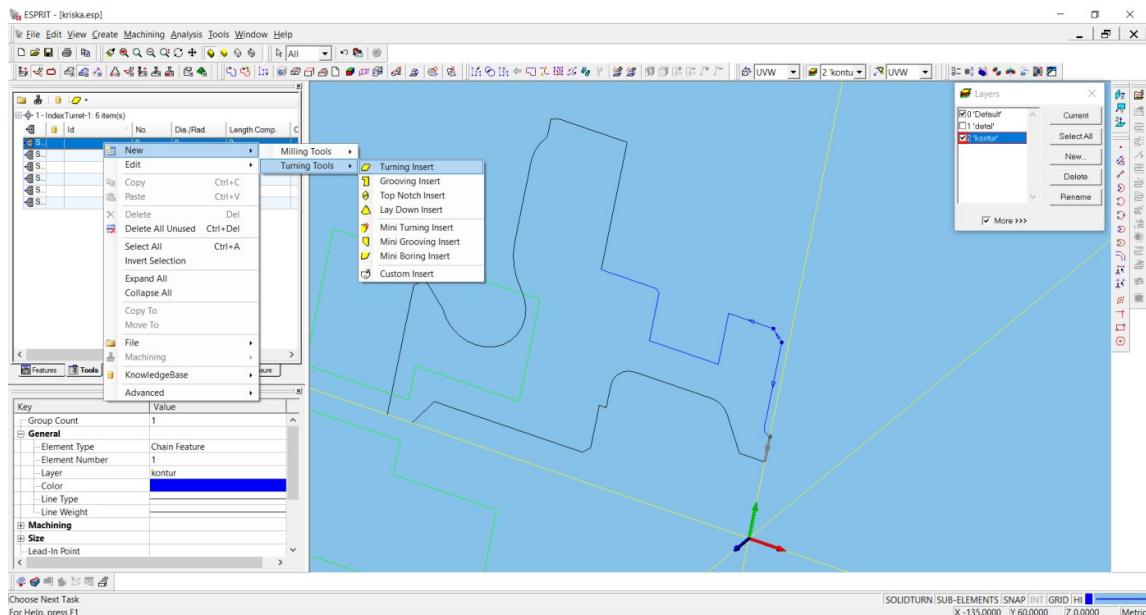


Рисунок 2.6– Вибір токарного різця для обробки зовнішніх поверхонь

4. Встановлення параметрів режимів різання

- швидкість різання,
- обертання шпинделя,
- глибини різання, подачі.

5. Створення траєкторії обробки

- генерація траєкторій інструмента для кожної операції,
- врахування оптимального підходу,
- відведення та змін між операціями.

6. Симуляція обробки

- проведення симуляції обробки для перевірки траєкторій інструментів

- аналіз можливих зіткнень, некоректної обробки або перевищення допусків.

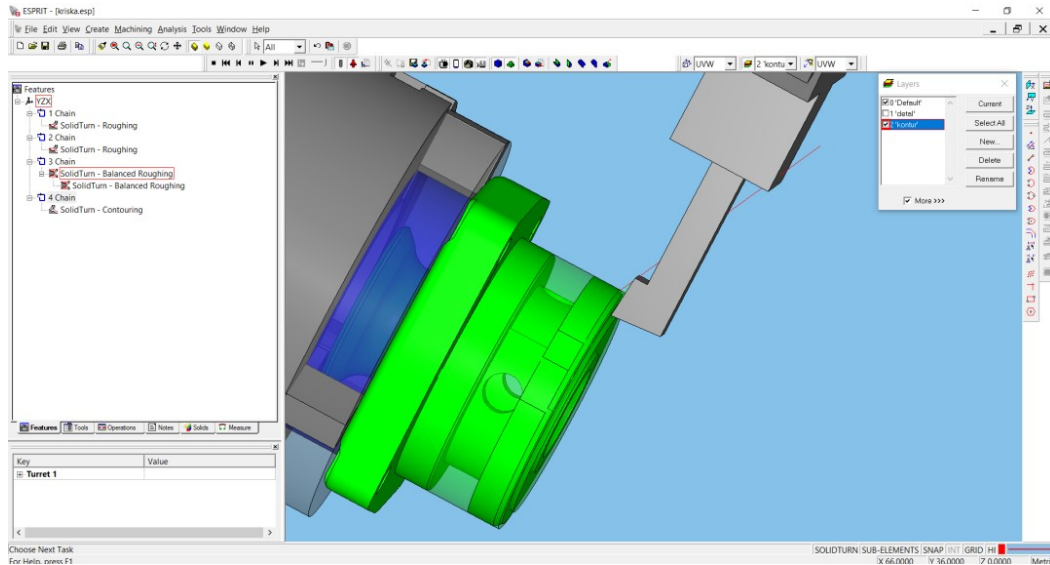


Рисунок 2.7 – Симуляція обробки

7. Генерація G-коду

Після перевірки траєкторій обробки створення готового G-коду для верстата DMG MORI NLX 2000 виконано збереження програми у форматі, сумісному з системою ЧПК верстата.

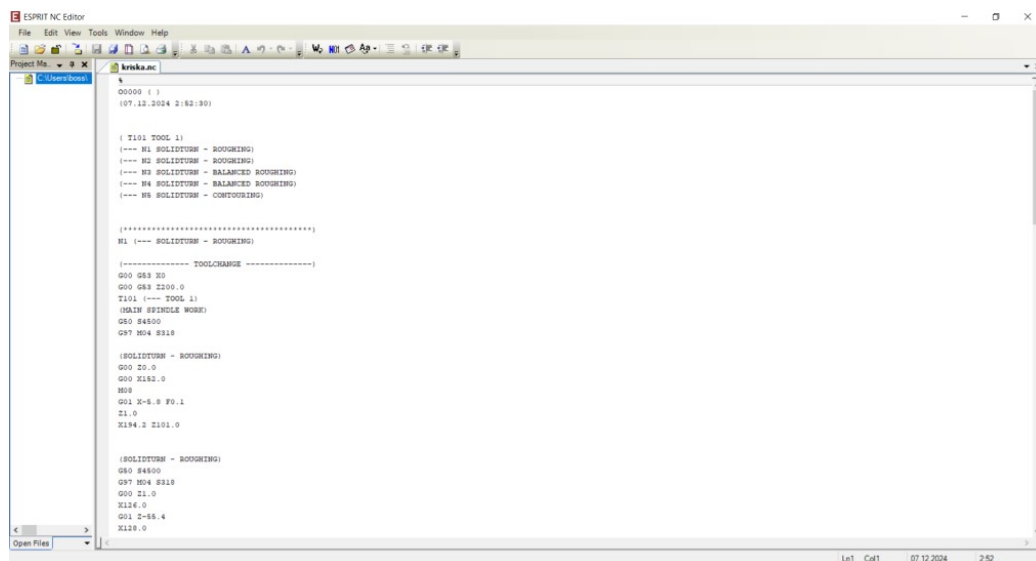


Рисунок 2.8 – G-код оброблення деталі кришка

Переваги використання САМ Esprit

Особливості виготовлення деталі "Кришка"

- Матеріал: Вибір матеріалу з урахуванням механічних властивостей і оброблюваності (наприклад, алюмінієвий сплав або сталь).
 - Вимоги до точності: Забезпечення відповідності параметрів обробки допускам на розміри та шорсткість поверхонь.
 - Складність форми: Можливість виготовлення складних контурів і отворів завдяки високоточному ЧПК верстату та програмі Esprit.
1. Інтеграція з САД: Легке імпортування 3D-моделей.
 2. Сучасні інструменти для програмування: Швидка розробка керуючої програми навіть для складних деталей.
 3. Симуляція обробки: Зменшення ризиків помилок завдяки попередньому аналізу.
 4. Оптимізація: Підбір найбільш ефективних траєкторій і режимів обробки.

Результати

Розроблена керуюча програма забезпечує високу точність і якість виготовлення деталі "Кришка", мінімізує час обробки та знижує витрати на виробництво. Програма готова до завантаження на ЧПК верстат DMG MORI NLX 2000 і використання у виробничому процесі.

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування пристосування на радіально-свердлильну операцію

3.1.1 Опис конструкції та принцип дії

Проектуємо пристрій для обробки деталі Кришка. Для цього проектуємо спеціальний пристрій з механічним затискачем. Пристрій складається з 21 елемента. Базується деталь такими елементами як: зрізаний палець і два упори 4. Принцип дії – при підтиску вентилем заготовка надійно закріплюється в пристосуванні для подальшої її обробки. Деталь надійно закріплена та позбавляється 6 ступенів свободи.

Пристрій зручно використовувати для закріплення та зняття деталі, цим ми скорочуємо допоміжний час, збільшуючи продуктивність та підвищуючи завантаження верстата, зменшуючи час його простою.

Як відомо, в середньосерійному виробництві спеціальні пристрої бажано не використовувати. Оскільки ми застосовуємо цей пристрій, доведемо його економічну ефективність.

Конструкція деталі та її точні параметри дозволяють вести обробку на фрезерному верстаті верстаті нормальної точності типу. Як інструмент може бути застосований – Фреза кінцева, Свердло, Зенкер, Мітчик. Визначаємо такт випуску, прийнявши, що робота буде виконана у дві зміни при дійсному річному фонді часу 2011 годин на 2012 рік.

$$\tau = \frac{60 * F_g * n}{N} = \frac{60 * 2011 * 1}{5000} = 24,132 \text{ мин}$$

Для визначення $T_{шт}$ необхідно знати основний час, який ми розраховуємо з режимів різання.

Знаходимо, що виконання програми забезпечується виконанням одномісного пристосування.

Схемою обробки деталі та структурою технологічної операції передбачається одночасна обробка лише однієї позиції однієї деталі. Вибір схеми базування та настановних елементів для прийнятої схеми базування.

3.1.2 Розрахунок зусилля закріплення

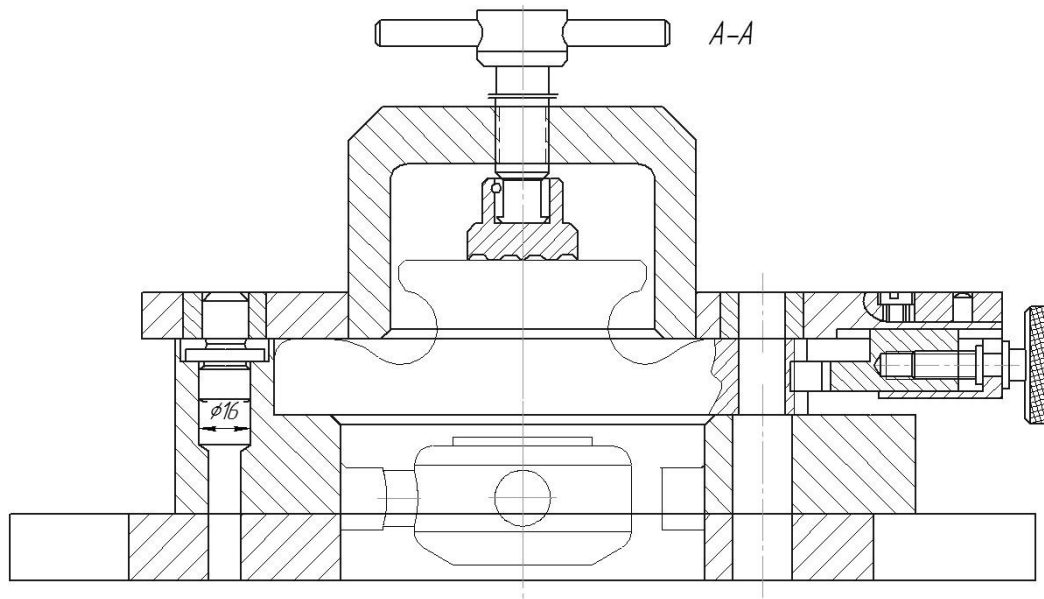


Рисунок 3.1 - Пристрій з механічним затискачем

Сила закріплення та момент затягування визначається за формулами [10]:

$$P_3 = (Q - q) \cdot \left(1 - 3 \frac{f \cdot L}{H}\right) \quad (3.1)$$

$$P_3 = 2000 \cdot \left(1 - 3 \frac{0.15 \cdot 30}{40}\right) = 1325H$$

$$M = 0,5 \cdot \frac{Q \cdot (d_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha_p + \phi) + f \cdot (D_{HT}^3 - d_{BT}^3))}{3 \cdot (D_{HT}^3 - d_{BT}^3)} \quad (2.2)$$

$$M = 0,5 \cdot \frac{2000 \cdot (12 \cdot \operatorname{tg}(45 + 5) + 0.15 \cdot (21^3 - 16^3))}{3 \cdot (21^3 - 16^3)} = 1,42H/м$$

де f – коефіцієнт тертя на торці гайки;

φ – кут тертя в різьбовій парі;

ψ – кут підйому гвинтової канавки;

α_p – кут підйому канавки прихвату;

$D_{H.T.}$ – зовнішній діаметр опорного торця гайки;

$d_{B.T.}$ – внутрішній діаметр опорного торця гайки;

3.1.3. Розрахунок пристосування на точність

Задана точність буде забезпечена, якщо дотримується умова [7]:

$$\varepsilon_{\Sigma} < \delta \quad (3.3)$$

де ε_{Σ} – сумарна похибка обробки заготовки у пристосуванні;

δ – допуск на розмір або відхилення розташування оброблюваної поверхні.

