

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Технологія виготовлення деталі «Ступиця SK-15,80.50»

Назва теми

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 ДІПМ.ФІТА.25.00.ГВ

Виконав студент 4 курсу група ПМТс-22-2

Шифр



Підпис

Максим ОСТАШУК

Ім'я, прізвище

Керівник канд. техн. наук, доцент

Науковий ступінь, звання

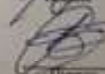


Підпис

Ольга РОМАНІЧІНА

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 « 21 » 06 2025


Хмельницький 2025

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

\_\_\_\_\_, 2025

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

Осташука Максима Петровича

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Технологія виготовлення деталі «Ступиця SK-15.80.50» з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Романішина Ольга Валеріївна, к.т.н., доцент

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

Затверджено наказом ректора університету від 07 лютого 2025 р. № 23

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2023

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) кресленик деталі «Ступиця SK-15.80.50» та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску 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: кресленик деталі із 3D моделлю (1 лист A2); графотехнологія (1 лист A1); кресленик карти наладки (1 лист A2); кресленик верстатного пристрою (1 лист A1); кресленик контрольного калібру (1 лист A2)

6 Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

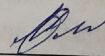
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання 6.03.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

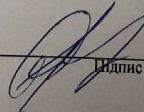
Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ	20.03.2025	
2 Технологічний розділ	20.04.2025	
3 Конструкторський розділ	20.05.2025	
4 Охорона праці	10.06.2025	

Студент

  
Підпис

Максим ОСТАПУК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проекту (роботи)

  
Підпис

Ольга РОМАНШІНА  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ ТМ  
 ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи Технологія виготовлення деталей машини SK-15.80.105  
 Автор Сотнік Л. Б. Виконавчий: Верба І. І.  
 Освітня програма технологія машинобудування  
 Рівень вищої освіти 8-го рівня  
 Спеціальність технічна механіка  
 Науковий керівник: Романенко О. В.

На основі аналізу кваліфікаційної роботи на дотримання вимог академічної доброчесності (у т.ч. відсутності ознак академічного плагіату) з урахуванням результатів перевірки роботи спеціалізованим програмним засобом(ами) комісія зробила такий висновок:

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

Підтвердження:

AP - 13.09  
EP - 11.09

Дата

Завідувач кафедри

[Підпис]  
Підпис

Віталь Ткачук  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Гарант освітньої програми

[Підпис]  
Підпис

Володимир Мелько  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи

[Підпис]  
Підпис

Ольга Романенко  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Брояк Артем Васильович на захист дипломного проекту (роботи)  
(прізвище, ім'я, по батькові)  
за спеціальністю 131 - Прикладна механіка  
На тему: Технологія виготовлення деталі "Фланець 412.07.09" з використанням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету

ОЛЕГ ПОЛІЩУК  
(ім'я, прізвище)

**ДОВІДКА УСПІШНОСТІ**

Брояк А.В. з 2022 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 2,56 %, добре 12,82 %, задовільно 84,62 %.  
шкалою ЄКТС: А 1,82 %, В 1,82 %, С 9,09 %, D 18,18 %, E 69,09 %.

Методист факультету

[Підпис]  
(підпис) (ім'я, прізвище)

**ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ)  
ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ**

Студент Артем Брояк виконав дипломний проєкт та активно працював над його виконанням. Він сам виконав роботу над розробкою конструктивних та системних рішень при вирішенні технічних і економічних завдань. Робота виконана якісно, відповідно до вимог та нормативів.

Оцінка дипломного проєкту (роботи) добре

Керівник дипломного проєкту

[Підпис] Костюк М.А.  
(підпис) (ім'я, прізвище)

" 26 " 06 2025

**ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)**

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Брояк А.В. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

технології машинобудування  
(назва)

[Підпис] Вікторія Шевчук  
(підпис, ім'я, прізвище)

" 26 " 06 2025

Завідувачу кафедри

Віктор ТРАЦЮК  
здобувача вищої освіти (студента)

ПІБ, факультет, «курс», «група»  
Володимир Романович ПІТ  
ФІТ

### 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 (StrikePlagiarism 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.

25.06.2024

[Підпис]

дата

підпис

**РЕЦЕНЗІЯ**

на дипломний проект студента Максима ОСТАШУКА  
Тема проекту: Технологія виготовлення деталі «Ступиця SK-15.80.50» з використанням верстатів з ЧПК

Тема дипломного проекту, та його зміст відповідають обраній спеціальності. Дипломний проект має необхідні розділи згідно завдання. У дипломному проекті студент проаналізував конструкцію обраної деталі, її технологічність.

Вибрав більш економічний метод виготовлення заготовки, обґрунтувавши його, розробив маршрутний і технологічний процес механічного оброблення ступиці з використанням сучасного устаткування з ЧПК. Згідно виданого завдання розраховані припуски на обробку, визначені режими різання, норми штучного часу. Виконавши усі необхідні розрахунки за допомогою програмного продукту CAM ESPRIT розроблено керуючу програму оброблення деталі Ступиця SK-15.80.50 на токарному центрі з ЧПК моделі DMG MORI CLX 350. Всі прийняті рішення технологічного розділу підкріплені відповідними розрахунками і виконані на високому рівні.

В конструкторській частині розроблено конструкцію верстатного пристрою та проведено розрахунки необхідної сили затиску деталі та розрахунок пристосування на точність.

Всі рішення підкріплені розрахунками і заслуговують позитивної оцінки.

Графічна частина виконана у відповідності з вимогами ЕСКД та ДСТУ, розділи розрахунково-пояснювальної записки оформлені з виконанням основних вимог ЕСТД та ДСТУ на досить високому рівні.

Все це свідчить про достатній рівень дипломника як сформованого молодого спеціаліста.

Вагомих недоліків в дипломному проекті не виявлено.

Дипломний проект, виконаний згідно завдання, у повному обсязі та на достатньому технічному рівні і заслуговує оцінки «добре».

Рецензент: \_\_\_\_\_

Багач О. П.

« 17 » « 06 » 2025 р.

## Реферат

Дипломного проекту на тему:

Технологія виготовлення деталі "«Ступиця SK-15.80.50» з використанням верстатів з ЧПК

Здобувач: Максим ОСТАШУК Керівник: к.т.н., доцент Ольга РОМАНШИНА

Дипломний проєкт присвячений удосконаленню технологічному процесу виготовлення корпусу із застосуванням верстатів з ЧПК, а саме фрезерно-розточувальних оброблюючих центрів фірми HAAS США (Швейцарія).

Проаналізувавши існуючий технологічний процес та запропоновано новий технологічний процес виготовлення піввісі із застосуванням верстатів з ЧПК.

Для виконання технологічного процесу виготовлення деталі Ступиця SK-15.80.50 застосоване відповідне обладнання та різальний інструмент, опрацьовані розрахунки припусків, режимів різання та норм часу на виконання операцій оброблення.

Опрацьовані розрахунки верстаних пристроїв для фрезерування та свердлування, з визначенням сили затиску, розрахунком елементу пристрою на міцність, та точність і приведено опис його роботи. Опрацьовані розрахунки контрольного інструменту на точність і приведено опис його роботи.

У розділі охорони праці зазначено правові аспекти з охорони праці, проаналізовано умови праці на предмет безпеки та зазначено заходи з охорони праці для їх покращення.

Автор:

Осташук М.

/Підпис/

## ЗМІСТ

Вступ	8
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	10
1.1 Аналіз технологічності конструкції деталі	10
1.2 Забезпечення експлуатаційних властивостей деталі	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	15
2.1 Вибір способу та виду отримання заготовки	15
2.2 Проектування нового технологічного маршруту оброблення деталі	16
2.3 Розрахунок припусків на обробку	17
2.4 Процес проведення проектування технологічних операцій	19
2.5 Уточнення технологічних баз та схеми закріплення заготовки	24
2.5.1 Уточнення змісту переходів	24
2.6 Вибір засобів технологічного оснащення	24
2.7 Вибір і розрахунок режимів різання	29
2.8 Нормування технологічних переходів	34
2.9 Розроблення керуючих програм для верстатів із ЧПК	36
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	42
3.1 Розробка конструкції верстатного пристрою	42
3.1.1 Розробка принципової розрахункової схеми та компоновання пристрою	42
3.1.2 Опис конструкції та роботи пристосування	43
3.1.3 Визначення необхідної сили затиску	44
3.1.4 Розробка технічних вимог на виготовлення і складання пристосування	45

Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата				
					Технологія виготовлення деталі «Ступиця SK-15.80.50» з використанням верстатів з ЧПК	Лім	Аркуш	Аркушів
Розробив		Осташук М.				н	1	
Перевірів		Романішина О.				гр. ПМТ-21-1		
Н.контр.		Бись С.С.						
Затв.		Ткачук В.П.						

ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	
3.1.5 Розрахунок пристосувань на точність	46
3.2 Розрахунок виконавчих розмірів для контролювання отвору	
Ø калібру-пробки	47
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	50
4.1 Захист від виробничого шуму	50
4.2 Захист від вібрацій	52
ВИСНОВКИ	59
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	60
Додатки	63

## ВСТУП

Розвиток індустрії та економічного комплексу держави, а також темпи їх оновлення сучасним обладнанням істотно залежать від ступеня вдосконалення галузі машинобудування. Прогрес у цій сфері обумовлюється поліпшенням процесів виготовлення, зростанням інженерної досконалості техніки й підвищенням її надійності під час експлуатації.

В умовах сьогодення особливої актуальності набуває завдання виробництва машин із високими якісними показниками, рентабельно, в обмежений термін, з мінімальними витратами ресурсів і трудових зусиль. Для досягнення цього потрібно впроваджувати високоефективне устаткування, прогресивний інструмент, сучасні пристрої та елементи механізації й автоматизовані засоби керування.

Побудова технологічного маршруту оброблення складових частин машин не повинна обмежуватись лише визначенням порядку виконання операцій та встановленням параметрів різання. Вона вимагає глибокого аналізу, креативного підходу з урахуванням конструктивних особливостей виробу, можливостей виробництва та економічних факторів.

Ключові тенденції вдосконалення сучасного машинобудівного виробництва:

– Мінімізація припусків за рахунок наближення заготовок до форми, розмірних параметрів та якості готових компонентів, що дозволяє зменшити витрати сировини, навантаження на персонал, споживання інструменту й енерговитрати;

– Збільшення продуктивності за допомогою використання верстатів з числовим керуванням, автоматичних виробничих ліній, багатофункціонального устаткування та нових композитних ріжучих матеріалів;

– Об'єднання операцій на одному обладнанні із застосуванням універсального інструменту й високошвидкісної обробки;

– Залучення методів оброблення з використанням електрофізичних або електрохімічних явищ для досягнення більшої точності та зменшення залишкових напружень;

– Удосконалення технологій зміцнення поверхонь – підвищення ресурсу, опору зношуванню та довготривалої працездатності деталей завдяки термічній, механічній, хіміко-фізичній або інтегрованій обробці.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

## ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Аналіз технологічності конструкції деталі

Ступиця служить, як основа для устанавлення колісного диска і гальма. Її завданням є забезпечення фіксації та можливість вільного обертання колеса і супутніх деталей. Для тягових коліс ступиця є ланкою передачі обертового моменту від диференціала на колесо. Ступиця являється однією з найбільш надійних деталей підвіски, а вивести ступицю з ладу можна тільки в результаті аварії чи дуже тривалої експлуатації у важких умовах.

Для роботи при постійних навантаженнях ступицю виготовлюють суцільнометалевими.

На великий зовнішній обід ступиці кріпиться гальмовий диск чи барабан і колісний диск, який фіксуються болтами або шпильками. Внутрішній обід забезпечується одним або двома підшипниками, розташованими на зовнішній або внутрішній частині ступиці, в залежності від його призначення і місця його устанавки. Креслення деталі «Ступиця SK-15.80.50» представлено на рисунку 1.1.

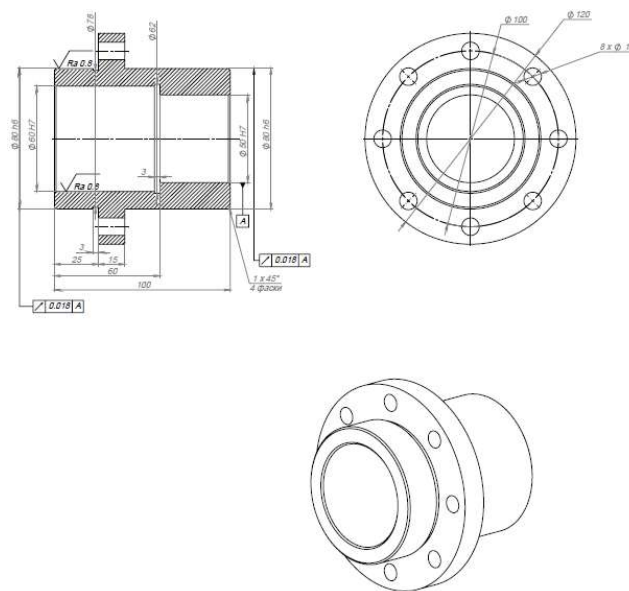


Рисунок 1.1 – Креслення деталі «Ступиця SK-15.80.50»

Головна мета проведення аналізу технологічності конструкції деталі є: використання високопродуктивних етапів процесу оброблення, зниження обсягів трудомісткості та металомісткості при обробці деталі, зменшення собівартості по виготовленню деталі [3]. .

Деталь «Ступиця SK-15.80.50» виробляють з якісної вуглецевої конструкційної сталі 45 по ДСТУ 7809:2015. Ця сталь є визначено витривалою, досить міцною та гарно піддається механічній обробці. Хімічні складові цієї сталі подаються у вигляді таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічні складові, що входять до складу сталі 45 (за ДСТУ 7809:2015 та ТУ)

Склад елементів, %							
вуглець	марганець	кремній	хром	нікель	мідь	фосфор	сірка
0,42-0,50	0,5-0,8	0,17-0,37	0,25	0,25	0,255	0,035	0,04

Деталь представлена, як тіло обертання, що має наскрізні отвори. При проведенні аналізу параметрів на точність розмірів деталі, треба зазначити, що на розміри, як зовнішні так і внутрішні потрібні квалітети 9-14. Незначні відхилення від креслення можуть варіювати від міліметрів сотих до десятих.

Деталь має наскрізні отвори діаметром  $\varnothing 11$ , кількості штук - 8. Мінімальна шорсткість зовнішніх і внутрішніх поверхонь вказаних на кресленні дорівнює  $Ra=3,2$ , при цьому, шорсткість цілої деталі дорівнює значенню  $Ra=6,3$ . Твердість даної деталі становить 180 НВ одиниць за шкалою Брінеля. Готова деталь має масу 2,7 кг. На рисунку 1.1. представлена модель деталі.

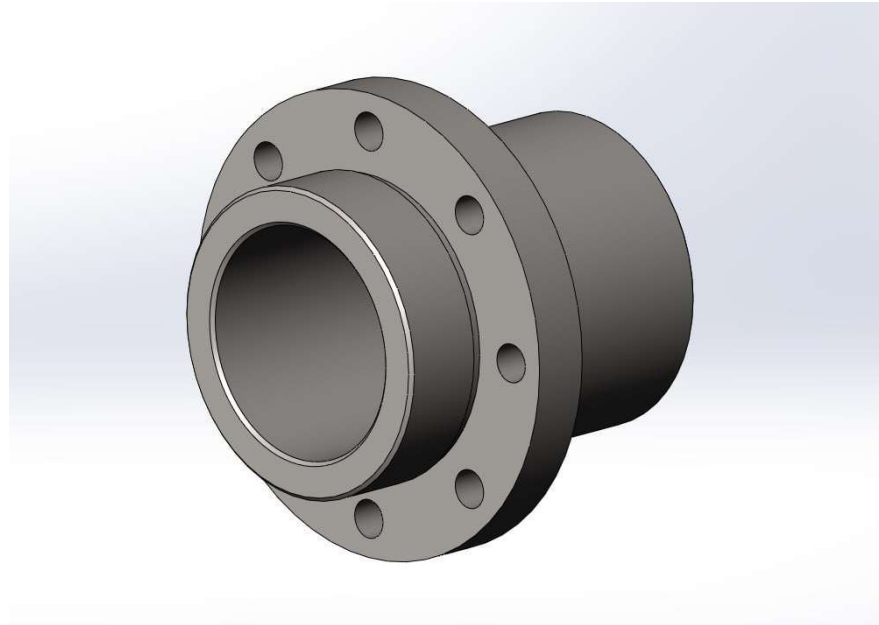


Рисунок 1.1 – Деталь «Ступиця SK-15.80.50» зображена, як 3D модель

Для забезпечення необхідної точності виготовлення деталі «Ступиця SK-15.80.50» необхідно застосовувати інструменти підвищеної точності, зокрема високоякісні свердла, розточувальні та прохідні різці, а також надійні засоби контролю, серед яких калібри-пробки, мікрометри та нутроміри. Обробка деталі виконується на сучасному обладнанні з числовим програмним керуванням, що дає змогу досягти стабільної точності та повторюваності при виконанні операцій.

Конструкція ступиці є загалом технологічною, оскільки матеріал добре піддається механічній обробці, а форма деталі дозволяє ефективно реалізувати необхідні технологічні операції без складного позиціонування або частого перезакріплення. Виготовлення деталі не потребує багато переходів, що знижує загальну трудомісткість. Проте, складність створює висока точність окремих елементів, що потребує особливої уваги до вибору інструментів та налагодження технологічного процесу.

У процесі обробки передбачається виконання точіння, свердління та розточування. Заготовка встановлюється у трикулачковий патрон, що забезпечує надійне центрування. Для свердлильних операцій використовується спеціальне пристосування, яке дозволяє витримати геометричні параметри без додаткового коригування. Габарити заготовки не вимагають використання підйомних механізмів, що спрощує налагоджувальні та допоміжні процеси під час виробництва.

