

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Технологія виготовлення деталі "Стакан 851-07" з використанням
верстатів з ЧПК


Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механічна інженерія
Шифр і назва галузі знань

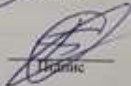
Спеціальність 131 прикладна механіка
Шифр і назва спеціальності
Назва

Освітня програма «технології машинобудування»
Назва


Шифр ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ

Виконав студент 4 курсу група ПМТ-20-1 
Шифр Підпис Микола МОЛОДЦОВ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник канд. техн. наук, доцент 
Науковий ступінь, звання Підпис Володимир МИЛЬКО
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент 
Підпис Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри технології машинобудування 
Назва Підпис Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата «24» 06 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування
Рівень вищої освіти перший (бакалавр)
Галузь знань 13 механічна інженерія
Шифр і назва
Спеціальність 131 прикладна механіка
Шифр і назва
Освітня програма «технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМ

 Віталій ТКАЧУК

1.03.2024

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

Молодцов Микола Миколайович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Технологія виготовлення деталі "Стакан 851-07" з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Милько Володимир Володимирович, к.т.н., доцент

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

Затверджено наказом ректора університету від 15 лютого 2024 р. № 18

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2024

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) креслення деталі «Стакан 851-07» та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску 2 тис.

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

Вступ

1. Загальний розділ
2. Технологічний розділ
3. Конструкторський розділ
4. Охорона праці

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

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ _____

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

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

Назва кваліфікаційної роботи технологія виготовлення деталі "Шасо"

Автор Микола Мельничук

Освітня програма "Технологія машинобудування"

Спеціальність: 131 Проєктування механізмів

Науковий керівник: Микола Володимир

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, 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:	

Підтвердження:

робота оригінальна і допускається
до захисту.

Дата _____

Завідувач кафедри _____

Підпис

Вікторія Бєлук
Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми _____

Підпис

Мельничук А.А.
Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи _____

Підпис

Володимир МЦАКО
Ім'я, прізвище

Завідувачу кафедри

технології машинобудування
В. Лавно Г. КИЦЮК

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

Микола Молодцова

ЗАЯВА

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

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

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

20.06.2024

дата



підпис

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проєкт студента Миколи МОЛОДЦОВА

Тема роботи: Технологія виготовлення деталі "Стакан 851-07" з використанням верстатів з ЧПК

У дипломному проєкті студент проаналізував конструкцію обраної деталі, її технологічність та визначив тип виробництва.

Вибрав (економічно обґрунтувавши) метод виготовлення заготовки, а в подальшому був розроблений маршрутний і технологічний процес механічного оброблення стакана з використанням сучасного м/р устаткування з ЧПК. Згідно виданого завдання розраховані припуски на обробку, визначені режими різання, норми штучного часу. Всі прийняті рішення технологічного розділу підкріплені відповідними розрахунками і виконані на високому рівні. За допомогою САМ-паketу Esprit створено програму оброблення на токарному верстаті з ЧПК фірми HAAS.

У конструкторському розділі розроблено конструкцію технологічного оснащення - кулачкове фланцеве оправлення за ДСТУ 2752-94 для токарної операції. Визначено сили закріплення та точність встановлення деталі.

Розділи розрахунково-пояснювальної записки оформлені з виконанням основних вимог ДСТУ на досить високому рівні.


Все це свідчить про високий професійний рівень здобувача як сформованого молодого спеціаліста.

Вагомих недоліків у дипломній роботі не виявлено.

Проте бажано було б виконати концентрацію операцій та застосувати токарно-фрезерний верстат з ЧПК.

Дипломна робота, виконана згідно завдання, в повному обсязі на достатньому технічному рівні заслуговує оцінки «добре».

Рецензент: _____

 АВ Дука

« 20 » « червня » 2024 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Молодцов Микола Миколайович на захист дипломного проєкту (роботи)

(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі "Стакан 851-07" з використанням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету


(підпис)

ВІКТОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ
(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Молодцов М. М. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2020 по 2020 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 3,33 %, задовільно 96,67 %.

шкалою ЄКТС: А 0,00 %, В 0,00 %, С 7,69 %, D 26,92 %, Е 65,38 %.

Методист факультету


(підпис)

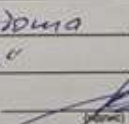
(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Молодцов Микола Миколайович виконав завдання дипломної роботи на предмет механіки та технології виготовлення деталі "Стакан 851-07" з графіком.

Оцінка дипломного проєкту (роботи) добре

Керівник дипломного проєкту


(підпис)

Володимир МІЛАНКО
(ім'я, прізвище)

14.06 2024 р.

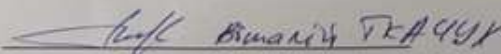
ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

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

Завідувач кафедри

технології машинобудування

(ім'я)


(підпис, ім'я, прізвище)

10.06 2024 р.

Реферат

Дипломного проекту на тему:
Технологія виготовлення деталі «Технологія виготовлення деталі " Стакан
851-07" з використанням верстатів з ЧПК»

Здобувач: Микола МОЛОДЦОВ
Керівник: к.т.н., доцент Володимир МИЛЬКО

Загальна інформація: - Обсяг: 61 сторінка; - Ілюстрації: 22 рисунки; -
Таблиці: 6 таблиць; - Джерела: 19 джерел; - Додатки: 4 додатки

Ключові слова: технологічність, базування, операція, свердління,
оснастка.

Ціль дипломної роботи: розробка технологічного процесу виготовлення
деталі типу «стакан».

У процесі розробки проводилися: визначення припусків, розрахунок
режимів різання, розрахунок норм часу, конструювання оснащення, аналіз
отриманих результатів.

В результаті проектування: було визначено припуски, підбрано режими
різання та призначено норми часу, а також сконструйовано розжимне
оправлення для подальшої механічної обробки.

Автор: Микола МОЛОДЦОВ
/Підпис/

ЗМІСТ

Вступ	6
ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Завдання	8
1.2 Аналіз технологічності деталі	8
1.3 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	9
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	10
2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки	10
2.2 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі	11
2.3 Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні	17
2.4 Розрахунок режимів різання та норм часу	18
2.5 Нормування технологічних операцій	31
2.6 Розробка програми для керування верстатом з ЧПК за допомогою САМ програми	34
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	39
3.1 Проектування верстатного пристрою для закріплення деталей при свердлуванні	39
3.2 Габаритні розміри розтискної оправки	39
3.3 Розрахунок моментів сил різання та тертя	40
3.4 Розрахунок зусилля закріплення	42
3.5 Розрахунок умови самогальмування клина	45
3.6 Проектування калібра-пробка Ø60H7	48
ОХОРОНА ПРАЦІ	50
4.1 Аналіз шкідливих факторів виробничого середовища	50
4.2 Обґрунтування заходів щодо зниження рівнів впливу небезпечних і шкідливих факторів на працюючого	52
ВИСНОВКИ	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розроб.		М.Молодцов			Технологія виготовлення деталі "Стакан 851-07" з використанням верстатів з ЧПК	Літера	Аркуш	Аркушів
Перев.		В. Милько				н	5	
Н. контр.		С. Бись			ХНУ			
Затв.		В. Ткачук			гр. ПМТ-20-1			

ВСТУП

Машинобудування традиційно є провідною галуззю економіки. Розвиток машинобудування є як розробкою принципово нових конструкцій машин, так і вдосконалення технологій їх виготовлення. Часто саме технологічність конструкції визначає, чи буде вона широко використовуватись.

У сучасні технології машинобудування розвиток відбувається за наступними напрямками:

- підвищення можливостей якості та економічності засобів технологічного оснащення (високопродуктивні верстати, інструмент з підвищеною стійкістю);
- створення максимально ефективних маршрутів технологічних процесів;
- використання ефективної системи управління та планування виробництва;
- комплексна автоматизація виробництва, що включає розробку конструкції виробів, технологічне проектування, календарне планування та інше.

Виправдане застосування прогресивного обладнання та інструменту здатне навести до значного зниження собівартості продукції та трудомісткості її виробництва. До таких же результатів може привести і використання досконалих методів одержання заготовок з мінімальними припусками під механічну обробку. У деяких випадках доцільно знижувати технологічність виробу для підвищення якості продукції, що може значно підвищити конкурентоспроможність продукції та компенсувати додаткові витрати. Прагнення до технологічності в жодному разі не повинно призводити до погіршення властивостей виробу нижче конструктивно заданих.

Критерії побудови ефективних маршрутів технологічного процесу залежать від типу виробництва та можливості підприємства. Одним з найбільш відомих критеріїв є принцип сталості баз. Маршрут повинен бути розрахований так, щоб можливості обладнання були максимально використані.

Авторизація виробництва на всіх його етапах дозволяє суттєво скоротити час підготовки виробництва, впровадження нових виробів, зменшити та впорядкувати

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		10

документообіг, оперативно вносити виробі у діючі технологічні процеси. Зараз вже високотехнологічні виробництва (авіа– та автомобілебудування) не можуть залишатися на конкурентному рівні без комплексних систем автоматизації.

У дипломному проєкті вирішується завдання щодо створення ефективного технологічного процесу виготовлення деталі. Технологічний процес розробляється для умов серійного виробництва.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Завдання

Розробити технологічний процес виготовлення деталі “Стакан”. Креслення деталі представлено на рис. 1.1. Річна програма випуску 2000 штук.

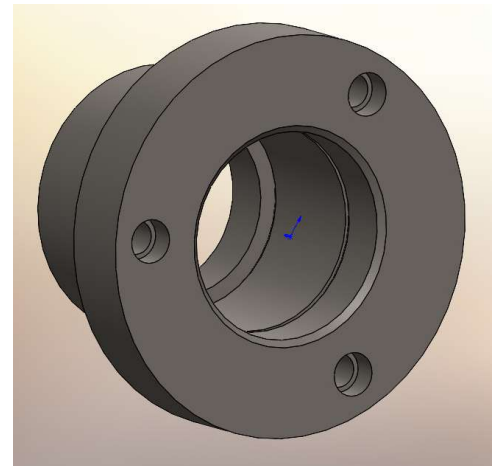
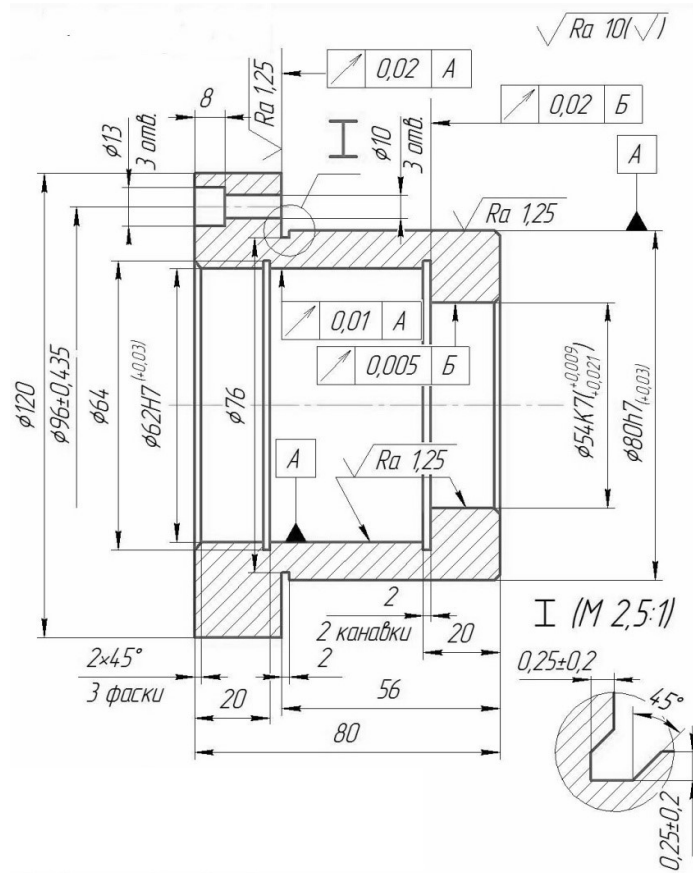


Рисунок 1.1 – Креслення деталі

1.2 Аналіз технологічності деталі

Аналізуючи параметри точності розмірів деталі, можна помітити, що на поверхні призначені відносно грубі допуски, що дозволяє використовувати звичайне обладнання та простий вимірювальний інструмент. Наявність точних отворів $\varnothing 62H7^{(+0,03)}$, $\varnothing 54K7^{(+0,009/-0,021)}$, та точного валу $\varnothing 80h7_{(-0,03)}$, а також шорсткості $\sqrt{Ra 1,25}$ передбачає використання операції, що забезпечує високу точність розміру.

Радіальне биття щодо базових поверхонь не повинно перевищувати від 0,005 до 0,01 мм.

Також на кресленні позначений матеріал сталь **40Х**. Отримання заготовки здійснюється штампуванням. Програма випуску деталей складає 2000 штук.

1.3 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Сучасне виробництво, враховуючи широту номенклатури, регулярність, стабільність та обсяг випуску виробів, поділяється на такі типи: одиничне, серійне, масове. Від типу виробництва значною мірою залежить і характер технологічного процесу та її побудова.

З довідника для деталі з масою $M = 2,46$ кг та заданою програмою випуску 5000 прим. визначаємо тип виробництва – серійне.

Серійне виробництво характеризується багаторазовим випуском продукції обмеженої номенклатури партіями (серіями) через певні проміжки часу. Залежно від розміру партії розрізняють дрібносерійне, середньoserійне і великосерійне виробництво.

