

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти магістра

Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець КМД
Назва теми

08-604» із застосуванням верстатів з ЧПК

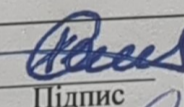
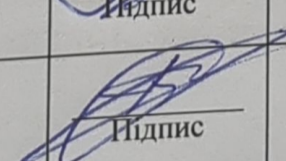
Рівень вищої освіти другий (магістр)

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.24.02.ПЗ

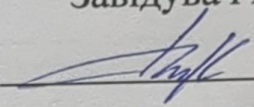
Виконав студент <u>2</u> курсу група <u>ПМТм-23-1</u> Шифр	 Підпис	<u>Олександр БЕРЕЖНИЙ</u> Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
Керівник <u>канд. техн. наук, доцент</u> Науковий ступінь, звання	 Підпис	<u>Володимир МИЛЬКО</u> Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
Нормоконтролер <u>канд. техн. наук, доцент</u>	 Підпис	<u>Сергій БИСЬ</u> Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
До захисту допускаю: Завідувач кафедри <u>технології машинобудування</u> Назва	 Підпис	<u>Віталій ТКАЧУК</u> Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
Дата « <u> </u> » <u>2023</u>		

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 ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

Бережного Олександра
Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець КМД 08-604» із застосуванням верстатів з ЧПК
керівник роботи Милько Володимир Володимирович, к.т.н., доцент
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 проєкту (роботи) кресленик деталі Фланець КМД 08-604 та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску 1,5 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 та

5 Перелік графічного матеріалу: кресленик деталі із 3D моделлю (1 лист А2); графотехнологія (1 лист А1); кресленик карти наладки (1 лист А2); кресленик верстатного пристрою (1 лист А1); кресленик контрольного калібру (1 лист А2)

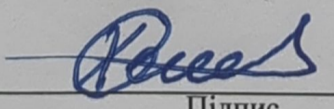
6 Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

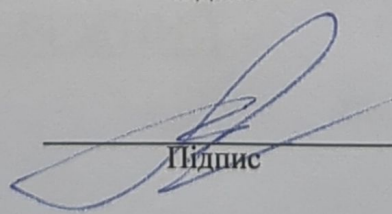
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання 3.09.2024

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 та безпека при надзвичайних ситуаціях	15.11.2024	

Студент  Підпис Олександр БЕРЕЖНИЙ Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проекту (роботи)  Підпис Володимир МИЛЬКО Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Бережний Олександр Миколайович на захист дипломного проекту (роботи)

(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець КМД 08-604» із застосуванням верстатів з ЧПК

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

ОЛЕТ ПОЛІЩУК

Декан факультету

(підпис)

(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Бережний О. М. 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 0,00 %, добре 83,33 %, задовільно 16,67 %. шкалою ЄКТС: А 6,25 %, В 0,00 %, С 68,75 %, D 25,00 %, Е 0,00 %.

Методист факультету

(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент

Бережний Олександр Миколайович продемонстрував себе на високому професійному рівні. Його рішення та новітні рішення змислу сформували вирішальну роль у виконанні роботи з проблем у безпечній сфері.

Оцінка дипломного проекту (роботи)

Керівник дипломного проекту

(підпис)

(ім'я, прізвище)

" 23 " 12 2024 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проект (роботу) розглянуто. Студент Бережний О. М. допускається до захисту цього проекту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

ТМ

(назва)

(підпис, ім'я, прізвище)

" 27 " грудня 2024 р.

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ ТМ

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 Ідентифікація ТМ безпосередньо "Пашов"
Автор Олександр Бучинський

Освітня програма технології машинобудування
Спеціальність: сервочас механіка

Науковий керівник: Колодійчук Микола
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:
17,7% Strikerplagiarism
10% Antiplagiarism

Дата

Завідувач кафедри [Підпис] Віталій Ткачук
Підпис Ім'я, прізвище

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

Керівник кваліфікаційної роботи [Підпис] Колодійчук Микола
Підпис Ім'я, прізвище

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну магістерську роботу
Бережного Олександра Миколайовича
на тему Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець КМД
08-604» із застосуванням верстатів з ЧПК

Тема роботи є актуальною і цікаво для сучасного виробництва. Робота скерована на вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець КМД 08-604»

У цій магістерській роботі автор запропонував та вирішив наступні задачі: запропоновано новий технологічний процес виготовлення деталі «Фланець КМД 08-604» 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 «Фланець КМД 08-604» 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.

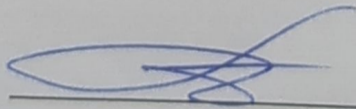
В розділі охорона праці приведено вимоги для продуктивної роботи.

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



Багак О.Т

«23» грудня 2024р.

Завідувачу кафедри

технолог машинобуду
Віталію Печуку

здобувача вищої освіти (студента

ПІБ, факультет, «курс», «група»)

Олександр Березного

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.

20.12.24

дата

підпи

Abstract

Topic of the work: Improvement of the technological process of manufacturing the part "Flange KMD 08-604" using CNC machines

The explanatory note includes 75 pages and appendices with specifications of drawings, technological documentation and a program for a CNC machine. The graphic component of the work consists of 9 sheets of A1 format. According to the task, there was a machining process for manufacturing Flange KMD 08-604 with an annual production program of 5 thousand pieces.

The explanatory note contains all the necessary calculations and sections corresponding to the requirements of the work. The general section analyzes the technical conditions, based on the functional purpose of the product, factory technological processes and the latest achievements in the manufacture of similar products. This forms the initial tasks, which are considered in detail in the subsequent parts of the project. The sequence of operations of the technological process, the choice of technological bases, the method of processing and equipment are justified, in addition, the calculation of allowances for machining, cutting modes is presented.

The design of the fixture for processing the part, the control fixture and the cutting tool has been developed. Measures to optimize working conditions to reduce the risk of accidents at the enterprise have been analyzed.

Author of the work:

Oleksandr BEREZHNYI

2024

Signature

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Аналіз технологічності деталі	9
1.2 Визначення типу виробництва	11
1.3 Техніко-економічне обґрунтування способу отримання заготовки	14
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	18
2.1 Проектування технологічного процесу механічної обробки деталі	18
2.1.1 Проектування маршрутного технологічного процесу	18
2.2 Обґрунтування послідовності операцій технологічного процесу	20
2.3 Обґрунтування вибору технологічних баз	21
2.4 Обґрунтування методу обробки і обладнання	22
2.5. Розрахунок припусків на механічну обробку	22
2.6 Розрахунок режимів різання	25
2.7 Технічне нормування технологічного процесу механічної обробки	31
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	33
3.1 Опис конструкції пристосування	33
3.2 Розрахунок пристосування на точність обробки	33
3.3 Розрахунок міжремонтного періоду пристосування	37
3.4 Розрахунок вихідного зусилля закріплення	38
3.5 Вибір приводу та його основних параметрів	40
3.6 Ріжучий інструмент	41
3.6.1. Різець прохідний	41
3.7 Контрольне пристосування	44
4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	46
4.1 Моделювання процесу різання	46
4.2 Розмірне моделювання технологічного процесу	53
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	59
5.1 Аналіз умов праці виробничих приміщень машинобудівних підприємств	59

5.2 Електробезпека	64
5.3 Освітлення виробничих приміщень машинобудівних підприємств	67
ВИСНОВКИ	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	73
ДОДАТКИ	75

ВСТУП

Розвиток та підвищення ефективності машинобудування можливе при суттєвому зростанні рівня автоматизації виробничого процесу. В останні роки значного поширення набули роботи зі створення нових високоефективних автоматизованих механозбірних виробництв та реконструкції діючих виробництв на базі використання сучасного обладнання та засобів управління усіма етапами виробництва. У машинобудуванні впроваджується виробниче устаткування, оснащене системами числового програмного управління та мікропроцесорною технікою, на його основі створюються автоматизовані ділянки та цехи, керовані від ЕОМ.

Основою виробничого процесу є докладно розроблена технологічна частина, що свідчить про пріоритетну роль технолога у виробництві виробів машинобудування. Активну участь технолог повинен брати не тільки в процесі виготовлення виробів, а й у роботі таких допоміжних систем, як системи інструментозабезпечення, контролю якості виробів, складської, охорони праці обслуговуючого персоналу, транспортного, технічного обслуговування та управління, а також підготовки виробництва.

Таким чином, коло завдань, які стоять перед технологом, не закінчуються лише вмінням проектувати технологічні процеси виготовлення виробів; воно повинно вирішувати весь комплекс питань, пов'язаних із побудовою виробничого процесу: добре розумітися на економіці, організації та управлінні виробництвом.

У зв'язку з цим у даному проекті були внесені зміни до базового технологічного процесу, спрямовані на скорочення часу обробки та поліпшення якості деталі, що виготовляється. Для цього було спроектовано та розраховано верстатний пристрій для фрезерування поперечних пазів, а також контрольний пристрій для перевірки радіального та торцевого биття. Розроблено технологічний процес обробки прохідного різця з механічним кріпленням

пластин. Було змодельовано процес різання та проведено розмірний аналіз деталі за допомогою програмного забезпечення.

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз технологічності деталі

Деталь фланець входить до складу ходової частини моста. Ходова частина комбайна складається з балки мосту та двох пневматичних коліс.

На кінцях балки приварені кронштейни для кріплення коліс. З лівого боку балки моста приварений важіль, що має два плеча з трьома парами отворів. Отвори меншого плеча використовуються для приєднання тяги, що з'єднує міст зі спицею; отвори більшого плеча – для приєднання силового гідроциліндра та механізму фіксації. Балка мосту шарнірно закріплена у підшипниках ковзання рами комбайна.

Осі ходових коліс розташовані на одній прямій, кріпляться у втулках кронштейнів балки моста та фіксуються болтами.

Колесо включає в себе обід і пневматичну шину. Для виключення самовідгвинчування кріплення обода до маточини лівого по ходу руху колеса має ліве різьблення. Підшипники коліс необхідно своєчасно змащувати, особливу увагу слід звертати на мастило внутрішнього підшипника.

При механічній обробці фланця особливу увагу необхідно звернути до технічних вимог, що визначають точність обробки.

Якість та точність обробки визначається вимірювальними приладами, якими вимірюється діаметр отворів.

Виконання цих вимог можливе при дотриманні технологічного регламенту виготовлення деталі на всіх переходах обробки та при використанні точних та жорстких пристроїв, інструменту.

Таблиця 1.1 – Технічні вимоги: Фланець виготовляється із сталі 35
ДСТУ 7809:2015

Щільність	7826 кг/м ³					
Призначення	Вісі, фланці без термообробки, валики, штифти, гвинт після закалки та низької відпустки, деталі приміняють після нормалізації, покращення, закалки.					
Модуль пружності	E=206000 МПа					
Модуль зсуву	G=74000 МПа					
Зварюваність	Обмежені зварюваність. Способи зварювання РДЗ та АДЗ під флюсом та газовим захистом, ЕШЗ. Рекомендується підігрів та наступна термообробка. КТЗ без обмежень.					
KV _{met}	1.000					
X _{mat}	0.100					
K _{shl}	0900					
Температура ковки	Початку 1280, кінця 750. Заготовка перетином до 800 мм, охолоджуються на повітрі					
Хімічний склад	Кремній: 0.17-0.37, Марганець: 0.50-0.80, Мідь:0.25, Нікель: 0.25, Сірка: 0.04, Вуглець: 0.32-0.40, Фосфор: 0,035, Хром: 0,25, Миш'як: 0.08.					
Схильність до відпускнуї здатності	Не схильна					
Механічні характеристики:						
Стан	Сігма-В, σ, МПа	Сігма-Т, σ, МПа	Кси, ξ, %	Дельта, Δ, %	НВ	Доп.
Нормалізована	540	320	45	20	207	
Закалка 850 (вода), відпуск 200 гр	760	600	60	13	226	

Аналіз технологічності конструкції Фланець КМД 08-604 проводимо, виходячи з вивчення креслення деталі, технологічних вимог її роботи у вузлі.

Заготовка фланцю є поковкою. Клас складності поковки С-3, що зумовлюється конструктивними особливостями. Деталь виготовляється зі сталі 35

ДСТУ 7809:2015, яка має гарну оброблюваність при різанні. Зміна у проекті 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 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 поверхонь і вихід різального та вимірювального інструменту.

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

1.2. Визначення типу виробництва

Розрахунок річної програми запуску деталей.

Річна виробнича програма запуску деталей ($N_{\text{зап}}$) розраховується за формулою, шт.:

$$N_{\text{зап}} = N_{\text{вип}} \left(1 + \frac{\beta}{100} \right) \quad (1.1)$$

де $N_{\text{вип}}$ — річна програма випуску даного виду деталей, шт/год;

β - відсоток технологічних втрат від браку, $\beta = 0,5 - 1,0\%$, приймаємо середнє значення $\beta = 0,75\%$.

Проводимо розрахунок:

$$N_{\text{зап}} = 1500 \left(1 + \frac{0,75}{100}\right) = 1511 \text{ дет.} \quad (1.2)$$

Визначення типу виробництва ділянки, що проектується
Тип виробництва визначають за коефіцієнтом закріплення операцій ($K_{з.о}$), який вказує на кількість операцій, що виконуються на одному верстаті протягом року, за формулою (1.3):

$$K_{з.о} = \frac{\tau}{t_{\text{шт.ср}}} \quad (1.3)$$

де $t_{\text{шт.ср}}$ — середній штучний час по операціях обробки, хв;

$$\begin{aligned} t_{\text{шт.ср}} &= \frac{\sum_{i=1}^m t_{\text{шт}i}}{m} = \\ &= \frac{1,995 + 0,854 + 0,616 + 0,509 + 0,028 + 0,778 + 0,754 + 0,588}{8} = 1,64 \text{ хв,} \end{aligned}$$

де m - кількість операцій, які проходить деталь у процесі обробки;

τ - такт запуску деталі, хв/шт.;

$$\tau = \frac{\Phi_{д.о} \cdot 60}{N_{\text{зап}}} \quad (1.4)$$

де $\Phi_{д.о}$ - дійсний річний фонд часу роботи од. обладнання, год.:

$$\Phi_{д.о} = \Phi_{\text{ном}} \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right) \cdot q = 2004 \left(1 - \frac{5}{100}\right) = 1094 \text{ год}$$

де $\Phi_{\text{ном}}$ - річний номінальний фонд часу роботи одиниці устаткування, год. Приймається виходячи із встановленого Міністерством праці та соціальної політики України фонду робочого часу на рік та дорівнює 2004 год.;

q - число робочих змін. Приймається за рекомендаціями викладача рівним $q=1$;

α - плановані втрати часу роботи обладнання у зв'язку з ремонтом та переналагодженням, приймаємо $\alpha = 3 \div 8\%$, приймаємо середнє значення $\alpha = 5\%$.

Розраховуємо такт запуску деталей:

$$\tau = \frac{\Phi_{до} \cdot 60}{N_{зап}} = \frac{1904 \cdot 60}{1511} = 75.6 \frac{хв}{шт}$$

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{з.о} = \frac{\tau}{t_{шт.ср}} = \frac{75.6}{1.64} = 46$$

За розрахованим коефіцієнтом закріплення операцій визначаємо тип виробництва [16, с.20]:

- при $20 < K_{з.о} < 40$ тип виробництва дрібносерійний.

Тип виробництва – дрібносерійний.

Розрахунок штучно- калькуляційного часу

Розрахунок величини оптимальної партії деталей (n) ведеться за відповідною операцією та визначається за формулою (1.5):

$$N = \left(\frac{T_{п.з.i}}{t_{шт.i}} \right) \max \cdot \frac{1}{K_n} \quad (1.5)$$

де $T_{п.з.}$ – підготовчо-заключний час на партію виробів, хв;

$t_{шт}$ – штучний час виготовлення одиниці виробу, хв;

K_n – коефіцієнт налагодження, який визначає максимально-допустиме відношення підготовчо-заключного часу обробки всієї партії виробів (він вибирається в залежності від типу виробництва: для великосерійного – 0,03; для серійного – 0,07; для дрібносерійного – 0,1), приймаємо 0,1.