## 1.2 Забезпечення експлуатаційних властивостей деталі

Надійність і довговічність машин залежить від експлуатаційних властивостей їх деталей і з'єднань - статичної, втомної та контактної міцності, корозійної стійкості, зносостійкості тощо. Зазначені властивості, своєю чергою, залежать від механічних властивостей матеріалів, точності розмірів деталей, параметрів якості їх поверхневого шару та умов експлуатації.

Надійність машин, що визначається точністю виготовлення її деталей, більшою мірою залежить від контактної жорсткості їх з'єднань. Близько 70 відсотків виходу з ладу машин визначаються зносом деталей під час тривалих навантажень елементів верстата. Тому зносостійкість має важливу роль у забезпеченні надійності складових частин машин [2].

Перевірка працездатності конструкції деталі виконується за допомогою CAD/CAE/PEM-системи. Для деталі «Ступиця SK-15.80.50», показаної на рисунку 1.2 проведено розрахунки напружень при її робочому навантаженні. Для цього було застосовано зовнішнє розподілене навантаження, що дорівнює  $P=1000$  Н. Моделювання та розрахунки були виконані в програмі SolidWorks..

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

З карти і діаграми максимальних напружень можемо спостерігати, що максимальне напруження не переступає позначку в 279 МПа, що є меншим за межу плинності, рівної близько 300 МПа. На інших конструктивних елементах, в середньому діє напруга близько 5 МПа. З цього можна зробити висновок, що деталь працює в зоні пружної деформації.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Вибір способу та виду отримання заготовки

Враховуючи технологічні властивості матеріалу деталі габарити, масу та встановлені вимоги стосовно типу виробництва та механічні властивості, як вихідну заготовку будемо приймати прокат сортовий сталевий круглий за ДСТУ 4738:2007 із звичайною точністю В2.

Коефіцієнт використання металу рахуємо за формулою [5]:

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

де  $q$  – вага деталі;

$Q$  – вага заготовки.

Нами було прийнято орієнтовні розміри заготовки:

$$\varnothing D = 125 \text{ мм}; \quad L = 105 \text{ мм.}$$

Визначимо масу заготовки з прутка за наступною формулою [6]. :

$$q = V\rho, \quad (2.2)$$

де:  $V$  – це об'єм заготовки, що знаходиться, як  $V = \pi D^2 L / 4$  ;

$\rho = 7826 \text{ кг/м}^3$  – щільність вихідного матеріалу Сталі 45.

$$q = 3,14 \cdot 0,125^2 \cdot 0,105 \cdot \frac{7826}{4} = 9,06 \approx 9 \text{ кг}$$

При проведенні процесу виготовлення заготовки з прокату коефіцієнт, що показує використання металу дорівнює:

$$K = \frac{2,7}{9} = 0,3$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

А при виготовленні заготовки методом лиття, коефіцієнт використання металу буде дорівнювати:

$$K = \frac{2,7}{3,6} = 0,75$$

Розрахунок показав, що при виготовленні заготовки з прокату 30% металу йде на виготовлення деталі, а на стружку припадає решта 70%, що вказує на доцільність виготовлення заготовки з литва, це підвищує КВМ до значення 75%, але при цьому, ціна заготовки зростає з використанням дороговартісного устаткування, розширення площі виробничих приміщень, тощо. При дрібносерійному виробництві доречним є використання заготовки, що відрізаються від прутка.

## 2.2 Проектування нового технологічного маршруту оброблення деталі

Технологічний маршрут – це поетапне прямування заготовки деталі по ділянцям та виробничим цехам підприємства під час реалізації технологічного процесу виготовлення деталі [13]. .

В таблиці 2.1 представлена послідовність необхідних операцій для виготовлення деталі «Ступиця SK-15.80.50» відповідно до технічних вимог, потрібних параметрів точності та умов праці виробництва.

Таблиця 2.1 – Представлений технологічний маршрут виготовлення деталі «Ступиця SK-15.80.50»:

005 Заготівельна
010 Токарна
015 Слюсарна
020 Контрольна
025 Токарна з ЧПУ

030 Слюсарна
035 Контрольна
040 Свердлильна
045 Слюсарна
050 Промивочна
055 Контрольна
060 Консервація

### 2.3 Розрахунок припусків на обробку

Визначення оптимальної товщини припусків на механічну обробку є суттєвим інженерно-економічним завданням, що безпосередньо впливає на продуктивність виробництва. Використання завищених, у порівнянні з оптимальними, значень припусків зумовлює надмірне витрачання металу, який перетворюється на стружкові відходи.

Це, у свою чергу, спричиняє збільшення зусиль різання та пружних деформацій у виробничій системі «обладнання – оснастка – ріжучий інструмент – заготовка», що знижує точність виготовлення.

До того ж, надлишкові припуски підвищують витрати праці, бо потребують більшої кількості обробних проходів. Окрім цього, ускладнюється використання допоміжних пристроїв через підвищені навантаження, що, у свою чергу, спричиняє швидке зношення інструменту й зростання споживання електроенергії.

Крім того, надмірні припуски підвищують трудомісткість, оскільки виникає потреба у більшій кількості проходів при обробленні поверхні. Також це ускладнює застосування пристосувань через зростання силових навантажень і призводить до прискореного зношення ріжучого інструменту та до підвищених витрат електроенергії.

За формулою 2.3 проведемо сумування складових найменшого припуску [4]:

$$2Z_{\min i} = 2(Rz_{i-1} + T_{\text{деф}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i); \quad (2.3)$$

Розрахуємо мінімальний та максимальний розміри за формулами 2.4 та 2.5:

$$d_{\min i-1} \text{ розр.} = d_{\max 1} + 2Z_{\min i}; \quad (2.4)$$

$$d_{\max i-1} \text{ розр.} = d_{\min i-1} \text{ розр.} + T_{di-1}; \quad (2.5)$$

Значення розрахунку припусків на обробку становить  $\varnothing 80h9-0,074$  мм.

При проведенні чистового точіння, розрахунковий припуск дорівнює:

$$2Z_{\min i} = 2(Rz_{i-1} + T_{\text{деф} i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (120 + 120 + 90 + 0) = 660 \text{ мкм};$$

$$d_{\min i-1} \text{ розр.} = d_{\max 1} + 2Z_{\min i} = 80 + 0,66 = 80,66 \text{ мм}$$

$$d_{\max i-1} \text{ розр.} = d_{\min i-1} \text{ розр.} + T_{di-1} = 80,66 + 0,12 = 80,78 \text{ мм}$$

При чорновому точінні знайдемо розрахунковий припуск:

$$2Z_{\min i-1} = 2(Rz_{i-2} + T_{\text{деф} i-2} + \rho_{i-2} + \varepsilon_{i-1}) = 2 \cdot (150 + 120 + 150 + 100) = 1040 \text{ мкм};$$

$$d_{\min i-2} \text{ розр.} = d_{\max i-1} + 2Z_{\min i-1} = 80,78 + 1,040 = 81,82 \text{ мм}$$

$$d_{\max i-2} \text{ розр.} = d_{\min i-2} \text{ розр.} + T_{di-2} = 81,82 + 2 = 83,82 \text{ мм}$$

Таблиця 2.2 – Розміри розрахункових припусків на обробку  $\varnothing 80h9_{-0,074}$  мм

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуска, мк				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$ , МКМ	Принятий технологічний розмір, мм	Допуск Td, мкм	Граничний розмір, мм	
	R <sub>z</sub>	h	$\rho$	$\varepsilon$				d <sub>min</sub>	d <sub>max</sub>
Заготовка	150	120	150	-	-	-	2000	81,82	83,82
Чернове точіння	120	120	90	100	1040	$\varnothing 80,78_{-0,12}$	120	80,66	80,78
Чистове точіння	-	-	-	0	660	$\varnothing 80h9_{-0,074}$	74	79,926	80

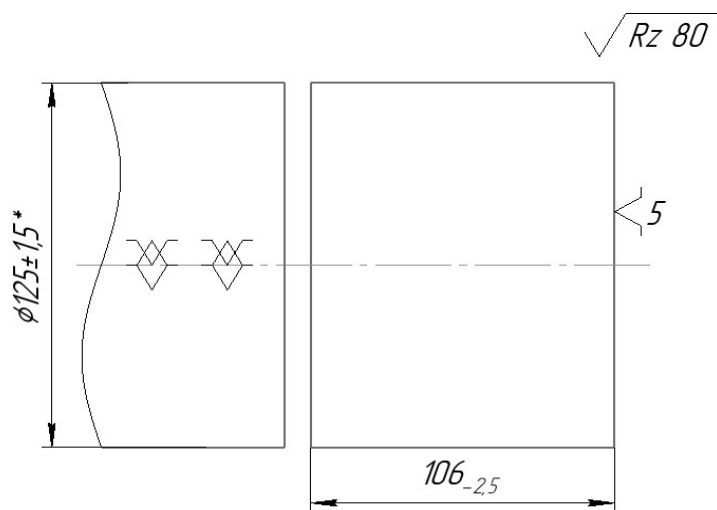
## 2.4 Процес проведення проектування технологічних операцій

Таблиця 2.3 – Виготовлення деталі «Ступиця SK-15.80.50» за спроектованим технологічним процесом

### 005 Заготівельна

А. Встановити заготовку в призми. База: зовнішній діаметр і торець.