Особливостями серійного виробництва є можливість спеціалізації робочих місць для виконання кількох подібних технологічних операцій, а також застосування спеціального обладнання та технологічного оснащення поряд з універсальним. Крім того, широко застосовується праця робітників середньої кваліфікації, обладнання та виробничі площі використовуються більш ефективно, знижуються витрати на оплату праці, порівняно з одиничним виробництвом,

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		13

4 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки

Вид заготовки може бути різним: прокат, вилівка, ковка або штампування. У дрібносерійному виробництві тип заготовки визначається її мінімальною вартістю, тобто спосіб одержання заготовки повинен унеможливлувати витрати на підвищення її якості за рахунок зменшення припуску на обробку. Сталеві деталі виготовляють здебільшого з прокатних заготовок, рідко використовуються поковки, а штамповані або пресовані заготовки не використовують взагалі. Литі заготовки (включаючи чавун і сталь) використовують лише тоді, коли їх неможливо отримати іншими способами. Це пов'язано з тим, що виробництво матриць для кування, штампування та штампування, а також моделей для лиття вимагає багато грошей і часу.

Техніко-економічне порівняння двох варіантів вибору заготовки (на ЕОМ)

Параметр	Перший варіант	Другий варіант
Вид отримання заготовки	прокат	штампування
Маса заготовки, кг	5,2	3,54
Маса деталі, кг	2,46	2,46
Програма випуску, шт	2000	2000
Вартість 1-ї тони відходів, грн	3000	3000
Базова вартість 1-ї тони заготовок, грн	17000	57300

Рисунок 2.1 – Порівняння двох варіантів вибору заготовок за допомогою програми “Vartist”

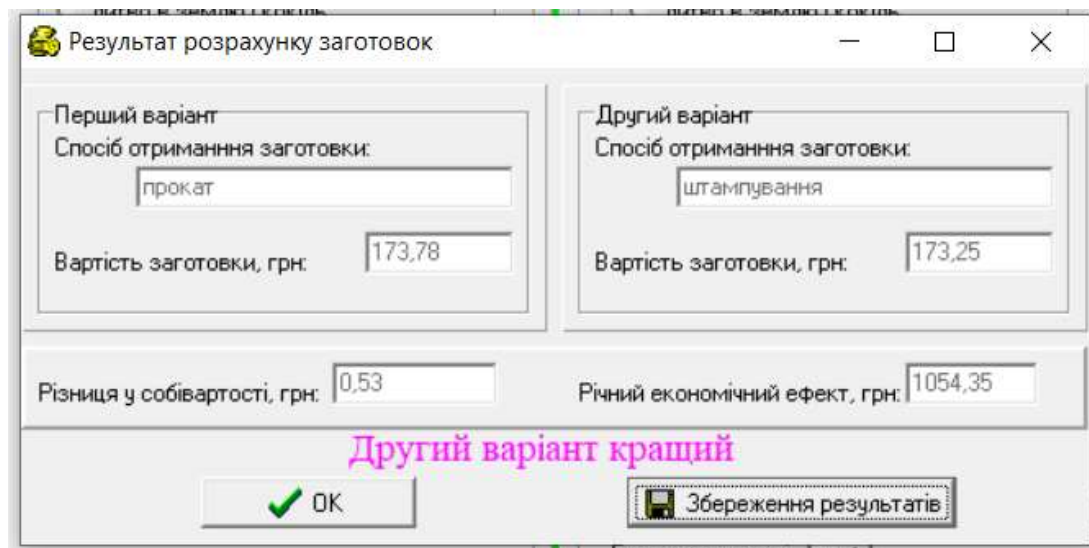


Рисунок 2.2 – Результат розрахунків програмою “Vartist”

Таким чином, оптимальним варіантом отримання заготовки буде штампування.

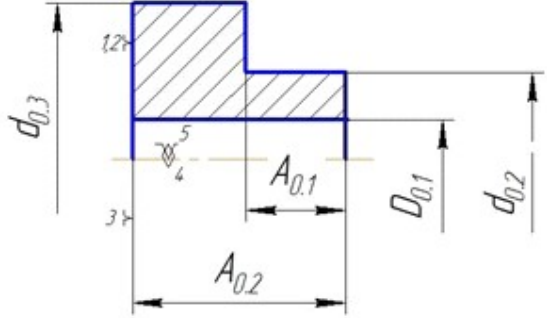
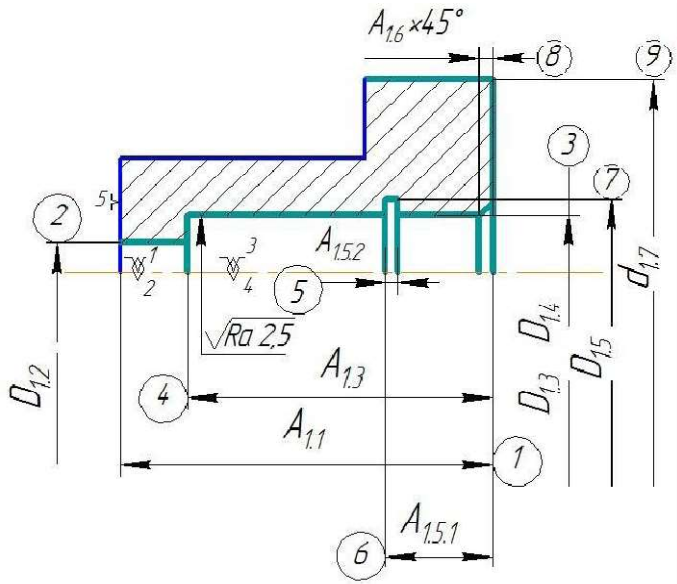
2.2 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі

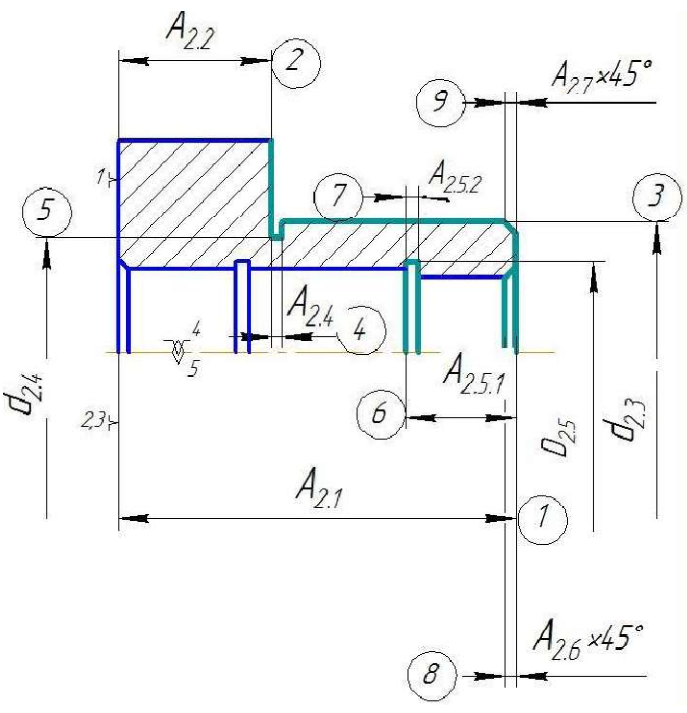
Маршрут технології виготовлення деталі типу “Фланець” представлений у табл.

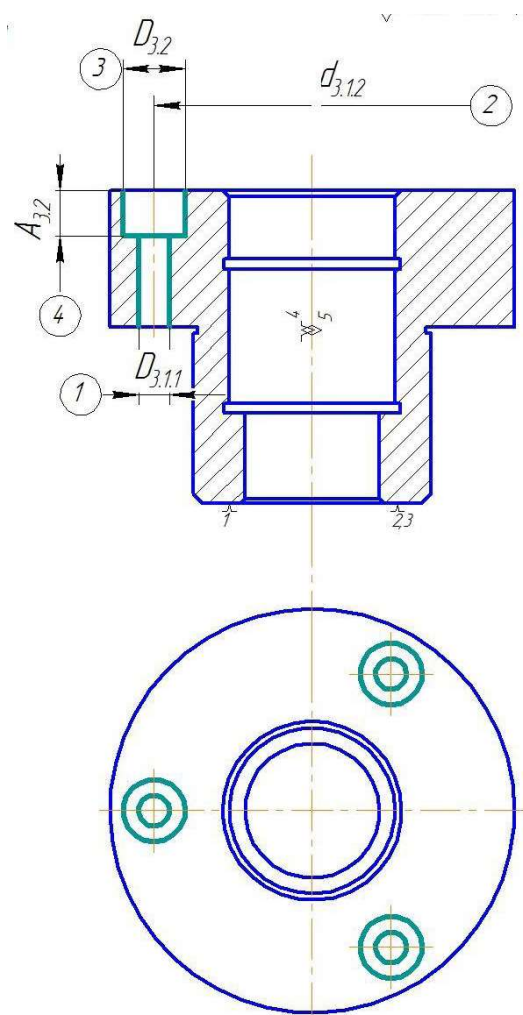
2.1. Попередній маршрут включає в себе схеми базування заготовки, що витримує технологічні розміри, а також тексти переходів та їх ескізи.

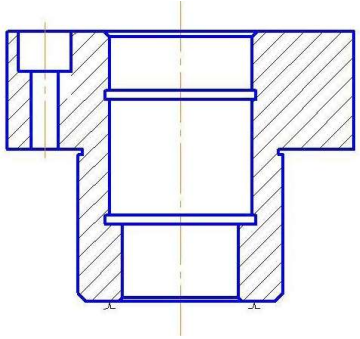
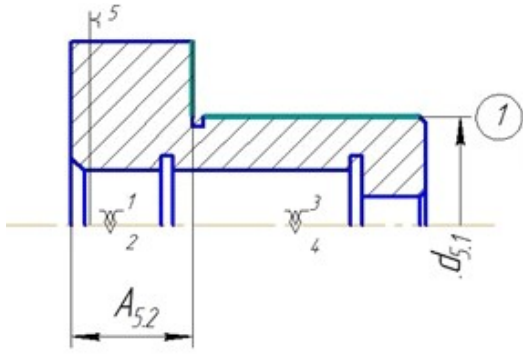
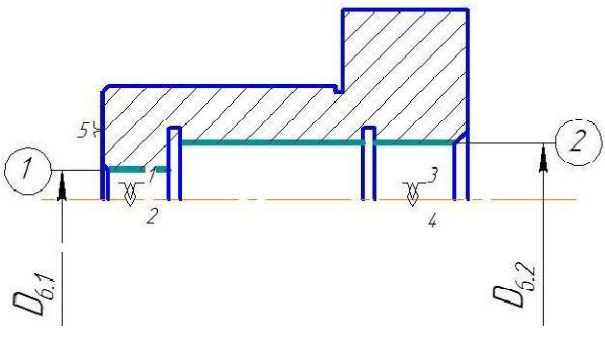
Таблиця 2.1 – Маршрут обробки

Назва операції та її зміст	Операційний ескіз
Операція 005 (заготівельна) Штампування	$\sqrt{Rz 150}$

Назва операції та її зміст	Операційний ескіз
	
<p>Операція 010 (токарна з ЧПУ)</p> <p>0. Встановити та зняти заготовлю</p> <p>1. Обточити торець 1 витримуючи розмір $A_{1.1}$.</p> <p>2. Розточити поверхню 2 до діаметру $D_{1.2}$ на прохід.</p> <p>3. Розточити поверхню 3 до діаметру $D_{1.2}(h12)$ витримуючи розмір $A_{1.3}$.</p> <p>4. Розточити поверхню 3 до діаметру $D_{1.4}(h9)$ витримуючи розмір $A_{1.4}$.</p> <p>5. Розточити канавку 7 діаметром $D_{1.5}$ витримуючи розміри</p>	<p>$\sqrt{Ra 10(V)}$</p> 

Назва операції та її зміст	Операційний ескіз
<p>$A_{1.5.1}$ і $A_{1.5.2}$.</p> <p>6. Розточити фаску 8 витримуючи розмір $A_{1.6}$.</p> <p>7. Обточити зовнішній діаметр 9 до $d_{1.7}$ на прохід</p>	
<p>Операція 015 (токарна з ЧПУ)</p> <p>0. Встановити та зняти заготовлю на розтискну оправку</p> <p>1. Обточити торець 1 витримуючи розмір $A_{2.1}$.</p> <p>2. Підрізати торець 2 до $\varnothing d_{2.3}$ витримуючи розмір $A_{2.2}$.</p> <p>3. Обточити поверхню 3 до $\varnothing d_{2.3}$ витримуючи розмір $A_{2.2}$.</p> <p>4. Обточити канавку 4 на глибину $d_{2.4}$ витримуючи розміри $A_{2.2}$ і $A_{2.4}$.</p>	<p>$\sqrt{Ra 10(V)}$</p>  <p>The drawing shows a stepped shaft with the following features and dimensions:</p> <ul style="list-style-type: none"> Feature 1: The total length of the shaft is $A_{2.1}$. Feature 2: The length of the first step is $A_{2.2}$. Feature 3: The diameter of the second step is $d_{2.3}$. Feature 4: A groove with a depth of $d_{2.4}$ and a width of $A_{2.4}$ is located on the first step. Feature 5: The diameter of the first step is $d_{2.4}$. Feature 6: The diameter of the third step is $d_{2.5}$. Feature 7: The length of the third step is $A_{2.5.1}$. Feature 8: A chamfer with a diameter of $d_{2.3}$ and a length of $A_{2.6} \times 45^\circ$ is at the end of the shaft. Feature 9: A chamfer with a diameter of $d_{2.3}$ and a length of $A_{2.7} \times 45^\circ$ is at the other end of the shaft.