Розраховуємо величину оптимальної партії деталей, де вибираємо значення $(T_{п.з}/t_{шт})_{max}$ на операцію 035 – горизонтально-фрезерна:

$$n = \frac{18}{0,754} \cdot \frac{1}{0,1} = 238,73$$

1.3 Техніко-економічне обґрунтування способу отримання заготовки

Матеріал заготовки Сталь 35 ДСТУ 7809:2015.

Дрібносерійний тип виробництва.

Вибираємо два варіанти отримання заготовки, [2, стор.31]:

- штампування на кривошипних пресах;
- кування на молотах;

Розраховуємо вартість заготовки при кожному з вибраних варіантів виготовлення.

Для визначення вартості заготовки скористаємося формулою (1.6):

$$C = \left(\frac{C_i}{100} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II} \right) - (Q - q) \frac{S_{від}}{1000}, \text{ грн}$$

C_i – базова вартість однієї тони заготовок, дорівнює 3200 грн;

Q – маса заготовки, кг;

q – маса готової деталі, дорівнює 3,71 кг;

$S_{відх}$ – ціна 1 тонни відходів для сталі вуглецевої складає 400 грн;

$K_T, K_M, K_C, K_B, K_{II}$ – коефіцієнти, що залежать від класу точності, марки матеріалу, складності, маси заготовки та обсягу виробництва (визначаються за таблицями).

Для поковки визначаємо дані, що відсутні [2, стор. 36]:

- маса заготовки приблизно 5,5 кг;
- коефіцієнти:

$$K_T = 1.15;$$

$$K_M=1.0;$$

$$K_C=0.87;$$

$$K_B=0.9;$$

$$K_{II}=1.0.$$

Для штамповки на кривошипних пресах визначаємо дані, що відсутні:

– маса заготовки приблизно 5,0 кг;

– коефіцієнти:

$$K_T=1.23;$$

$$K_M=1.0;$$

$$K_C=1.43;$$

$$K_B=1.04;$$

$$K_{II}=1.27.$$

Розрахунки:

– вартість заготовки, отриманої куванням на молотах:

$$C = \left(\frac{3200}{1000} \cdot 5.5 \cdot 1.15 \cdot 1.0 \cdot 0.87 \cdot 0.9 \cdot 1.0 \right) - (5.5 - 3.71) \cdot \frac{400}{1000} = 15.084 \text{ грн}$$

– вартість заготовки, отриманої штамповкою на кривошипних пресах:

$$C = \left(\frac{3200}{1000} \cdot 5 \cdot 1.23 \cdot 1.0 \cdot 1.43 \cdot 1.04 \cdot 1.27 \right) - (5 - 3.71) \cdot \frac{400}{1000} = 36.684 \text{ грн}$$

Коефіцієнт використання металу:

$$\eta = \frac{q}{Q} \quad (1.6)$$

– коефіцієнт використання металу при отриманні заготовки куванням на молотах:

$$\eta = \frac{3.71}{5.5} = 0.67$$

– коефіцієнт використання металу, при отриманні заготовки штампуванням на кривошипних пресах:

$$\eta = \frac{3.71}{5} = 0.742$$

Річна економія по вартості заготовки:

$$E_{\text{заг}} = (C_1 - C_2) \cdot N, \text{ грн}$$

C_1 і C_2 – вартість заготовки у першому та другому варіанті отримання;

N – програма випуску деталей складає 1500 штук.

Тоді річна економія складає:

$$E_{\text{заг}} = (36.684 - 15.084) \cdot 1500 = 32400 \text{ грн.}$$

Річна економія металу:

$$E_{\text{м}} = \frac{q \cdot (\eta_1 - \eta_2)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N = \frac{3.71 \cdot (0.742 - 0.67)}{0.742 \cdot 0.67} \cdot 1500 = 806 \text{ грн}$$

Додаткові річні затрати на матеріал:

$$Z_{\text{м}} = \frac{c}{1000} \cdot E_{\text{м}} \cdot K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{С}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{П}}, \text{ грн}$$

– отримання заготовки куванням на молотах:

$$Z_{\text{м}} = \frac{3200}{1000} \cdot 806 \cdot 1.15 \cdot 1.0 \cdot 0.87 \cdot 0.9 \cdot 1.0 = 2322, \text{ грн}$$

– отримання заготовки штамповкою на кривошипних пресах:

$$Z_{\text{м}} = \frac{3200}{1000} \cdot 806 \cdot 1.23 \cdot 1.0 \cdot 1.43 \cdot 1.04 \cdot 1.27 = 5992, \text{ грн}$$

Виходячи з менших витрат на виробництво заготовок, приймаємо варіант отримання заготовки куванням на молотах.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Проектування технологічного процесу механічної обробки деталі

2.1.1 Проектування маршрутного технологічного процесу

Таблиця 2.1 – Заводський маршрутний технологічний процес на виготовлення деталі Фланець КМД 08-604

№ оп.	Найменування операції	Умовне позначення баз	Обладнання	Пристосування	T _к , хв
005	Токарно-револьверна	1, 4	Токарно-револьверний 1П365	Спеціальне пристосування	2.495
010	Токарна з ЧПУ	2, 3	Токарний TUR50SN	Спеціальне пристосування	2.465
015	Горизонтально-протяжна	1, 4	Горизонтально-протяжний 7Б56	Спеціальне пристосування	1.116
020	Слюсарна		Слюсарний верстат		0.842
025	Вертикально-свердлильна	1, 2, 5	Вертикально-свердлильний 2Н135	Кондуктор	1.069
030	Радіально-свердлильна	1, 4, 5	Радіально-свердлильний 2Н55	Кондуктор	5.492
035	Вертикально-свердлильна	1, 4, 5, 6	Вертикально-свердлильний 2Н125	Свердлильне УПС	1.132
040	Вертикально-свердлильна	1, 5, 7	Вертикально-свердлильний 2Н125	Свердлильне УПС	0.555
045	Вертикально-свердлильна	1, 5, 7	Вертикально-свердлильний 2Н125	Свердлильне УПС	0.577
050	Горизонтально-фрезерна	1, 4, 5, 6	Горизонтально-фрезерний 6Р82		2,716
055	Горизонтально-фрезерна	1, 4, 5, 6	Горизонтально-фрезерний 6Р82		2.245
060	Прошивка	1, 4	Прес П6324		1.088

Таблиця 2.2 – Проектований маршрутний технологічний процес на виготовлення деталі Фланець КМД 08-604

№ оп.	Найменування операції	Умовне позначення баз	Обладнання	Пристосування	T _к , хв
005	Токарна з ЧПУ	1, 4	Токарний з ЧПУ DMG MORI NEF 400 	Спеціальне пристосування	2.495
010	Токарна з ЧПУ	2, 3	Токарний з ЧПУ DMG MORI NEF 400	Спеціальне пристосування	2.465
015	Горизонтально-протяжна	1, 4	Горизонтально-протяжний 7Б56 	Спеціальне пристосування	1.116
020	Слюсарна		Слюсарний верстак		0.842
025	Свердлильна з ЧПУ	1, 2, 5	Фрезерний з ЧПУ HAAS VF-2 	Спеціальне пристосування	6.361
030	Вертикально-фрезерна з ЧПУ	1, 4, 5, 6	Фрезерний з ЧПУ HAAS VF-2		1.778

№ оп.	Найменування операції	Умовне позначення баз	Обладнання	Пристосування	$T_{к, хв}$
040	Прошивка	1, 4	Прес П6324 		1.088

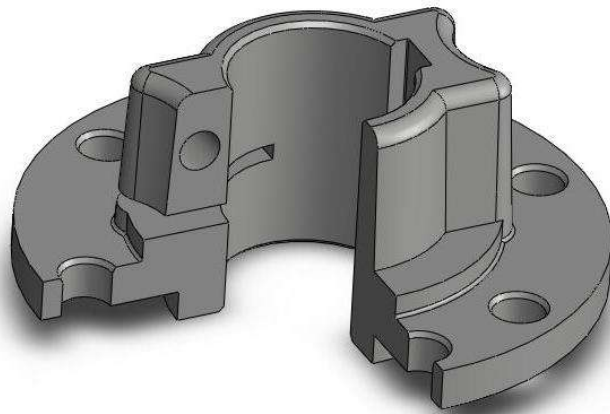
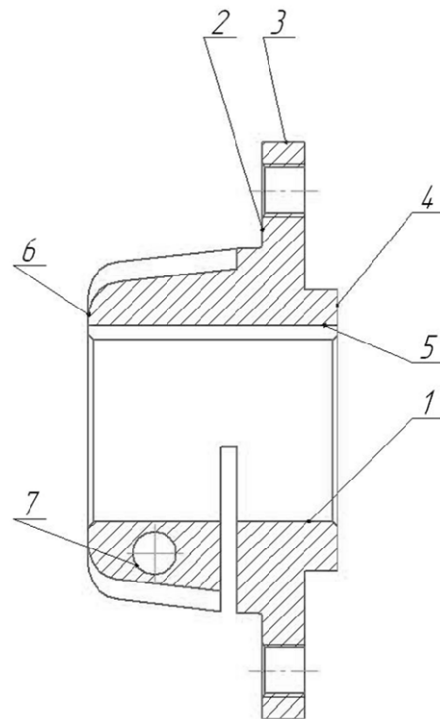


Рисунок 2.1 – Ескіз деталі Фланець КМД 08-604

2.2 Обґрунтування послідовності операцій технологічного процесу

Послідовність технологічного процесу спроектована відповідно до наступних рекомендацій [2, с.25]:

На перших операціях, кількість яких зазвичай знаходиться в межах від 1 до 3, планують обробку поверхонь, що становлять комплект чистових баз. Оскільки в заготовці ще немає оброблених поверхонь, то на цій стадії проектування вибирають комплект чорнових технологічних баз.

Потім проектують операції для чорнової обробки деталі. При цьому рекомендується передбачати спочатку обробку невідповідальних, а потім відповідальних деталей

На наступних операціях планують чистову, а за відсутності термообробки і обробку обробку відповідальних поверхонь. Операції з обробки другорядних поверхонь (отворів, різьбових отворів, лисок і т.д.) розподіляють між основними або виносять їх в кінець перед термообробкою.

У маршрутному технологічному процесі вказують місце та визначають основний зміст операцій з термічної обробки.

Після термічної обробки слідує операції, призначені для обробки відповідальних поверхонь деталі. У першу чергу обробляються поверхні комплексу чистових технологічних баз. Інші оздоблювальні операції проектують обробку поверхонь із меншою точністю; найбільш відповідальну та точну поверхню рекомендується обробляти останньою.

2.3 Обґрунтування вибору технологічних баз

Чорнову технологічну базу вибирають відповідно до наступних вимог [5, с.28]:

- в комплект чорнових технологічних баз включають поверхню, що залишається після обробки деталі в чорному вигляді;
- для деталі, що обробляється кругом, за чорнову технологічну базу приймають поверхню з найменшим припуском;

- у комплект чорнових технологічних баз включають поверхні, з яких при подальшій обробці повинен бути знятий рівномірний припуск;

Вибираючи чистові технологічні бази, керуються двома такими принципами [5, с.26]:

- принципом поєднання баз;
- принципом сталості баз.

2.4 Обґрунтування методу обробки і обладнання

Вибір методів обробки та обладнання може бути обґрунтований:

- типом виробництва;
- порівняльним аналізом існуючих методів обробки елементарних поверхонь;
- прагненням підвищити продуктивність праці шляхом використання методу концентрації операцій, одночасної обробки декількох деталей;
- конструктивними особливостями деталі, що визначають метод обробки та необхідність використання певного обладнання.

2.5. Розрахунок припусків на механічну обробку

Мінімальний припуск для внутрішніх циліндричних поверхонь розраховується за формулою [1, с.175].

$$2 \cdot z_{imin} = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + H_{i-1} + \sqrt{\Delta \rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (2.1)$$

де

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

ρ_{i-1} - сумарні відхилення розташування поверхні і в деяких випадках відхилення форми поверхні на попередньому переході;

ε_i - похибка розташування при обробці прокату розраховується за формулою(1.с.187):

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{3M}^2 + \rho_{\text{екс}}^2} \quad (2.2)$$

де:

ρ_{3M} - зміщення заготовки

$\rho_{\text{екс}}$ - ексцентриситет заготовки

Для отвору:

$$\rho_{\text{екс}} = \Delta k \cdot l \quad (2.3)$$

$$\Delta k = 0,3 \dots 1,5$$

$$\rho_{\text{екс}} = 0,84 \cdot 75 = 63 = 0,063 \text{ мм}$$

Похибка установки заготовки визначається за формулою [1, с.26]:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_3^2 + \varepsilon_6^2} \quad (2.4)$$

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

де:

ε_3 -похибка закріплення, мкм

ε_6 -похибка базування, мкм

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{3M}^2 + \rho_{\text{екс}}^2} = \sqrt{0,4^2 + 0,063^2} = 0,405 \text{ мм}$$

$$\rho = K_y \cdot \rho_{\text{зар}}$$

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 405 = 24,3 \text{ мкм}$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 405 = 16,2 \text{ мкм}$$

$$T_{\partial} = e_s - e_i = 0,076 - 0,030 = 0,046 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_0 = \frac{T_3}{T_{\partial}} = \frac{250}{46} = 5,4 \text{ мкм}$$

$$2 \cdot z_{imin} = 2 \cdot \left(150 + 250 + \sqrt{405^2 + 100^2} \right) = 634$$

$$2 \cdot z_{imin} = 2 \cdot \left(50 + 50 + \sqrt{24,3^2 + 7,5^2} \right) = 110$$

Таблиця 2.1 – Припуски при різних операціях обробки

Маршрут обробки поверхні	Елементи припуску				Т, мкм	2z min розрах., мкм	d min розрах., мкм	Прин. розм., мм		Пред. прип., мм	
	Rz, мкм	H, мкм	ρ, мкм	Е, мкм				d min	d max	2z min	2z max
Заготовка	300	150	405	□	250	□	□	□	□	□	□
Свердління	50	50	24.3	100	50	634	50,9	50,902	50,942	436	386
Прошивка	6,3	30	16.2	7,5	46	110	55.08	55	55.08	50,6	110

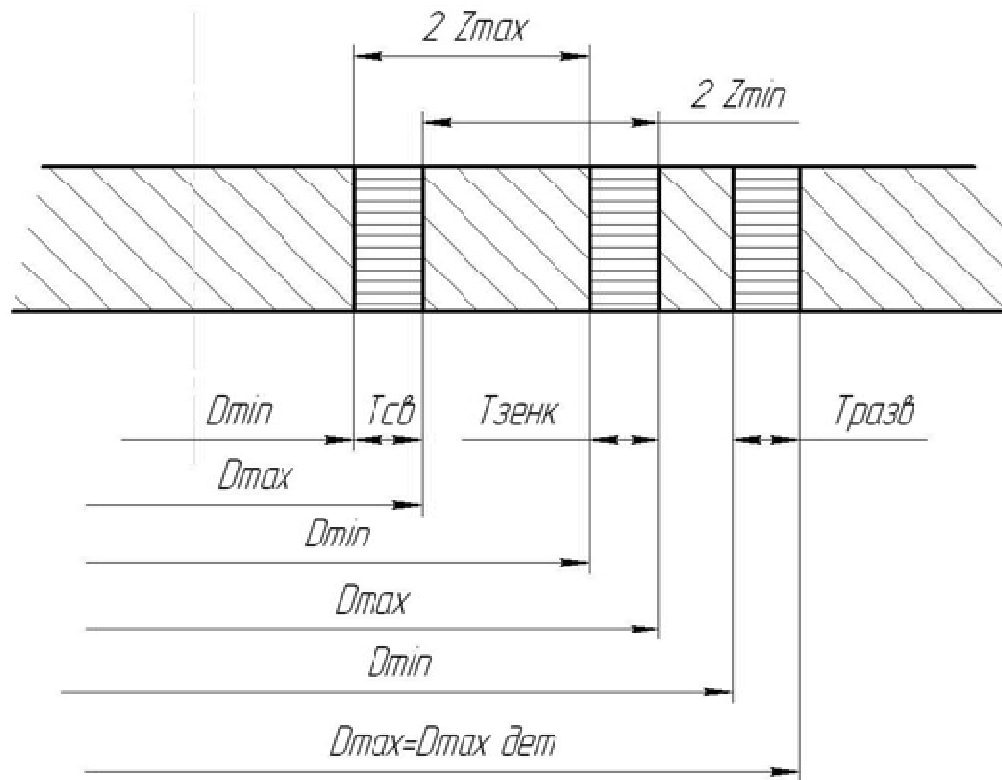


Рисунок 2.2 – Схема розташування припусків на механічну обробку поверхні Ø55F8

Інші припуски на механічну обробку на бік розраховуємо табличним методом за табл. 5.9 [11]:

$$174 - 2.2_{-0.8}^{+1.4} \text{ мм};$$

$$85 - 2_{-0.7}^{+1.3} \text{ мм};$$

$$13 - 1.4_{-0.5}^{+0.9} \text{ мм};$$

$$75 - 2_{-0.7}^{+1.3} \text{ мм};$$

$$110 - 2_{-0.7}^{+1.3} \text{ мм}.$$

2.6 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання зробимо для операції, на яку далі проектуватимемо і розраховуватимемо пристосування, а саме — операція фрезерна (операція 030) [13].