1. Відрізати заготовку, витримуючи розмір  $106_{-2,5}$  мм.



\* розмір для довідок



### Продовження Таблиці 2.3

Б. Встановити і закріпити заготовку в трикулачковий патрон. База: зовнішній діаметр, торець.

1. Підрізати торець, витримуючи розмір  $100_{-0,87}$  мм.
2. Точити поверхню, витримуючи розміри  $\varnothing 80_{-0,074}$  мм,  $\varnothing 25_{-0,52}$  мм,  $R1 \pm 0,2$  мм.
3. Зняти фаски  $2 \pm 0,2 \times 45^\circ$  мм.

015 Слюсарна

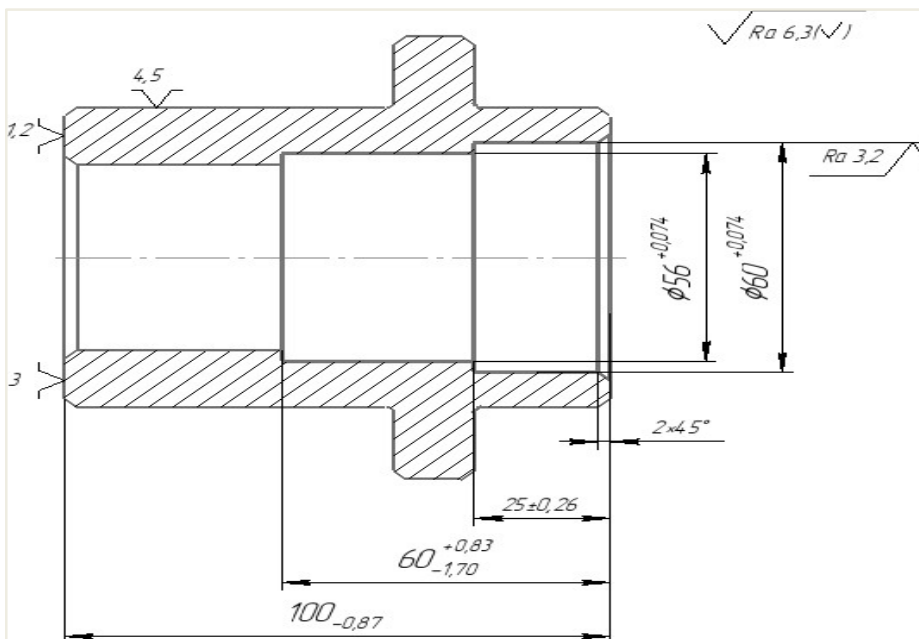
1. Притупити гострі кромки, зняти задирки.

020 Контрольна

025 Токарна з ЧПУ

А. Встановити і закріпити заготовку в трикулачковий патрон. База: зовнішній діаметр, торець.

1. Розточити отвір  $\varnothing 48_{+0,62}$  мм на прохід.
2. Розточити отвір  $\varnothing 50_{+0,62}$  мм на прохід.
3. Зняти фаску  $2 \times 45^\circ$  мм згідно з ескізом.



Продовження Таблиці 2.3

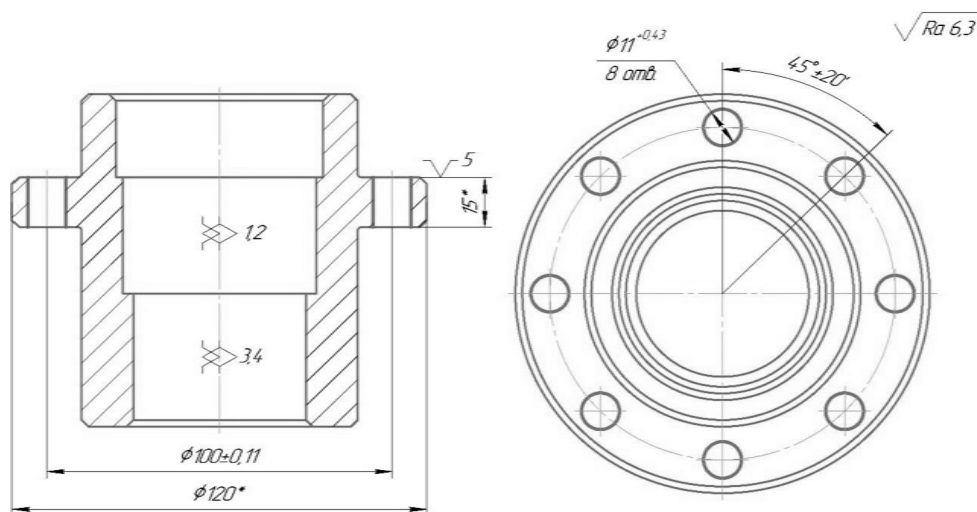
Б. Встановити і закріпити заготовку в трикулачковий патрон з розточеними кулачками. База: зовнішній діаметр, торець.

1. Розточити отвір, витримуючи розміри  $\varnothing 56+0,74$  мм,  $60+0,83$  мм,  $-1,7$
2. Розточити отвір, витримуючи розміри  $\varnothing 60+0,074$  мм,  $25 \pm 0,26$  мм.
3. Зняти фаску  $2 \pm 0,2 \times 45^\circ$  мм.

030 Слюсарна

1. Притупити гострі кромки, зняти задирки.

035 Контрольна



040 Свердлувальна

А. Встановити, і закріпити заготовку в спеціальному пристосуванні. База: зовнішній діаметр, торець.

1. Центрувати 8 отворів, витримуючи розміри  $\varnothing 6,3+0,36$  мм,  $1,5 \pm 0,13$  мм,  $\varnothing 120 \pm 0,11$  мм,  $45^\circ \pm 20'$ .
2. Свердлити 8 отворів, витримуючи розміри  $\varnothing 11+0,43$  мм,  $15^*$  мм,  $\varnothing 120 \pm 0,11$  мм,  $45^\circ \pm 20'$ .

Продовження Таблиці 2.3

045 Слюсарна
1.Притупити гострі кромки, зняти задирки.
035 Промивна
1. Промити деталі.
040 Контрольна
045 Консервація
1. Консервувати, варіант
2. Деталі здати на склад готової продукції.

2.5 Уточнення технологічних баз та схеми закріплення заготовки

Досягнення високої точності при виготовленні деталі на металообробному верстаті починається з правильного розміщення заготовки в координатній системі обладнання, що реалізується шляхом її базування. У цьому розділі подано уточнення щодо вибору технологічних баз і схем фіксації заготовки для кожної з операцій.

На першій токарній операції 010 заготовка орієнтується за зовнішньою поверхнею та торцем, при цьому її установку здійснюють у трикулачковому патроні. Операція 025, що виконується на токарному верстаті з числовим програмним керуванням, також передбачає базування по цим же елементам — зовнішньому діаметру та торцевій поверхні, а встановлення заготовки відбувається аналогічно — у самоцентрувальному трикулачковому патроні.

Під час виконання операції 040 на свердлильному обладнанні для базування також використовують зовнішню циліндричну поверхню і торець. Проте фіксація деталі тут відбувається із застосуванням спеціального пристрою, який забезпечує стабільне положення заготовки й необхідну точність виконання свердлильних робіт.

### 2.5.1 Уточнення змісту переходів

Представимо в таблиці 2.4 уточнення змісту переходів, установок та ходів при виконанні токарних і свердлильних операцій.

Таблиця 2.4 – Уточнення переходів

Операції	Опис
010 Токарна	<p>Установ А.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Підрізування торця - 1 перехід, 1 хід</li> <li>2) Точіння зовнішньої поверхні - 1 перехід, 1 хід</li> <li>3) Точіння зовнішньої поверхні - 2 переходи, 1 хід</li> <li>4) Зняття фаски - 1 перехід, 1 хід</li> <li>5) Центрування отвору - 1 перехід, 1 хід</li> <li>6) Розточування отвору - 1 перехід, 1 хід</li> <li>7) Свердління наскрізного отвору - 1 перехід, 4 ходи</li> <li>8) Зняття фаски - 1 перехід, 1 хід</li> </ol> <p>Установ Б.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Підрізування торця - 1 перехід, 1 хід</li> <li>2) Точіння зовнішньої поверхні - 2 переходи, 1 хід</li> <li>3) Зняття фаски - 1 перехід, 2 ходи</li> </ol>
025 Токарна з ЧПУ	<p>Установ А.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Розточування отвору - 1 перехід, 4 ходи</li> <li>2) Розточування отвору - 1 перехід, 3 ходи</li> <li>3) Зняття фаски - 1 перехід, 1 хід</li> </ol> <p>Установ Б.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Розточування отвору - 1 перехід, 3 ходи</li> <li>2) Розточування отвору - 1 перехід, 2 ходи</li> <li>3) Зняття фаски - 1 перехід, 1 хід</li> </ol>

030	Центрування отворів - 1 перехід, 8 ходів
Свердлильна	



## 2.6 Проведення вибору засобів технологічного оснащення


Засоби технологічного оснащення являють собою сукупність знарядь виробництва, необхідних для реалізації технологічного процесу. Їх застосування спрямоване на забезпечення заданої точності оброблення деталей і підвищення продуктивності праці. Поняття оптимальної оснащеності передбачає таку організацію засобів, яка дозволяє досягти максимальної ефективності виготовлення продукції при дотриманні необхідної кількості та якості виробів у межах визначеного часу. При цьому враховуються сукупні умови, що визначаються як технологічними, так і організаційними можливостями виробництва, включаючи стан фондів і трудових ресурсів [2].