Назва операції та її зміст	Операційний ескіз
<p>5. Розточити канавку 7 до $D_{2.5}$ витримуючи розміри $A_{2.5.1}$ і $A_{2.5.2}$.</p> <p>6. Розточити фаску 8 витримуючи розмір $A_{2.6}$.</p> <p>7. Обточити фаску 9 витримуючи розмір $A_{2.7}$.</p>	
<p>Операція 020 (вертикально–свердлильна з ЧПК)</p> <p>Установка А</p> <p>0. Встановити та зняти деталь. Встановити кондукторну плиту.</p> <p>1. Свердлити на прохід по черзі 3 отвори $D_{3.1.1}$ (H14) витримуючи розмір $D_{3.1.2}$.</p> <p>Установка Б</p> <p>0. Зняти кондукторну плиту.</p> <p>1. Зенкувати по черзі 3 отвори $D_{3.2}$ (H14)</p>	<p>$\sqrt{Ra 10(V)}$</p> 

Назва операції та її зміст	Операційний ескіз
витримуючи розміри $d_{3.1.2}$ і $A_{3.2}$.	
Операція 025 (термічна) Загартувати та відпустити до $HRC\ 42 \dots 46$	
Операція 030 (круглошліфувальна) 0. Встановити та зняти деталь на розжимну оправку. 1. Шліфувати поверхню 1 до $d_{5.1}$ витримуючи розмір $A_{5.2}$.	$\sqrt{Ra\ 1,25}$ 
Операція 035 (шліфувальна всередині) 0. Встановити та зняти деталь у цанговий патрон. 1. Шліфувати поверхню	$\sqrt{Ra\ 1,25}$ 

Назва операції та її зміст	Операційний ескіз
1 до $D_{6.1}$. 2. Шліфувати поверхню 2 до $D_{6.2}$.	

2.3 Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні

Існує два методи визначення мінімальних припусків на обробку: нормативний та розрахунковий аналітичний [7].

При нормативному методі значення $z_{i \min}$ знаходять безпосередньо за таблицями, які складені шляхом узагальнення та систематизації виробничих даних.

При розрахунково-аналітичному методі $z_{i \min}$ знаходять шляхом підсумовування окремих складових, що дозволяє найповніше врахувати конкретні умови обробки.

Розрахунок мінімальних значень для діаметральних припусків робимо користуючись формулою:

$$z_{i \min}^D = 2 \cdot \left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (2.1)$$

де $z_{i \min}^D$ – мінімальний припуск на діаметр для обробки, яка розглядається, мкм;

$R_{z_{i-1}}$ – шорсткість поверхні після попередньої обробки, мкм;

h_{i-1} – товщина дефектного шару після попередньої обробки, мкм;

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\phi_{i-1}}^2 + \rho_{p_{i-1}}^2} \quad (2.2)$$

сумарне просторове відхилення форми та розташування поверхні, яке отримане на попередньому переході, мкм;

де $\rho_{\phi_{i-1}}$ – похибка форми поверхні, яка отримана на попередньому переході;

$\rho_{p_{i-1}}$ – похибка розташування поверхні, яка отримана на попередньому переході.

$$\varepsilon_{\phi_i} = \sqrt{\varepsilon_{a_i}^2 + \varepsilon_{\phi_i}^2}, \quad (2.3)$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		20

похибка установки та закріплення перед аналізованою обробкою (під час розглядаємої обробці).

$$Z_{12\min}^D = 2 \cdot (200 + 300 + \sqrt{12500 + 12100}) = 1313 \text{ мкм};$$

$$Z_{14\min}^D = 2 \cdot (40 + 50 + \sqrt{464}) = 223 \text{ мкм};$$

$$Z_{17\min}^D = 2 \cdot (250 + 300 + \sqrt{11600 + 10000}) = 1394 \text{ мкм};$$

$$Z_{23\min}^D = 2 \cdot (250 + 300 + \sqrt{11600 + 6400}) = 1368 \text{ мкм};$$

$$Z_{51\min}^D = 2 \cdot (40 + 50 + \sqrt{234}) = 211 \text{ мкм};$$

$$Z_{61\min}^D = 2 \cdot (30 + 45 + \sqrt{68 + 6400}) = 271 \text{ мкм};$$

$$Z_{62\min}^D = 2 \cdot (20 + 25 + \sqrt{234 + 6400}) = 253 \text{ мкм}.$$

Розрахунок мінімальних значень для осьових припусків робимо користуючись формулою:

$$z_{i\min} = R_{z\ i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}, \quad (2.4)$$

де z_{\min} – мінімальний осьовий припуск для аналізованої обробки, мкм;

$R_{z\ i-1}$ – шорсткість поверхні після попередньої обробки, мкм;

h_{i-1} – товщина дефектного шару після попередньої обробки, мкм;

ρ_{i-1} – сумарне просторове відхилення форми та розташування поверхні, отримане під час попереднього переходу, мкм;

$$\rho_{i-1} = \rho_{\phi\ i-1} + \rho_{p\ i-1}, \quad (2.5)$$

де $\rho_{\phi\ i-1}$ – похибка форми поверхні, яка отримана при попередньому переході;

$\rho_{p\ i-1}$ – похибка розташування поверхні, яка отримана на попередньому переході.

$$Z_{11\min} = Z_{21\min} = 250 + 350 + 158 = 758 \text{ мкм};$$

$$Z_{22\min} = 250 + 350 + 132 = 732 \text{ мкм};$$

$$Z_{52\min} = 40 + 50 + 158 = 248 \text{ мкм}.$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		21

2.4 Розрахунок режимів різання та норм часу

При призначенні режимів різання слід враховувати вид обробки, тип та розміри інструменту, матеріал його ріжучої частини, матеріал заготовки, тип та стан верстата [6].

Використовувані верстати та необхідні технічні характеристики:

Токарно–револьверний обробний центр HaasST–15

Максимальний діаметр точення	228 мм
Максимальна довжина точення	406 мм
Діаметр патрона	210 мм
Потужність двигуна	14,9 кВт
Кількість інструментальних гнізд в револьвері	12 шт.

Піч камерного типу ПКМ 4.8.4

Максимальна температура	1150/1250 С
Потужність	21 кВт

Верстат вертикально–свердільний OPTIMUM B40E

Максимальний діаметр свердління	32 мм
Частота обертання шпинделя	95–3200 об/хв.
Виліт шпинделя	285 мм
Потужність двигуна	1,5 кВт

Круглошліфувальний верстат MD1320B

Діаметр оброблюваної деталі	8–200 мм
Висота центрів	125 мм

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		22

Максимальна швидкість обертання круга	1309 об/хв.
Потужність двигуна	7,5 кВт
Максимальне переміщення шліфувального круга	215 мм
Внутрішшліфувальний верстат JAGURA. Серія JAG-3JAW (-AL1/-AAL1)	
Діаметр внутрішнього шліфування	1,5–80 мм
Діаметр затискання заготівлі	2,5–200 мм
Максимальна довжина затискання заготівлі	240 мм
Частота обертання кола	55000 об/хв.
Потужність шліфувального шпінделя	3750 Вт

1. Токарна операція

Токарна обробка деталі буде проводитися твердосплавними СМП Т15К6.
Для цієї операції вибираємо токарний верстат HaasST–15.

Підрізування торця.

Для 1-ї операції 1 перехід

Для 2-ї операції 1 та 2 переходи.

Поправочні коефіцієнти:

а) коефіцієнт, який враховує матеріал заготовки (сталь 40Х) та його міцність :

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 \cdot \left(\frac{750}{610} \right)^1 = 1,2; \quad (2.6)$$

б) коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготівлі (штампування)

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		23

$$K_{IV} = 0,8;$$

в) коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструменту (Т15К6)

$$K_{EV} = 1,15;$$

г) загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови на швидкість різання

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{EV} = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1,15 = 1,104;$$

д) поправочний коефіцієнт, який являє собою добуток ряду коефіцієнтів, що враховує вплив геометрії різця на силу різання.

$$K_p = K_{ip} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p} = 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,85 \quad (2.7)$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,85.$$

Подача при напівчистовому точенні з радіусом при вершині різця $r = 2$ мм і необхідній шорсткості $Ra \leq 2,5$ мкм:

$$s \leq 0,36 \text{ мм/об.}$$

Глибина різання:

$$t = 1,5 \text{ мм.}$$

Стійкість:

$$T = TK_{T_n} = 30 \cdot 1 = 30 \text{ хв.}$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_V = \frac{280}{30^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,36^{0,45}} \cdot 1,104 = 233,4 \text{ м/хв} \quad (2.8)$$

$$C_V = 280; \quad x = 0,15; \quad y = 0,45; \quad m = 0,20.$$

Число оборотів шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 233,4}{3,14 \cdot 120} = 619,5 \approx 620 \text{ об/хв} \quad (2.9)$$

Силі різання:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y V^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^1 \cdot 0,36^{0,75} \cdot 233,4^{-0,15} \cdot 0,85 = 784,6 \text{ Н} \quad (2.10)$$

$$C_p = 300; \quad x = 1; \quad y = 0,75; \quad n = -0,15.$$

Потужність різання:

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		24

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{784,6 \cdot 233,4}{1020 \cdot 60} = 3 \text{ кВт} \quad (2.11)$$

Перевірка на потужність:

$$N_{\partial\zeta} \leq N_{C\partial};$$

$N_{\partial\zeta}$ – потужність різання на токарному верстаті;

$N_{C\partial}$ – потужність двигуна головного руху верстата;

$$3 < 14,9.$$

Чернове розточування отвору $\varnothing 53,6H12$.

Для 1-ї операцій 2 і 3 переходи

Поправочні коефіцієнти:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 \cdot \left(\frac{750}{610} \right)^1 = 1,2;$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{610}{750} \right)^1 = 0,85;$$

$$K_{IV} = 0,8;$$

$$K_{EV} = 1,15;$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{EV} = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1,15 = 1,104;$$

$$K_p = K_{ip} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,85.$$

Подача:

$$s = 0,5 \text{ мм/об.}$$

Глибина різання:

$$t \approx 2 \text{ мм.}$$

Стійкість:

$$T = TK_{T_n} = 30 \cdot 1 = 30 \text{ хв.}$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_V = \frac{290}{30^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,104 = 186,2 \text{ м/хв.}$$

$$C_V = 290; \quad x = 0,15; \quad y = 0,35; \quad m = 0,20.$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		25

Частота обертання:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 186,2}{3,14 \cdot 53,6} = 1106,3 \text{ об/хв.}$$

Силі різання:

$$P_z = 10C_p t^x s^y V^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 186,2^{-0,15} \cdot 0,85 = 1384,5 \text{ Н}$$

$$C_p = 300; \quad x = 1; \quad y = 0,75; \quad n = -0,15.$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{1384,5 \cdot 186,2}{1020 \cdot 60} = 4,2 \text{ кВт.}$$

Перевірка на потужність:

$$N_{\partial\varphi} \leq N_{\text{сд}};$$

$$4,2 < 14,9.$$

Для зменшення витрат при обробці виробу на металорізальному устаткуванні, зростання продуктивності праці, економії дефіцитних інструментальних матеріалів, підвищення точності та якості поверхні виробів необхідні обґрунтований вибір та призначення оптимальних режимів різання для конкретного технологічного процесу[3].

Такий вибір може успішно здійснюватися за наявності технічно та економічно обґрунтованих нормативів режимів різання. Під терміном "режими різання" розуміється сукупність числових значень припуску на обробку, подачі, швидкості різання, стійкості, а також сили різання, потужності та інших параметрів робочого процесу, від яких залежить його техніко-економічні показники. Режимні параметри вважаються раціональними, якщо вони дозволяють отримувати ці показники на досить високому рівні.

Слід підкреслити, що для кожного виду різального інструменту значення швидкостей різання, що характеризують той чи інший вид режиму, можуть відрізнятися.

Помірні режими різання зазвичай характеризують максимумами залежності напрацювання від швидкості різання. Такі режими використовуються, коли прагнуть отримати максимальне напрацювання та надійність, найменші витрати та витрати по

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		26

інструменту, або коли операція при роботі цим інструментом не є лімітуючим. Зазвичай таких режимах працюють агрегатні верстати автоматичних ліній у масовому виробництві. Робота на помірних режимах характеризується періодами стійкості, в кілька разів (іноді до 10 ... 12 разів) перевищують нормативні значення стійкості.

Нормальні режими різання передбачають отримання нормативного періоду стійкості та мінімальної собівартості операції. Вони найчастіше використовуються в одиничному та серійному виробництві під час роботи на універсальних верстатах.

Форсовані режими різання використовуються у тих випадках, коли дана операція лімітує продуктивність, при роботі на дорогому автоматизованому обладнанні з автоматичною зміною зношеного інструменту, при використанні високої якості інструменту і т.п [3].

Операція 010 – токарна з ЧПК

1 перехід. Точити поверхню, витримавши розміри 3,4.

1. Глибина різання при чистовому точінні, мм:

$$t = 0,24.$$

2. Подача при точінні $s = 0,32$ мм/об (табл. 14, с. 268 ,[3]).