Фрезерування будемо здійснювати дисковою фрезою.

Вихідні дані для розрахунку:

- глибина різання $t=50$ мм;
- подача $S_z=0,06$ мм/зуб;
- діаметр фрези $D=200$ мм;
- кількість зубів фрези $z = 64$;
- ширина зрізаного шару = 5мм.

При фрезеруванні швидкість різання можна визначити за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot D^u \cdot z^p} \cdot K_v \quad (2.5)$$

де $T^m=180$ хв, приймаємо період стійкості інструмента [2];

C_v, x, y, m, q, u, p – коефіцієнти, що застосовуються за таблицями [2];

$C_v=68.5, x=0.3, y=0.2, m=0.2, q=0.25, u=0.1, p=0.1$;

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PIV} \cdot K_{IV}$$

K_{MV} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу.

K_{PIV} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки.

K_{IV} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту.

Проводимо розрахунок швидкості різання

$$V = \frac{68.5 \cdot 200^{0.25}}{180^{0.2} \cdot 50^{0.3} \cdot 0.06^{0.2} \cdot 64^{0.1}} \cdot 0.5 = 14 \text{ м/хв}$$

Далі визначаємо силу різання, для цього скористаємося формулою [14, стр.78]:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^{n \cdot z}}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} \quad (2.6)$$

- коефіцієнти та показники ступеня у формулі наведені у довіднику технолога-машинобудівника [1].

Виконуємо розрахунок:

$$P_z = \frac{10 \cdot 261 \cdot 50^{0.9} \cdot 0.06^{0.8} \cdot 5^{1.1} \cdot 64}{200^{1.1} \cdot 50^{0.1}} \cdot 0.3 = 1475.058 \text{ Н}$$

Потужність різання розраховується за формулою [2, с.271]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{61200} = \frac{1475 \cdot 14}{61200} = 0.3 \text{ кВт}$$

Приймаємо за довідником стандартну потужність двигуна, що дорівнює 1 кВт.

Далі визначаємо основний технологічний час різання [14, стр. 73]:

$$T_o = \frac{L_{p.x.} \cdot i}{S_M}$$

$$L_{p.x.} = L_{\text{різ}} + y = 50 + 37 = 87 \text{ мм}$$

$$S_M = S_z \cdot z \cdot n = 0.06 \cdot 64 \cdot 55 = 211 \text{ мм/хв}$$

Тоді:

$$T_o = \frac{87}{211} = 0.41 \text{ хв}$$

Для інших операцій режими різання розраховуються аналогічним способом за загальними методиками визначення режимів різання, викладеним у довіднику «Режими різання металів» за редакцією Ю.В. Барановського.

005 Токарно-револьверна

Призначаємо режими різання по [14, стор. 24, 111]

1. Свердління отвору діаметром 50 мм, $l=75$ мм, $t=25$ мм.

$S_o=0.35$ мм/об; $V=32.5$ м/хв; $l_1+l_2=15$ мм; $L=90$ мм;

$$n = \frac{1000 \cdot 32.5}{3.14 \cdot 50} = 207.006 \text{ об/хв} \approx 210 \text{ об/хв}$$

$$T_o = \frac{90}{210 \cdot 0.35} = 1.224 \text{ хв}$$

2. Точити поверхню, витримуючи розмір 1, 2; $t=2$ мм, $l=15$ мм.

$S_o=0,5$ мм/об; $V=115$ м/хв; $l_1+l_2=2$ мм; $L=17$ мм;

$$n = \frac{1000 \cdot 115}{3.14 \cdot 180} = 203.46 \text{ об/хв} \approx 200 \text{ об/хв}$$

$$T_o = \frac{17}{200 \cdot 0.5} = 0.17 \text{ хв}$$

3. Зенкувати дві фаски, витримуючи розмір 3; $1,6 \times 45^\circ$, $t=0,8$ мм, $l=1,6$ мм.

$S_o=0,3$ мм/об; $V=17$ м/хв;

$$n = \frac{1000 \cdot 17}{3.14 \cdot 50} = 108.28 \text{ об/хв} \approx 110 \text{ об/хв}$$

$$T_o = \frac{1.6}{50 \cdot 0.3} \cdot 2 = 0.213 \text{ хв}$$

$$T_o = 1.24 + 0.17 + 0.213 = 1.623 \text{ хв}$$

$S_o=0,6 \text{ мм/об}; V=110 \text{ м/хв}; l_1+l_2=3 \text{ мм}; L=47,5 \text{ мм};$

$$n = \frac{1000 \cdot 110}{3.14 \cdot 174} = 201.33 \text{ об/хв} \approx 200 \text{ об/хв}$$

$$T_o = \frac{47.5}{200 \cdot 0.6} = 0.395 \text{ хв}$$

2. Підрізати торець, витримуючи розмір 12; $t=1,9 \text{ мм}, l=85 \text{ мм}.$

$S_o=0,6 \text{ мм/об}; V=110 \text{ м/хв}; l_1+l_2=4 \text{ мм}; L=89 \text{ мм};$

$$n = \frac{1000 \cdot 110}{3.14 \cdot 85} = 412.1 \text{ об/хв} \approx 410 \text{ об/хв}$$

$$T_o = \frac{89}{410 \cdot 0.6} = 0.361 \text{ хв}$$

3. Розточити отвір, витримуючи розмір 55; $t=2,5 \text{ мм}, l=75 \text{ мм}.$

$S_o=0,6 \text{ мм/об}; V=110 \text{ м/мин}; l_1+l_2=4 \text{ мм}; L=79 \text{ мм};$

$$n = \frac{1000 \cdot 110}{3.14 \cdot 174} = 201.33 \text{ об/хв} \approx 200 \text{ об/хв}$$

$$T_o = \frac{79}{200 \cdot 0.6} = 0.658 \text{ хв}$$

4. Точити фаску, витримуючи розміри 2, угол 30° ; $t=2 \text{ мм}, l=2 \text{ мм}.$

$S_o=0,6 \text{ мм/об}; V=110 \text{ м/хв}; l_1+l_2=1 \text{ мм}; L=3 \text{ мм};$

$$n = \frac{1000 \cdot 110}{3.14 \cdot 85} = 412.1 \text{ об/хв} \approx 410 \text{ об/хв}$$

$$T_o = \frac{3}{410 \cdot 0.6} = 0.012 \text{ хв}$$

5. Точити поверхню, витримуючи розмір $\varnothing 85$; $t=2,5 \text{ мм}, l=12 \text{ мм}.$

$S_o=0,6 \text{ мм/об}; V=110 \text{ м/хв}; l_1+l_2=4 \text{ мм}; L=16 \text{ мм};$

$$n = \frac{1000 \cdot 110}{3.14 \cdot 85} = 412.1 \text{ об/хв} \approx 410 \text{ об/хв}$$

$$T_o = \frac{16}{410 \cdot 0.6} = 0.065 \text{ хв}$$

$$T_o = 0.395 + 0.361 + 0.658 + 0.012 + 0.065 = 1.491 \text{ хв}$$

015 Горизонтально-протяжна

Призначаємо режими різання по [14]:

1. Протягнути шпоночний паз, витримуючи розміри R0.4, 59.3, 16D10;

$l=75 \text{ мм}, t=4,3 \text{ мм}$

$V=8 \text{ м/хв}; S_z=0.4 \text{ мм/зуб}; T_o=0,17 \text{ хв}$

020 Слюсарна

Очистити від задирок.

$T_o = 0.28 \text{ хв}$

025 Свердлильна з ЧПУ

Призначаємо режими різання по [14, стор. 111]

1. Свердлити 8 отворів, витримуючи розміри $\text{Ø}145.\text{Ø}14; l=13 \text{ мм}, t=7 \text{ мм}.$

$S_o=0.2 \text{ мм/об}; V=24.5 \text{ м/хв}; l_1+l_2=6 \text{ мм}; L=19 \text{ мм};$

$n=300 \text{ об/хв}$

$$T_o = \frac{19}{300 \cdot 0.2} \cdot 8 = 2.53 \text{ хв}$$

2. Зенкувати 8 фасок, витримуючи розміри 16.8, угол $120^\circ; l=1,6 \text{ мм}, t=0,8$

мм.

$S_o=0.1 \text{ мм/об}; V=22 \text{ м/хв}; l_1+l_2=2 \text{ мм}; L=3,6 \text{ мм};$

$n=300 \text{ об/хв}$

$$T_o = \frac{3.6}{300 \cdot 0.1} \cdot 8 = 0.96 \text{ хв}$$

3. Нарізати різьбу в 6 отв., витримуючи розмір M16; $l=13 \text{ мм}, t=0,5 \text{ мм}.$

$S=1$ мм; $V=13$ м/хв; $l_1+l_2=6$ мм; $L=19$ мм;

$n=260$ об/хв

$$T_o = \frac{2 \cdot L_{p.x.} \cdot i}{S \cdot n} \cdot 6 = \frac{2 \cdot 19}{1 \cdot 260} \cdot 6 = 0.87 \text{ хв}$$

4. Свердлити отвір, витримуючи розміри $\varnothing 13, 20, 37$; $l=50$ мм, $t=6.5$ мм.

$S_o=0.2$ мм/об; $V=24$ м/хв; $l_1+l_2=6$ мм; $L=56$ мм;

$n=300$ об/хв

$$T_o = \frac{56}{300 \cdot 0.2} = 0.93 \text{ хв}$$

6. Цекувати поверхню, витримуючи розміри $\varnothing 26, 50$; $l=4$ мм, $S_o=0.27$ мм/об;

$V=17$ м/хв; $l_1+l_2=3$ мм; $L=7$ мм;

$n=300$ об/хв

$$T_o = \frac{7}{300 \cdot 0.27} \cdot 2 = 0.17 \text{ хв}$$

$$T_o = 2.53 + 0.96 + 0.87 + 0.93 + 0.17 = 5.46 \text{ хв}$$

035 Горизонтально-фрезерна

1. Фрезерувати паз, витримуючи розміри 25 ; $t=45$ мм, $S_o=0.06$ мм/об;

$V=14$ м/хв; $l_1+l_2=37$ мм; $L=82$ мм;

$$L_{p.x.} = L_{\text{піз}} + y = 45 + 37 = 82 \text{ мм}$$

$$S_M = S_z \cdot z \cdot n = 0.06 \cdot 64 \cdot 55 = 211 \text{ мм/хв}$$

Тоді:

$$T_o = \frac{82}{211} = 0.388 \text{ хв}$$

040 Прошивка

1. Прошити отвір в розмір $\varnothing 55$.

$l=75$ мм; $V=6$ м/хв; $S_z=1$ мм/зуб; $T_o=0,145$ хв

Розраховані вище режими різання заносимо до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Розраховані режими різання

№ опер.	№ пер.	t, мм	S, мм/об	n, об/хв	V м/хв
005	1	25	0.35	210	32.5
	2	2	0.5	200	115
	3	0.8	0.3	110	17
010	1	1.3	0.6	200	110
	2	1.9	0.6	410	110
	3	2.5	0.6	200	110
	4	2	0.6	410	110
	5	2.5	0.6	410	110
015	1	4.3	0.4	-	8
025	1	7	0.2	300	24.5
	2	0.8	0.1	300	22
	3	0.5	1	260	13
	4	6.5	0.2	300	24
	5	4	0.27	300	17
030	1	50	0.06	55	14
035	1	45	0.06	55	14
040	1	0.4	1	-	6

2.7 Технічне нормування

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

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

За змістом кожного переходу встановлюється необхідний комплекс прийомів допоміжної роботи та визначається допоміжний час $T_{доп}$ враховуючи можливі і доцільні суміщення та перекриття.

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

Визначається норма штучного часу $T_{шт}$.

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

Оскільки попереднє визначення типу виробництва показало, що ми маємо середньосерійне виробництво, нормою часу буде штучно-калькуляційний час $T_{шт.к}$ [5, с.205]:

$$T_{шт.к} = \frac{T_{п.з}}{n} + T_{шт} \quad (2.7)$$

$$T_{шт} = T_o + T_{доп} + T_{т.о.} + T_{пер}$$

Мінімальне значення основного часу T_o конкретними видами обробки знаходитимемо, користуючись даними:

$$T_o = \frac{2 \cdot L_{p.x.} \cdot i}{S_z \cdot n}$$

$T_{доп}$ – вибір допоміжного часу ведемо за [4, стор.84].

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

$T_{т.о.}$ та $T_{пер}$ – дорівнюють по 7% від $T_{опер}$.

$$T_{\text{опер.}} = T_o + T_d \quad (2.8)$$

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

Допоміжний час T_d витрачається робітникам на дії, що забезпечують виконання основної роботи. Разом із основним часом він 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 та вимикання подачі, зміна числа обертів шпинделя та інше, час на вимірювання деталей (якщо воно не може бути перекрито машинним). Вибір допоміжного часу ведемо по [4, стор.84]. Вибраний допоміжний час заносимо в операційну картку.

Час обслуговування робочого місця $T_{\text{обсл}}$ в серійному виробництві задається у відсотках від оперативного часу (суми допоміжного та основного часу).

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.

Підготовчий заключний час $T_{\text{п.з.}}$ 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 виконання даної роботи, налаштування устаткування виконання даної роботи і необхідні режими різання, пробна обробка деталей, отримання, здавання продукції. Підготовчо-заклучний час визначається за нормативами в хвилинах і залежить від характеру та обсягу підготовчих робіт.

Вибір підготовчо-заклучного часу робимо по [4,стор.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 – Результати розрахунку нормованого часу

№	Найменування операції	T_o	T_B	$T_{п.з.}$	$T_{пер.+}$ $T_{отд., \%}$ від $T_{опер.}$	$T_{шт.}$	$T_{шт.к.}$
005	Токарна зЧПУ	1.623	0.25	9	6.5	1.995	2.495
010	Токарна зЧПУ	1.491	0.25	11	6.5	1.854	2.465
015	Горизонтально-протяжна	0.17	0.4	9	8	0.616	1.116
020	Слюсарна	0.28	0.2	6	6	0.509	0.842
025	Свердлильна з ЧПУ	5.46	0.2	6	6.5	6.028	6.361
030	Горизонтально-фрезерна	0.41	0.31	18	8	0.778	1.778
035	Горизонтально-фрезерна	0.388	0.31	18	8	0.754	1.754
040	Прошивка	0.145	0.4	9	8	0.588	1.088

2.6 Розроблення керуючої в CAM ESPRIT для оброблення деталі Фланець

Наступним етапом дипломної роботи стало створення програми для обробки фланця на токарному верстаті з ЧПК DMG MORI NEF 400. Це включало визначення основних етапів обробки, вибір інструментів для різання та налаштування параметрів обробки для досягнення максимальної ефективності та точності. Програма була розроблена з урахуванням усіх можливостей токарного верстата з ЧПК, що дозволяє забезпечити високу якість обробки при мінімальному часі виконання. Цей підхід сприяв оптимізації виробничого процесу, зберігаючи при цьому точність та покращуючи загальні результати виготовлення фланця.