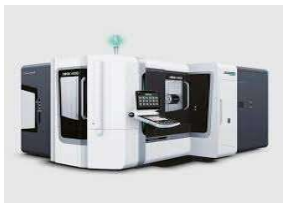
До засобів технологічного оснащення належать технологічне обладнання, засоби механізації й автоматизації технологічних процесів, а також власне елементи технологічного оснащення. Технологічне обладнання включає в себе ті засоби, в яких під час виконання окремих етапів технологічного процесу розміщуються матеріали або заготовки, а також реалізуються засоби впливу на них. Вибір відповідного обладнання здійснюється з урахуванням конструктивних особливостей деталі та вимог до якості її поверхонь. У випадках, коли типове обладнання не дозволяє забезпечити належну якість або продуктивність, технолог може підготувати технічне завдання на розроблення спеціалізованого верстата.

На завершення, буде здійснено підбір необхідних засобів технологічного та контрольно-вимірювального оснащення, які забезпечать матеріальне оснащення виробничої дільниці. Обрані позиції буде внесено до таблиць 2.5 та 2.6.

Таблиця 2.5 – Засоби технологічного оснащення

№ Операції	Обладнання	Ріжучий інструмент	Установче пристосування
005 Заготівельна	Стрічкопильний верстат  FDB Maschinen SSG 5018	Mast Metalltechnik M- BS712N_400V Ріжуче полотно	Призма 7033-0040 ISO 17025:2017
010 Токарна	Універсальний токарний верстат CORMAK 410x1500 	Різець прохідний MCLNR3232P19 під пластину CN_1906 ДСТУ 2233:2021; Різець підрізний WWLNR1616H 08 ДСТУ 2233:2021; Матеріал пластини: токарна т/с ZQMX3N11 ОКЕ УВС 251;	3-и кулачковий патрон DIN ISO 702-2 № 6

		<p>Свердло 3,15 мм Р6М5К5</p> <p>ДСТУ ISO 494:2018;</p> <p>Свердло 25 мм Р6М5 ДСТУ ISO 494:2018;</p> <p>Різець розточувальний S16Q-MCLNR12</p> <p>ДСТУ 2233:2021.</p>	
<p>025 Токарна с ЧПУ</p>	<p>Токарний верстат з ЧПУ DMG MORI CLX 350</p> 	<p>Різець прохідний MCLNR3232P19</p> <p>ДСТУ 2233:2021;</p> <p>Різець підрізний WWLNR1616H 08</p> <p>ДСТУ 2233:2021;</p> <p>Матеріал пластини: CN_1906;</p> <p>Різець розточувальний S16Q-MCLNR12</p> <p>ДСТУ 2233:2021;</p> <p>Різець контур-</p>	<p>3-и кулачковий патрон DIN ISO 702-2 № 6</p>

		<p>ного точіння MQR6 R0.20 L22 ДСТУ 2233:2021.</p> <p>Свердло по металу HSS Steelfi</p> <p>ДСТУ ISO 494:2018;</p> <p>Метчик машинний HSS- E C R40 M 4 RN Guhring DIN 376 ISO 2/6H;</p>	
040 Свердлильна	<p>Горизонтально-фрезерний станок с ЧПУ DMG MORI NHX-4000</p> 	<p>Свердло по металу HSS Steelfi</p> <p>ДСТУ ISO 494:2018;</p>	<p>3-и кулачковий патрон DIN ISO 702-2 № 6</p>
045 Слюсарна		<p>Напиллок плоский</p> <p>28210001 ДСТУ EN ISO 11148-9:2016</p>	
050 Промивочна			Вана промивна
060 Консервація	-	-	-

Таблиця 2.6 – Засоби контролю точності виготовлення деталі

Операція	Спосіб контролю	Вимірювальний прилад
005 Заготівельна	Інструментальна візуальна	Штангенциркуль ШЦ-II 250-0,1 ГОСТ166-89;
010 Токарна	Інструментальна візуальна	Штангенциркуль ШЦ-II 250-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018; Зразки шорсткості 3,2 Т, Р ДСТУ 2413-94; Нутромір НИ 100-160 ДСТУ ISO ІЕС 7025:2017;
025 Токарна з ЧПУ	Інструментальна візуальна	Штангенциркуль ШЦ-II 250-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018; Зразки шорсткості 3,2 Т, Р ДСТУ 2413-94; Нутромір НИ 100-160 ДСТУ ISO ІЕС 17025:2017;
040 Свердлильна	Інструментальна візуальна	Штангенциркуль ШЦ-II 250-630-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018; Калибр-пробка 8133-0253 Н14 DIN2245;

## 2.7 Вибір і розрахунок режимів різання

При проведенні розрахунку режимів різання його метою є визначення наступних показників: швидкості, подачі і глибини різання, що зробить обробку поверхні найбільш економічною і продуктивною за показниками шорсткості і точності оброблюваної поверхні.

Для операції точіння зовнішньої поверхні представимо розрахунок режимів різання.

010 Токарна:

Інструмент - прохідний різець; Т15К6. Оброблюваний матеріал – Сталь 45 ДСТУ 7809:2015.

Під час точіння:

Глибина різання  $t = 1$  мм;

Подача на зуб  $s = 0,3$  мм/об;

Швидкість різання рахуємо за формулою [16]. :

$$v = \frac{C_v}{T^{m \cdot t^x \cdot s^y}} \cdot K_v, \quad (2.5)$$

де  $C_v = 350$  – коефіцієнт;

$x = 0,15$ ,  $y = 0,2$ ,  $m = 0,2$  – показники степені;

$T = 60$  хв – період стійкості;

$K_v$  – поправочний коефіцієнт:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}, \quad (2.6)$$

де  $K_{mv}$  – коефіцієнт на оброблюваний матеріал:

$$K_{mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (2.7)$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

де  $Kr = 1,0$  – коефіцієнт, що характеризує групу сталі за оброблюваністю,

$n_v = 1$  – показник степені,

$\sigma_B = 600$  МПа – межа міцності.

$$K_{mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left( \frac{750}{600} \right)^1 = 1,25 \text{ [1, С. 262, табл. 2]}$$

$K_{iv} = 1$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки;  
визначається згідно з [16, С. 263, табл. 6]

$K_{nv} = 1$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні інструменту визначається згідно з [16, С. 263, табл. 5]

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv} = 1,25 \cdot 1 \cdot 1 = 1,25.$$

Розрахуємо швидкість різання:

$$v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,3^{0,2}} \cdot 1,25 = 245,4 \text{ м/хв}$$

4) Частота обертів заготовки:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 245,4}{120 \cdot \pi} = 651,3 \text{ об/хв.}$$

5) Розрахунок сил різання проводимо за формулою 2.8:

$$P_z = 10C_p \cdot t_x \cdot s_y \cdot v_n \cdot K_p, \quad (2.8)$$

Значення коефіцієнта  $C_p$  та показників степенів визначимо згідно [1, С. 291, табл. 41]:

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

$K_p$  – поправочний коефіцієнт,

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (2.9)$$

$K_{mp}$  – поправочний коефіцієнт на якість матеріалу, що обробляється

$$K_{mp} = 0,85;$$

$K_{\varphi p}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив геометричних параметрів ріжучої частини інструменту,  $K_{\varphi p} = 1$ .

$K_{\gamma p}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив геометричних параметрів ріжучої частини інструменту,  $K_{\gamma p} = 1,1$ ;

$K_{\lambda p}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив геометричних параметрів ріжучої частини інструменту,  $K_{\lambda p} = 1$ ;

$K_{rp}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив геометричних параметрів ріжучої частини інструменту.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,85 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 = 0,935$$

$$P = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 245,4^{-0,15} \cdot 0,935 = 498\text{Н}.$$

6) Потужність різання:

$$N = \frac{P \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{498 \cdot 245,4}{1020 \cdot 60} = 1,99\text{кВт}$$

Проведемо розрахунок режимів різання для операції точіння зовнішньої поверхні.