3. Швидкість різання при точінні, м/хв:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_V = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 0,24^{0,15} \cdot 0,32^{0,35}} \cdot 1,25 = 377,14 \text{ м/хв};$$

де $C_V = 350$; $x = 0,15$ $y = 0,35$; $m = 0,2$. (табл.17,с.269[3]);

$T = 45$ хв – період стійкості (с. 268 ,[3]);

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,25,$$

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

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		27

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{598} \right)^{1,0} = 1,25,$$

де K_{Γ} – коефіцієнт, що характеризує групу сталі з оброблюваності (табл. 2, с. 262,[3]);

$n_v = 1,0$ – показник ступеня (табл. 2, с. 262 ,[3]);

$K_{IV} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання (табл. 6, с. 263 ,[3]);

$K_{IV} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання (табл. 5, с. 263 ,[3]).

4. Число оборотів шпинделя, об/хв:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 377,14}{3,14 \cdot 96} = 1250,49 \text{ об/хв},$$

де D – діаметр оброблювальної заготовки, мм.

Приймаємо за паспортом верстата найближче значення $n_{\text{пасп.}} = 1250$ об/хв.

Уточнюємо величину швидкості різання за вибраними оборотами шпинделя:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 96 \cdot 1250}{1000} = 377 \text{ м/хв}.$$

5. Сила різання при точінні, Н:

$$P_{x(y,z)} = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 339 \cdot 0,24^1 \cdot 0,32^{0,5} \cdot 377^{-0,4} \cdot 1,17 = 50,2 \text{ Н.},$$

де $C_p = 339$; $x = 1,0$; $y = 0,5$; $n = -0,4$; (табл.22, с.273[3]);

коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання:

$$K_p = K_{MP} K_{\text{фр}} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{\text{гр}} = 0,84 \cdot 1,17 \cdot 1,4 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1,17,$$

де K_{MP} – коефіцієнт, що враховує якість, оброблюваного матеріалу:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{598}{750} \right)^{0,75} = 0,84,$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		28

де $n = 0,75$ – показник ступеня (табл.9, с.264[3]);

$K_{\phi P} = 1,17$, $K_{\gamma P} = 1,4$, $K_{\lambda P} = 0,85$, $K_{rP} = 1$ – коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів різальної частини інструменту на складові сили різання (табл.23, с.275[3]).

1. Потужність різання, кВт:

2.

$$N = \frac{P_{xv}}{1020 \cdot 60} = \frac{50,19 \cdot 377}{1020 \cdot 60} = 0,31 \text{ кВт.}$$

Так як $N < N_{дв.}$ ($0,31 < 11$), то режими різання здійсненні.

7. Основний час, хв:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{n \cdot S} = \frac{10 + 5 + 5}{1250 \cdot 0,32} = 0,05;$$

$l_1 = 10$ мм – довжина поверхні, що обробляється, мм;

$l_2 = 5$ мм – величина врізання та перебігу, мм (карта 65, с. 165 [3]);

$l_3 = 5$ мм – додаткова довжина взяття пробних стружок (карта 66, с. 165 [3]).

$i = 1$ – число проходів.

8. Допоміжний час, хв:

$$T_{доп.} = T_{вст.} + T_{пер.} + T_{вим.} = 0,19 + 0,15 + 0,22 = 0,56,$$

де $T_{вст.} = 0,19$ хв – час на встановлення та зняття деталі (карта 51, с.138 [3]);

$T_{пер.} = 0,15$ хв – час, пов'язаний із переходом (карта 60, стор 150 [3]);

$T_{вим.} = 0,22$ хв – час на контрольні виміри (карта 64, стор 161 [3]).

3 перехід. Точити канавку, витримавши розміри 1,5,6 та п.7 ТТ.

1 Глибина різання при точінні канавки, мм:

$$t = 4,6.$$

2. Подача при точінні канавки $s = 0,20$ мм/об (табл. 15, стр. 268, [3]).

3. Швидкість різання при точінні канавки, м/хв:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{420}{45^{0,2} \cdot 4,6^{0,15} \cdot 0,20^{0,2}} \cdot 1,25 = 269,09 \text{ м/хв};$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		29

де $C_v = 420$; $x = 0,15$ $y = 0,2$; $m = 0,2$. (табл.17,с.269[3]);

$T = 45$ хв – період стійкості (с. 268 ,[3]);

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,25,$$

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

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{598} \right)^{1,0} = 1,25,$$

де K_{Γ} – коефіцієнт, що характеризує групу сталі з оброблюваності (табл. 2, с. 262 ,[3]);

$n_v = 1,0$ – показник ступеня (табл. 2, с. 262 ,[3]);

$K_{IV} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання (табл. 6, с. 263 ,[3]);

$K_{IV} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує вплив стан поверхні заготовки на швидкість різання (табл. 5, с. 263 ,[3]).

4. Число обертів шпинделя, об/хв:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 269,09}{3,14 \cdot 96} = 892,23 \text{ об/хв},$$

де D – діаметр оброблюваної заготовки, мм.

Приймаємо за паспортом верстата найближче значення $n_{пасп.} = 800$ об/хв.

Уточнюємо величину швидкості різання за вибраними оборотами шпинделя:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 96 \cdot 800}{1000} = 241,27 \text{ м/хв}.$$

5. Сила різання при точінні канавки, Н:

$$P_{x(y,z)} = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 339 \cdot 4,6^1 \cdot 0,20^{0,5} \cdot 241,27^{-0,4} \cdot 1,17 = 909,2 \text{ Н},$$

де $C_p = 339$; $x = 1,0$; $y = 0,5$; $n = -0,4$; (табл.22, с.273[3]);

коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання:

$$K_p = K_{MP} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{\tau p} = 0,84 \cdot 1,17 \cdot 1,4 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1,17,$$

де K_{MP} – коефіцієнт, що враховує якість, оброблюваного матеріалу:

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		30

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_{\text{в}}}{750} \right)^n = \left(\frac{598}{750} \right)^{0,75} = 0,84,$$

де $n = 0,75$ – показник степені (табл.9, с.264[3]);

$K_{\text{фр}} = 1,17$, $K_{\text{гр}} = 1,4$, $K_{\text{лр}} = 0,85$, $K_{\text{гп}} = 1$ – коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів різальної частини інструменту на складові сили різання (табл.23, с.275[3]).

6. Міцність різання, кВт:

$$N = \frac{P_x v}{1020 \cdot 60} = \frac{909,2 \cdot 241,27}{1020 \cdot 60} = 3,58 \text{ кВт.}$$

Так як $N < N_{\text{дв.}}$ ($3,58 < 11$), то режими різання здійсненні.

7. Основний час, хв:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{n \cdot S} = \frac{4,6 + 5 + 5}{800 \cdot 0,20} = 0,09;$$

$l_1 = 4,6$ мм – довжина поверхні, що обробляється, мм;

$l_2 = 5$ мм – величина врізання та перебігу, мм (карта 65, с. 165 [5]);

$l_3 = 5$ мм – додаткова довжина взяття пробних стружок (карта 66, с. 165 [5]).

$i = 1$ – число проходів.

3. Допоміжний час, хв:

4.

$$T_{\text{доп.}} = T_{\text{вст.}} + T_{\text{пер.}} + T_{\text{вим.}} = 0 + 0,21 + 0,10 = 0,31,$$

де $T_{\text{вст.}} = 0$ хв – час на встановлення та зняття деталі;

$T_{\text{пер.}} = 0,21$ хв – час, пов'язаний із переходом (карта 60, стор 152 [5]);

$T_{\text{вим.}} = 0,10$ хв – час на контрольні виміри (карта 64, стор 161 [5]).

4 перехід. Притупити гострі кромки 8.

1. Глибина різання при чистовому точенні, мм:

$$t = 0,3.$$

2. Подача при точінні $s = 0,32$ мм/об (табл. 14, с. 268, [3]).

3. Швидкість різання при точінні, м/хв:

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		31

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_V = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 0,3^{0,15} \cdot 0,32^{0,35}} \cdot 1,25 = 364,72 \text{ м/хв};$$

де $C_V = 350$; $x = 0,15$ $y = 0,35$; $m = 0,2$. (табл.17,с.269[3]);

$T = 45$ хв – період стійкості (с. 268 ,[3]);

загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,25,$$

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

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{598} \right)^{1,0} = 1,25,$$

де K_{Γ} – коефіцієнт, що характеризує групу сталі з оброблюваності (табл. 2, с. 262 ,[3]);

$n_v = 1,0$ – показник ступеня (табл. 2, с. 262 ,[3]);

$K_{IV} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання (табл. 6, с. 263 ,[3]);

$K_{IV} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує вплив стан поверхні заготовлі на швидкість різання (табл. 5, с. 263 ,[3]).

4. Число оборотів шпинделя, об/хв:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 364,72}{3,14 \cdot 96} = 1209,54 \text{ об/хв},$$

де D – діаметр оброблюваної заготовки, мм.

Приймаємо за паспортом верстата найближче значення $n_{\text{пасп.}} = 1000$ об/хв.

Уточнюємо величину швидкості різання за вибраними оборотами шпинделя:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 96 \cdot 1000}{1000} = 301,59 \text{ м/хв}.$$

5. Сила різання при точінні, Н:

$$P_{x(y,z)} = 10 C_P t^x s^y v^n K_P = 10 \cdot 339 \cdot 0,3^1 \cdot 0,32^{0,5} \cdot 301,59^{-0,4} \cdot 1,17 = 68,6 \text{ Н},$$

де $C_P = 339$; $x = 1,0$; $y = 0,5$; $n = -0,4$; (табл.22, с.273[3]);

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		32

коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання:

$$K_P = K_{MP} K_{фр} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{\tau p} = 0,84 \cdot 1,17 \cdot 1,4 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1,17,$$

де K_{MP} – коефіцієнт, що враховує якість, оброблюваного матеріалу:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{598}{750} \right)^{0,75} = 0,84,$$

де $n = 0,75$ – показник ступеня (табл.9, с.264[3]);

$K_{фр} = 1,17$, $K_{\gamma p} = 1,4$, $K_{\lambda p} = 0,85$, $K_{\tau p} = 1$ – коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів різальної частини інструменту на складові сили різання (табл.23, с.275[3]).

6. Міцність різання, кВт:

$$N = \frac{P_x v}{1020 \cdot 60} = \frac{68,6 \cdot 301,59}{1020 \cdot 60} = 0,34 \text{ кВт}.$$

Так як $N < N_{дв.}$ ($0,34 < 11$), то режими різання здійсненні.

7. Основний час, хв:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{n \cdot S} \cdot 2 = \frac{0,3 + 5 + 5}{1000 \cdot 0,32} = 0,06;$$

$l_1 = 0,3$ мм – довжина поверхні, що обробляється, мм;

$l_2 = 5$ мм – величина врізання та перебігу, мм (карта 65, с. 165 [5]);

$l_3 = 5$ мм – додаткова довжина взяття пробних стружок (карта 66, с. 165 [5]).

$i = 2$ – число проходів.

5. Допоміжний час, хв:

$$T_{доп.} = T_{вст.} + T_{пер.} + T_{вим.} = 0 + 0,15 + 0,22 = 0,37,$$

де $T_{вст.} = 0,19$ хв – час на встановлення та зняття деталі;

$T_{пер.} = 0,15$ хв – час, пов'язаний із переходом (карта 60, стор 150 [5]);

$T_{вим.} = 0,22$ хв – час на контрольні виміри (карта 64, стор 161 [5]).

9. Час на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби, хв:

$$T_{обс.} = (T_o + T_{доп.}) \frac{a_{ОБС} + a_{від}}{100} = (0,26 + 1,55) \frac{4 + 4}{100} = 0,15.$$

6. Норма штучного часу, хв:

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		33

$$T_{ш.} = T_o + T_b + T_{обс.} = 0,26 + 1,55 + 0,15 = 1,96.$$

Таблиця 2.2 – Режими різання

номер		Найменування операцій та зміст переходів	Режими різання		
операції	перехід		t, мм	S, мм/об.	n, об/хв.
0	1	Заготівельна штамповка	–	–	–
1		Токарна з ЧПУ	1,5	0,36	620
	1	Підрізання торця			
	2	Чорнове розточування отвору	2	0,5	1100
	3	Чорнове розточування отвору (5 проходів)	1,5	0,5	1100
	4	Напівчистове розточування отвору	0,36	0,246	1800
	5	Розточування канавки	2	0,08	1100
	6	Розточування фаски	2	0,08	1100
	7	Зовнішнє точення	2,5	0,8	400
2		Токарна з ЧПУ	1,25	0,36	620
	1	Підрізання торця	1,25	0,36	620
	2	Підрізання торця	1,7	0,36	620
	3	Зовнішнє точіння	2	0,8	400

номер		Найменування операцій та зміст переходів	Режими різання		
операції	перехід		t, мм	S, мм/об.	n, об/хв.
	4	Розточування канавки	2	0,08	1100
	5	Розточування канавки	2	0,08	1100
	6	Розточування фаски	2	0,08	1100
	7	Розточування фаски	2	0,08	1100
3	1	Свердлильна операція з ЧПК Свердління на прохід 3 отвору	5	0,25	1000
	2	Зенкування 3 отворів	1,5	0,28	650
4	1	Круглошліфувальна Шліфування поверхні	0,05	0,28	650
	2	Шліфування торця	0,05	16,5	150
5	1	Шліфувальна всередині Шліфування отвору	0,01	18	250
	2	Шліфування отвору	0,01	18	250

2.5 Нормування технологічних операцій

Основний час – це час, що витрачається на рух інструменту на робочій подачі.

