

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНА РОБОТА

Технологія виготовлення деталі " Вісь ПО 04-28-18 "
Назва теми

з використанням верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механіка інженерія
Шифр галузі знань

Спеціальність 131 прикладна механіка
Шифр спеціальності

Освітня програма «технології машинобудування»
Назва

Шифр ДРБ.ФІТА.ПМ.23.11.ПЗ

Виконав студент 3 курсу група ПМГе-20-2
Шифр

Керівник канд. техн. наук, доцент
Науковий ступінь, звання

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри технології машинобудування
Назва

Дата «26» 06 2023



Максим КИРИЛИШИН
Ім'я, прізвище



Віталій КАРАЗЕЙ
Ім'я, прізвище



Сергій БИСЬ
Ім'я, прізвище



Віталій ТКАЧУК
Ім'я, прізвище

Хмельницький 2023

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Кирилшин Максим Миколайович на захист дипломного проєкту (роботи)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

на тему: Технологія виготовлення деталі "Вісь ПД 04-25-18" з використанням верстата з ЧПК

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

Декан факультету

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Кирилшин М. М. за період навчання на факультеті інженера, транспорту та архітектури з 2020 по 2023 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 25,00 %, добре 50,00 %, задовільно 25,00 % шкалою ЄКТС: А 24,32 %, В 32,43 %, С 18,92 %, D 10,81 %, E 13,51 %

Методист факультету

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Кирилшин М. за період дипломного проєктування проявив себе з позитивним ентузіазмом, показав гарні теоретичні знання та великий виконавський практичний інтерес до задачі.

Оцінка дипломного проєкту (роботи)

добре

Керівник дипломного проєкту

Мирош

Карачун В.П.

24. серпня 2023 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (робота) розглянуто. Студент Кирилшин М. М. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії

Завідувач кафедри

Технології машинобудування

Проф. Жагур В.П.

24. серпня 2023 р.

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

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

Назва: «Технологія виготовлення деталі «Вісь ПО 04-28-18» з використанням верстатів з ЧПК»

Автор: ст. гр. ПМТс-20-2 Кирилівни М.М.
Освітня програма: Технології машинобудування
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Науковий керівник: доц. Каразей В.Д.

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	+
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи (далі – зазначаються деталі та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	-
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	-
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	-
5	Інше: Збігання з одним документом 33%, сумарне збігання за базою даних символів (40%) і лексем (45%), а також помилок (10%) в допустимих межах.	+

Підтвердження: Наявності плагіату в кваліфікаційній роботі не виявлено. Робота приймається до захисту.

Дата _____ Завідувач кафедри  /доц. Ткачук В.П./
Підпис

Гарант ОП  /доц. Каразей В.Д./
Підпис

Керівник КРБ  /доц. Каразей В.Д./
Підпис

РЕЦЕНЗІЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ)

Дипломник Кирилів Максим Миколайович
Тема Технологія виготовлення деталі "Вісь ПО 04-28-18" з використанням верстатів з ЧПК

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

Обсяг дипломного проекту (роботи)

Кількість листів креслень _____; кількість сторінок _____
записки _____

1. Короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень.
Вступ, Загальний розділ, Технологічний розділ, Конструкторський розділ, Охорона праці

Розроблено технологічний процес механічного оброблення деталі з використанням сучасного різального інструменту та обладнання

2. Висновок про відповідність проекту (роботи) дипломному завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу проекту (роботи), ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи:

4. Позитивні сторони проекту (роботи) Застосування сучасних стандартів ISO 9019 ISO EN

5. Негативні сторони проекту (роботи) Відсутність ескізних карт

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки проекту (роботи) незадовільна

7. Відгук про проект (роботу) в цілому незадовільний

8. Інші зауваження _____

9. Оцінка проекту (роботи) добре

РЕЦЕНЗЕНТ Басурін Віктор Вікторович, к.т.н., доц., е.в.н.
Проживає, м. Х., по батькові, пошад, місце роботи
каф. архітектури та інженерування

«15» червня 202 р.

[Підпис]
ПІДПИС

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	5
1.1 Аналіз об'єкта виробництва	5
1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі	5
1.3 Вибір типу виробництва та організаційної форми	8
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	10
2.1 Аналіз існуючого технологічного процесу	13
2.2 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки	13
2.3 Вибір технологічних баз	15
2.4 Вибір технологічного маршруту обробки деталі	19
2.5 Розроблення технологічних операцій	19
2.6 Розрахунок припусків на механічну обробку	24
2.6.1 Аналітичний розрахунок припусків	28
2.6.2 Табличний розрахунок припусків	30
2.7 Призначення режимів різання	33
2.7.1 Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій	33
2.8 Визначення рівня механізації технологічного процесу	37
2.9 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК	39
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	39
3.1 Проектування верстатного пристрою для закріплення деталі при свердлуванні отворів $\varnothing 5^{+0,12}$.	44
3.1.1 Вибір схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої	48
3.1.2 Розрахунок схеми затискування деталі	48
3.1.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність	48
3.1.4 Розрахунок елементів пристрою на точність	48
3.1.5 Розробка технічних умов на пристрій, компонування і опис його роботи	48
3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою	48

3.2.1 Технічні умови і вимоги креслення, що підлягають контролю	48
3.2.2 Розрахунок пристрою на точність	48
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	
4.1. Поняття промислового шуму	48
4.2. Розрахунок рівня шуму у приміщенні	48
ВИСНОВКИ	18
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	18
ДОДАТКИ	18

ВСТУП

В теперішній складний час провідну роль у забезпеченні виживання економіки країни відіграє промисловість. Машинобудівне виробництво України це фундамент науково-технічного, економічного, а також соціального прогресу. Машинобудування України є фундаментом економічного потенціалу країни. Стан соціально-економічного розвитку України багато в чому залежать саме від рівня ефективності підприємств цієї галузі.

З метою підвищення ефективності машинобудівних підприємств доцільно впроваджувати такі заходи:

- підтримка створення інноваційно - виробничих кластерів та інтелектуальноінноваційних центрів;
- включення машинобудівної галузі України в глобальні технологічні ланцюги світової економіки;
- впровадження механізмів державного замовлення на продукцію машинобудування;
- створення державної підтримки розвитку підприємств машинобудівної галузі;
- переорієнтація виробництва на виготовлення конкурентоспроможної продукції;
- впровадження сучасних прогресивних технологій;
- формування ефективної функціональної структури організації підприємств;
- використання економічно ефективних важелів впливу на керування машинобудівним комплексом в умовах нестабільних суспільних процесів;
- вдосконалення територіальної організації машинобудівного комплексу;
- субсидіювання відсоткових ставок за кредитами, отриманими задля технічного переоснащення підприємства.

Завдання дипломної роботи - це проектування технологічного процесу механічного оброблення деталі з метою залучення сучасних технологій.

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз об'єкта виробництва

Об'єкт виробництва – вісь ПО 04-28-18 – є складовою частиною механізму запирання термопластавтомата для виготовлення деталей – шприців, зусилля запирання якого 1600 кН.

Термопластавтомат призначений для виготовлення деталей методом литва під тиском із полімерних матеріалів: поліетилену і поліпропілену. Термопластавтомат забезпечує виготовлення деталей в автоматичному режимі, видалення готових виробів із зони литва, відділення і видалення їх з пресформ.

В термопластавтоматі передбачено:

Два пристрої термостатування інструменту автономно для рухомої і нерухомої напівформ. Пристрої виконані на колесах з можливістю встановлення в зручному для споживачів місці.

Пристрій для дозування і змішування добавки для ковзання при виготовленні деталей.

Термопластавтомат виконано в горизонтальній компоновці. Осі механізму запирання та вприску розташовані в одну лінію. Електрообладнання розташоване в окремій шафі і забезпечує управління гідроприводом термопластавтомата. Є можливість підключення пристрою для термопластування інструменту і гарячеканальної форми на дві зони.

Електропроводка на термопластавтоматі здійснюється в герметичних коробах. Гідропривід термопластавтомата встановлено на кришці бака і змонтовано всередині станини. Підвід робочої рідини до підвішених частин термопластавтомата здійснюється за допомогою бункерів.

Механізм запирання і впорскування з циліндром пластикації закриті огорожами, виконаними у вигляді рухомих дверей із смотровими вікнами.

Технічна характеристика термопластавтомата наведена в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика машини

№ з/п	Найменування параметрів	Дані
1	Найбільше зусилля запирання інструмента, МН: , не менше	175
2	Найбільший хід рухомої плити при найбільшій висоті інструмента, мм не більше	400
3	Висота встановлюваного інструменту, мм найменша найбільша	400 200
4	Відстань між колонами в світлі механізму запирання, мм горизонтальна вертикальна	500 400
5	Найбільше зусилля гідровиштовхувача, кн., (т.с.), не менше	35 (3,5)
6	Найбільший об'єм впорскування на цикл за цикл, см ³ , не менше	300
7	Найбільший тиск литва на зливів з циліндрів впорскування при наборі дози, МПа для виконання I II	210 150
8	Діаметр пластифікуючого шнека, мм для виконання I II	40 ^{-0,1} _{-0,15} 50 ^{-0,1} _{-0,15}
9	Число сухих циклів, хв-1, не менше	35
10	Об'ємна швидкість впорскування, см ³ /с, не менше	

	для виконання	
	I	135
	II	185
11	Габаритні розміри, мм, не більше: довжина; ширина; висота; висота з вакуумзавантажувачем	4500±50 1260±40 1950±50 -
12	Вага, кг	5200±100

Механізм запирання призначений для встановлення рухомостей і нерухомостей напівформ інструмента, відкриття і закриття інструмента із заданим зусиллям. Механізм запирання – важільний, гідромеханічний, із симетричною системою дублювання ланок і приводом від гідроциліндра запирання, який розміщений співвісно з механізмом запирання.

Вузли „механізм запирання” і „механізм впорскування” встановлено на станині, яка виставлена на фундаменті за допомогою віджимних болтів і закріплюється фундаментними болтами. В станині виконано проїм для транспортера. Механізм запирання складається з нерухомої та малорухомої плит, пов’язаних між собою чотирма колонами і рухомої плити, що рухається по колонам по напрямним втулкам. Колони закріплені в нерухомій плиті за допомогою гайок і фланців.

Переміщення рухомої плити здійснюється гідроциліндром запирання, шток якого закріплений в хрестовині через важільну систему. яка складається із трьох важелів, що з’єднані з хрестовиною. з рухомою і нерухомою плитами, а також між собою за допомогою 5 осей. В важелі і малорухомої плити запресовані загартовані втулки, які сприймають високі питомі тиски, що виникають при випрямлянні важелів в процесі запирання. Змащення втулок здійснюється рідким мастилом, що поступає від централізованої системи змащування. об’єктом виробництва є вісі, які з’єднують важільну систему.

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Деталь вісь ПО 04-28-18 виготовлено із легованої сталі 40Х ДСТУ 7806:2015. Леговані сталі широко використовують для виготовлення великої номенклатури деталей. Завдяки своєму складу сталь 40Х допускає застосування високопродуктивних методів обробки, оптимальних режимів різання, має високі якості після термічної обробки на вторинну твердість.

Хімічний склад і фізико-механічні властивості сталі 40Х наведені в таблицях 1.2 і 1.3.

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 40Х ДСТУ 7806:2015

Марка	R_{eH}	R_m	A ,	α ,	Відносне звуження, Z %	Твердість НВ, не менше
	МПа		%	$\frac{кгс \cdot м}{см^2}$		
40Х	80	100	10	7	45	217

Таблиця 1.3 – Хімічний склад сталі 40Х ДСТУ 7806:2015

C	Si	Mn	Cr	P	S
				Не більше	
0,36-0,44	0,17-0,37	0,50-0,80	0,80-1,1	0,035	0,035

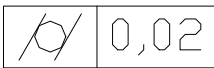
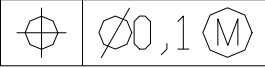
Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015 за своїм хімічним складом і фізико-механічними властивостями підходить для виготовлення деталі і повністю задовольняє всі вимоги, вказані на кресленні, тому марку сталі немає необхідності замінювати іншою.

На кресленнику деталі позначені відхилення від циліндричності зовнішньої поверхні $\varnothing 65f7$ на довжину деталі в межах 0,02 мкм та позиційне відхилення $\varnothing 4,5$ мм не більше, чим на 0,1 мкм. Відхилення від циліндричності зовнішньої поверхні $\varnothing 65f7$ на довжину деталі в допустимих межах отримується обробкою деталі на токарно-гвинторізному верстаті моделі 1К62 з використанням

полірувального круга і центрів; контроль виконується за допомогою спеціального контрольного пристрою.

Позиційне відхилення $\varnothing 4,5$ мм не більше, чим на 0,1 мкм в допустимих межах отримується обробкою деталі на радіально-свердлильному верстаті 2М55, базуючи деталь в УСП і контролюючи за допомогою спеціального пристрою.

Таблиця 1.4 – Аналіз технічних умов на виготовлення деталі

Технічні умови на поверхню	Кінцева операція	Модель верстата і інструмент	Пристрій для базування	Пристрій для контролю
Відхилення від циліндричності 	Полірувальна	1К62, полірувальний круг	Центри, трикулачко вий патрон	Спеціальн ий контрольн ий пристрій
Позиційне відхилення $\varnothing 4,5$ мм 	Свердлування	2М55, свердло шнекове	УСП	Шаблон

Деталь – вісь – виготовлено із легованої сталі 40Х і проходить термічну обробку, що має велике значення у відношенні до короблення, яке можливе при нагріванні та охолодженні деталі, але конструктивно все виконано правильно, деталь достатньо жорстка, тому зміни в конструкцію деталі вносити не потрібно.

На робочому кресленіку деталі приведені всі необхідні перерізи та види, які дають повне уявлення про її конструкцію, вказані всі необхідні розміри. На точних поверхнях проставлені показники шорсткості, ув'язані з точністю виготовлення поверхонь та допустимі відхилення форм і взаємного розміщення поверхонь.

В технічних умовах вказано матеріал, з якого виготовляється деталь, його твердість, що дає можливість призначити термічну обробку. на креслені приведені місце маркування деталі, її вага, масштаб, в якому виготовлено креслення.

Конструкція деталі така, що дає можливість використання високопродуктивних методів обробки з використанням твердосплавного інструменту без підвищення режимів різання. Нетехнологічним є глибокий отвір, обробка якого вимагає проектування спеціального ріжучого інструменту і знижує межу міцності деталі.

Вказані на кресленні розміри з допусками і шорсткістю поверхонь, що обробляються, зв'язані між собою методами обробки цих поверхонь і додаткових методів обробки не потребують. На операціях механічної обробки використовують такі верстати, які дозволяють отримувати ув'язані між собою допустимі відхилення розмірів, ступінь шорсткості і просторові відхилення по геометричній формі і взаємному розташуванню поверхонь. У введенні штучних баз при обробці деталі немає потреби. В основному заготовка базується по зовнішній поверхні і торцям.

