

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний інститут, машинобудівний факультет
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра «Технологія машинобудування»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти)

на тему

Підвищення експлуатаційних властивостей тонкостінних
деталей типу тіл обертання за допомогою зміцнюючих
методів обробки

Виконав: студент(ка) II курсу, групи М-119м

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
«Технології машинобудування»

Довганюк С.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Гончар Н.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Явтушенко А.В.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Технологія машинобудування
 Ступінь вищої освіти другий (магістерський)
 Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
(код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) «Технології машинобудування»
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри С.І. Дядя

« _____ » _____ **2020 року**

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Довганюк Світлани Олексіївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Підвищення експлуатаційних властивостей тонкостінних деталей типу тіл обертання за допомогою зміцнюючих методів обробки

керівник проєкту (роботи) Гончар Н.В., канд. техн. наук, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 3 » 12 2020 року № 368

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 05.12.2020 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі «Вісь»;
річна програма випуску N=1500 деталей на рік

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3 Автоматизація допоміжних прийомів і зачистки задирок; 4 Розрахунок деталі на міцність за допомогою пакету NX; 5 Спеціальне завдання. Підвищення експлуатаційних властивостей тонкостінних деталей типу тіл обертання за допомогою зміцнюючих методів обробки; 6 Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів; 7 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення деталі, заготовки; графічне зображення 3D-моделей деталі та заготовок; маршрут виготовлення деталі; графічне зображення етапів розробки операцій для верстатів з ЧПУ; лист автоматизації; креслення робочого та контрольного пристосувань; графічне зображення результатів розрахунку деталі на міцність; графічна частина до спецзавдання

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-6	к.т.н., доцент Гончар Н.В.		
7	к.т.н., доцент Шмирко В.І.		
нормоконтроль	к.т.н., доцент Козлова О.Б.		

7. Дата видачі завдання « 01 » вересня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Срок виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	22.09.2020	
2	Конструкторська частина	06.10.2020	
3	Автоматизація допоміжних прийомів і зачистки задирок	14.10.2020	
4	Розрахунок деталі на міцність за допомогою пакету NX	20.10.2020	
5	Спецзавдання. Підвищення експлуатаційних властивостей тонкостінних деталей типу тіл обертання за допомогою зміцнюючих методів обробки	03.11.2020	
6	Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів	10.11.2020	
7	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	17.11.2020	
8	Оформлення пояснювальної записки.	24.11.2020	
9	Нормоконтроль і рецензія.	01.12.2020	
10	Захист дипломного проєкту.	15.12.2020	

Студент(ка)

_____ Довганюк С.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

_____ Гончар Н.В..
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 130 с., 37 рис., 9 табл., 24 дж., 7 дод., 25 дж. до дод.

ЗАГОТОВКА, ДЕТАЛЬ, ВЕРСТАТ, ЄСКІЗ, ОПЕРАЦІЯ, ПРИПУСК, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ІНСТРУМЕНТ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ПРИСТОСУВАННЯ, УЛЬТРАЗВУКОВЕ ЗМІЦНЕННЯ

Об'єкт дослідження – деталь «Вісь». Вісь призначена для переміщення нерухомої тарілки автомату перекоосу (АП) та забезпечує поворот гвинтокрила Мі-8 за командою пілота.

Метод дослідження - розрахунково-аналітичний.

Мета дипломного проекту є вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Вісь», підвищити експлуатаційні властивості деталі за допомогою зміцнюючих методів обробки та автоматизувати виробництво.

В ході виконання магістерської роботи, було вдосконалено технологічний процес виготовлення вісі, заміна обладнання на більш сучасне, обрано ріжучий інструмент, розраховані режими різання, виконане технічне нормування операцій, спроектовані робоче та контрольне пристосування та передбачені заходи, які спрямовані на забезпечення безпечної роботи персоналу. Проведено аналіз між методами та способами зміцнення деталей різної конфігурації і запропонований метод ультразвукової обробки кульками.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	7
ВСТУП	8
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	9
1.1 Опис конструкції та службового призначення деталі.....	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт.....	11
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням.....	12
1.4 Проектуванням технологічного маршруту обробки деталі.....	21
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	21
1.4.2 Вибір технологічних баз.....	24
1.4.3 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	25
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	31
1.6 Розрахунок режимів різання.....	36
1.7 Технічне нормування операцій.....	49
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК.....	54
1.8.1 Розробка токарної операції 070 в модулі NX CAM.....	54
1.8.2 Розробка свердлильної операції 080 в модулі NX CAM.....	57
1.8.3 Розробка фрезерної операції 090 в модулі NX CAM.....	58
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	60
2.1 Проектування робочого пристосування.....	60
2.1.1 Конструкція та принцип роботи пристосування.....	60
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність	61
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу.....	63
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	66

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування.....	66
2.2.2 Розрахунок на точність.....	67
3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ДОПОМІЖНИХ ПРИЙОМІВ І ЗАЧИСТКИ ЗАДИРОК.....	70
4 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ.....	77
4.1 Визначення напружено – деформованого стану деталі.....	77
5 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ. ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТОНКОСТІННИХ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ТІЛ ОБЕРТАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗМІЦНЮЮЧИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ.....	82
5.1 Поверхнева пластична деформація.....	82
5.2 Методи поверхневого пластичного деформування.....	83
5.3 Методи ППД для тонкостінних деталей.....	86
5.4 Ультразвукова установка.....	87
5.5 Дослідження поверхні деталей.....	92
6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ.....	95
ВИСНОВОК.....	102
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	104
Додаток А. Специфікація робочого пристосування.....	107
Додаток Б. Специфікація контрольного пристосування.....	109
Додаток В. Аналіз потенційних небезпек.....	110
Додаток Г. Заходи по забезпеченню техніки безпеки.....	113
Додаток Д. Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....	118
Додаток Ж. Заходи з пожежної безпеки.....	122
Додаток К. Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	126

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

АП	Автомат перекоосу
ДСТУ	Державний стандарт України
КВМ	Коефіцієнт використання матеріалу
МВД	Маршрут виготовлення деталі
МОП	Маршрут обробки поверхонь
ППД	Пластична поверхнева деформація
ПТК	Показник точності поверхні
СНіП	Система норм і правил
УЗЗ	Ультразвукове зміцнення
ЧПК	Числове програмне керування

ВСТУП

Технологія машинобудування – це наука, яка систематизує сукупність прийомів і засобів обробки сировини, матеріалів, напівфабрикатів відповідними знаряддями виробництва з метою отримання готової продукції. Предметом вивчення в технології машинобудування є виготовлення виробів заданої якості в установленій програмі випуску кількості при найменших витратах матеріалу мінімальної собівартості і високої працездатності праці.

Технологія авіаційного двигуно-будування розглядає ті ж питання з врахуванням особливості конструкції виробів (складні двигуни), умов їх експлуатації (швидкість, тиск) і вимог щодо надійності виробів. Основними напрямками є розробка економічних технологій (з малими витратами часу і матеріалів на виробництво, розробка безперервних автоматизованих технологій з малою участю робітників). Розробка екологічно чистих технологій без відходів.

Одним з важливих напрямків підвищення експлуатаційних характеристик деталей авіаційних двигунів є розробка і впровадження у виробництво прогресивних технологічних методів, які забезпечують високу якість їх виготовлення. І саме від використання прогресивних технологічних процесів та застосування високопродуктивного технологічного обладнання, а також скорочення тривалості виробничого циклу виготовлення деталей і всього виробу в значній мірі залежить вартість виробу.

Для здійснення останнього не виключається застосування механізованого та автоматизованого обладнання і спеціальних пристосувань, а також використання оптимальних варіантів організації виробничого процесу. Виникає необхідність у скороченні тривалості циклу конструкторської та технологічної підготовки виробництва за рахунок використання новітніх засобів автоматизації, в тому числі застосування ПК з роботою в системі AUTOCAD, ANSYS, NX CAM.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Досліджувана деталь – вісь вузла поперечного керування гвинтокрила Мі-8.

Деталь «вісь» знаходиться у вузлі автомат перекоосу (АП) та є нерухомою. По зовнішньому $\varnothing 25$ встановлюються два радіально-упорні підшипники.

При повороті штурвалу керування вправо або вліво підшипники, обертаючись на вісі, обертають за собою качалку поперечного управління, що переміщує нерухому тарілку АП та забезпечує поворот гвинтокрила за командою пілота. Деталь працює в атмосфері, тому для корозійної стійкості при збірці на неї наноситься змащувальна рідина «ЦІАТИМ 201», що забезпечує їй більший експлуатаційний ресурс.

Матеріалом деталі для виготовлення вісі вузла поперечного керування гвинтокрила Мі-8 є конструкційна легована сталь 18Х2Н4В4.

Даний матеріал використовується для деталей, яким висувають вимоги високої міцності, в'язкості і зносостійкості. А також з високими вібраційними та динамічними навантаженнями. Перевагою сталі 18Х2Н4В4 є: жаростійкість, кислотостійкість, корозійна стійкість, зносостійкість, підвищена стійкість до ударних та пластичних деформацій, висока прокалюваність, підвищена в'язкість та тугоплавкість. Конструкційна легована сталь 18Х2Н4В4 застосовується: для виготовлення деталей авіаційної техніки (вісі, плунжери, шліци, вали, зубчасті колеса, кронштейни, поршневі пальці та карданні хрестовини тощо) з робочою температурою від 70 °С до +450 °С [1].

Хімічний склад сталі 18Х2Н4В4 наведений в табл. 1.1 [1].

Фізичні властивості матеріалу 18Х2Н4В4 наведені в табл. 1.2 [1].

Таблиця 1.1 – Зміст основних хімічних елементів, %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	W	Cu	Fe
0,14...0,2	0,17...0,37	0,25...0,55	4...4,4	0,025	0,025	1,35...1,65	0,8...1,2	0,3	~92

Таблиця 1.2 – Фізичні властивості матеріалу

t, °C	E 10 ⁻⁵ , МПа	α, 10 ⁻⁶ (1/Град)	λ, (Вт/(м·град))	ρ, (кг/м ³)
20	2			7950
100		11.7	36	7930
200		12.2	36	7900
300		12.7	35	7860
400		13.1	35	7830
500		13.5	34	7800
600		13.9	33	7760

Прийняті позначення механічних та фізичних властивостей сталі 18X2H4B4:

E – модуль пружності нормальний, МПа;

ρ – густина матеріалу при заданій температурі, кг/м³;

λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·град);

α – коефіцієнт температурного лінійного розширення, 1/Град.

В даному технологічному процесі деталь проходить термічну обробку двічі:

З поковочного цеху деталь потрапляє до термічного, на операцію нормалізацію-відпуск, для зняття штампувальної напруги.

На нормалізацію-відпуск встановлюється температура 660 °C – 680 °C [2]

Після нормалізації-відпуску, виконується закалка при температурі 950 °C у маслі та відпуск при температурі 550 °C на повітрі [2].

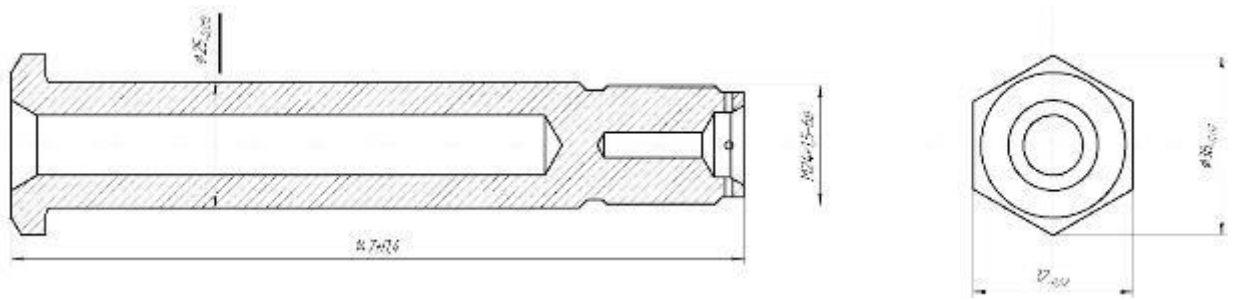


Рисунок 1.1 - Ескіз деталі

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Проектування технологічного процесу залежить від багатьох факторів, в тому числі і від типу та організаційної форми виробництва.

Тип виробництва визначається за ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності й обсягу випуску виробів: одиночне, серійне, масове.

Форма організації виробництва визначається за ознакою рівня організації робочих місць і принципу розташування робочих місць: потокова, не потокова і групова. [3, стор.10]

Тип виробництва попередньо визначаємо в залежності від річного обсягу випуску $N = 1500$ шт. і маси деталі $m = 0,455$ кг по [3, табл.1.1, стор.10] - серійне виробництво.

У нашому випадку форма організації виробництва - серійно-потокова. Це така форма виробництва, при якій деталі надходять на ділянку партіями, але обробка їх виконується поточковим методом. Після закінчення обробки однієї партії заготовок обладнання робочих місць ділянки відповідно переналагоджується і на ділянку надходить партія інших заготовок, які мають подібний технологічний процес і також обробляються поточковим методом.

Кількість заготовок в партії для одночасного запуску визначається:

$$n = \frac{a \cdot N}{A} \quad (1.1)$$

де $a = 3, 5, 10, 20, 60, 125$ днів - періодичність запуску деталей в виробництво або кількість днів, на які необхідно забезпечити запас деталей для роботи складальної ділянки $a = 10$;

$N = 1500$ шт. - річна програма випуску;

A - кількість робочих днів у році; $A = 250$.

$$n = \frac{10 \cdot 1500}{250} = 60 \text{ деталей}$$

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

У сучасному виробництві одним з основних напрямків розвитку технології механічної обробки є використання чорнових заготовок з економічними конструктивними формами, що забезпечують можливість застосування найбільш оптимальних способів їх обробки. Цей напрямок вимагає безперервного підвищення точності заготовки та наближення її конструктивних форм і розмірів чистової деталі, що дозволяє скоротити обсяг обробки, обмежуючи її напівчистовими і чистовими операціями [3, стор.275-277].

У серійному виробництві заготовки отримують прокатом, методом штампування на молотах, горизонтально-кувальних машинах (ГКМ) і кривошипних горячештамповочних пресах (КГШП). У другому і третьому випадку знижуються припуски і допуски на заготовку, зменшується витрата металу, отже збільшується коефіцієнт використання матеріалу $K_{\text{вм}}$.

Для економічного обґрунтування вибору заготовки проводимо розрахунок технологічної собівартості деталі та коефіцієнт використання матеріалу по порівнюваним методам:

а) штампування в закритих штампах на КГШП;

б) заготовка з прокату.

Коефіцієнт використання матеріалу визначається як відношення маси деталі до маси заготовки за формулою [3, стор.276]:

$$\eta = \frac{q}{Q} \quad (1.2)$$

де q - маса деталі, кг;

Q -маса заготовки, кг.

Вартість виготовлення однієї заготовки визначають за формулою [3, стор.276]:

$$C = \frac{C_B}{1000} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{\Pi} - \frac{(Q - q)}{1000} \cdot S, \quad (1.3)$$

де C_B – базова вартість 1 т. заготовок, грн.;

$K_T, K_M, K_C, K_B, K_{\Pi}$ – коефіцієнти, що враховують клас точності, матеріалу, групу складності, масу заготовки, програму випуску;

$S_{\text{відх}}$ – вартість 1 тони стружки, грн.

Річна економія на виготовлення заготовки [3, стор.277]:

$$E = (C_2 - C_1) \cdot N \quad (1.4)$$

де C_1, C_2 – вартість виготовлення заготовок, грн.;

N - річна програма випуску.

Річна економія матеріалу [3, стор.277]:

$$M = \frac{q(\eta_1 - \eta_2)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N \quad (1.5)$$

де q – маса деталі, кг;

η_1, η_2 – коефіцієнти використання матеріалу для першого та другого способу отримання заготовки.

Припуск на сторону обираємо за [4, с. 12, табл. 1.3] та заносимо в табл. 1.3.

Визначаємо масу деталі в програмі NX (рис.1.2).

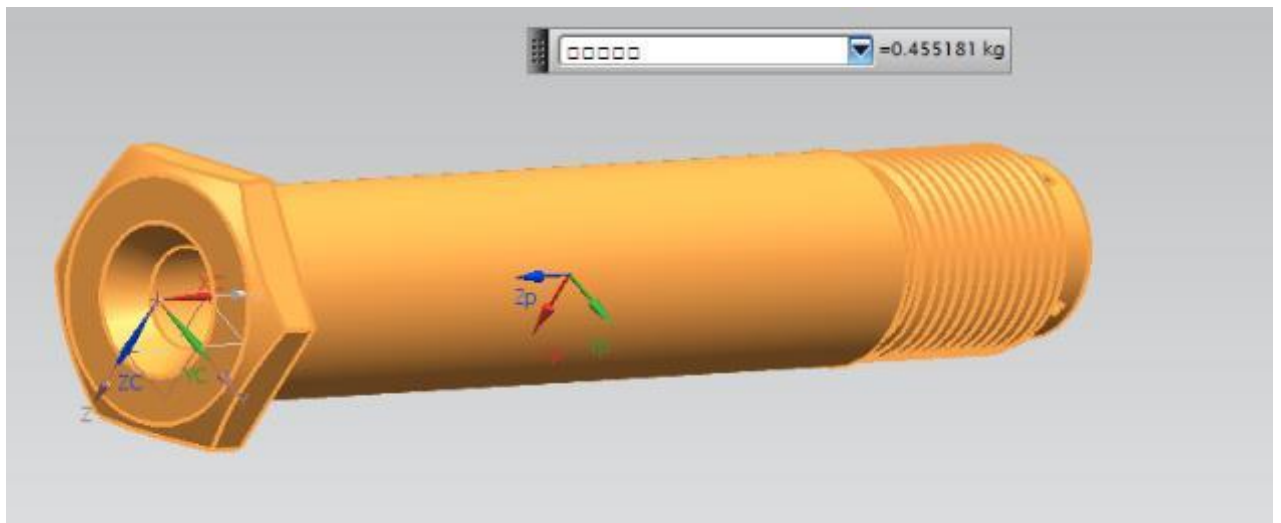


Рисунок 1.2 - 3D модель деталі

Визначаємо масу штамповки в програмі NX на КГШП (рис.1.3) та на прокат (рис.1.5).

Таблиця 1.3 – Припуск на розміри заготовки на КГШП

Деталь	Припуск штампованої заготовки	Розміри штампованої заготовки
Ø25	2,5	Ø 30
147	3,5	154
36	3	42
32	3	38
7	2,5	13

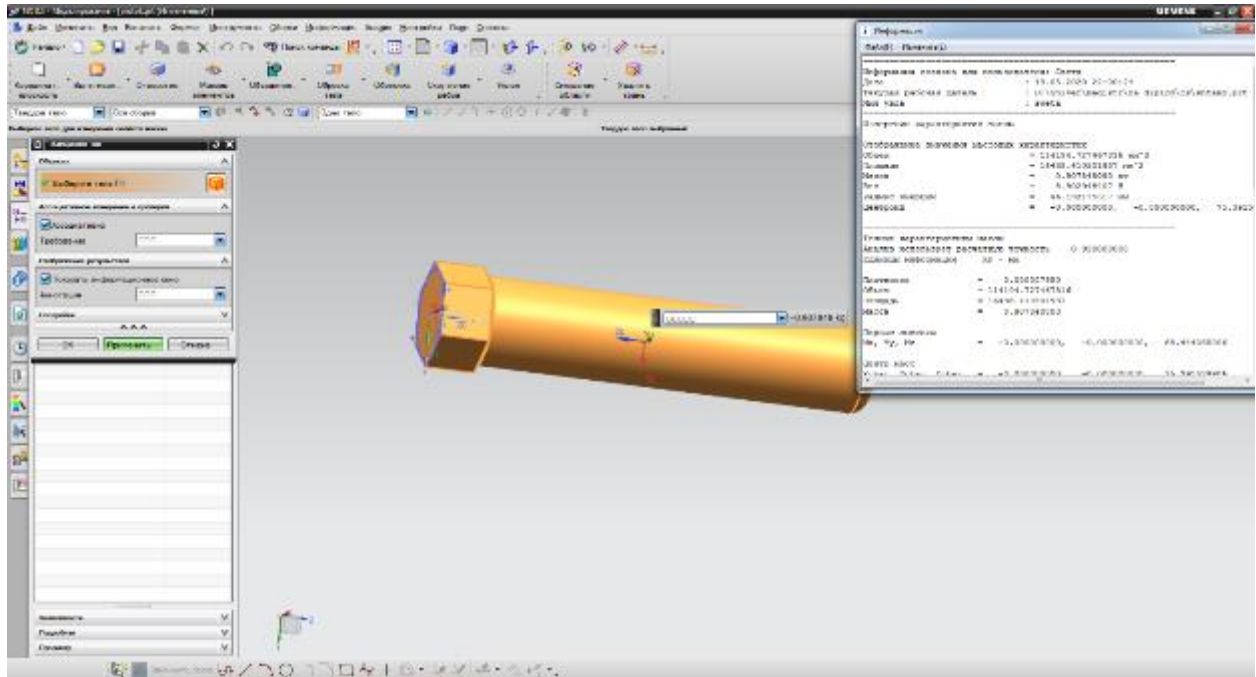


Рисунок 1.3 – 3D модель заготовки на КГШП

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу для поковки на КГШП (рис. 1.4) за формулою (1.2):

$$\eta_{\text{КГШП}} = \frac{0,455}{0,907} = 0,502.$$

Розраховуємо собівартість заготовки за формулою (1.3):

$$C_M = \frac{3500}{1000} \cdot 0,907 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1,33 \cdot 0,75 - \frac{(0,907 - 0,455)}{1000} \cdot 140 = 3,4 \text{ грн}$$

де C_B – базова вартість 1т. заготовок [5, табл. 1.29, с. 20];

K_T – коефіцієнт, що залежить від класу точності [5, табл. 1.24, с.18];

K_C – коефіцієнт, що залежить від групи складності [5, табл. 1.25, с. 18,];

K_B – коефіцієнт, що залежить від маси [5, табл. 1.26, с. 19];

K_M – коефіцієнт, що залежить від матеріалу [5, табл. 1.27, с. 19];

K_{II} – коефіцієнт, що залежить від групи серійності [5, табл. 1.28, с. 19];

S – вартість 1 т стружки, грн [5, табл. 1.5, с. 13].

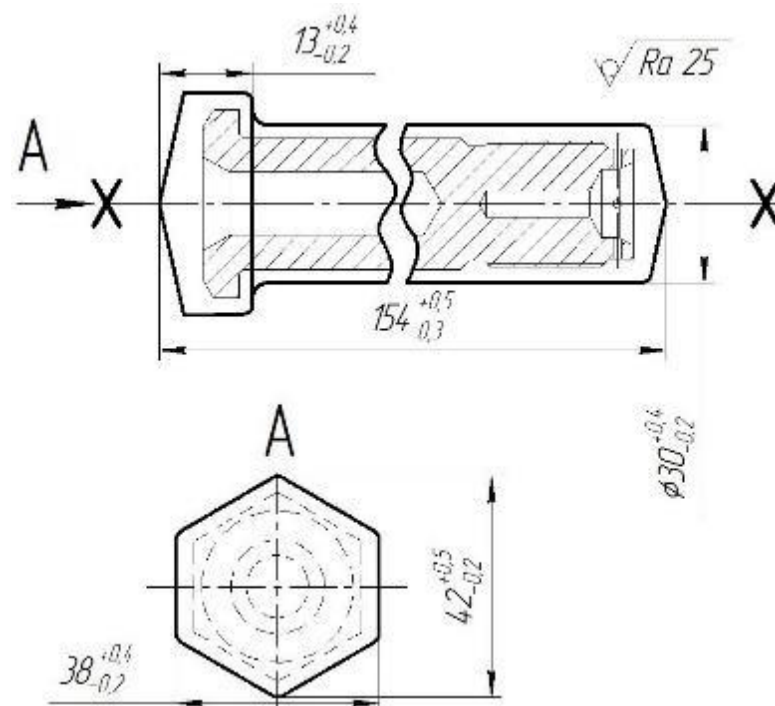


Рисунок 1.4 – Ескіз поковки на КГШП

Припуск на прокат, діаметральний розмір, визначався по розміру 36, згідно теоремі Піфагора. По розрахункам ми отримуємо діаметр 48, але керуюсь даними по наявності матеріалу на підприємстві вибираємо діаметр 42. На довжину призначали припуск 6,5 мм, на кожену сторону, з урахуванням допуску на поріжку.

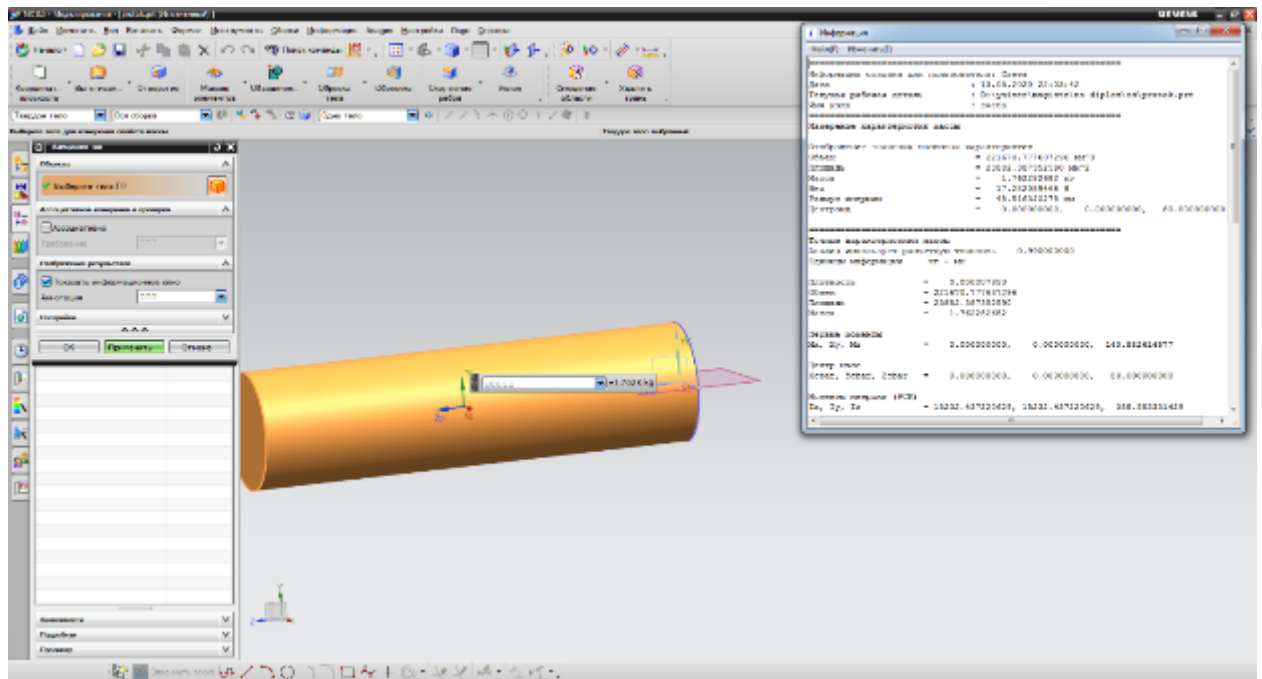


Рисунок 1.5 – 3D модель заготовки з прокату

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу для прокату за формулою (1.2):

$$\eta_{\text{прокат}} = \frac{0,455}{1,762} = 0,258$$

Розраховуємо собівартість заготовки за формулою (1.3):

$$C_{\Pi} = \frac{2600}{1000} \cdot 1,762 \cdot 1 - \frac{(1,762 - 0,455)}{1000} \cdot 140 = 4,4 \text{ грн.}$$

де $C_{\text{Б}}$ – базова вартість 1т. заготовок, грн [5, табл. 1.29, с. 20];

$Q_{\text{заг}}$ – маса заготовки, кг;

$K_{\text{М}}$ – коефіцієнт, що залежить від матеріалу [5, табл. 1.27, с.19];

S – вартість 1 т стружки, грн [5, табл. 1.5, с. 13].