1. Створення 3D модель фланця за допомогою SolidWorks та завантажено у CAM Esprit (рис. 2.4)

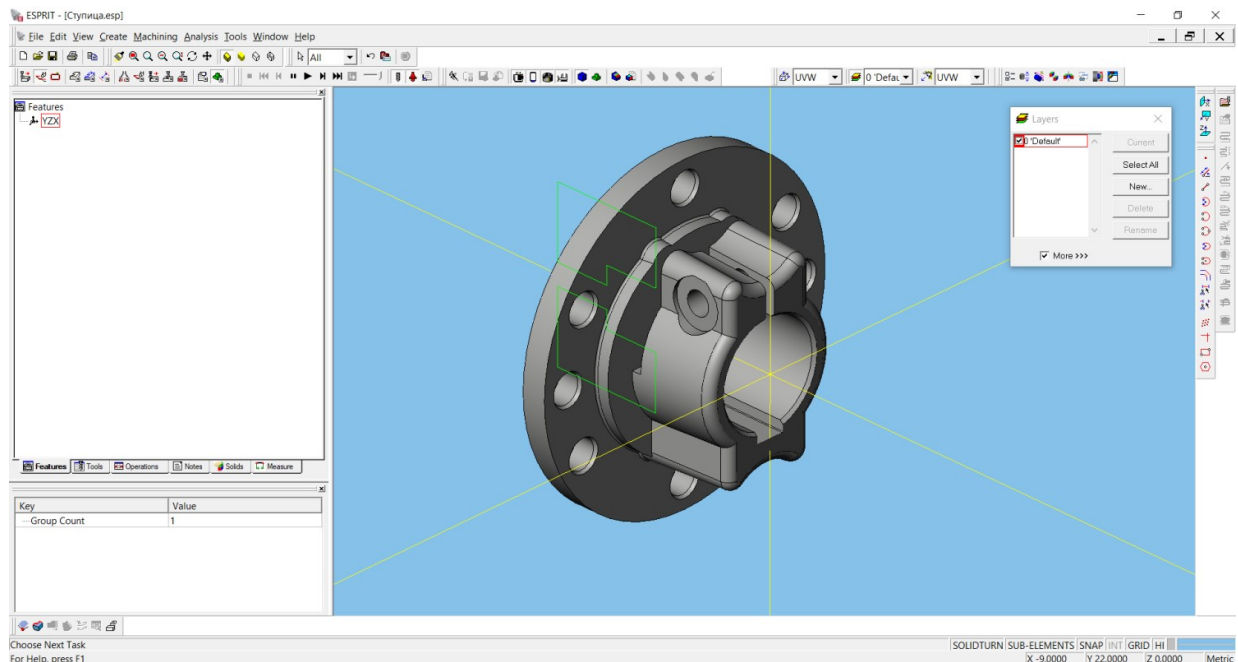


Рисунок 2.6 – 3D модель кришки у середовищі Esprit

2. Створення заготовки деталі фланець

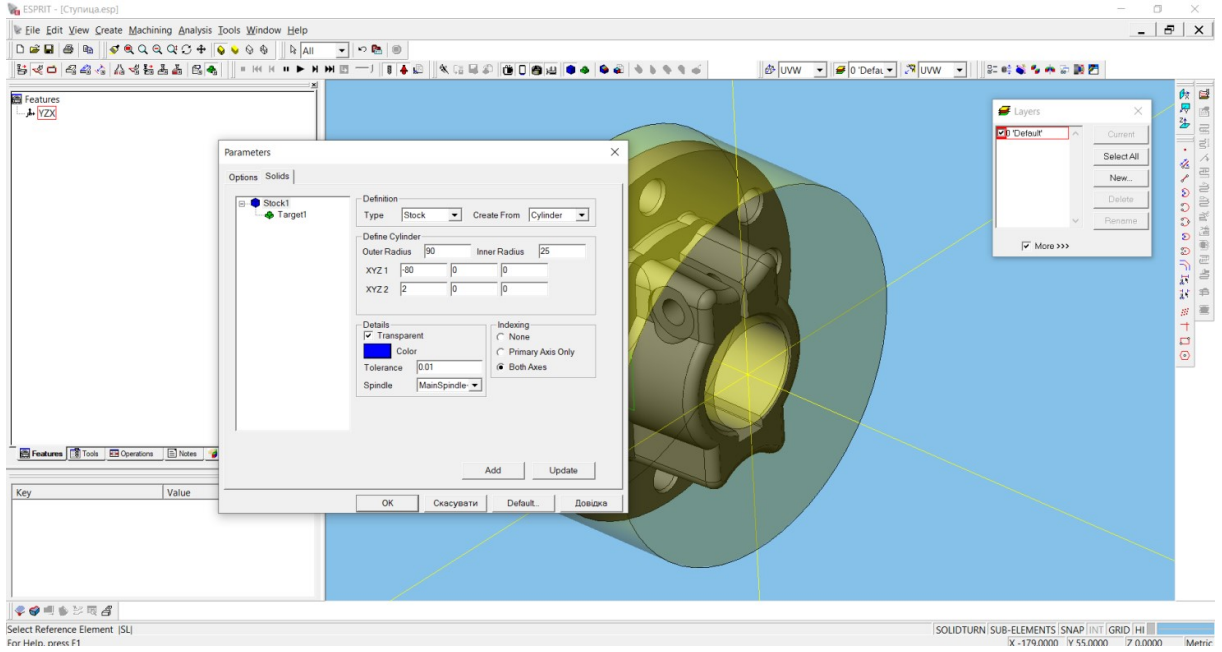


Рисунок 2.5 – Створення заготовки у SAM Esprit

3. Виконано розпізнання елементів профілю рис 3.5.

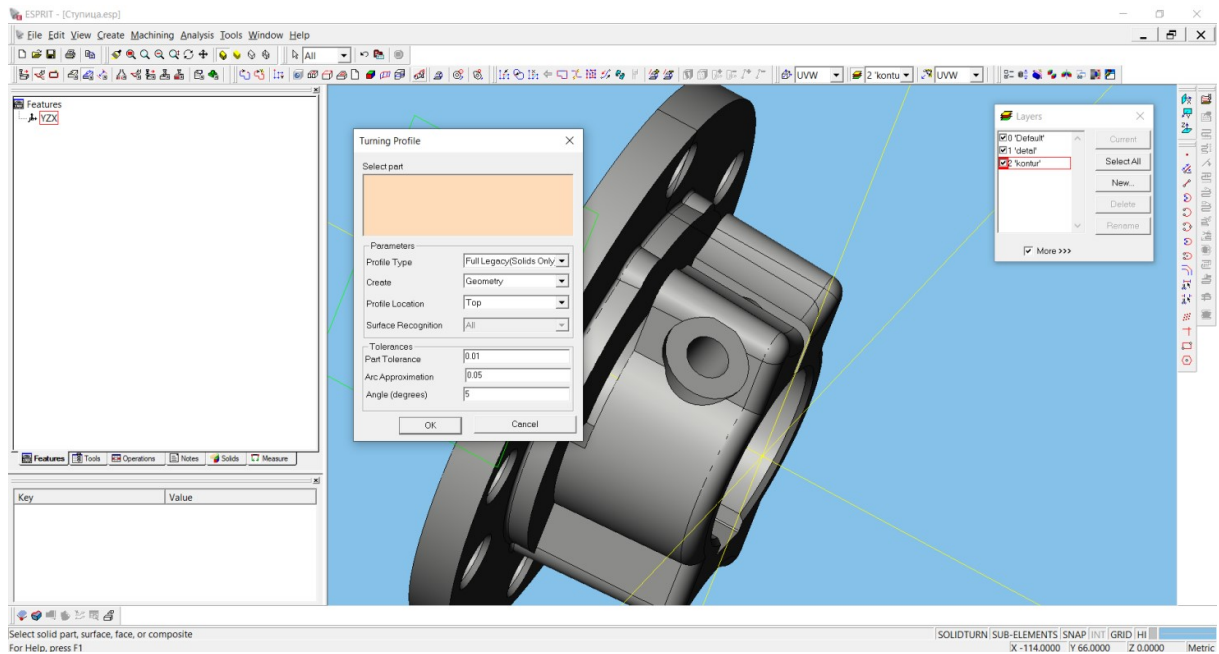


Рисунок 2.7 – Розпізнання у SAM Esprit елементів профілю

4. Вибрано вид оброблення – «черновое точение» (рис. 2.8).

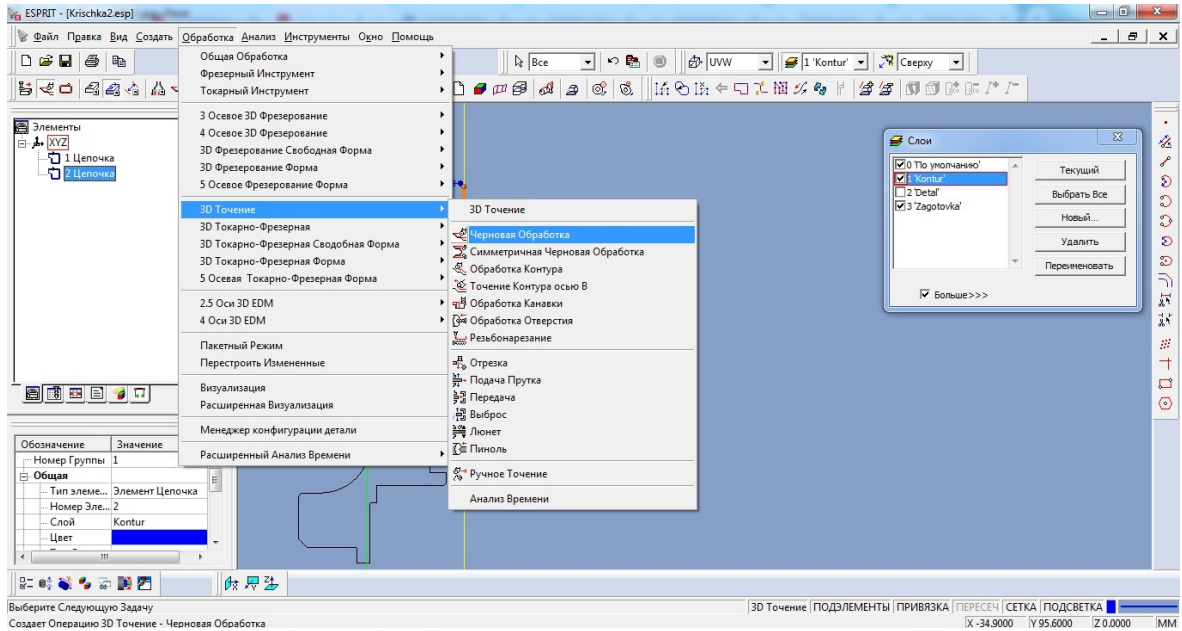


Рисунок 2.8 – Вибір виду оброблення

5. Вибрано металообробний інструмент та його параметри (рис. 2.9).

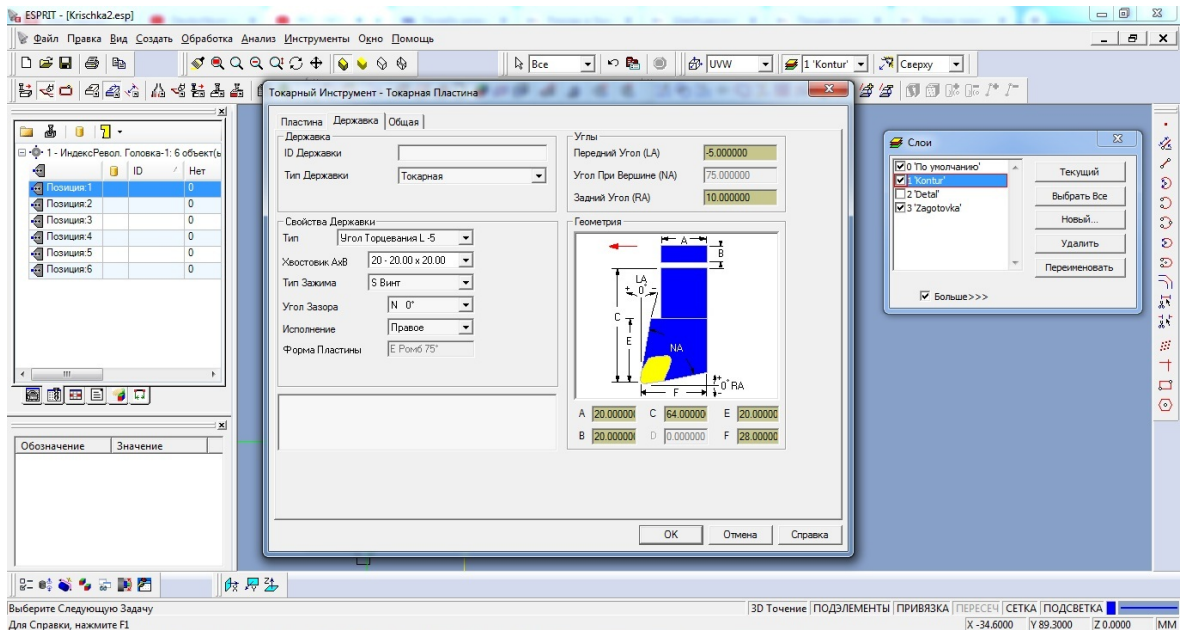


Рисунок 2.9 – Вибір ріжучого інструменту

6. Вибрано режимі рiзання (рис 3.8).

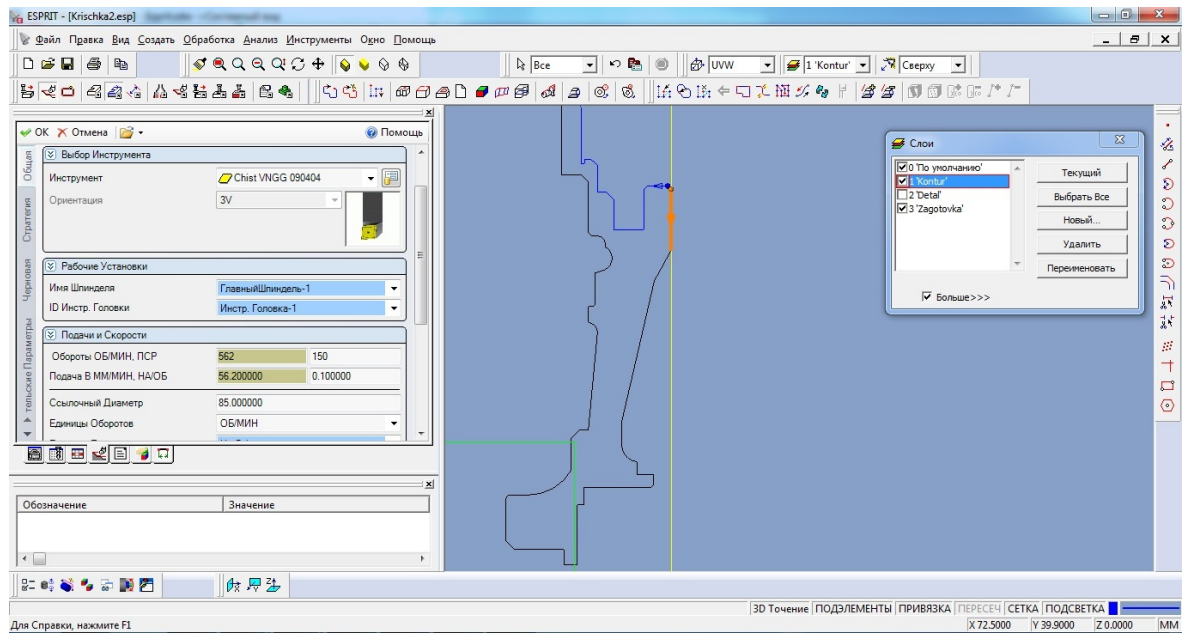


Рисунок 2.10 – Вибір режимів оброблення

7. Згенеровано траєкторію руху металорізального інструменту при обробленні корпусу (рис 2.11).