Розрахунок основного часу виробляють на підставі наступної залежності [8]:

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		35

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} \text{ хв.}, \quad (2.12)$$

де L – розрахункова довжина обробки, мм;

i – число робочих ходів;

n – частота обертання шпинделя, об/хв.;

S – подача, мм/об.

Розрахункову довжину обробки визначають як:

$$L = l_{\dot{A}} + l_{\dot{A}D} + l_I + l_C, \text{ мм},$$

де $l_{\dot{A}}$ – довжина деталі у напрямку подачі, мм;

$l_{\dot{A}D}$ – довжина врізання інструменту, мм;

l_I – довжина підведення інструменту, мм;

l_C – довжина втечі інструменту, мм.

Величини підведення і втечі для токарної та свердлильної приймаємо рівною 1 ... 2 мм, для заготівельної операції цей параметр приймаємо рівним 0.

Величина врізання інструменту у кожному конкретному випадку визначається як:

$$l_{\dot{A}D} = \frac{t}{\text{tg}\varphi},$$

де t – глибина різання, мм;

φ – кут у плані.

1. Токарна операція № 1.

1. Підрізання торця

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		36

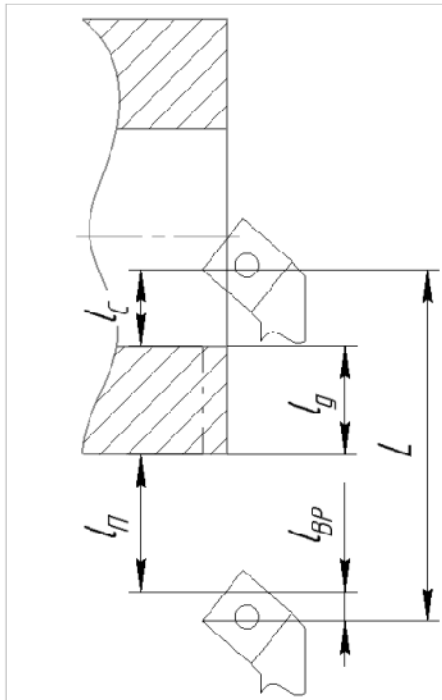


Рисунок 2.3 – Підрізання торця

$$l_g = \frac{d_{0,3}^{\max} - D_{0,1}^{\min}}{2} = \frac{122,594 - 51,195}{2} = 35,699 \text{ мм};$$

$$l_{ABD} = \frac{t}{\text{tg}\varphi} = \frac{1,498}{\text{tg}45} = 1,498 \text{ мм};$$

$$l_I = l_C = 1,5 \text{ мм};$$

$$L = l_g + l_{ABD} + l_I + l_N = 35,699 + 1,498 + 1,5 + 1,5 = 40,197 \text{ мм};$$

$$S_M = S \cdot n = 0,36 \cdot 619,5 = 223 \text{ мм/хв.};$$

$$i = 1;$$

$$t_0^1 = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{40,197 \cdot 1}{223} = 0,18 \text{ хв.}$$

3. Свердлильна операція № 3.

1. Свердлити 3 отвори діаметром 10 мм:

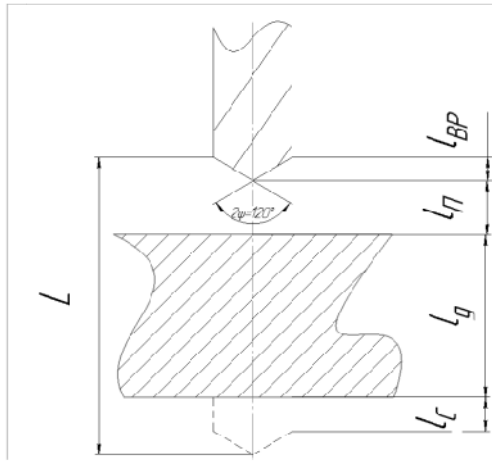


Рисунок 2.4 – Свердління отвору на прохід

$$l_g = A_{2.2}^{\max} = 24,813 \text{ мм};$$

$$l_f = 2 \text{ мм};$$

$$l_c = 2 \text{ мм};$$

$$l_{ad} = \frac{r}{\operatorname{tg}60} = \frac{5}{1,7} = 2,88 \text{ мм};$$

$$L = l_g + l_c + l_f + 2l_{ad} = 24,813 + 2 + 2 + 2 \cdot 2,88 = 34,573 \text{ мм};$$

$$S_M = S \cdot n = 0,25 \cdot 987,2 = 246,8 \text{ мм/хв.};$$

$$\frac{l_g}{D} = \frac{24,813}{10} = 2,48 \text{ мм, приймаємо } i = 3;$$

$$t_0^1 = 3 \cdot \frac{L \cdot i}{S_M} = 3 \cdot \frac{34,573 \cdot 3}{246,8} = 0,42 \cdot 3 = 1,2 \text{ хв.}$$

2.6 Розробка програми для керування верстатом з ЧПК за допомогою САМ програми

Після проведення усіх необхідних розрахунків скористаємося програмним продуктом CAMESPRIT для розробки програми керування верстатом для оброблення деталі кришка.

Для прописання програми токарного оброблення скористалися наступними діями:

1. У SolidWorks Створено 3D модель рис 2.5 та завантажено у середовище Esprit.

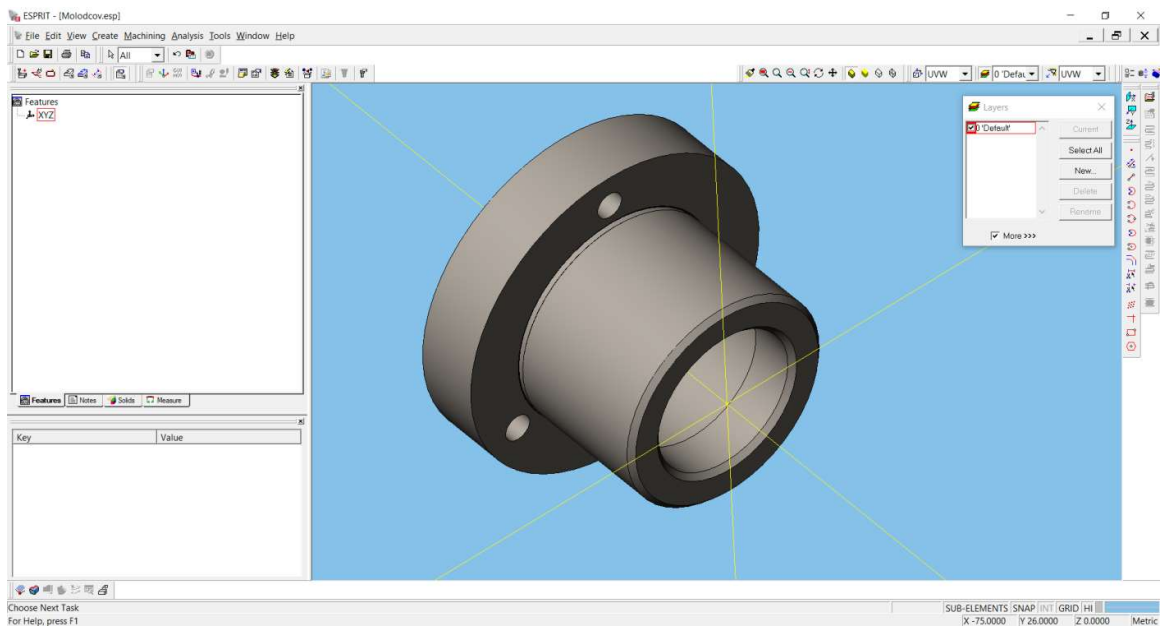


Рисунок 2.5 – 3D модель кришки

2. Створено заготовку (рис 2.6)
3. Виконано розпізнання елементів профілю рис 2.7.

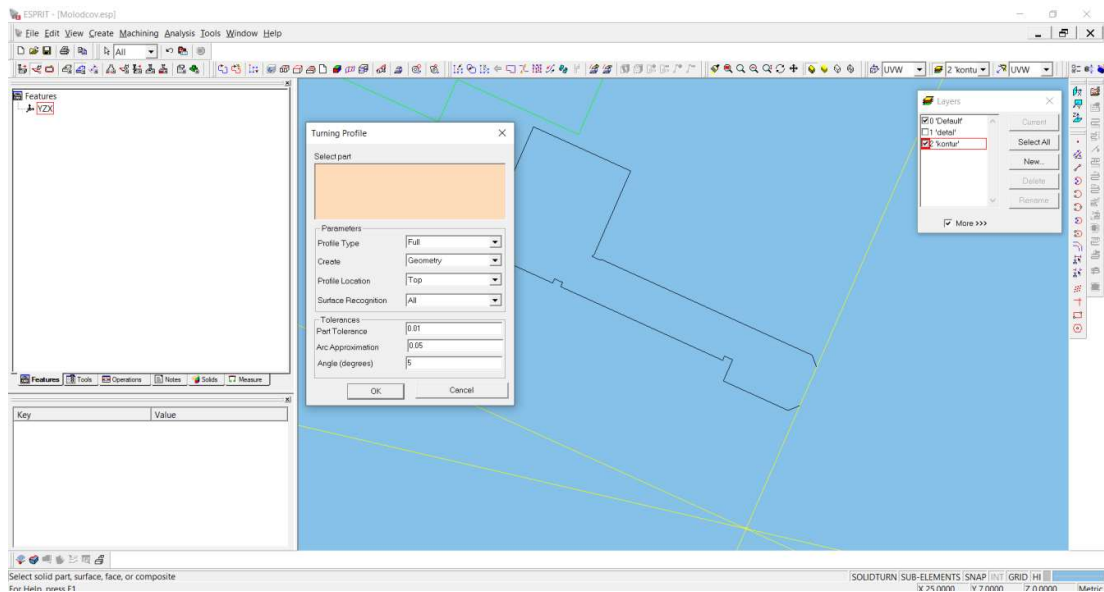


Рисунок 2.7 – Розпізнання елементів профілю в SAM Esprit

4. Вибрано вид оброблення, а саме, «Чернове оброблення» (рис. 2.8).

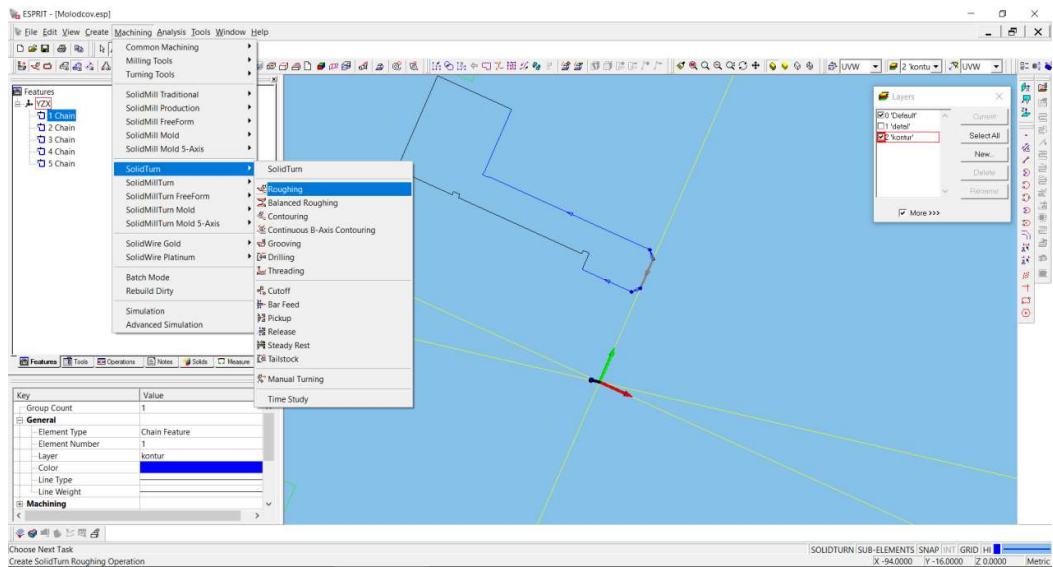


Рисунок 2.8 – Вибір виду оброблення

5. Вибрано металообробний інструмент та його параметри (рис. 2.8).
6. Вибрано режими різання (рис 2.9).

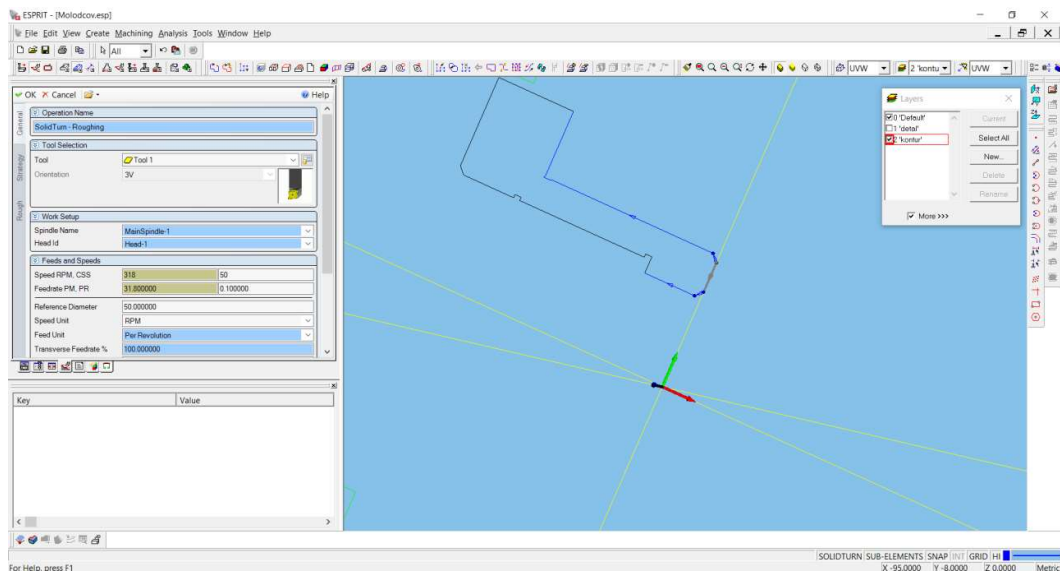


Рисунок 2.9 – Вибір режимів оброблення

7. Проведено автоматичне генерування траєкторії руху металорізального інструменту при обробленні контуру деталі (рис 2.10).