040 Свердлильна, свердло  $D = 11$  мм, Р6М5:

- 1) Глибина різання = 5,5 мм;
- 2) Подача на зуб = 0,25 мм/об;
- 3) Швидкість різання розрахуємо за формулою [16]:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^{m \cdot s} \cdot y} \cdot K_v, \quad (2.10)$$

де  $C_v = 9,8$  – коефіцієнт;

$q = 0,4$ ,  $y = 0,5$ ,  $m = 0,2$  – показники степені;

$T = 45$  мин – період стійкості;

$K_v$  – поправочний коефіцієнт:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv}, \quad (2.11)$$

де  $K_{mv}$  – коефіцієнт на оброблювальний матеріал,  $K_{mv} = 0,82$ ;

$K_{iv}$  – коефіцієнт на матеріал інструменту,  $K_{iv} = 1$ ;

$K_{lv}$  – коефіцієнт, що враховує глибину свердління,  $K_{lv} = 1$ .

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv} = 0,82 \cdot 1 \cdot 1 = 0,82;$$

$$v = \frac{9,8 \cdot 11^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,25^{0,5}} \cdot 0,82 = 19,6 \text{ м/хв}$$

4) Крутний момент і осьова сила:

$$M_{кр} = 10C_M D^q S^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 11^2 \cdot 0,25^{0,8} \cdot 0,92 = 12,7 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$P_0 = 10C_p D^q S^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 11^1 \cdot 0,25^{0,7} \cdot 0,92 = 2607,64 \text{ Н}.$$

5) Потужність різання:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \quad (2.12)$$

де  $n$  – частота обертання інструменту чи заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \quad (2.13)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 19,6}{3,14 \cdot 11} = 567,46 \frac{\text{об}}{\text{х}};$$

$$N_e = \frac{12,7 \cdot 567,46}{9750} = 0,74 \text{ кВт}$$

## 2.8 Нормування технологічних переходів

Технічне нормування направлене на встановлення обґрунтованої технічно норму витрат необхідних виробничих ресурсів – часу роботи, затраченої енергії, необхідних матеріалів та сировини, тощо.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Для дрібносерійного виробництва використовуємо метод нормування, який оснований на розрахунку та порівнянні за типовими нормами.

Норми часу розраховуємо за діючими загальними машинобудівними нормативами часу [11]. .

Для операції відрізка розраховуємо норми часу розрахункова довжина обробки визначається за формулою (2.14):

$$L = l + l_{\text{під}} + l_{\text{сх}} + l_{\text{вр}}, \quad (2.14)$$

де  $l_{\text{під}}$  – довжина підведення;

$l_{\text{сх}}$  – довжина сходження;

$l_{\text{вр}}$  – довжина врізання.

В таблиці 2.7 представлено результати проведеного розрахунку часу, що витрачено на виготовлення деталі «Ступиця SK-15.80.50».

Таблиця 2.7 – Результати проведеного розрахунку часу, що витрачено на виготовлення деталі «Ступиця SK-15.80.50».

№ оп.	Зміст операції	Час, хв
005	Заготівельна	
	Основний час	2,3
	Допоміжний час	1,1
	Час на обслуговування робочого місця	0,29
	Час на відпочинок	0,09
	Оперативний час	2,31
	Штучно-калькуляційний час	4,3
010	Токарна	
	Основний час	1,08
	Допоміжний час	0,16
	Час на обслуговування робочого місця	0,02
	Час на відпочинок	0,027
	Оперативний час	1,24
	Штучно-калькуляційний час	2,53

025	Токарна с ЧПУ	
	Основний час	1,2
	Допоміжний час	0,18
	Час на обслуговування робочого місця	0,03
	Час на відпочинок	0,162
	Оперативний час	2,03
	Штучно-калькуляційний час	2,31
040	Свердлильна	
	Основний час	1,36
	Допоміжний час	0,38
	Час на обслуговування робочого місця	2
	Час на відпочинок	0,162
	Оперативний час	2,03
	Штучно-калькуляційний час	2,09

## 2.9 Розроблення керуючих програм для верстатів із ЧПК

Розроблення керуючої програми розпочинається зі створення тривимірної моделі деталі в середовищі CAD/CAM. На основі побудованої 3D-моделі виконується проєктування траєкторій обробки, що передбачає розробку керуючої програми та складання карти налагодження для верстата з числовим програмним керуванням.

У даному випадку програму було створено за допомогою програмного забезпечення CAM Esprit (рисунок 2.1). Ця САМ-система призначена для оперативної генерації керуючих програм шляхом автоматичного розпізнавання типових геометричних елементів деталі (features), до яких належать отвори, кишені, канавки, виступи, стінки тощо САМ Esprit підтримує створення керуючих програм для широкого спектра верстатів: токарних, фрезерних, токарно-фрезерних, електроерозійних, а також обробних центрів різних конфігурацій.

Основною перевагою цієї системи є високий рівень автоматизації прийняття технологічних рішень, що істотно скорочує час на підготовку керуючих програм і зменшує ймовірність помилок [9].



Рисунок 2.1 – Верстат токарний DMG MORI CLX 350

У вмісті знань платформи збережено стандартні методики оброблення окремих компонентів із рекомендованими інструментами та параметрами різання. Такі стандартні процедури й параметри дозволяється адаптувати під специфіку конкретного виробництва й сформовані підходи до обробки [6].

Створення керуючої програми починається зі створення просторової 3D-моделі виробу в CAD/CAM-пакеті. На її основі формується управляюча програма та готується технічний документ — карта налаштування верстата з ЧПК [13].

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики верстата.

Макс. діаметр точіння	мм	320 мм
Максимальна довжина заготовки	мм	530 <sup>530</sup> мм
Максимальний діаметр зажимного патрона	мм	210 210 мм
Переміщення по осям X/Z	мм	242,5/580 мм
Потужність мотор-шпинделя	кВт	16.5 кВт

Макс. крутний момент	Н · м	200/257
Частота обертання шпинделя	об\хв	5000 об/хв
Кількість інструментів	Шт.	12
Вага верстата	Кг	4200
Довжина × ширина × висота	мм	2800 x 1780 x 1850
Система управління	Siemens Sinumerik 840d sl 4.7	

На рисунку 2.1 показаний токарний центр з ЧПК моделі DMG MORI CLX 350. Виконавши усі необхідні розрахунки скористаємося програмним продуктом CAM ESPRIT для розроблення керуючої програми оброблення деталі Ступиця SK-15.80.50.

Для створення програми токарного оброблення були виконані наступні дії:

1. Створено 3D модель у SolidWorks та завантажено у середовище Esprit рисунку 2.2.

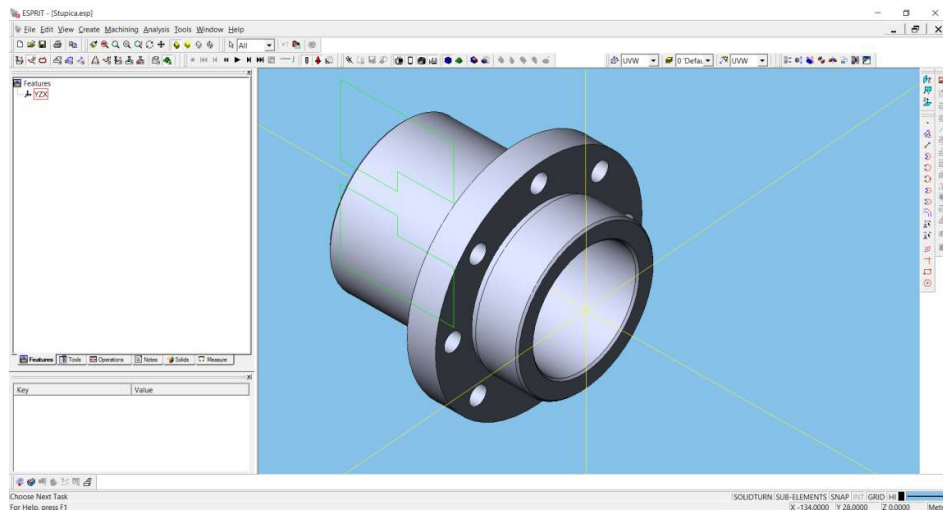


Рисунок 2.2 – Завантаження 3D моделі у SolidWorks

2. Створено заготовку (рис 2.3)