Сумарну похибку обробки визначають так [7]:

$$\varepsilon_{\Sigma} = K \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2 + \varepsilon_{vi}^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_D^2 + \varepsilon_c^2 + \varepsilon_{zn}^2} \quad (3.4)$$

де K – коефіцієнт, що враховує закон розподілу складових похибок;

ε_6 – похибка базування заготовки у пристосуванні;

ε_3 – похибка, викликана закріпленням заготовки в пристосуванні;

ε_{np} – похибка положення пристосування, що викликається неточністю пристосування;

ε_{vi} – похибка, що породжується неточністю виготовлення інструменту;

ε_n – похибка налаштування, пов'язана з похибкою положення інструменту, відносить напрямні елементи верстата;

ε_D – похибка, що викликається деформацією системи під дією сил різання;

ε_c – похибка верстата в ненавантаженому стані;

ε_{zn} – похибка розмірного зношування інструменту.

При встановленні деталі на палець похибка базування дорівнює нулю.
Похибка закріплення дорівнює нулю, оскільки сила закріплення перпендикулярна силі різання.

Похибка положення пристосування дорівнює 0,032.

Похибка, що зумовлена неточністю виготовлення інструмента, дорівнює нулю [7, с. 35].

Похибка налаштування, пов'язана з похибкою положення інструменту щодо напрямних елементів верстата, дорівнює нулю [7, с. 35].

Похибка, що викликається деформацією системи під дією сил різання та похибка верстата в ненавантаженому стані дорівнюють нулю [9, с. 36].

Похибка розмірного зношування інструмента дорівнює нулю [9, с. 37]. Таким чином, отримуємо:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{\Sigma} &= K \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2 + \varepsilon_{III}^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_D^2 + \varepsilon_c^2 + \varepsilon_{3H}^2} = \\ &= 1,1 \sqrt{0,032^2} = 0,0163\end{aligned}$$

Сумарна похибка обробки, що дорівнює 0,016 мм, менше допуску, що дорівнює 0,052 мм.

Запас точності визначається за формою [7]:

$$\Delta_T = \delta - \varepsilon_{\Sigma} \quad (3.5)$$

$$\Delta_T = \delta - \varepsilon_{\Sigma} = 52 - 16 = 36 \text{ мкм}$$

Запас точності визначається за формулою [9]:

$$\Delta T = \delta - E_{\Sigma} = 540 - 162 = 378, \text{ мкм}$$

Висновок:

Так як у нас дотримується умова $IT > \varepsilon_{\Sigma}$, то розрахунок пристосування виконаний правильно.

3.1.4 Розрахунок міжремонтного періоду пристосування

Зношування призм визначається за формулою [9, с.40]:

$$U = \beta \cdot N \quad (3.6)$$

де β – коефіцієнт, що характеризує форму поверхні опор [9];

N – число контактів заготовки з опорою.

$$U = \beta \cdot N = 0.3 \cdot 3000 = 900, \text{ мкм}$$

Міжремонтний період пристосування визначається за формулою [9]:

$$A = \frac{\Delta T}{U} = \frac{3780}{900} = 4.3 \text{ років}$$

3.2 Проектування пристосування для контролю перпендикулярності торця і круглості отвору.

Проектуємо пристрій, призначений для контролю перпендикулярності торця і круглості отвору.

Задана точність буде забезпечена, якщо дотримується умова [7]:

$$\varepsilon_{\Sigma} < \delta \quad (3.7)$$

де ε_{Σ} – сумарна похибка обробки заготовки у пристосуванні;

δ – допуск на розмір або відхилення розташування оброблюваної поверхні.

Сумарну похибку обробки визначають так [7]:

$$\varepsilon_{\Sigma} = K \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2 + \varepsilon_{ni}^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_D^2 + \varepsilon_c^2 + \varepsilon_{zn}^2} \quad (3.8)$$

де

K – коефіцієнт, що враховує закон розподілу складових похибок;
 ε_6 – похибка базування заготовки у пристосуванні;
 ε_3 – похибка, що викликається закріпленням заготовки в пристосуванні;
 $\varepsilon_{пр}$ – похибка положення пристосування, що викликається неточністю пристосування;

$\varepsilon_{ні}$ – похибка, що породжується неточністю виготовлення інструменту;
 ε_n – похибка налаштування, пов'язана з похибкою положення інструменту, відносить напрямні елементи верстата

ε_D – похибка, що викликається деформацією системи під дією сил різання;

ε_C – похибка верстата в ненавантаженому стані;

$\varepsilon_{зн}$ – похибка розмірного зношування інструменту.

При встановленні деталі на палець похибка базування дорівнює нулю.

Похибка закріплення дорівнює нулю, оскільки сила закріплення перпендикулярна силі різання.

Похибка положення пристосування дорівнює 0,032.

Похибка, що зумовленв неточністю виготовлення інструмента, дорівнює нулю [7, с. 35].

Похибка налаштування, пов'язана з похибкою положення інструменту щодо напрямних елементів верстата, дорівнює нулю [7, с. 35].

Похибка, що викликається деформацією системи під дією сил різання та похибка верстата в ненавантаженому стані дорівнюють нулю [9, с. 36].

Похибка розмірного зношування інструмента дорівнює нулю [9, с. 37]. Таким чином, отримуємо:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{\Sigma} &= K\sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2 + \varepsilon_{ні}^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_D^2 + \varepsilon_C^2 + \varepsilon_{ИЗН}^2} = \\ &= 1,1\sqrt{0,065^2} = 0,0265\end{aligned}$$

Сумарна похибка обробки, що дорівнює 0,026 мм, менше допуску, що дорівнює 0,03 мм.

Запас точності визначається за формулою [7]:

$$\Delta_T = \delta - \varepsilon_{\Sigma} \quad (3.9)$$

$$\Delta_T = \delta - \varepsilon_{\Sigma} = 30 - 26 = 4 \text{ мкм}$$

Запас точності визначається за формулою [9]:

$$\Delta T = \delta - E_{\Sigma} = 300 - 40 = 260, \text{ мкм.}$$

4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

Температурні зсуви осі шпинделя є важливим фактором, який впливає на точність обробки на верстатах із ЧПК. Під час роботи шпиндель нагрівається через тертя в підшипниках, а також через передачу тепла від різального інструмента та заготовки. Це спричиняє зміну положення осі шпинделя, що може негативно вплинути на якість обробки.

Термічна компенсація похибок високошвидкісного моторизованого шпинделя є одним із ефективних методів підвищення точності обробки верстатів з ЧПК. У даному розділі досліджено закон зміни теплової похибки моторизованого шпинделя, запропоновано метод вибору температурних чутливих точок і встановлено модель прогнозування теплової похибки. По-перше, температура та тепла похибка моторизованого шпинделя на різних швидкостях вимірюються за допомогою експерименту з термічною похибкою. По-друге, кластеризація шляхом швидкого пошуку та знаходження піків щільності (CFSFDP) використовується для вирішення проблеми, коли оптимальна кількість кластерів невідома в процесі вибору чутливих до температури точок, а чутливі до температури точки при багатошвидкісному моторизованому шпинделі є отримано. Нарешті, адаптивний граничний алгоритм Гарріса Хока (АВННО) використовується для оптимізації гіперпараметрів опорної векторної машини за методом найменших квадратів (LSSVM), а також створено модель прогнозування теплової помилки на основі АВННО-LSSVM, яка покращує точність прогнозування. Запропонований спосіб і модель створюють технічну основу для компенсації термічної похибки моторизованого шпинделя.

4.1 Розрахунок температурних зсувів осі шпинделя DMG MORI NLX 2000

Розглянемо температурну поведінку шпиндельної бабки верстата. Температурне поле утворюється внаслідок тепла, що генерується в шпиндельних опорах. Для аналізу було створено спрощену геометричну 3D-модель шпиндельної бабки з використанням програмного забезпечення SolidWorks.

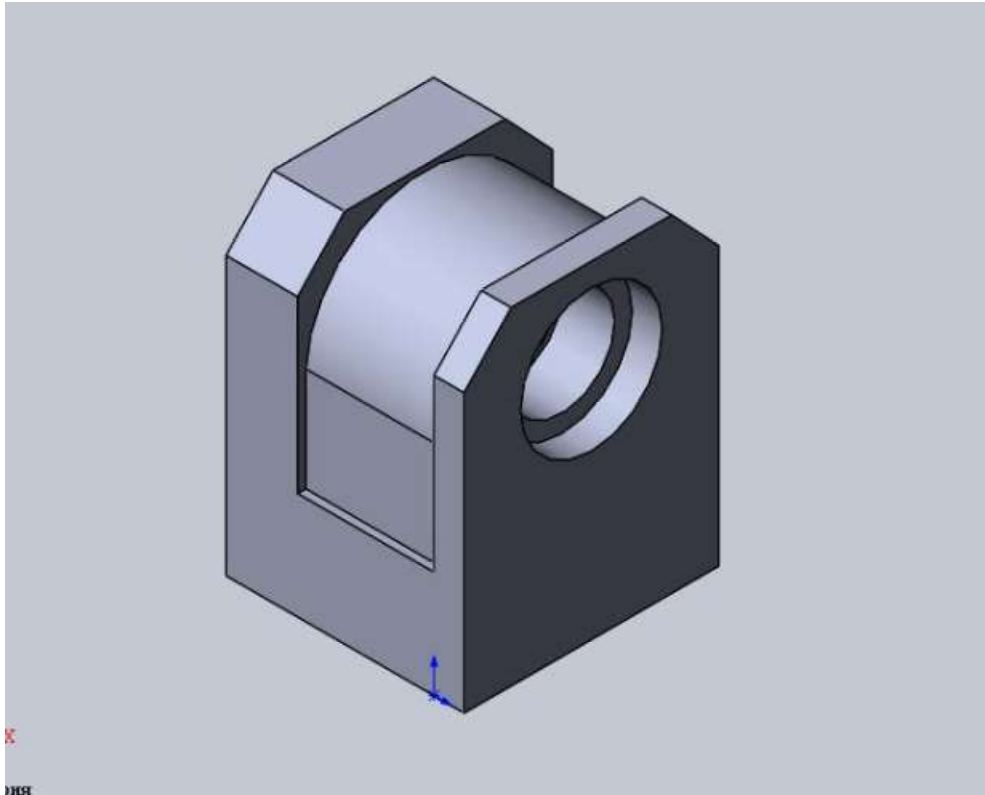


Рисунок 4.1 – 3-D модель шпиндельної бабки верстата DMG MORI NLX 2000

Стационарне температурне поле та температурні деформації шпиндельної бабки для тривимірної задачі визначаються за допомогою методу скінченних елементів.