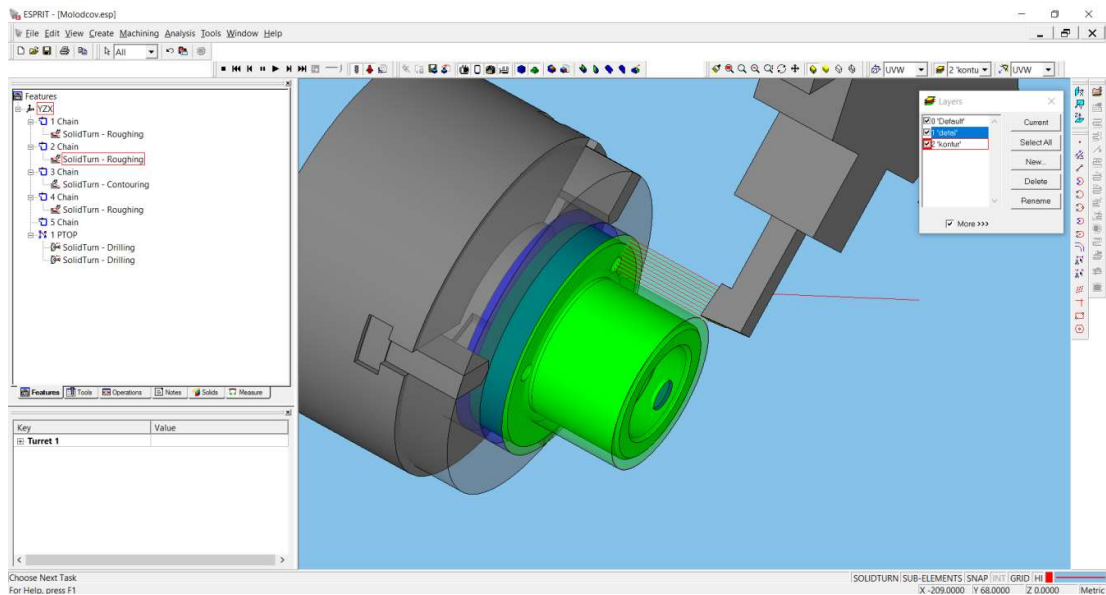


Рисунок 2.10 – Траекторія руху металорізального інструменту при обробленні контуру кришки

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

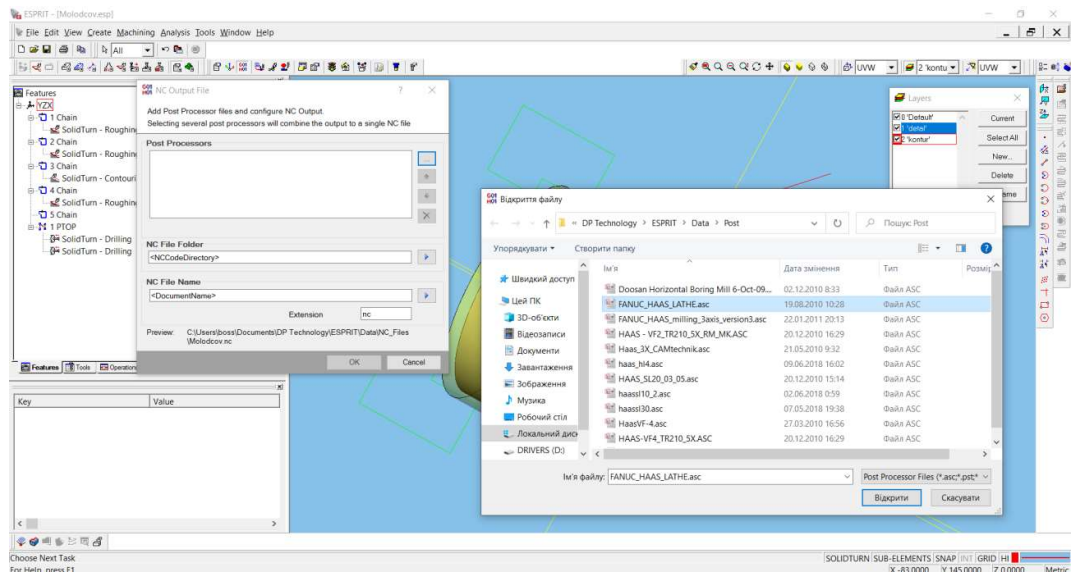


Рисунок 2.11 – Автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодi

```
ESPRIT NC Editor
File Edit View Tools Window Help
Project Manager
C:\Users\boas\
Tribolcov.nc
00000
( )
(=< COMPANY_TARGOTEC >=)
(=< ESPRIT_VERSION >=)
( DATA_YEAR_TIME_ )
(27.09.2024 4:42:39)
(=< POSTPROCESSOR_FANUC_HAS_LATHE_EX_ONLY=>=)
(=< CONTROLLER- FANUC_HAS >=)
M0001 G31
M0002 M09
M0003 G00
M0004 T0101
( TOOL_ T0001 )
M0006 G97 S120 M03
M0006 G00 G54 X0 Z0 M08
M0007 G99
M0008 M08.0
M0009 G01 X17.2 F0.1
M0010 G01 Z1.0
M0011 G01 X217.2 Z101.0
M0012 G98
M0013 G97 S120 M03
M0014 G00 X124.0 Z4.0
M0016 G01 Z-84.0
M0016 G01 X120.0
M0017 G00 Z4.0
M0018 X122.0
M0019 G01 Z-84.0
M0020 G01 X124.0
M0021 G00 Z4.0
M0022 X118.0
M0023 G01 Z-84.0
M0024 G01 X120.0
M0025 G00 Z4.0
M0026 X114.0
M0027 G01 Z-84.0
M0028 G01 X114.0
M0029 G00 Z4.0
M0030 X110.0
Le1 Col1 27.09.2024 4:42
```

Рисунок 2.12 – Фрагмент згенерованої програми

Текст програми наведено у додатках.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування верстатного пристрою для закріплення деталей при свердлуванні

Як технологічне оснащення обрано кулачкове фланцеве оправлення за ДСТУ 2752-94.

Метою конструкторської частини є розробка даного пристрою для другої токарної операції механічної обробки, визначення сили закріплення та точності встановлення деталі.

3.2 Габаритні розміри розтискної оправки

Діаметр розтискної оправки:

$$D = 61,673 \text{ мм.}$$

При цьому має виконуватися умова:

$$S_{\max T} \leq 0,2 \text{ мм,}$$

де S_{\max} – найбільший зазор між поверхнею отвору деталі та поверхні розтискної оправки. $S_{\max} = 0,2$ мм – для нормальної роботи під час використання розтискної оправки.

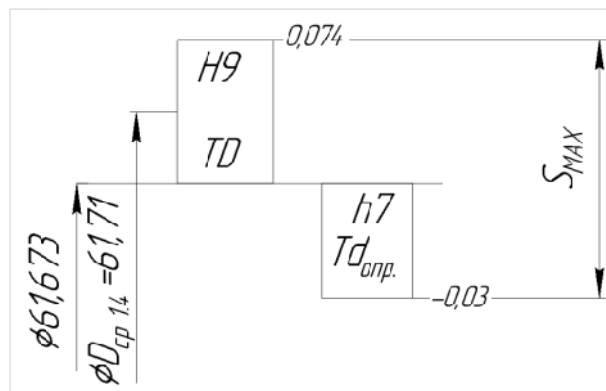


Рисунок 3.1 – Посадка із зазором розтискної оправки та деталі

$$S_{\max T} = TD + Td = 0,072 + 0,03 = 0,104 \text{ мм}$$

$$S_{\max T} \leq S_{\max} - \text{умова виконується.}$$

$$0,104 \leq 0,2$$

Призначаємо габаритні розміри розтискної кулачкової фланцевої оправки за ДСТУ EN 13898:2010.

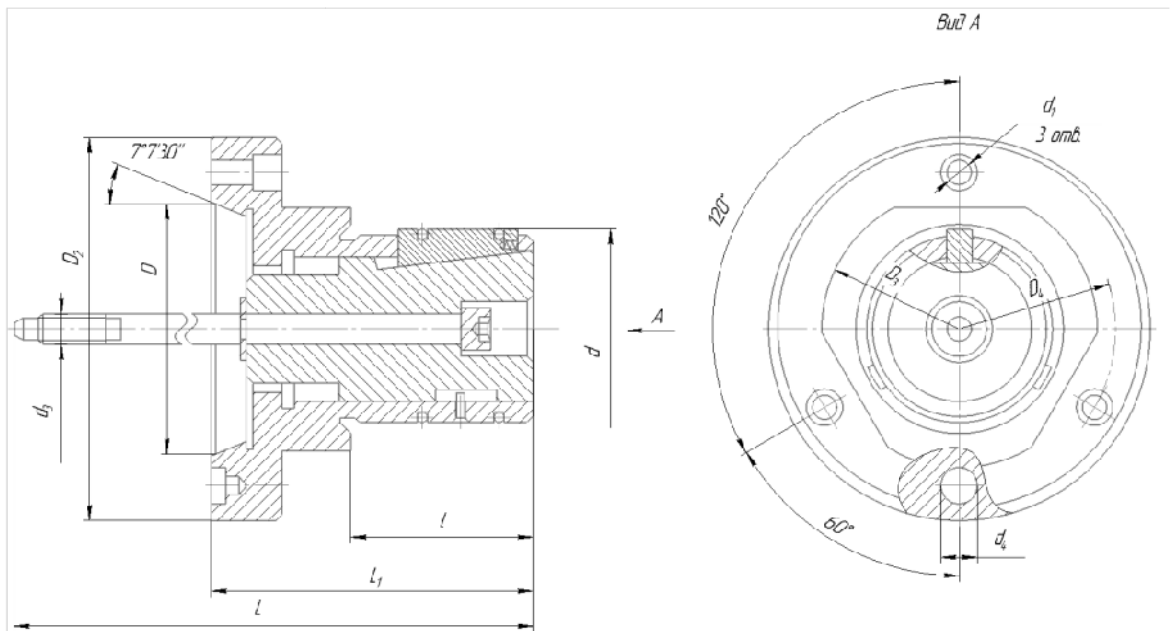


Рисунок 3.2 – Габаритні розміри розтискної оправки

Таблиця 3.1 – Габаритні розміри розтискної кулачкової фланцевої оправки

d	D		L	l	D_2	D_3	D_4	d_1	d_3	d_4	L_1	Маса, кг
	Ном.	Пред. Відкл										
51,673	82,563	+0,004 -0,006	350	100	130	100	104,8 $\pm 0,2$	11	M16	16,3 $\pm 0,1$	155	6,61

3.3 Розрахунок моментів сил різання та тертя

Так як на даній операції проводитиметься обробка зовнішнього діаметра деталі та обробка внутрішнього діаметру (розточування канавки), то наступний

розрахунок моменту сили різання здійснюватиметься за максимальною силою різання P_z :

- 1) при зовнішньому точенні $P_z = 2541,1$ Н;
- 2) при розточуванні канавки $P_z = 757,3$ Н;
3. при підрізання торців $P_z = 784,6$ Н.

Для обробки деталі, повинна виконуватись умова:

$$M_{PEZ} \leq M_{TP} \cdot \quad (3.1)$$

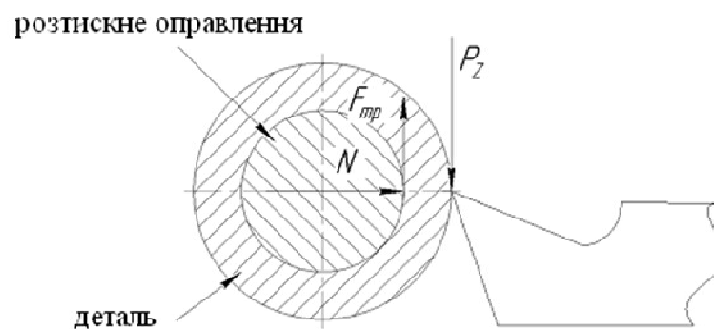


Рисунок 3.3 – Схема різання при закріпленні

Момент сили різання розраховуємо за формулою:

$$M_{PEZ} = P_z \frac{D_{cp}}{2}, \quad (3.2)$$

де :

$$D_{\text{ср}} = \frac{d_{0,2} + d_{2,3}}{2} = \frac{82,8 + 80,41}{2} = 81,6 \text{ мм};$$

$$M_{DA\zeta} = 2541,1 \cdot \frac{0,0816}{2} = 103,68 \text{ Н·м}.$$

Момент сили тертя розраховуємо за формулою:

$$M_{TP} = F_{TP} \frac{d_{\text{оправки}}}{2}. \quad (3.3)$$

Для цього знайдемо силу тертя та реакції опори за формулами:

$$F_{TP} = N \cdot f \quad (3.4)$$

$$N = P_z \frac{d_{0.2}}{d_{оправки} \cdot f}, \quad (3.5)$$

де f – коефіцієнт тертя.