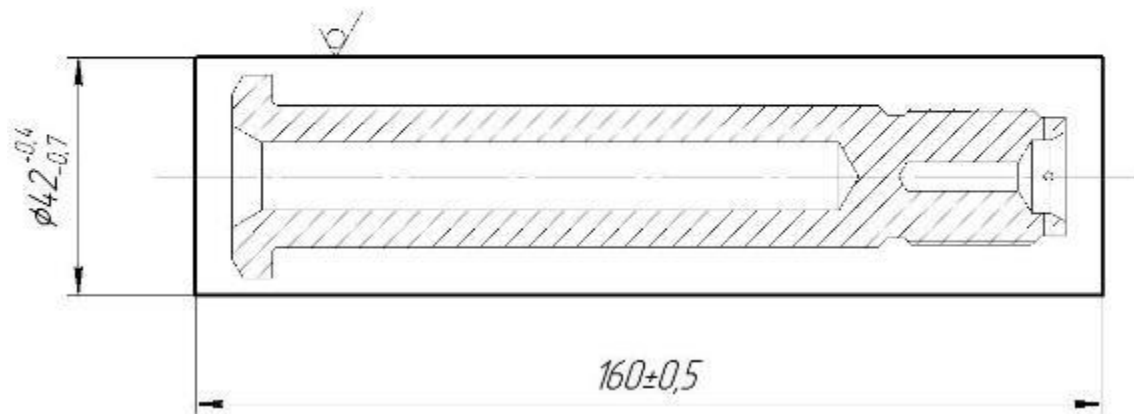
$\sqrt{Ra\ 12,5}$ 

Рисунок 1.6 – Ескіз заготовки з прокату

Так як $C_{КГШП} < C_{П}$, $\eta_{П} < \eta_{КГШП}$, тому подальші розрахунки будемо проводити стосовно варіанту другого штампування на КГШП.

Річну економію на виготовлення заготовки визначаємо за формулою (1.4):

$$E_{\text{виг}} = (4,4 - 3,4) \cdot 1500 = 1500 \text{ грн}$$

Визначаємо річну економію матеріалу за формулою (1.5):

$$M = \frac{0,455 \cdot (0,502 - 0,258)}{0,502 \cdot 0,258} \cdot 1500 = 682,5 \text{ кг}$$

Згідно розрахунків, найбільш раціональним є виготовлення заготовок штампуванням у закритих штампах на кривошипному горячештамповочному пресі, оскільки річна економія за вартістю в порівнянні з прокату – 1500 грн., а річна економія матеріалу – 682,5 кг.

Отримані дані заносимо в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Економічне порівняння

Показники	Позначення	Од. вимірювання	Варіанти	
			Штамповка на КГШП	Заготовка з прокату
Маса деталі	$m_{дет}$	кг	0,455	
Маса заготовки	$m_{заг}$	кг	0,907	1,762
КВМ	$K_{им}$	-	0,502	0,258
Базова ціна заготовки	C_i	грн	3500	2600
Коефіцієнти	K_T	-	1,05	1
	K_M	-	1	1
	$K_C; K_3$	-	1	1
	K_B	-	1,33	1
	K_P	-	1	1
Ціна за 1т стружки	$S_{отх}$	грн	140	
Вартість однієї заготовки	$S_{заг}$	грн	3,4	4,4

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

У найзагальнішому випадку конструкцію будь-якої деталі можна вважати технологічною, якщо вона забезпечує її просте і економічне виготовлення. Загальними критеріями технологічності деталі є абсолютне значення трудомісткості і технологічної собівартості її виготовлення. Оцінити показники трудомісткості і технологічної собівартості на початковому етапі проектування технологічного процесу неможливо, оскільки відсутні необхідні

вихідні дані. Тому, найчастіше дається тільки якісна оцінка ознак технологічності конструкції [3].

Технологічність конструкції деталі – це сукупність властивостей, які проявляються в можливості досягнення оптимальних витрат праці, ресурсів, матеріалів та часу при технологічній підготовці виробництва, виготовленні експлуатації та ремонті у порівнянні з відповідними показниками однотипних конструкцій виробу того ж призначення при забезпеченні установлених показників якості та прийнятих умов виготовлення [3, стор. 271].

Відповідно до єдиної системи технологічної підготовки виробництва [6], технологічність конструкції оцінюється:

- вибором і обґрунтуванням раціональної заготовки;
- технологічністю форми;
- раціональним проставлянням розмірів;
- оптимальною точністю геометричних характеристик;
- оптимальною шорсткістю оброблюваних поверхонь;
- кількістю уніфікованих поверхонь.

Для визначення детальної оцінки технологічності деталі необхідно провести якісну і кількісну оцінки.

Матеріал заготовки підібраний з урахуванням фізико-механічних властивостей металу у роботі у вузлі і ціною. Заготовка штампування в КГШП максимально наближена до розмірів деталі.

Заготовка деталі має технологічні бази-поверхні, які забезпечують надійне і зручне закріплення деталі на верстаті, достатню жорсткість для надійного закріплення на верстаті, виключення деформацій на високих режимах обробки і досягнення необхідної точності, а також при контролі розмірів [3].

Проводимо якісну оцінку деталі:

- деталь має геометричну форму середньої складності;
- деталь відноситься до класу «тіл обертання»;
- деталь жорстка;

- точність деталі змінюється від 6 до 15 квалітету;
- шорсткість деталі змінюється від 0,4 до 12,5 мкм;
- уніфікованих поверхонь – 12.

За якісними показниками деталь "вісь" - технологічна.

Кількісна характеристика технологічності деталі проводиться за показниками застосування уніфікованих елементів конструкції, точності розмірів, шорсткості поверхні [3].

Коефіцієнт використання заготовки ми визначили у пункті 1.3, він дорівнює $K_{\text{вик}} = 0,502 < 0,8$.

За даним показником деталь нетехнологічна.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі [3, стор.275]:

$$K_{\text{у.е.}} = \frac{Q_{\text{у.е.}}}{Q_{\text{е}}} \geq 0,6 \quad (1.6)$$

де $Q_{\text{у.е.}}$ – загальна кількість конструктивних елементів;

$Q_{\text{е}}$ – кількість уніфікованих елементів.

$$K_{\text{у.е.}} = \frac{11}{21} = 0,52 \geq 0,6$$

За даним показником деталь нетехнологічна.

Коефіцієнт точності обробки [3, стор.275]:

$$K_{\text{тч}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{CP}}} > 0,8 \quad (1.7)$$

де A_{CP} – середній квалітет точності, який визначається за формулою:

$$A_{\text{CP}} = \frac{k_1 n_1 + k_2 n_2 + \dots + k_n n_n}{n_{\text{заг}}} \quad (1.8)$$

де n – кількість розмірів, які мають відповідний квалітет;

k – квалітет точності.

$$A_{CP} = \frac{15 \cdot 2 + 14 \cdot 3 + 13 \cdot 11 + 12 \cdot 3 + 10 \cdot 1 + 6 \cdot 1}{21} = 12,7$$

$$K_{TЧ} = 1 - \frac{1}{12,7} = 0,92 > 0,8$$

За даним показником деталь технологічна.

Коефіцієнт шорсткості поверхонь [3, стор.275]:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{CP}} < 0,32 \quad (1.9)$$

де B_{CP} - середнє значення параметра шорсткості (за кресленням):

$$B_{CP} = \frac{k_1 n_1 + k_2 n_2 + \dots + k_n n_n}{n_{заг}} \quad (1.10)$$

де k – значення параметра шорсткості;

n – кількість поверхонь, які мають відповідну шорсткість.

$$B_{CP} = \frac{12,5 \cdot 1 + 6,3 \cdot 9 + 3,2 \cdot 9 + 0,4 \cdot 1}{21} = 4,68$$

$$K_{ш} = \frac{1}{4,68} = 0,21 < 0,32$$

За даним показником деталь технологічна.

За кількісними показниками можемо зробити висновок, що деталь нетехнологічна.

1.4.2 Вибір технологічних баз

Технологічна база визначає положення деталі на верстаті щодо траєкторії різального інструменту і знаходиться в безпосередньому контакті з елементами пристосування [3, стор. 63].

Робота по вибору технологічних баз починається з вибору чорнової і настановної бази для першої операції.

За чорнові бази вибираємо поверхні, які мають достатню площину поверхні і відносну геометричну точність. Такими поверхнями на деталі «Вісь» є зовнішня шестигранна поверхня $38_{-0,2}^{+0,4}$ мм і прилеглий до неї торець 154 мм. Фіксуємо деталь на ці поверхні, ми готуємо бази для подальшої обробки.

Конструкторські та технологічні бази збігаються для забезпечення складання в вузлі. По можливості використовується принцип єдності баз, при якому збігаються вимірювальні і налагоджувальні бази. При цьому похибка базування дорівнює нулю. Даний вибір баз забезпечує можливість обробки з однієї установки максимальної кількості поверхонь [3, стор.71-75]. В якості основної бази приймається внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 30_{-0,2}^{+0,4}$ і торець 154 мм.

1.4.3 Проектування маршруту обробки поверхонь

При проектуванні маршруту обробки поверхні (МОП), визначаємо кількість переходів та їх послідовність.

МОП є технологічною основою технологічного процесу механічної обробки, так як саме в цій частині закладаються фізико-механічні, хіміко-термічні процеси впливу на поверхню заготовки [3, стор.277-278].

Поверхні заготовки на стадіях обробки характеризуються якістю, ефективності обробки та системою показників точності.

Проектування маршруту обробки зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 25 \text{ h}6_{(-0,013)}$.

Вихідні дані:

Заготовка:

$Td_3 = 600 \text{ мкм}$;

$Ra_3 = 25 \text{ мкм}$;

Квалітет – IT 16;

Деталь:

$Td_d = 13 \text{ мкм}$;

$Ra_d = 0,4 \text{ мкм}$

Квалітет – h6.

Розраховуємо загальні уточнення за формулою [3, стор.279]:

$$\varepsilon_{0i} = \frac{Ti_{\text{заг}}}{Ti_{\text{дет}}} \quad (1.11)$$

де $Ti_{\text{заг}}$ – допуск на і-й параметр заготовки;

$Ti_{\text{дет}}$ – допуск на і-й параметр деталі за робочим кресленням.

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{Ra_{\text{заг}}}{Ra_{\text{дет}}} \quad (1.12)$$

де $Ra_{\text{заг}}$ – шорсткість на і-й параметр заготовки;

$Ra_{\text{дет}}$ – допуск на і-й параметр деталі за робочим кресленням.

$$\varepsilon_{0Td} = \frac{600}{13} = 46,2$$

$$\varepsilon_{0Ra} = \frac{25}{0,4} = 62,5$$

Розраховуємо кількість переходів за лімітуючим показником за формулою [3, стор.280]:

$$k_{Ti} = 2lg\varepsilon_{T0i} \quad (1.13)$$

$$k_{розр} = 2lg\varepsilon_{0Ra} = 3,3$$

Приймаємо кількість переходів $k=3$.

Різниця квалітетів:

$$\Delta = IT_{заг} - IT_{дет} = 16 - 6 = 10 = 5 + 3 + 2$$

Складаємо послідовність ПТК:

$$IT16 \rightarrow T/O \rightarrow T/O \rightarrow h11 \rightarrow h8 \rightarrow h6$$

$$Ra 25 \rightarrow T/O \rightarrow T/O \rightarrow Ra 3,2 \rightarrow Ra 1,6 \rightarrow Ra 0,4$$

Визначаємо часткове уточнення для кожного переходу згідно формул (1.11) та (1.12):

- 1) Термічна обробка
- 2) Термічна обробка
- 3) Чорнове точіння

$$\varepsilon_{Td2} = \frac{600}{130} = 4,6$$

$$\varepsilon_{Ra2} = \frac{25}{3,2} = 7,8$$

4) Чистове точіння

$$\varepsilon_{Td3} = \frac{130}{33} = 3,9$$

$$\varepsilon_{Ra3} = \frac{3,2}{1,6} = 2$$

5) Чистове шліфування

$$\varepsilon_{Td4} = \frac{33}{13} = 2,5$$

$$\varepsilon_{Ra4} = \frac{1,6}{0,4} = 4$$

Маршрут обробки поверхні вважається прийнятим, якщо виконується умова [3, стор.282]:

$$\varepsilon_{i0} \leq \prod_{i=1}^k \varepsilon_{ij} \quad (1.14)$$

Визначаємо загальне уточнення для перевірки обраного маршруту за формулою (1.14):

$$\varepsilon_{Td0} = 4,6 \cdot 3,9 \cdot 2,5 = 44,85$$

$$\varepsilon_{Ra0} = 7,8 \cdot 2 \cdot 4 = 62,4$$

$$\varepsilon_{oTd} \leq \Pi \varepsilon_{iTd}$$

$$46,2 \leq 44,85$$

$$\varepsilon_{oRa} \leq \Pi \varepsilon_{iRa}$$

$$62,5 \leq 62,4$$

Оскільки, перевірка зійшлась, то маршрут обробки заданої поверхні вважаємо прийнятним.

Проектування маршруту обробки внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 12H13^{(+0,27)}$ мм.

Вихідні данні:

Заготовка:

$$Td_3 = 600 \text{ мкм};$$

$$Ra_3 = 25 \text{ мкм};$$

Квалітет – IT 16;

Деталь:

$$Td_d = 270 \text{ мкм};$$

$$Ra_d = 6,3 \text{ мкм}$$

Квалітет – H13.

Розраховуємо загальні уточнення за формулами (1.11) та (1.12):

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{600}{270} = 2,22$$

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{25}{6,3} = 3,96$$

Розраховуємо кількість переходів за лімітуючим показником за формулою (1.13):

$$K_{\text{расч}} = 2lg\varepsilon_{Ra} = 1,2$$

Приймаємо кількість переходів $K=2$.

Різниця квалітетів:

$$\Delta = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = 16 - 13 = 3 = 2 + 1$$

Складаємо послідовність ПТК:

$$\begin{aligned} IT16 &\rightarrow T/O \rightarrow H14 \rightarrow T/O \rightarrow H13 \\ Ra\ 80 &\rightarrow T/O \rightarrow Ra\ 12,5 \rightarrow T/O \rightarrow Ra\ 6,3 \end{aligned}$$

Розраховуємо уточнення за формулами (1.11) та (1.12):

1) Термічна обробка

2) Чорнове свердління

$$\varepsilon_{T_{d1}} = \frac{600}{360} = 1,6$$

$$\varepsilon_{Ra1} = \frac{25}{12,5} = 2$$

3) Термічна обробка

4) Зенкерування

$$\varepsilon_{Td3} = \frac{360}{220} = 3,2$$

$$\varepsilon_{Ra3} = \frac{12,5}{6,3} = 1,98$$

Розраховуємо загальне уточнення для перевірки обраного маршруту за формулою (1.14):

$$\varepsilon_{Td0} = 1,6 \cdot 1,6 = 2,56$$

$$\varepsilon_{Ra0} = 2 \cdot 1,98 = 4$$

$$\varepsilon_{oTd} \leq \Pi \varepsilon_{iTd}$$

$$2,22 \leq 2,56$$

$$\varepsilon_{oRa} \leq \Pi \varepsilon_{iRa}$$

$$3,96 \leq 4$$

Так як перевірка зійшлась, маршрут обробки заданої поверхні вважаємо прийнятним. Дані заносимо в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5 – План обробки поверхонь

	Показник	Уточнення	Кількість переходів	Різниця показн. ППК	i	Метод обр.		Td, мкм	Ra, мкм	ϵ_{iTd}	ϵ_{iRa}
Зовнішня циліндр. пов. $\varnothing 25_{-0,013}$	Td Ra	46,2 62,5	3	16-6=10=5+3+2	1	Заготівельна	IT16	600	25	-	-
					2	T/O	-	-	-	-	-
					3	T/O	-	-	-	-	-
					4	Чорнове точіння	h11	130	3,2	4,6	7,8
					5	Чистове точіння	h8	33	1,6	3,9	2
					6	Чистове шліфування	h6	13	0,4	2,5	4
					Уточнення						
Внутр. циліндр. пов. $\varnothing 12_{+0,27}$	Td Ra	46,2 62,5	2	16-13=3=2+1	1	Заготівельна	IT16	600	25	-	-
					2	T/O	-	-	-	-	-
					3	Чорнове свердління	H14	360	12, 5	1,6	2
					4	T/O	-	-	-	-	-
					5	Зенкерування	H13	220	6,3	1,6	1,98
					Уточнення						

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Елементи мінімальних припусків для кожного переходу і допуски на операційні розміри заготовки приймаємо по [7, Т.1, стор. 243, табл.4.1.]

Визначення припусків і виконавчих технологічних розмірів розрахунково-аналітичним методом для зовнішньої циліндричної поверхні: $\varnothing 25 h6_{(-0,013)}$.

Згідно з методикою, подвійний операційний припуск для зовнішніх і внутрішніх поверхонь обертання визначають:

$$2Z_{i \min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.15)$$

де R_{zi-1} - середня висота нерівностей, отримана від попередньої обробки;

h_{i-1} - глибина дефектного шару від попередньої обробки;

ρ_{i-1} - сумарне значення похибок просторових відхилень і форми від попередньої обробки;

ε_i - похибка установки заготовки при виконанні і-го переходу.

R_{zi-1} і h_i визначаємо по [8, табл.24, стор.187].

- Заготовка штампування: $R_z = 160$ мкм, $h = 200$ мкм;

- термообробка;

- термообробка;

- чорнове точіння: $R_z = 50$ мкм, $h = 50$ мкм;

- чистове точіння: $R_z = 25$ мкм, $h = 25$ мкм;

- чистове шліфування: $R_z = 5$ мкм, $h = 5$ мкм.

Просторове відхилення заготовки [3, стор.317] визначаємо як суму допустимих значень згідно формули:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2} \quad (1.16)$$

де $\rho_{\text{зм}} = 0,25$ мм [4, табл.13, стр.186];

$\rho_{\text{кор}} = 0,5$ мм [4, табл.13, стр.186].

$$\rho_1 = \sqrt{0,25^2 + 0,5^2} = 0,56 \text{ мм} = 560 \text{ мкм}$$

Просторове відхилення після чорнового точіння розраховуємо за формулою:

$$\rho_n = k_y \cdot \rho_2 \quad (1.17)$$

де k_y – коефіцієнт уточнення для штапованих заготовок $k_y = 0,06$ мм [8, табл.31, стор.190]

ρ_1 – похибка після термообробки; $\rho_1 = 560$ мкм.

$$\rho_3 = 0,06 \cdot 560 = 33,6 \text{ мкм}$$

Просторове відхилення після чистового точіння визначаємо за формулою:

$$\rho_n = k_y \cdot \rho_3 \quad (1.18)$$

де k_y – коефіцієнт уточнення для штампованих заготовок $k_y=0,05$ мм [8, табл.31, стор.190]

ρ_3 – похибка установки після чорнового точіння; $\rho_z = 9,48$ мкм.

$$\rho_4 = 0,05 \cdot 33,6 = 1,68 \text{ мкм}$$

Просторове відхилення після шліфування визначаємо за формулою:

$$\rho_n = k_y \cdot \rho_4 \quad (1.19)$$

де k_y – коефіцієнт уточнення для штампованих заготовок $k_y=0,04$ мм [8, табл.31, стор.190]

ρ_3 – похибка установки після чистового точіння; $\rho_z = 1,68$ мкм.

$$\rho_5 = 0,04 \cdot 1,68 = 0,067 \text{ мкм}$$

Підставляючи отримані значення елементів припуску в формулу (1.15) отримаємо їх розрахункові величини:

$$\text{-чорнове точіння: } 2z_{\min \text{ черн}} = 2 \cdot [160 + 200 + \sqrt{560^2 + 400^2}] = 2,5 \text{ мм;}$$

$$\text{-чистове точіння: } 2z_{\min \text{ чист}} = 2 \cdot [50 + 50 + \sqrt{33,6^2 + 400^2}] = 1,3 \text{ мм;}$$

$$\text{-чистове шліфування: } 2z_{\min \text{ шліф}} = 2 \cdot [25 + 25 + \sqrt{1,68^2 + 200^2}] = 0,6 \text{ мм.}$$

Розрахункові максимальні розміри поверхонь для переходів при механічній обробці визначаємо за методом розмірних ланцюгів за формулою [3, стор.308]:

$$d_{i \max} = d_{i+1 \max} + 2Z_{i+1 \min} + Td_i \quad (1.20)$$

$$d_3 = d_{4\max} + 2Z_{4\min} + Td_3 = 25 + 0,6 + 0,033 = 25,633$$

$$d_2 = d_{3\max} + 2Z_{3\min} + Td_2 = 25,633 + 1,3 + 0,13 = 27,063$$

$$d_1 = d_{2\max} + Td_1 = 27,063 + 2,5 = 30,163$$

Визначаємо мінімальні розміри поверхонь для переходів при механічній обробці за формулою [3, стор.308]:

$$d_{1\min} = d_{1\max} - Td_1 \quad (1.21)$$

$$d_1 = d_{1\max} - Td_1 = 30,163 - 0,6 = 29,563$$

$$d_2 = d_{2\max} - Td_2 = 27,063 - 0,13 = 26,933$$

$$d_3 = d_{3\max} - Td_3 = 25,633 - 0,033 = 25,6$$

$$d_4 = d_{4\max} - Td_4 = 25 - 0,013 = 24,987$$

Максимальні значення припусків визначаємо за формулою [3, стор.307]:

$$2Z_{i\max} = d_{i-1\max} - d_{i\min} \quad (1.22)$$

$$2Z_{3\max} = d_{1\max} - d_{3\min} = 30,163 - 29,563 = 0,6$$

$$2Z_{4\max} = d_{3\max} - d_{4\min} = 27,263 - 26,933 = 0,13$$

$$2Z_{5\max} = d_{4\max} - d_{5\min} = 25,633 - 25,6 = 0,033$$

Визначаємо мінімальні значення припусків за формулою [3, стор.307]:

$$2Z_{imin}=d_{i-1min}-d_{imax} \quad (1.23)$$

$$2Z_{1min} = d_{1min} - d_{2max} = 29,563 - 27,063 = 2,5$$

$$2Z_{2min} = d_{2min} - d_{3max} = 26,933 - 25,633 = 1,3$$

$$2Z_{3min} = d_{3min} - d_{4max} = 25,6 - 25 = 0,6$$

Робимо перевірку розрахунків, використовуючи контрольне правило [3, стор.308]:

$$TZ_0 = 2Z_{0max} - 2Z_{0min} = Td_{зар} + Td_{дет} \quad (1.24)$$

де $2Z_{0max} = d_{1max} - d_{5min}$

$$2Z_{0max} = 30,163 - 24,987 = 5,176 \text{ мм}$$

$2Z_{0min} = d_{1min} - d_{4max}$

$$2Z_{0min} = 29,563 - 25 = 4,563 \text{ мм}$$

$$5,176 - 4,563 = 0,6 + 0,013$$

$$0,613 = 0,613$$

Отримані результати заносимо в таблицю 1.6.

Виконуємо розрахунок припусків для розміру $\text{Ø}12\text{H}13^{(+0,27)}$

Для розрахунку припусків на розмір $\text{Ø}12\text{H}13^{(+0,27)}$ будемо використовувати табличний метод за [5, табл. 36 стор.55], так як обробка виконується в суцільному матеріалі. Оскільки ми виконуємо попередній діаметр перед термічною обробкою, свердло забезпечить отвір за 14м квалітетом (H14), щоб отримати діаметр отвору – $\text{Ø}8$ мм.

Після термічної обробки, виконуємо зенкерування. І за один прохід забезпечуємо точність отвору за 13м квалітетом (H13) знімаючи припуск, що дорівнює необхідному діаметру отвору - $\text{Ø}12$ мм.

Таблиця 1.6 - Розрахунок припусків і технологічних розмірів

№	Назва технологічних переходів	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий		Допуск Td, мм	Граничні значення				Виконавчий розмір, мм
		R _Z	h	ρ	ε	Припуск, 2Z _{min} мм	Розмір, d _{min} , мм		Розмірів, мм		Припусків, мм		
									d _{max}	d _{min}	2Z _{max}	2Z _{min}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Зовнішня циліндрична поверхня Ø25 h6(-0,013)													
1	Заготівельна	160	200	560	-	-	29,563	0,6	30,163	29,563	-	-	Ø30 ^{+0,4} _{-0,2}
2	Термообробка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Термообробка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Чорнове точіння	50	50	33,6	400	2,5	26,933	0,13	27,063	26,933	2,5	0,6	Ø27,1 _{-0,130}
5	Чистове точіння	25	25	1,68	400	1,3	25,6	0,033	25,633	25,6	1,3	0,13	Ø25,63 _{-0,033}
6	Чистове шліфування	5	15	0,067	200	0,6	24,987	0,013	25	24,987	0,6	0,033	Ø25 _{-0,013}

1.6 Розрахунок режимів різання

Операція 070. Токарна з ЧПУ.