Для розрахунків методом скінченних елементів задані наступні властивості матеріалу:

1. Коефіцієнт лінійного розширення: $ALPX = 1,2 \cdot 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$
2. Коефіцієнт Пуассона: $PRXY = 0,35$
3. Коефіцієнт теплопровідності: $KXX = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$
4. Модуль пружності $E_X = 1,2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$

Наступним кроком був вибір типу елемента для моделювання теплопровідності у твердотільній моделі обрано Thermal Mass/Solid \rightarrow 20 node 90. Цей елемент представляє собою шестикутник з 20 вузлами: 8 вузлів розташовані у кутах, а 12 — посередині сторін.

Далі створюється скінчено-елементна сітка для моделі.

Навантаження для теплового розрахунку задається шляхом застосування граничних умов. Граничні умови задаються на геометричну модель (вибираючи вкладку «площа»):

а) Постійна температура — визначається як температура підшипників у першій та другій опорі.

б) Конвекція — поверхнева гранична умова, що враховує втрати тепла в навколишнє середовище. Для різних поверхонь моделі коефіцієнти теплопередачі встановлюються таким чином:

- Торцеві поверхні шпиндельної коробки: $\lambda = 50 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$,
- Бокові поверхні: $\lambda = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$,
- Поверхні з ребрами: $\lambda = 14 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Після побудови математичної моделі виконується розрахунок температурного поля шпиндельної коробки.

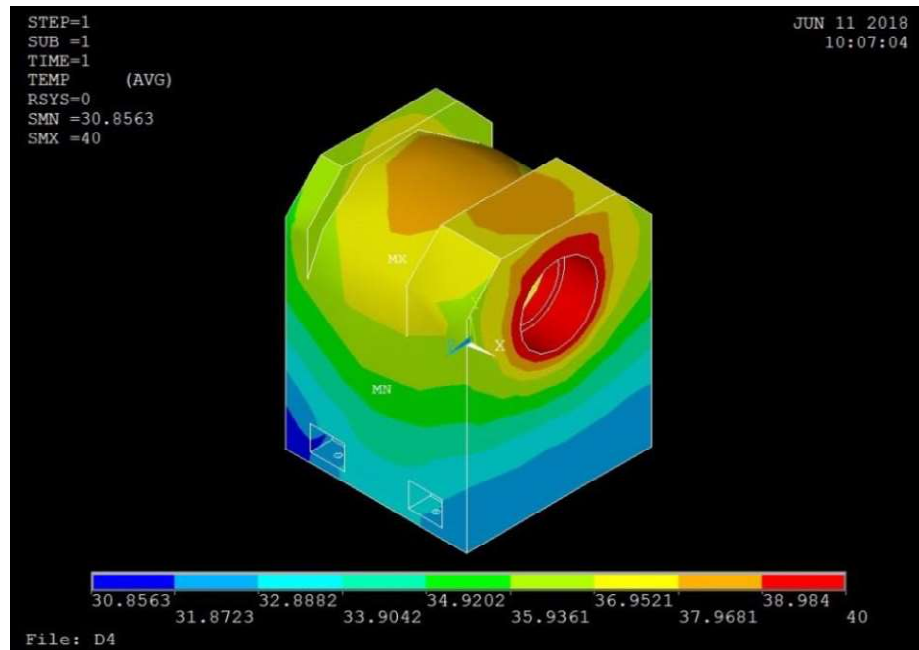


Рисунок 4.2 – Результат розрахунку температурного поля при роботі верстата верстата DMG MORI NLX 2000

Для отримання інформації про температурні зміщення осі виконується структурний аналіз. На двох передніх поверхнях, які забезпечують кріплення бабки

до верстата, задаються граничні умови: нульові зміщення по осях X і Z . Для всієї нижньої базової поверхні встановлюється обмеження — нульове зміщення по осі Y , а також враховуються результати теплового аналізу, проведеного раніше.

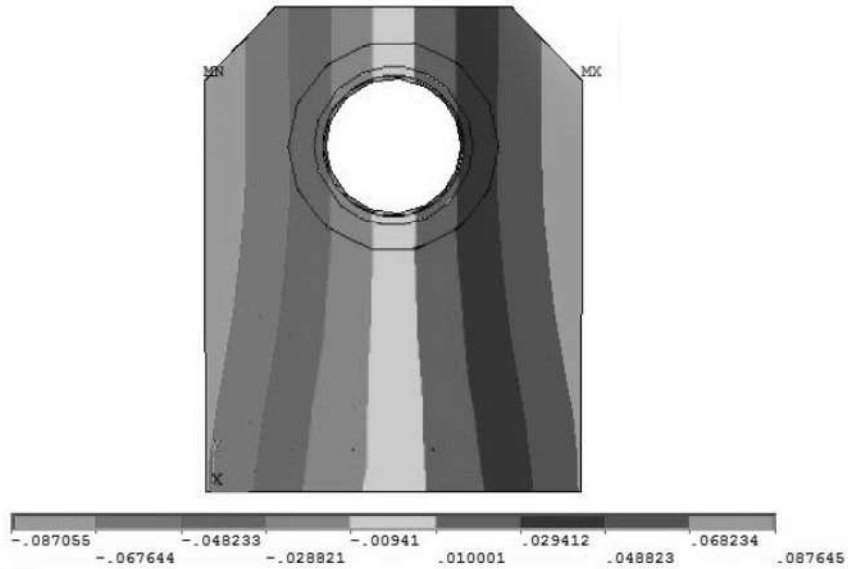


Рисунок 4.3 – Результат структурного аналізу

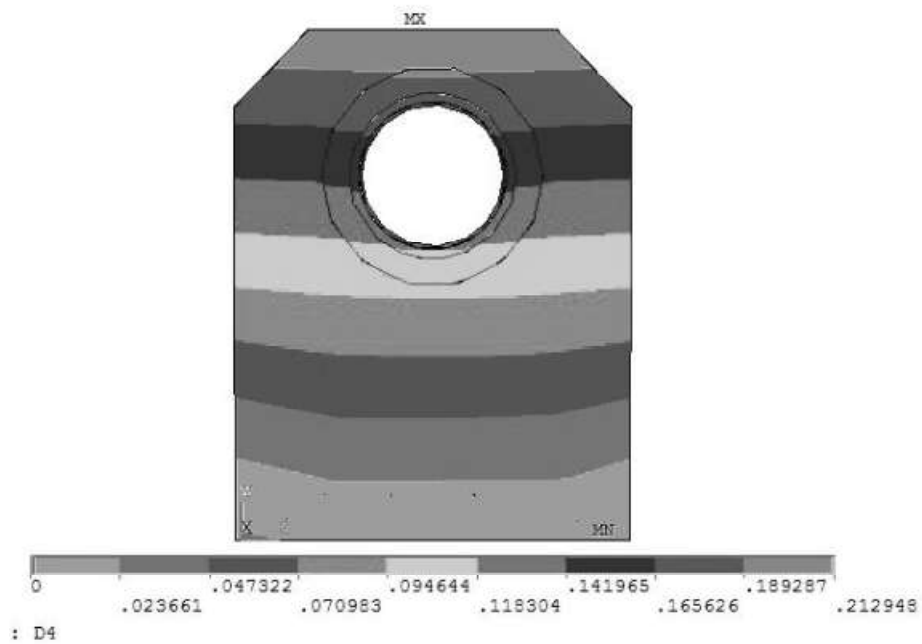


Рисунок 4.4 – Результат структурного аналізу за віссю Z

Аналіз отриманих результатів показав, що з точки зору тепловиділення шпиндельна бабка верстата DMG MORI NLX 2000 демонструє перевагу завдяки своїй високій термостійкості. Деформації верстата по осі Z залишаються на нульовому рівні.

Відносні зсуви осі шпинделя та інструмента, викликані вертикальними деформаціями шпиндельної бабки, при розташуванні супорта під кутом 30° до горизонту визначаються за відповідною формулою.

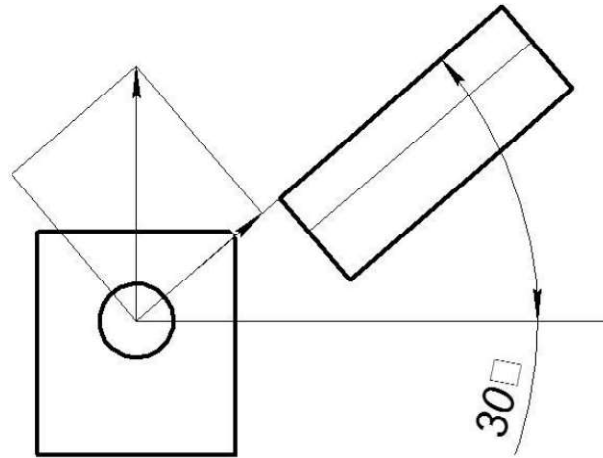


Рисунок 4.5 – Схема розкладання температурних зміщень

Відносний зсув у горизонтальній площині становить $0,071$ мм. Наприклад, для обробки деталей діаметром $\varnothing 180\text{--}250$ мм поле допуску за 8-м квалітетом складає 72 мкм, що означає, що температурні деформації повністю вичерпують поле допуску.

4.2 Розрахунок температурного поля та температурних деформацій шпинделя верстата Doosan Infracore PUMA 2100

Аналізуємо шпиндельну бабку верстата з точки зору її температурної поведінки. Температурне поле формується через тепло, що генерується в опорах шпинделя.

Для дослідження була створена спрощена тривимірна геометрична модель шпиндельної бабки за допомогою програмного забезпечення SolidWorks (рис. 3.4), де відображено вертикальні зміщення осі шпинделя.

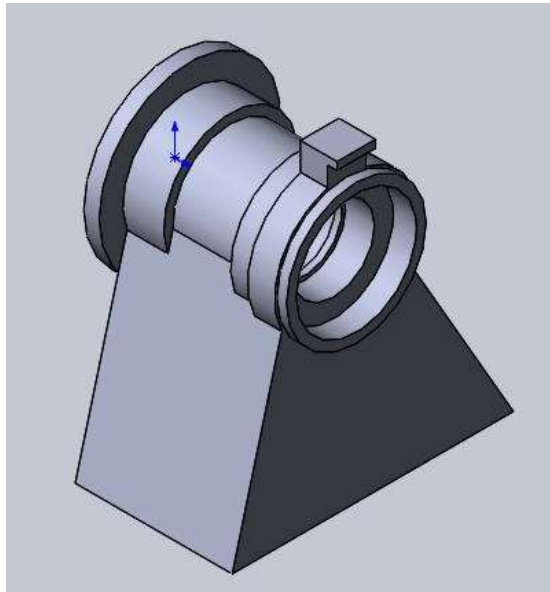


Рисунок 4.6 – 3-D модель шпindelьної бабки верстата Doosan Infracore PUMA
2100

Розрахунок стаціонарного температурного поля та температурних деформацій шпindelьної бабки

Розрахунок стаціонарного температурного поля та температурних деформацій шпindelьної бабки для тривимірної задачі виконується методом скінченних елементів.

Для цього задаються такі властивості матеріалу:

- коефіцієнт лінійного розширення $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5}$;
- коефіцієнт Пуассона $\nu = 0,3$;
- коефіцієнт теплопровідності $k = 0,049 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
- модуль пружності $E = 1,2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$.

Наступним етапом є визначення типу елемента. Для моделювання теплопровідності у твердо-тілній моделі обираємо елемент Thermal Mass/Solid → 20 node 90. Це шестигранний елемент із 20 вузлами, з яких 8 розташовані у вершинах, а 12 – на серединах граней.