1.3 Визначення типу і організаційної форми виробництва

Коефіцієнт закріплення операцій для всіх різновидів серійного виробництва визначається за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum P_i}{\sum P_i},$$

де $\sum P_i$ - сумарне число різних операцій, які виконуються протягом одного місяця по дільниці з розрахунку одного змінного майстра, шт;

$\sum P_i$ - явне число робочих місць, які виконують різні операції при роботі в одну зміну, шт.

Визначаємо умовну кількість однотипних операцій, які виконуються на одному верстаті протягом одного місяця при роботі в одну зміну за формулою:

$$P_i = \frac{\eta_n}{\eta_z},$$

де η_n - запланований нормативний коефіцієнт завантаження верстата всіма закріпленими за ним однотипними операціями, $\eta_n = 0,9$;

η_3 - коефіцієнт завантаження верстата заданою операцією, який визначається із формули:

$$\eta_3 = \frac{N_m \cdot T_{шт.к.}}{60 \cdot F_m \cdot \kappa_6},$$

де N_m - місячна програма випуску заданої деталі при роботі в одну зміну, шт, яка визначається за формулою:

$$N_m = \frac{N_p}{24},$$

де N_p - річний об'єм випуску заданої деталі, $N = 1000$ шт.;

$T_{шт.к.}$ - штучно – калькуляційний час, необхідний для виконання операції, хв;

F_m - місячний фонд робочого часу обладнання в одну зміну;

κ_6 - коефіцієнт виконання норм, $\kappa_6 = 1,3$.

місячний фонд робочого часу визначається за формулою:

$$F_m = \frac{F_p}{2 \cdot 12},$$

де F_p - річний фонд часу роботи обладнання, $F_p = 4055$ год.

$$F_m = \frac{4055}{2 \cdot 12} = 169 \text{ год};$$

$$N_m = \frac{1000}{24} = 42 \text{ шт};$$

$$\eta_3 = \frac{T_{\text{шт.к.}}}{60 \cdot 169 \cdot 1,3} = \frac{T_{\text{шт.к.}}}{314};$$

$$П_i = \frac{314 \cdot \eta_H}{T_{\text{шт.к.}}} = \frac{283}{T_{\text{шт.к.}}}.$$

Згідно заводського технологічного процесу $T_{\text{шт.к.1}} = 3,6 \text{ хв}$;
 $T_{\text{шт.к.2}} = 16,67 \text{ хв}$; $T_{\text{шт.к.3}} = 14 \text{ хв}$; $T_{\text{шт.к.4}} = 21,5 \text{ хв}$; $T_{\text{шт.к.5}} = 30,3 \text{ хв}$; $T_{\text{шт.к.6}} = 26 \text{ хв}$
; $T_{\text{шт.к.7}} = 26,67 \text{ хв}$.

$$П_1 = \frac{283}{3,6} = 78,61 \text{ шт};$$

$$П_2 = \frac{283}{16,67} = 17 \text{ шт};$$

$$П_3 = \frac{283}{14} = 20,2 \text{ шт};$$

$$П_4 = \frac{283}{21,5} = 13,16 \text{ шт};$$

$$П_5 = \frac{283}{30,3} = 9,34 \text{ шт};$$

$$П_6 = \frac{283}{26} = 10,9 \text{ шт};$$

$$P_7 = \frac{283}{26,67} = 10,61 \text{шт.}$$

Знаходимо сумарну кількість операцій за місяць по дільниці:

$$\sum P_i = 78,61 + 17 + 20,2 + 13,16 + 9,34 + 10,9 + 10,61 \approx 160 \text{шт.}$$

Необхідна кількість робочих для обслуговування протягом однієї зміни одного верстата, завантаженому за плановим нормативним коефіцієнтом, визначається за формулою:

$$P_i = \frac{N_i \cdot t_i}{60 \cdot \Phi \cdot \kappa_6},$$

де N_i - приведений місячний об'єм випуску деталей при завантаженні верстата до прийнятого значення η_3 , визначається за формулою:

$$N_i = P_{oi} \cdot N_m,$$

t_i - штучно-калькуляційний час на виконання проектуємої операції,
 $t_i = T_{шт.к.}$, хв;

Φ - місячний фонд часу робітника, зайнятого протягом 22 робочих днів в місяць. год;

$$\Phi = 22 \cdot 8 = 176 \text{ год.}$$

Отже, необхідна кількість робочих для обслуговування протягом однієї зміни одного верстата, завантаженому за плановим нормативним коефіцієнтом, становить:

$$P_i = \frac{314 \cdot \eta_n / T_{шт.к.} \cdot N_m \cdot T_{шт.к.}}{60 \cdot \Phi \cdot \kappa_g} = 0,96 \eta_n = 0,96 \cdot 0,9 = 0,864 \text{ шт.}$$

$$\sum P_i = 0,864 \cdot 7 \approx 6 \text{ шт.}$$

Визначаємо коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{з.о.} = \frac{160}{6} = 27.$$

Згідно рівняння $20 < K_{з.о.} \leq 40$ тип виробництва – дрібносерійний.

Форми організації технологічних процесів залежать від встановленого порядку виконання операцій, розташування технологічного обладнання, кількості виробів і напрямку їх руху при виготовленні. існує дві форми організації виробництва – потокова і групова. Рішення про доцільність потокової форми приймається на основі порівняння заданого добового випуску виробів і розрахункової добової продуктивності потокової лінії при двозмінному режимі роботи і її завантаженні на 65...75%.

Заданий добовий випуск виробів визначається за формулою:

$$N_d = \frac{N_p}{253},$$

де N_p - річна програма випуску, $N_p = 1000$ шт.

$$N_d = \frac{1000}{253} = 4 \text{ деталі.}$$

Добова продуктивність потокової лінії визначається із формули:

$$Q_c = \frac{F_c}{T_{cp}} \cdot \eta_z,$$

де F_c - добовий фонд часу роботи обладнання, при двозмінному режимі роботи $F_c = 960$ хв [18];

T_{cp} - середня верстатоемність основних операцій, хв;

η_z - коефіцієнт завантаження обладнання, $\eta_z = 0,7$.

Середня верстатоемність операцій визначається за формулою:

$$T_{cp} = \frac{\sum T_{шт.к.i}}{n \cdot \kappa_g},$$

де $T_{шт.к.i}$ - штучно-калькуляційний час основної i -ої операції; згідно заводського технологічного процесу $T_{шт.к.1} = 3,6$ хв; $T_{шт.к.2} = 16,67$ хв; $T_{шт.к.3} = 14$ хв; $T_{шт.к.4} = 21,5$ хв; $T_{шт.к.5} = 30,3$ хв; $T_{шт.к.6} = 26$ хв; $T_{шт.к.7} = 26,67$ хв;

n - кількість основних операцій, $n = 7$;

κ_g - середній коефіцієнт виконання норм часу, $\kappa_g = 1,3$.

Отже,

$$T_{cp} = \frac{3,6 + 16,67 + 14 + 21,5 + 30,3 + 26 + 26,67}{7 \cdot 1,3} = 15,25 \text{ верст. год.}$$

Застосування однономенклатурної потокової лінії недоцільне, оскільки заданий добовий випуск продукції менший добової продуктивності потокової лінії за умови її завантаження на 65...75%. Застосуємо групову форму організації виробництва. Запуск виробів у виробництво здійснюється партіями з визначеною періодичністю, що є ознакою серійного виробництва.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску допускається визначати спрощено за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi_{\delta}},$$

де N - кількість деталей одного найменування і розміру в річному об'ємі випуску виробів, шт;

a - періодичність запуску партії деталей в днях. Приймаємо $a = 3$ дні ;

Φ_{δ} - число робочих днів в році. При п'ятиденному робочому тижні і тривалості робочого дня 8 годин $\Phi_{\delta} = 253$.

Тоді:

$$n = \frac{1000 \cdot 3}{253} = 12 \text{ шт.}$$

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз існуючого технологічного процесу

Предметом аналізу є процес виготовлення деталі „вісь”, виготовленої із прокату. Тип виробництва – дрібносерійне. Об’єм випуску – 1000 штук в рік. Процес складається із 7 операцій механічної обробки: 005 – відрізна на верстаті 8В66; 030 – токарна з ЧПК на верстаті 16К20Ф3; 035 – фрезерна на верстаті 6Р13; 045 – свердлильна на верстаті 2М55; 070 – центрошліфувальна на верстаті 3922Е; 080 – шліфувальна на верстаті 3М174; 090 – доводочна на верстаті 1К62.

Шорсткість поверхонь на різних стадіях обробки даної деталі характеризується наступними показниками: середньоарифметичне відхилення профілю Ra після точіння, фрезерування, свердління і шліфування складає 6,3 мкм, після полірування – 0,04 мкм.

Прийняту в даному варіанті технологічного процесу загальну послідовність обробки логічно вважати доцільною, оскільки при цьому дотримуються принципи послідовності формування властивостей деталі, що обробляється. Метод отримання заготовки відповідає прийнятому типу виробництва і в даному випадку не розглядається.

Для аналізу обладнання, яке застосовується для обробки заданої деталі, складаються таблиці 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1 – Технологічні можливості обладнання, що застосовується

Номер операції	Модель верстата	Граничні, або найбільші розміри заготовки, мм			Квалітет точності (економічний)	Параметр шорсткості Ra, мкм
		діаметр, d (b)	довжина, L	висота, h		
005	8B66	240	-	-	-	-
030	16K20Ф3	400	1000	-	7	0,8
035	6P13	-	800	450	12	2,5
045	2M55	-	-	-	12	1,25
070	3922E	200	50...1000	-	6	0,63
080	3M174	400	2000	-	6	0,2
090	1K62	400	1330	-	8	6,3

Таблиця 2.2 – Характеристика строку служби, вартості, складності, виробничості і ступеня використання обладнання, що застосовується

Модель верстата	Рік виготовлення верстата	Ціна верстата, грн	Категорія ремонтної складності	Кількість верстатів на операції	Трудоємність, T _{штг} , хв
8B66	1983	8700	12	1	3,6
16K20Ф3	1986	30820	11	4	16,67
6P13	1981	6000	13	2	14
2M55	1983	7000	17	3	21,5
3922E	1984	2000	12	1	30,3
3M174	1987	14000	15	2	26
1K62	1980	4200	11	2	26,67

Приведений аналіз показує, що верстати, які використовуються на операціях, за габаритними розмірами заготовки, що обробляється, точності, що досягається і шорсткості поверхонь відповідають висунутим вимогам обробки заданої деталі. Всі верстати є відносно недорогими, окрім верстата з ЧПК 16K20Ф3. Категорія ремонтної складності їх, окрім верстатів 2M55, 3M174, невисока. Фізичний стан верстатів, які знаходяться на дільниці, відносно задовільний.

Схеми обробки заготовок на операціях є достатньо прогресивними. Однак верстати 6P12, 1K62 морально застаріли і зняті з виробництва.

Технологічний процес достатньо автоматизований: керування верстатами на операціях 005, 030, 045, 080 відбувається в напівавтоматичному і автоматичному режимах, але для продуктивності і зменшення кількості обслуговуючого персоналу потрібно автоматизувати процес завантаження – розвантаження верстатів.

На операції 005 заготовка подається вручну за допомогою ролика; на операції 030 заготовка базується по зовнішній поверхні в трьохкулачковому патроні; на операціях 035, 045 – в універсальних затискних пристроях, які встановлюються на столах верстатів; на операції 070 базування заготовки відбувається в лещатах; на операціях 080, 090 – в центрах.

В технологічному процесі застосовані швидкодіючі вимірювальні інструменти і пристрої. На операціях 030, 035, 070, 080 – мікрометричний інструмент; на операціях 045, 090 – спеціальний для контролю відхилення форми і взаємного розташування поверхонь. Точність вимірювання достатньо висока, похибка вимірювання не перевищує 30% допуску на розмір, що контролюється. Оснащеність вимірювальними засобами операцій обробки добра.

Діючий технологічний процес можна вдосконалити наступним чином:

1. Деталь працює з великими силами тертя по зовнішній поверхні, тому можна ввести систему змащування. Для цього потрібно по осі деталі свердлити отвір $\varnothing 9$ мм на довжину 220 мм, а також свердлити два радіальних отвори $\varnothing 5$

мм по зовнішній поверхні деталі $\varnothing 65f7$ на відстані 140 мм один від одного і на відстані 70 мм від торця деталі.

2. Замінити верстат 16K20Ф3 на сучасний верстат HAAS TL-1, щоб сумістити операції токарної обробки зовнішньої поверхні деталі із свердлуванням глибокого отвору та нарізання різьби під маслянку.

3. Застосувати верстат моделі 2M55 для свердлування двох радіальних отворів $\varnothing 5$ мм.

2.2 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки

Оптимальний спосіб отримання заготовки визначається на основі аналізу названих факторів та техніко-економічного розрахунку технологічної собівартості виготовлення заготовки. Метод отримання заготовки, що забезпечує технологічність виготовлення з неї деталі при мінімальній собівартості, є оптимальним.

Проводимо техніко-економічний розрахунок двох варіантів виготовлення заготовки: методом штамповки на ГKM та із сортового круглого гарячекатаного нормальної точності постійного перерізу прокату за ДСТУ 8540:2015 Прокат листовий гарячекатаний. Сортамент.

Собівартість заготовки із прокату.

Проводимо економічне обґрунтування вибору заготовки.

Собівартість заготовки із прокату розраховується за формулою:

$$S_{\text{заг}} = M + \sum C_{\text{о.з.}},$$

де M - витрати на матеріал заготовки, грн;

$\sum C_{\text{о.з.}}$ - технологічна собівартість операцій правки, калібровки і різки на штучні заготовки:

$$C_{\text{о.з.}} = \frac{C_{\text{н.з.}} \cdot T_{\text{ум(ум.к.)}}}{60 \cdot 100},$$

де - приведені витрати на робочому місці, $C_{\text{н.з.}} = 121$ коп/год;

$T_{шт(шт.к.)}$ - штучний або штучно – калькуляційний час виконання заготівельної операції, $T_{шт(шт.к.)} = 3,6$ хв.

$$C_{o.z.} = \frac{121 \cdot 3,6}{60 \cdot 100} = 0,073 \text{ грн.}$$

Витрати на матеріал заготовки:

$$M = \frac{QS}{1000} - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000},$$

де Q - маса заготовки, кг;

S - ціна 1 кг матеріалу заготовки, $S = 1550$ грн за 1 тону;

q - маса готової деталі, $q = 7,2$ кг;

$S_{відх}$ - ціна 1 т відходів, $S_{відх} = 254$ грн за 1 тону.