Токарний ОЦ Challenger LT-52.

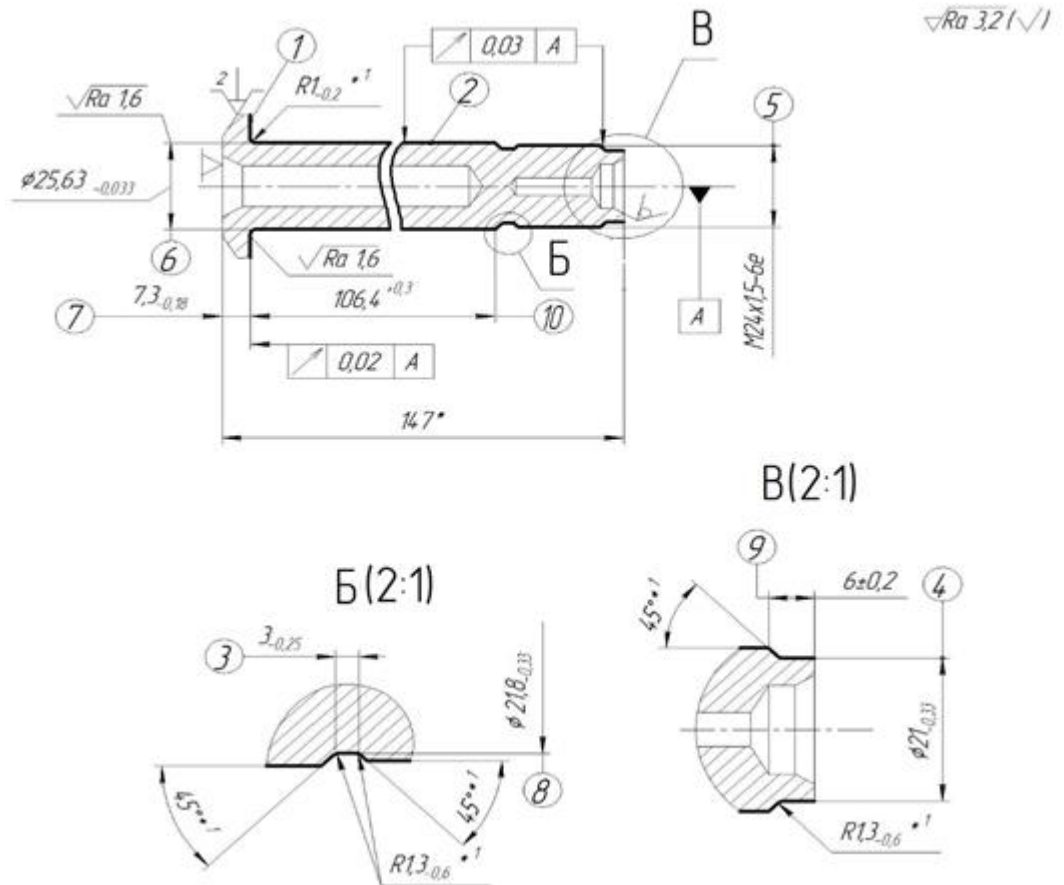


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз до операції 070

1. Інструмент для обробки поверхонь 1, 2 - різець 2103-1111 ГОСТ 18878–73, ВК8.

Глибина різання: $t_{\text{чорн}} = 1$ мм.

Розрахунок подачі ведеться за [9, стор.306]. За формулою (1.25) знайдемо розрахункову величину подачі:

$$S_p = S_T \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ мм/об}, \quad (1.25)$$

де $S_T = 0,2$ мм/об;

K_1 – коефіцієнт, що залежить від твердості матеріалу, що оброблюється:
 $K_1 = 1$ [9, табл. 114, стор. 305];

K_2 – коефіцієнт, що залежить від виду обробки: $K_2 = 0,62$ [9, табл. 114, стор. 304].

Підставимо усі значення до формули. Отримаємо:

$$S_p = 0,2 \cdot 0,62 = 0,124 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S_p = 0,12$ мм/об., за паспортом верстата

Розрахуємо швидкість різання за формулою (1.26):

$$V_p = V_{18 \times 2 \text{H}4 \text{Ba}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot K_9 \cdot K_{10}, \text{ м/хв} \quad (1.26)$$

де V_{BK8} – швидкість різання для різця з матеріалом ріжучої частини BK8;
 $V_{18 \times 2 \text{H}4 \text{Ba}} = 180$ м/хв [9, табл. 1, стор. 13];

K_1 – коефіцієнт, що залежить від стійкості Т ріжучого інструмента: $T_{\text{ін}} = 30$ хв; $K_1 = 1,25$ [9, табл. 129, стор. 317];

K_2 – коефіцієнт, що залежить від твердості матеріалу, який обробляється:
 $K_2 = 1$ [9, табл. 129, стор. 317];

K_3 – коефіцієнт, що залежить від глибини різання: $K_3 = 1,1$ [9, табл. 129, стор. 317];

K_4 – коефіцієнт, що залежить від кута різця в плані: $K_4 = 0,8$ [9, табл. 129, стор. 317];

K_5 – коефіцієнт, що залежить від подачі: $K_5 = 1,22$ [9, табл. 129, стор. 317];

K_6 – коефіцієнт, що залежить від співвідношення діаметру кінцевого до початкового: $K_6 = 1$ [9, табл. 129, стор. 317];

K_7 – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу ріжучої частини інструмента: $K_7 = 0,6$ [9, табл. 129, стор. 317];

K_8 – коефіцієнт, що залежить від наявності охолодження: $K_8 = 1$ [9, табл. 129, стор. 317];

K_9 – коефіцієнт, що залежить від стану поверхні, що оброблюється: $K_9 = 1$ [9, табл. 129, стор. 317];

K_{10} – коефіцієнт, що залежить від виду обробки: $K_{10} = 0,53$ [9, табл. 129, стор. 318].

Усі значення підставимо до формули (1.26). Отримаємо:

$$V_p = 180 \cdot 1,25 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1,22 \cdot 0,6 \cdot 0,53 = 76,8 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок числа обертів за формулою (1.27):

$$n = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot d_{max}}, \text{ об/хв} \quad (1.27)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 76,8}{3,14 \cdot 30} = 815,2 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n_{пр} = 600$ об/хв.

Розрахунок фактичної швидкості за формулою (1.28):

$$V_{факт} = \frac{\pi \cdot d_{max} \cdot n_{пр}}{1000}, \text{ м/хв,} \quad (1.28)$$

$$V_{факт} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 600}{1000} = 56,5 \text{ м/хв.}$$

Довжина робочого ходу L визначається за формулою (1.29):

$$L = l_{вріз} + l_{різ}, \text{ мм,} \quad (1.29)$$

де $l_{вріз}$ – довжина врізання: $l_{вріз} = 20$ мм;

$l_{\text{різ}}$ – довжина різання: $l_{\text{різ}} = 144,7$ мм.

Підставимо усі значення у формулу (1.29). Отримаємо:

$$L = 20 + 144,7 = 164,7 \text{ мм.}$$

Визначаємо основний час за формулою (1.30):

$$t_o = \frac{L}{n \cdot S}, \text{ хв,} \quad (1.30)$$

$$t_o = \frac{164,7}{600 \cdot 0,12} \cdot 2 = 4,5 \text{ хв.}$$

2. Інструмент для обробки поверхонь 1, 2 - різець 2103-1111 ГОСТ 18878–73, ВК8.

Чистове точіння.

Глибина різання: $t_{\text{моч}} = 0,35$ мм.

Розрахунок подачі ведеться за [9, стор.306]. За формулою (1.25) знайдемо розрахункову величину подачі:

$$S_p = 0,2 \cdot 0,62 = 0,124 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S_p = 0,12$ мм/об, за паспортом верстату

Розрахуємо швидкість різання за формулою (1.26):

$$V_p = 192 \cdot 1,25 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1,22 \cdot 0,6 \cdot 0,53 = 81,9 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок числа обертів за формулою (1.27):

$$n = \frac{1000 \cdot 81,9}{3,14 \cdot 25,3} = 1030 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n_{\text{пр}} = 800 \text{ об/хв.}$

Розрахунок фактичної швидкості за формулою (1.28):

$$V_{\text{факт}} = \frac{3,14 \cdot 25,3 \cdot 800}{1000} = 63,5 \text{ м/хв.}$$

Довжина робочого ходу L визначається за формулою (1.29). Довжина врізання $l_{\text{вріз}} = 20 \text{ мм}$; довжина різання: $l_{\text{різ}} = 145 \text{ мм}$.

Підставимо усі значення у формулу (1.29). Отримаємо:

$$L = 20 + 145 = 165 \text{ мм.}$$

Визначаємо основний час за формулою (1.30):

$$t_o = \frac{165}{800 \cdot 0,12} = 1,71 \text{ хв.}$$

3. Інструмент для обробки поверхонь 3, 4 – різець 2660-0005 BK8, ОСТ 2410-7-84.

Глибина різання: $t_{\text{моч}} = 1,75 \text{ мм}$.

Розрахунок подачі ведеться за [9, стор.306]. За формулою (1.25) знайдемо розрахункову величину подачі:

$$S_p = 0,42 \cdot 0,62 = 0,26 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S_p = 0,25 \text{ мм/об}$, за паспортом верстату

Розрахуємо швидкість різання за формулою (1.26):

$$V_p = 49,6 \cdot 1,25 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1,22 \cdot 0,6 \cdot 0,53 = 21,16 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок числа обертів за формулою (1.27):

$$n = \frac{1000 \cdot 21,16}{3,14 \cdot 21,8} = 309,1 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n_{\text{пр}} = 300 \text{ об/хв.}$

Розрахунок фактичної швидкості за формулою (1.28):

$$V_{\text{факт}} = \frac{3,14 \cdot 21,8 \cdot 300}{1000} = 20,5 \text{ м/хв.}$$

Довжина робочого ходу L визначається за формулою (1.29). Довжина врізання: $l_{\text{вріз}} = 2 \text{ мм}$; довжина різання: $l_{\text{різ}} = 3 \text{ мм}$.

Підставимо усі значення у формулу (1.29). Отримаємо:

$$L = 2 + 3 = 5 \text{ мм.}$$

Визначаємо основний час за формулою (1.30):

$$t_o = \frac{5}{300 \cdot 0,25} = 0,06 \text{ хв.}$$

4. Інструмент для обробки поверхні 5 - різець 2660-0505 ВК8, ГОСТ 18876-73.

Глибина різання: $t_{\text{моч}} = 0,17 \text{ мм}$.

Подача на нарізання різьби визначається по кроку різьби:

$$S_p = 1,5 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S_p = 1,5$ мм/об, за паспортом верстату

Розрахуємо швидкість різання за формулою (1.26).

$$V_p = 67 \cdot 0,91 \cdot 0,92 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 39,2 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок числа обертів за формулою (1.27):

$$n = \frac{1000 \cdot 39,2}{3,14 \cdot 24} = 520 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n_{пр} = 500$ об/хв.

Розрахунок фактичної швидкості за формулою (1.28):

$$V_{факт} = \frac{3,14 \cdot 24 \cdot 500}{1000} = 37,68 \text{ м/хв.}$$

Довжина робочого ходу L визначається за формулою (1.29). Довжина врізання: $l_{вріз} = 2$ мм; довжина різання: $l_{різ} = 20$ мм.

Підставимо усі значення у формулу (1.29). Отримаємо:

$$L = 2 + 20 = 22 \text{ мм.}$$

Визначаємо основний час за формулою (1.31):

$$t_o = \frac{L \cdot i \cdot q}{P \cdot n}, \text{ хв,} \quad (1.31)$$

де L – довжина робочого ходу: $L = 22$ мм;

i – кількість проходів: $i = 4$;

q – кількість витків: $q = 14$;

P – крок різьби: $P = 1,5$;

n – частота обертів: $n = 500$ об/хв.

Підставимо усі значення у формулу (1.31). Отримаємо:

$$t_o = \frac{22 \cdot 4 \cdot 14}{1,5 \cdot 500} = 1,64, \text{ хв.}$$

Операція 080. Свердлильна з ЧПК

Верстат токарний ОЦ з ЧПК Challenger LT-52.

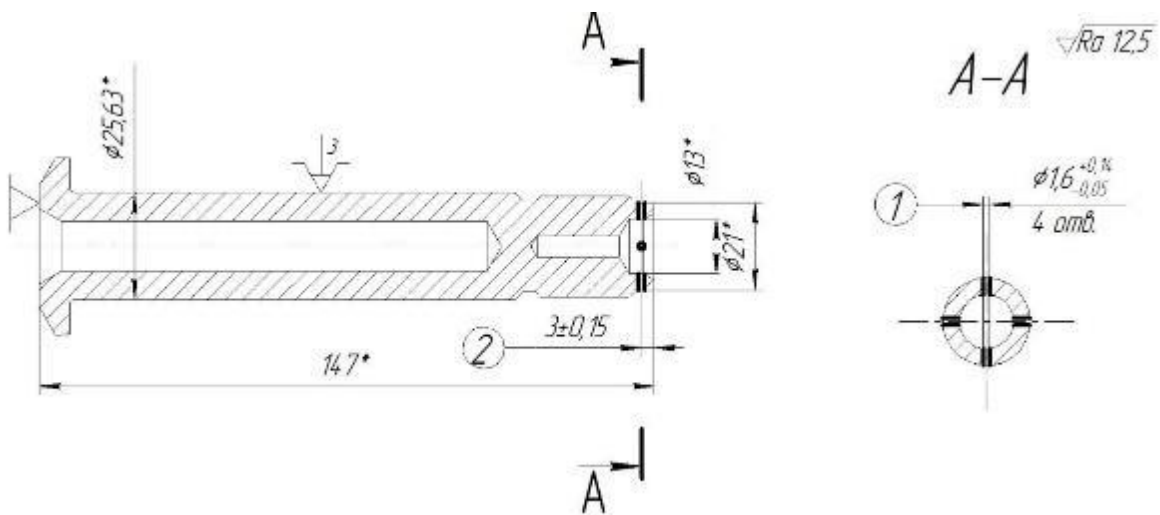


Рисунок 1.8 - Операційний ескіз до операції 080

Виконуємо свердління чотирьох наскрізних отворів діаметром $\varnothing 1,6$ мм.

Інструмент: свердло 2300-0135 P18; ГОСТ 10902–77.

Розрахунок режимів різання.

Глибина різання: $t_{свер} = 0,8$ мм.

Розрахунок подачі ведеться за [9, стор.306]. За формулою (1.25) знайдемо розрахункову величину подачі, де значення $S_T = 0,04$ мм/об, а коефіцієнти:

K_1 – коефіцієнт, що залежить від глибини свердління: $K_1 = 1$ [9, табл.114, стор.305];

K_2 – коефіцієнт, що залежить від отвору: наскрізний. Не враховується.

Підставимо усі значення до формули. Отримаємо:

$$S_p = 0,04 \cdot 1 = 0,04 \text{ мм/об.}$$

Розрахуємо швидкість різання за формулою (1.32):

$$V_p = V_{CB} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8, \text{ м/хв,} \quad (1.32)$$

де V_{CB} – швидкість різання для свердла з матеріалом ріжучої частини P18; $V_{CB} = 15,7$ м/хв [9, табл.65, стор.267];

K_1 – коефіцієнт, що залежить від стійкості T ріжучого інструмента: $T_{ін} = 5$ хв; $K_1 = 1,17$ [9, табл.65, стор.267];

K_2 – коефіцієнт, що залежить від твердості матеріалу, який обробляється: $K_2 = 1$ [9, табл.65, стор.267];

K_3 – коефіцієнт, що залежить від відношення фактичної стійкості до нормативної: $K_3 = 1$ [9, табл.65, стор.267];

K_4 – коефіцієнт, що залежить від довжини свердління: $K_4 = 1$ [9, табл.65, стор.267];

K_5 – коефіцієнт, що залежить від подачі: $K_5 = 2,63$ [9, табл.65, стор.267];

K_6 – коефіцієнт, що залежить від діаметру свердла: $K_6 = 0,66$ [5, табл.65, стор.267];

K_7 – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу ріжучої частини інструмента: $K_7 = 1$ [9, табл.65, стор.267];

K_8 – коефіцієнт, що залежить від наявності охолодження: $K_8 = 1$ [9, табл.65, стор.267].

Усі значення підставимо до формули (1.32). Отримаємо:

$$V_p = 5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2,63 \cdot 0,66 \cdot 1 \cdot 1 = 8,6 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок числа обертів за формулою (1.27):

$$n = \frac{1000 \cdot 8,6}{3,14 \cdot 1,6} = 1711 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n_{\text{пр}} = 600 \text{ об/хв.}$

Розрахунок фактичної швидкості за формулою (1.28):

$$V_{\text{факт}} = \frac{3,14 \cdot 1,6 \cdot 600}{1000} = 2,9 \text{ м/хв.}$$

Довжина робочого ходу L визначається за формулою (1.33):

$$L = l_{\text{вріз}} + l_{\text{різ}} + l_{\text{дод}}, \text{ мм,} \quad (1.33)$$

де $l_{\text{вріз}}$ – довжина врізання: $l_{\text{вріз}} = 2 \text{ мм}$

$l_{\text{різ}}$ – довжина різання: $l_{\text{різ}} = 4 \text{ мм};$

$l_{\text{дод}}$ – додаткова довжина для виходу інструмента після різання: $l_{\text{дод}} = 1 \text{ мм.}$

$$L = 2 + 4 + 1 = 7 \text{ мм.}$$

Визначаємо основний час за формулою (1.30):

$$t_o = \frac{7}{600 \cdot 0,04} \cdot 4 = 1,16 \text{ хв.}$$

Операція 090 Фрезерна з ЧПК

Верстат фрезерний з ЧПК Microcut MM-800

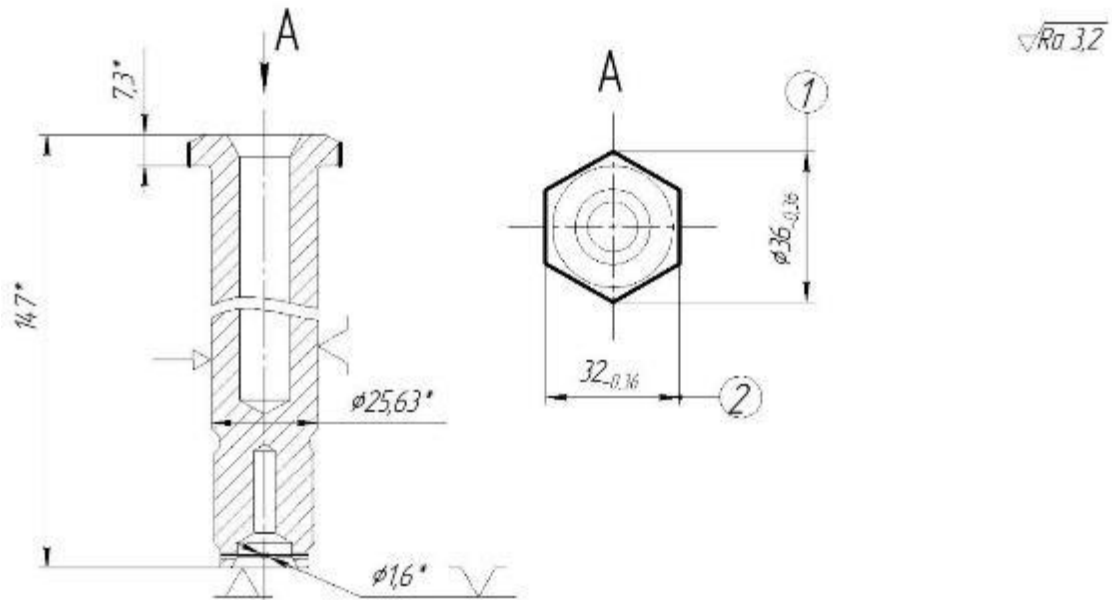


Рисунок 1.9 - Операційний ескіз до операції 090

Виконуємо фрезерування контуру шестигранника в розмір 32 мм.

Інструмент: фреза 2220-0011 P18; ГОСТ 17025-71.

Розрахунок режимів різання.

Глибина різання: $t_{фрез} = 7,3$ мм.

Розрахунок режимів різання ведеться за [9, стор.306]. За формулою (1.34) знайдемо розрахункову величину подачі на зуб:

$$S_{PZ} = S_Z \cdot K_{S_{ZD}} \cdot K_{S_{Zt}} \cdot K_{S_{ZZ}} \cdot K_{S_{ZB}} \cdot K_{S_{Zn}} \cdot K_{S_{ZO}} \cdot K_{S_{ZIII}} \cdot K_{S_{Zu}}, \text{ мм/об}, \quad (1.34)$$

де $S_Z = 0,05$ мм/зуб – подача на зуб;

$K_{S_{ZD}}$ – коефіцієнт, що залежить від діаметру фрези: $K_{S_{ZD}} = 0,46$ [9, табл. 114, стор. 305];

$K_{S_{Zt}}$ – коефіцієнт, що залежить від глибини різання: $K_{S_{Zt}} = 1,42$ [9, табл. 114, стор. 305];

K_{SZZ} – коефіцієнт, що залежить від відношення фактичного до нормативного числа зубів: $K_{SZZ} = 1$ [9, табл. 114, стор. 305];

K_{Szb} – коефіцієнт, що залежить від ширини фрезерування: $K_{Szb} = 1,15$ [9, табл. 114, стор. 305];

K_{Szn} – коефіцієнт, що залежить від поверхні, яка оброблюється: $K_{Szn} = 0,5$ [9, табл. 114, стор. 305];

K_{Szo} – коефіцієнт, що залежить від наявності охолодження: $K_{Szo} = 1$ [9, табл. 114, стор. 305];

K_{Szl} – коефіцієнт, що залежить від шорсткості поверхні: $K_{Szl} = 0,5$ [9, табл. 114, стор. 305];

K_{Szu} – коефіцієнт, що залежить від матеріалу ріжучої частини інструмента: $K_{Szu} = 1$ [9, табл. 114, стор. 305].

Підставимо усі значення до формули (1.34). Отримаємо:

$$S_{PZ} = 0,05 \cdot 0,46 \cdot 1,42 \cdot 1,15 \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 0,009 \text{ мм/зуб.}$$

Прийmemo $S_{PZ} = 0,007 \text{ мм/зуб.}$

Розрахуємо швидкість різання за формулою (1.35):

$$V_p = V_{\text{фр}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \dots \cdot K_9 \cdot K_{10}, \text{ м/хв,} \quad (1.35)$$

де $V_{\text{фр}}$ - швидкість різання для фрези з матеріалом ріжучої частини P18;
 $V_{\text{фр}} = 55,7 \text{ м/хв};$

K_1 – коефіцієнт, що залежить від діаметру, числа зубців та ширини фрезерування (глибини пазу); $K_1 = 0,9$ [9, табл. 129, стор. 317];

K_2 – коефіцієнт, що залежить від подачі: $K_2 = 1,32$ [9, табл. 129, стор. 317];

K_3 – коефіцієнт, що залежить від глибини фрезерування: $K_3 = 1,26$ [9, табл. 129, стор. 317];

K_4 – коефіцієнт, що залежить від стійкості ріжучого інструмента Т ($T_{ін} = 30$ хв): $K_4 = 1,11$ [9, табл. 129, стор. 317];

K_5 – коефіцієнт, що залежить від наявності охолодження: $K_5 = 1$ [9, табл. 129, стор. 317];

K_6 – коефіцієнт, що залежить від твердості матеріалу, що оброблюється: $K_6 = 1$ [9, табл. 129, стор. 317];

K_7 – коефіцієнт, що залежить від стану поверхні, яка оброблюється: $K_7 = 1$ [9, табл. 129, стор. 317];

K_8 – коефіцієнт, що залежить від відношення фактичної ширини фрезерування до нормативної: $K_8 = 1$ [9, табл. 129, стор. 317];

K_9 – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу ріжучого інструмента: $K_9 = 1$ [9, табл. 129, стор. 317];

K_{10} – коефіцієнт, що залежить від типу поверхні, що підлягає обробці: $K_{10} = 0,58$ [9, табл. 129, стор. 317].

Усі значення підставимо до формули (1.35). Отримаємо:

$$V_p = 55,7 \cdot 0,9 \cdot 1,32 \cdot 1,26 \cdot 1,11 \cdot 0,58 = 53,67 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок частоти обертання за формулою (1.27):

$$n = \frac{1000 \cdot 53,67}{3,14 \cdot 10} = 1709 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n_{пр} = 1500$ об/хв.

Розрахунок фактичної швидкості за формулою (1.28):

$$V_{факт} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 1500}{1000} = 47,1 \text{ м/хв.}$$

Визначення хвилинної подачі за формулою (1.36):

$$S_{\text{хв}} = S_z \cdot n \cdot z, \text{ м/хв}, \quad (1.36)$$

де S_z – подача на зуб, мм;

n – частота обертання, об/хв;

z – кількість зубців фрези.

$$S_{\text{хв}} = 0,007 \cdot 1500 \cdot 4 = 42 \text{ м/хв}.$$

Розрахунок довжини робочого ходу за формулою (1.29):

$$L_{\text{р.х.}} = 1 + 20 + 1 = 22 \text{ мм}.$$

Розрахунок основного часу для фрезерування за формулою (1.37):

$$t_0 = \frac{L}{S_{\text{хв}}}, \text{ хв}, \quad (1.37)$$

$$t_0 = \frac{22}{42} = 0,52 \text{ хв}.$$

1.7 Технічне нормування операцій

Технічні норми часу в умовах серійного виробництва встановлюються розрахунково-аналітичним методом.

У серійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу [10].

$$T_{\text{ш.к.}} = T_{\text{ш.п.}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n}, \text{ хв} \quad (1.38)$$

де $T_{\text{п.з.}}$ - підготовчо-заклучний час, хв.;

n - кількість деталей в настроювальній партії, шт.;

$T_{\text{ш.п.}}$ - штучний час, час виготовлення однієї деталі.