Після цього створюється сітка скінченних елементів.

Теплове навантаження в розрахунку задається через граничні умови, які застосовуються до геометричної моделі, використовуючи вкладку 'площа'. Граничні умови включають:

- Постійна температура: температура підшипників першої та другої опори.
- Конвекція: поверхнева гранична умова, яка враховує 'витоки' тепла з моделі в навколишнє середовище.

Коефіцієнти тепловіддачі для різних поверхонь шпindelьної бабки:

- для торцевих поверхонь $\lambda = 50 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- для бокових поверхонь $\lambda = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- для поверхонь із ребрами $\lambda = 14 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Після побудови математичної моделі виконується розрахунок температурного поля шпindelьної бабки.

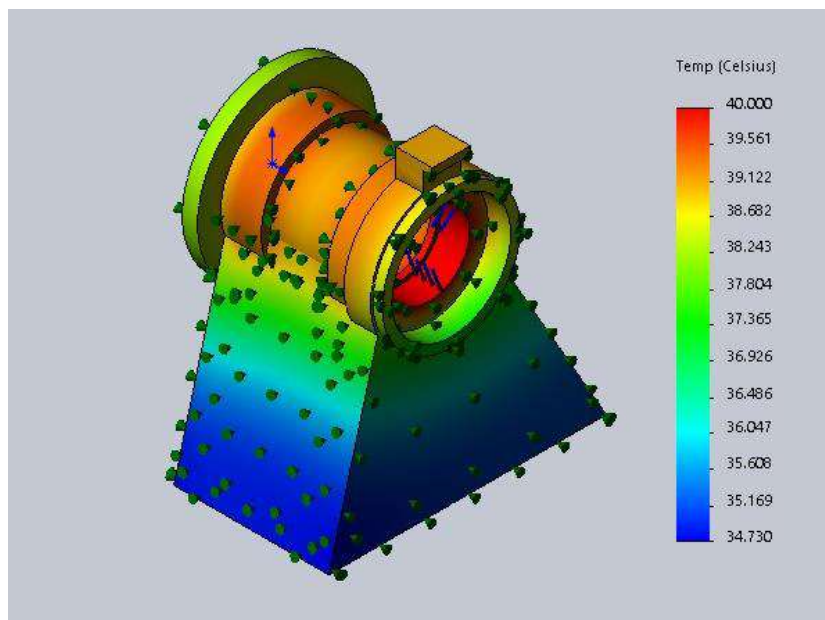


Рисунок 4.7 – Результат розрахунку температурного поля при роботі верстата верстата Doosan Infracore PUMA 2100

Для визначення температурних зміщень осі проводиться структурний аналіз. На двох передніх поверхнях кріплення бабки до верстата встановлюються граничні умови з нульовим зміщенням по осях X та Z. До всієї нижньої базової опорної поверхні застосовується умова нульового зміщення по осі Y, а також враховуються результати попереднього теплового розрахунку.

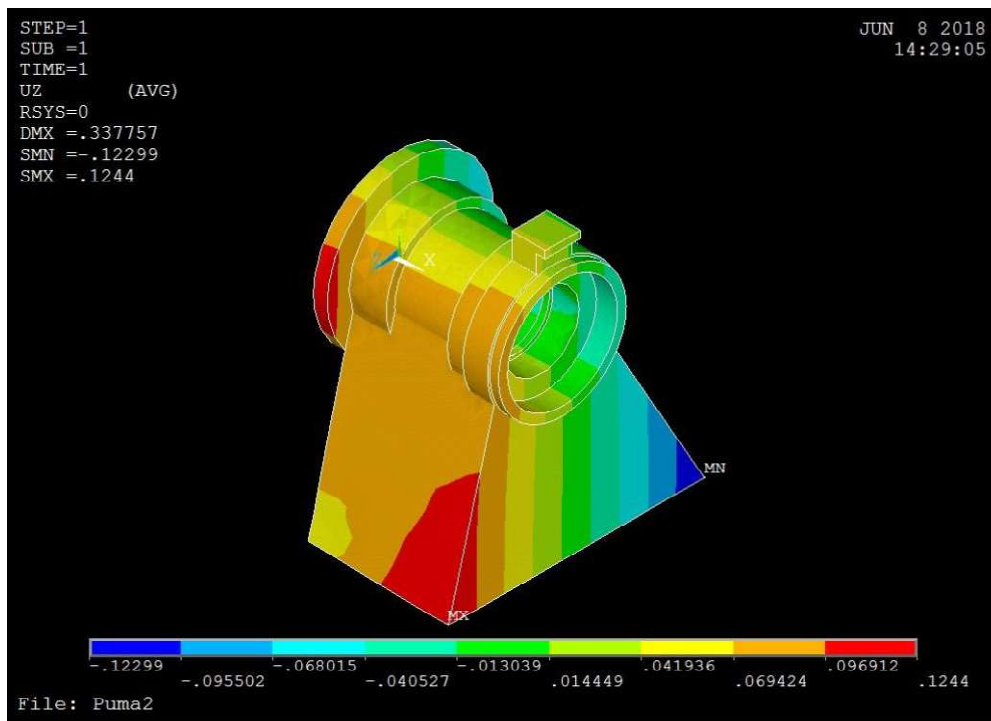


Рисунок 4.8 – Результат структурного аналізу Doosan Infracore PUMA 2100

Конструктивно шпindelна бабка не є термосиметричною, що призводить до нерівномірного тепловиділення. Внаслідок цього відбувається зміщення осі Z на величину – 0,010 мм. Зміщення по осі Y дорівнюють нулю, оскільки площини інструментального супорта та площини розташування шпindelної бабки є паралельними осі X, що виключає деформації по осі Y. Це свідчить про те, що таке базування забезпечує зменшення температурних деформацій.

4.3 Вимірювання теплової похибки для шпинделя токарного верстата DMG MORI NLX 2000

На рисунку 4.9 наведено схему вимірювання радіальної та осьової термічної похибки шпинделя токарного верстата. В експерименті для вимірювання теплової похибки шпинделя використовуються високоточні датчики переміщення. Для горизонтального шпинделя на токарному верстаті вимірюються радіальні похибки в напрямках X і Y, тоді як для вертикального шпинделя на фрезерному верстаті вимірюються осьові та радіальні похибки. Значення відображаються на цифровому дисплеї, а теплові зображення шпинделя робиться за допомогою тепловізора FLUKE Ti400. FLUKE Ti400 — це портативна інфрачервона фотока-

мера з діапазоном вимірювання температури від $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+1200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Роздільна здатність зображення становить 320×240 , а теплова чутливість становить $\leq 0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$, коли цільова температура менше $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Висока роздільна здатність і термо-чутливість гарантують, що теплове зображення може чітко фіксувати зміни температури шпинделя. Оскільки передбачення досягається за допомогою значень пікселів, його все ще можливо використовувати для моделювання теплової помилки, хоча точність вимірювання температури тепловізора не така висока, як термопар.

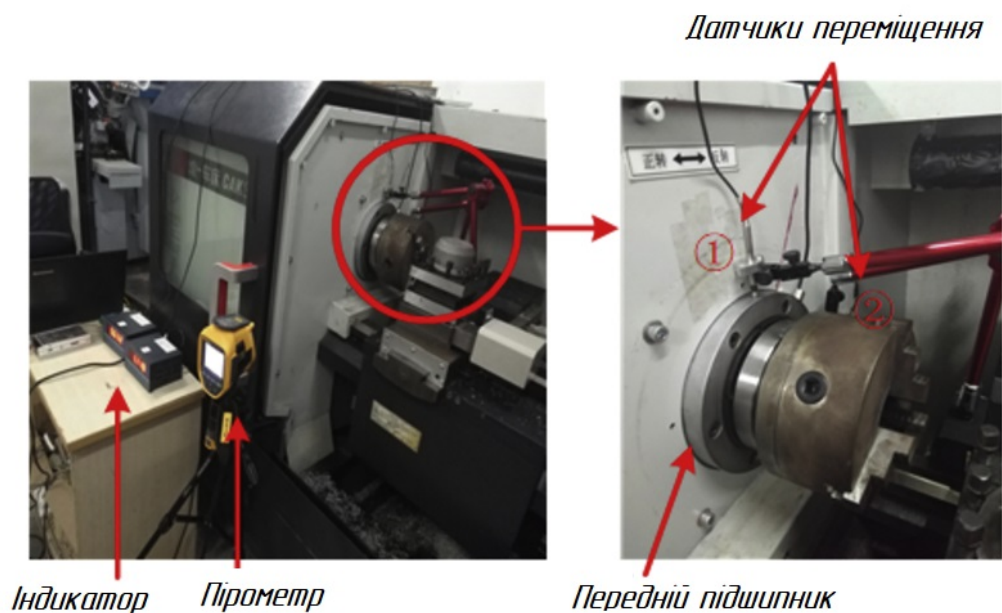


Рисунок 4.9 – Вимірювання теплової похибки шпинделя токарного та верстата DMG MORI NLX 2000

Конструкції шпинделя токарного верстата показано на рис. 2. Передній підшипник повністю закріплений, а задній підшипник дозволяє вільне осьове розширення та звуження, тому модель шпинделя можна визначити як один кінець нерухомий, а один вільний. На відміну від незалежної платформи для тестування шпинделя, шпиндель на реальному верстаті повністю встановлений у передній бабці, і тепловізор не може отримати тепловізор усього шпинделя.

На щастя, передній підшипник є основним джерелом тепла головного вала і безпосередньо визначає теплову похибку шпинделя, а його теплове зображення можна легко отримати за допомогою тепловізійної камери. Після отримання те-

плогового зображення непотрібну інформацію на зображенні видаляють за допомогою кадрування зображення.

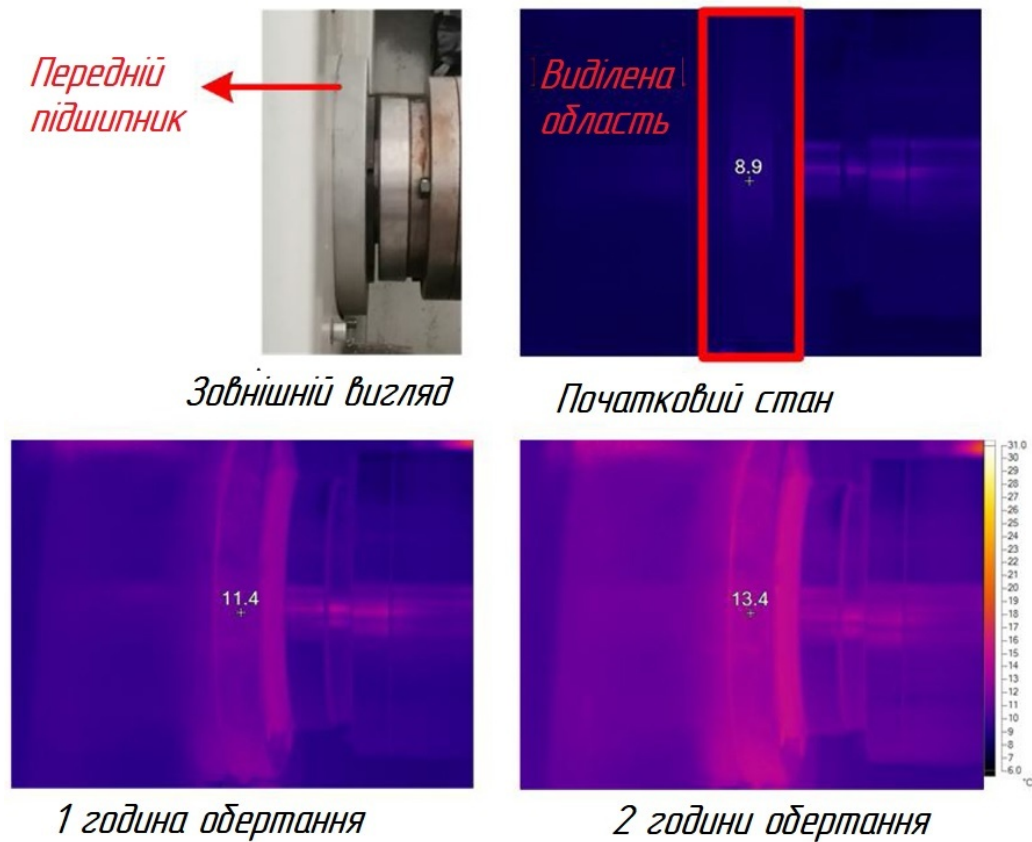


Рисунок 4.10 – Теплове зображення шпинделя при різних температурах

Для компенсації термічної похибки шпинделя токарного верстата розроблений ступінчастий вал складається зі ступінчастих циліндрів з однаковою віссю, а радіальний діаметр поступово зменшується знизу вгору.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Охорона праці

У розділі "Охорона праці" розглянуті такі основні питання: аналіз умов роботи, техніка безпеки, виробнича санітарія та гігієна роботи, пожежна безпека.