Масу заготовки визначаємо за формулою:

$$Q = V \cdot \rho, \text{ кг};$$

де V - об'єм заготовки, m^3 ;

ρ - густина матеріалу заготовки, $\rho = 7800 \text{ кг}/m^3$.

Об'єм заготовки:

$$V_3 = \frac{\pi \cdot D_3^2}{4} \cdot L_3 = \frac{3,14 \cdot 7^2}{4} \cdot 28,5 = 1096 \text{ см}^3.$$

Маса заготовки:

$$Q_3 = \rho \cdot V_3 = 7,8 \cdot 1096 = 8,6 \text{ кг.}$$

Маса деталі $q = 8,6 \text{ кг}$ (див. кресленик).

Витрати на матеріал:

$$M = \frac{8,6 \cdot 1550}{1000} - (8,6 - 7,2) \frac{254}{1000} = 129,7 \text{ грн.}$$

Отже,

$$S_{заг} = 1297 + 0,073 = 129,773 \text{ грн.}$$

Собівартість заготовки, отриманої на горизонтально-кувальній машині.

Вартість заготовок, отриманих методом штамповки на ГКМ розраховується за формулою:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх}}{1000},$$

де $S_{заг}$ - вартість заготовки, гр;

C_i - базова вартість 1 т заготовок, гр. $C_i = 3730$;

Q - маса заготовки, кг; $Q = 8,6$;

q - маса готової деталі, кг; $q = 7,2$;

$S_{відх}$ - вартість 1 т відходів, гр. $S_{відх} = 254$;

k_T, k_c, k_B, k_M, k_n - коефіцієнти, що залежать від точності, групи складності, маси, марки матеріалу, об'єму випуску заготовок:

$k_T = 1,0, k_c = 0,77, k_B = 0,89, k_M = 1,13, k_n = 1,0$.

Отже, вартість заготовки, що отримана зі сталі 40Х методом штамповки на ГКМ, становить:

$$S_{заг} = \left(\frac{3730}{1000} \cdot 8,6 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,13 \cdot 0,77 \cdot 0,89 \right) - (8,6 - 7,2) \cdot \frac{254}{1000} = 246,4 \text{ гр}$$

Отримання заготовки із прокату – більш економічний метод, ніж заготовки – штамповки на ГКМ.

2.2.1 Визначення припусків та допусків на розміри заготовки

Встановлюємо попередній маршрутний технологічний процес обробки поверхні деталі $\varnothing 65 f7 \begin{pmatrix} -0,03 \\ -0,063 \end{pmatrix}$ мм:

— 030 Токарна:

— 080 Шліфувальна;

— 090 Доводочна.

При чорновому точінні припуск на обробку складає 4,2 мм і на одноразовому шліфуванні – 0,8 мм.

Визначаємо проміжні розміри поверхонь згідно маршруту технологічного процесу.

На токарну операцію:

$$D_{p\ 080} = D_n + 2z_{шл},$$

$$D_{p\ 080} = 65 + 0,8 = 65,8 \text{ мм.}$$

Розрахунковий розмір заготовки:

$$D_{p.z.} = 65,8 + 4,2 = 70 \text{ мм.}$$

Припуски на підрізання торців:

$$z_{торц} = 1,2 \text{ мм.}$$

Загальна довжина заготовки:

$$L_3 = L_0 + 2z_{торц},$$

де L_0 - номінальна довжина деталі, $L_0 = 280$ мм (див. кресленик деталі).

Отже,

$$L_3 = 280 + 2 \cdot 1,2 = 282,4 \text{ мм.}$$

Приймаємо $L_3 = 284$ мм.

Згідно ДСТУ 8540:2015 приймаємо гарячекатаний прокат звичайної точності $\varnothing 70_{-1,1}^{+0,5}$ мм.

Згідно ДСТУ 8540:2015 граничні відхилення по довжині прокату мірної і кратної мірної довжини не повинні перевищувати 30 мм при довжині до 4-х м.

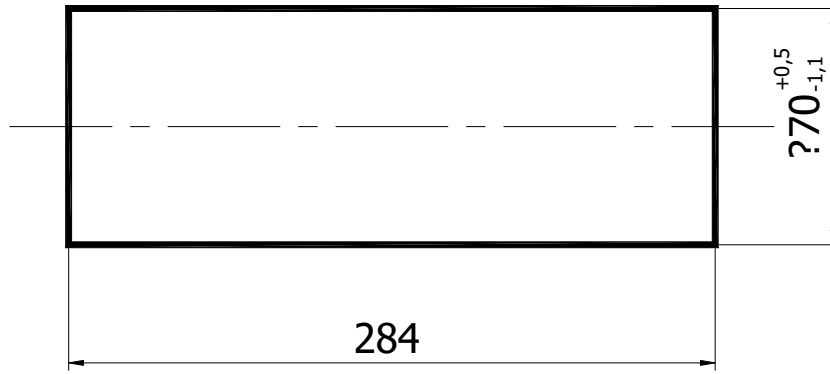


Рис. 2.1 – Ескіз заготовки

2.3 Вибір технологічних баз

Вибір технологічних баз в значній мірі визначає точність лінійних розмірів і відносного положення поверхонь, які одержуються в процесі обробки, вибір ріжучих і вимірювальних інструментів, верстатних пристроїв, продуктивність обробки.

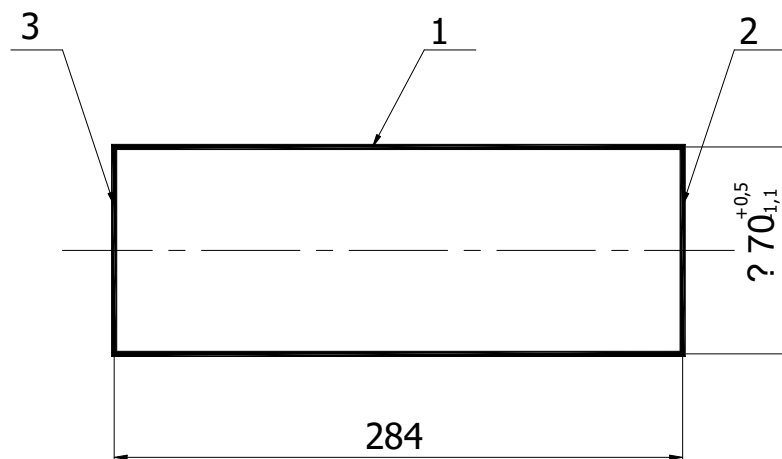


Рис. 2.2 Схема розташування баз

На першій операції слід обробити поверхню, яка могла б служити базою для наступних операцій. Дотримуючись цієї рекомендації, в якості бази для першої обробки вибираємо поверхні 1, 2, поверхню 3 з переустановом, які забезпечують зручне встановлення заготовки в пристрої, будуть використовуватись для встановлення заготовки протягом всього технологічного процесу, будуть служити технологічними і вимірювальними базами; таким чином, підготовлюючи ці поверхні в якості бази, забезпечується можливість дотримання принципів суміщення і постійності баз, що підвищує точність обробки деталі.

В якості бази на першій операції використовується поверхня 1; заготовка встановлюється в трьохкулачковий патрон, обробляється напрохід і обробляються поверхні 2 і 3.

При фрезеруванні, свердлуванні та центрошліфуванні також за установчу базу приймається поверхня 1; заготовка базується в призмі. При шліфуванні і поліруванні за установчі бази приймаються поверхні 2 і 3; заготовка базується в центрах.

2.4 Вибір технологічного маршруту обробки деталі

При виборі варіанта технологічного маршруту механічної обробки деталі “вісь” розглянемо технологічну собівартість двох методів.

Здійснимо розрахунок собівартості операцій механічної обробки, що відрізняються між собою.

Варіант 1. Полірування поверхні $\varnothing 65f7$ на верстаті 1К62.

Здійснимо розрахунок собівартості операцій механічної обробки, що відрізняються між собою.

Собівартість операції визначаємо за формулою:

$$C_{on} = C_{n.v.} \cdot \frac{T_{um}}{60 \cdot \kappa_g},$$

де $C_{n.v.}$ - норматив часових зведених витрат для даного типу верстата, грн/год;

T_{um} - штучний час на операцію, хв;

κ_g - коефіцієнт виконання норм, $\kappa_g = 1,3$.

Норматив часових зведених витрат визначаємо за формулою:

$$C_{n.v.} = C_z + C_{ч.в.} + E_n \cdot (\kappa_g + \kappa_c),$$

де C_z - основна і додаткова зарплата з нарахуваннями, грн/год;

$C_{ч.в.}$ - часові витрати по експлуатації робочого місця, грн/год;

E_n - нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень (в машинобудуванні $E_n = 0,15$);

κ_6, κ_c - часові вкладення відповідно в верстат і споруду, коп/год.

$$C_3 = \varepsilon \cdot C_{mp} \cdot \kappa \cdot y,$$

де ε – коефіцієнт, який враховує додаткову зарплату, нарахування на соцстрах, приробіток до основної зарплати, $\varepsilon = 2,66$;

$C_{m.ф.}$ часова тарифна ставка верстатника, $C_{m.ф.} = 60,6$ грн/год;

κ - коефіцієнт, який враховує зарплату наладчика, $\kappa = 1$;

y - коефіцієнт, який враховує зарплату робітника при багатOVERстатному обслуговуванні, $y = 0,3$.

Часові витрати по експлуатації робочого місяця:

$$C_{ч.в.} = C_{ч.в.}^{б.п.} \cdot \kappa_m,$$

де $C_{ч.в.}^{б.п.}$ - практичні часові витрати на базовому робочому місці, $C_{ч.в.}^{б.п.} = 44,6$ грн/год;

κ_m - коефіцієнт, який показує, в кільки разів витрати, пов'язані з роботою даного верстата більші, ніж аналогічні витрати базового верстата;

$$\kappa_m = \left(\frac{3Ц}{1000} + 0,48P_y + 0,54P_m + 0,4P_э + И \right) \cdot \frac{1}{21,8},$$

де $Ц$ - балансова вартість верстата, яка визначається як сума його гуртової ціни і витрат на транспортування, монтаж, які складають 10...15% гуртової ціни верстата, грн;

P_y - встановлена потужність двигунів, кВт;

$P_m, P_э$ - ремонтна складність відповідно механічної та електротехнічної частин верстата;

$И$ - часові витрати на відшкодування зносу металорізального інструменту, грн/год.

Згідно заводського технологічного процесу остаточна операція - полірування відбувається на токарно-гвинторізному верстаті моделі 1К62: ціна верстата $C = 4197$ грн, габаритні розміри $Lxb = 2810 \times 1160$ мм, потужність електродвигуна $N = 10$ кВт. Категорія ремонтної складності механічної частини – 11, електротехнічної – 8,5. Часові витрати на відшкодування зношування металорізального інструменту дорівнює нулю.

Отже,

$$k_m = \left(\frac{3 \cdot 4197}{1000} + 0,48 \cdot 10 + 0,54 \cdot 11 + 0,4 \cdot 8,5 + 0 \right) \cdot \frac{1}{21,8} = 1,23.$$

$$C_{ч.в.} = 44,6 \cdot 1,23 = 54,86 \text{ грн/год.}$$

Капітальна вкладення в верстат:

$$K_e = \frac{C \cdot 100}{F_d \cdot \eta_3},$$

де F_d - дійсний річний фонд часу роботи верстата, $F_d = 4055$ год;

η_3 - коефіцієнт завантаження верстата, в серійному виробництві $\eta_3 = 0,8$.

$$K_e = \frac{4197 \cdot 100}{4055 \cdot 0,8} = 129,4 \text{ грн/год.}$$

Капітальні вкладення в споруду:

$$K_c = \frac{F \cdot C_{пл.бюд.} \cdot 100}{F_d \cdot \eta_3},$$

де $C_{пл.бюд.}$ - вартість 1 м² площі механічного цеху, $C_{пл.бюд.} = 125$ грн;

F - виробнича площа, яку займає верстат з врахуванням проходів та проїздів, м²;

$$F = f \cdot k_f = 3,26 \cdot 3,5 = 11,41 \text{ м}^2,$$

де f - площа верстата в плані, м²;

k_f - коефіцієнт, який враховує додаткову виробничу площу $k_f = 3,5$;

η_3 - коефіцієнт завантаження верстата, в серійному виробництві $\eta_3 = 0,8$.

$$K_c = \frac{11,44 \cdot 125 \cdot 100}{4055 \cdot 0,8} = 44 \text{ грн/год.}$$

Отже, зведені витрати для 1-го варіанту технологічного маршруту обробки деталі:

$$C_{n.в.}^1 = 48,36 + 54,84 + 0,15 \cdot (129,4 + 44) = 129,23 \text{ грн/год.}$$

Штучний час: хв,

$$T_{шт} = T_o \cdot \varphi = 2652 \cdot 2,14 \cdot 10^{-3} = 5,68 \text{ хв,}$$

де φ - поправочний коефіцієнт на допоміжний і додатковий час.

Технологічна собівартість операції:

$$C_{on}^1 = 129,23 \cdot \frac{5,68}{60 \cdot 1,3} = 90,4 \text{ грн.}$$

2-й варіант. Полірування поверхні $\varnothing 65f7$ на верстаті 3Б854.

Собівартість операції визначаємо за формулою:

$$C_{on} = C_{n.в.} \cdot \frac{T_{шт}}{60 \cdot \kappa_в},$$

де $C_{n.в.}$ - норматив часових зведених витрат для даного типу верстата, грн/год;

$T_{шт}$ - штучний час на операцію, хв;

$\kappa_в$ - коефіцієнт виконання норм, $\kappa_в = 1,3$.

Норматив часових зведених витрат визначаємо за формулою:

$$C_{n.в.} = C_з + C_{ч.в.} + E_H \cdot (\kappa_в + \kappa_c),$$

де $C_з$ - основна і додаткова зарплата з нарахуваннями, грн/год;

$C_{ч.в.}$ - часові витрати по експлуатації робочого місця, грн/год;

E_n - нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень (в машинобудуванні $E_n = 0,15$);

κ_v, κ_c - часові вкладення відповідно в верстат і споруду, коп/год.

$$C_3 = \varepsilon \cdot C_{тр} \cdot \kappa \cdot y,$$

де ε – коефіцієнт, який враховує додаткову зарплату, нарахування на соцстрах, приробіток до основної зарплати, $\varepsilon = 2,66$;

$C_{т.ф.}$ - часова тарифна ставка верстатника, $C_{т.ф.} = 60,6$ грн/год;

κ - коефіцієнт, який враховує зарплату наладчика, $\kappa = 1$;

y - коефіцієнт, який враховує зарплату робітника при багатOVERстатному обслуговуванні, $y = 0,3$.