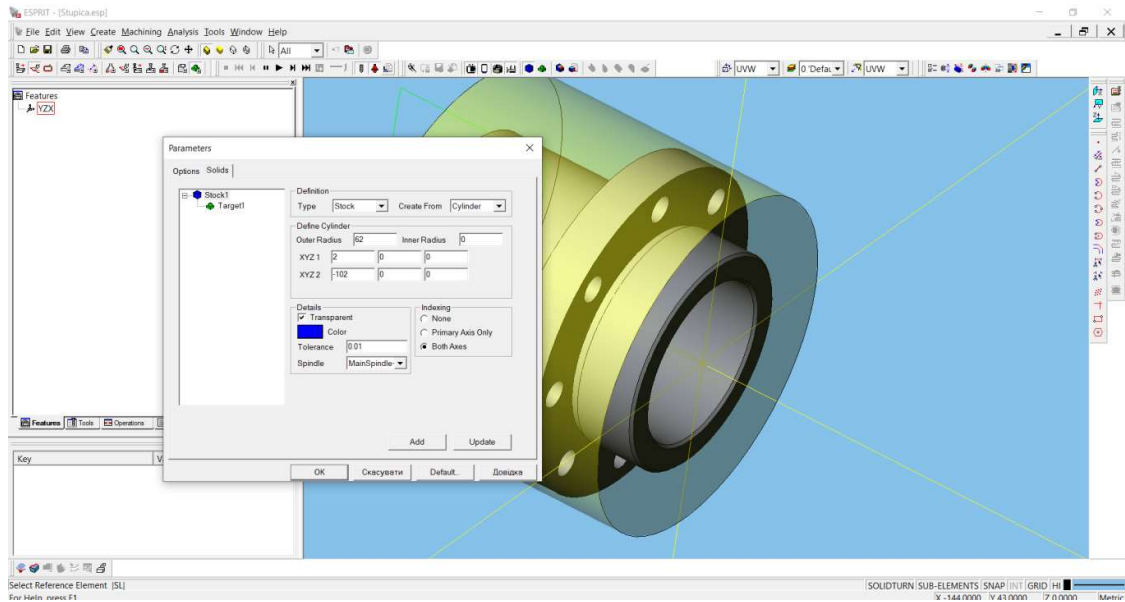


Рисунок 2.3 – Створення заготовки

3. Виконано розпізнання елементів профілю.

4. Вибрано вид оброблення (рис 2.4).

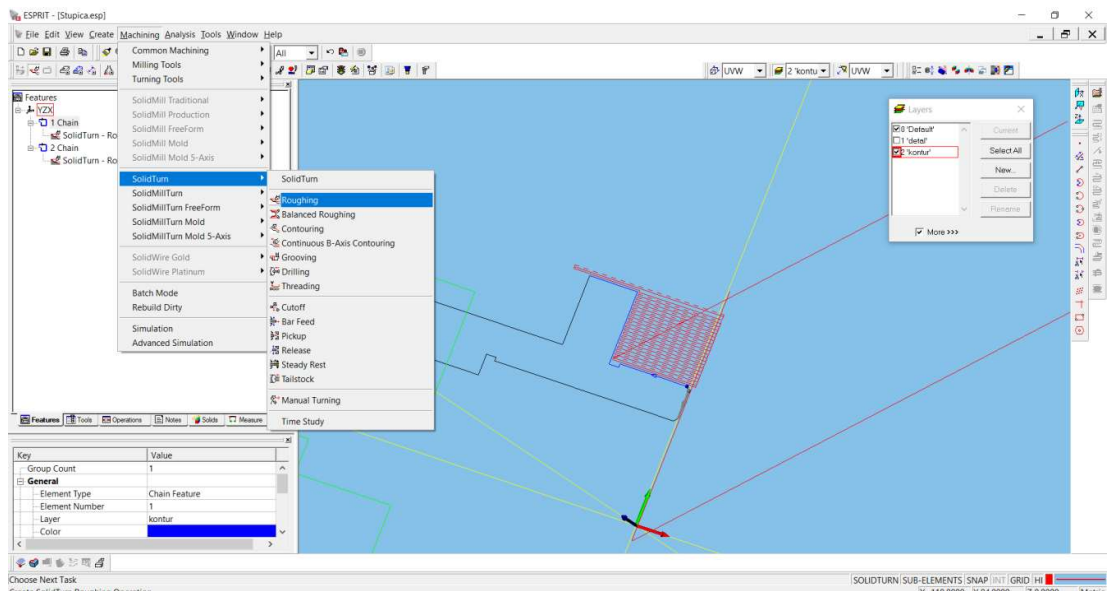


Рисунок 2.4 – Вибір виду оброблення

5. Вибрано металообробний інструмент та його параметри (рис 2.5).

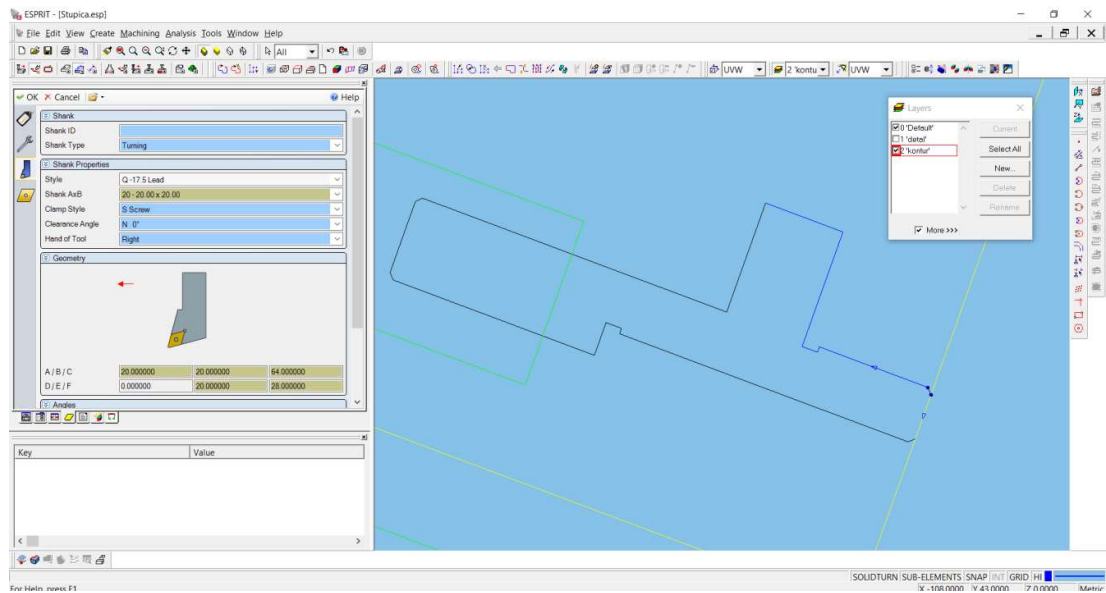


Рисунок 2.5 – Вибір ріжучого інструменту

6. Вибрано режими різання.
7. Автоматизовано згенеровано траєкторію руху металорізального інструменту при обробленні контуру деталі (рис 2.6).

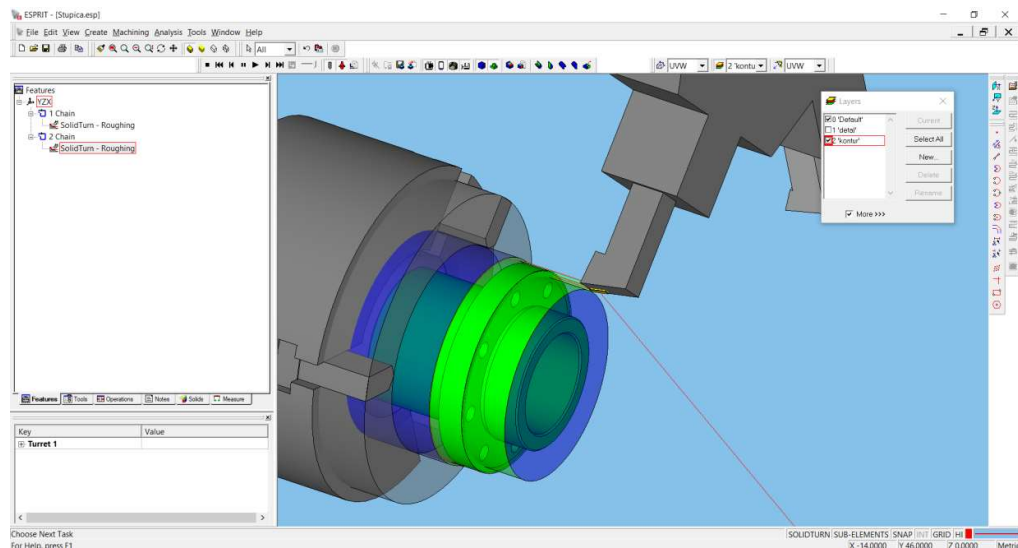


Рисунок 2.6 – Траєкторія руху металорізального інструменту

8. Виконано автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодах за допомогою постпроцесора (рис 2.7).