14 жовтня 1992 р. Верховна Рада України ухвалила Закон про Охорону праці, на сьогодні він є діючим із змінами від 24.08.2024.

Охорона праці – це система правових соціально-економічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на охорону здоров'я працездатності людини у процесі роботи.

У цій магістерській роботі розробляється деталь Кришка, тому розглянемо заходи, необхідні для створення безпечних умов роботи під час роботи з обладнанням.[29]

Вивчення та вирішення проблем, пов'язаних із забезпеченням здорових та безпечних умов, у яких проходить робота людини – одне з найважливіших завдань у розробці нових технологій та систем виробництва. Вивчення та виявлення можливих причин виробничих нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж, а також розробка заходів та вимог, спрямованих на усунення цих причин, дозволяють створити безпечні та сприятливі умови для роботи людини. Комфортне і безпечне умови роботи – одне із основних чинників, які впливають на продуктивність і безпечність роботи, а також здоров'я працівників.[29]

Збільшення кількості професійних захворювань, нещасних випадків на виробництві, які призводять до травм, а іноді і загибелі людей, все це змушує задуматися про досконалість нашого законодавства в галузі охорони праці.

5.2 Аналіз умов праці

У дипломній роботі проводиться обробка деталі «Кришка», яка обробляється на верстатах різних груп таких як: токарний з ЧПУ DMG MORI NLX 2000, вертикально-фрезерні з ЧПК HAAS VF-3. Верстати підключені до електричного струму з напругою 380V.

При роботі на цих верстатах існують можливості таких небезпечних наслідків : пошкодження кінцівок рук, обличчя, пропалювання одягу гарячою стружкою, що відлітає від небезпечних факторі виробничого середовища таких, як ріжучі та колючі частити машин, механізмів, виліт гарячої стружки, ураження електричним струмом та ін. і шкідливі фактори – недостатній рівень освітлення приміщення, шумовий фон, вібрації. Потрібно бути уважним, щоб уникнути пошкодження пальців рук інструментом, ураженням електричним струмом. Безпека під час транспортування установки та зняття деталі, безпека під час монтажу та ремонту обладнання. Для запобігання таким випадкам необхідно проводити організаційні заходи щодо запобігання виробничому травматизму. Так само треба дотримуватись пожежної безпеки.

Технічні засоби безпеки ділянки, що проектується

Кришка має складну форму масою 3,25 кг. Враховуючи тип виробництва, а також метод отримання заготовки, обробляємо заготовку на універсальному або спеціалізованому устаткуванні. На ділянці технологічного обладнання, що встановлюється, заводом- виробником вже передбачені огорожувальні, запобіжні пристрої, що забезпечують безпечну роботу на цьому обладнанні.

При розстановці обладнання користуються нормативними розмірами відстаней між верстатами в поздовжньому та поперечному напрямку. Ці розміри гарантують зручність виконання робіт на устаткуванні, безпеку робітників, достатню свободу руху людей та транспортних засобів з вантажем, можливість виконання ремонту. Відстань між металорізальними верстатами повинна становити 0,7-1,3м. При використанні електрокар вантажністю до 1т - ширина проїзду повинна бути не менше 2,5м.

Відстань між верстатами вздовж лінії їх розташування 0,9 м. Відстань між задньою стороною верстата та колоною 0,8 м. Відстань між іншими верстатами 1,5 м.

Прокладання силової мережі здійснювалося під час монтажу технологічного устаткування. Силова мережа прокладена в бетонній підлозі цеху та має виведення на розподільні трансформатори.

Для підвищення безпеки персоналу у разі перелічених вище небезпечних і шкідливих чинників розглянемо наступні заходи.

5.3 Техніка безпеки

Автоматизація, з погляду охорони праці, сприяє підвищенню безпеки роботи та її полегшенню.

З кожним роком зростає виробництво та споживання електроенергії, а потім і кількість людей, які у своїй життєдіяльності використовують (експлуатують) електричні пристрої та установки. Тому питання електробезпеки набувають особливої ваги.

Широке застосування в промисловості електродвигунів, електроустановок (напругою понад 380В), нагрівальних приладів, електричних систем управління, що працюють на різних умовах довкілля, потребує підвищеної уваги щодо забезпечення електробезпеки, розробки заходів та засобів, які забезпечують захист людей від впливу електричного струму.

Виробниче приміщення, в якому знаходиться обладнання (згідно з ПУЕ-2017) за ступенем електричної небезпеки відноситься до 3 класу, воно має наступні характеристики: так як є струмопровідний пил у кількості, достатній для проникнення всередину обладнання; струмопровідні підлоги; існує можливість одночасного дотику людини до з'єднання з землею металоконструкціями будівель з одного боку, і до металевих корпусів обладнання з іншого. [12]

Обладнання цеху відносять до I класу електротехнічних виробів, оскільки виріб має робочу ізоляцію та елемент для заземлення. Провід для приєднання до джерела живлення має жилу заземлення та вилку з контактом заземлення.

Відповідно до НПАОП 40.1-1.21-98 для забезпечення електробезпеки необхідно застосовувати окремо або в поєднанні один із таких технічних способів та засобів: захисне заземлення; огорожувальні пристрої; попереджувальна сигналізація.

Захисне заземлення повинно забезпечувати захист людей від ураження електричним струмом при дотику до металевих не струмопровідних частин, які можуть опинитися під напругою через пошкодження ізоляції.

Як захисні засоби необхідно застосовувати огорожу, знаки безпеки, захисне заземлення, ізоляцію струмопровідних частин.

5.4 Розрахунок захисного заземлення

Заземлення – навмисне електричне з'єднання із землею або з її еквівалентом металевих нормально неструмопровідних частин, які можуть опинитися під напругою.

1. Тип заземлювальних пристроїв – контурне заземлення;
2. Конструктивні елементи заземлювального пристрою – вертикальні, сталеві дротики діаметром 50 мм, довжиною 5м;
3. Розрахунковий питомий опір ґрунту. Для розрахунків використовуємо значення питомих опорів ґрунтів, з урахуванням коефіцієнта сезонності, Ом·м:

$$\rho = \rho_{вим} \cdot \Psi, \quad (5.1)$$

де $\rho_{вим}$ - питомий опір ґрунту, отриманий в результаті вимірювання;

Ψ - коефіцієнт сезонності.

Для даної місцевості та групи пісок $\rho_{вим}$ має значення:

$$\rho_{вим} = 700 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

Коефіцієнт сезонності Ψ для і довжини вертикального електрода $L = 5$ м:
 $\Psi = 1,2$.

Тоді розрахунковий питомий опір ґрунту за виразом (5.1):

$$\rho = 700 \cdot 1,2 = 840 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

4. Визначення опору розтікання струму одиночного вертикального заземлення, Ом:

$$R_B = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + 0,5 \ln \frac{4 \cdot t + 1}{4 \cdot t - 1} \right), \quad (5.2)$$

де ρ - розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом м ($\rho=840$ Ом м),

l - довжина заземлення, м ($l=5$ м),

d - діаметр заземлення, м ($d=0,03$ м)

t – глибина закладки половини заземлення, м, що визначається за виразом:

$$t = 0,5 \cdot l + t_0, \quad (5.3)$$

де t_0 – відстань від поверхні землі до верхнього кінця заземлення, м ($t_0=0,65$ м), тоді, згідно з виразом (5.3) отримаємо:

$$t = 0,5 \cdot 5 + 0,65 = 3,15 \text{ м}$$

З урахуванням отриманих даних за виразом (4.2) знаходимо опір розтікання струму одиночного вертикального заземлення:

$$R_B = \frac{840}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 5}{0,03} + 0,5 \ln \frac{4 \cdot 3,15 + 5}{4 \cdot 3,15 - 5} \right) = 130 \text{ Ом}$$

5. Визначення числа заземлювачів, шт.:

$$n = \frac{R_B}{(R_3 \cdot \eta_B)}, \quad (5.4)$$

де R_3 – найбільший допустимий опір заземлювального пристрою, Ом.

Згідно з ПУЕ та обліком НПАОП 40.1-1.21-98 найбільший допустимий опір захисних заземлювальних пристроїв R_3 в електроустановках до 1000 В при потужності джерела струму більше 100 кВт, прийнято $R_3=4$ Ом;

η_B - коефіцієнт використання вертикальних заземлень. Приймаємо $\eta_B=0,72$.

За виразом (4.4) знаходимо необхідну кількість заземлень:

$$n = \frac{130}{4 \cdot 0,72} \approx 46 \text{ шт.}$$

6. Визначення опору розтікання струму горизонтальної сполучної смуги за виразом, Ом:

$$R_{II} = \frac{\rho_6}{2 \cdot \pi \cdot l_1} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_1^2}{b \cdot t_1}, \quad (5.5)$$

де l_1 – довжина сполучної смуги, обумовлена за виразом, м:

$$l_1 = 1,05 \cdot a \cdot n, \quad (5.6)$$

де a - відстань між вертикальними заземленнями ($a=(1 \div 3)=3$ м);

t_1 - глибина закладання смуги, м ($t_1=0,72$ м);

b - ширина смуги, м ($b=0,05$ м).

Тоді за формулою (5.6) знаходимо:

$$l_1 = 1,05 \cdot 3 \cdot 46 = 144,9 \text{ м.}$$

За формулою (5.5) знаходимо опір розтікання струму горизонтальної сполучної смуги:

$$R_{II} = \frac{840}{2 \cdot 3,14 \cdot 144,9} \cdot \ln \frac{2 \cdot 144,9^2}{0,05 \cdot 0,72} = 10,44 \text{ Ом}$$

7. Визначення опору розтікання струму заземлювального пристрою, Ом:

$$R_0 = \frac{R_B \cdot R_{II}}{R_B \cdot \eta_{II} + R_{II} \cdot \eta_B \cdot n}, \quad (5.7)$$

Де η_{II} – коефіцієнт використання горизонтального смугового заземлення, який з'єднує вертикальні заземлення (для розміщення електродів у ряді та кіль-

кості електродів $n=46$ шт. Цей коефіцієнт за таблицею 5 додатка літератури має таке значення $\eta_r = 0,48$.

Підставивши знайдені значення формулу (5.7) отримаємо:

$$R_0 = \frac{130 \cdot 10,44}{130 \cdot 0,48 + 10,44 \cdot 0,72 \cdot 46} = 3,32 \text{ Ом}$$

Відповідно до вимог ПУЕ, отримане значення $R_0=3,32 \text{ Ом}$ вбирається у гранично допустимого опору захисного заземлення $R_3 = 4 \text{ Ом}$, отже, розрахунок зроблено правильно. [33]

Цим забезпечується безпека експлуатації електроустановки..