Часові витрати по експлуатації робочого місця:

$$C_{ч.в.} = C_{ч.в.}^{\bar{n}} \cdot \kappa_m,$$

де $C_{ч.в.}^{\bar{n}}$ - практичні часові витрати на базовому робочому місці, $C_{ч.в.}^{\bar{n}} = 44,6$ грн/год;

κ_m - коефіцієнт, який показує, в кільки разів витрати, пов'язані з роботою даного верстата більші, ніж аналогічні витрати базового верстата;

$$\kappa_m = \left(\frac{3Ц}{1000} + 0,48P_y + 0,54P_m + 0,4P_э + И \right) \cdot \frac{1}{21,8},$$

де $Ц$ - балансова вартість верстата, яка визначається як сума його гуртової ціни і витрат на транспортування, монтаж, які складають 10...15% гуртової ціни верстата, грн;

P_y - встановлена потужність двигунів, кВт;

P_m, P_e - ремонтна складність відповідно механічної та електротехнічної частин верстата;

I - часові витрати на відшкодування зносу металорізального інструменту, грн/год.

Згідно запропонованого технологічного процесу остаточна операція - полірування відбувається на полірувальному верстаті моделі ЗБ854: ціна верстата $C = 8640$ грн, габаритні розміри $Lxb = 1830 \times 2020$ мм, потужність електродвигуна $N = 10$ кВт. Категорія ремонтної складності механічної частини - 8, електротехнічної - 6. Часові витрати на відшкодування зношування металорізального інструменту дорівнює нулю.

Отже,

$$k_m = \left(\frac{3 \cdot 8640}{1000} + 0,48 \cdot 10 + 0,54 \cdot 8 + 0,4 \cdot 6 + 0 \right) \cdot \frac{1}{21,8} = 1,72.$$

$$C_{ч.в.} = 44,6 \cdot 1,72 = 76,71 \text{ грн/год.}$$

Капітальна вкладення в верстат:

$$K_e = \frac{C \cdot 100}{F_o \cdot \eta_3},$$

де F_o - дійсний річний фонд часу роботи верстата, $F_o = 4055$ год;

η_3 - коефіцієнт завантаження верстата, в серійному виробництві $\eta_3 = 0,8$.

$$K_e = \frac{8640 \cdot 100}{4055 \cdot 0,8} = 266,3 \text{ грн/год.}$$

Капітальні вкладення в споруду:

$$K_c = \frac{F \cdot C_{пл.б\ddot{y}д.} \cdot 100}{F_o \cdot \eta_3},$$

де $C_{пл.б\ddot{y}д.}$ - вартість 1 м² площі механічного цеху, $C_{пл.б\ddot{y}д.} = 125$ грн;

F - виробнича площа, яку займає верстат з врахуванням проходів та проїздів, м²;

$$F = f \cdot k_f = 3,7 \cdot 3,5 = 12,95 \text{ м}^2,$$

де f - площа верстата в плані, м²;

k_f - коефіцієнт, який враховує додаткову виробничу площу $k_f = 3,5$;

η_3 - коефіцієнт завантаження верстата, в серійному виробництві $\eta_3 = 0,8$.

$$K_c = \frac{12,95 \cdot 125 \cdot 100}{4055 \cdot 0,8} = 50 \text{ грн/год.}$$

Отже, зведені витрати для 2-го варіанту технологічного маршруту обробки деталі:

$$C_{n.v.}^1 = 25,42 + 76,71 + 0,15 \cdot (266,3 + 50) = 149,6 \text{ грн/год.}$$

Штучний час: хв,

$$T_{um} = T_o \cdot \varphi = 2340 \cdot 2,1 \cdot 10^{-3} = 5 \text{ хв,}$$

де φ - поправочний коефіцієнт на допоміжний і додатковий час.

Технологічна собівартість операції:

$$C_{on}^2 = 149,6 \cdot \frac{5}{60 \cdot 1,3} = 90,6 \text{ коп.}$$

З розрахунків видно, що застосування заводського технологічного процесу дещо економічніший від запропонованого, до того ж верстат 1К62 є універсальним на відміну від спеціалізованого полірувального верстату ЗБ854.

Технологічний процес механічної обробки деталі „вісь” наведемо в вигляді таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Технологічний процес механічної обробки деталі “вісь”

№ операції	Найменування операції	Зміст технологічного переходу	Пристрій, установ	Тип і модель верстата
005	<i>Відрізна</i>	Відрізати заготовку	Вручну, ролики	Фрезерно-відрізний напівавтомат 8В66
010 015	<i>Токарна з ЧПК</i>	Чорнове обточування осі, підрізання торців, зняття фасок, центрування, свердління отвору, нарізання різьби.	Трикулачковий патрон	Токарний з ЧПК НААС TL-1
020	<i>Фрезерна</i>	Фрезерувати пази	Призма	Вертикально-фрезерний 6Р12
025	<i>Свердлувальна</i>	Свердли 4 отвори з переустановом в торцях деталі	УСП	Радіально-свердлильний 2М55
030	<i>Свердлувальна</i>	Свердли 2 радіальних отвори	УСП	Радіально-свердлильний 2М55
035	<i>Термічна</i>			Піч
040	<i>Центрошліфувальна</i>	Шліфувати центрові отвори	Призма	Шліфувальний 3922Е
045	<i>Круглошліфувальна</i>	Шліфувати поверхню Ø65f7	Центр	Круглошліфувальний 3М174
050	<i>Доводочна</i>	Полірувати Ø65f7 до Ra 0,4 мкм.	Центр	Токарно-гвинторізний 1К62

2.5 Розроблення технологічних операцій

Детальний технологічний процес механічної обробки деталі „вісь” наведено у вигляді таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Технологічний процес механічної обробки деталі “вісь”

№ операції	Найменування операції	Зміст технологічного переходу	Тип і модель верстата
005	Відрізна	1. Відрізати заготовку довжиною 284 мм.	Фрезерно-відрізний напівавтомат 8В66
010	Токарна з ЧПК	1. Підрізати торець, витримавши розмір $l=282$ мм. 2. Зняти фаску 2×45^0 . 3. Точити поверхню $\varnothing 65,8_{-0,2}$ до кулачків. 4. Центрувати торець. 5. Свердлувати отвір $\varnothing 9$ мм на довжину 220 мм. 6. Нарізати різьбу M10x1.	Токарний з ЧПК HAAS TL-1
015	Токарна з ЧПК	1. Підрізати торець, витримавши розмір $l=280_{-1}$ мм. 2. Зняти фаску 2×45^0 . 3. Точити поверхню $\varnothing 65,8_{-0,2}$ остаток. 4. Центрувати торець.	Токарний з ЧПК HAAS TL-1
020	Фрезерна	1. Фрезерувати 2 пази $b=10^{+0,1}$ мм, витримуючи розмір $60,3_{-0,1}$ мм.	Вертикально-фрезерний 6P12

025	Свердлувальна	Установ 1. 1. Свердлити 2 отвори $\varnothing 4,5^{+0,16}$ на довжину $l=10$ мм. Установ 2. 1. Свердлити 2 отвори $\varnothing 4,5^{+0,16}$ на довжину $l=10$ мм.	Радіально-свердлильний 2М55
030	Свердлувальна	1. Свердлити 2 радіальних отвори $\varnothing 5^{+0,12}$ мм на довжину $l=32$ мм, витримуючи розмір $140_{-0,2}$ мм.	Радіально-свердлильний 2М55
035	Термічна		Піч
040	Центрошліфувальна	1. Шліфувати центрові отвори	Шліфувальний для лінійного шліфування 3922Е
045	Круглошліфувальна	1. Шліфувати поверхню $\varnothing 65f7 \left(\begin{smallmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{smallmatrix} \right)$ мм.	Круглошліфувальний 3М174
050	Доводочна	1. Полірувати $\varnothing 65f7$ до Ra 0,4 мкм.	Токарно-гвинторізний 1К62

2.6 Розрахунок припусків на механічну обробку

2.6.1 Аналітичний розрахунок припусків

Для зручності результати розрахунків представимо в вигляді таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Карта розрахунку припусків на обробку та граничних розмірів по технологічних переходах $\varnothing 65f7$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 65f7$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір, d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мм	
	R_z		ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}^{zp}$	$2z_{\max}^{zp}$
Заготовка $\varnothing 70_{-1,1}^{+0,5}$	150	250	369	-	-	67,246	740	67,25	67,99	-	-
1. Точіння одноразове	50	50	22	420	1918	65,328	300	65,33	65,63	1,92	2,36
2. Шліфування одноразове	5	15	-	71	348	64,98	74	64,98	65,054	0,35	0,576
3. Полірування	-	-	-	-	40	64,94	30	64,94	64,97	0,04	0,084

Технологічний маршрут обробки поверхні $\varnothing 65f7$ складається із одноразового точіння, одноразового шліфування і полірування.

Знаходимо значення просторової похибки:

$$\rho = \rho_k = \Delta_k \cdot l,$$

де $\rho_{кор}$ - величина короблення заготовки;

Δ_k - питома кривизна заготовки, мкм на 1 мм довжини;

l - довжина заготовки в мм.

$$\rho_{кор.} = 1,3 \cdot 284 = 369 \text{ мкм.}$$

Залишкова величина просторових відхилень:

Після обточування:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 369 = 22 \text{ мкм},$$

Після шліфування остаточно кривизна буде настільки мала, що її можна не враховувати при розрахунках.

При встановленні заготовки похибка установки з'являється на операції точіння, яка визначається за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2},$$

де ε_{δ} - похибка базування, $\varepsilon_{\delta} = 0$;

ε_3 - похибка закріплення, $\varepsilon_3 = 420$ мкм.

На наступні операції похибка установки визначається за формулою:

$$\varepsilon_y = 0,05 \cdot \varepsilon_y + \varepsilon_{ind},$$

де ε_{ind} - похибка індексації, $\varepsilon_{ind} = 50 \text{ мкм} = const$.

Отже, похибка установки:

$$\varepsilon_y = 0,05 \cdot 420 + 50 = 71 \text{ мкм}.$$

Найменші граничні розміри визначаємо відніманням технологічного допуску по переходах від округленого до точності допуску найбільшого граничного допуску.

Граничні значення припусків $2z_{max}$ визначаємо як різницю найменших граничних розмірів, а значення $2z_{min}$ визначаємо як різницю найбільших граничних розмірів заготовки переходу, що виконується, та попереднього.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.6.

Загальні припуски $2z_{o_{min}}$ та $2z_{o_{max}}$ визначаємо, сумуючи проміжні.

$$2z_{o_{min}} = 0,04 + 0,35 + 1,92 = 2,31 \text{ мм};$$

$$2z_{o_{\max}} = 0,084 + 0,576 + 2,36 = 3,02 \text{ мм.}$$

Перевіримо вірність розрахунків:

$$2z_{3_{\max}} - 2z_{3_{\min}} = \delta_3 - \delta_\delta;$$

$$3,02 - 2,31 = 0,74 - 0,03$$

$$0,71 = 0,71$$

Розрахунки проведені правильно.

2.6.2 Визначення припусків табличним методом

Оскільки всі інші поверхні деталі обробляються одноразово, в призначення припусків немає потреби.

2.7 Призначення режимів різання

Призначення режимів різання проведемо за допомогою програми Coro Plus Tool Guide від Sandvik Coromant. Для вибору різального інструменту обираємо фірму Sandvik Coromant.

Матеріал деталі – легована сталь 40X, за класифікацією Sandvik Coromant – легована сталь M1.0.Z.AQ.


Результати покажемо у вигляді таблиці 2.7.


Таблиця 2.7 - Режими різання

Номер операції	Назва і зміст операції	Режим різання				
		t , мм	S , мм/об	n , об/хв	V , м/хв	T_o , хв
010 Токарна з ЧПК	1. Підрізати торець, витримавши розмір $l=282$ мм.	2,0	0,697	4000	281	0,01284
	 <p>The screenshot shows the software interface for selecting a tool and setting parameters. On the left, a 'T-Max P' tool is selected, showing details: 'DSSNR 2525M 15' (Instrument) and 'SNMG 15 06 24-PR 4425' (Plate). Below this, it specifies 'Rectangular shank -metric: 25 x 25'. On the right, a 'ШАГИ' (Steps) menu is visible with options: 'ЧИСТОВАЯ ОБРАБОТКА' (Finish), 'Скорость резания VC' (Cutting speed), 'Подача на оборот FN' (Feed per revolution), 'Число проходов в направлении NОРАР' (Number of passes), and 'Глубина резания AP' (Depth of cut). At the bottom, 'CO2 EMISSIONS' is also listed.</p>					
	2. Зняти фаску $2 \times 45^\circ$.	2,0	0,7	630	139	0,07
	3. Точити поверхню $\varnothing 65,8_{-0,2}$ до кулачків.	2,1	0,697	1360	281	0,12



T-Max P

 DSDNN 2525M 15
Инструмент

 SNMG 15 06 24-PR 4425
Пластина

Rectangular shank -metric: 25 x 25



Интерфейс со стороны станка ADINTMS

Стойкость, дет. TLIFEC 105

Время обработки 00:12.000

Rectangular shank -metric: 25 x 25

Поверхности

ШАГИ

ЧИСТОВАЯ ОБРАБОТКА

Скорость резания VC

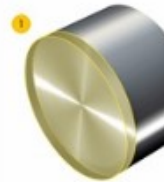
Подача на оборот FN

Число проходов в направ. NORAP

Глубина резания AP

CO₂ EMISSIONS

	4. Центрувати торець.	6	0,7	630	139	0,08
	5. Свердлувати отвір Ø9 мм на довжину 220 мм.	4,5	0,09	630	17,8	0,4
	6. Нарізати різьбу M10x1.	1,0	-	400	12,6	0,18
01 5 T ₀	1. Підрізати торець, витримавши розмір l=280. ₁ мм.	2,0	0,697	4000	281	0,01284



T-Max P

	DSSNR 2525M 15 Инструмент	
	SNMG 15 06 24-PR 4425 Пластина	

Rectangular shank -metric: 25 x 25

Интерфейс со стороны станка ADINTMS	Rectangular shank -metric: 25 x 25
Стойкость, дет. TLIFEC	1060 Поверхности
Время обработки	00:01.284 МИН

ШАГИ

ЧИСТОВАЯ ОБРАБОТКА

Скорость резания VC

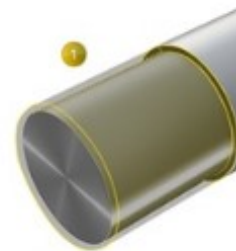
Подача на оборот FN

Число проходов в направл
NORAP

Глубина резания AP

CO₂ EMISSIONS

2. Зняти фаску 2x45°.	2,0	0,7	630	139	0,007
3. Точити поверхню Ø65,8 _{-0,2} остаток.	2,1	0,697	1360	281	0,12



T-Max P

	DSDNN 2525M 15 Инструмент	
	SNMG 15 06 24-PR 4425 Пластина	

Rectangular shank -metric: 25 x 25

Интерфейс со стороны станка ADINTMS	Rectangular shank -metric: 25 x 25
Стойкость, дет. TLIFEC	105 Поверхности
Время обработки	00:12.000 МИН