Так як даний механізм з тертям тільки по 1 похилій площині, приймаємо $f = 0,15$.

Розраховуємо реакцію опори за формулою (3.5):

$$N = 2,5411 \cdot \frac{0,0828}{0,0616 \cdot 0,15} = 22,7 \text{ кН.}$$

Розраховуємо силу тертя за формулою (3.4):

$$F = 22,7 \cdot 0,15 = 3,41 \text{ кН.}$$

Після знайдених сил розраховуємо момент сили тертя за формулою (3.3):

$$M_{\omega} = 3410 \cdot \frac{0,0616}{2} = 105 \text{ Н·м.}$$

Умова (1) виконується:

$$103,68 \leq 105.$$

3.4 Розрахунок зусилля закріплення

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		46

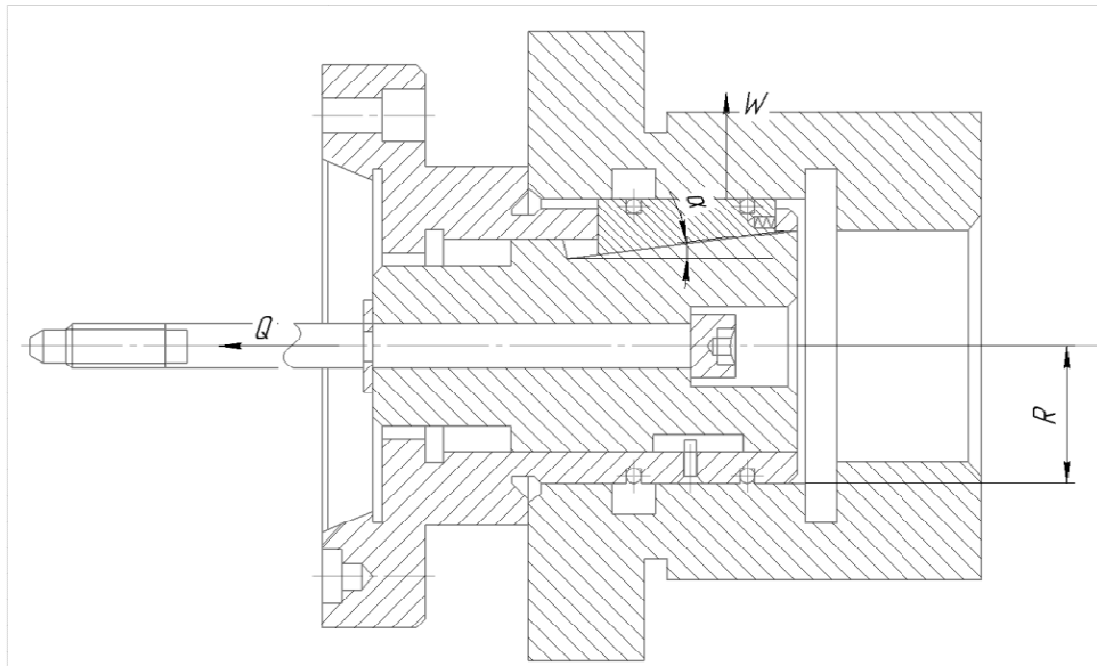


Рисунок 3.4 – Схема для визначення потрібних сил затиску при обробці в розтискній оправці

Із схеми наведеної на рис. 3.4 знаходимо:

$$W_{\text{СУМ}} \cdot f \cdot R = K \cdot M_{\text{РЕЗ}} \cdot \quad (3.5)$$

Звідси:

$$W_{\text{СУМ}} = \frac{K \cdot M_{\text{РЕЗ}}}{f \cdot R}; \quad (3.6-3.7)$$

$$W = \frac{W_{\text{СУМ}}}{Z},$$

де $M_{\text{РЕЗ}} = 103,68 \text{ Н}\cdot\text{м}$ – знайдена раніше момент сили різання;

$W_{\text{СУМ}}$ – сумарна сила затиску всіма кулачками;

W – сила затиску одним кулачком;

$Z = 3$ – число кулачків;

$R = \frac{D_{1.4}}{2} = \frac{61,71}{2} = 30,85 \text{ мм}$ – радіус отвору заготовки;

$f = 0,15$ – коефіцієнт тертя;

K – коефіцієнт запасу.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5. \quad (3.8)$$

Значені коефіцієнти приймаємо із [6, С. 117]:

де $K_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу;

K_1 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях заготовки: при чорнової обробці $K_1 = 1,2$;

K_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання внаслідок затуплення різального інструменту (вибираємо по таблиці залежно від методу обробки та матеріалу заготовки): $K_2 = 1$;

K_3 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при переривчастому різанні: безперервного різання $K_3 = 1$;

K_4 – коефіцієнт, який характеризує сталість сили, що розвивається затискним механізмом: для механізованих приводів $K_4 = 1,3$;

K_5 – коефіцієнт, який характеризує ергономіку немеханізованого затискного механізму (зручність розташування органів затиску): $K_5 = 1$.

Таким чином $K = 2,34$.

Приймаємо $K = 2,5$.

Розраховуємо сумарну силу затиску всіма кулачками за формулою (3.6):

$$W_{\text{сум}} = \frac{2,5 \cdot 103,68}{0,15 \cdot 0,03085} = 56,01 \text{ кН.}$$

Далі знаходимо силу затиску на 1 кулачок:

$$W = \frac{56,01}{3} = 18,67 \text{ кН.}$$

Знайдене значення $W_{\text{сум}}$ перевіряється на відсутність осьового зсуву заготовки:

$$W_{\text{сум}} \cdot f \geq K \cdot P_x, \quad (3.8)$$

де $P_x = 693,16 \text{ Н}$ – осьова сила різання;

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		48

$$56,01 \cdot 0,15 = 2,5 \cdot 0,6931$$

$$8,4 \geq 1,73.$$

Умова відсутності осьового зсуву виконується.

3.5 Розрахунок умови самогальмування клина

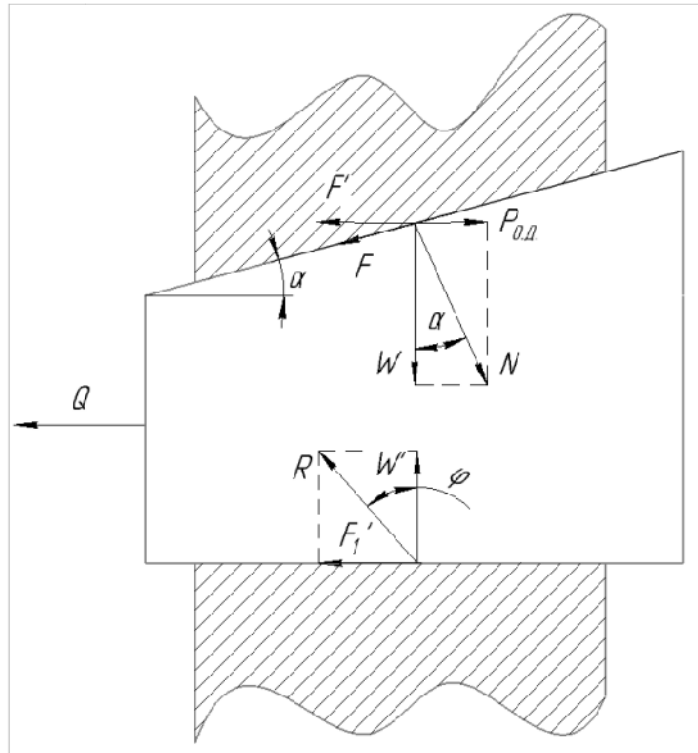


Рисунок 3.5 – Схема зв'язування умови самогальмування та запасу самогальмування клина

На рис. 3.5 показано схему сил, які діють на затиснутий однокосий клин із тертям на двох поверхнях. При будь-якому куті скосу α затиснутий клин прагне виштовхнути сили зворотної дії $P_{o.d.}$, що представляє собою горизонтальну напрямну нормальної реакції N ; W – її вертикальна складова.

Тоді умова рівноваги клина:

$$F' + F_1' \geq P_{o.d.} \quad (3.9)$$

Зі схеми сила тертя клина:

$$F = N \cdot f = W \frac{tg\varphi}{\cos\alpha} \quad (3.10)$$

Знаходимо горизонтальну складову силу тертя за формулою:

$$F' = W \cdot f. \quad (3.11)$$

Величина нормальної реакції на основу клина:

$$W' = W \cdot (1 + tg\alpha \cdot tg\varphi). \quad (3.12)$$

Сила тертя на основі клина:

$$F_1 = W' \cdot tg\varphi. \quad (3.13)$$

Сила зворотної дії:

$$P_{i.A.} = W \cdot tg\alpha. \quad (3.14)$$

Тоді умова самогальмування клина:

$$\alpha < 2\varphi. \quad (3.15)$$

Коефіцієнт запасу самогальмування клина:

$$K = \frac{2tg\varphi}{tg\alpha}. \quad (3.16)$$

Оскільки коефіцієнт запасу $K = 2,5$, а $tg\varphi = f = 0,15$, тоді знайдемо кут скосу клина:

$$tg\alpha = \frac{2tg\varphi}{K} = \frac{2 \cdot 0,15}{2,5} = 0,12;$$

$$\alpha = arctg12 = 6,8 = 6 \text{ } 48'$$

Знаючи зусилля затиску одного кулачка і кут скосу клина, визначимо силу тертя клина за формулою (3.10)

$$F = W \frac{tg\varphi}{\cos\alpha} = 18,67 \cdot \frac{0,15}{\cos 6 \text{ } 48'} = 2,82 \text{ кН.}$$

Звідси знаходимо силу реакції опори:

$$N = \frac{F}{f} = \frac{2,82}{0,15} = 18,8 \text{ кН.}$$

Сила зворотної дії за формулою (3.14):

$$P_{f_{.A.}} = W \cdot \operatorname{tg} \alpha = 18,67 \cdot 0,12 = 2,24 \text{ кН.}$$

За формулою (3.11) знаходимо горизонтальну складову силу тертя клину:

$$F' = W \cdot f = 18,67 \cdot 0,15 = 2,8 \text{ кН.}$$

Величина нормальної реакції на підставі клину:

$$W' = W \cdot (1 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi) = 18,67 \cdot (1 + 0,12 \cdot 0,15) = 19 \text{ кН.}$$

Далі знаходимо силу тертя на підставі клину:

$$F_1 = W' \cdot \operatorname{tg} \varphi = 19 \cdot 0,15 = 2,85 \text{ кН.}$$

Перевіряємо умову рівноваги клина за формулою (3.9):

$$F' + F_1 \geq P_{f_{.A.}}$$

$$2,8 + 2,85 \geq 2,24$$

$$5,65 \geq 2,24.$$

Умова виконується.

Перевіряємо умову самогальмування клина за формулою (3.15):

$$\alpha < 2\varphi$$

$$6 \text{ } 48' < 2 \cdot 8 \text{ } 30'$$

$$6 \text{ } 48' < 17.$$

Умова виконується.

Зусилля на штоку мембранного приводу розраховується за формулою:

$$Q = W_{\text{нóи}} (\operatorname{tg} \alpha + 2\operatorname{tg} \varphi) \quad (3.17)$$

$$Q = 56,01(0,12 + 2 \cdot 0,15) = 23,52 \text{ кН.}$$

Знаючи зусилля на штоку розраховуємо діаметр діафрагми мембранного приводу:

$$Q = \frac{\pi}{16} \cdot (D + d)^2 \cdot \rho - P_k, \quad (3.18)$$

де D – робочий діаметр гумотканинної мембрани, мм;

$d = 0,7D$ – зовнішній діаметр опорної шайби, мм;

$\rho = 0,4$ МПа – тиск стисненого повітря, Мпа;

$P_k = 100$ Н – сила поворотної пружини;

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		51

Розрахуємо робочий діаметр мембрани:

$$23520 = 0,196 \cdot (1,7D)^2 \cdot 0,6 - 100;$$

$$D = \sqrt{\frac{23520 + 100}{0,34}} = 263,57 \text{ мм.}$$

Як силовий затиск будемо використовувати розтискне кулачкове фланцеве оправлення ДСТУ 2752-94, з мембранним приводом із робочим діаметром мембрани $D = 320$ мм.

$$Q\delta = 0,196 \cdot (320 + 0,7 \cdot 320) \cdot 0,4 - 100 = 34746 \text{ Н}$$

$$Q_{расч} \leq Q\phi$$

$$23,52 \text{ кН} \leq 34,746 \text{ кН.}$$

3.6 Проектування калібру-пробка Ø60H7

Розрахуємо калібр-пробку для контролю отвору Ø60H7. Відповідно до ДСТУ 2485-2001, допуски та відхилення калібру становлять: $Z = 15$ мкм; $Y = 0$ мкм; $H = 6$ мкм. На рисунку 3.6 представлено схему розташування полів допусків калібру-пробки для отвору Ø60H7 (усі відхилення наведені в мікрометрах):