Допоміжний час визначаємо за формулою [10]:

$$t_{\text{доп}} = t_y + t_{\text{ін}} + t_{\text{зм.ін}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{контр}}, \text{ хв} \quad (1.39)$$

де t_y - час на установку і зняття деталі, хв. [10, карта 17, стор.300];

$t_{\text{ін}}$ - час на підведення і відведення інструменту, хв [10, карта 18, стор.243];

$t_{\text{зм.ін}}$ - час на заміну інструменту, хв. [10, карта 73, стор.615];

$t_{\text{упр}}$ - час на управління верстатом, хв [10, карта 23, стор.259];

$t_{\text{контр}}$ – час на вимірювання, хв. [10, карта 24, стор.271].

Оперативний час визначається за формулою [10]:

$$t_{\text{оп}} = t_0 + t_{\text{доп}}, \text{ хв} \quad (1.40)$$

Додатковий час визначається за формулою [10]:

$$T_{\text{доп}} = (a_{\text{абс}} + a_{\text{отд}}) \cdot t_{\text{оп}} \quad (1.41)$$

де $a_{\text{абс}}$ - час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця;

$a_{\text{отд}}$ - час на відпочинок і особисті потреби.

Штучний час визначаємо за формулою [10]:

$$T_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{доп}}, \text{ хв} \quad (1.42)$$

Підготовчо-заклучний час визначаємо за формулою [10]:

$$T_{п.з.} = t_{п.з.н.} + t_{п.з.ін.}, \text{ хв.} \quad (1.43)$$

де $t_{п-з.н.} = 6$ хв – час на переналагодження верстата [10, карта 52, стор.301];

$t_{п-з.ін.} = 10$ хв – час на отримання інструменту [10, карта 57, стор.521].

Операція 070 Токарна з ЧПК

Виконуємо нормування операції:

Визначаємо сумарний машинний час обробки на операції за формулою:

$$T_{о\Sigma} = t_{маш1} + t_{маш2} + \dots + t_{маш n} \quad (1.44)$$

$$T_{о\Sigma} = 4,5 + 1,71 + 0,06 + 1,64 = 7,91 \text{ хв}$$

Визначаємо допоміжний час за формулою (1.39):

$$T_{доп} = 0,17 + 0,3 + 0,69 + 0,76 = 1,92 \text{ хв}$$

Визначаємо оперативний час за формулою (1.40):

$$t_{оп} = 7,91 + 1,92 = 9,83 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час за формулою (1.41):

$$t_{доп} = (0,04 + 0,04) \cdot 9,83 = 0,78 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час за формулою (1.42):

$$T_{шт} = 9,83 + 1,92 + 0,78 = 12,53 \text{ хв}$$

Визначаємо підготовчо-заключний час за формулою (1.43):

$$T_{п.з} = 6 + 10 = 16 \text{ хв}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою (1.38):

$$T_{ш.к.} = 12,53 + \frac{16}{60} = 12,79 \text{ хв.}$$

Операція 080. Свердлильна з ЧПК

Визначаємо основний час за формулою (1.44):

$$T_{о\Sigma} = 1,16 \text{ хв}$$

Визначаємо допоміжний час за формулою (1.39):

$$t_{доп} = 0,2 + 0,3 + 0,26 + 0,55 = 1,22 \text{ хв}$$

Визначаємо оперативний час за формулою (1.40):

$$t_{оп} = 1,16 + 1,22 = 2,38 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час за формулою (1.41):

$$t_{доп} = (0,02 + 0,06) \cdot 2,38 = 0,19 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою (1.42):

$$T_{шт} = 1,16 + 1,22 + 0,19 = 2,57 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-заключний час за формулою (1.43):

$$T_{п.з} = 6 + 10 = 16 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою (1.38):

$$T_{ш.к.} = 2,57 + \frac{16}{60} = 2,83 \text{ хв.}$$

Операція 090. Фрезерна з ЧПК

Визначаємо основний час за формулою (1.44):

$$T_{о\Sigma} = 0,52 \text{ хв}$$

Визначаємо допоміжний час за формулою (1.39):

$$t_{доп} = 0,1 + 0,05 + 0,05 + 0,25 = 0,45 \text{ хв}$$

Визначаємо оперативний час за формулою (1.40):

$$t_{оп} = 0,52 + 0,45 = 0,97 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час за формулою (1.41):

$$t_{доп} = (0,02 + 0,06) \cdot 0,97 = 0,07 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою (1.42):

$$T_{шт} = 0,52 + 0,45 + 0,07 = 1,04 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-заключний час за формулою (1.43):

$$T_{п.з} = 6 + 10 = 16 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою (1.38):

$$T_{ш.к.} = 1,04 + \frac{16}{60} = 1,3 \text{ хв.}$$

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК

Створення операційного ескізу включає в себе вибір найбільш раціональної схеми базування деталі, визначення розрахункових настроювальних розмірів, вибір системи координат.

1.8.1 Розробка токарної операції 070 в модулі NX CAM

Операція виконується на токарному ОЦ з ЧПК Challenger LT-52.

Обрана схема базування дозволяє поєднати вісь Z верстата з віссю обертання деталі, а вісь X - з торцем, за яким здійснюється базування - упор. Це полегшує розрахунок координат опорних точок, так як вісь X при такій схемі збігається з однією з основних вимірювальних баз. Також дана схема значно знижує погрішність установки для поверхонь, які прив'язуються розмірами до цієї бази.

Таким чином, початок координат верстата знаходиться на перетині осі обертання деталі і лінії, по якій здійснюється її упор.

На рис. 1.10; 1.11; 1.12; 1.13 показана візуалізація обробок поверхонь в модулі NX CAM.

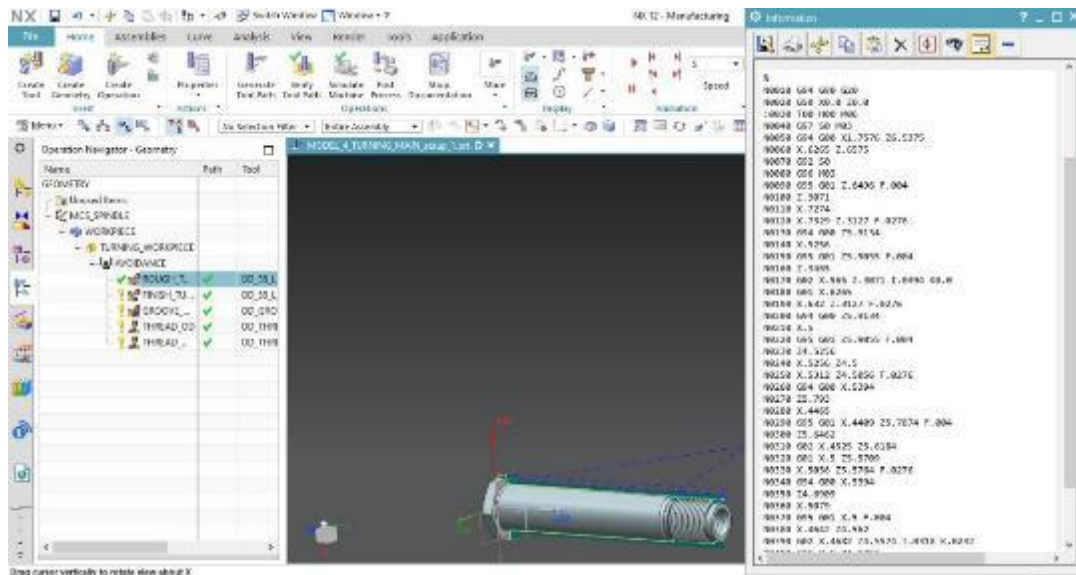


Рисунок 1.10 – Візуалізація чорнового точіння пов. 1, 2 та програма в NX CAM

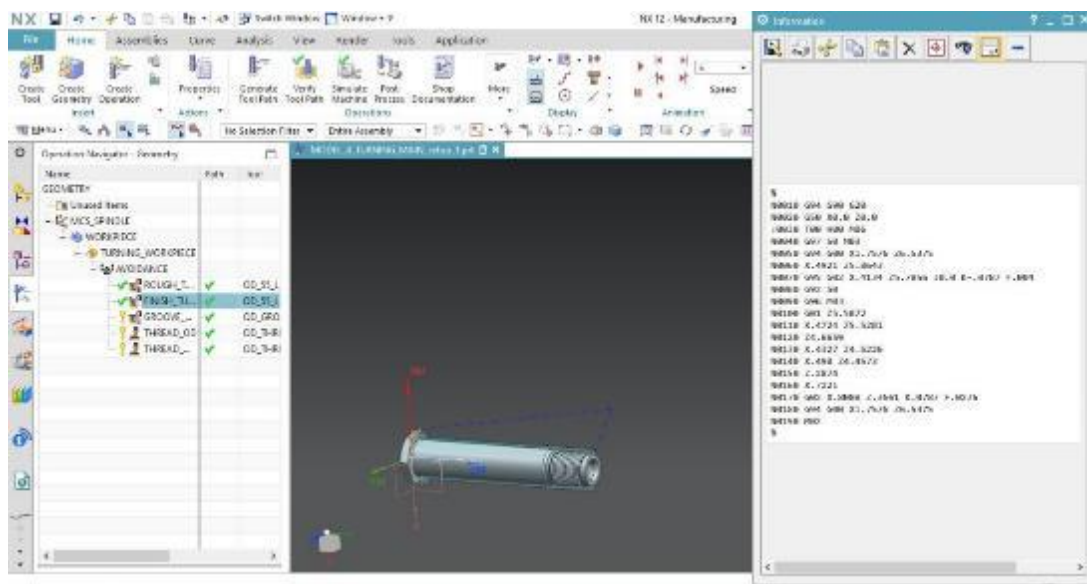


Рисунок 1.11 – Візуалізація чистового точіння пов. 1, 2 та програма в NX CAM

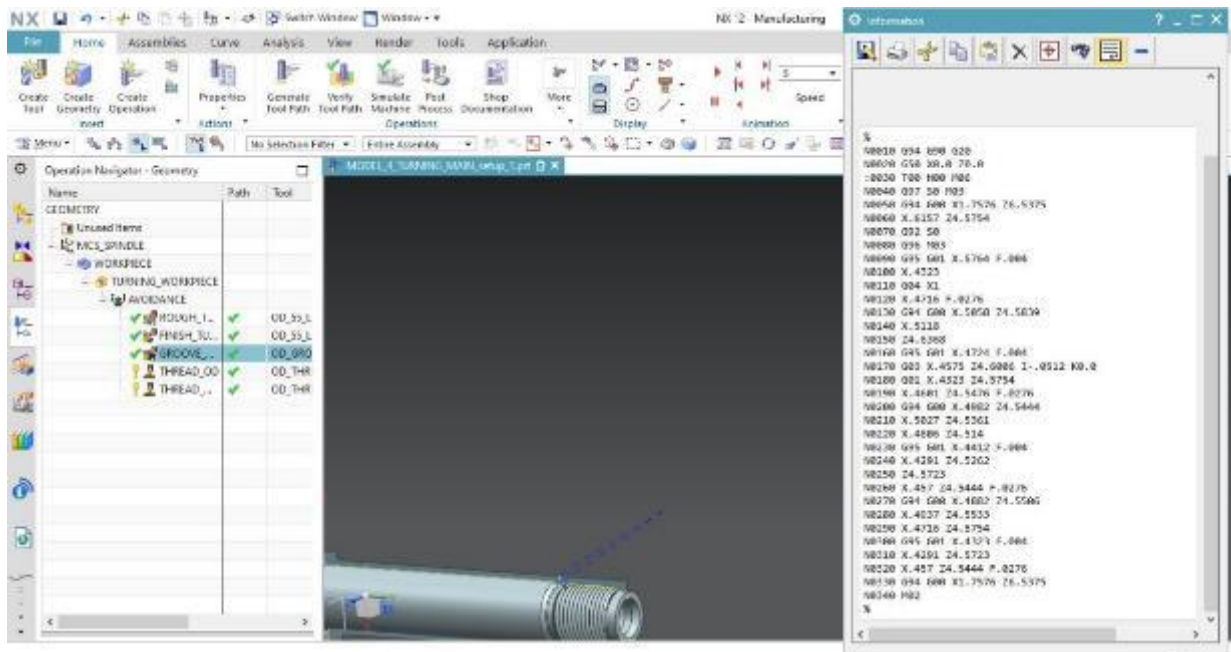


Рисунок 1.12- Візуалізація точіння канавки пов. 3, 4 та програма в NX CAM

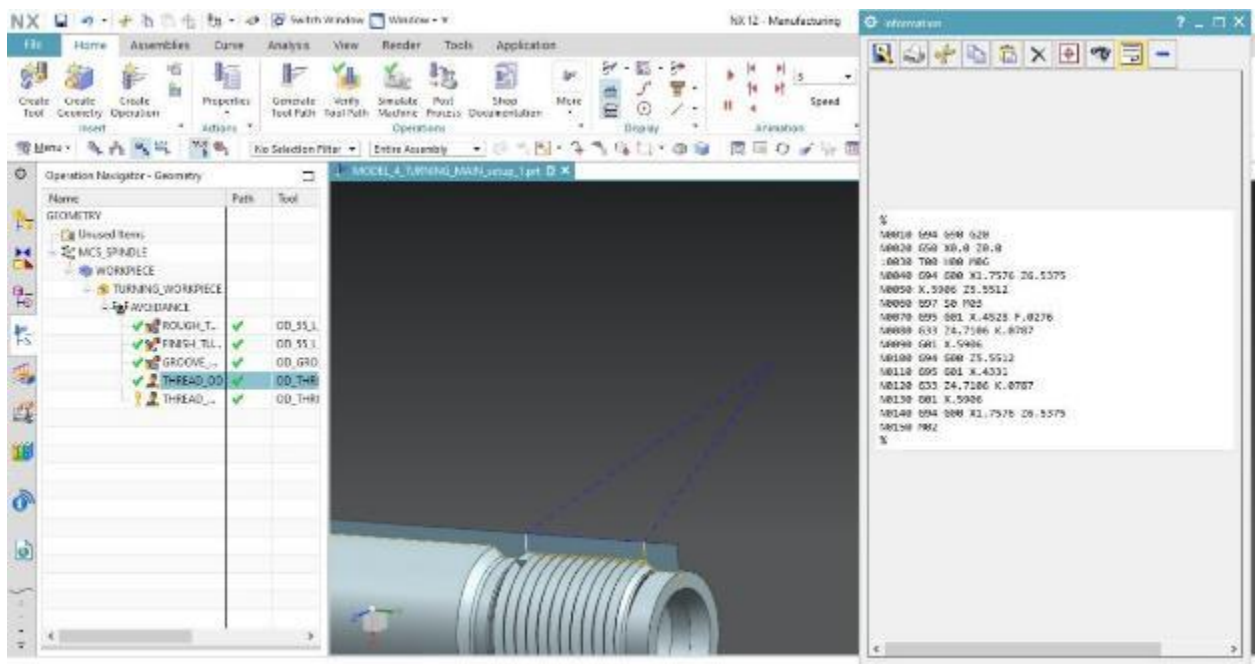


Рисунок 1.13- Візуалізація нарізання різі пов. 5 та програма в NX CAM

1.8.2 Розробка свердильної операції 080 в модулі NX CAM

Операція виконується на токарному ОЦ Challenger LT-52. По вісі Z збігається с віссю деталі, вісь X – оброблюванні отвори $\varnothing 1,6$. При обробці 3-х кулачковий патрон буде повертатися 4 рази, по 90° з мінімальною похибкою при повороті. На рис. 1.14; 1.15 показані візуалізація та програма обробки в NX CAM.

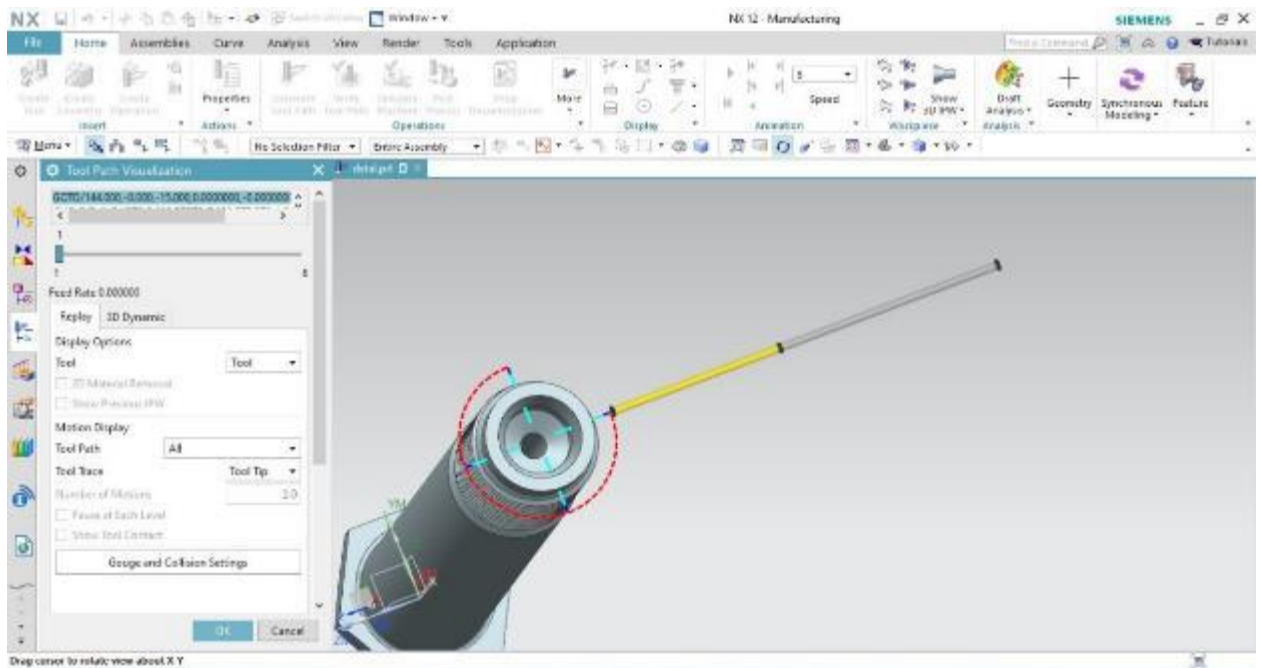


Рисунок 1.14 - Візуалізація свердильної операції пов. 1 в NX CAM

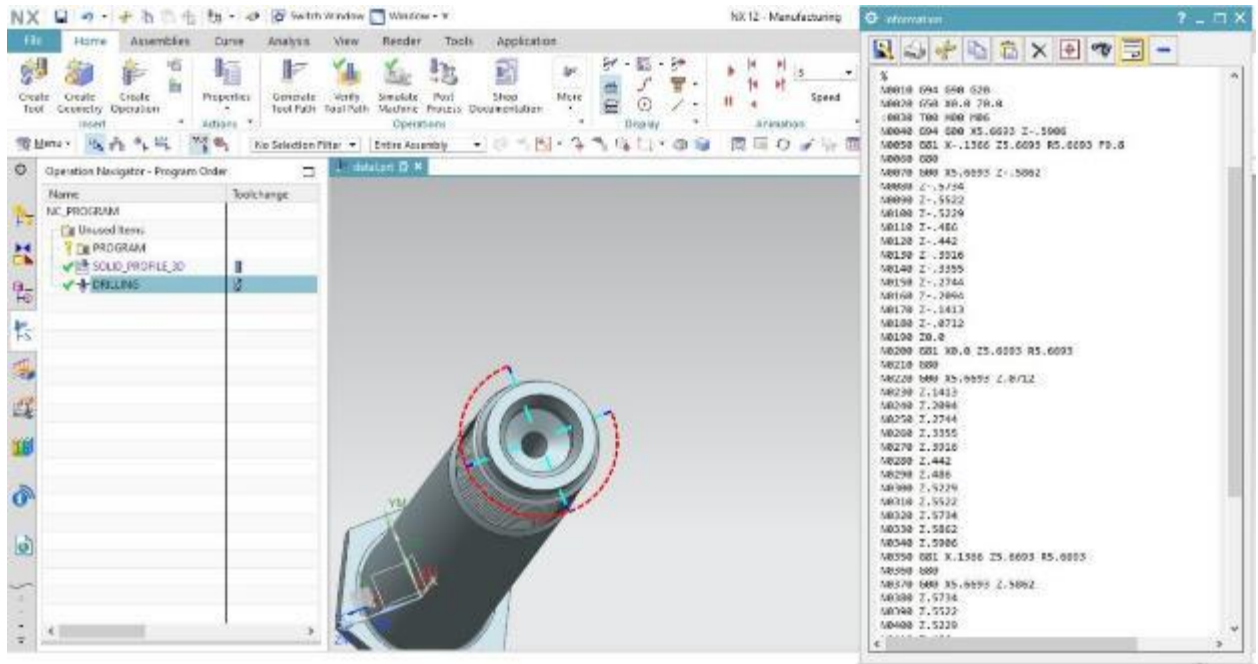


Рисунок 1.15 - Програма свердлильної операції в NX CAM

1.8.3 Розробка фрезерної операції 090 в модулі NX CAM

Операція виконується на фрезерному верстаті з ЧПК Microcut MM-800. Координати вісі деталі та інструмента збігаються. На рис. 1.16; 1.17 показані візуалізація обробки та програма в модулі NX CAM.

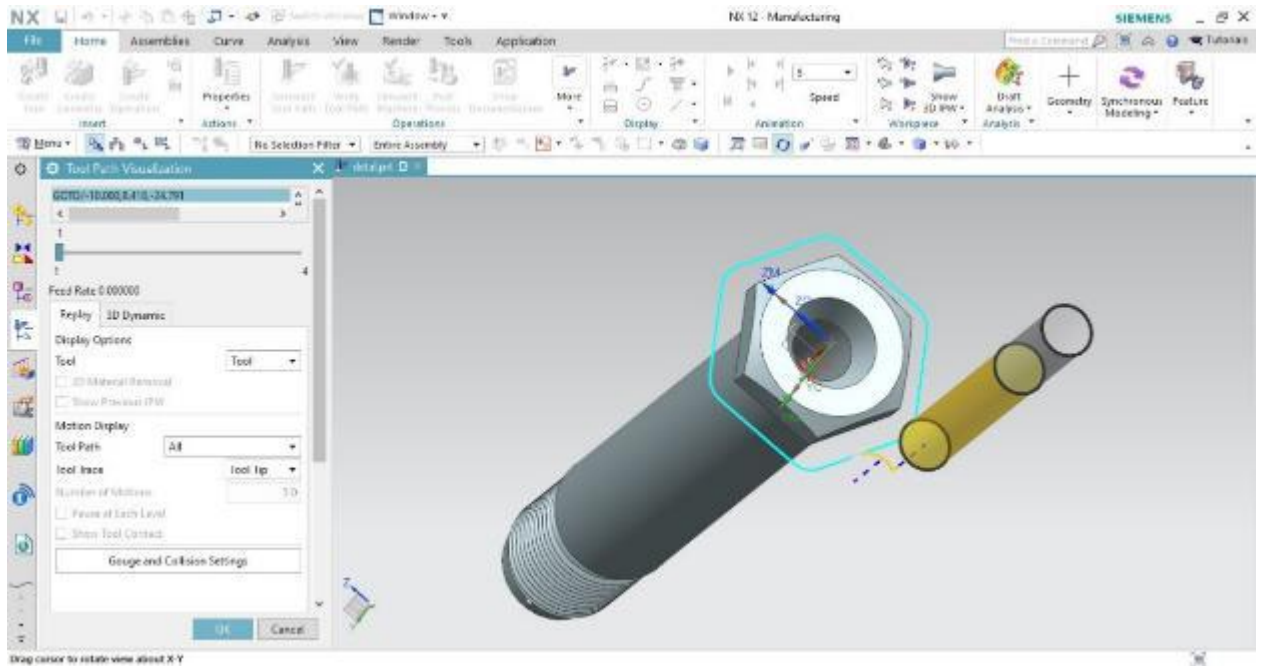


Рисунок 1.16- Візуалізація обробки пов. 1, 2 в програмі NX CAM

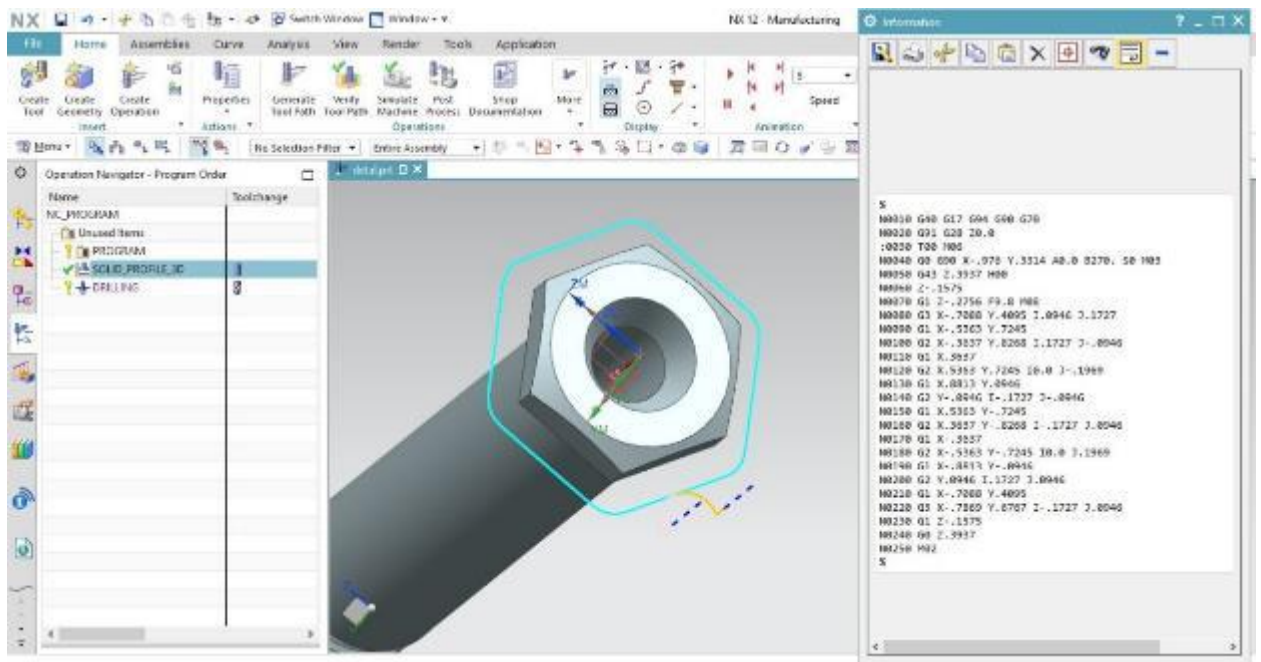


Рисунок 1.17 - Програма фрезерної обробки в програмі NX CAM

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Верстатними пристосуваннями у машинобудуванні називають додаткові пристрої до металооброблюючих верстатів, які використовуються для встановлення і закріплення деталей, які оброблюються на металоріжучих верстатах [11].