ШАГИ

ЧИСТОВАЯ ОБРАБОТКА

Скорость резания VC

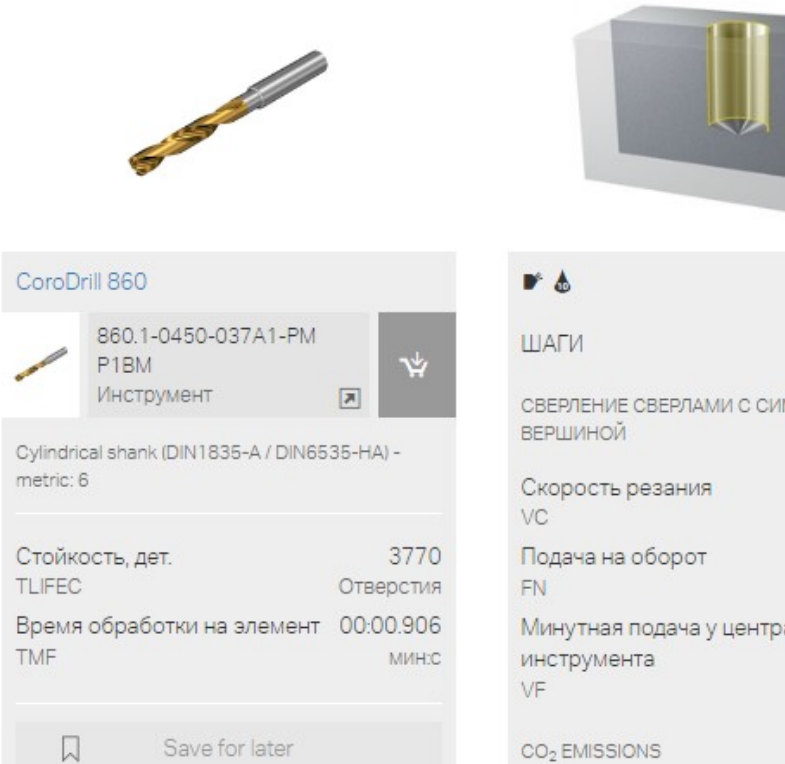
Подача на оборот FN

Число проходов в направл
NORAP

Глубина резания AP

CO₂ EMISSIONS

4. Центрувати торець.	6	0,1	800	30,1	0,08
-----------------------	---	-----	-----	------	------

020 Фрезер на	1. Фрезерувати 2 пази $\epsilon=10^{+0,1}$ на глибину 5 мм.	10	0,35	1390	33	0,26
025 Свердлувальна	Установ 1. 1. Свердли 2 отвори $\varnothing 4,5^{+0,16}$ на довжину $l=10$ мм.	2,25	0,18	12700	179	0,00906
	Установ 2. 1. Свердли 2 отвори $\varnothing 4,5^{+0,16}$ на довжину $l=10$ мм.	2,25	0,18	12700	179	0,00906
						
030 Центр ошлиф увальна	Установ 1 1. Шліфувати центрові отвори.	0,2	0,5	48000	30 м/с	0,48
035 Кругло шліфу вальна	1. Шліфувати поверхню $\varnothing 65f7 \begin{pmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{pmatrix}$ мм.	0,8	-	-	0,97	1,4
040 Довод очна	1. Полірувати $\varnothing 65f7$ до Ra 0,4 мкм.	-	0,07	1600	360	0,51

2.7.1 Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій

Приклад розрахунку технічних норм часу покажемо на операції 020 – фрезерній, на якій відбувається фрезерування двох пазів $b = 10^{+0,1}$ мм глибиною 5 мм кінцевою фрезою на вертикально-фрезерному верстаті 6P12. Маса деталі – 7,2 кг. Тип виробництва – малосерійний. Деталь встановлюється в пристрій із пневмозатиском.

В серійному виробництві норма штучно-калькуляційного часу визначається за формулою:

$$t_{шт.к.} = t_o + t_{дон} + t_{обс} + t_{відп} + \frac{T_{н.з.}}{n},$$

де t_o - основний технологічний час, хв;

$t_{обс}$ - час на обслуговування робочого місця, хв;

$t_{відп}$ - час на відпочинок та особисті потреби робітника, хв;

$T_{н.з.}$ - підготовчо-заключний час на партію деталей, хв;

n - розмір партії деталей, шт;

$t_{дон}$ - допоміжний час, який складається:

$$t_{дон} = t_{в.з.} + t_{з.в.} + t_k + t_{зуп} + t_{вим},$$

де $t_{в.з.}$ - час на встановлення та зняття заготовки, хв;

$t_{з.в.}$ - час на закріплення та відкріплення заготовки, хв;

t_k - час на прийоми керування верстатом, хв;

$t_{вим}$ – час на вимірювання заготовки, хв.

Розмір партії деталей підрахуємо, виходячи із річної програми випуску:

$$n = \frac{N \cdot a}{254},$$

де a - число днів випередження механічної обробки перед складанням, $a=6$;
254 – число робочих днів у році.

$$n = \frac{1000 \cdot 3}{253} = 12 \text{ шт.}$$

$t_o = 0,6$ хв; $t_{в.з.} = 0,15$ хв; $t_{з.в.} = 0,35$ хв; $t_k = 0,02$ хв; $t_{зуп} = 0,05$ хв; $t_{вим} = 0,12$ хв.

Звідси оперативний час:

$$t_{on} = 0,6 + 0,15 + 0,02 + 0,35 + 0,12 = 1,24 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок та особисті потреби складає:

$$t_{відп} = 3,5\%t_{on} = 0,035 \cdot 1,24 = 0,043 \text{ хв.}$$

Штучний час:

$$t_{шт} = t_{on} + t_{відп} = 1,24 + 0,043 = 1,283 \text{ хв.}$$

Підготовчо - заключний час становить:

$$T_{п.з.} = 28 \text{ хв.}$$

Отже, штучно – калькуляційний час на виконання операції становить:

$$t_{шт.к.} = 1,283 + \frac{28}{12} = 3,62 \text{ хв.}$$

На всі інші операції розрахунок проводимо аналогічно, а результати розрахунків зводимо в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 - Зведена відомість норм штучно – калькуляційного часу по операціях

Но мер опе раці ї	Назва операції	T_o , хв	T_{on} хв	$T_{шт}$ хв	$T_{дон}$					$T_{п.з.}$ хв	$T_{шт.к.}$, хв
					$t_{в.з}$ хв	$t_{з.в}$ хв	$t_{кер}$ хв	$t_{зуп}$ хв	$t_{вим}$ хв		
005	Відрізна	1,02	1,52	1,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	9	2,35
010	Токарна з ЧПК	4,68	5,44	5,88	0,32	0,02	0,21	0,05	0,16	33,6	8,68
015	Токарна з ЧПК	0,427	1,118	1,21	0,32	0,02	0,14	0,05	0,16	33,6	4,01
020	Фрезерна	0,6	1,24	1,28	0,15	0,02	0,35	0,05	0,12	28	3,62
025	Свердлувальна	0,44	1,42	1,48	0,28	0,04	0,32	0,1	0,24	20	3,15
030	Центрошліфувальна	0,104	0,554	0,58	0,15	0,05	0,1	0,05	0,1	26	2,75
035	Круглошліфувальна	1,72	2,51	2,74	0,24	0,08	0,14	0,05	0,28	34	5,6
040	Доводочна	1,96	2,6	2,69	0,24	0,04	0,06	0,05	0,25	27	4,94

2.8 Визначення рівня механізації технологічного процесу

В малосерійному виробництві потрібно застосовувати універсальні верстати з механізацією і частковою автоматизацією завантаження, встановлення, закріплення і розвантаження деталей, робочих та холостих переміщень вузлів верстата з використанням копіювальних пристроїв і програмного керування.

Показник рівня механізації технологічних процесів розраховується за формулою:

$$d_{II} = \frac{\sum T_m}{\sum T_{um}},$$

де $\sum T_m$ - сума всього машинного часу, $\sum T_m = 12,811$ хв;

$\sum T_{um}$ - сума всього штучного часу, $\sum T_{um} = 39,332$ хв.

Отже,

$$d_{II} = \frac{12,811}{39,332} = 0,33 \text{ хв.}$$

Ступінь механізації визначається за формулою:

$$d_i = \frac{N_i^M}{\sum N_i},$$

де N_i^M - число механізованих і – тих компонентів (верстатів), $N_i^M = 10$ штук;

$\sum N_i$ - загальна кількість і – тих компонентів (верстатів), $\sum N_i = 16$ штук.

Отже, ступінь механізації:

$$d_i = \frac{10}{16} = 0,63.$$

2.9 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК

Зовнішній вигляд верстата HAAS TL-1 приведемо у вигляді рисунка 2.3, а його технічні характеристики - у вигляді таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Технічні характеристики верстата HAAS TL-1

<i>Розмір патрона</i>	254 мм
<i>Діаметр оброблюваної деталі, тах</i>	533 мм
<i>Діаметр оброблення, тах</i>	381 мм
<i>Довжина різання, тах</i>	826 мм
<i>Діаметр прутка, тах</i>	76 мм
<i>Міжцентрова відстань</i>	826 мм



Рисунок 2.3 – Токарний центр моделі HAAS TL-1

Розробимо керуючу програму механічного оброблення деталі «вісь» за допомогою програми CAMESPRIT.

Для розроблення програми на етапі токарної операції були виконані наступні дії:

1. Для завантаження у середовище Esprit створено 3D модель у середовищі SolidWorks (рис. 2.4).

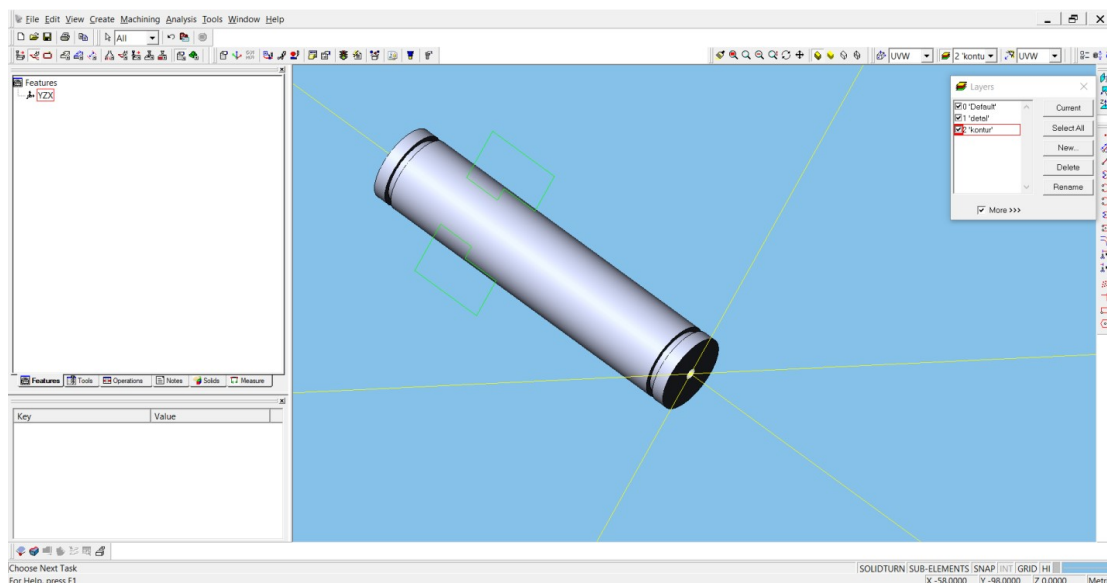


Рисунок 2.4 – 3D модель осі у середовищі Esprit

2. Спроектовано заготовку (рис 2.5)

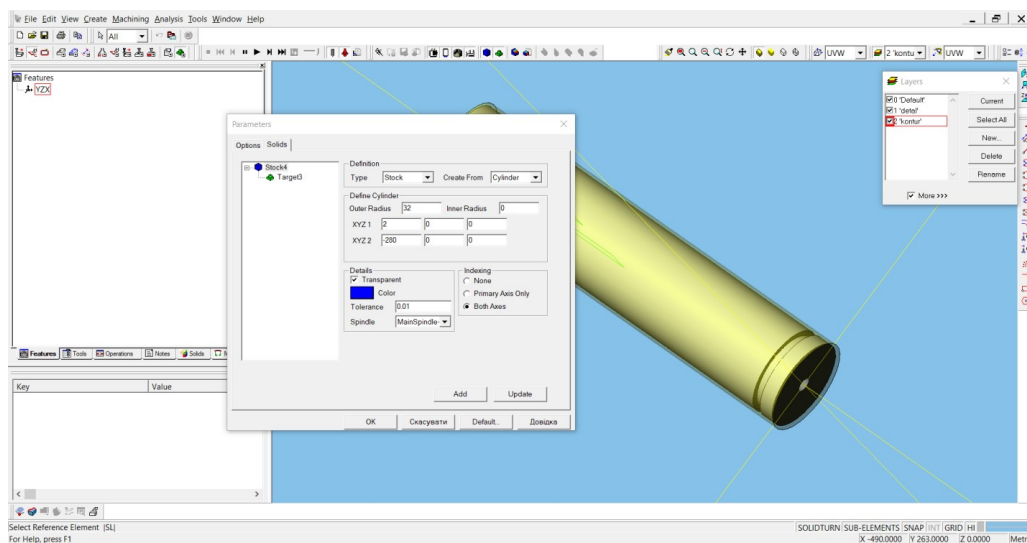


Рисунок 2.5 – Створення заготовки

3. Виконано розпізнання елементів профілю (рис. 2.6).

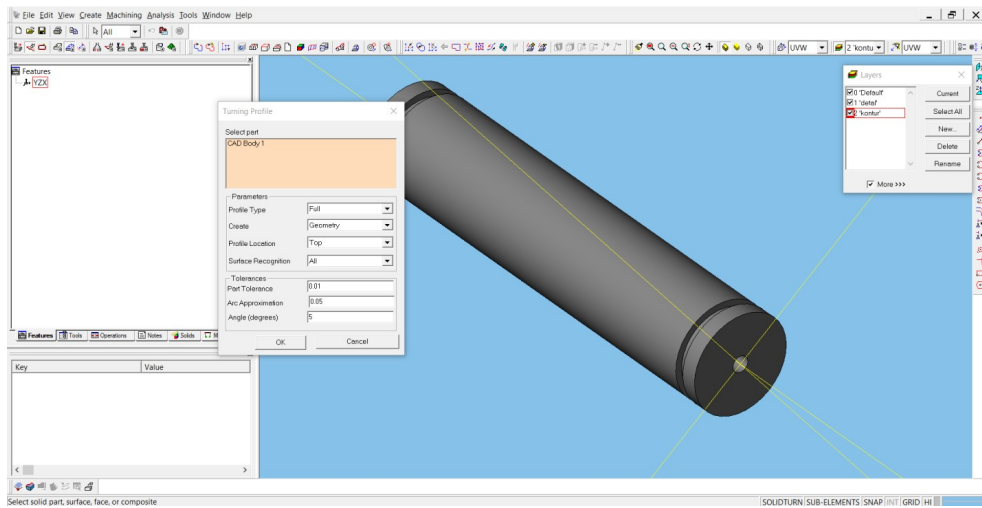


Рисунок 2.6 – Розпізнання в САМ Esprit елементів профілю

4. Вибрано вид оброблення – «Чернова обробка» (рис. 2.7).