5.5. Захист від статичної електрики

Можливість накопичення небезпечних електростатичних зарядів визначається як інтенсивністю виникнення (генерації), так і умовами збігу (розсіяння) зарядів. Допустимі рівні напруженості електростатичних полів не повинні перевищувати 20 кВ протягом 1 години (ДНАОП 12.1045-84).

Для запобігання утворенню та захисту від статичної електрики в приміщеннях з лабораторним стендом можна використовувати нейтралізатори та зволожувачі, підлога повинна мати антистатичне покриття, апаратура, яка працює має бути заземлена.[32]

5.6 Організаційні заходи безпеки праці

Для забезпечення безпечної експлуатації обладнання має бути організовано навчання працюючих безпеці роботи, як це викладено у НПАОП 0.00-4.12-05. З цією метою на підприємстві проводиться інструктаж з техніки безпеки, який за характером та часом проведення поділяється на: вступний, первинний, повторний, позаплановий та поточний.

На підприємствах та організаціях усіх галузей промисловості широкого поширення набув адміністративно-суспільний треступеневий контроль за охроною праці.

На першій стадії контроль здійснюється майстром, механіком та громадським інспектором з охорони праці, які щодня на початку та вкінці роботи перевіряють справність машин, наявність та справність захисних засобів. Проводиться п'ятихвилинний інструктаж з техніки безпеки. Щотижня начальник цеху разом із представником комісії з охорони праці здійснюють другу стадію контролю охорони праці на своїх дільницях. На третій стадії контролю головний інженер, інженер з охорони праці, голова комісії з охорони праці, головний механік один раз на місяць перевіряють стан техніки безпеки та виробничої санітарії. Останній ступінь контролю закінчується розширеною нарадою та виданням наказу по підприємству (організації). [32]

5.7 Виробнича санітарія та гігієна праці

Усі виробничі приміщення, обладнання, технологічні процеси мають відповідати вимогам забезпечення здорових та безпечних умов роботи.

Вимоги до виробничого обладнання, так само як і для його розміщення та організації робочих місць, а також вимоги безпеки до організації виробничих процесів і спрямовані на попередження виробничого травматизму, закріплюються у правилах з техніки безпеки. Перелік допускають стандартами (санітарними нормами) рівнів концентрації та інших параметрів, небезпечних та шкідливих виробничих факторів, притаманні виробничим процесам, містить норми виробничої санітарії, які запобігають виникненню професійних захворювань працівників.

Створення здорових та безпечних умов роботи починається з правильного вибору території для розміщення підприємства та раціонального розташування на ній виробничих та допоміжних будівель та споруд.[33]

Завданням служби виробничої санітарії є виконання комплексу заходів, метою яких є оздоровлення умов роботи робітників та підвищення його продуктивності на всіх стадіях технологічного процесу, усунення факторів, які несприятливо діють на здоров'я робітників та попередження професійних захворювань.

5.8 Виробниче освітлення

Для загального освітлення, в приміщенні застосовують люмінесцентні лампи типу ЛБ - білого кольору, ЛТБ - темно-білого кольору. Світильники розташовані вздовж стіни з вікнами, це дозволяє автоматизувати відключення світильників залежно від денного світла.[34]

Для інженерів приймаємо розряд III, під розряд "б".

Освітлення у приміщенні має бути змішаним (природним та штучним). Природне освітлення здійснюється у вигляді бічного освітлення. Розмір коефіцієнта та природного освітлення КПО повинен відповідати нормативним рівням за ДБН В.2.5-28-2018 "Природне і штучне освітлення" при виконанні роботи категорії високої зорової точності КПО має бути не нижче 1,5%. Штучне освітлення слід здійснювати у вигляді комбінованої системи освітлення з допомогою люмінесцентних джерел світла у світильниках загального призначення.

Як джерела загального освітлення рекомендується використовувати люмінесцентні лампи типу ЛБ та ДРЛ з індексом кольору не нижче 70 ($R > 70$). Для запобігання засвічування екранів дисплеїв прямими світловими потоками повинні застосовуватися світильники загального призначення, розташовані між рядами робочих місць. При цьому світильники розташовуються паралельно до вікон.

5.9 Оздоровлення повітряного середовища

Санітарними нормами проектування промислових підприємств передбачаються гранично допустимі концентрації (ДПК) шкідливих речовин повітря робочої зони.

Важливим фактором створення оптимальних метеорологічних умов у виробничих приміщеннях є оздоровлення повітряного середовища засобами вентиляції виробничих приміщень.

Оптимальні умови, зумовлені ДСН 3.3.6.042-99 для роботи оператора: температура приміщення від 22° С в холодну пору року і до 25 ° С в теплу пору року при вологості 40-60% та швидкості руху повітря не більше 0,1 м/с. Допустимі умови – від 21° С до 28° С при вологості до 70%. При нормальній роботі

персональної ЕОМ в атмосферу не виділяється жодних шкідливих речовин, а мікроклімат не піднімається.

Забрудненість повітря в приміщенні може призвести не тільки до захворювань дихальних шляхів людини, а й порушення оптимального режиму роботи обладнання. Забрудненість повітря не повинна перевищувати $0,08 \text{ мг/м}^3$ при розмірі порошин не більше 3 мкм. Повітря, що подається у приміщення, піддається очищенню у системі кондиціонування.[31]

Система вентиляції складається із: загально-обмінної або припливно-втяжної вентиляції (здійснюється за рахунок кондиціонерів та з урахуванням повітряного потоку для забезпечення відповідних мікрокліматичних умов).

5.10 Захист від шуму та вібрації

Шум є несприятливим фактором, що має шкідливий вплив на організм. Тривалий вплив шуму може призвести до розладу та захворювань органів слуху, серцево-судинної та нервової системи.

Вібрація впливає на організм людини, викликаючи нейротрофічні та гемодинамічні порушення. Найбільш небезпечними є коливання із частотами 5-25 Гц внаслідок резонансних явищ у внутрішніх органах людини. Рівень вібрації у приміщенні, де експлуатуватиметься обладнання, не перевищує нормованих значень наведених параметрів, тому немає необхідності в проведенні заходів щодо зниження рівнів шуму та вібрації.

Відповідно до ДБН В.1.2-10:2021 нормованою шумовою характеристикою робочого місця при постійному шумі є рівні звукових тисків у децибелах та октавних смугах.

Реальний рівень звуку в цих приміщеннях не перевищує допустимого значення, тому немає потреби у проведенні заходів щодо зниження рівня шуму.[33]

5.11 Органи управління та кольорове фарбування обладнання

На підприємстві органи управління виробничим обладнанням мають відповідати вимогам ВИМОГам безпеки та захисту здоров'я під час використання

виробничого обладнання працівниками ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 та ДСТУ 12.2.061:2009

Необхідно забезпечити можливість швидкого правильного зчитування показань контрольно-вимірювальних приладів та чіткого сприйняття сигналів.

Поверхні приводних органів управління мають бути виконані з нетоксичних, нетеплопровідних, а в необхідних випадках із електроізоляційних матеріалів.

Робоча поверхня кнопок, призначених для керування пальцем, повинна мати плоску або злегка увігнуту форму. Робоча поверхня кнопок, керованих долонею має бути опуклою (мати грибоподібну форму).[35]

Відстань між найближчими кнопками та перемикачами має бути не менше 15 мм, а при роботі в засобах індивідуального захисту – не менше 25 мм.

У електротехнічних приладах встановлюються такі кольори попереджувальної світлової сигналізації:

червоний – для заборонених та аварійних сигналів;

жовтий – для привернення уваги (попередження про досягнення граничних значень, про перехід на автоматичну роботу тощо);

зелений – для сигналізації безпеки (нормального режиму роботи, дозволу на початок дії тощо).

5.12 Пожежна безпека

Пожежна профілактика – це комплекс організаційних та технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки людей, запобігання пожежі, обмеження її поширення, а також створення умов для успішного гасіння пожежі.

Пожежі можуть виникати внаслідок прояву теплової, іскрової дії електричного струму за умов, сприятливих для запалення горючих матеріалів. Основними причинами пожеж можуть бути: навантаження напруги на проводах, коротке замикання, великі перехідні опори в ланцюгах, електрична дуга або іскріння.

Для оцінки пожежної небезпеки чи іншого технологічного процесу необхідно знати, які вибухонебезпечні речовини чи матеріали у своїй використовуються. За пожежонебезпечністю описуване приміщення цеху відноситься згідно

з ДСТУ БВ 1.1-36: 2016 до категорії «В» – в ньому присутні горючі матеріали в холодному стані. Будівельні матеріали, з яких побудований цех – важко займисті, здатні загорятися і продовжувати горіти лише за постійного впливу стороннього джерела загоряння. Ступінь вогнестійкості (здатність чинити опір впливу пожежі протягом деякого часу при збереженні експлуатаційних функцій) лабораторії дорівнює III (відповідно до ДБН В.1.1-7:2016).

Система запобігання пожежі є комплексом організаційних заходів та технічних засобів, спрямованих на виключення умов виникнення пожежі, і містить у собі: запобігання утворенню пального середовища; запобігання утворення в паливному середовищі джерел запалювання.[35]

Для ліквідації пожеж у початковій стадії застосовуються первинні засоби пожежогасіння: внутрішні пожежні водопроводи, вогнегасники ручні та пересувні, сухий пісок, азбестові ковдри та ін. Пожежні крани необхідно встановлювати в коридорах, на сходових майданчиках, біля входів, тобто у доступних та помітних місцях.

Система протипожежного захисту містить у собі:

- застосування засобів пожежогасіння та відповідних видів пожежної техніки. Для ліквідації пожежі передбачається два переносні вуглекислотні вогнегасники ОУ-5 відповідно до Правил експлуатації та типові норми належності вогнегасників. Необхідно обмежувати застосування води для гасіння дорогого електронного обладнання, яке від впливу води входить у непридатний стан;

- Застосування автоматичної установки пожежної сигналізації.

- застосування основних будівельних конструкцій об'єктів з регламентованими межами вогнестійкості. У цьому приміщенні стіни виготовлені із залізобетону, межа вогнестійкості якого 2,5 години, двері та вікна мають вогнестійкість 1,2 години. Металеві будівельні конструкції покриті фарбою, що призводить у разі виникнення пожежі до збільшення їх термічного опору;

- Організацію своєчасної евакуації людей.

Особливого значення необхідно надавати питанням вимушеної евакуації людей під час пожежі. Евакуаційні шляхи – це шляхи, які ведуть до евакуаційних виходів.

Організаційно-технічні заходи включають організацію навчання працівників правилам пожежної безпеки, розробку заходів щодо дій адміністрації та працівників у разі виникнення пожежі. Обслуговуючий персонал повинен знати, у яких випадках і які засоби пожежогасіння необхідно користуватися, і вміти застосовувати їх у практиці. Усі працівники періодично проходять інструктаж з техніки безпеки та здають залік, який реєструється у спеціальному журналі.

5.13 Цивільна оборона. Захист при аваріях на хімічно-небезпечних об'єктах

Захисні заходи на хімічно-небезпечних об'єктах.

Особливістю хімічних аварій є висока швидкість формування та дії вражаючих факторів, що викликає необхідність вживання оперативних заходів захисту. Тому захист персоналу та населення від аварійно хімічно-небезпечних речовин організовується наскільки можна заздалегідь, а при виникненні аварій проводиться у мінімально можливих термінах.

Захист від аварійно хімічно-небезпечних речовин при аваріях на хімічно-небезпечних об'єктах – це комплекс організаційно-технічних заходів, що проводяться з метою виключення чи максимального зниження кількості постраждалих та запобігання чи зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

До складу захисних заходів на хімічно-небезпечних об'єктах входять:

- повсякденний хімічний контроль роботи об'єкта;
- виявлення факту та хімічна розвідка району аварії;
- попередження (оповіщення) персоналу та населення про загрозу ураження;
- оцінка та прогнозування хімічної обстановки;
- використання засобів індивідуального та колективного захисту;
- тимчасова евакуація населення із загрозливих районів;
- пошук та надання медичної допомоги постраждалим;
- локалізація та ліквідація негативних наслідків аварій на інфраструктуру об'єкта та навколишнє середовище.