Для виконання фрезерної операції з ЧПК, було розроблене фрезерне пристосування (рис.2.1), яке встановлюється у Т-образні пази верстату Microcut MM-800.

Принцип дії: деталь встановлюємо у кронштейн поз. 14, фіксуємо вісю поз. 15 по діаметру $\varnothing 1,6$ мм і базуємо у призму поз.4 діаметром $\varnothing 25,63$ мм, для задання робочого положення щоб виключити варіант провороту. В ліву камеру пневмоциліндру подається повітря тиском 0,4 МПа. Шток поз. 8 разом з пластиною поз. 11 переміщується вправо, за собою тягнучи наступні деталі: планку поз. 7, дві вісі поз. 6. На вісі поз. 6 закріплен прижим поз. 5 який прижимає «Вісь» до призми поз. 4. Після обробки, в праву камеру пневмоциліндру подається повітря. Відповідно, в ліву сторону переміщуються деталі пластина поз. 11, шток поз. 8, планка поз. 7, дві вісі поз.6 і прижим поз.5. Пружини поз. 16 створюють додаткове зусилля при переміщенні вище зазначених деталей після завершення фрезерної обробки і забезпечує плавність ходу.

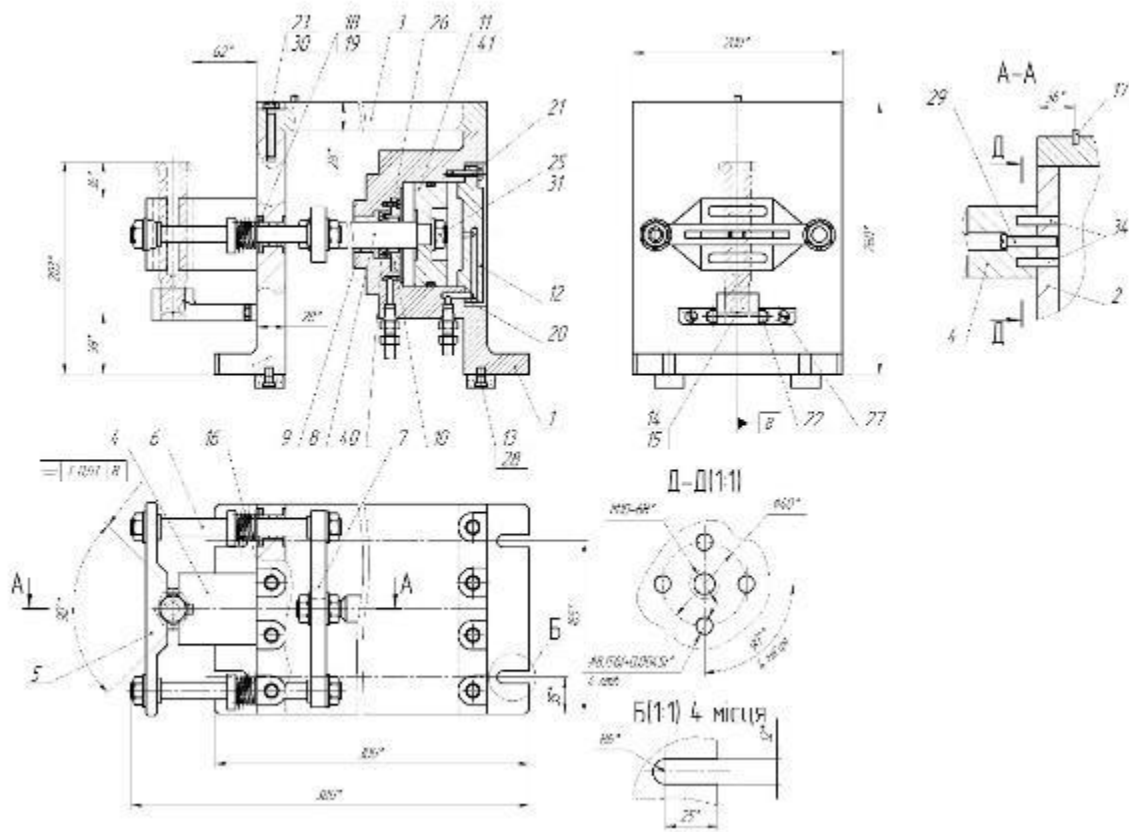


Рисунок 2.1 – Пристосування фрезерне для обробки шестикутника

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність.

Похибку установки деталі у пристосування знаходимо за формулою [12, стор.30]:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2} \quad (2.1)$$

де ε_y – різниця граничних відхилень вимірювальної бази відносно встановленого на розмір ріжучого інструменту, яка виникає в процесі базування і закріпленні деталі [12, стор.30]:

ε_δ^2 – частка похибки установки, яка виникає в процесі незбігу вимірювальної та налаштувальної баз [12, стор.30]:

$\varepsilon_3^2 = 0,07$, частина похибки установки, що виникає внаслідок відхилення вимірювальної бази відносно встановленого на розмір ріжучого інструменту під дією сил закріплення [12, стор.48, табл. 4.5].

Схема для знаходження похибки базування приведена на рис. 2.2.

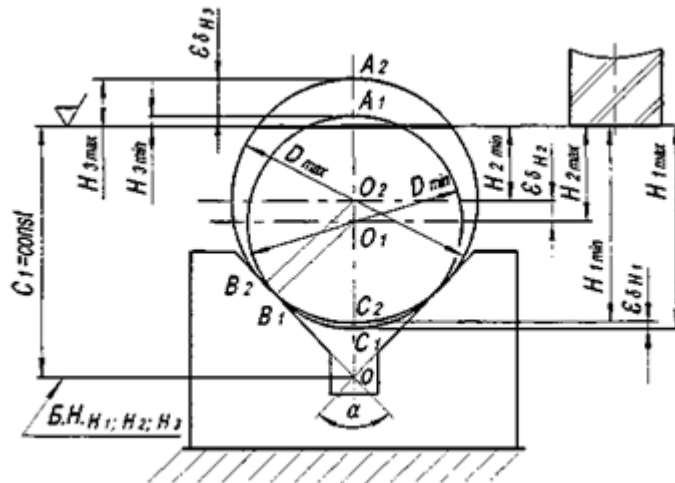


Рисунок 2.2 – Схема установки деталі типу «вал» на призму

Розраховуємо похибку базування на призму за формулою [12, стор.33]:

$$\varepsilon_6 = k_n \cdot T_D \quad (2.2)$$

де $k_n = 0,21$, коефіцієнт який залежить від кута призми [12, стор.34, табл.4.1];

$T_D = 0,033$, допуск на діаметр, по якому базуємо деталь.

$$\varepsilon_6 = 0,21 \cdot 0,033 = 0,006$$

Підставимо отримані данні у формулу (2.1):

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,006^2 + 0,07^2} = 0,07 \text{ мм}$$

Розрахуємо фактичну точність за формулою [13]:

$$\varepsilon_\phi = \varepsilon_{уст} + \Delta_p + \Delta_e + \Delta_{вим} + \Delta_{зус} + \Delta_t \quad (2.3)$$

де $\varepsilon_{уст} = 0,07$, похибка установки;

$\Delta_p = 0$, похибка передавального пристрою [13];

$\Delta_e = 0,02$, похибка виготовлення еталонної деталі [13];

$\Delta_{вим} = 0$, похибка обраного засобу вимірювання [13];

$\Delta_{зус} = 0$, похибка, що виникає вимірюванням зусиллям за рахунок деформації [13];

$\Delta_t = 0,02$, похибка, яка викликана зміною температури навколишнього середовища [13].

$$\varepsilon_{\phi} = 0,07 + 0,02 + 0,02 = 0,11$$

Фактична точність дорівнює 0,11 мкм, а похибка встановлення – 0,07, то можемо зробити висновок, що обрана схема установки деталі у пристосування обрана вірно.

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

У фрезерному пристосуванні ми будемо використовувати пневмопривід. Пневмопривід – сукупність пристроїв, призначених для приведення в рух частин машин і механізмів за допомогою енергії стисненого повітря [11].

До переваг пневмопривода відносяться [11]:

- невеликі габарити;
- зручні і надійні в експлуатації;
- забезпечують необхідне зусилля затиску;
- екологічно чисті;
- невелика ціна.

Недоліки пневмопривода [11]:

- відсутність плавного ходу;
- недовговічні;
- гучні.

Визначаємо силу затиску за формулою [11]:

$$Q = P_z \cdot k \quad (2.4)$$

де P_z – сила різання, Н;

$k = 1,5 - 2$ – коефіцієнт запасу;

Знаходимо силу різання за формулою [14, стор.282]:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n_{BT}^w} \cdot K_{MP} \quad (2.5)$$

де C_p , x , y , u , q , w – коефіцієнт та показники ступеня окружний сили [14, стор.291, табл.41];

K_{MP} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності [14, стор.261, табл.1];

z – кількість зубів фрези;

B – ширина фрезерування, мм.

$$P_z = \frac{10 \cdot 82 \cdot 7,3^{0,75} \cdot 0,007^{0,6} \cdot 3^{0,2} \cdot 4}{10^{0,86} \cdot 1500^0} \cdot 0,7 = 1527 \text{ Н}$$

Розрахуємо засилля затиску за формулою (2.4):

$$Q = 1527 \cdot 2 = 3054 \text{ Н}$$

Розрахунок конструктивних параметрів пневмопривода за формулою [11]:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{P \cdot \pi \cdot \mu}} \quad (2.5)$$

де $Q = 3054$ Н – сила різання;

$P = 0,4$ Мпа – робочий тиск пневмосистеми [11];

$\pi = 3,14$, сталі значення;

$\mu = 0,9$ – коефіцієнт корисної дії.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 3054}{0,4 \cdot 3,14 \cdot 0,9}} = 20 \text{ мм}$$

Згідно [14, стор.91, табл.17], приймаємо параметри пневмоприводу:

$d = 25$ мм;

$D = 100$ мм.

Розраховуємо дійсне значення сили затиску за формулою [11]:

$$Q = \frac{P \cdot \pi \cdot D^2}{4 \cdot \mu} \quad (2.6)$$

де $P = 0,4$ Мпа – робочий тиск пневмосистеми [11];

$\pi = 3,14$, сталі значення;

$\mu = 0,9$ – коефіцієнт корисної дії;

$D = 100$ мм – діаметр циліндру.

$$Q = \frac{0,4 \cdot 3,14 \cdot 100^2}{4 \cdot 0,9} = 3488 \text{ Н}$$

Сила різання складає 3054 Н, а сила затиску пневмоприводу – 3488 Н.

Отже робимо висновок, що цієї сили достатньо для затиску.

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Технічний контроль – це перевірка відповідності продукції, від якого залежить якість продукції, встановленої стандартами або технічними вимогами.

Згідно креслення деталі вісь, нам необхідно виміряти торцьове биття поверхні розміру $7_{-0,2}$ - 0,02 мм та радіальне биття різі M24x1,5-6e - 0,05мм відносно вісі деталі. Оскільки в ході обробки ми виконуємо зажим деталі від центрів, то вимірювання буде проходити від центрів на розмір $7_{-0,2}$ відносно бази А (вісь деталі) не більше 0,02, та радіальне биття різі M24x1,5-6e відносно бази А не більше 0,05. Обробка від центрів відтворює зборку в вузлі АП.

Пристосування (рис.2.3) складається з плити поз.4, до якої кріпляться 4-и опори поз.4. В пази плити поз.4 встановлюються два центра – жорсткий поз.1 та рухомий поз.2, їх зафіксуємо за допомогою болтів поз.6. На рухомий центр встановлений важіль поз.7. У другий паз плити встановлюємо вертикальну стійку поз.3 зі ИРБ поз.8.

Принцип роботи: деталь вісь закріплюємо у центрах. Налаштовуємо довжину ніжки ИРБ на необхідну поверхню і зчитуємо покази годинник. Для заміру биття на різі, попередньо накручуємо різьове кільце для заміру биття.

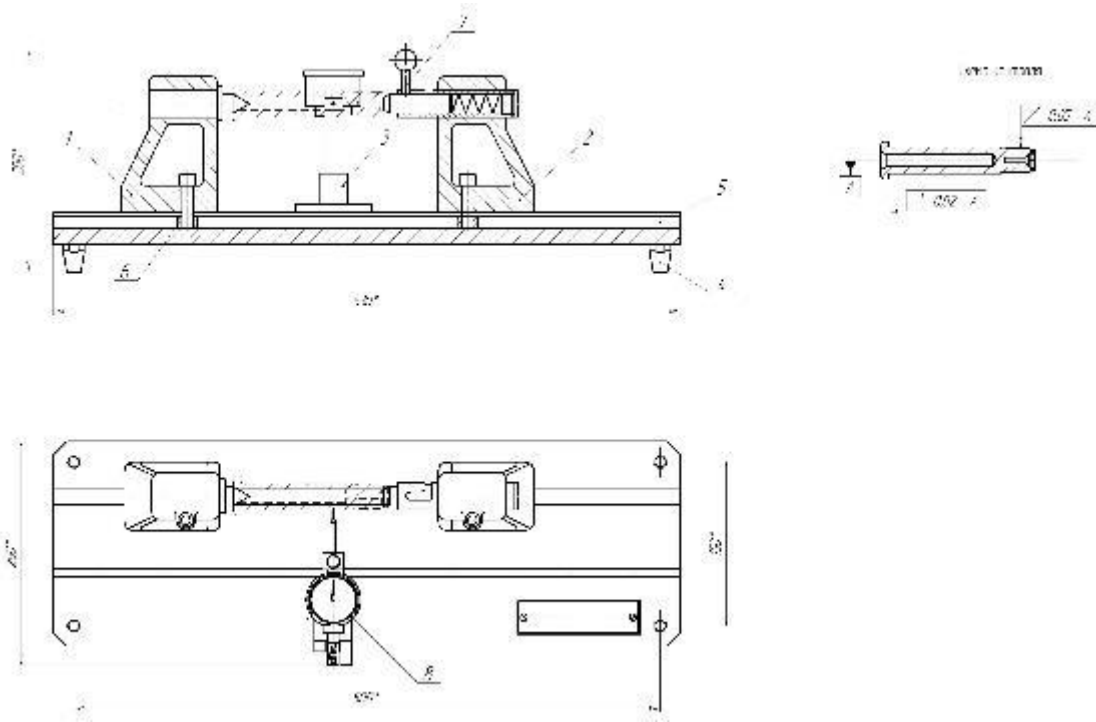


Рисунок 2.3 – Пристосування контрольне для заміру радіального биття

2.2.2 Розрахунок на точність

Допустима похибка виміру контрольного пристосування визначається залежністю:

$$\Delta_{\Sigma} \leq [\varepsilon_{\text{изм}}], \quad (2.7)$$

де Δ_{Σ} – сумарна похибка вимірювання;

$[\varepsilon_{\text{изм}}]$ – допустима похибка вимірювання в залежності від квалітету [15].

У пристосуванні ми контролюємо радіальне биття на діаметрі $\varnothing 25_{-0,013}$ мм та на розмір $7_{-0,2}$ відносно бази А (вісь деталі) не більше 0,02, та радіальне биття різі M24x1,5-6e відносно бази А не більше 0,05, то за [15, стор.129, табл.3.1] приймаємо $[\varepsilon_{\text{изм}}] = 0,004$ мм для IT13. Сумарну похибку вимірювання знаходимо за формулою [15, стор. 152]:

$$\varepsilon_{\text{изм}} = \varepsilon_{\text{иу}} + \varepsilon_{\text{ип}} + \varepsilon_{\text{им}} + \sqrt{\varepsilon_{\text{нб}}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{ис}}^2 + \varepsilon_{\text{зп}}^2 + \varepsilon_{\text{си}}^2 + \varepsilon_{\text{др}}^2}, \quad (2.8)$$

де $\varepsilon_{\text{иу}} = 0$, систематична похибка, яка виникає при неточності виготовлених встановчих елементів і неточність їх розташування на корпусі контрольно-вимірювального пристосування при його збірці [15, стор. 152];

$\varepsilon_{\text{ип}} = 0,0002$ – систематична похибка, викликана неточністю передаточних елементів, важелів, штифтів, стержнів та ін. [15, стор. 152];

$\varepsilon_{\text{им}} = 0$, систематична похибка, викликана неточністю виготовлення встановлюючих мір і еталонних деталей, які використовуються для налагодження засобів виміру на контрольований параметр [15, стор. 152];

$\varepsilon_{\text{нб}}^2 = 0$, похибка, викликана несумісністю вимірювальної бази з технологічною базою чи конструкторською базою на підконтрольний параметр [15, стор. 152];

$\varepsilon_3^2 = 0,006$, похибка, яка виникає у результаті закріплення контрольованого об'єкту, у випадку его можливої деформації [15, стор.165, табл.3.6] ;

$\varepsilon_{\text{ис}}^2 = 0$, похибка, залежна від вимірювальної сили, виникає у результаті зсуву вимірювальної бази деталі від заданого положення у процесі вимірювання, має випадковий характер [15, стор.152];

$\varepsilon_{\text{зп}}^2 = 0,006$, похибка, яка виникає по причині зазорів між вісю важилів передаточних пристроїв [15, стор.159, табл.3.6];

$\varepsilon_{\text{си}}^2 = 0,00022$, похибка використовуємого засобу виміру [15, стор.161, табл.3.7];

$\varepsilon_{\text{др}}^2 = 0,0006$ (для діаметру $\varnothing 25_{-0,013}$ і $7_{-0,2}$); $0,0015$ (для різі M24x1,5-6e), інші похибки, викликані діючим випадковими факторами при виконанні контролю [15, стор.152].

Згідно отриманих показників, знаходимо сумарну похибку виміру контрольного пристосування для діаметру $\varnothing 25_{-0,013}$, $7_{-0,2}$ та різі M24x1,5-6e за формулою (2.8):

$$\varepsilon_{\text{ИЗМ}} = 0,0002 + \sqrt{0,006^2 + 0,006^2 + 0,00022^2 + 0,0006^2} = 0,00029 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{\text{ИЗМ}} = 0,0002 + \sqrt{0,006^2 + 0,006^2 + 0,00022^2 + 0,0015^2} = 0,00034 \text{ мм}$$

Перевіряємо умову придатності контрольного пристосування, порівнюючи отримане значення фактичної похибки виміру з найбільшим допустимим значенням за формулою (2.7):

$$0,0029 < 0,004$$

$$0,0034 < 0,004$$

Умова для заміру трьох параметрів виконується. Дане контрольне пристосування задовольняє вимоги точності вимірювального оснащення і може використовуватись для виконання контрольної операції.

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ДОПОМІЖНИХ ПРИЙОМІВ І ЗАЧИСТКИ ЗАДИРОК

Автоматизація – можливість звільнити людину від мускульних зусиль та від оперативного управління механізмами, які виконують ці рухи [16,стор.8].

В даній магістерській роботі, ми будемо використовувати комплексну автоматизацію. Це означає, що людина буде налаштовувати, вмикати та вимикати обладнання, а також проводити контроль за ним [16, стор.8].

Згідно МВД, виконується 4-ри послідовні операції (3 - токарні, 4 - та свердлильна) на токарному ОЦ з ЧПК Challenger LT-52. Після кожної операції з ЧПК, виконується універсальна слюсарна операція на верстаті.

При виготовленні деталей, згідно МВД існують такі недоліки:

- 1) між операціями відбувається втрата часу, а саме переміщення деталей з токарної операції на слюсарну;
- 2) налаштування Challenger LT-52 на кожну наступну операцію;
- 3) індивідуальна підгонка інструмента по деталі;
- 4) ймовірність похибки при закріпленні деталі.

Для вирішення вище перерахованих недоліків та раціоналізації виробництва – пропоную об'єднати 4-ри операції з ЧПК(опер.050; 060; 070; 080) і 3-и слюсарні операції в одну – Комплексну з ЧПК.

Виконання комплексних операцій, можливе на верстатах п'ятого покоління, один з яких ми розглянемо.

Верстат MAXXTURN 65 фірми EMCO – це універсальний токарний центр для комплексної обробки з системою Siemens (рис. 3.1). Верстат цієї моделі має противошпindel, задню бабку, вісь С та привод інструментів (рис. 3.2).

Особливості конструкції [17]:

- 1) наджорстка вібростійка кутова станина на термічно ізольованій основі [17];

- 2) вбудована вісь Y яка розташована під кутом 90° до осі X, що дозволяє робити мале переміщення від основи для виконання токарної обробки, свердління та фрезерування без обробки контуру [17];
- 3) компактна конструкція вбудованого шпинделя з високою потужністю привода (рис. 3.3) [17];
- 4) револьверна головка з вбудованим сервомотором, який забезпечує привод інструмента і поворот револьвера. Кількість інструменту в револьвері – 12 штук [17];
- 5) система автоматичного заміру інструменту [17];
- 6) контршпиндель та улавлювач деталей [17];
- 7) задня бабка на роликових напрямлюючих і вбудованим обертовим центром [17].



Рисунок 3.1 - Верстат MAXXTURN 65 фірми EMCO

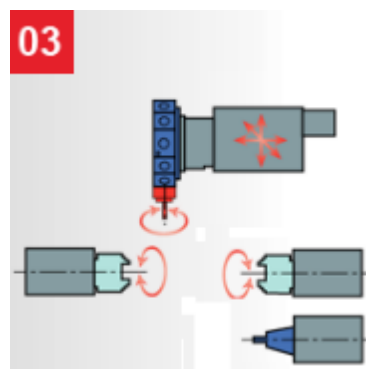


Рисунок 3.2 – Версія верстату

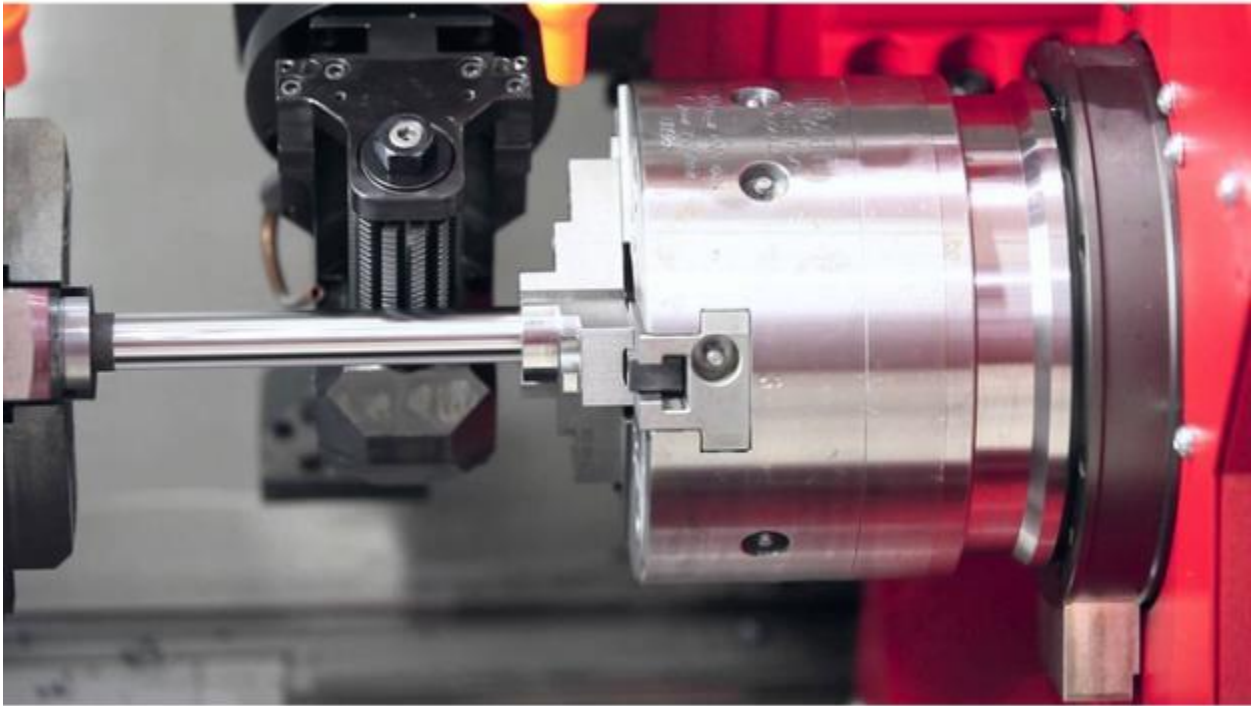


Рисунок 3.3 – Два шпинделя верстату MAXXTURN 65

Стандартна комплектація верстату [17] :

1. Система ЧПУ Siemens (Німеччина)
2. Напрямні кочення по осях X, Y, Z Boschrexroth (Німеччина)
3. Шпиндель з частотою обертання 3500, 6300, 8000 об / хв Siemens (Німеччина)
4. 3-х кулачковий патрон ROHM (Німеччина)
5. Револьверна головка SAUTER (Німеччина)
6. Конвеєр видалення стружки
7. Захист напрямних
8. Система охолодження
9. Освітлення
10. Система автоматичного змащення
11. Триколірна сигнальна лампа
12. Кабінетна захист зони обробки
13. Пістолет для змиву стружки

14. Пістолет подачі повітря

15. USB-інтерфейс

Розглянемо, як буде виглядати комплексна операція 050 в КЄ (рис. 3.4) та ОК

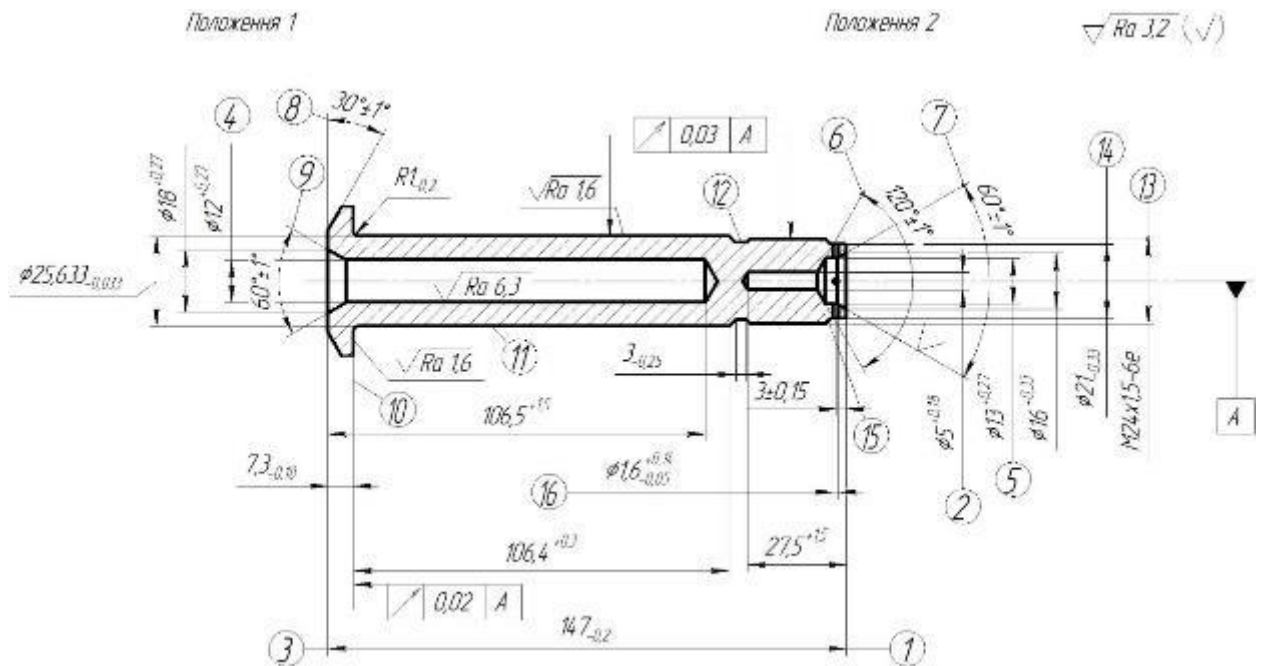


Рисунок 3.4 – Комплексна операція 050

І Деталь в положенні 1

О 1. Встановити деталь.