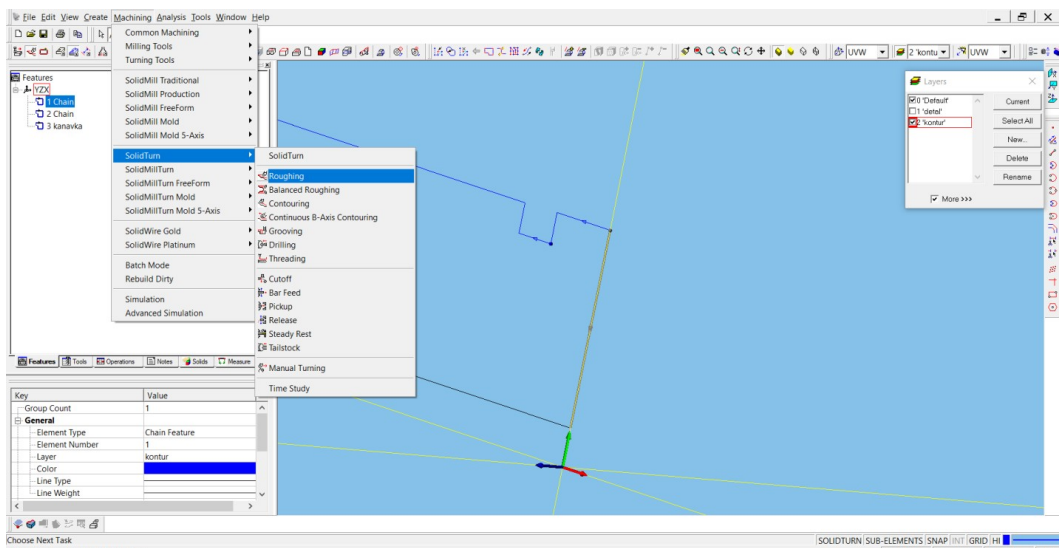


Рисунок 2.7 – Вибір виду оброблення

5. Вибрано металообробний інструмент та його параметри (рис. 2.8).

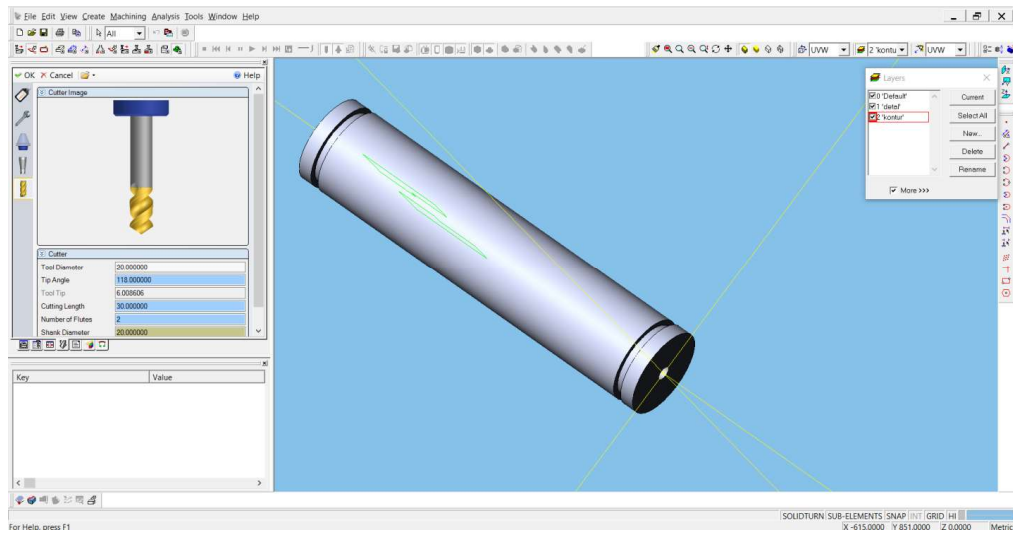


Рисунок 2.8 – Вибір металообробного інструменту

6. Вибрано режими різання (рис. 2.9).

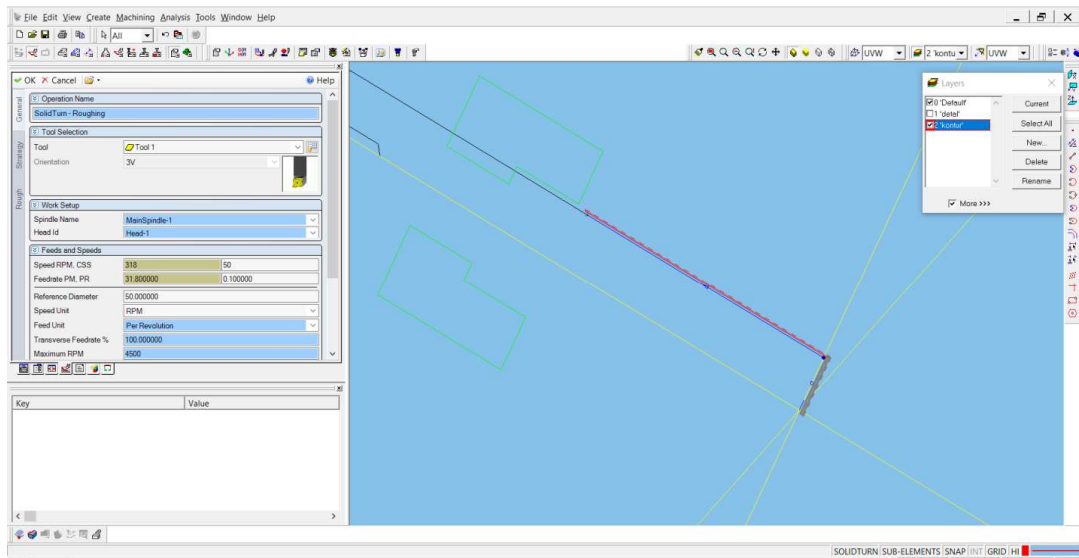


Рисунок 2.9 – Вибір режимів оброблення

7. Автоматично згенеровано траєкторію руху металорізального інструменту при обробленні контуру деталі (рис. 2.10).

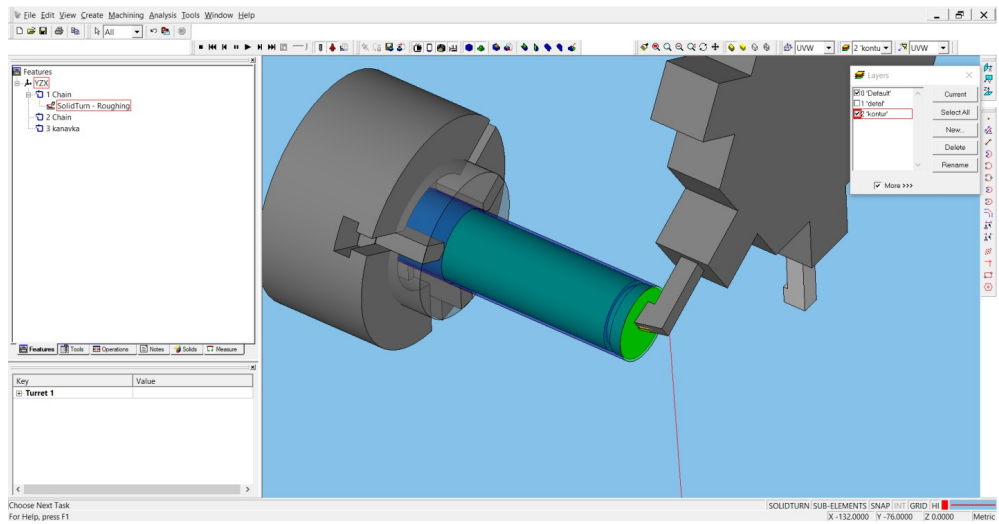


Рисунок 2.10 – Траєкторія руху металорізального інструменту при обробленні контуру вала-шестерні

8. Виконано автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодах за допомогою постпроцесора (рис 2.11).

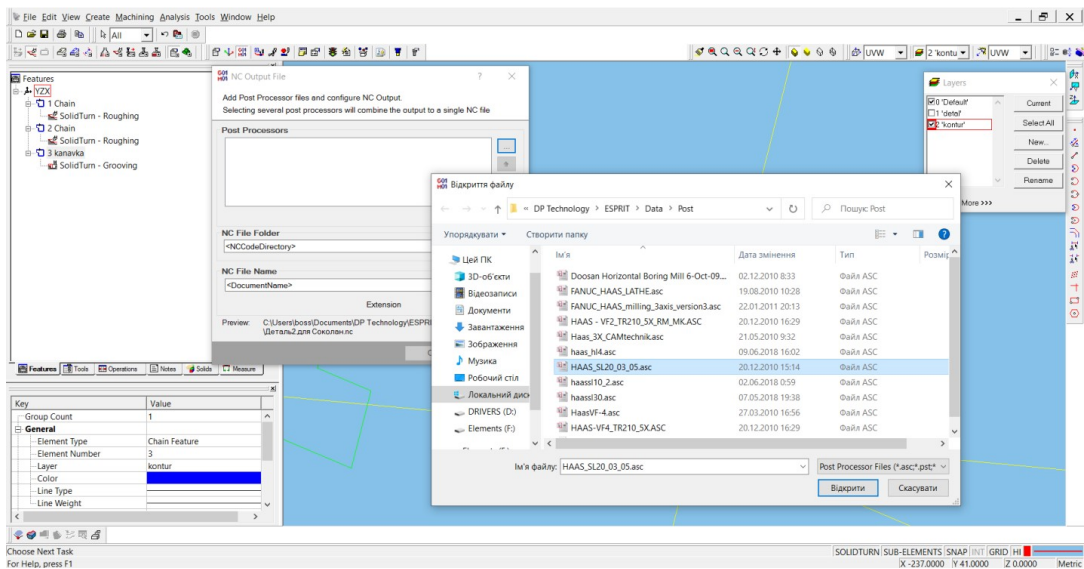


Рисунок 2.11 – Автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодї

Керуючу програму для операції 010 «Токарна з ЧПК» покажемо у додатку

В.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування верстатного пристрою для закріплення деталі при свердлуванні отворів $\varnothing 5^{+0,12}$

3.1.1 Вибір схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої

Використання пристроїв дозволяє підвищити продуктивність виробництва, точність механічної обробки, точність складання, дозволяє полегшити умови праці, безпеки життя та дає можливість зменшити собівартість.

Продуктивність при використанні пристроїв підвищується за рахунок зменшення циклу підготовки технологічного оснащення, тобто за рахунок скорочення строків підготовки виробництва нових виробів, машин.

При свердлуванні двох отворів $\varnothing 5^{+0,12}$ мм в якості установчих елементів використовується призма, на яку встановлюється деталь поверхнею $\varnothing 65f7$ мм, а торцем деталь встановлюється в упор і закріплюється прихватом за допомогою гвинта.

Приймаємо призму опорну із сталі 20Х, в якій $\alpha = 90^\circ$, $B = 140$ мм, $L = 50$ мм.

Приймаємо прихват ручний шарнірний із сталі 45 з HRC , 55 – 60.

Приймаємо гвинт натискний з рукояткою із сталі 45 з твердістю HRC , 55 – 60 з різьбою М18, $L = 120$ мм.

Схема базування наведена на рис. 3.1.