Розглянемо деякі з цих заходів докладніше.

Хімічний контроль та хімічна розвідка на хімічних підприємствах

Перша інформація про формування небезпечних концентрацій аварійно хімічно-небезпечних речовин при аварії, напрями поширення зараженого повітря, як правило, надходить у ході повсякденного хімічного контролю від стаціонарних хімічних датчиків, що встановлюються в цехах, на території підприємства та у санітарно-захисній зоні навколо нього. На основі цієї інформації та з урахуванням метеорологічної обстановки організується проведення хімічної розвідки.

Хімічна розвідка спрямована на виявлення хімічної обстановки в районі аварії, що досягається:

розвідкою району аварії для визначення меж та зони зараження аварійно хімічно-небезпечними речовинами;

оцінкою кількості викинутих аварійно хімічно-небезпечних речовин та ступеня зараження місцевості та повітря;

визначенням напрямів поширення рідкої та парогазової фази аварійно хімічно-небезпечних речовин.

Для вирішення завдань хімічної розвідки використовуються переносні експресивні засоби. До них належать газоаналізатори, індикаторні плівки, індикаторні трубки.

Поширеними засобами газового експрес-аналізу є індикаторні трубки, дія яких ґрунтується на кольорових (калориметричних) реакціях аварійно хімічно-небезпечних речовин зі спеціально обраною індикаторною рецептурою. Індикаторні трубки мають таку чутливість, яка дозволяє визначати аварійно хімічно-небезпечних речовин на рівні значень їх ГДК (гранично-допустимої концентрації).

З числа приладів, що використовують індикаторні трубки, найбільш поширені визначення шкідливих хімічних речовин - газовизначники серії ГХ і універсальні газоаналізатори УГ-2 і УГ-3. УГ-2 складається з наступних складових елементів: штока, індикаторної трубки, повітрязабірного пристрою, ампул з індикаторним порошком, шкали, ремня та гумової трубки. У зв'язку з тим, що через індикаторну трубку пропускається чітко визначений обсяг аналізованого по-

вітря, довжина пофарбованого шару індикаторної трубки пропорційна концентрації аварійно хімічно-небезпечних речовин в повітрі, що аналізується.

Недоліки газоаналізаторів УГ-2 у тому, що оператору необхідно готувати індикаторну трубку до роботи; тривалість визначення за часом; перелік обумовлених аварійно хімічно-небезпечних речовин обмежений (див. таблицю там само).

Хімічна розвідка при аваріях на хімічно-небезпечних об'єктах може вестись і військовими засобами, до яких належить військовий прилад хімічної розвідки – ВПХР. До складу ВПХР входять: ручний насос, насадка, ковпачки, протидимові фільтри, патрони до грілки, ліхтар, грілка, штир, лопатка, касета з індикаторними трубками.

ВПХР використовується для визначення фосфорорганічних сполук, а також таких аварійно хімічно-небезпечних речовин як синильна кислота, хлор, фосген (дифосген). Дія приладу ґрунтується на використанні індикаторних трубок. (Пристрій пропонується самостійно вивчити за підручником [2, с. 63-65]).

Засоби захисту від аварійно хімічно-небезпечних речовин при аваріях.

Засоби індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗ ОД) поділяються на фільтруючі та ізолюючі.

Фільтруючі забезпечують захист в умовах достатнього вмісту вільного кисню в повітрі (не менше 18%) та обмеженого вмісту хімічно-небезпечних речовин.

Ізолювальні ЗІЗ ОД забезпечують захист в умовах недостатнього вмісту кисню та необмеженого вмісту хімічно-небезпечних речовин.

Фільтруючі ЗІЗ ОД за видом захисту поділяються на:

протипилові – для захисту від аерозолів,

протигазові – для захисту від парогазоподібних речовин,

газо-пилезахисні – для захисту від пароподібних хімічно-небезпечних речовин та аерозолів одночасно.

Ізолювальні ЗІЗ ОД за ступенем незалежності використання поділяються на:

шлангові, які забезпечують подачу придатного для дихання повітря з чистої зони,

автономні, які забезпечують подачу дихальних сумішей із індивідуального джерела повітропостачання.

Фільтруючі ЗІЗ ОД діляться на респіратори, протигази та найпростіші засоби захисту.

Фільтруючі респіратори являють собою полегшений засіб для захисту органів дихання від шкідливих газів, парів та аерозолів. Очищення вдихуваного повітря здійснюється за рахунок фізико-хімічних процесів (адсорбція, хемосорбція і каталіз), а від аерозольних домішок – за рахунок фільтрації через волокнисті матеріали [4] .

За конструктивним оформленням респіратори поділяються на респіратори з напівмаскою і елементом, що фільтрує, і респіратори у вигляді фільтруючих напівмасок. У перших повітря, що вдихається, очищається в фільтруючих змінних патронах, що приєднуються до напівмаски, у других – матеріалом напівмаски.

Фільтруючі протигази призначені для захисту органів дихання, обличчя та очей від парогазоподібних речовин та аерозолів при об'ємній частці вільного кисню в повітрі не менше 18% та сумарній об'ємній частці парогазоподібних шкідливих домішок не більше 0,5%. Вони поділяються на протигази

для особового складу ВС (загальновійськові та спеціальні),

для формувань ГО та населення (цивільні) та

для працівників шкідливих виробництв (промислові).

До цивільних відносяться протигази ДП-5 (ГП-5М) та ДП-7 (ГП-7В). Протигаз ДП-5 (ГП-5М) призначений для захисту органів дихання, очей та обличчя людини від отруйних речовин (ОР), радіоактивного пилу (РП), біологічних аерозолів (БА) та інших шкідливих домішок.

До складу комплекту протигазу ГП-5 (ГП-5М) входять: фільтруюча-поглинаюча коробка малих габаритних розмірів, лицьова частина, сумка, плівки, що не запітнюють. У зимовий час лицьові частини доукомплектовуються манжетами, що утеплюють. Протигаз ГП-5М відрізняється від протигазу ГП-5 ли-

цьовою частиною, яка у своєму герметизуючому корпусі має переговорний пристрій. Маса протигазу у комплекті близько 1 кг. У зимових умовах при температурі нижче мінус 10° С для попередження зледеніння скла окулярів на них надягають утеплювальні манжети з другим склом. Призначення протигазу ГП-7 (ГП-7В) аналогічно до призначення протигазу ГП-5, Протигаз ГП-7В дозволяє здійснювати прийом води в зараженій атмосфері.

Для захисту органів дихання від окису вуглецю (чадний газ – CO) застосовується комплект додаткового патрона ДП-2 протигазу ДП-5.

Для працюючих на хімічно-небезпечних об'єктах для захисту органів дихання застосовуються засоби індивідуального захисту фільтруючого типу промислового призначення (промислові протигazi).

Промислові протигazi комплектуються фільтруючими коробками великих і малих габаритних розмірів, спеціалізованими за призначенням і літерними позначеннями, що маркуються, і кольором забарвлення.

Призначення коробок промислових фільтруючих протигазів наведено у таблиці.

Час захисної дії промислових протигазів залежить від типу аварійно хімічно-небезпечних речовин і їх концентрації та знаходиться в межах від 45 хв до 2-3 годин, і тільки для парів ртуті (коробка Г) воно становить до 500 годин.

Ізолювальні шлангові протигazi забезпечують людину чистим повітрям, що подається в лицьову частину захисного пристрою по шлангу шляхом самовсмоктування або примусово. Вони застосовуються в основному при нестачі кисню (менше 18% за обсягом) у повітрі робочої зони, а також у тих випадках, коли склад хімічно-небезпечних речовин невідомий або спостерігаються підвищені концентрації їх з будь-якими фізико-хімічними властивостями.

Ізолюючі автономні дихальні апарати за часом їх використання бувають одноразовими та багаторазовими, які заправляються чистим повітрям.

Засоби захисту шкіри (ЗЗШ) – це спеціальний одяг, що повністю ізолює людину або ділянки тіла. У промисловості застосовуються як ЗЗШ: костюм ізолюючий хімічний КІХ-4 (КІХ-5), костюм захисний аварійний КЗА, захисний ізолюючий комплект І-20 з саморятівником СПІ-20, що вентилюється, та ін.

Штатними засобами захисту шкіри забезпечуються лише формування цивільного захисту, які працюють у зонах хімічного зараження.

До підручних засобів захисту шкіри відноситься звичайний щільний одяг та одяг, просочений складом миючих засобів.

Засоби захисту від аварійно хімічно-небезпечних речовин

Укриття у захисних спорудах.

Для захисту від аварійно хімічно-небезпечних речовин можуть використовуватись об'єкти колективного захисту, до яких належать притулки різного типу.

Сховища – це захисні споруди герметичного типу, що забезпечують захист персоналу підприємств і населення від аварійно хімічно-небезпечних речовин та вражаючих факторів ядерного вибуху, а також від бойових небезпечних речовин та біологічних аерозолів. Докладно облаштування сховищ та їх характеристики будуть розглянуті в наступних темах. Розглянемо лише захисні властивості сховищ від аварійно хімічно-небезпечних речовин.

Сховище обладнується фільтровентиляційною установкою (ФВУ), яка складається з фільтрів-поглиначів (ФП-100, ФВУ-200, ФП-300), ручного або електричного ручного вентилятора, повітроводів. ФВУ може працювати в 2-х режимах: чистої вентиляції та фільтровентиляції. При першому режимі зовнішнє повітря очищається від пилу, а за другого – від аварійно хімічно-небезпечних речовин, небезпечних речовин, радіоактивного пилу та біологічних засобів ураження.

У сховищах малої та середньої місткості застосовуються, як правило, фільтровентиляційні агрегати ФВА-49. Один агрегат ФВА-49 забезпечує подачу повітря у кількості 300 м.куб/год. при режимі вентиляції та 400-450 м.куб/год. при режимі чистої вентиляції.

Завдяки тому, що ФВУ нагнітає у сховище повітря, усередині нього створюється повітряний підпор, тобто тиск повітря всередині сховища стає вищим, ніж атмосферний. Цим компенсується неповна герметичність сховища.

У районах масових пожеж низький вміст кисню та підвищений вміст вуглекислого газу в атмосфері не дозволяє використовувати зовнішнє повітря для повітропостачання за режимом фільтрування вентиляції. У цьому випадку scho-

вище переводять у режим повної ізоляції з регенерацією внутрішнього повітря. На режим повної ізоляції сховища перекладається також при невідомому складі аварійно хімічно-небезпечних речовин, за наявності у повітрі речовин з низькою температурою кипіння та погано сорбуючих органічних речовин (метану, етану та ін.), при високих концентраціях багатьох аварійно хімічно-небезпечних речовин. Регенерація внутрішнього повітря сховищ може здійснюватися за допомогою регенеративних патронів типу РП-100 або регенеративних установок конвекційного типу.

Водночас перебування людей у сховищах навіть протягом 1-2 діб може призвести до виникнення медичних, гігієнічних та інших проблем. За відсутності сховищ або інших герметичних укриттів можна тимчасово, хоча б на період проходження первинної хмари, рекомендувати населенню залишатися у своїх житлових та службових приміщеннях, вживши заходів щодо їх герметизації.

Тимчасова евакуація населення із зони зараження аварійно хімічно-небезпечних речовин

Тимчасова евакуація населення та персоналу передбачає їх виведення із можливого району хімічного зараження з метою виключення чи зменшення ступеня ураження.

Враховуючи швидкоплинність розвитку аварії на ХГО, слід зазначити, що найбільш ефективно тимчасова евакуація населення може бути проведена до підходу первинної хмари АХІВ. Її слід організовувати за маршрутами наскільки можна перпендикулярним напрямом вітру.