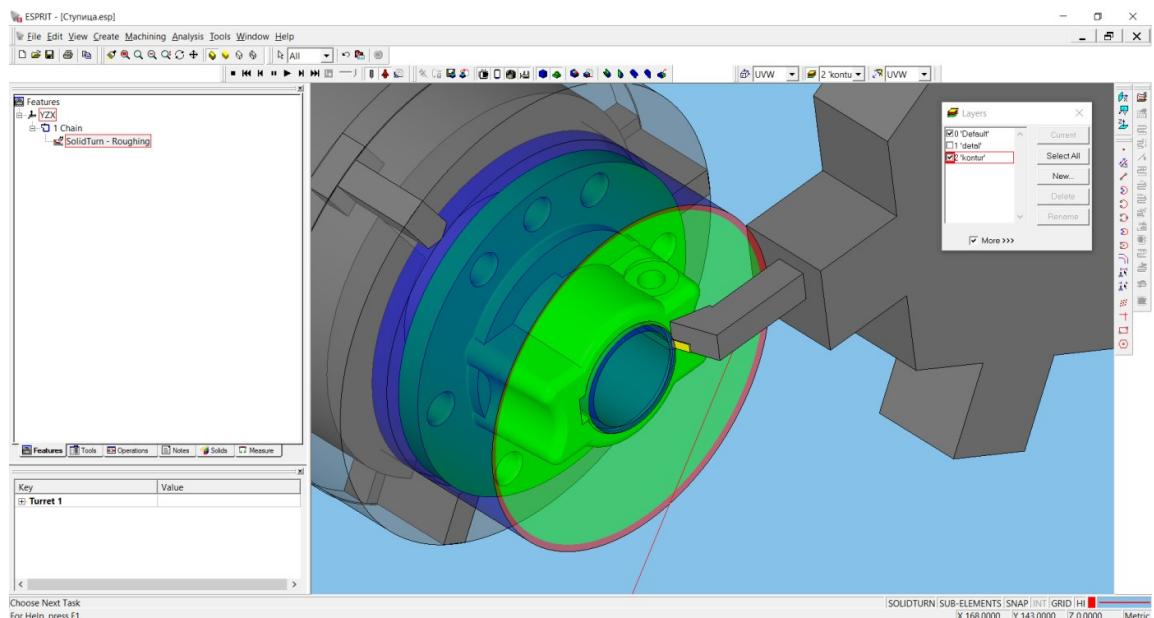


Рисунок 2.11 – Траєкторія руху інструменту при обробленні фланця

8. Виконано автоматичне генерування програми оброблення в G-M коді для оброблення на токарному верстаті з ЧПК DMG MORI NEF 400 за допомогою постпроцесора (рис 2.12).

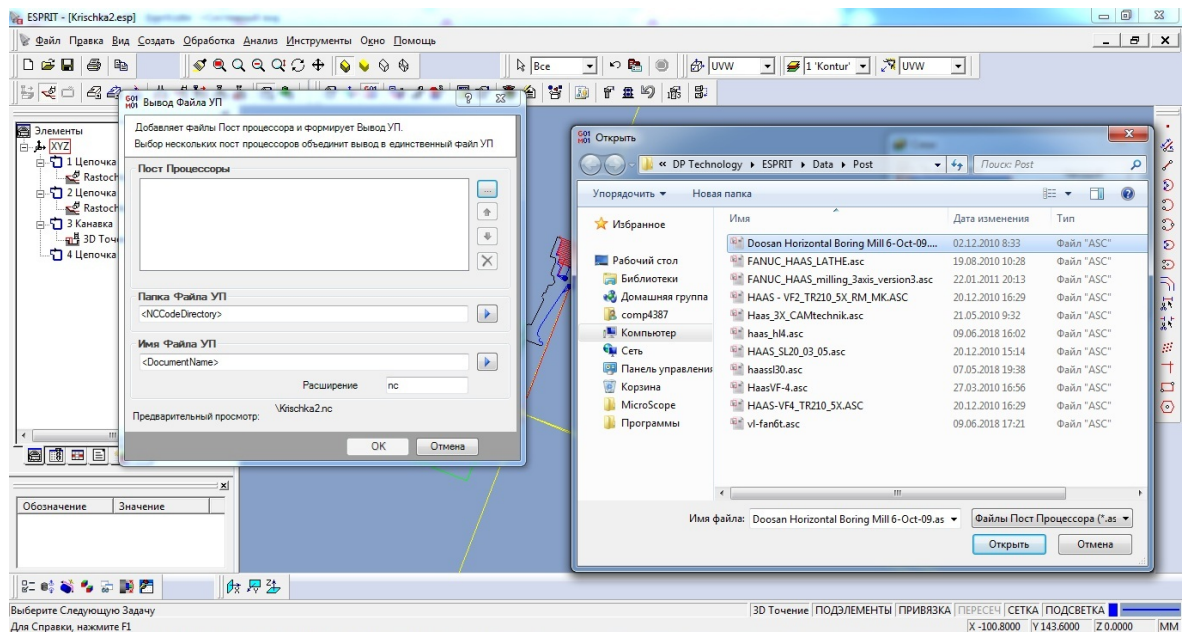


Рисунок 2.12 – Автоматичне генерування програми оброблення в G-M коді

Програма оброблення фланця на токарному верстаті з ЧПК DMG MORI NEF 400 наведено у додатку.

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Опис конструкції пристосування

Для забезпечення виконання операцій з необхідною точністю одним металорізальним верстатом не обійдеться. Тому у виробництві використовують пристрої як спеціальні, так і уніфіковані. При виконанні фрезерної операції для утворення поперечного паза потрібне спеціальне пристосування. Воно має нерухомий корпус, що кріпиться до столу верстата. Зусиллям для затиску клинів є стандартний пневмопривід.

3.2 Розрахунок пристосування на точність обробки

Для визначення сумарної похибки скористаємося такою формулою:

$$\varepsilon_{\Sigma} = K \cdot \sqrt{\varepsilon_y^2 + \varepsilon_{вн}^2 + \varepsilon_{рз}^2}, \quad (3.1)$$

де:

ε_y – це похибка установки і обчислюється за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2} \quad (3.2)$$

ε_{δ} – це похибка базування, що дорівнює в даному випадку нулю,

ε_3 – це похибка закріплення, що визначається за формулою:

$$\varepsilon_3 = (Y_{max} + Y_{min}) \cdot \cos \alpha \quad (3.3)$$

оскільки кут $\alpha = 90^\circ$, то похибка закріплення в такому випадку дорівнює нулю, $\varepsilon_3 = 0$.

$\varepsilon_{пр}$ – це похибка положення пристосування, яка залежить від похибки виготовлення та збирання настановних елементів пристосування $\varepsilon_{зпр}$ (вибираємо значення для серійного виробництва, $\varepsilon_{зпр} = 15$ мкм); похибка зношування опорних елементів $\varepsilon_{зе}$ (приймаємо $\varepsilon_{зе} = 20$ мкм); похибка установки прис-

тосування на верстаті $\varepsilon_{\text{упр}}$ (приймаємо $\varepsilon_{\text{упр}}=10$ мкм) і розраховується за формулою:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{3 \cdot \varepsilon_{\text{зпр}}^2 + \varepsilon_{\text{зе}}^2 + \varepsilon_{\text{упр}}^2} \quad (3.4)$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{3 \cdot 20^2 + 10^2 + 15} = 35 \text{ мкм}$$

$\varepsilon_{\text{вн}}$ – це похибка верстата в ненавантаженому стані, для фрезерного верстата приймається $\varepsilon_{\text{вн}}=10$ мкм;

$\varepsilon_{\text{рз}}$ – це похибка, що викликається розмірним зношуванням ріжучого інструменту, визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{рз}} = h_3 \cdot \tan \alpha \quad (3.5)$$

де допустиме зношування ріжучого інструмента приймаємо $h_3 = 0,8$ мм; і задній кут інструмента $\alpha = 10^\circ$;

$$\varepsilon_{\text{рз}} = 0,8 \cdot \tan 10 = 0.14 \text{ мм}$$

Підставляємо значення та знаходимо сумарну похибку:

$$\varepsilon_{\Sigma} = 1 \cdot \sqrt{0,035^2 + 0,01^2 + 0,14^2} = 0,021 \text{ мм}$$

Точність виготовлення дотримується в тому випадку, якщо сумарна похибка менша за допуск.:

$$\varepsilon_{\Sigma} < iT$$

0,021 < 0,054 (мм), а відповідно умова виконується.

Розраховуємо запас точності за формулою:

$$\Delta T = iT - \varepsilon_{\Sigma} = 0,054 - 0,021 = 0,033 \text{ мм}$$

3.3 Розрахунок міжремонтного періоду пристосування

Міжремонтний період пристосування визначається за формулою [9 с.34]:

$$A = \frac{\Delta T}{3}, \quad (3.6)$$

де: $\Delta T = 3,3$ мкм — запас точності;

$3 = 2$ мкм — зношування елементів пристосування.

Тоді:

$$A = \frac{3,3}{2} = 1,65$$

3.4 Розрахунок вихідного зусилля закріплення

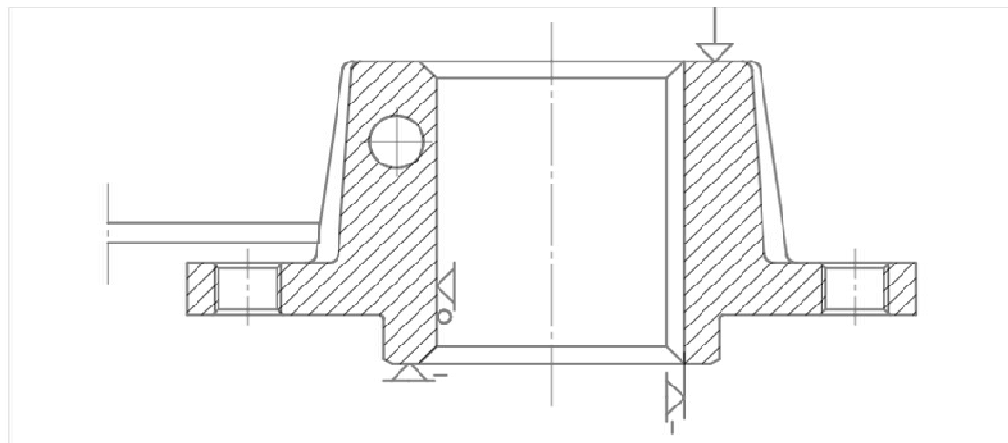


Рисунок 3.1 – Схема кріплення деталі.

У процесі обробки заданої поверхні (фрезерування паза) на заготовку та елементи пристосування діятимуть: сила різання P_z , сила Q закріплення, а також настановними елементами, що перешкоджають взаємному зміщенню та

провороту заготовки. Сили закріплення визначимо з умови забезпечення рівноваги та нерухомості заготовки. Можливі неоднорідність механічних властивостей матеріалу заготовки, змінна величина припуску, затуплення ріжучого інструменту, мінливість сили закріплення в затискному механізмі та інші фактори зумовлюють зміни величини сили різання. Для компенсації можливих випадкових відхилень сили різання від її номінального значення введемо коефіцієнт запасу:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (3.7)$$

Чисельне значення коефіцієнту запасу визначимо з конкретних умов обробки. У нашому випадку ведеться фрезерування дискової фрезою; процес різання майже безперервний, оскільки оброблювана поверхня суцільна; заготовка встановлюється на опорну поверхню; передбачається застосування у пристосуванні затискного механізму з пневмоциліндром двосторонньої дії; розташування рукоятки затискного механізму зручне. За цих умов коефіцієнти K_1 , K_3 , K_4 , K_5 , K_6 можна застосовувати рівними одиниці. Коефіцієнт, що враховує затуплення ріжучого інструменту, при фрезеруванні - $K_2 = 1,2$; гарантований коефіцієнт запасу - $K_0 = 1,5$. Таким чином, з урахуванням значень складових, величина коефіцієнта запасу

$$K = 1.5 \cdot 1.0 \cdot 1.2 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1.87$$

Для визначення зусилля закріплення необхідно визначити зусилля різання.

Зусилля різання при фрезеруванні паза:

Приймаємо режими різання: $V=50$ м/хв, $t=40$ мм, $S_{\min}=0.05$ мм/зуб, $n=50$ об/хв

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^{n \cdot z}}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}} \quad (3.8)$$

$$C_p = 261, x = 0.9, y = 0.8, n = 1.1, w = 0.1, q = 1.1, z = 64, K_{\text{мп}} = 0.3$$

Таким чином, окружна сила різання P_z складає: 1475.058 кН.

Максимальний момент, при якому можливий зрив заготовки, утворюється при фрезеруванні поздовжнього паза на врізанні.

Умови рівноваги моментів:

$$\begin{aligned}M &= P_z \cdot 0.08 - 2 \cdot P_0 \cdot 0.095 \\2 \cdot P_0 \cdot 0.095 &= P_z \cdot 0.08 \\P_0 &= 0.42 \cdot P_z \\P_0 &= 0.42 \cdot 1475.058 = 620 \text{ Н} \\P_3 &= P_0 \cdot K = 620 \cdot 1.87 = 1160 \text{ Н}\end{aligned}$$

Зусилля закріплення, що додається на заготівлю у двох точках, склало $Q = 1160 \text{ Н}$.

3.5 Вибір приводу та його основних параметрів

Призначення приводу в пристрої – створення вихідної сили Q для затискного пристрою. Привід являє собою перетворювач будь-якого виду енергії на механічну.

Перевагами пневмоприводу є: простота конструкції, надійність у роботі, простота в управлінні, швидкодія, низька вартість.

Пневмопривід працює при тиску стисненого повітря 0,39 МПа (4 кгс/см²).

Визначаємо діаметр поршня пневмоциліндра за відомою величиною осьової сили на штоку пневмоприводу.

$$Q = P \cdot \frac{\pi \cdot [D^2 - d^2]}{4} \cdot \eta \quad (3.9)$$

де P – тиск зжатого повітря, Па

D – діаметр поршня, м

d - діаметр штока, м

η – ккд

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{P \cdot \pi \cdot \eta}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1160}{3,14 \cdot 4 \cdot 0,9}} = 13,107 \text{ см} = 131 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартний діаметр поршня $D = 150$ мм. Діаметр штока $d = 0,25 \cdot 150 = 37,5$ мм.

Визначимо дійсну осьову силу за знайденими стандартними діаметрами поршня та штока:

$$Q = 0,39 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot (0,150^2 - 0,0375^2)}{4} \cdot 0,9 = 2056,64 \text{ Н} = 2,056 \text{ кН}$$

3.7 Контрольне пристосування

Пристрій контрольний призначений для перевірки радіального та торцевого биття.

Основними вимірювальними елементами даного пристрою є два індикатори годинникового типу. Вони призначені для вимірювання розмірів та відхилень форми; вони застосовуються також як відлікові пристрої в різних вимірювальних приладах.

Для вимірювання радіального та торцевого биття маточини необхідно деталь встановити на циліндричну оправку і провертати її. При встановленні маточини кронштейни з індикаторами відводяться убік.

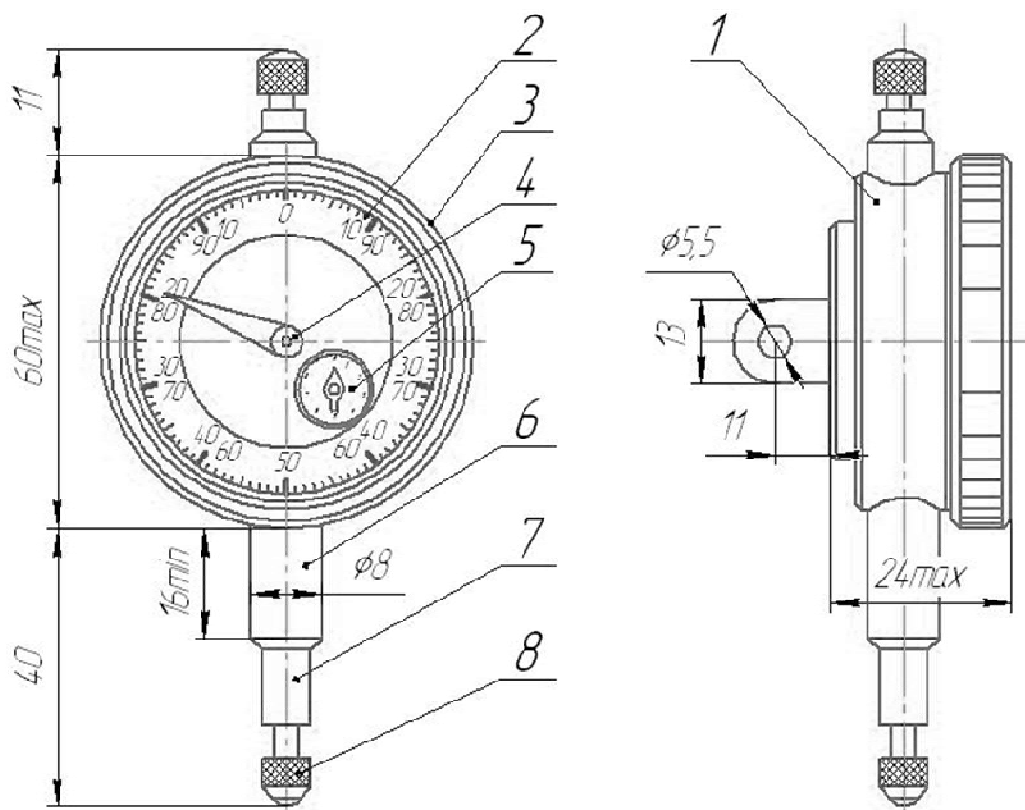


Рисунок 3.2 – Креслення індикатора годинникового типу

1 – корпус, 2 – циферблат, 3 – обідок, 4 – стрілка, 5 – покажчик, 6 – гільза, 7 – вимірювальний стрижень, 8 – вимірювальний наконечник.