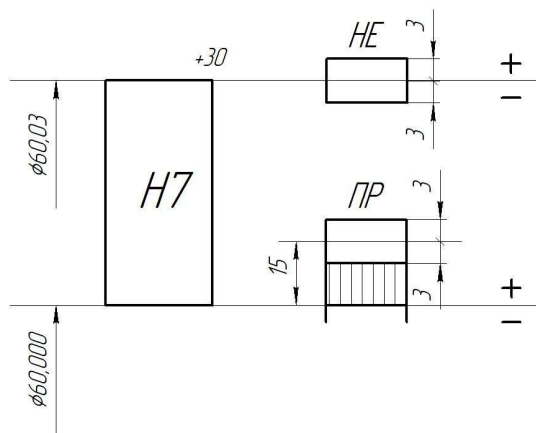


Рисунок 3.6 – Поля допусків

Прохідний калібр – пробка:

Виконавчий розмір:

$$\frac{ж}{и} \frac{3D}{\min} + Z + \frac{H}{2} \frac{ц}{ц} \frac{ц}{H} = \frac{ж}{и} \frac{360}{\min} + 0,030 + \frac{0,006}{2} \frac{ц}{ц} \frac{ц}{0,003} = 60,033 - 0,003 \text{ мм.}$$

Середньостатистичне зношування:

$$Z_{\text{ср}} = Z = 15 \text{ мкм}; \quad (3.19)$$

$$30\% \text{Ч} Z_{\text{ср}} = 0,3 \text{Ч} 15 = 4,5 \text{ мкм} = 0,0045 \text{ мм}; \quad (3.20)$$

Зношування робітником допустиме до розміру:

$$D_{\text{min}} + 30\% \text{Ч} Z_{\text{ср}} = 60 + 0,0045 = 60,0045 \text{ мм}; \quad (3.21)$$

Зношування цеховим контролером допустимо до розміру:

$$D_{\text{min}} = 60 \text{ мм.}$$

Непрохідний калібр-пробки

Виконавчі розміри:

$$\frac{H_{\text{ц}}}{2 \text{ц} H} D_{\text{max}} + \frac{H_{\text{ц}}}{2 \text{ц} H} = \frac{H_{\text{ц}}}{2 \text{ц} H} 60,015 + \frac{0,006 \text{ц}}{2 \text{ц} H} 0,003 = 60,018_{-0,003} \text{ мм.} \quad (3.13)$$

Результати розрахунку (в мм) зведено до таблиці 3.2:

Таблиця 3.2 – Результати розрахунків виконавчих розмірів калібру-пробки

Найменування калібру	Номинальний розмір калібру	Виконавчий розмір калібру	Середнє зношув. $Z_{\text{ср}}$	Зношув. робітн.	Зношув. цеховим контролер.
ПР	60	60,018 _{-0,06}	0,015	60,015	60
НЕ	60,033	60,033 _{-0,06}	—	—	—

Кресленики двох розроблених односторонніх калібрів-пробок подано в додатку.

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз шкідливих факторів виробничого середовища

Перевищення рівня шуму

Шум на виробництві може бути викликаний роботою обладнання, транспортних засобів, технологічними процесами. Перевищення допустимого рівня шуму може призвести до погіршення слуху, підвищеної втомлюваності, зниження концентрації уваги та загальної продуктивності праці.

Нормування шуму:

Допустимий рівень шуму на робочому місці встановлюється ДСанПіН 3.3.6.037-99. Залежно від виду діяльності, нормовані рівні можуть варіюватися, але, як правило, не повинні перевищувати 85 дБА для постійного шуму.

Недостатня освітленість

Недостатнє освітлення може викликати зорову втому, зниження гостроти зору і, як наслідок, зниження продуктивності праці та підвищення травматизму.

Нормування освітленості:

Норми освітленості встановлюються ДБН В.2.5-28-2006. Залежно від типу роботи (точні роботи, чорнові роботи тощо) освітленість повинна бути від 300 до 1000 люкс.

Підвищений рівень вібрацій

Вібрації можуть виходити від працюючого обладнання, транспорту і призводити до професійних захворювань опорно-рухового апарату, нервової та серцево-судинної систем.

Нормування вібрацій:

Параметри вібрацій регламентуються ДСанПіН 3.3.6.039-99. Допустимі рівні залежать від типу вібрацій (загальні, локальні) і часу впливу, але, наприклад, для локальної вібрації на руках не повинні перевищувати 120 дБ.

Монотонний режим роботи

Монотонність праці, пов'язана з повторюваними операціями, може призводити до розумової втоми, зниження уваги, продуктивності та загального психоемоційного напруження.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Нормування монотонності:

Для зменшення негативного впливу монотонності рекомендуються періодичні перерви, ротація робочих місць і використання методів психологічного розвантаження.

Відхилення показників мікроклімату

Параметри мікроклімату включають температуру повітря, вологість, швидкість руху повітря. Відхилення цих параметрів від оптимальних значень може викликати тепловий або холодний стрес, погіршення самопочуття і продуктивності.

Нормування мікроклімату:

ДСанПіН 3.3.6.042-99 регламентує параметри мікроклімату: температура, вологість і швидкість руху повітря у виробничих приміщеннях. Оптимальні параметри залежать від характеру робіт, але, наприклад, для легких робіт у теплий період року температура повинна бути 22-24 °С.

Підвищена або знижена іонізація повітря

Іонізація повітря може бути викликана роботою різного обладнання та процесів. Підвищена іонізація може призвести до головного болю, погіршення самопочуття, а знижена - до зниження імунітету.

Нормування іонізації:

ГОСТ 12.1.007-76 регламентує рівень іонізації повітря. Допустима концентрація іонів визначається для різних умов і типів виробничих приміщень.

Підвищений рівень електромагнітних полів

Електромагнітні поля можуть виходити від працюючого обладнання, ліній електропередач, комп'ютерів тощо. Тривалий вплив високих рівнів електромагнітних полів може викликати головний біль, порушення сну, погіршення загального самопочуття.

Нормування електромагнітних полів:

ДСанПіН 3.3.6.096-02 визначає допустимі рівні електромагнітних полів на робочих місцях. Для частоти 50 Гц допустиме значення напруженості електричного поля не повинно перевищувати 5000 В/м.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		55

Таким чином, кожен шкідливий фактор виробничого середовища вимагає ретельного контролю та відповідних заходів для мінімізації його впливу на працівників.

4.2 Обґрунтування заходів щодо зниження рівнів впливу небезпечних і шкідливих факторів на працюючого

1. Для сприятливого мікроклімату на робочому місці, де здійснюється розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Стакан», необхідно оснастити приміщення кліматичним обладнанням.

Оснащення робочого місця кліматичним обладнанням дозволить підтримувати оптимальні параметри температури, вологості та швидкості руху повітря, що запобігатиме тепловому або холодовому стресу та підвищуватиме комфорт і продуктивність праці. Кліматичне обладнання включає системи кондиціонування повітря, вентиляції та опалення, які повинні відповідати вимогам ДСанПіН 3.3.6.042-99.

2. Природне і штучне освітлення повинні відповідати вимогам СП 52.13330.2016 [5].

Величина коефіцієнта природного освітлення (КПО) для різних приміщень знаходиться в межах від 0,1 до 12%. Оскільки освітленість, створювана природним світлом, змінюється в залежності від часу доби, пори року та метеорологічних факторів, для підтримання постійного рівня освітленості необхідно застосовувати комбіноване освітлення – природне і штучне. Штучне загальне освітлення (лампи накаливання) повинно розташовуватись у верхній зоні приміщення та безпосередній близькості до робочої зони.

3. Для боротьби з шумом у місці, де ведеться розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Стакан», необхідно використовувати колективні та індивідуальні засоби захисту.

До колективних засобів захисту відносяться акустичні екрани, звукоізолюючі кожухи, а також звукопоглинаючі облицювання для технологічного обладнання. Ці

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		56

заходи допомагають знижувати рівень шуму на робочому місці, мінімізуючи його вплив на працівників.

До індивідуальних засобів захисту належать беруші та протишумні навушники, а також спеціальні кабінки, виготовлені з шумопоглинаючих пластин. Ці засоби забезпечують додатковий захист слуху працівників, зменшуючи ризик розвитку професійних захворювань, пов'язаних з високим рівнем шуму.

Таким чином, реалізація зазначених заходів дозволить значно знизити рівень впливу небезпечних і шкідливих факторів на працюючих, підвищуючи безпеку та комфорт умов праці.

4. Для значного зниження таких навантажень необхідні часті перерви в роботі та ергономічні вдосконалення

Для зменшення фізичних та розумових навантажень, а також монотонності праці, необхідно організовувати часті перерви в роботі і впроваджувати ергономічні вдосконалення робочих місць. Робоче місце має бути обладнане так, щоб виключати незручні пози та тривалі напруження. Це включає:

- Регульовані по висоті столи та стільці.
- Підставки для ніг.
- Підтримка для зап'ясть при роботі з клавіатурою.
- Адекватне розташування монітора для запобігання напруженню очей і шиї.

Фізичні перевантаження, розумове перенапруження та монотонність праці встановлюються нормативами Р 2.2.2006-05. Робота за допустимим класом умов праці з напруженістю праці середнього ступеня передбачає:

- Тривалість робочого дня 8-9 годин.
- Тривалість перерв від 3 до 7 % робочого часу.

Ці перерви дозволяють працівникам відновлювати сили і підтримувати високий рівень продуктивності протягом усього робочого дня.

5. Для запобігання ураженню електричним струмом

Все обладнання, що використовується при розробці технології виготовлення деталі «Стакан», повинно бути надійно заземлене. Це включає:

- Забезпечення надійного заземлення всіх електричних пристроїв.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		57

- Ізоляція струмопровідних проводів і кабелів.
- Розміщення струмопровідних частин електроустановок на необхідній висоті для забезпечення їх недоступності.
- Оснащення огороженнями для запобігання випадковим дотикам.

Дотримання цих заходів значно знижує ризик ураження електричним струмом, забезпечуючи безпеку працівників під час виконання технологічних процесів.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		58

ВИСНОВКИ

У цій роботі проводився аналіз об'єкта виробництва - деталі «Стакан». Проведено вибір типу виробництва і форми організації робіт. Було проаналізовано матеріал заготівлі. Проведено вибір виду і способу отримання заготовки. В технологічному розділі спроектовано технологічного маршруту та технологічні операції оброблення деталі.

Розраховано припуски і технологічні розміри на основні поверхні. Проведено розрахунок режимів різання та норм часу. Розроблено програми для керування верстатом з ЧПК за допомогою САМ програм. В конструкторському розділі спроектовано верстатний пристрій для закріплення деталей при свердлуванні. Проведено варіантний вибір схем базування та установки заготовки, розрахунок зусилля закріплення, розроблено конструктивні схеми пристосування. В розділі охорона праці проаналізовано системи освітлення робочих приміщень машинобудівних підприємств та основні вимоги до їх проектування та експлуатації

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		59

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : навчальний посібник. Львів : Магнолія, 2018. 500 с.
2. Гордєєв А. І. Урбанюк Є.А., СілінР.С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.
3. Голінько В.І. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.
4. 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. – Електронні текстові дані (1 файл: 13,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
5. ДБН В.2.5-28-2018 "Природне і штучне освітлення".: затв. наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 03 жовтня 2018 року N 264: чинний з 01.03.2019. – Режим доступу: <https://ips.ligazakon.net/document/DBN00078>.
6. ДСТУ EN ISO 4414:2018 Пневмоприводи. Загальні правила застосування та вимоги щодо безпеки для систем та їхніх складових частин (EN ISO 4414:2010, IDT; ISO 4414:2010, IDT).
7. ДСТУ EN 13788:2008 Металообробчі верстати. Безпека. Верстати токарні багатошпиндельні автоматичні (EN 13788:2001, IDT).
8. ДСТУ 4738:2007/ГОСТ 2590-2006 Прокат сортовий сталевий гарячекатаний круглий. Сортамент (EN 10060:2003, NEQ; ГОСТ 2590-2006, IDT)
9. ДСТУ 8981:2020 Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічну обробку Наказ від 24.02.2020 № 41 Про прийняття та скасування національних стандартів.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		60

- 10.ДСТУ 9182:2022 Поковки з вуглецевої і легованої сталі, виготовлені куванням на пресах. Припуски і допуски.
- 11.Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В.О. Залога, О.О. Залога, В.Д. Гончаров; за загальн. ред. В.О. Залого. Суми: Сумський державний університет, 2013. 371 с.
- 12.Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник - Львів: "Новий Світ-2000", 2009.-358 с.
- 13.Плескач В.М., Акімов І.В., Мітяєв О.А. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин: підручник / за заг. ред. доц. В.М.Плескача. Запоріжжя: Просвіта, 2013. 370 с.
- 14.Прогресивні технології виготовлення деталей насосного обладнання : навчальний посібник / І. М. Дегтярьов, А. О. Нешта, В. О. Колесник. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – 256 с
- 15.Проектування і виробництво заготовок / підручник. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 353 с.
- 16.Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Самостійна та індивідуальна робота студентів [Текст] : навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. В. Дерібо, С. В. Репінський, О. В. Паславська. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 88 с.
- 17.Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур та ін. – Львів : Новий Світ, 2010. – 422 с.
- 18.Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю.В.Петраков, С.В. Сохань, В.К. Фролов, В.М. Кореньков. – Електронні текстові данні (1 файл: 10,2 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		61

19. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник / Юрчишин І.І. та ін. Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.
20. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
21. 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.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		62

ДОДАТКИ

					ДП.ПІМ.ФІТА.24.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		63