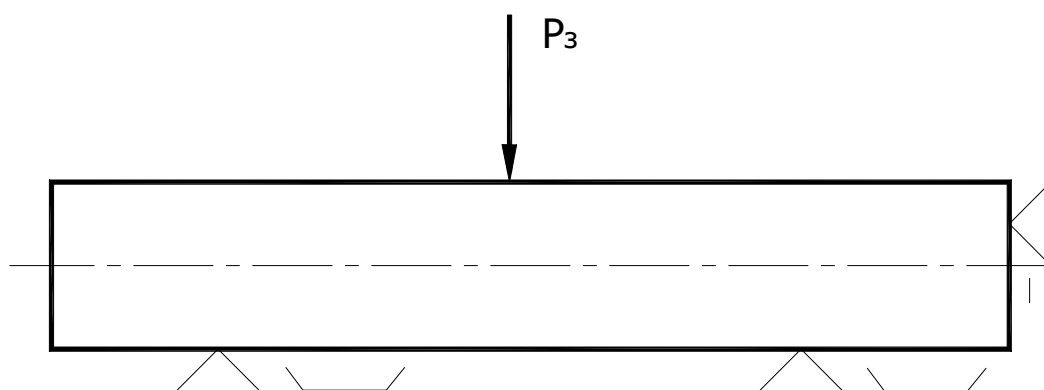


Рис.3.1 Схема базування деталі

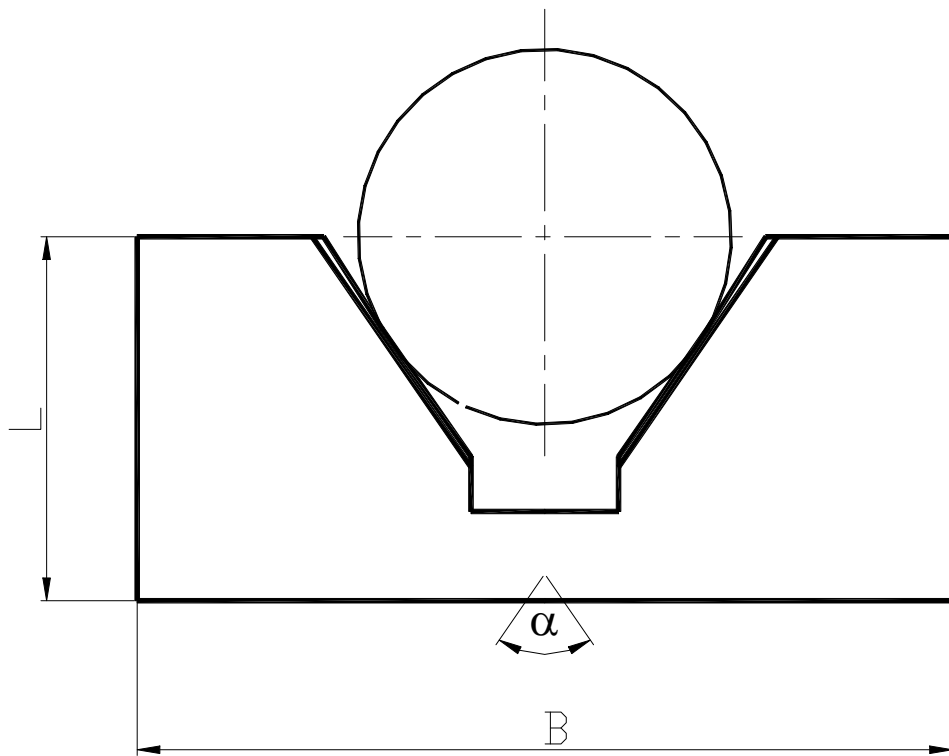


Рис. 3.2 Призма опорна

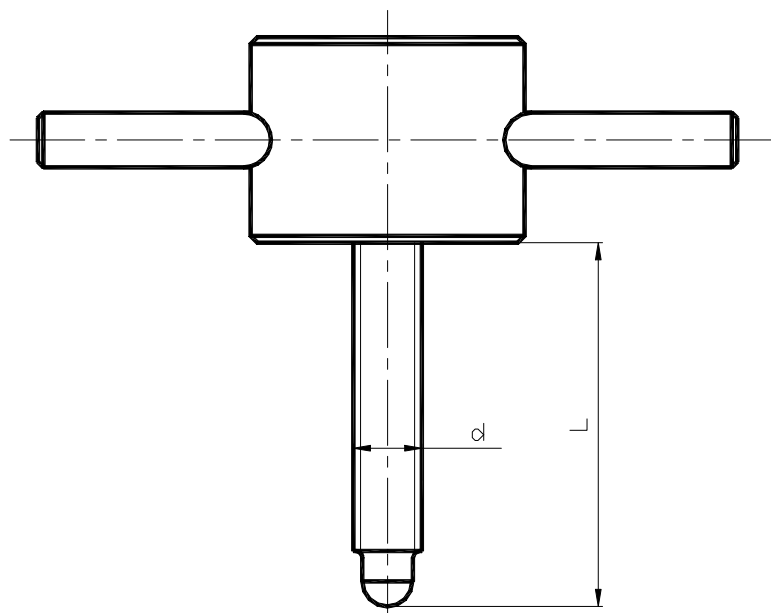


Рис. 3.3 Гвинт натискный

3.1.2 Розробка схеми затискування деталі

При свердлуванні двох отворів $\varnothing 5^{+0,12}$ мм на деталь діє 2 силових фактора: крутний момент і осьова сила. При даній схемі базування і закріплення буде впливати тільки крутний момент, тому що осьова сила діє вниз і буде сприйматись установчою поверхнею пристрою, який жорстко пов'язаний зі столом верстата.

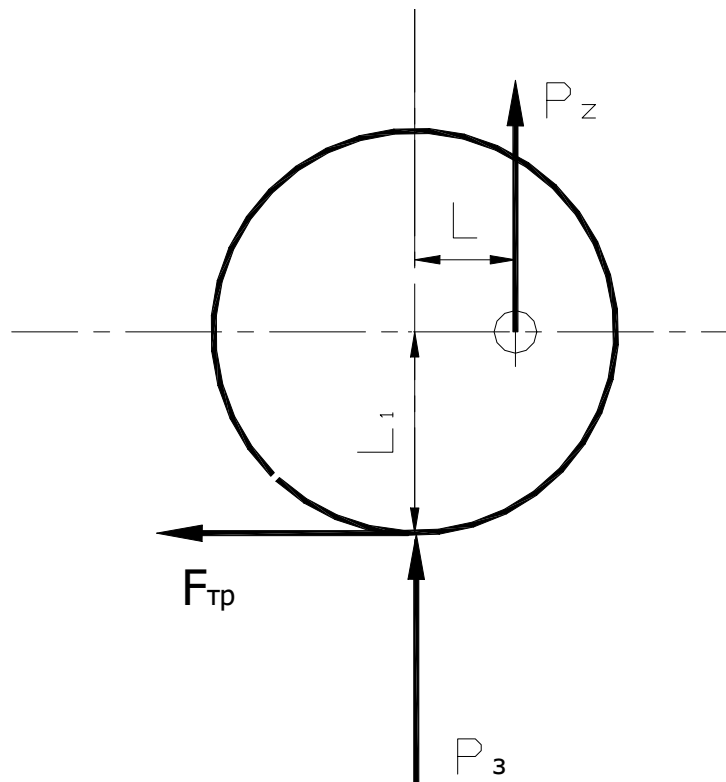


Рис. 3.4 Схема дії сил в свердлувальному пристрої

Умова статичної рівноваги оброблювальної деталі в пристрої має вигляд:

$$P_з = \frac{2 \cdot k \cdot M}{D_з \cdot f_2 - f_1 / \sin 0,5\alpha},$$

де D - діаметр заготовки, $D = 65$ мм;

M - крутний момент, $M = 1,42 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

f_1, f_2 - коефіцієнти тертя відповідно в місцях контакту заготовки з опорами і затискним механізмом, приймаємо $f_1 = f_2 = 0,16$;

α - кут призми, $\alpha = 90^0$;

k - коефіцієнт запасу, визначається за формулою:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6,$$

де $k_0 = 1,5$ - нормативний коефіцієнт запасу;

$k_1 = 1,2$; $k_2 = 1,15$; $k_3 = 1,0$; $k_4 = 1,3$; $k_5 = 1,0$; $k_6 = 1,0$.

Отже,

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,7.$$

Виконуємо розрахунок гвинтового механізму, якщо відома сила закріплення $P_3 = 264 \text{ Н}$. Затягування контролюється, вм'ятини на поверхні заготовки не допускаються.

При відомій $P_3 = 264 \text{ Н}$, приймаємо різьбу гвинта М8, з кроком $P = 1,25 \text{ мм}$, $d_1 = 6,647 \text{ мм}$, $d_2 = 7,188 \text{ мм}$, $\sigma_p = 49 \text{ МПа}$.

Визначається кут підйому різьби за формулою:

$$\alpha = \text{arctg} \frac{P}{\pi \cdot d_2},$$

$$\alpha = \text{arctg} \frac{1,25}{3,14 \cdot 7,188} = 3^0 10'.$$

Для метричних різьб половина кута при вершині різьби $\beta = 30^0$ і приведений кут тертя в різьбі $\varphi_{np} = 6^0 40'$.

Визначається ефективність самогальмування за умовою:

$$\eta \leq 0,4,$$

де η - коефіцієнт корисної дії гвинтової пари.

ККД гвинтової пари визначається за формулою:

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np})},$$

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} 3^{\circ}10'}{\operatorname{tg}(3^{\circ}10' + 6^{\circ}40')} = 0,32,$$

$$0,32 \leq 0,4.$$

Умова виконується, гвинтовий затискний механізм надійний проти самовідкручування.

Визначається момент, який потрібно приложити до гвинта для створення сили закріплення за формулою:

$$M = 0,5 \cdot P_z \cdot d_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}),$$

$$M = 0,5 \cdot 264 \cdot 7,188 \cdot \operatorname{tg}(3^{\circ}10' + 6^{\circ}40') = 165 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Головка гвинта відповідає вимогам ергономіки при довжині рукоятки 60 мм.

3.1.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність

При свердлування 2-х отворів $\varnothing 5^{+0,12}$ мм на вісь гвинта діє крутний момент, який намагається його зрізати, тому розрахунок проводиться, виходячи з умов міцності гвинта на зрізування.

Прийнято матеріал гвинта сталь 45, ДСТУ 7806:2015.

Умова міцності гвинта на зріз:

$$\tau = \frac{4 \cdot P_3}{\pi \cdot i \cdot d^2 \cdot n} \leq [\tau],$$

де i - кількість площин зрізу, $i = 1$;

d - діаметр гвинта, мм;

n - кількість елементів, $n = 1$;

$[\tau]$ - допустиме напруження матеріалу осі на зріз, $[\tau] = 50$ МПа.

З умови міцності гвинта визначається необхідний діаметр гвинта:

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot P_3}{\pi \cdot i \cdot n \cdot [\tau]}},$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 264}{3,14 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 50}} = 3 \text{ мм.}$$

Приймається діаметр різьби гвинта М8х1,25 мм.

3.1.4 Розрахунок пристрою на точність

В процесі установки заготовки виникають похибки базування і закріплення. Допустиму похибку пристрою розрахуємо за формулою:

$$\varepsilon_{np}^{\delta} = \delta - k \omega = 0,12 - 0,8 \cdot 0,025 = 0,1 \text{ мм,}$$

де $\delta = 0,12$ мм – допуск на розмір;

$k = 0,8$ – коефіцієнт, який враховує точність обробки;

$\omega = 0,025$ – коефіцієнт економічної точності обробки.

Розрахуємо похибку установки, яка виникає в даному випадку:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2},$$

де ε_{δ} – похибка базування мм;

ε_3 - похибка закріплення, яка з'являється внаслідок непостійності сили затиску;

ε_{np} - похибка пристрою.

Похибка базування деталі визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5TD \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right),$$

де TD - поле допуску на виконуємий розмір деталі, $TD = 0,12$ мм.

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5 \cdot 0,12 \cdot \left(\frac{1}{\sin 45^{\circ}} - 1 \right) = 0,025 \text{ мм.}$$

Похибка закріплення деталі визначається за формулою:

$$\varepsilon_3 = \left[\left(K_{Rz} \cdot R_z + \frac{K_{HB}}{HB} \right) + C_1 \right] \cdot \left(\frac{Q}{19,6 \cdot l} \right)^m,$$

де R_z - шорсткість поверхні, $R_z = 40$ мкм;

HB - твердість матеріалу, HB 240;

Q - сила, яка діє по нормалі до опори, $Q = 264$ Н;

l - довжина твірної, по якій проходить контакт, $l = 280$ мм;

K_{Rz} , K_{HB} , C_1 - коефіцієнти, $K_{Rz} = 0,005$, $K_{HB} = 15$, $C_1 = 0,215$;

m - показник степені, $m = 0,7$.

$$\varepsilon_3 = \left[\left(0,005 \cdot 40 + \frac{15}{240} \right) + 0,215 \right] \cdot \left(\frac{264}{19,6 \cdot 280} \right)^{0,7} = 0,057 \text{ мм.}$$

Похибка пристрою:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{виз}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_{ор.пр}^2},$$

де $\varepsilon_{виз} = 0,01$ - похибка виготовлення установчих елементів;

$\varepsilon_{зн} = 0,01$ мм - похибка зношування базових елементів;

$\varepsilon_{ор.пр} = 0,01$ - похибка орієнтації пристрою на верстаті.

Отже:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{0,01^2 + 0,01^2 + 0,01^2} = 0,017 \text{ мм.}$$

Розрахуємо фактичну похибку пристрою:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{0,025^2 + 0,057^2 + 0,017^2} = 0,065 \text{ мм}$$

Таким чином, з точки зору точності базування дану схему базування можна признати раціональною, оскільки виконується умова:

$$\varepsilon_{np} < \varepsilon_{np}^{\partial}. \quad (0,065 < 0,1).$$

3.1.5 Розроблення технічних умов на пристрій, компонування і опис його роботи

Виходячи із умов експлуатації та вимог до якості деталі, що отримується, до пристроїв, на яких проводиться операція свердлування, пред'являють наступні вимоги:

- рухомі частини пристрою повинні переміщуватись плавно, без заїдань;
- поверхні, що труться, змастити мастилом ЦИАТИМ 201;
- відхилення від співвісності елементів не повинно перевищувати встановлених величин;
- відхилення від паралельності поверхонь, якими пристрої базуються на столі верстата та по якій на пристрої базується заготовка, не повинно перевищувати встановленої величини.

Пристрій для свердлування 2-х отворів $\varnothing 5^{+0,12}$ мм складається із корпусної плити поз.7, на якій кріпиться призма поз.1 та шпильки поз.4, 9. Деталь встановлюється на опорну площину пристрою і базується за допомогою призми поз.1, після чого притискається прихватом поз.3, який шарнірно закріплений на шпильках поз.9 за допомогою штифтів поз.10 та затискається гвинтом поз.5 за допомогою рукояток поз.6. Призма до плити кріпиться гвинтом поз.12 та штифтом поз.11. Свердлування відбувається за допомогою кондукторних втулок поз.8, які кріпляться в прихваті за допомогою гвинта поз.14.

3.2 Проектування контрольно – вимірювального пристрою

3.2.1 Технічні умови і вимоги креслення, що підлягають контролю

В серійному виробництві на початкових операціях технологічних процесів виготовлення деталей контроль відхилень від циліндричності проводять універсальними вимірювальними засобами. На завершальних операціях виготовлення деталей відхилення від циліндричності зовнішніх поверхонь контролюють за допомогою кругломірів, точність контролювання яких може досягати 0,2 мкм. В разі відсутності таких приборів можливе застосування простіших вимірювальних засобів з використанням стандартних вимірювальних головок. Схема вимірювання деталі наведена на рис. 3.5.

Деталь 1 при контролюванні базується в центрах 2, які встановлені на повірочній плиті 3. Сійка 4 з вимірювальною головкою 5 підводиться до поверхні, що контролюється, деталь повертається вручну. Для підвищення точності і достовірності виконується до п'яти замірів в декількох різних перерізах.

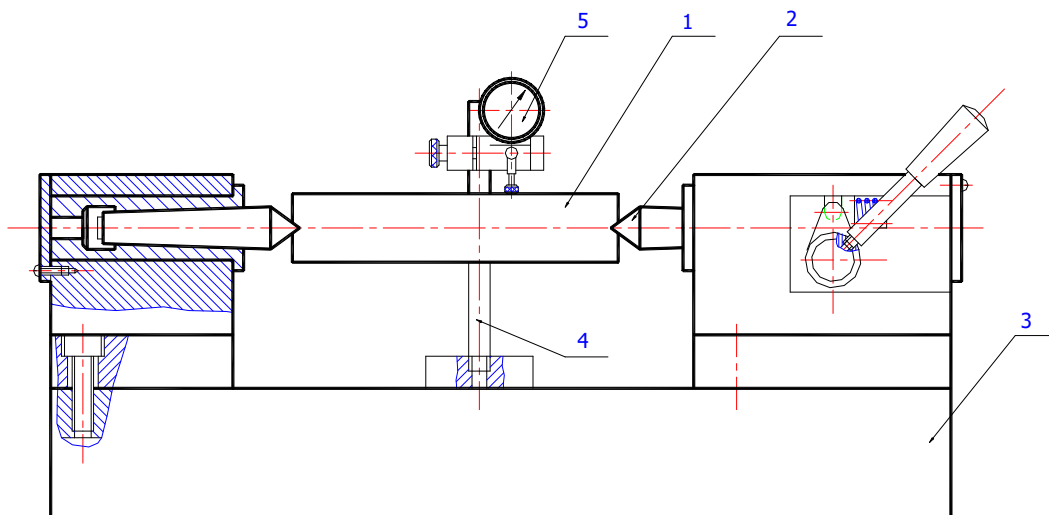


Рис. 3.5 Схема контролювання деталі

3.2.2 Розрахунок пристрою на точність

Сумарна похибка контрольно-вимірювального пристрою визначається за формулою:

$$\varepsilon = \frac{1}{k} \cdot \sqrt{(k_y \cdot \varepsilon_y)^2 + (k_n \cdot \varepsilon_n)^2 + (k_{p.c.} \cdot \varepsilon_{p.c.})^2},$$

де $\varepsilon, \varepsilon_y, \varepsilon_n, \varepsilon_{p.c.}$ - сумарна похибка вимірювання та її складові, зумовлені відповідно неточністю встановлення, налагодження та розмірного спрацювання робочих поверхонь щупів;

$k, k_y, k_n, k_{p.c.}$ - коефіцієнти відносного розсіювання відповідно для сумарної похибки та її складових.