Т ПР: 396110 Патрон трикулачковий ГОСТ 2675-80

О 2. Точити поверхню 1

Т ВИ: ХХХХХХ Блок інструментальний

РИ: Різець 2103-1111, ВК8 ГОСТ 18879-73

О 3. Зенкерувати поверхню 2

Т ВИ: ХХХХХХ Блок інструментальний

РИ: Зенкер 2323-0501, Р18 ГОСТ 12489-71

О 4. Точити поверхню 5

Т ВИ: ХХХХХХ Блок інструментальний

РИ: Різець 2103-1111, ВК8 ГОСТ 18879-73

О 5. Точити поверхні 6, 7

Т ВИ: ХХХХХХ Блок інструментальний

РИ: Різець 2103-1111, ВК8 ГОСТ 18879-73

II Деталь в положенні 2

О 6. Перезакріплення деталі.

Т ПР: 396110 Патрон трикулачковий ГОСТ 2675-80

О 7. Точити поверхню 3

Т ВИ: ХХХХХХ Блок інструментальний

РИ: Різець 2103-1111, ВК8 ГОСТ 18879-73

О 8. Зенкерувати поверхню 4

Т ВИ: ХХХХХХ Блок інструментальний

РИ: Зенкер 2323-0501, Р18 ГОСТ 12489-71

О 9. Точити поверхні 8,9

Т ВИ: ХХХХХХ Блок інструментальний

РИ: Різець 2103-1111, ВК8 ГОСТ 18879-73

III Деталь в положенні 1, зняти деталь

О 10. Перезакріплення деталі

Т ПР: 396110 Патрон трикулачковий ГОСТ 2675-80; XXXXXX

Обертальний центр

О 11. Точити поверхні 10, 11

Т ВИ: XXXXXX Блок інструментальний

РИ: Різець 2103-1111, ВК8 ГОСТ 18879-73

О 12. Точити поверхні 10, 11

Т ВИ: XXXXXX Блок інструментальний

РИ: Різець 2103-1111, ВК8 ГОСТ 18879-73

О 13. Точити поверхні 12, 14

Т ВИ: XXXXXX Блок інструментальний

РИ: Різець 2660-0005, ВК8 ОСТ 2410-7-84

О 14. Точити поверхню 13

Т ВИ: XXXXXX Блок інструментальний

РИ: Різець 2660-0505, ВК8 ГОСТ 18876-73

О 15. Точити поверхню 16

Т ВИ: XXXXXX Блок інструментальний

РИ: Свердло 2300-0135, Р18 ГОСТ 10902-77

О 16. Перевірити розміри 1-16 згідно норм контролю

Т СИ: 393311 Штангенциркуль ЩЦЦ-1-150-0,01 ГОСТ 166-89; 393111
Калібр-пробка Ø1,6; 393121 Скоба Ø 25,6; 393121 Скоба 7,3; 393144 Різьове
кільце НЕ-НЕ; 393144 Різьове кільце ПР-ПР; 393121 Скоба Ø 21,8; 393611
Шаблон R1,3; 393611 Шаблон R0,7; XXXXXX ИРБ мікронний; 393331

Штангенглибиномір ШГЦ 0-150; XXXXXX Кутомір тип 3 ГОСТ 5378-88; 393111 Калібр пробка Ø12 ПР і НЕ ГОСТ 14810-69; 393111 Калібр-пробка Ø16 ПР і НЕ ГОСТ 14810-69; 393111 Калібр-пробка Ø13 ПР і НЕ ГОСТ 14810-69.

О 17. Деталь зберігати і транспортувати в тарі

Т XXXXXX візок

Таким чином є можливість виключити з цього етапу практично всю ручну щодо допоміжних прийомів, таких як:

- встановити – зняти деталь;
- транспортування деталей з токарних операцій на слюсарні;
- виконання 4-х слюсарних операцій;
- поопераційний контроль деталі.

4 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ

4.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі

Розрахунок напружено – деформованого стану вісі виконаний методом кінцевих елементів 3D – Постановка розрахунковим комплексом NX ADVANTAGE SIMULATION.

Тривимірна модель показана на рисунку 4.1.

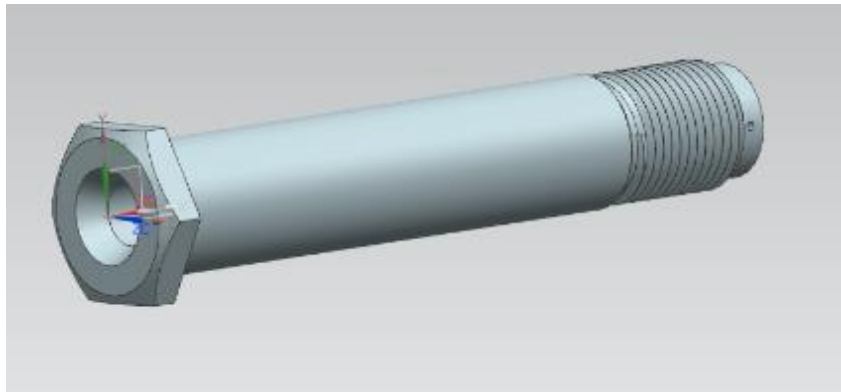


Рисунок 4.1 – Тривимірна модель вісі

На першому етапі розрахунку виконуємо розбивку моделі сіткою кінцевих елементів та виконуємо прикладення обмежень, що унеможливають переміщення деталі у окремих напрямках, результат показано на рисунку 4.2, деталь закріплюється нерухомо за шийку; на бокову грань заглиблення (канавки) прикладається 100 МПа тиску.

Перевіряємо поведінку форми деталі під час навантаження та визначаємо оптимальне $\sigma_{\text{опт}}$ і критичне $\sigma_{\text{крит}}$ значення тиску.

Матеріал деталі: сталь 18X2H4BA; $[\sigma_{\text{max}}] = 1050$ МПа.

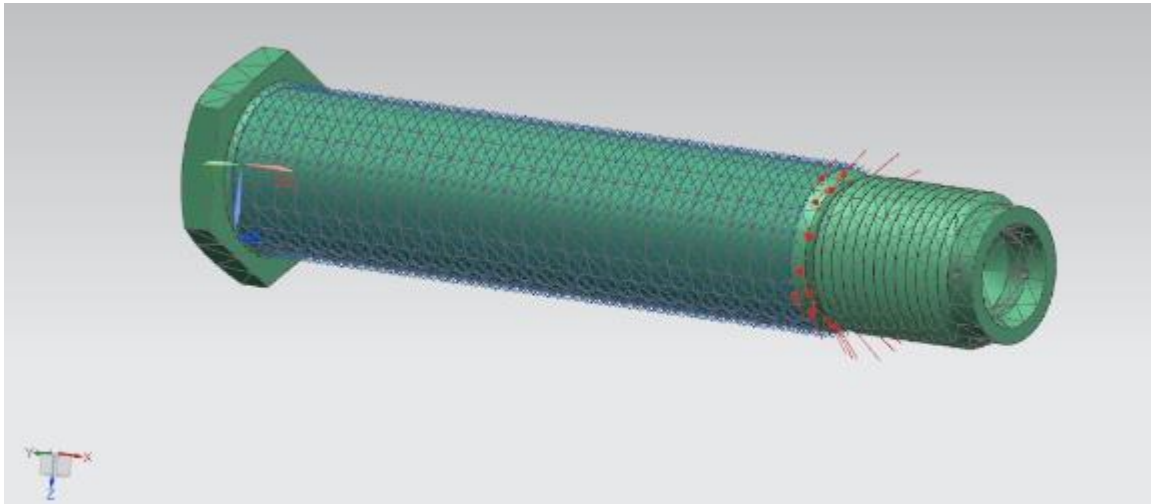


Рисунок 4.2 – Візуалізація точок прикладання зусиль (червоні стрілки, напрямок прикладання тиску) та поверхні закріплення

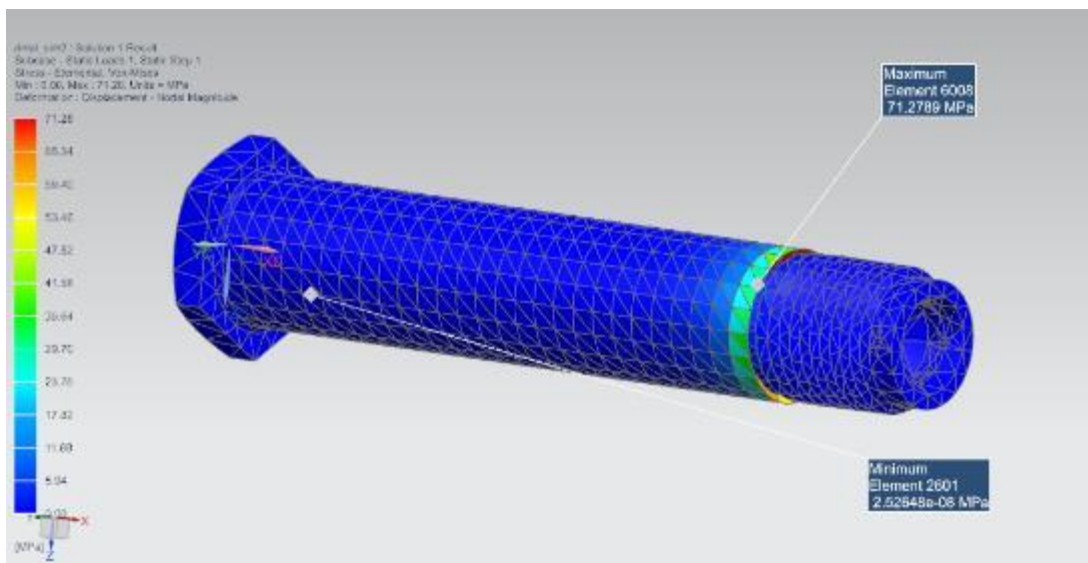


Рисунок 4.3 – Розподіл напружень за елементами

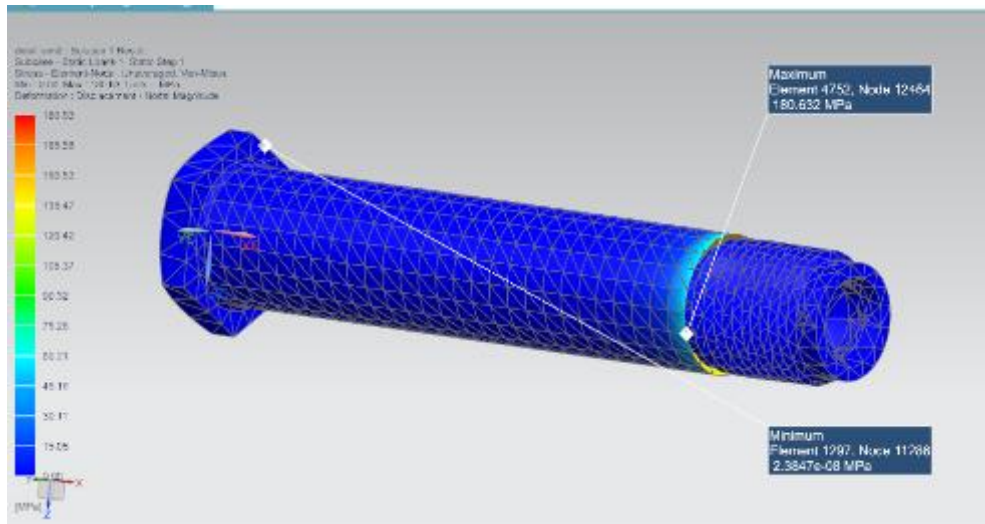


Рисунок 4.3 – Розподіл напружень за вузлами

За даними розрахунку в NX SIMULATION ADVANTAGE було визначено $[\sigma_{\max}] = 180,6$ МПа – максимальне значення напружень в небезпечному перерізі.

Запас міцності за напруженнями має значення $n_{\sigma} = 2 \dots 5$. Обираємо $n_{\sigma} = 3$ та розрахуємо граничну величину напружень від $[\sigma_{\text{в}}]$ деталі за формулою (4.1):

$$\sigma_{\text{гр}} = \frac{[\sigma_{\max}]}{n_{\sigma}}, \text{ МПа}, \quad (4.1)$$

$$\sigma_{\text{гр}} = \frac{1050}{3} = 350 \text{ МПа}.$$

При прикладеному навантаженні ($\sigma_0 = 100$ МПа) деталь зможе довго працювати без зміни форм, оскільки запас міцності за напруженнями при $[\sigma_{\max}] = 180,6$ МПа дорівнює $n_{\sigma} = 5,8$. Цей показник більше за обраний.

Перевіримо зміну форми деталі під дією навантаження в 500 МПа та 1000 МПа. На рисунках 4.4 – 4.5 представлені вузлові навантаження для 500 та 1000 МПа відповідно.

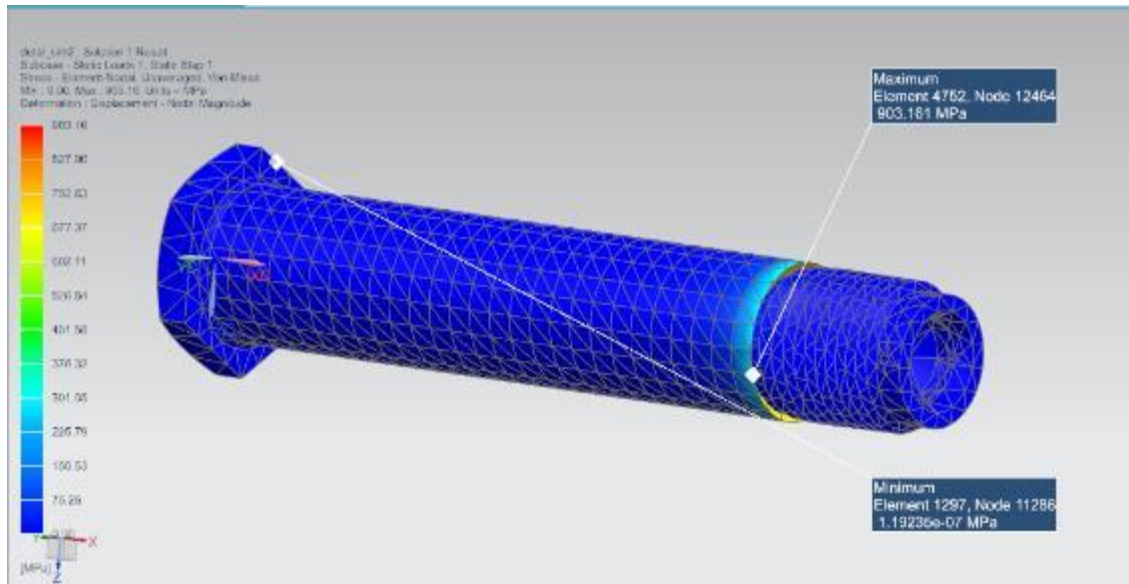


Рисунок 4.4 – Розподіл напружень за вузлами ($\sigma_0 = 500$ МПа)

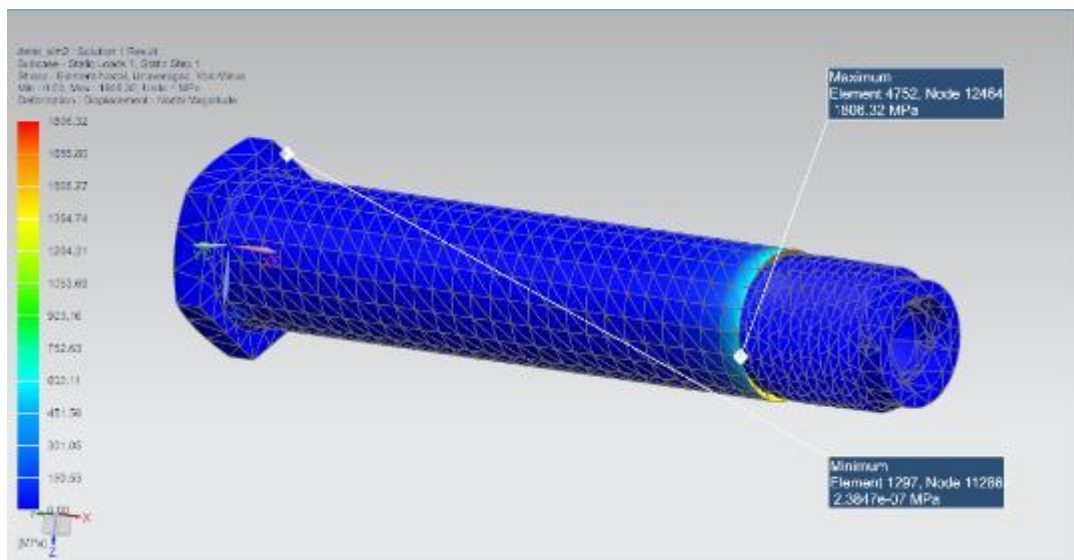


Рисунок 7.5 – Розподіл напружень за вузлами ($\sigma_0 = 1000$ МПа)

Під дією тиску в 500 МПа значення $\sigma_{\max} = 903,16$ МПа.

Під дією тиску в 1000 МПа значення $\sigma_{\max} = 1806,32$ МПа, що більше за значення $[\sigma_{\max}] = 1050$ МПа матеріалу деталі.

Побудуємо графік та знайдемо максимальне (критичне) значення σ_0 , МПа для даної деталі, при якому деталь ще може працювати без ймовірності руйнування.

Апроксимовано за допомогою графіку (рис. 4.6) знаходимо критичне значення $\sigma_{\text{Окрит}}$, яке не можна перевищувати при прикладанні зусилля на деталь: $\sigma_{\text{Окрит}} = 575 \text{ МПа}$.

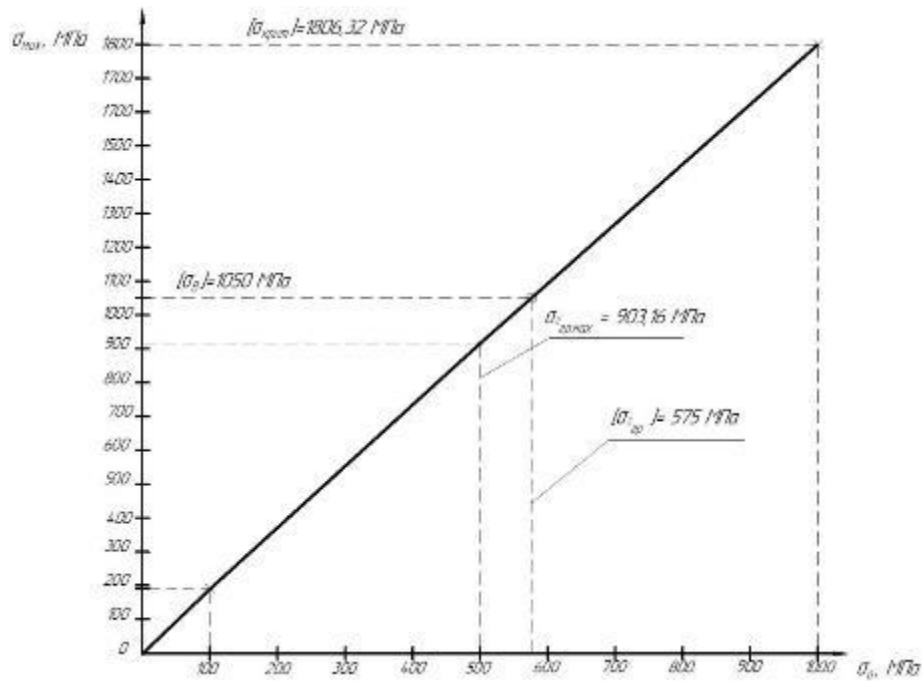


Рисунок 4.6 – Графік залежності напружень від навантаження

5 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ. ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТОНКОСТІННИХ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ТІЛ ОБЕРТАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗМІЦНЮЮЧИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ

5.1 Поверхнева пластична деформація

Поверхнева пластична деформація (ППД) – це вид зміцнюючої обробки, при якому відбувається пружно-пластичне деформування поверхневого шару деталі, але при цьому не відбувається відділення стружки [18, стор.5].

В роботі механізмів деталі контактують між собою. В залежності від призначення деталі та її знаходження у вузлі, конструктору необхідно правильно підібрати матеріал, гідно його властивостей, складу.

При виготовленні деталі, технологом проектується технологічний процес обробки деталі, де він вказує послідовність обробки поверхонь, в кожній операції вказується оснащення, умови базування, інструмент і режими різання. Від розрахованих режимів різання та підбраного інструменту, залежить якість поверхні.

Від якості оброблених поверхонь, залежать експлуатаційні властивості деталі, а саме [18, стор.5]:

- опір контактній втомленості;
- корозійна стійкість;
- опір втомленості;
- зносостійкість.

Зв'язок характеристик якості поверхневого шару з експлуатаційними властивостями деталей свідчить про те, що оптимальна поверхня деталей повинна бути твердою, мати стискуючі залишкові напруження, згладжену форму мікронерівностей з великою площею опорної поверхні [18, стор.5].

За допомогою заключних методів обробки: шліфування, хонінгування, доводка, створюється необхідна форма деталей з необхідною точністю, але не

завжди отримується необхідна якість поверхневого шару. За для отримання оптимального поверхневого шару, застосовуються методи ППД, при яких не утворюється стружка, у поверхні підвищується зносостійкість, стійкість до корозії [18, стор.5].

5.2 Методи поверхневого пластичного деформування

На даний момент в галузі машинобудуванні існує велика кількість методів пластичного деформування та пристроїв, завдяки яких можна здійснити зміцнення металевих деталей машин. Кожен з пристроїв має унікальну конфігурацію, яка допомагає у вирішенні як і ряду технологічних задач та певної задачі. Методи пластичного деформування можна класифікувати на п'ять основних груп, згідно зі схемою деформування поверхонь металу в зоні контакту з робочим інструментом. Класифікація наведена у таблиці 5.1 [18, стор. 4].

Таблиця 5.1 – Класифікація методів ППД

Група	Метод	Спосіб зміцнення
1	2	3
I	Накатування	1. Накатування роликком 2. Накатування кулькою 3. Вібраційне накатування з поперечною вібрацією. 4. Вібраційне накатування з повздовжньою вібрацією
II	Зміцнення зв'язаним ударним інструментом	1. Зміцнювальна чеканка з гідроприводом 2. Зміцнювальна чеканка з пневмоприводом

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
		3. Зміцнювальна чеканка з механічним приводом 4. Відцентрова обробка роликками 5. Відцентрова обробка кульками
III	Вигладжування	1. Вигладжування сферичним наконечником 2. Вигладжування конічним наконечником
IV	Дорнування	1. Дорнування прошовуванням дорну 2. Дорнування протягуванням дорну 3. Вібраційна ударна обробка
V	Динамічне зміцнення	1. Вібраційна ударно-імпульсна обробка 2. Вібраційно-відцентрова зміцнювальна обробка 3. Гідрогалтування дробом 4. Гравітаційна обробка дробом 5. Гідродробоструменева ежекторна обробка 6. Гідродробометна обробка 7. Пневмогідродробоструменева обробка 8. Пневмодинамічна обробка 9. Дробоструменева обробка

В залежно від типу виробництва, розмірів, матеріалу конфігурації деталей, призначення обробки та інших факторів вибирають оптимальний метод ППД [18, стор.4].

В першій групі використовують методи накатування (обкатування і розкачування), які здійснюються при коченні інструмента (кульки чи ролика) на поверхні деталі, що деформується. При накатування, пластичне деформування здійснюється в умовах тертя кочення інструмента по поверхні деталі, контакт деталі і інструмента – токовий або по лінії. Такий метод можливий на деталях, які мають правильну геометричну форму, твердістю 45..50HRC [18, стор.4].

До другої групи належать методи зміцнення зв'язаним ударним інструментом. Слід відзначити, що до яскравих представників відносять зміцнювальну чеканку, відцентрову обробку і обробку механічними щітками. До загальних ознак другої групи відносять наявність ударної взаємодії зв'язаного інструмента або інструментів з поверхнею деталі, яка обробляється. Ударна взаємодія забезпечує високу ступінь зміцнення і рівень залишкових напружень стиску в поверхневому шарі матеріалу деталей, які обробляються, ніж при зміцненні методами, які наведені в першій групі [18, стор.4].

До третьої групи відносяться методи зміцнювальної обробки вигладжуванням, при яких пластичне деформування поверхонь деталі отримується ковзаючим по ній інструментом. При наявності нерівностей поверхні, які залишилися від попередньої обробки, згладжуються частково чи повністю, при цьому підвищуючи твердість поверхневого шару. Вигладжування застосовують для обробки деталей із твердістю більше 50 HRC [18, стор.4].