Медична допомога постраждалим під час аварії на хімічно-небезпечних об'єктах

На місці аварії надається, як правило, перша медична допомога. При цьому проводяться такі заходи медичної допомоги:

екстрене припинення надходження отрути в організм (винос, виведення уражених із зони зараження, їх санітарна обробка, використання засобів індивідуального захисту);

прискорене виведення отрути з організму (застосування блювотних, проносних засобів);

відновлення та підтримання функціональних систем організму (реанімаційні заходи);

киснева інгаляція при гострих отруєннях небезпечними хімічними речовинами;

використання лікарських (антидотів) засобів профілактики та лікування отруень аварійно хімічно-небезпечними речовинами.

Подальша медична допомога постраждалим після евакуації в медичних закладах.

Властивості аміаку та хлору, що враховуються при наданні першої допомоги.

Аміак

Аміак, NH_3 – речовина задушливого і нейронної дії. Газ з різким запахом, добре розчиняється у воді.

Вибухонебезпечність і самозаймання:

Горить при наявності постійного джерела вогню. Пари утворюють у повітрі вибухові небезпечні суміші.

Середня вражаюча токсична доза - 7,57 р. хв./м.куб

Ознаки ураження

Діє на нервову систему і мозок, порушує згортання крові, порушує почуття рівноваги, знижує больову чутливість, викликає запаморочення. При гострому отруєнні помутніння кришталика, охриплість.

За малої концентрації – подразнення очей і верхніх дихальних шляхів. При середніх – сильне подразнення очей, носа, часте дихання, головний біль, почервоніння обличчя. При високих — різке подразнення слизової оболонки рота і верхніх дихальних шляхів, очей, задуха .

Заходи першої допомоги

Винести постраждалих із зони зараження. Очі і шкіру промити водою протягом 10 хв. Замінити одяг. Гірчичники на горло. При порушенні дихання застосувати штучне дихання.

Хлор

Хлор, Cl₂ – газ задушливої дії. Зелений-жовтий, мало розчинний у воді. Сильний окиснювач. Важчий за повітря. Накопичується у підвалах, низинах.

Вибухонебезпечність і займистість

Вибухонебезпечний при змішуванні з воднем, негорючий, але підтримує горіння багатьох органічних речовин. Ємності при нагріванні вибухають.

Середня вражаюча токсична доза - 0,6 г. хв./м.куб

Ознаки ураження

Подразнює дихальні шляхи, може викликати набряк легень.

При незначних концентраціях почервоніння піднебіння і горла, бронхіт, задишка, захриплість. При високих концентраціях може наступити блискавична смерть внаслідок ураження дихального центру. Посиніння обличчя, втрата свідомості. При дії хлору в крові порушується вміст вільних амінокислот і знижується активність деяких оксидів.

Заходи першої допомоги

Постраждалого винести на свіже повітря. Дати зволожений кисень. Штучне дихання. Спокій, зігрівання. Слизову і шкіру промити 2% розчином соди 15 хв.

Способи та засоби ліквідації наслідків аварій на хімічно-небезпечних об'єктах.

Насамперед, при ліквідації аварій та їх наслідків вживаються заходи щодо обмеження та припинення викиду (відпливу) аварійно хімічно-небезпечних речовин, локалізації хімічного зараження, попередження зараження ґрунту та ґрунтових вод.

Обмеження та припинення викиду (витоку) аварійно хімічно-небезпечних речовин здійснюється перекриттям кранів та засувок на магістралях їхньої подачі до місця аварії, закладенням отворів на магістралях та ємностях за допомогою бандажів, хомутів, заглушок, перекачуванням рідини з аварійної ємності в запасну.

Обмеження розтікання аварійно хімічно-небезпечних речовин здійснюється обвалуванням речовини, що розлилася, скиданням аварійно хімічно-небезпечних речовин в природні заглиблення (ями, канави, кювети), обладнан-

ням спеціальних пасток. Під час проведення робіт необхідно запобігти попаданню аварійно хімічно-небезпечних речовин у річки, озера, підземні комунікації, підвали будівель та споруд тощо. Це робиться з використанням бульдозерів, скреперів, екскаваторів та іншої техніки.

Для обмеження глибини поширення парогазової фази можуть застосовуватись такі засоби:

- поглинання парогазової фази за допомогою водяних завіс;
- поглинання рідкої фази шаром сипких адсорбуючих матеріалів (грунт, пісок, шлак, вугілля та його пил, керамзит, тирсу);
- ізоляція рідкої фази пінами, плівковими матеріалами;
- знешкодження аварійно хімічно-небезпечних речовин розчинами хімічно-активних реагентів.

Дрібнодисперсні водяні завіси на напрямі поширення хмари зараженого повітря створюються зазвичай за допомогою пожежних машин (мотопомп) та інших високонапірних агрегатів; вони повинні забезпечувати тиск струменя води щонайменше 0,6 МПа. При менших тисках зазвичай необхідна дисперсність крапель води, здатних поглинати парогазову фазу аварійно хімічно-небезпечних речовин не досягається [3].

У воду під час створення водяних завіс додаються нейтралізуючі речовини, відповідні типу аварійно хімічно-небезпечних речовин.

При випаровуванні вибухостійких інгаляційно-небезпечних аварійно хімічно-небезпечних речовин може здійснюватися постановка відсічних вогневих завіс, що забезпечують підйом хмари зараженого повітря на висоту, де вона не становить небезпеки для людей.

Поглинання рідкої фази аварійно хімічно-небезпечних речовин шаром сипучих адсорбентів може здійснюватися розсипанням (насуванням) матеріалу на рідку фазу. При цьому шар адсорбенту повинен бути не менше 10-15 см. Забруднений сипкий матеріал і верхній шар ґрунту при необхідності збирається у спеціальні ємності для подальшого вивезення до місця дегазації (нейтралізації). Заповнення цих ємностей проводиться на 2/3 обсягу наступної добавки дегазаторів (нейтралізаторів). У тих випадках, коли умови охорони навколишнього середо-

вища дозволяють проводити дегазацію (нейтралізацію) на місці, забруднений адсорбент чи ґрунт не збирається та не вивозиться. Їх дегазація (нейтралізація) проводиться на місці обробкою рідкими рецептурами чи твердими дегазуючими (нейтралізуючими) речовинами. При аваріях з горючими речовинами найбільші забруднені ділянки можуть піддаватися випалюванню. Для цього ґрунт заливають паливом (гасом) і підпалюють.

Ізоляція рідкої фази аварійно хімічно-небезпечних речовин піною здійснюється з метою зменшення їх випаровування. Більш того, в піну можуть вводитися дегазуючі (нейтралізуючі добавки, які вступаючи в реакцію з аварійно хімічно-небезпечними речовинами, утворюють нетоксичні або малотоксичні речовини. Для отримання піни і покриття ними рідких аварійно хімічно-небезпечних речовин використовують піногенератори пожежних машин.

Найбільш доступним способом зниження швидкості випаровування аварійно хімічно-небезпечних речовин є розведення рідкої фази струменем води або розчинами нейтралізуючих речовин. Вода або розчини нейтралізуючих речовин можуть подаватися в осередок аварії дрібнодисперсним або компактним струменем. Дрібно-дисперсний струмінь, що подається у вигляді «парасольки», забезпечує дегазацію (нейтралізацію) як рідкої фази, так і абсорбцію, і одночасно дегазацію (нейтралізацію) парів випаровування аварійно хімічно-небезпечних речовин. Компактний струмінь використовується для нейтралізації концентрованих кислот, окиснювачів та інших речовин, що бурхливо реагують з водою.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі було проведено аналіз конструкції деталі "Кришка" та базового технологічного процесу її виготовлення. На основі отриманих результатів розроблено новий технологічний процес, який враховує сучасні вимоги до якості, точності та економічності виробництва.

Розроблений технологічний процес базується на проведеному техніко-економічному аналізі, який підтвердив доцільність обраного способу отримання заготовки, конструктивних рішень і послідовності технологічних операцій. Деталь "Кришка" відповідає всім встановленим вимогам, що забезпечує можливість її якісного виготовлення з використанням запропонованого підходу.

У конструкторській частині було спроектовано верстатні пристрої для обробки деталі, зокрема пристосування з механічним затискачем, а також інструмент для перевірки перпендикулярності торця і круглості отвору.

Дослідження коливальних характеристик консольних двоступінчастих борштанг вказало на те, що для забезпечення мінімальної амплітуди коливань під час обробки необхідно дотримуватись оптимальної пропорційності довжин ступенів борштанги. Однак максимальна жорсткість конструкції досягається лише при зміні цих пропорцій.

Умови праці на механічній дільниці, де виготовляється деталь "Кришка", повністю відповідають чинним санітарно-гігієнічним нормам та вимогам законодавства України щодо охорони праці, що забезпечує безпечне та комфортне середовище для працівників.

Отримані результати та рекомендації можуть бути використані для вдосконалення виробничого процесу на інших підприємствах машинобудівної галузі.

Умови праці на механічній дільниці виготовлення деталі Кришка відповідають усім санітарно-гігієнічним нормам встановленим законодавством та нормативними документами України щодо охорони праці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технологія машинобудування. Навчальний посібник / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.
2. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник / Юрчишин І.І. та ін. Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.
3. Якимов А.В., Царюк В.Н., Якимов В.А. и др. Технология машиностроения: Учебник для студ. машиностр. вузов. / Под редакцией Якимова А.В. Одесса: Астропринт, 2012. 784с., ил.
4. <https://www.haascnc.com/uk/machines/vertical-mills/vf-series/models/small/vf-2.html>
5. Гевко Б.М. Технологія обробки на верстатах з ЧПК: Навчальний посібник. [Текст] / Гевко Б.М., Матвійчук А.В. Тернопіль: ТДТУ, 2004. 131 с.
6. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. 386 с.
7. Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В.О. Залога, О.О. Залога, В.Д. Гончаров; за загальн. ред. В.О. Залого. Суми: Сумський державний університет, 2013. 371 с.
8. Родін П.Р. і др. Металорізальні інструменти. В 2-х ч. / П.Р. Родін, Ю.М. Бугай, Н.С. Равська, В.І. Солодкий. Київ, «Вища школа», 1993. Ч.1. 226 с., іл.
9. Данюк В. М., Абрамов В. М. Нормування праці. К.: ВІПОЛ, 1995. 465 с.
10. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПК. / В. А. Кирилович, П. П. Мельничук, В. А. Яновський ; під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.
11. Гордєєв А.І., Урбанюк Є.А., Безносів А.Є., Мігаль В.Г. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних верстатів. Навчальний посібник, ХНУ, 2005, 300 с.

12. Гордєєв А. І. Урбанюк Є.А., Сілін Р.С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.
13. Сторож Б. Д., Карпик Р. Т., Гордєєв А. І. Точність верстатних пристроїв машинобудівного виробництва: Навчальний посібник / За ред. Р.Т. Карпика. Хмельницький: ХДУ, 2003. 222 с., іл.
14. Желєзна А.М., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. К.: Кондор, 2004. 796 с.
15. Контрольна робота з дисципліни "Проектування контрольно-вимірювальних пристроїв" Вінниця, 2015. 13 с.
16. П.А. Лінчевський та ін.. Обробка деталей на обробно-розточувальних верстатах / П.А. Лінчевський, Т.Г. Джугурян, О.А. Оргян, за заг. ред.. П.А. Лінчевського. – К.: Техніка, 2000. – 300с. ISBN 966-575-048-8
17. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів. Афіша 2004. 248 с.
18. Катренко Л. А., Пістун І. П. Охорона праці в галузі освіти. Суми: Університетська книга, 2001. 345 с.
19. SANDVIK COROMAT [Електронний ресурс] // www.sandvik.coromant.com. 2021. Режим доступу до ресурсу: <https://www.sandvik.coromant.com/ruru/products/pages/technologies.aspx#inveio>.
20. <http://ecat.secotools.com/>

ДОДАТКИ