Похибку розмірного налагодження як детерміновану (систематичну) величину можна винести з-під кореня та вилучити із сумарної похибки за допомогою внесення відповідної корекції у вимірювальну систему. Похибка розмірного спрацювання, зумовлена спрацюванням робочих поверхонь контрольно-вимірювальних щупів, є здебільшого дуже малою, оскільки зусилля притискання щупів до контрольованих поверхонь незначні, а самі робочі поверхні щупів достатньо стійкі проти спрацювання. Тому сумарну похибку контрольно-вимірювального пристрою здебільшого зумовлюють похибки встановлення виробів у пристрої. Взнявши до уваги викладене та склад похибки встановлення, маємо:

$$\varepsilon = \varepsilon_y = \frac{1}{k_y} \cdot \sqrt{(k_{\delta} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + (k_3 \cdot \varepsilon_3)^2 + (k_{np} \cdot \varepsilon_{np})^2}$$

де $\varepsilon_{\delta}, \varepsilon_3, \varepsilon_{np}$ - відповідно похибки базування, закріплення виробів у пристроях та виготовлення самих пристроїв, мм;

$k_{\bar{o}}$, k_z , k_{np} - коефіцієнти розсіювання перерахованих похибок.

У формулі дві останні складові похибки також можна вилучити із розрахунків, оскільки ε_{np} є величиною систематичною та може бути компенсована за допомогою еталонних мір чи спеціальних виробів під час налагодження пристрою, а похибка закріплення є дуже малою, тому що закріплення виробів у таких пристроях виконується за допомогою механізмів, що мають незначне зусилля затискання. Тому похибку контрольно-вимірального пристрою визначаємо як похибку базування деталі у пристрої за формулою:

$$\varepsilon = \varepsilon_{\bar{o}} < \eta \cdot T,$$

де η - коефіцієнт запасу, $\eta = 2,5$;

T - допуск на розмір, що контролюється, згідно завдання $T = 0,02$ мм.

Похибка базування визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\bar{o}} = T_{L_u} - \frac{T_{D_u}}{\operatorname{tg} \alpha},$$

де T_{L_u} - допуск на глибину лівого центрального отвору, згідно до ДСТУ ISO 286-2:2002 при $L = 11,5$ мм, $T_{L_u} = 0,07$ мм;

T_{D_u} - допуск на діаметр центрального гнізда, згідно до ДСТУ ISO 286-2:2002

$T_{D_u} = 0,07$ мм;

α - половина кута центрального гнізда, $2\alpha = 120^\circ$.

$$\varepsilon_{\bar{o}} = 0,07 - \frac{0,07}{\operatorname{tg} 60^\circ} = 0,029 \text{ мм.}$$

Для того, щоб зробити висновок про можливість контролювання спроектованим пристроєм, необхідно, щоб виконувалась умова:

$$\varepsilon = \varepsilon_{\bar{\sigma}} < \varepsilon_{np}^{\bar{\sigma}}$$

Умова виконується:

$$0,029 < 2,5 \cdot 0,02 ,$$

$$0,029 < 0,05 .$$

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Поняття промислового шуму

Основні почуття людини, слух і зір, відіграють найважливішу роль, яка дає змогу людині володіти звуковими та зоровими інформаційними полями.

З фізичної точки зору звук - це механічні коливання, що поширюються у вигляді хвиль у газоподібному, рідкому або твердому середовищі. Звукові хвилі виникають у разі порушення стаціонарного стану середовища під впливом на нього будь-якої сили.

Водночас шумом прийнято вважати всякий небажаний для людини звук. Таким чином, звукові хвилі можуть нести як корисну для оператора інформацію, наприклад, про перебіг технологічного процесу, так і чинити негативний (а іноді й шкідливий) вплив. Коливання середовища сприймаються як звук тільки в певній області частот (16 Гц - 20 кГц) і за звукових тисках, що перевищують поріг чутності людини.

Частоти коливань середовища, що лежать нижче і вище діапазону чутності, називаються відповідно інфразвуковими та ультразвуковими. Вони не мають відношення до слухових відчуттів людини і сприймаються як фізичні впливи середовища.

Знання фізичних закономірностей процесу випромінювання і поширення шуму дасть змогу ухвалювати рішення, спрямовані на зниження його негативного впливу на людину.

Промисловий шум – це сукупність різних шумів, що виникають у процесі виробництва, які несприятливо впливають на організм. Це поняття зазвичай розглядається з точки зору екології та медицини, тобто як загрозу життєдіяльності, а не як фактор, що заважає роботі, тому що постійний його вплив може завдати непоправної шкоди здоров'ю.

Традиційно, робочий шум був постійною небезпекою для працівників, зайнятих у сфері машинобудування і асоціювався тільки з погіршенням слуху.

Сучасні поняття охорони праці розглядають шум як загрозу безпеці та здоров'ю працівників багатьох професій з різних причин.

4.2 Розрахунок рівня шуму у приміщенні

Розрахунок рівня виробничого шуму проведемо за ДБН В.1.2-10:2021 «ЗАХИСТ ВІД ШУМУ ТА ВІБРАЦІЇ».

Таблиця 1. Дані для виконання розрахунку

Середнє квадратичне значення тиску в 1 точці, р, Па	Час дії	Середнє квадратичне значення тиску в 2 точці, р, Па	Час дії	Середнє квадратичне значення тиску в 3 точці, р, Па	Час дії	Середнє квадратичне значення тиску в 4 точці, р, Па	Час дії
3,5	9:00-12:30	7	12:00-14:00	12,5	9:30-17:30	15	12:00-18:00

Розрахунки відносно шуму в 1 точці:

а. інтенсивність звуку:

$$I = \frac{3.5^2}{410} = 0.0299 \text{ Вт/м}^2$$

б. рівень інтенсивність звуку:

$$L_1 = 10 * \log \frac{0.0299}{10^{-12}} = 104.75 \text{ дБ}$$

с. рівень звукового тиску:

$$L = 20 * \log \frac{3.5}{2 * 10^{-5}} = 104.86 \text{ дБ}$$

Розрахунки відносно шуму в 2 точці:

a. інтенсивність звуку:

$$I = \frac{7^2}{410} = 0.1195 \text{ Вт/м}^2$$

b. рівень інтенсивність звуку:

$$L_2 = 10 * \log \frac{0.1195}{10^{-1}} = 110.77 \text{ дБ}$$

c. рівень звукового тиску:

$$L = 20 * \log \frac{7}{2 * 10^{-5}} = 110.88 \text{ дБ}$$

Розрахунки відносно шуму в 3 точці:

a. інтенсивність звуку:

$$I = \frac{12.5^2}{410} = 0.3811 \text{ Вт/м}^2$$

b. рівень інтенсивність звуку:

$$L_3 = 10 * \log \frac{0.3811}{10^{-12}} = 115.81 \text{ дБ}$$

c. рівень звукового тиску:

$$L = 20 * \log \frac{12.5}{2 * 10^{-5}} = 115,92 \text{ дБ}$$

Розрахунки відносно шуму в 4 точці:

a. інтенсивність звуку:

$$I = \frac{15^2}{410} = 0.5488 \text{ Вт/м}^2$$

b. рівень інтенсивність звуку:

$$L_4 = 10 * \log \frac{0.5488}{10^{-12}} = 117.39 \text{ дБ}$$

с. рівень звукового тиску:

$$L = 20 * \log \frac{15}{2 * 10^{-5}} = 117.5 \text{ дБ}$$

Визначимо сумарний рівень інтенсивності звуку для:

a. 1 – го проміжку часу – з 9:00 – 9:30(0.5):

$$L_{\Sigma} = 104.75 \text{ дБ}$$

b. 2 – го проміжку часу – з 9:30 – 12:00(2.5):

$$L_{\Sigma} = 10 * \log(10^{0.1*104.75} + 10^{0.1*115.81}) = 116.14 \text{ дБ}$$

с. 3 – го проміжку часу – з 12:00 – 12:30(0.5):

$$L_{\Sigma} = 10 * \log(10^{0.1*104.75} + 10^{0.1*110.77} + 10^{0.1*115.81} + 10^{0.1*117.39}) = 120.33 \text{ дБ}$$

d. 4 – го проміжку часу – з 12:30 – 14:00(1.5):

$$L_{\Sigma} = 10 * \log(10^{0.1*110.77} + 10^{0.1*115.81} + 10^{0.1*117.39}) = 120.21 \text{ дБ}$$

e. 5 – го проміжку часу – з 14:00 – 17:30(3.5):

$$L_{\Sigma} = 10 * \log(10^{0.1*115.81} + 10^{0.1*117.39}) = 119.68 \text{ дБ}$$

f. 6 – го проміжку часу – з 17:30 – 18:00(0.5):

$$L_{\Sigma} = 117.39 \text{ дБ}$$

Визначимо еквівалентний рівень шуму:

$$L_{A \text{ екв}} = 10 * \log \left(\frac{0.5 * 10^{0.1*104.75} + 2.5 * 10^{0.1*116.14} + 0.5 * 10^{0.1*120.33} + 1.5 * 10^{0.1*120.21} + 3.5 * 10^{0.1*119.68} + 0.5 * 10^{0.1*117.39}}{0.5 + 2.5 + 0.5 + 1.5 + 3.5 + 0.5} \right) = 118.71 \text{ дБА}$$



Рис. 4.1 – Графік рівня шуму в різних часових проміжках

ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі наведено процес проектування технологічного процесу виготовлення деталі “вісь”.

В пояснювальній записці наведено техпроцес механічного оброблення заданої деталі, наведено метод отримання заготовки, та удосконалений технологічний процес із застосуванням сучасного обладнання та металорізального інструменту.

В даному технологічному процесі механічного оброблення деталі було впроваджено сучасні верстати з ЧПК фірми HAAS (США).

В дипломній роботі було виконано розрахунки припусків на механічне оброблення, для режимів різання та для вибору металорізального інструменту було застосовано програму Coro Plus Tool Guide від Sandvik Coromant.

Спроектовано верстатний пристрій для закріплення деталі при свердлуванні отворів $\varnothing 5^{+0,12}$ та контрольний пристрій для відхилень від циліндричності.

На токарну операцію з ЧПК з використанням HAAS TL-1 розроблено керуючу програму за допомогою САМ програми Esprit.

В розділі «Охорона праці» проаналізовано поняття виробничого шуму та проведено розрахунок рівня промислового шуму у приміщеннях за сучасною методикою, що відображена у ДБН В.1.2-10:2021 «ЗАХИСТ ВІД ШУМУ ТА ВІБРАЦІЇ».

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА ЗА ОСВІТНЬОЮ ПРОГРАМОЮ "ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ". Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт / В.П. Ткачук, В.Д. Каразей, В.В. Милько. Хмельницький: ХНУ, 2023 - 27 с.
2. ДСТУ 7806:2015 Прокат із легованої конструкційної сталі.
3. ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання.
4. ДСТУ ISO 603-5:2019 Абразиви зі зв'язкою. Розміри. Частина 5. Шліфувальні круги для плоского шліфування, торцеве шліфування (ISO 603-5:1999, IDT).
5. ДСТУ EN 1550:2018 Безпечність металорізальних верстатів. Вимоги щодо безпеки у разі проектування та виготовлення патронів для оброблюваних деталей (EN 1550:1997 + A1:2008, IDT).
6. ДБН В.1.2-10:2021 «ЗАХИСТ ВІД ШУМУ ТА ВІБРАЦІЇ».
7. ДСТУ 2232-93 Базування та бази в машинобудуванні. Терміни та визначення.
8. СТЗВО-ХПІ-2.01-2018. Дипломні проекти та дипломні роботи. Загальні вимоги до виконання <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/metodotdel/wp-content/uploads/sites/28/2019/10/STZVO-HPI-2.01-2018-SSONP.-Diplomni-proekti-ta-diplomni-roboti.-Zagalni-vimogi-do-vikonannya.pdf>.
9. СТЗВО-ХПІ-3.01-2018. Текстові документи у сфері навчального процесу <http://web.kpi.kharkov.ua/business/wp-content/uploads/sites/176/2018/03/STVUZ-HPI-3.01-2010.pdf>.
10. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт / І. І. Юрчишин, Я. М. Литвиняк, І. Є. Грицай, М. Л. Кукляк, Я. М. Кусий, В. В. Ступницький, В. А. Яцюк, А. М. Кук, Є. М. Махоркін, В. П. Свізінський / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.

11. Гордєєв А.І. Курсове та дипломне проектування з технології машинобудування та металорізальних верстатів: Навчальний посібник / А.І. Гордєєв, Є.А. Урбанюк, А.Є. Безносів, В.Г. Мігаль. – Хмельницький: ХНУ, 2005. – 294 с.
12. Горбатюк Є.О., Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник - Львів: "Новий Світ - 2000 " , 2012 . - 358 с.
13. Добрянський, С.С. Технологічні основи машинобудування [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафєєв ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. — Київ : 2020. — 379 с. https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/32136/1/2020_Dobrianskyi_Malafieiev_TOM.pdf
14. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 386 с.
15. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. Т1. / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова ,А.Г. Сулова Т.1 / [А.М. Дальский и др.]. –М.: Машиностроение-1, 2001 – 912с.
16. Справочник технолога-машиностроителя : в 2-х т. Т2. / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова/ [А.М. Дальский и др.].–М.: Машиностроение — 1, 2001 – 944с.
17. Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В.О. Залога, О.О. Залога, В.Д. Гончаров;за загальн. ред. В.О. Залоги. – Суми: Сумський державний університет,2013. – 371 с.
18. <https://www.sandvik.coromant.com/> (вибір металорізального інструм.)
19. Кириченко Л. С., Мережко Н. В. Основи стандартизації, метрології, управління якістю : навч. посіб. Київ: Київ. нац. торг-екон. ун-т, 2011. 446 с.