Четверта група методів ППД – дорнування. Цей метод застосовують для обробки отворів. Робочим інструментом являється – дорн, його діаметральний параметр декілька більший за розмір отвору, що обробляється, протягується або прошовхується крізь нього. Даний метод використовують для зміцнення проушин в деталях [18, стор.5].

До п'ятої групи, з точки зору подальшого розвитку, відносять методи динамічного зміцнення, які створені на динамічних ударах інструмента або інструментів на оброблювану поверхню деталі. Основними представниками 5-ї групи можна назвати дробоструменеву та вібраційну зміцнюючі обробки. Методами 5-ї групи зміцнюють деталі більш складної конфігурації, які неможливо обробити алмазним вигладжуванням, накатуванням, обробити дробом і доцільно обробляти віброударним методами [18, стор.5].

5.3 Методи ППД для тонкостінних деталей

Як зазначалось раніше, для кожного типу деталей підбирають конкретний метод обробки, то для тонкостінних деталей типу тіл обертання ми розглянемо метод обробки ультразвукового зміцнення (УЗЗ) вільними кульками [3, стор. 236].

Ультразвукове зміцнення (УЗЗ) – метод 5-ї групи зміцнення поверхневого шару поверхні, в якому інструменту (сталеві кульки) задаються додаткові ультразвукові коливання та амплітуда ударів [19, стор. 260].

Застосування УЗЗ ефективно в наступних випадках [19, стор. 262]:

- деталі, на котрих проведена термічна і хіміко-термічна обробка з матеріалу У10А, У12, Х40, ШХ15, сталі аустенітної структури;
- інструменти та деталі із твердих сплавів;
- деталі, які мають нерівномірну та малу жорсткість.

До параметрів режиму відносять [19, стор.262]:

- амплітуду коливань інструменту (кульок);
- радіус кульок;
- статична сила;
- частота коливань;
- ефективна маса кульок;

- швидкість обробки деталі.

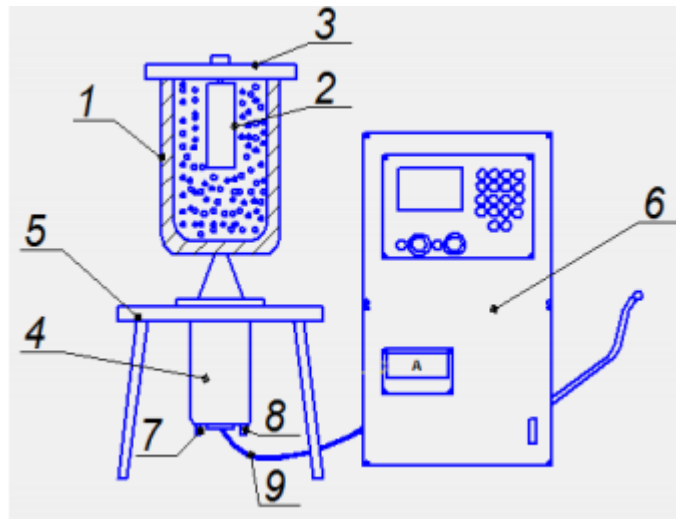
Якщо порівняти два способи обкатування кулькою та ультразвукове зміцнення, то можемо вивести наступні особливості та переваги [19, стор.260]:

- 1) інструмент пластично деформує поверхневий шар металу імпульсно, з великою інтенсивністю коливань, в результаті чого деформування супроводжується інтенсивним та переривчастим тертям;
- 2) діюча статична сила на деталь незначна;
- 3) кратність застосування сили при деформації інструментом поверхні – 400 раз і більше, при обкатуванні кулькою 12-20 раз.
- 4) швидкість деформування являється перемінною, максимальне значення досягає до 200 м/хв і більше, таке значення перевищує швидкість деформування при обробкою кільками в сотні раз.
- 5) середній тиск, який створюється у поверхневому шарі деталі під дією нормально направленої сили в 3-9 разів більше, чим при обкатування кулею.
- 6) енергія, що витрачається на спотворення кристалічної решітки і йде на внутрішні мікроструктурні перетворення, при ультразвуковому зміцненні значно вища, ніж при обкатуванні кульками.
- 7) в зоні деформуванні, температура місця контакту інструмента з деталлю – 100-150 °С. у порівняно з обкатуванням кульками, температура менша в 3-5 разів.
- 8) відносно великих напружень та багатократного прикладання навантаження, підвищується ступінь наклепу в 1,2-1,5 разів.

5.4 Ультразвукова установка

Деталь, яка розглядається в магістерській роботі, «Вісь», має поверхню, яка підлягає ультразвуковому зміцненню.

Розглянемо як виглядає ультразвукова установка для обробки деталі (рис. 5.1) [20].



1 – титановий стакан; 2 – оброблювана деталь; 3 – кришка; 4 – магнітострикційний перетворювач; 5 – корпус; 6 – ультразвуковий генератор;
7 – підвід води; 8 – вивід води; 9 – електрокабель

Рисунок 5.1 – Схема установки

Установка для УЗЗ складається з таких основних деталей та вузлів: магнітострикційний перетворювач, спеціальний концентратор коливань, технологічного оснащення для закріплення деталей, звукоізолюючого кожуху і електричних систем, яка керує циклом обробки [21].

В даній установці, концентратор один. В залежності від конструкції може бути два і більше з магнітострикційними перетворювачами [21].

Кожна позиція установки живиться від окремого ультразвукового генератора. При використанні генератора, допускається підключення двох перетворювачів, які мають однакові електричні параметри і одну частоту механічних коливань [21].

Ультразвуковий генератор призначений для перетворення електричної енергії у змінну напругу високої частоти для живлення магнітострикційних перетворювачів [21].

Перетворювач магнітострикційний призначений для перетворення електричної енергії (380В, 50Гц) високої частоти в механічні коливання, частотою не більше 150Гц [21], [22], [23].

Концентратор перетворює поздовжні пружні коливання випромінюючого торця перетворювача в поздовжньо-радіальні пружні коливання своїх випромінюючих поверхонь, котрі сповіщають робочим тілам необхідну кінетичну енергію. Конструкція концентраторів, їх геометричні параметри, форма робочої камери визначаються геометричними розмірами оброблюваної деталі і розраховуються з умов роботи концентратора в резонансному режимі [21], [22].

Технологічне оснащення призначене для закріплення і вводу оброблюваної деталі в робочу камеру концентратора [21].

Монтаж установки і генератора відбувається таким чином [21]:

- 1) на генератор та установки не повинна потрапляти вода, стружка та інші предмети;
- 2) повинно бути заземлення, трифазна напруга 380 В з частотою 50 Гц, водопровідна лінія на тиск 1,5-2 атмосфери, стік до каналізації та повітряна мережа з вентилем через фільтр;
- 3) установка кріпиться на анкерні болти.
- 4) підвід води до установки та генератора обов'язково здійснюється до штуцерів з маркуванням «ВХІД», а відвід до каналізації до штуцера «ВИХІД».
- 5) підключення електричної частини установки до генератора проводиться згідно електросхем.

Основні вимоги до експлуатації установки УЗЗ [21]:

- 1) установка повинна працювати на резонансній частоті, тобто ультразвуковий генератор повинен бути налагодженим в резонанс з частотою магнітострикційного перетворювача, працюючого під навантаженням хвилеводної системи: концентратор – робоче тіло [21], [22].
- 2) резонансний режим роботи контролювати за показниками вимірювальних приборів ультразвукового генератора – максимальний

сітковий струм, мінімальна вихідна напруга і інтенсивне переміщення зміцнюючих тіл в робочій камері генератора [21], [22].

3) налаштування роботи установки у резонансний режим виконується налагодником, робота виконується людиною яка вивчила розділи «Порядок проведення работы» та «Типовые режимы работы генератора» [21], [22].

4) налагодчик та операторі ведуть журнал експлуатації установки, в якому фіксується дата постановки і зняття перетворювача, концентратора, причина зняття [21], [22].

5) зазор між випромінюючими поверхнями концентратору і технологічного оснащення повинен бути не менше 0,5 мм, і не перевищувати мінімальний діаметр кульок [21], [22].

б) повітря для охолодження концентратора повинне бути сухим і чистим від мастил і конденсатора [21], [22].

Для виконання доводочного виду обробки, зміцнююча поверхня повинна бути шліфована. Шорсткість поверхні повинна бути не менше 0,4 мкм. Стан поверхні після УЗЗ – поверхня має матовий відтінок і візуально нагадує поверхню «апельсина». При дотриманні цієї вимоги, твердість деталі підвищується на 30%.

Принцип дії установки [21]:

У концентратор завантажують кульки 400-450 г Ø1,6. Далі встановлюють деталь з пристосуванням у концентратор. Вмикають кнопку «Пуск». Відбувається разову зміцнення зовнішньої поверхні деталі, крім різі та прилягаючих до неї поверхонь. Час обробки 8 хвилин. Після цього вимикаємо установку. Другу половину деталі оброблюємо таким же чином. Проміжок часу між обробками деталей 20-30 хвилин, так як концентратор і кулі нагріваються.

Підготовка установки до операція, проходить наступним чином:

1. Загальне положення

Установка для УЗЗ поверхонь деталі «Вісь» складається з:

- джерела живлення – ультразвуковий генератор;

- магнітострикційний перетворювач;
- хвилевід-концентратор.

2. Підготовка установки для УЗЗ

- 2.1 Зачистити шліфувальною шкуркою (ГОСТ 13344-79) акустичний торець концентратору та перетворювача.
- 2.2 Накрутити концентратор на перетворювач.
- 2.3 Установити пристосування ХХХХ-ХХХХ на установку ХХХХ-ХХХХ
- 2.4 Перевірити зазор між концентратором та пристосуванням (Щупи 100, набір – 2 кл. точності, ТУ-034-0221197-011-91). Зазор не повинен перевищувати 0,3 мм.
- 2.5 Увімкнути водне охолодження перетворювача.
- 2.6 Увімкнути рубильник.
- 2.7 Завантажити 400-450 г. кульок діаметром $\varnothing 1,6$ мм до концентратору. Кульки ШХ15 ГОСТ 3722-81, мікрометр МК-25 (ГОСТ 6507-90)
- 2.8 Встановити датчик прибору ХХХХ-ХХХХ в робочій зоні концентратору
- 2.9 Занести фактичні значення маси та діаметрів кульок до журналу результатів заміру.
- 2.10 Запустити генератор кнопкою «ПУСК»
- 2.11 Налаштувати генератор в резонанс на власну частоту перетворювача і концентратора
- 2.12 Визначити показання приборів генератора при заданій інтенсивності переміщення кульок. Необхідна інтенсивність переміщення кульок – 70...80
- 2.13 Занести в журнал результатів замірів показання приборів генератора і режими зміцнення:
 - сила струму;
 - напруга;
 - частота виходу напруження;
 - інтенсивність переміщення.
- 2.14 Вимкнути на генераторі кнопку «ПУСК»
- 2.15 Вимкнути прибор натисканням тумблеру «ВИКЛ»

2.16 Вийняти датчик з концентратору і від'єднати його від прибору

2.17 Від'єднати прибор від мережі.

Операція – ультразвукове зміцнення кульками

1. Встановити деталь у пристосування ХХХХ-ХХХХ, закріпити і захистити поверхні не підлягаючі зміцненню
2. Встановити деталь до концентратору.
3. Увімкнути на генераторі кнопку «ПУСК»
4. Виконати разове зміцнення зовнішньої поверхні деталі, окрім різі, фасок, 4-х отворів діаметром $\varnothing 1,6$, внутрішніх діаметрів $\varnothing 16$, $\varnothing 13$ з однієї сторони. Час зміцнення 8 хвилин
5. Вимкнути кнопку «ПУСК» на генераторі
6. Зняти пристосування з деталлю
7. Встановити деталь у пристосування ХХХХ-ХХХХ, закріпити і захистити поверхні не підлягаючі зміцненню.
8. Разово виконати зміцнення зовнішньої поверхні, окрім двох отворів діаметрами $\varnothing 12$, $\varnothing 18$. Час зміцнення 8 хвилин.
9. Вимкнути на генераторі кнопку «ПУСК»
10. Зняти пристосування з деталлю
11. Зняти деталь з пристосування
12. Виконати обробку наступної деталі з інтервалом 10...12 хвилин.
13. Пред'явити серії оброблених деталей контролеру. Контроль проводити за контрольним зразком.

5.5 Дослідження поверхні деталей

Для дослідження використовуємо дві деталі «Вісь» модифікація 1 і модифікація 2. Марка матеріалу деталі першої модифікації конструкційна легована сталь 30ХГСА, марка матеріалу деталі другої модифікації

конструкційна легована сталь 18Х2Н4В4. Обробка виконується в ультразвуковому стакані (титановий сплав) сталевими кульками діаметром $\varnothing 1,6$ мм. Час обробки для кожної деталі становить по 8 хвилин с кожної сторони за дві установки. Шорсткість поверхонь замірялась за допомогою профілографа профілометра. Середнє значення R_a визначалось по 10-ти замірам [20].

Результати заміру шорсткості поверхонь занесені до таблиці 5.2

Таблиця 5.2 – Результати замірів

Деталь	До зміцнення (мкм)	Після зміцнення (мкм)
Вісь, модиф. 1	0,45	0,23
Вісь, модиф. 2	0,4	0,2

Профілограми до зміцнення та після зміцнення вісі першої модифікації наведені на рисунках 5.2 і 5.3, вісі другої модифікації – на рисунках 5.4 та 5.5. З отриманих профілограм видно, що після обробки в ультразвуковому стакані – шорсткість формується без гострих впадин, які часто слугують місцем зародження втомленості тріщини [20].



Рисунок 5.2 – Профілограма вісі, першої модифікації до обробки [20]



Рисунок 5.3 – Профілограма вісі, першої модифікації після обробки [20]



Рисунок 5.4 – Профілограма вісі, другої модифікації до обробки [20]

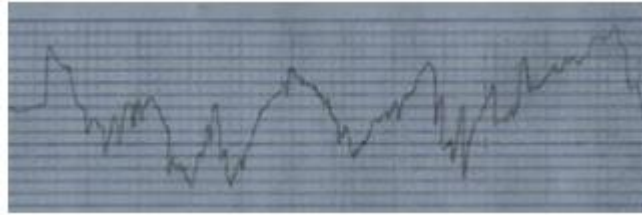


Рисунок 5.5 – Профілограма вісі, другої модифікації після обробки [20]

Згідно проведеного дослідження, робимо такий висновок, що обробка в ультразвуковому стакані на деталях створює рівномірну оброблену поверхню з залишковим напруженням стиснення. Отримана шорсткість запобігає утворенню втомленості тріщини. На деталях формується специфічний рельєф з великими радугами вершин і впадин [20].

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

Згідно запропонованої автоматизації 4-и операції з ЧПК, які виконуються на токарному ОЦ з ЧПК Challenger LT-52 (Опер. 050; 060; 070 – токарні з ЧПК, опер. 080 – свердлильна з ЧПК) ми переводимо в одну операцію - опер. 050 комплексна з ЧПК на токарному ОЦ MAXXTURN 65. Слюсарні операції 055, 065, 075, 085 – об'єднуємо заміщуємо однією – 055 слюсарна, яку виконуємо після комплексної. Визначаємо доцільність переходу на комплексну операцію. Первинні дані наведено у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Дані щодо верстатів двох варіантів

Модель верстата	Потужність верстата, кВт	Вартість верстата, грн	$t_{шт.к.}$, хв
1	2	3	4
Перший варіант			
Токарний ОЦ Challenger LT-52 Опер. 050	3,7	2987640	
Слюсарна Верстак Опер. 055	0,52	2498	
Токарний ОЦ Challenger LT-52 Опер. 060	3,7	2987640	
Слюсарна Верстак Опер. 065	0,52	2498	
Токарний ОЦ Challenger LT-52	3,7	2987640	

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4
Опер. 070			
Слюсарна Верстак Опер. 075	0,52	2498	
Токарний ОЦ Challenger LT-52 Опер. 080	3,7	2987640	
Слюсарна Верстак Опер. 085	0,52	2498	
Всього	16,88	11948552	
Другий варіант			
Токарний ОЦ MAXXTURN 65 Опер. 050	6,7	3127580	
Слюсарна Верстак Опер. 055	0,52	2498	25,3
Всього	7,22	3130078	

Визначаємо такт випуску за формулою (6.1):

$$\tau = \frac{F_d \cdot 60}{N} \quad (6.1)$$

де F_d – дійсний річний фонд роботи обладнання: $F_d = 4015$ год [24, стор.92];

N – програма випуску: $N = 1500$ шт.

$$\tau = \frac{4015 \cdot 60}{1500} = 160,6 \text{ хв}$$

Розраховуємо кількість верстатів для операції з найбільшим значенням штучно-калькуляційного часу за формулою (6.2):

$$\eta_p = \frac{t_{\text{шт.к.}}}{\tau} \quad (6.2)$$

де $t_{\text{шт.к.}}$ – штучно-калькуляційний час: $t_{\text{шт.к.}} = 30,26$ хв;

$$\eta_p = \frac{30,26}{160,6} = 0,19$$

Приймаємо η для обох випадків $\eta_1 = \eta_2 = 1$.

Розраховуємо заробітну плату робітників за хвилину за формулою (6.3):

$$З = З_{\text{т}} \cdot K_{\text{н}} \cdot n \quad (6.3)$$

де $З_{\text{т}}$ – табличне значення заробітної плати: $З_{\text{т1}} = З_{\text{т2}} = 8,5$ коп/хв – для 5-го розряду [24, стор.94, т.2.18];

$K_{\text{н}}$ – коефіцієнт перевиконання норми, приймаємо: $K_{\text{н1}} = K_{\text{н2}} = 0,8$;

n – кількість верстатів: $n_1 = 8$ шт, $n_2 = 2$ шт,

$$З_1 = 8,5 \cdot 0,8 \cdot 8 = 54,4 \text{ коп/хв,}$$

$$З_2 = 8,5 \cdot 0,8 \cdot 1 = 13,6 \text{ коп/хв.}$$

Визначаємо витрати на електроенергію за формулою (6.4):

$$E = \frac{\sum N \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot C_e}{60} \quad (6.4)$$

де $\sum N$ – сумарна потужність електродвигунів верстатів: $\sum N_1 = 16,88$ кВт, $\sum N_2 = 7,22$ кВт (табл.6.1);

k_1 – коефіцієнт за потужність: $k_1 = 0,7$ [24, стор.94, т.2.19];

k_2 – коефіцієнт за часом роботи $k_2 = 0,5$ [24, стор.94, т.2.19];

C_e – вартість 1 кВт електроенергії: $C_e = 1,68$ коп.

$$E_1 = \frac{16,88 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,68}{60} = 0,26 \text{ коп/хв}$$

$$E_2 = \frac{7,22 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,68}{60} = 0,11 \text{ коп/хв.}$$

Визначаємо витрати на амортизацію обладнання за формулами (6.5) – (6.6):

$$A_r = \frac{\alpha_1 \cdot 1,15 \cdot Ц}{100} \quad (6.5)$$

$$A = \frac{A_r \cdot 100}{F_d \cdot 60} \quad (6.6)$$

де α_1 – процент відрахування від балансової вартості обладнання: $\alpha_1 = 15$ [24, стор.92];

Ц – вартість обладнання: $Ц_1 = 11948552$ грн, $Ц_2 = 3130078$ грн (табл.6.1).

$$A_{r1} = \frac{15 \cdot 1,15 \cdot 11948552}{100} = 2061125,22 \text{ грн/рік}$$

$$A_1 = \frac{2061125,22 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 855,5 \text{ коп/хв}$$

$$A_{r2} = \frac{15 \cdot 1,15 \cdot 3130078}{100} = 539938,46 \text{ грн/рік}$$

$$A_2 = \frac{539938,46 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 224,1 \text{ коп/хв}$$

Визначаємо витрати на обслуговування обладнання за формулами (6.7) – (6.8):

$$O_{\Gamma} = \frac{a_2 \cdot 1,15 \cdot Ц}{100} \quad (6.7)$$

$$O = \frac{O_{\Phi} \cdot 100}{F_{\text{д}} \cdot 60} \quad (6.8)$$

де α_2 – процент відрахування від балансової вартості обладнання: $\alpha_2 = 0,5$ [24, стор.92];

$$O_{\Gamma 1} = \frac{0,5 \cdot 1,15 \cdot 11948552}{100} = 68704,2 \text{ грн/рік}$$

$$O_1 = \frac{68704,2 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 28 \text{ коп/хв}$$

$$O_{\Gamma 2} = \frac{0,5 \cdot 1,15 \cdot 3130078}{100} = 17997,9 \text{ грн/рік}$$

$$O_2 = \frac{17997,9 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 7,47 \text{ коп/хв}$$

Визначаємо витрати на ремонт обладнання за формулами (6.9) – (6.10):

$$P_{\Gamma 1} = \frac{a_3 \cdot 1,15 \cdot Ц}{100} \quad (6.9)$$

$$P = \frac{P_{\Gamma} \cdot 100}{F_{\text{д}} \cdot 60} \quad (6.10)$$

де α_3 – процент відрахування від балансової вартості обладнання: $\alpha_3 = 4,5$ [24, стор.92];

$$P_{\Gamma 1} = \frac{4,5 \cdot 1,15 \cdot 11948552}{100} = 618337,57 \text{ грн/рік}$$

$$P_1 = \frac{618337,57 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 256,67 \text{ коп/хв}$$

$$P_{Г2} = \frac{4,5 \cdot 1,15 \cdot 3130078}{100} = 161981,5 \text{ грн/рік}$$

$$P_2 = \frac{161981,5 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 67,2 \text{ коп/хв}$$

Сумарні витрати на інструмент (свердло, зенкер, фреза) визначаємо за [24, стор.94, т.2.20]: 0,12 грн/год, це 1,26 коп/год. Перераховуємо $I_1 = I_2 = 2,1$ коп/хв.

Витрати на пристосування визначаємо за [24, стор.95, т.2.21]: $\Pi_1 = 0,0018$ коп/хв, $\Pi_2 = 0,0018$ коп/хв.

Розраховуємо технологічну собівартість за формулою (6.11):

$$C = (З + E + A + O + P + I + \Pi) \cdot t_{шт.к} \quad (6.11)$$

$$C_1 = (54,4 + 0,26 + 855,5 + 28 + 256,67 + 2,1 + 0,0018) \cdot 30,26 = 36219,2 \text{ коп}$$

$$C_2 = (13,6 + 0,11 + 224,1 + 7,47 + 67,2 + 2,1 + 0,0018) \cdot 25,3 = 7958,9 \text{ коп}$$

Розраховуємо економічний ефект за формулою (6.12):

$$E\Phi = (C_1 \cdot \Pi + K_e \cdot Ц_1) - (C_2 \cdot \Pi + K_e \cdot Ц_2) \quad (6.12)$$

де K_e – нормативний коефіцієнт ефективності: $K_e = 0,15$.

$$\begin{aligned} E\phi &= (36219,2 \cdot 1500 + 0,15 \cdot 11948552) \\ &- (7958,9 \cdot 1500 + 0,15 \cdot 469511,7) = \\ &= 56121082,8 - 12407861,7 = 43713221,1 \text{ грн} \end{aligned}$$

Згідно розрахунку, робимо висновок, що буде доцільно об'єднати 4-и операції з ЧПК на одну комплексну з ЧПК

ВИСНОВОК

В ході виконання магістерської роботи, ми розглянули заходи по підвищенню продуктивності технологічного процесу.

По технологічній частині ми визначали який спосіб отримання заготовки економічний – штампування в КГШП виявилось економічним в порівняно з прокатом. У зв'язку з зміною способу отримання заготовки, був вдосконалений технологічний процес обробки деталі «Вісь», об'єднання операцій, вибір нового обладнання та інструменту. Розрахунок режимів різання та нормування операцій виконувались згідно нормативних документів.

В конструкторській частині ми спроектували робоче пристосування на фрезерну з ЧПК опер. 090 – фрезерне пристосування з пневмоприводом та на контрольну операцію контрольне пристосування для заміру биття відносно осі деталі. На фрезерне пристосування з пневмоприводом розраховали параметри пневмоприводу згідно сили різання та дійсне зусилля затиску яке забезпечить надійне кріплення деталі при обробці. Пристосування були розраховані на похибку установки, базування, точність.

В ході автоматизації виробництва було запропоновано об'єднати 4 - ри операції з ЧПК (3-ри токарні з ЧПК, 1-а свердлильна з ЧПК) які виконувались на верстатах Challenger LT-52 в одну – комплексну з ЧПК. Запропонований верстат MAXXTURN 65 – двухшпиндельний токарний ОЦ з ЧПК. Згідно розрахунку економічних розрахунків, такий крок виправданий, він несе за собою велику економію коштів на обладнання, ріжучий інструмент, часу на виготовлення деталі, виконання заданих конструктором вимог точності, класу шорсткості та допуску биття на поверхню.

При проведенні розрахунку деталі на міцність, було виявлено місце небезпечного перерізу – перехід від канавки на різь, знайдено критичне значення при якому деталь руйнується и значення при якому буде оптимальна робота.

Провели дослідження на тему «Підвищення експлуатаційних властивостей тонкостінних деталей типу тіл обертання за допомогою зміцнюючих методів обробки», згідно з якого можна виділити спосіб зміцнення тонкостінних деталей – ультразвукове зміцнення кульками. Цей метод не деформує деталь, використовується на деталях складної конфігурації, поверхневий шар більш щільний. Розглянули принцип роботи ультразвукової установки, з яких вузлів він складається, за яку роботу кожен вузол відповідає. Написали технологічну інструкцію до операції «Ультразвукове зміцнення кульками».

Розглянули основні фактори небезпеки на виробництві (додаток В), в тому числі небезпеки з ультразвукової установкою, вимоги до працівників які приступають до роботи з установкою, заходи по забезпеченню техніки безпеки (додаток Г), виробничої санітарії та гігієни праці (додаток Д), пожежної безпеки (додаток Ж) та безпеки у надзвичайних ситуаціях (додаток К).