Таблиця 3.2 – Технічна характеристика індикаторів (по ДСТУ ГОСТ 577:2009)

Основні показники	Індикатори годинникового типу у діаметром ободка в мм				Торцевий індикатор
	42	58			
Ціна поділки в мм	0,01				
Межі показників в мм	0-2	0-3	0,5	1,10	0-2 и 0-3

Допустима похибка в мкм у межах: - ділянки шкали 0,1 мм на початку другого обороту стрілки - 1 мм на будь-якій ділянці вимірювання - всього інтервалу виміру	6 12 12 15 18 22	8 15 15
Варіація показників, мкм	3	
Вимірювальне зусилля, Н	Не більше 200	
Початкове вимірювальне зусилля, Н	Не менше 80	
<p>Примітки:</p> <p>1. Під похибкою показань розуміється сума абсолютних величин найбільших (позитивної та негативної) похибок, накопичених при прямому та зворотному ході вимірювального стрижня.</p> <p>2. На вимогу замовника індикатори повинні поставлятися із запасною шкалою з ціною поділу 0,02 мм.</p>		

Умови експлуатації:

1. Температура робочого простору в процесі вимірювання має бути $(20 \pm 15)^\circ\text{C}$.
2. Відносна вологість повітря не більше 80% при температурі 20°C .
3. Вміст у навколишньому середовищі агресивних газів та парів не допускається.

4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

4.1. Моделювання процесу різання

Для отримання якісної поверхні деталі в процесі різання необхідно забезпечити постійний рух заготовки та інструменту за теоретично розрахованою траєкторією. Однак, на практиці під час різання виникають різні динамічні явища, які суттєво впливають як на процес геометричного формоутворення, так і на фізичний перебіг процесу обробки. Виникаючі в процесі різання вібрації технологічної обробної системи (ТОС) суттєво знижують продуктивність обробки, стійкість інструменту, негативно впливають на якість обробленої поверхні: знижується точність і підвищується шорсткість.

Найбільший вплив на сталість процесу різання мають автоколивання, що характеризуються як незатухаючі коливання внаслідок зміни сили різання ТОС. Причин виникнення коливання кілька (зміни сил тертя, демпфування, процеси нарістоутворення, поява стружки надлому тощо), але важливим є те, що ці коливання підтримуються за рахунок енергії, яка поставляється і розподіляється самої ТОС.

Таким чином, пояснити і математично обґрунтувати це явище можна тільки при поданні ТОС як замкнутої динамічної системи зі зворотними зв'язками.

Наявність адекватної математичної моделі процесу різання в замкнутій пружній ТОС дозволить проводити дослідження впливу параметрів динамічної системи на сталість процесу різання, обирати такі значення цих параметрів, які забезпечуватимуть необхідні динамічні характеристики, тобто, цілеспрямовано впливати на динаміку процесу формоутворення.

Отже, математична модель процесу точіння має будуватися з урахуванням замкнутості ТОС, відтворенням найвпливовіших зворотних зв'язків. Якщо в якості вхідної величини прийняти параметри процесу різання: задані глибину H_3 , подачу S_3 і швидкість V_3 різання, а в якості вихідних величин

- складу P_x , P_y і P_z сили різання, то процес різання може бути представлений функціональною схемою за рис.4.1

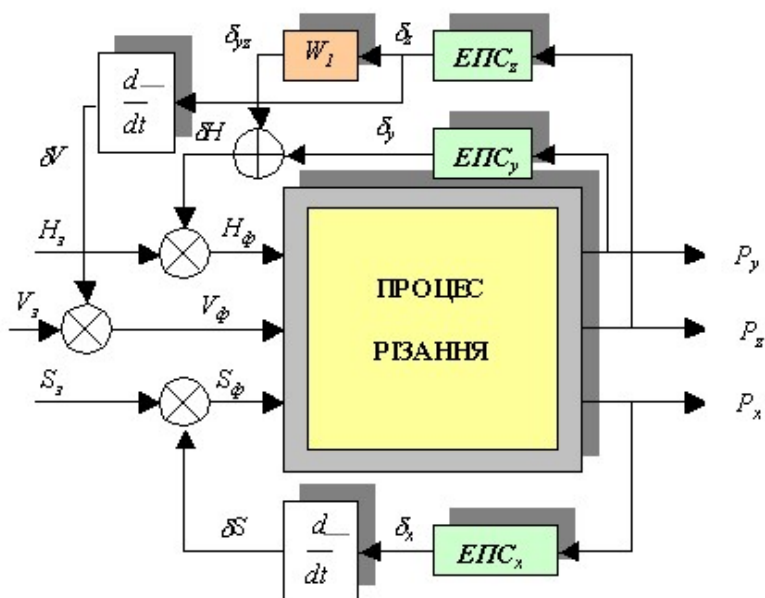


Рисунок 4.1 — Функціональна схема процесу різання

Еквівалентна пружна система (ЕПС) представлена блоками, що відображають її реакцію на складові сили різання за осями координат. Отже, реакція ЕПС у вигляді пружної деформації також представлена за осями складових координат. d_x , d_y и d_z відповідно.

Швидкість вимірювання складової d_x деформації ЕПС_x впливає на фактичну подачу:

$$S_{\phi} = S_{\phi} - \frac{d\delta_x}{dt} \quad (4.1)$$

Аналогічно швидкість зміни складової d_z деформації ЕПС_z впливає на фактичну швидкість різання:

$$V_{\phi} = V_t - \frac{d\delta_z}{dt} \quad (4.2)$$

Деформація ЕПС_y безпосередньо впливає на фактичну глибину різання, а вплив деформації ЕПС_z може бути визначений за геометричною схемою. Так, із геометричних співвідношень кресл.7 маємо:

$$\delta_{yл} = \sqrt{R^2 + \delta_z^2} - R \quad (4.3)$$

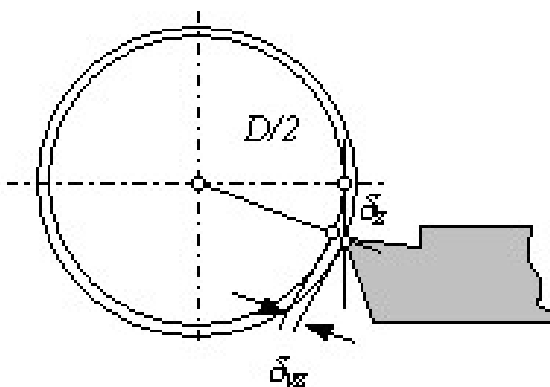


Рисунок 4.2 — Схема впливу деформації d_z на H_ϕ

Таким чином, вплив деформації всієї ЕПС на фактичну глибину різання відображається залежністю:

$$H_\phi = H_3 - \left(\sqrt{R^2 + \delta_z^2} - R \right) \quad (4.4)$$

Процес різання може бути представлений за допомогою відомих з теорії різання залежностей:

$$P_z = C_{Pz} \cdot H_\phi^{x_{pz}} \cdot S^{y_{pz}} \cdot V^n \cdot k, \quad (4.5)$$

де C_{Pz} , k – емпіричні коефіцієнти, x_{pz} , y_{pz} , n – показники степені.

Скориставшись відомим співвідношенням $P_{xy} = 0.6P_z$ та геометричним розташуванням складових сили різання [3], отримуємо такі залежності для розрахунку складових P_y і P_x сили різання:

$$P_x = P_y \cdot \operatorname{tg}(\varphi + \eta),$$

$$P_y = \sqrt{\frac{P_{xy}^2}{1 + \tan^2(\varphi + \eta)}} \quad (4.6)$$

$$P_x = P_y \cdot \tan(\varphi + \eta) \quad (4.7)$$

де φ – головний кут у плані різця; η – кут сходу стружки. ЕПС у першому наближенні може бути представлена одномасивною системою, яка має три ступені рухомості відповідно до координатної системи XYZ

Рисунок.4.2.

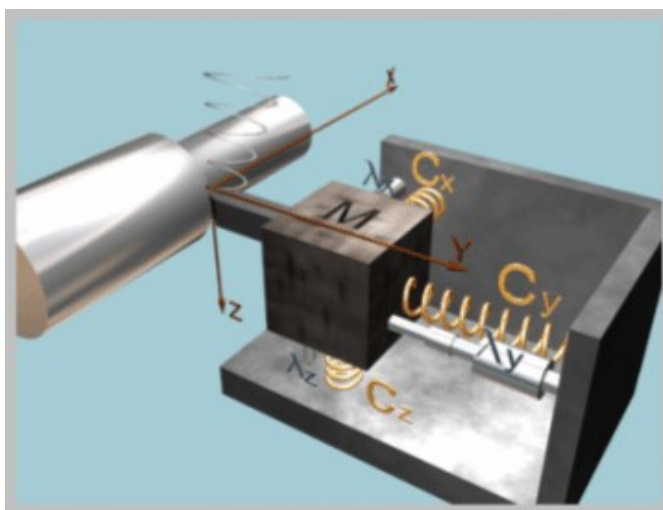


Рисунок 4.2 – Розрахункова динамічна модель

За кожною координатою зв'язок маси m з основою представлений наведеною жорсткістю c коефіцієнтом в'язучого тертя l , тобто, такого тертя, коли сила тертя пропорційна швидкості відносного руху. У цьому випадку рух системи за кожною координатою описується трьома диференційними рівняннями, кожне другого порядку:

$$\begin{cases} \frac{d^2 \delta_x}{dt^2} \cdot m + \lambda_x \cdot \frac{d\delta_x}{dt} + c_x \cdot \delta_x = P_x \\ \frac{d^2 \delta_y}{dt^2} \cdot m + \lambda_y \cdot \frac{d\delta_y}{dt} + c_y \cdot \delta_y = P_y \\ \frac{d^2 \delta_z}{dt^2} \cdot m + \lambda_z \cdot \frac{d\delta_z}{dt} + c_z \cdot \delta_z = P_z \end{cases}$$

З наведених вище залежностей може бути складена математична модель процесу різання у замкненій пружною ТОС, яка повністю відповідає функціональній схемі. Враховуючи те, що отримана модель є суто нелінійною, шостого порядку, моделювання може бути реалізовано лише чисельними методами ЕОМ. Для зручності використання відомих чисельних методів інтегрування нелінійних диференціальних рівнянь (наприклад, методу Рунге-Кутта четвертого порядку) треба представити систему за допомогою змінних стану.

Прийmemo наступні змінні стани динамічної моделі: $x_1=d_x$, $x_2=sd_x$, $x_3=d_y$, $x_4=sd_y$, $x_5=d_z$, $x_6=sd_z$, де $s=d/d_t$. Тоді система може бути представлена в матричній формі, яка є найбільш прийнятною для використання чисельних методів:

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \\ \dot{x}_5 \\ \dot{x}_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -c_x/m & -\lambda_x/m & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -c_y/m & -\lambda_y/m & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -c_z/m & -\lambda_z/m \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1/m & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/m & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/m \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{pmatrix}$$

За допомогою наведеної вище математичної моделі можна проводити аналіз та оцінювати вплив будь-яких параметрів системи, які наведені у вихідних даних, на її динамічні показники та характеристики. Математична модель реалізована за алгоритмом, узагальнена схема якого представлена на Рисунок 4.3.



Рисунок 4.3 – Узагальнений алгоритм

Копія екрану монітора під час функціонування програми представлена на Рисунку 4.4. На лівій частині інтерфейсу організовано введення вихідних параметрів системи та завдання часу інтегрування, розташовані внизу кнопки управління. На правій частині зарезервоване місце для виведення результатів моделювання у графічній формі. Реакцію системи на раптове збільшення заданої глибини різання представлено трьома графіками перехідних характеристик за відповідними осями координат. Крім того, представлена траєкторія руху вершини різця, яка відображає реакцію на це зміщення в поперечному перерізі ТОС. Виводить також результат зміни діаметру обробної деталі в режимі точіння, що встановився.

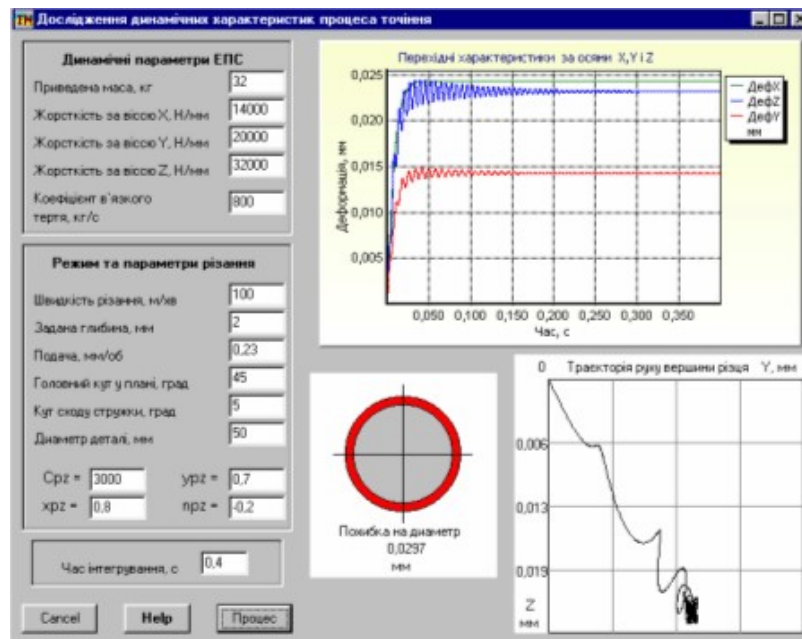


Рисунок 4.4 – Головний інтерфейс програми

Адекватність будь-якої моделі має бути перевірена на практиці. Для створеної моделі адекватність умовно можна розглядати за якісними та кількісними показниками. Якщо модель адекватна з погляду відображення якості процесу, це означає, що вона загалом немає протиріч відомим із практики залежностей. За таким критерієм створена модель цілком адекватна – вона правильно реагує на зміни будь-яких даних, які представлені на інтерфейсі.

Крім того, при моделюванні численних ТОС за допомогою розробленої програми було встановлено, що найбільші коливання динамічної системи відбуваються за координатою Z , а найменші – за координатою X (рис.11).