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Формирование фазового состава, структуры и свойств функциональных ионно-плазменных покрытий для деталей широкого применения и инструмента. Петров Л.М.
2. Инструментальные стали и их термическая обработка. И. Артингер; Москва «МЕТАЛЛУРГИЯ» 1982
3. Основы технологии машиностроения» Учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей высших учебных заведений – Запорожье изд-во ОАО «Мотор Сич» - 2003.-336 с. Богуслаев В.А. Цыпак В.И. Яценко В.К.
4. Допуски и посадки: Справочник» под ред. Мягкова ВД., т.1-Л.: Машиностроение,1978-544с.,
5. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Технології машинобудування» (розділ – проектування технологічних процесів), для студентів напрямку 6.050502. Спеціальності «Металорізальні верстати та системи» усіх форм навчання, / Укл.: О.В. Алексеєнко. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. - 86с.
6. Обеспечение технологичности конструкции изделий. Общие требования. ГОСТ 14.201-83.
7. Обработка металлов резанием: Справочник технолога»/ Панов А.А., Аникин В.В., Бойм Н.Г. и др.. под. общ. ред. А.А. Панова – М. Машиностроение 1961-892с.
8. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. «Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении». Справочник технолога.-М.: Машиностроение, 1976.-288с., ил.
9. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник/В. И. Баранчиков, А. В. Жаринов, Н. Д. Юдина и др.; Под общ. ред. В. И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.: ил.

10. Стружестрах Е.И. «Справочник нормировщика машиностроителя», т II- М.:Машиностроение,1961.-892с.,
11. Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений: Учебное пособие для учащихся техникумов – 3-е изд., перераб. И доп. – М: Высш. Школа, 1980 – 240с., ил
- 12.Станочные приспособления. Монография В.А. Богуслаев, В.А. Лековицер, А.С. Смирнов г. Запорожье, изд ОАО «Мотор Сич», 2000 г – 461 с.
- 13.Вардашкина Б. Н. «Станочные приспособления» - Т1/ Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова, М: Машиностроение 1984.
- 14.Справочник технолога машиностроителя В 2-х т. С74 Т.2/под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещеркова – 4-е изд. Перераб. И доп. – М: Машиностроение, 1985. 496 с. ил.
- 15.Проектирование и расчет станочных и контрольно-измерительных приспособлений в курсовых и дипломных проектах: учеб. Пособие/ И.И. Аверьянов, А.Н. Болотеин, М.А. Прокофьев; - Рыбинск: РГАТА, 2010 – 220 с. ил.
16. Автоматизация производственных процессов в машиностроении Р.И. Силин, Хмельницкий 2004.
17. <https://stankoinkom.ru/emco-maxxturn65-tokarnyy-obrabatyvayuschiy-centr.html>
18. Основні принципи деформаційного зміцнення металів. Аналіз методів та пристроїв, які використовуються для пластичного поверхневого деформування – М.В. Марущак.
19. Одинцов Л. Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием: Справочник. – М. : Машиностроение, 1987. 328 с.
20. Выбор метода финишной обработки для повышения усталостной прочности деталей шатунно-поршневой группы ДВС. Бычков Н.В.,

- Кудашев А.В., Новосибирский государственный технический университет.
21. Инструкция ультразвуковой установки на ОАО «Мотор Сич».
 22. Марков А.И. Ультразвуковая обработка материалов/ А.И. Марков – М.: Машиностроение, 1989. – 237 с
 23. Ультразвуковое упрочнение деталей ГТД; 2011г М.К. Александров, Н.Д. Папшева, О.М. Акушская. Самарский государственный университет.
 24. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування і машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» і «Технологія будування авіаційних двигунів» / укл. В.К. Яценко, В.І. Ципак, Є.Я. Коренєвський та ін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2033. – 245 с.

ДОДАТОК А

Специфікація робочого пристосування

		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.						<u>Документация</u>		
		A2			НУЗП 293221.009	Складальне креслення		
Склад. №						<u>Детали</u>		
				1		Корпус	1	
				2		Опора	1	
				3		Планка	1	
				4		Призма	1	
				5		Прижим	1	
				6		Вісь	2	
				7		Планка	1	
				8		Шток	1	
				9		Втулка	1	
				10		Кришка	1	
				11		Пластина	1	
				12		Кришка	1	
				13		Шпонка	4	
				14		Кронштейн	1	
				15		Вісь	1	
				16		Пружина	2	
				17		Палець	1	
				18		Втулка	4	
				19		Кришка	2	
			20		Прокладка	1		
Падп. и дата					НУЗП 293221.009			
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Инв. № подл.	Разраб.	Добганж С.В.				Лист	Лист	Листов
	Проб.	Ганчар Н.В.					1	2
	Н.контр.	Козлова О.Б.				НУЗП М-119м		
	Утв.	Дядя С.І.						

Копіював

Формат А4

ДОДАТОК В

Аналіз небезпечних ситуацій

Під час технологічного процесу обробки деталі «Вісь» ймовірними є наступні потенційні небезпеки:

1. Механічні травми внаслідок організаційних причин, наприклад: травми та пошкодження шкіряного покриву при розвантаженні та завантаженні деталей, при установці її у пристосування на верстат, у тару, у мийну машину, а також при затиску деталей у пристосування, при налаштуванні різального інструменту.
2. Опіки можливі при дотику до поверхні ультразвукового концентратора після процесу зміцнення деталей, а також під час виконання слюсарної операції, внаслідок підвищеної втоми та погіршенню уваги.
3. Під час операції зміцнення деталей можливе травмування очей кульками ($\varnothing 1,6$ мм), що можуть вилетіти з незакритих щілин концентратора в процесі обробки. При виконанні інших операцій(токарно-револьверна, свердлильна, слюсарна) даного техпроцесу травми очей можуть бути завдані вилітаючою стружкою, бризками емульсії та інших рідин. Причиною травматизму в даному випадку є порушення вимог техпроцесу, робота без захисних окулярів або щитків для захисту обличчя, а також низька кваліфікація робітників.
4. Ураження електричним струмом, внаслідок несправності електрообладнання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм та летальних випадків.
5. Довготривалий дискомфорт під час виконання слюсарної операції, магнітного контролю в одноманітній позі сприяє передчасному розвитку загального втомлення, зниження працездатності, а при систематичній безперервній роботі призводить до захворювань нервової системи.

6. Повтор одноманітних рухів при виконанні операції промивки пов'язані з багаторазовим скороченням м'язів та є причиною захворювань кистей та рук (запалення та набряку), та зап'ястку, набрякання та оніміння пальців(монотонність виконуваної роботи «в позі стоячи») призводить до погіршення уваги та передчасного стомлення, захворювань опорно-рухового апарату.
7. Недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць у зв'язку з несправністю, або хибного вибору освітлювальних приладів, їх неправильного розташування чи недостатньої кількості, що може призвести до погіршення зору.
8. При роботі ультразвукової установки, ультразвук впливає на нервову систему працюючих та викликає депресивні відчуття, а в окремих випадках відчуття паніки, що є причиною неадекватних дій.
9. Підвищений рівень шуму при виконанні токарної та фрезерної операцій з ЧПК, слюсарної та операції маркування призводить до роздратованості збільшення помилок, в окремих випадках погіршення слуху та загальної втомлюваності. Підвищений рівень вібрації при виконанні операції маркування вібрографом (віброкарандаш) може призвести до віброхвороби рук.
10. При транспортуванні деталей між операціями може використовуватись невідповідна тара, що призведе до руйнування поверхні заготовки та травмування осіб що їх транспортують. При цьому суттєві навантаження здійснюються на опорно-руховий апарат при підйманні та переміщенні тари, що може призвести до розвинення таких хвороб як радикуліт, грижа, пошкодження зв'язок рук та ніг. При виготовленні деталей більша частина навантаження припадає на зап'ясток правої руки, що також призводить до больового синдрому та зниження чутливості руки.

11. Вірогідність загоряння, у зв'язку з несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом (робітниками) що призводить до пожежі.

12. Неправильні дії робітників в умовах надзвичайної ситуації можуть призвести до руйнації, паніки, та загибелі людей.

ДОДАТОК Г

Заходи по забезпеченню техніки безпеки

З метою попередження травматизму на механічній дільниці, при розробці ТП враховуються вимоги нормативно-правових актів та стандартів України.

До роботи допускаються особи, що пройшли навчання, згідно НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці»[Г1].

До роботи допускаються: особи не молодше 18 років, які пройшли:

- вступний та первинний інструктаж з охорони праці;
- навчання та перевірка знань з охорони праці;
- стажування на робочому місці від 2-х до 15-ти робочих змін, під керівництвом досвідченого наставника та допущені до самостійної роботи наказом по цеху з записом в журналі реєстрації інструктажів.

Для робітників повторний інструктаж з охорони праці проводиться не рідше одного разу в 3 місяці з наступною перевіркою знань та допуском до роботи безпосереднім або вищим керівництвом, що вважається роботою з підвищення рівня безпеки на виробництві [Г1].

Позаплановий інструктаж з охорони праці проводиться при зміні умов праці на робочому місці, травмуванні, порушенні робітником вимог інструкції.

Періодичне навчання та перевірка знань з питань охорони праці проводиться один раз в 12 місяців.

З метою контролю самопочуття робітників передбачений обов'язковий плановий огляд не рідше ніж раз у рік [Г1].

Також обов'язковим є проходження медичного огляду один раз на два роки, а для окремих категорій робітників і один раз на рік, за рахунок роботодавця відповідно Наказ міністерства охорони здоров'я України від

21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій» [Г2].

Небезпека ураження електричним струмом при використанні верстатів, приладів з'являється при недотриманні заходів безпеки, а також при відмові або несправності цього обладнання. Наслідки ураження електричним струмом залежать від багатьох факторів: опору організму, величини, тривалості дії, роду і частоти струму, шляхів його проходження через життєво важливі органи, умов зовнішнього середовища.

Відповідно до вимог ПУЕ-2014» «Правила улаштування електроустановок» в електроустановці передбачені такі системи засобів [Г3]:

- захисне заземлення ізоляції токопровідних частин,
- захисне відключення, напруга (до 42 В) для переносного освітлення і роботи електроінструменту,
- повна недоступність працівників до неізольованих проводів.

В ТБ передбачені також заходи з електробезпеки відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения» [Г4] ПК має подвійну ізоляцію:

- робочу – електрична ізоляція струмоведучих частин електроустановки, що забезпечує її нормативну роботу та захист від ураження електричним струмом;
- додаткову ізоляцію – для захисту від ураження електричним струмом на випадок пошкодження робочої ізоляції. Згідно з ГОСТом 12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» [Г5] електричне устаткування за засобом захисту людини від ураження електричним струмом, належить до I класу, оскільки має подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та провід для поєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом, опір якого не перевищує 4 Ом, з максимально допустимою напругою до 1000 В. згідно вимог глави 1.7 «ПУЕ».

При роботі на ультразвуковій установці передбачені додаткові заходи безпеки, що відповідають вимогам інструкції з охорони праці НАОП 1.4.32-2.01-82 (ОСТ 11 090.028-82) „Інструкція з охорони праці. Порядок розроблення, оформлення та користування” [Г6].

З метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втоми, передбачені перерви у роботі – 15 хвилин кожні дві години, а також спеціально обладнане приміщення – кімната відпочинку [Г6].

Згідно вимог інструкції до експлуатації ультразвукової установки(НАОП 1.4.32-6.12-89 (РД 25 224-89) „Порядок внесення вимог безпеки праці в технологічні документи”), передбачається [Г7]:

- одягти спецодяг, застібнути усі гудзики, впевнитись в його придатності до роботи. Одяг має розвиватись на кінцях. Взуття має щільно триматись на ногах. Забороняється працювати в легкому взутті (капцях, сандалях, босоніжках) [Г7];
- ознайомитись з поломками та недоліками що мали місце на минулій зміні, для вжиття заходів що до їх усунення [Г7];
- перевірити заземлення корпусу установки;
- перевірити справність ізоляції по всій довжині кабелю електропостачання установки [Г7];
- перевірити наявність захисного діелектричного килимка на підлозі перед установкою [Г7];
- при виявленні несправності установки, сповістити майстра; до усунення несправностей до роботи не приступати. Усувати самостійно будь-які несправності механізмів та електроустаткування забороняється [Г7];
- при роботі установки має бути повністю виключений контакт рук з робочою рідиною та оброблюваною деталлю [Г7];
- при дотику до оброблюваних деталей та рідини використовувати бавовняні або гумові рукавиці чи гумові з бавовняною підкладкою.

- під час роботи не допускати змочування внутрішньої поверхні бавовняних рукавиць [Г7];
- працювати на установці при закритій шторці технологічного блоку та в протишумних навушниках. Під час роботи установки знаходитись на робочому місці, стояти на діелектричному захисному килимку. Не загороджувати робоче місце [Г7];
- бути уважним під час роботи, не відволікатись на сторонні розмови, не відволікати інших. Не допускати на своє робоче місце осіб, котрі не мають відношення до дорученої роботи; [Г7]
- при виявленні недоліків на робочому місці, несправностей в роботі інструмента, виявлених небезпечних шкідливих виробничих факторів, які можуть призвести до аварій або нещасного випадку, необхідно сповістити безпосередньому керівнику (майстру) та без його вказівки до роботи не приступати. Усувати будь-які несправності самому забороняється [Г7];
- пролитий на підлогу керосин, масло та інші рідини витерти.

Враховуючи, що ультразвукова установка особливо небезпечно впливає на нервову систему людини, установка розміщується в окремому приміщенні відповідно до вимог ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення» [Г8].

Беручи до уваги, що ультразвук впливає на людину на відстані 20-25 метрів, то площа робочого приміщення має перевищувати дану величину [Г9].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ Г

Г1. НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці».

Г2. Наказ міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій».

Г3. ПУЕ-2014» «Правила улаштування електроустановок».

Г4. ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения».

Г5. ГОСТ 12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности».

Г6. НАОП 1.4.32-2.01-82 (ОСТ 11 090.028-82) „Інструкція з охорони праці. Порядок розроблення, оформлення та користування”.

Г7. НАОП 1.4.32-6.12-89 (РД 25 224-89) „Порядок внесення вимог безпеки праці в технологічні документи”.

Г8. ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення».

Г9. ГОСТ 12.1.001-89 «ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности»

ДОДАТОК Д

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.

Для попередження загальних захворювань передбачено виконання рекомендацій щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці згідно вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», зареєстрованих у МЮ України 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»).

Недотримання мікроклімату, у зв'язку з відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальної системи, можуть викликати загальні захворювання [Д3].

Підвищена швидкість переміщення повітря в холодний період року може призвести до захворювань, наприклад: грип, ОРВІ, запалення суглобів, м'язів шийного відділу, захворювань очей, тощо [Д3].

В теплий період року підвищення температури в умовах неправильно зорієнтованих повітряних потоків може викликати роздратованість, перегрів, підвищення тиску, тощо [Д3].

Тому відповідно до вимог ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» у цеху (середня важкість Па) передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року від 18° до 20°С; відносна вологість 40%-60%; швидкість переміщення повітря - 0,2 м/с [Д1] [Д2];
- у теплий період року від 21° до 23°; відносна вологість 40%-60%; швидкість переміщення повітря - 0,2 м/с [Д1] [Д2].

Згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» у технологічному бюро встановлені кондиціонери, а для цеху – штучну вентиляцію. Оскільки в ТБ окрім людей знаходиться працююча техніка, в

літній період необхідне охолодження повітря. В перехідний період підключення опалення, кондиціонери встановлюють на режим опалення. Штучна вентиляція в цеху необхідна для видалення надлишкового тепла [Д4].

Згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» до робочих місць висуваються такі вимоги, як: площа приміщень технологічного бюро, кабінет механіка і т.д. визначається з розрахунку на одного працівника 4 м², 6 м² для кімнат з обчислювальною технікою та відеодисплейними терміналами [Д5].

Освітлення виробничих приміщень відіграє найважливішу роль у забезпеченні збереження працездатності та здоров'я працівників, що постійно працюють в умовах напруження органу зору. Згідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5% [Д6].

Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Норма освітленості на робочий поверхні становить 200-300 лк. Як джерела штучного освітлення в конструкторському бюро та робочих кімнатах використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ, ЛД, які встановлені у світильники типу ЛПО. Для забезпечення нормованого освітленні на дільниці механічного цеху застосовуються світильники типу РСП, з газорозрядними лампами типу ДРЛ. Лампи мають високу ефективність, економічні, надійні, строк експлуатації понад 8000-14000 годин [Д6].

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення відповідають вимогам ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою: використання більш сучасного обладнання; розташування обладнання, що створює рівень шуму, більший за нормативно допустимий (понад 80дБа), на значній відстані від більшості робочих місць працівників, враховано що

допустимий рівень не перевищує 110Дб, вимірювання і контроль значення якого проводиться на рівні голови людини на відстані 5 см від вуха [Д7].

Згідно вимог до санітарно-побутових приміщень (згідно ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення» призначаємо площу: гардеробної – 0,9 м² на одного працівника; душової – 2,0 м² на одну душову сітку; умивальників – 1,0 м² на один кран; туалетів – 2,5 м² на один унітаз і 1,0 м² на один пісуар [Д8].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ Д

Д1. ГОСТ 12.1.005-88. «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Д2. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату”

Д3. Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», зареєстрованих у МЮ України 06.05.2014 р. за № 472/25249.

Д4. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Д5. ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».

Д6. ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення».

Д7. ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Д8. ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення».

ДОДАТОК Ж

Заходи з пожежної безпеки

Горінням називається складний фізико–хімічний процес взаємодії горючої речовини та окиснювача, який супроводжується виділенням тепла та випромінюванням світла.

Горюча речовина і окиснювач, за певних умов, утворюють горюче (вибухонебезпечне) середовище. Залежно від агрегатного стану та ступеня подрібненості речовин, горюче середовище може утворюватися твердими речовинами, легкозаймистими, та горючими рідинами горючим пилом та горючими газами за наявності окиснювача. Процес горіння призводить до пожежі [Ж1].

Пожежа – неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі і просторі. Для ліквідації пожежі у початковій стадії їх розвитку силами персоналу об'єктів застосовуються первинні засоби пожежогасіння. До них відносяться: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати, лом, сокири тощо), системи автоматичного пожежогасіння. Первинні засоби пожежогасіння, в залежності від категорії приміщень, можуть розташовуватись як окремо, так і в складі пожежних щитів [Ж1].

Заходи з пожежної безпеки для приміщення технологічного бюро обладнаного ПК з ВДТ розроблено відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» [Ж2].

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин й матеріалів пожежі згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» [Ж3] приміщення відноситься до класу можливої пожежі класів – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (пожежі, пов'язані горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В.)

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою, який регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» [Ж4] та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» механічна дільниця відповідає категорії «Д» з пожежної безпеки – наявність незаймистих речовин і матеріали в холодному стані [Ж5].

Відповідно до категорії виробництва з пожежної безпеки і вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», ступінь вогнестійкості приміщення дослідницької лабораторії – II [Ж6].

Згідно ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», на випадок пожежі передбачені два шляхи евакуації працівників із адміністративних приміщень та два евакуаційних виходи з механічної дільниці [Ж6]. Максимальне видалення від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу, згідно п.2.29 СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» становить 70 метрів [Ж5].

Приміщення технологічного бюро, в якому розташовуються ПК, МФУ, належить до пожежонебезпечної зони, класу П-Ша, тому передбачений мінімальний ступінь захисту ізоляції обладнання IP44 [Ж6].

Згідно вимог «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 приміщення оснащено переносними вуглекислотними вогнегасниками ВВК-3 з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м² площі приміщення з урахуванням гранично допустимих концентрацій вогнегасної рідини. Доцільність використання даного вогнегасника пояснюються його властивостями. Вогнегасник призначений для гасіння загорання різних речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря, загорання електроустановок, що знаходяться під напругою, загорання в приміщеннях при наявності оргтехніки. Головною особливістю вуглекислотних вогнегасників є відсутність слідів гасіння так як вуглекислота

після використання не залишає слідів і бруду [Ж7].

Для механічних цехів та адміністративних приміщень передбачено використання сповіщувачів пожежі, приміщення буде обладнане адресованим автоматичним сповіщувачем ДПП-1, який буде реагувати на дим. Своєчасне виявлення ознак займання й виклик пожежних підрозділів дає змогу швидко локалізувати осередки пожежі та вжити заходи щодо її ліквідації, а отже, створює можливість суттєво зменшити обсяги заподіяної шкоди. Адресований сповіщувач постійно або періодично активно формує сигнал про стан пожежонебезпечності у захищуваному приміщенні та про власну працездатність із зазначенням свого номера (адреси). Автоматичні пожежні сповіщувачі реагують на фактори, що супроводжують пожежу: підвищення температури, дим, полум'я [Ж7].

Враховуючи пожежну небезпеку в приміщеннях та на ділянці також передбачено систему автоматичного пожежогасіння та первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники типу ВВК-3) [Ж7].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ Ж

Ж1. Методичні вказівки до лабораторного заняття « Дослідження вогнегасних властивостей первинних засобів пожежогасіння, визначення їх типів та розрахунок кількості» з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» для студентів усіх спеціальностей та усіх форм навчання / Укл. А.С. Петрищев, С.М. Журавель – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017 – 26с.

Ж2. НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Ж3. ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)».

Ж4. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою».

Ж5. СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания».

Ж6. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги».

Ж7. «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МІОУ 23.02.2018 р. за № 225/31677.

ДОДАТОК К

Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Даючи оцінку надійності захисту виробничого персоналу, необхідно враховувати, що майже усі фактори ураження від ядерного вибуху можуть стати причиною втрати працездатності та навіть смерті людини. Найбільш ефективним засобом захисту персоналу та членів їх сімей є укриття в захисних спорудах при витриманих наступних вимогах: загальні місткість захисних споруд дає можливість захистити всіх працівників; захисні споруди відповідають усім вимогам захисту від всіх факторів ураження ОМП; також ці споруди мають бути обладнані системами життєзабезпечення на необхідний проміжок часу перебування в них [К1].

Розміщення захисних споруд відповідно робочих місць дає змогу своєчасно сховатись в них по сигналу «Повітряна тривога», працівники своєчасно сповіщаються та навчені способом захисту та правильним діям за сигналами ПО. Крім того при використанні захисних споруд у мирний час, в господарчих цілях, важливою є умова своєчасної їх підготовки до прийому людей [К1].

В якості показника надійності захисту робітників об'єкту з використанням інженерних споруд можна прийняти «Коефіцієнт надійності захисту» який вказує на ту частину працівників та членів їх сімей, що буде забезпечено надійним захистом при очікуваних максимальних параметрах факторів враження ядерного вибуху [К1].

Коефіцієнт надійності захисту визначається на основі окремих показників, що характеризують підготовленість об'єкта до вирішення задач захисту виробників та їх родин на об'єктах народного господарства задачі захисту вирішуються в залежності від кількісного складу робітників та їх родин. Загальні та окремі показники захисту персоналу дають змогу виявити слабкі місця у вирішення задач захисту персоналу, та визначити конкретні міри що сприятимуть підвищенню надійності захисту [К1].

Оцінка надійності захисту проводиться по наступних показниках:

1. оцінюється інженерний захист робітників об'єкта (визначає, яка частина персоналу працюючої зміни зможе своєчасно сховатись в захисних спорудах.) [K1];
2. вивчається система оповіщення та оцінюється можливість своєчасного доведення сигналу «Повітряна тривога» до робітників [K1];
3. визначається навченість виробничого персоналу способом захисту від зброї масового ураження та правилам дій за сигналом «Повітряна тривога» [K1];
4. визначається готовність споруд та укриттів до прийому робітників: (для цього визначається час, за який укриття що використовується в мирний час можуть буду підготовлені до прийому персоналу, створення запасів провізії та перевірка систем життєзабезпечення споруди) [K1];
5. підбиваються та аналізуються загальні результати досліджень надійності захисту. На основі окремих показників визначаються слабкі місця в підготовці об'єкта та прораховуються методи найефективнішого підвищення рівня захисту персоналу [K1];
6. якщо місткість захисної споруди недостатня для укриття робочої зміни, то вивчається можливість будівництва інших споруд, а також визначається всі підвальні та інші споруди, що підлягають переобладнанню. При цьому визначається рівень підлоги відносно найвищого рівня ґрунтових вод, визначається необхідність укріплення даних споруд, та можливості їх раціонального використання. Також, являються гірничі виробки, шахти та інші заглиблення, що розташовані на території, прилеглих до об'єкта. Вивчається та оцінюється можливість їх використання для захисту робітників. В заміській зоні, закріпленій за об'єктом виявляються всі льохи, підвали, житлові споруди, овочесховища та інші споруди, що можуть бути переобладнанні. Оцінюється їх місткість, захисні властивості, визначається об'єм робіт, кількість робочої сили та необхідні матеріали

для переобладнання. Якщо їх кількість недостатня, оцінюється можливість додаткового будівництва [К1];

7. виявляються місця та умови зберігання отруйних речовин, що можуть стати джерелом вторинного зараження. Оцінюються можливі розміри осередку зараження, а також сили та засоби щодо його можливого знешкодження [К1];
8. оцінюється забезпеченість виробничого персоналу засобами індивідуального захисту, їх кількість, технічний стан, умови зберігання, можливість ремонту, час на їх видачу, а також наявність та умови зберігання засобів знезараження [К1];
9. перевіряється наявність та оцінюється реальність плану розділення працівників та евакуації членів їх сімей [К1].

Вищевказані дані аналізуються та робляться висновки щодо надійності захисту об'єктів виробництва. В висновках вказуються:

- надійність захисту робітників та їх сімей [К1];
- необхідність підвищення захисних властивостей об'єкта та доцільні міри щодо забезпечення необхідного рівня захисту [К1];
- приміщення, що доцільно переобладнати під захисні споруди, об'єм робіт потрібних для цього [К1];
- кількість та тип споруд, що мають бути збудовані [К1];
- заходи надійного захисту чергового персоналу, будівництво недостаючих споруд для нього [К1];
- заходи, щодо повного забезпечення виробничого персоналу необхідною кількістю засобів індивідуального захисту та скорочення часу на їх видачу [К1];
- заходи, щодо покращення умов зберігання, профілактики та ремонту засобів захисту [К1];
- заходи, щодо забезпечення роботи об'єкта в умовах радіаційного та хімічного зараження [К1].

На основі даних висновків складається план підвищення надійності захисту виробничого персоналу та членів їх сімей.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ К

К1. Шоботов В.М. Цивільна оборона: навчальний посібник вид. 2-ге, перероб. Київ: Центр навчальної літератури, 2006. 438 с.