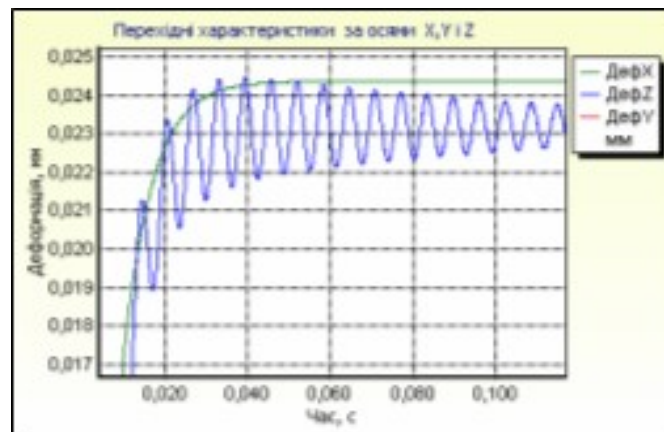


Рисунок 4.5 – Коливання ТОС за координатами Z та X

Це пояснюється тим, що швидкість переміщення вершини різця внаслідок коливання у бік осі Z , впливає на швидкість різання, що у свою чергу впливає на силу різання і величину амплітуди коливань. Так, рух вершини різця в позитивному напрямку осі Z призводить до миттєвого зменшення швидкості різання, яке (при негативному показнику ступеня залежно від сили різання від швидкості) призводить до збільшення сили різання і збільшення деформації ТОС. Таким чином маємо позитивний зворотний зв'язок, який дестабілізує систему. Навпаки, швидкість коливань за координатою X впливає на фактичну

величину поздовжньої подачі таким чином, що в системі організується негативний зворотний зв'язок, що демпфує коливання. Наприклад, при збільшенні сили різання (складової P_x) швидкість деформації ТОС у напрямку осі X викликає миттєве зменшення фактичної подачі, яка, у свою чергу, призводить до зменшення сили різання та амплітуди коливань відповідно.

Під час перевірки адекватності моделі за кількісними показниками, тобто, на відповідність чисельних значень вихідних характеристик її постійні коефіцієнти повинні коригуватися як за характеристиками статичних вимірів (наприклад, діаметру обробки), так і за динамічними характеристиками. Під час динамічних випробувань реального процесу точіння необхідно визначити коефіцієнт в'язучого тертя ТГС, який взагалі не може бути знайдений теоретичними методами.

Розроблена програма може застосовуватися при проектуванні процесів точіння з метою покращення їх динамічних характеристик для визначення оптимальних параметрів ТОС і динамічних компенсаторів коливань. Вона є базовою для вивчення можливостей покращення динамічних властивостей пружної ТОС за рахунок введення пристроїв, що автоматично компенсують похибку обробки від пружних деформацій.

4.2 Розмірне моделювання технологічного процесу

Розмірний аналіз технологічного процесу виконується після того, як розроблено маршрутний технологічний процес обробки деталі, визначено технологічні настановні та налаштовані бази, для кожної поверхні встановлено число та послідовність переходів і на картах ескізів проставлено розмірні лінії операційних розмірів.

Достовірність результатів розмірного аналізу, а відповідно, і його ефективність залежить від ретельної підготовки вихідних даних, серед яких одне з основних місць належить оцінці реально досяжної точності виконання технологічних обсягів під час обробки.

У результаті розмірного аналізу може виявитися, що обрані бази налаштування не забезпечують заданої на кресленні точності розмірів. У цьому випадку може виникнути необхідність зміни настановних та налаштованих баз, введення додаткових операцій або, нарешті, відмови від роботи на налаштованих верстатах та виконання ряду розмірів методом пробних робочих ходів. У всіх випадках ухвалені рішення мають бути обґрунтовані відповідними розрахунками.

Мета розмірного аналізу технологічного процесу обробки деталей полягає у визначенні операційних розмірів, допусків на них та граничних значень припусків.

Роль розмірного аналізу значно зростає під час проектування технологічних процесів, у яких операційні розміри отримують обробкою на налаштованих верстатах. В таких умовах не завжди вдається поєднати технологічні основи з конструкторськими, з'являються додаткові похибки — похибки базування, які знижують точність виготовлення деталі. Розмірний аналіз дає можливість оцінити точність, що забезпечується спроектованим технологічним процесом, для чого необхідно виявити та розрахувати технологічні розмірні ланцюги.

На кресленні показаний технологічний процес обробки маточини на попередньо налаштованих верстатах. На другій операції, вихідна заготовка встановлюється в патрон токарного верстата з наступною переустановкою і на позиціях 1, 2, 3 і 4 здійснюється чорнова і чистова підрізки торцевих поверхонь різцями різного типу.

Технологічні розмірні ланцюги можуть бути виявлені за допомогою загальної схеми лінійних розмірів і припусків, що відображає розмірні зв'язки поверхонь заготовки в напрямку осі Z . У верхній частині схеми розміщений ескіз деталі та суміщений з ним ескіз вихідної заготовки. Поверхні деталі пронумеровані у позитивному напрямку осі Z від 1 до 7. Вони пов'язані конструктивними розмірами: $K1-2$; $K1-5$; які відомі з креслення деталі.

На відповідних поверхнях деталі перехресним штрихуванням для наочності нанесені припуски, що утворюють контур вихідної заготовки. Номери торцевих поверхонь вихідної заготовки позначені через 4, 7 та 3, 6. Торцевих поверхонь 3 та 6 на вихідній заготовці немає. Ця поверхня утворюється пізніше, при механічній обробці торців.

На схемі розмірів і припусків, що знаходиться нижче за ескіз заготовки - деталі, торцеві поверхні позначені вертикальними лініями, між якими проставляються відповідні розміри. У процесі виготовлення деталі ряд поверхонь піддається механічній обробці: знімається припуск, що відзначається розміром Z лінії поверхні. Нова поверхня умовно наноситься на лінії продовження вихідної поверхні або, для наочності, може бути зміщена у бік зняття припуску. Номер нових поверхонь утворюється збільшенням на одиницю номера вихідної поверхні. Наприклад, при першій підрізці торця 1 заготовки знімається припуск $Z1-2$ і утворюється новий торець, розміром $L2-17$, і т.і. Побудова схеми розмірів і припусків починається із заготовки, де проставлено два технологічні розміри, що визначають загальну довжину заготовки та довжину сходинки зовнішньої поверхні. Горизонтальні штрихові лінії відокремлюють розміри та припуски на різних етапах (операціях, позиціях) обробки заготовки. Для наочності технологічні розміри спрямовані від налаштованих баз до поверхонь, що обробляються. До заготовки цей напрямок прийнято умовно.

На першій операції вихідна заготовка встановлюється в патрон токарного верстата з наступною переустановкою і на позиціях 1, 2, 3, 4 проводиться чорнова і чистова підрізки торцевих поверхонь. У нижній частині схеми вказано конструкторські розміри $K1-2$; $K1-5$; задані на кресленні деталі між остаточно обробленими поверхнями 1, 2, 5.

У технологічних розмірних ланцюгах замикаючою ланкою може бути або конструкторський розмір, або припуск, необхідний виконання даного технологічного розміру. Технологічні ж розміри, що забезпечуються при механічній обробці відповідним налаштуванням верстата, завжди є складовими.

На схемі розмірного аналізу технологічного процесу зазвичай багато пов'язаних розмірних ланцюгів. Тому часто замикаючі ланки одних ланцюгів входять складовими інші ланцюги.

Якщо виділити цей розмірний ланцюг і розглянути його поза схемою, то неможливо визначити, який із розмірів – замикаюча ланка, лише при аналізі загальної схеми з'ясується, що до чого. Щоб спростити завдання вирішення технологічних розмірних ланцюгів і уникнути помилок, слід як складові ланок включати тільки технологічні розміри, що забезпечуються в процесі обробки.

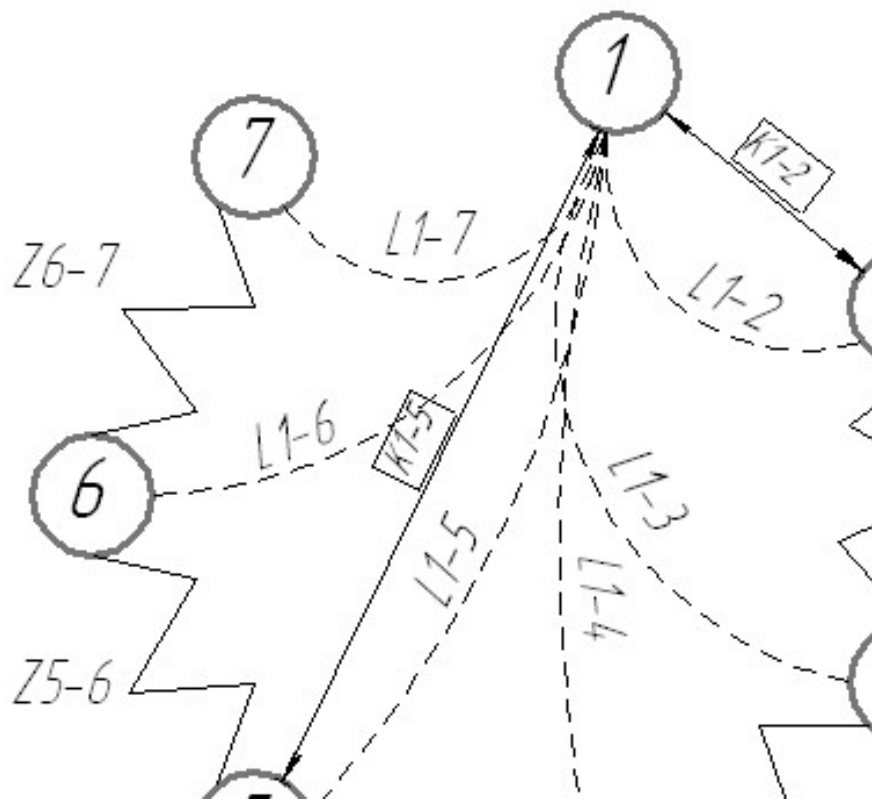


Рисунок – 4.6 Технологічний розмірний ланцюг

Для виявлення технологічних розмірних ланцюгів доцільно побудувати граф розмірних зв'язків рисунок 4.6, що наочно відображає всі розмірні зв'язки між заготовочними поверхнями – деталями.

Можна рекомендувати будувати графік таким чином, щоб розташування вершин, що моделюють поверхні заготовки – деталі, щоб відповідало розташуванню їх на загальній схемі розмірів та припусків. Побудову починають із вихідного графа, що включає конструкторські розміри та припуски. На вертикальних розмічувальних лініях, що відповідають поверхням деталі і заготовки, наносять зверху вниз ряд вершин, які позначають послідовність поверхонь, що обробляються, починаючи з вихідної заготовки. Вершини з'єднуються ребрами із зигзагоподібним позначенням припусків. Граф розмірних зав'язків неорієнтованим, тобто, ребра не мають певного напрямку.

Конструкторські розміри з'єднують вершини 1, 2, 5. Ці вершини (остаточно оброблені поверхні) обведені другою лінією. В результаті нанесення на граф ребер – припусків та ребер – конструкторських розмірів – повинен підучитися так званий граф-дерево. У цьому графі всі вершини пов'язані ребрами (граф пов'язаний) й у ньому відсутні замкнуті ділянки (цикли), тобто, з будь-якої вершини можна по ребрах пройти до будь-якої іншої вершини єдиним маршрутом. Кількість розмірів, що зв'язують N поверхонь, має бути на одиницю меншою ($N-1$).

Аналогічно на тих самих вершинах будується похідний граф технологічних розмірів. Він також має бути зв'язковим і без циклів. Відсутність зв'язності свідчить про те, що у картах ескізів і схемі розмірних зав'язків відсутній відповідний розмір. Навпаки, наявність у графі циклів свідчить про зайві розміри, які необхідно виключити. Технологічні розміри на сполученому графі нанесені тонкими суцільними лініями.

Технологічні розмірні ланцюги виявляються у такій послідовності:

- виділяються дві вершини, пов'язані вихідною замикаючою ланкою вихідного графа;
- знаходиться маршрут замикання кінця вихідної ланки(вершина з більшою координацією) з його початком по ребрах похідного графа;

- складається рівняння технологічного розмірного ланцюга з визначенням знаків ланок.

Для визначення знаків ланок усім ребрам як вихідній, так і похідній графі умовно приписується напрямок відповідної осі координат деталі. При складанні рівняння вихідна ланка заноситься в його ліву частину з позитивним знаком. Інші ланки розташовуються у правій частині. Їхні знаки визначають при обході виділеного контуру (маршруту замикання ланки вихідного графа) у напрямку, протилежному виправленню вихідної ланки. Якщо напрямок складової ланки (ребра похідного графа) збігається з напрямком обходу, воно входить до рівняння розмірного ланцюга з позитивним знаком (збільшуюча ланка), якщо не збігається з негативним (зменшує ланку).

Розрахунок технологічних розмірних ланцюгів наведено у додатку.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналіз умов праці виробничих приміщень машинобудівних підприємств

Законом України про Охорону праці, ухваленим Верховна Рада України 14 жовтня 1992 р. (редакція від 15.11.2024) встановлено визначення терміну «Охорона праці». Законодавчий документ трактує «Охорону праці», як комплекс законодавчо-правових, соціально-економічних санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних засобів методів та заходів, що спрямовані на збереження та охорону життя, здоров'я та працездатності працівників під час виконання трудових обов'язків на підприємстві.

У даній кваліфікаційній роботі розробляється процес виготовлення деталі фланець, тому варто розглянути, які заходи, потрібно провести для створення безпечних та нешкідливих умов роботи під час використання устаткування.

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. Комфортні та безпечні умови роботи — один з основних факторів, що впливають на продуктивність та безпеку роботи, а також здоров'я робітників.

Забезпечення безпечних та нешкідливих умов праці на машинобудівному підприємстві є складним процесом, який потребує комплексного підходу. Ось основні заходи, які необхідно вжити:

1. Організація системи охорони праці:

- Введення чітких політик охорони праці та регулярне оновлення відповідно до законодавства.

- Призначення відповідальних осіб за безпеку праці на кожному рівні управління.
- Розробка інструкцій та інших нормативних документів з охорони праці для кожної професії та виду робіт.

2. Технічна безпека:

- Використання сучасного обладнання з високим рівнем захисту.
- Обов'язкове технічне обслуговування та регулярна перевірка обладнання.
- Використання систем автоматизації та блокування для запобігання аваріям.
- Забезпечення засобами колективного захисту, такими як огорожі, вентиляція, освітлення.

3. Навчання працівників:

- Проведення регулярних інструктажів з охорони праці (вступних, первинних, періодичних).
- Навчання правильному використанню обладнання та інструментів.
- Тренування з надання першої медичної допомоги та дій у надзвичайних ситуаціях.

4. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ):

- Забезпечення працівників касками, окулярами, респіраторами, спецодягом, рукавицями та іншими засобами.
- Контроль за правильним використанням та справністю ЗІЗ.

5. Моніторинг та контроль умов праці

- Регулярне оцінювання ризиків на робочих місцях.
- Контроль за мікрокліматом (температура, вологість, освітлення, рівень шуму та вібрацій).
- Проведення медичних оглядів працівників.

6. Управління ризиками

- Ідентифікація та оцінка потенційних небезпек на кожному етапі виробництва.
- Розробка заходів щодо усунення або мінімізації ризиків.
- Створення планів реагування на аварійні ситуації.

7. Культура безпеки

- Стимулювання дотримання правил безпеки через преміювання чи інші мотиваційні заходи.
- Виховання відповідальності за безпеку серед працівників.

8. Взаємодія з органами контролю

- Дотримання державних стандартів і нормативів.
- Проходження перевірок та аудитів.
- Реалізація рекомендацій контролюючих органів.

Впровадження цих заходів допоможе створити безпечні та комфортні умови праці, знизити травматизм та захворюваність серед працівників.

У металообробних цехах працівники можуть стикатися з різними шкідливими та небезпечними факторами виробництва, які впливають на їхнє здоров'я та безпеку.

1. Фізичні фактори, до яких відносяться:

- Шум та вібрації:
 - Робота верстатів, молотів, зварювального обладнання.
 - Високі рівні шуму (>85 дБ) та тривала дія вібрацій негативно впливають на органи слуху, нервову та опорно-рухову системи.
- Механічні небезпеки:
 - Рухомі ріжучі, колючі частини обладнання (шестерні, різці, свердла).
 - Висока швидкість обробки деталей може спричинити травми (порізи, удари, затягування частин тіла).
- Ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання:
 - Під час зварювальних робіт або роботи з нагрівальним обладнанням.

- Може викликати опіки шкіри та очей.
 - Ризик падіння або ураження предметами:
 - Важкі металеві деталі або інструменти можуть падати або рухатися неконтрольовано.
2. Хімічні фактори, до яких відносяться:
- Токсичні речовини:
 - Пил від шліфування або різання металу (містить металеві частинки, оксиди, абразивні матеріали).
 - Дим і гази при зварюванні (оксиди азоту, вуглецю, озон, пари металів, зокрема свинцю чи кадмію).
 - Мастильно-охолоджувальні рідини:
 - Контакт із шкірою може викликати алергію або дерматити.
 - Пари цих рідин можуть бути шкідливими для дихальних шляхів.
3. Теплові фактори, до яких відносяться:
- Високі температури:
 - Робота поблизу печей, нагрівального обладнання або термічної обробки.
 - Перегрів організму, тепловий удар.
 - Низькі температури:
 - Робота з охолодженими матеріалами чи у специфічних мікрокліматичних умовах, може призводити до переохолодження.
4. Біологічні фактори
- Контакт із забрудненим обладнанням:
 - Інфекційні ризики через недостатню чистоту робочого середовища.
5. Електричні фактори
- Електричний струм:
 - Ураження через несправне обладнання, порушення ізоляції, неправильне заземлення.
 - Особливо небезпечно при роботі в умовах підвищеної вологості.

6. Ергономічні та психофізіологічні фактори

- Фізичне перевантаження:
 - Піднімання та переміщення важких предметів.
 - Важка фізична робота.
 - Тривала робота у незручних позах.
- Нервово-емоційне навантаження:
 - Концентрація уваги при роботі на високоточному обладнанні.
 - Високий рівень відповідальності за кінцевий результат.
 - Монотонність та одноманітність праці.

7. Пожежо- та вибухонебезпека

- Металевий пил:
 - Може створювати вибухонебезпечну суміш у повітрі.
- Іскри та полум'я:
 - При зварюванні або різанні металу, особливо поблизу легкозаймистих матеріалів.

Мінімізування ризиків виникнення небезпечних ситуацій, пов'язаних з дією небезпечних та шкідливих чинників виробництва можна, дотримуючись наступних заходів:

1. Використовувати засоби індивідуального захисту (захисні окуляри, рукавички, респіратори, каски).
2. Дотримуватися правил техніки безпеки.
3. Регулярно перевіряти справність обладнання.
4. Застосовувати вентиляцію та локальні витяжні системи.
5. Проводити навчання працівників щодо безпеки праці.

Ці заходи, в свою чергу допоможуть зменшити шкідливий вплив на працівників виробничих факторів та створити безпечне робоче середовище.

Працівники цеху зазнають впливу шкідливих та небезпечних факторів виробничої сфери:

- електричний струм, вплив якого може стати причиною ураження людини (електротравма, електричний удар). Таке ураження може призвести до порушення діяльності органів дихання та кровообігу;

- виникнення пожежі у разі короткого замикання та, як наслідок – термічні та механічні травми;

- комбіновані травми.

Крім того, можливий вплив шкідливих факторів, до яких належать:

- нестача освітлення, яке призводить до захворювання органів зору;

- електромагнітне випромінювання, що може призвести до професійних захворювань;

- порушення параметрів виділення надлишкового тепла може бути причиною дискомфорту роботи та профзахворювань.

Особливості характеру роботи, значне розумове напруження та інші навантаження призводять до зміни у працівників функціонального стану центральної нервової системи.

Нераціональна конструкція та розташування елементів робочого місця викликають необхідність підтримки вимушеної робочої пози..

5.2. Електробезпека

З кожним роком зростає виробництво та споживання електроенергії, а також кількість працівників, які використовують (експлуатують) електричні пристрої та установки у своїй життєдіяльності. Це робить питання електробезпеки особливо важливими.

Широке застосування в промисловості електродвигунів, електроустановок з напругою понад 380 В, нагрівальних приладів та електричних систем управління, які працюють в різних умовах довкілля, вимагає підвищеної уваги до забезпечення електробезпеки. Це включає розробку заходів і засобів для захисту людей від впливу електричного струму. Заходи електробезпеки при

роботі з металообробним обладнанням є критично важливими для запобігання нещасним випадкам, електротравмам та аваріям. До основних заходів для забезпечення безпеки при роботі з таким обладнанням:

Перевірка заземлення: усі металообробні верстати та обладнання повинні бути належно заземлені для запобігання ураженню електричним струмом.

Перевірка електричної проводки: перед початком роботи необхідно перевіряти стан проводки, кабелів та розеток, щоб вони були в хорошому стані і не мали пошкоджень.

Використання пристроїв захисного відключення (ПЗВ): на електричних лініях, що підводять енергію до верстатів, повинні бути встановлені пристрої для автоматичного відключення живлення у разі короткого замикання або перевантаження.

Забезпечення безпеки при роботі з електричними установками.

Заборонена робота з обладнанням без огляду: не можна працювати з металообробними верстатами, якщо перед цим не був проведений огляд їх електричної частини.

Виключення напруги при технічному обслуговуванні: перед проведенням будь-якого ремонту або технічного обслуговування обладнання потрібно обов'язково вимикати електричну напругу, а також використовувати пристрої для блокування електроживлення (наприклад, замки на вимикачах).

Забезпечення доступу до вимикачів: необхідно мати вільний доступ до вимикачів, розподільчих щитків і аварійних зупиняючих пристроїв для швидкого відключення обладнання в разі небезпеки.

До заходів запобігання ураженню електричним струмом відносять Ізоляцію, а саме, всі електричні проводи та кабелі повинні бути ізольованими, особливо в зонах підвищеного ризику (наприклад, біля вологих поверхонь або оброблюваних металів, що можуть проводити струм).

Заборона на перегрівання: електричні компоненти обладнання не повинні перегріватися. Для цього необхідно забезпечити належну вентиляцію та системи охолодження.

Перевірка справності пристроїв захисту: на металообробних верстатах повинні бути встановлені пристрої захисту від короткого замикання, перенапруги, перевантаження.

Використання захисних засобів, таких , як, індивідуальні засоби захисту: працівники повинні використовувати відповідні засоби захисту — ізолюючі рукавички, гумові чоботи, захисні ковпаки, щоб знизити ризик ураження електричним струмом.

Мінімізація вологи: у приміщеннях, де використовуються металообробні верстати, не повинно бути надмірної вологості, оскільки волога підвищує ймовірність ураження струмом.

Обмеження доступу до небезпечних зон, що забезпечують огорожі та попереджувальні знаки: навколо електричних установок та металообробних верстатів мають бути встановлені огорожі та попереджувальні знаки, щоб уникнути випадкових контактів з енергетичними елементами.

Підготовка та навчання персоналу: персонал, що працює з обладнанням, повинен пройти навчання з електробезпеки та знати дії в разі аварії.

Дотримання правил для проведення робіт, що пов'язані з ремонтом або технічним обслуговуванням, перевірка відключення обладнання: перед проведенням ремонту або технічного обслуговування обладнання необхідно перевірити, чи відключено воно від джерела живлення.

Використання інструментів з ізоляцією: під час виконання робіт з електричними установками використовувати інструменти з ізольованими ручками.

Регулярний технічний огляд: обладнання повинно перевірятися фахівцями регулярно, щоб вчасно виявляти пошкодження, несправності або знос ізоляції.

Встановлення режиму використання: для кожного виду металообробного обладнання необхідно визначити конкретні режими експлуатації, щоб уникнути перенавантаження і забезпечити належний рівень безпеки.

Забезпечення належних заходів електробезпеки на металообробних підприємствах допомагає запобігти аваріям, зберегти життя і здоров'я працівників, а також забезпечувати ефективність роботи.

В аварійних ситуаціях важливим є використання засобів первинної медичної допомоги: на робочих місцях повинні бути аптечки для надання першої допомоги в разі ураження електричним струмом.

Забезпечення плану дій на випадок аварії: на підприємстві має бути розроблений план дій у разі ураження електричним струмом, що включає інструкції для персоналу про порядок виклику аварійних служб, надання першої допомоги та евакуацію потерпілих.

5.3 Освітлення виробничих приміщень машинобудівних підприємств

Освітлення відіграє ключову роль у забезпеченні безпечної, ефективної та комфортної роботи на виробництві, особливо в металообробних цехах. Основні аспекти його впливу:

1. Забезпечення продуктивності праці

Поліпшення зорового сприйняття: якісне освітлення дозволяє працівникам чітко бачити дрібні деталі, особливо під час виконання точних операцій (шліфування, зварювання, різання).

Зменшення часу на виконання завдань: хороша видимість знижує кількість помилок і сприяє підвищенню швидкості роботи.

Підтримка уваги: оптимальне освітлення знижує ризик втоми очей, що дозволяє працівникам довше залишатися зосередженими.

2. Забезпечення безпеки

Зниження ризику травматизму: достатнє освітлення допомагає працівникам уникати зіткнень з небезпечними об'єктами (рухомі частини обладнання, гострі краї деталей).

Виявлення несправностей: правильне освітлення дозволяє швидко помітити небезпеки (дефекти обладнання, витіки мастильних матеріалів, пошкодження деталей).

Підвищення точності рухів: добре освітлене робоче місце мінімізує ризик помилок, що можуть призвести до аварій.

3. Охорона здоров'я працівників

Зменшення втоми та стресу: належний рівень освітленості (без тіней і блисків) сприяє зниженню зорової напруги. Попередження захворювань очей.

Наслідками неправильно організованого освітлення є зниження продуктивності праці, підвищена втомлюваність і ризик травм через погану видимість, погіршення якості виконання точних операцій. Збільшення ризику зорових захворювань.

Для освітлення виробничих приміщень використовують природне та штучне освітлення. Природне освітлення створюється світлом небосхилу (прямим і відбитим) і є основним джерелом світла. Штучне освітлення застосовують як додаткове або основне, коли природне світло відсутнє, використовуючи електричні лампи.

Природне освітлення поділяється на:

- Бічне, що здійснюється через світлові отвори у зовнішніх стінах.
- Верхнє, відповідно, через аераційні Zenітні ліхтарі, прорізи в перекриттях або отвори в місцях перепаду висот суміжних прольотів будівель.
- Комбіноване включає поєднання верхнього та бічного освітлення.

Штучне освітлення відіграє важливу роль у створенні комфортних і безпечних умов для роботи та відпочинку. Воно може бути організоване різними способами залежно від призначення приміщення, типу роботи та вимог до освітлення. Основні види штучного освітлення:

1. За функціональним призначенням

Робоче освітлення: забезпечує достатню освітленість для виконання основних завдань. Наприклад, лампи над робочими столами, верстатами або конвеєрами.

Аварійне освітлення: використовується у разі відключення основного освітлення. Забезпечує мінімальну видимість для безпечної евакуації чи завершення робочих операцій. Аварійне освітлення передбачено для забезпечення безперервної роботи в разі раптового відключення робочого освітлення (наприклад, через аварію). Його використовують у випадках, коли припинення освітлення може призвести до:

- Вибухів, пожеж або отруєнь людей.
- Порушень технологічного процесу.
- Збоїв у роботі критично важливих об'єктів, таких як електростанції, диспетчерські пункти або насосні установки водопостачання.

Охоронне освітлення: використовується для охорони території або приміщення в нічний час. Має низьку інтенсивність, але дозволяє контролювати обстановку.

Евакуаційне освітлення: спрямоване на освітлення шляхів евакуації. Забезпечує видимість виходів, дверей та проходів.

2. За розташуванням джерел світла

Загальне освітлення: забезпечує рівномірний розподіл світла у приміщенні. Використовуються стельові або настінні світильники.

Місцеве (локальне) освітлення: освітлює конкретну зону або робоче місце. Приклад: настільні лампи, лампи над верстатами.

Комбіноване освітлення: поєднує загальне і місцеве освітлення. Використовується для досягнення кращої освітленості робочих зон.

ДБН В.2.5-28:2018 – "Природне і штучне освітлення" визначає вимоги до проектування систем освітлення у виробничих приміщеннях, зокрема металообробних цехах. Освітлення відповідно до нормативних вимог повинно відповідати таким параметрам:

- Забезпечувати рівень освітленості, що залежить від виду робіт і становить:
 - Для грубих операцій (зварювання, різання) – 200-300 люкс.

- Для точних і високоточних операцій (шліфування, налаштування обладнання) – 500-1000 люкс.
- Якість освітлення повинна забезпечити рівномірність світлового потоку без різких тіней і блисків.
- Індекс кольоропередачі має бути не нижче 80 для забезпечення правильного сприйняття кольору.

В якості штучних джерел світла використовують різноманітні лампи, а саме:

Лампи розжарювання використовуються для освітлення виробничих приміщень з тимчасовим короточасним перебуванням людей. До їх характеристик відносять низьку енергоефективність, переважання теплого, жовтого світла, швидко втрачають свою потужність і створюють багато тепла.

LED-лампи, які є енергоефективними, довговічними, забезпечують стабільний світловий потік, не випромінюють мерехтіння, що важливо для зменшення втоми очей.

Люмінесцентні лампи часто використовуються у промисловості, але можуть викликати мерехтіння та мають менший термін служби порівняно з LED. Вони є енергоефективними, створюють прохолодне або нейтральне світло, мають тривалий термін служби, використовуються у виробничих приміщеннях.

Галогенні лампи підходять для локального освітлення, забезпечують гарну кольоропередачу.

До розташування світильників у робочих приміщеннях висувають наступні вимоги:

- світильники повинні бути встановлені на достатній висоті, щоб уникнути засліплення працівників;
- розташування повинно забезпечувати рівномірне освітлення без різких перепадів світла;
- для робочих місць з точними операціями освітлення має бути спрямованим і не створювати відблисків на оброблюваних деталях.
- антивібраційні властивості світильників: для робочих місць з вібрацією.

- забезпечення пило- та вологозахищеними кришками для роботи у приміщеннях з високим рівнем пилу або вологості.
- можливість регулювання інтенсивності світла: для забезпечення комфортних умов залежно від виду роботи та часу доби.

Дотримання цих рекомендацій сприятиме безпечним і комфортним умовам роботи в металообробному цеху.

ВИСНОВКИ

Під час виконання даної магістерської роботи було проаналізовано конструкцію фланця.

У пояснювальній записці містяться всі необхідні розрахунки та розділи, відповідні вимогам роботи. Загальний розділ аналізує технічні умови, базуючись на функціональному призначенні виробу, заводських технологічних процесах та останніх досягненнях у виготовленні подібних виробів. Це утворює початкові завдання, що детально розглядаються в подальших частинах проекту.

Проведено обґрунтування послідовності операцій технологічного процесу, вибору технологічних баз, методу обробки і обладнання, крім цього представлено розрахунок припусків на механічну обробку, режимів різання.

Розроблено конструкцію пристосування для обробки деталі, контрольного пристосування та ріжучого інструменту.

У дослідницькому розділі викладені результати моделювання процесу різання та розмірного моделювання технологічного процесу.

В розділі Охорона праці проаналізовано заходи з оптимізації умов праці для зменшення ризиків нещасних випадків на підприємстві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

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. Гевко Б.М. Технологія обробки на верстатах з ЧПК: Навчальний посібник. [Текст] / Гевко Б.М., Матвійчук А.В. Тернопіль: ТДТУ, 2004. 131 с.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. Гордєєв А. І. Урбанюк Є.А., Сілін Р.С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.
9. 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.
10. Железна А.М., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. К.: Кондор, 2004. 796 с.

11. Контрольна робота з дисципліни "Проектування контрольно-вимірювальних пристроїв" Вінниця, 2015. 13 с.
12. П.А. Лінчевський та ін.. Обробка деталей на обробно-розточувальних верстатах / П.А. Лінчевський, Т.Г. Джугурян, О.А. Оргіян, за заг. ред.. П.А. Лінчевського. – К.: Техніка, 2000. – 300с. ISBN 966-575-048-8
13. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів. Афіша 2004. 248 с.
14. Катренко Л. А., Пістун І. П. Охорона праці в галузі освіти. Суми: Університетська книга, 2001. 345 с.
15. SANDVIK COROMAT [Електронний ресурс] // www.sandvik.coromant.com. 2021. Режим доступу до ресурсу: <https://www.sandvik.coromant.com/ruru/products/pages/technologies.aspx#inveio>.
16. <http://ecat.secotools.com/>

ДОДАТКИ