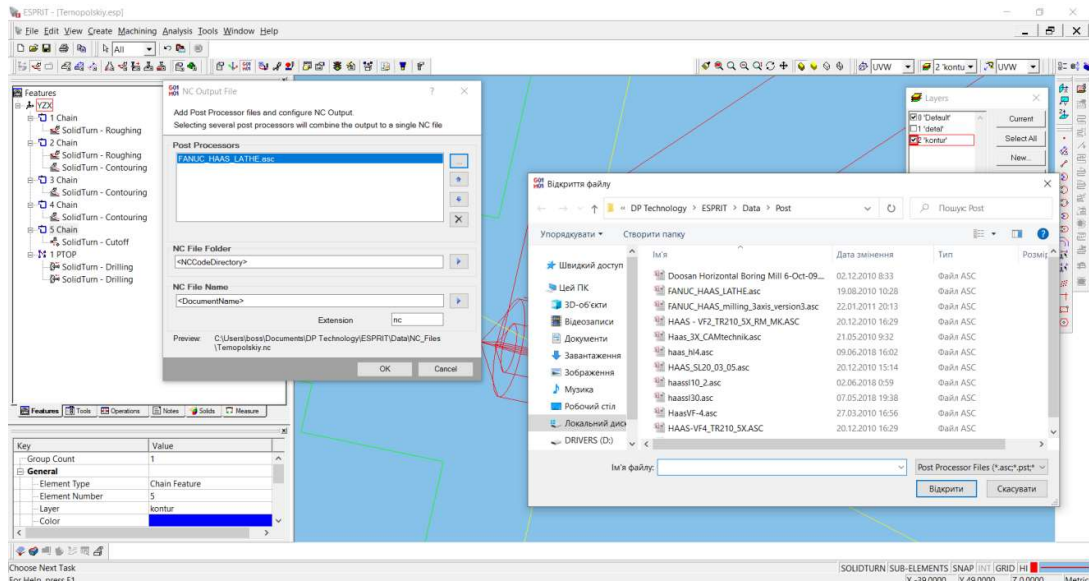


Рисунок 2.7 – Автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодї  
Керуюча програма наведена у додатку.

### 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1 Розробка конструкції верстатного пристрою

##### 3.1.1 Розробка принципової розрахункової схеми та компоновання пристрою

На основі технічних рішень та вихідних даних, наведених у технічному завданні, проведемо проектування пристрою. Метою даного розділу є створення працездатну, економічно вигідну у виготовленні та таку, що відповідає існуючим вимогам конструкцію пристрою.

Перед безпосередньої розробки принципової схеми пристрою та його компонованням, необхідно визначити ті поверхні заготовлі, до яких буде відбуватися фіксація її при обробці на верстаті. Представимо принципову схему затискання у пристрої заготовки, зазначивши місця застосування сили затискача (рис. 3.1).

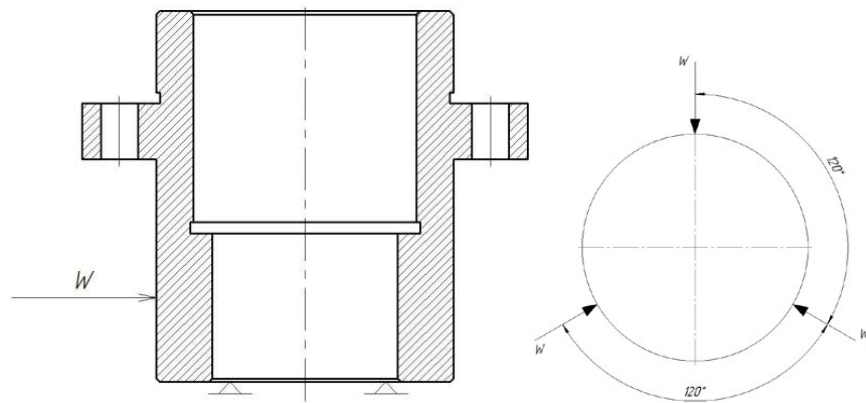


Рисунок 3.1 – Принципова схема затиску заготовки у пристрої із зазначенням місць сили затиску

Відповідно до даної схеми затискання заготовки представимо і принципову розрахункову схему (рис. 3.2).

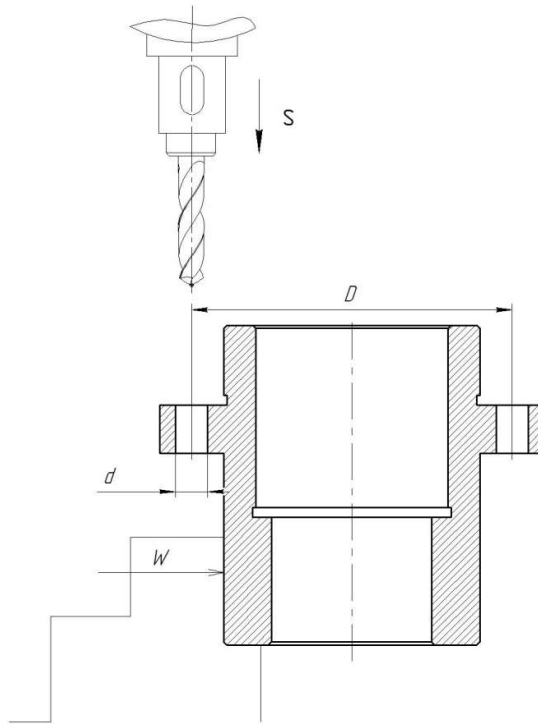


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема

### 3.1.2 Опис конструкції та роботи пристосування

Компонування пристрою наведено на плакатах.

Заготовка буде спиратися на три настановні поверхні змінних кулачків, які розташовано по колу.

У нижній частині столу знаходяться шість отворів для позиціонування. В момент повороту стола в положенні з шістьма отворами, штифти установчі в той час вставляються в установчі отвори, і в такому випадку, стіл не може обертатися.

Елементи пристрою виготовлюють у вигляді опорних штирів, призм, пластин, настановних пальців і т. п.. Наставовні і затискні частини можуть виступати, як настановно–затискні ( а саме центруючі) елементи.

Усі розміри та конструкції деталей пристрою повинні вибиратися за ДСТУ та іншими нормативними елементами машинобудування.

Поверхні настановних деталей мають володіти великою зносостійкістю. Тому їх, як правило, виготовляють зі сталей 20 та 15 із проведенням цементації на глибину 0,8 – 1,2 мм і також з наступним загартуванням до величини твердості HRCЭ50...55 [12]. .

### 3.1.3 Визначення необхідної сили затиску

На основі запропонованої схеми компоновання представимо принципову схему пристрою (рис. 3.2), що враховує тип, розміри, число настановних та затискних пристроїв.

Заготовка, що встановлена в трьох кулачковому патроні, знаходиться під дією осьової сили  $P_{oc}$  та моменту  $M_{cv}$ . Силу закріплення можна розрахувати з рівнянням (формула 3.1):

$$Q = \frac{k \cdot M_{cv}}{3 \cdot f \cdot R}, \quad (3.1)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя, що виникає при контакті обробленої поверхні заготовки з представленими настановними поверхнями кулачка;

$R$  – радіус заготовки, що дорівнює  $R = 0,05$  м;

$K$  – коефіцієнт запасу, що дорівнює  $k = 1,2$ ;

$M_{cv}$  – момент свердління, він визначаємо за формулою [17]. :

$$M_{cv} = P_{cv} \cdot r. \quad (3.2)$$

Для першої операції свердління.

Сила свердління визначається за формулою 3.3:

$$P_{cv} = C_p \cdot D^{n_p} \cdot t^{x_p} \cdot S_0^{y_p} \cdot HB^{z_p}, \quad (3.3)$$

де  $C_p = 2,6$ ;  $n_p = 1$ ;  $x_p = 0$ ;  $y_p = 0,8$ ;  $z_p = 0,6$ ;

$t = 5$  мм;  $D = 3,5$  мм;  $HB = 180$ ;  $S_0 = 0,2$  мм/об.

Тоді

$$P_{св} = 2,6 \cdot 3,5^1 \cdot 5^0 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 180^{0,6} = 56,63 \text{ Н};$$

$$r = 2,25 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$M_{св} = P_{св} \cdot r = 56,63 \cdot 2,25 \cdot 10^{-3} = 0,13 \text{ Н·м.}$$

Отже

$$Q = \frac{k \cdot M_{св}}{3 \cdot f \cdot R} = \frac{1,2 \cdot 0,13}{3 \cdot 0,16 \cdot 0,05} = 6,5 \text{ Н};$$

$M_{кр} > M_{св}$  в 1,5 – 2 рази.

Таким чином,

$$M_{кр} = (1,5 \dots 2) \cdot M_{св};$$

Приймаємо

$$M_{кр} = 2 \cdot M_{св} = 2 \cdot 0,13 = 0,26 \text{ Н·м.}$$

#### 3.1.4 Розробка технічних вимог на виготовлення і складання пристосування

Верстатний допоміжний пристрій повинен точно забезпечувати певне положення оброблювальних поверхонь, що визначаються до координуючих розмірів та наступними геометричними співвідношеннями – співвісністю, паралельністю, перпендикулярністю і так далі. Усі встановлені вимоги, що стосуються форми та розташування поверхонь, граничних відхилень наведені на кресленні пристосування, відповідно з ДСТУ 2.612:2014 [11].

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

### 3.1.5 Розрахунок пристосувань на точність

На точність обробки поверхонь деталі впливає ряд технологічних факторів, це, в свою чергу, викликає загальну похибку обробки заготовки  $\varepsilon_i$ , яка не повинна бути більше, ніж допуск  $\delta$  виконуваного розміру при обробці самої заготовки, тобто  $\varepsilon_i \leq \delta$ .

1. Для розрахунку точності пристрою  $\varepsilon_{np}$  слід користуватися формулою 3.4 [17]:

$$\varepsilon_{np} \leq \delta - k_T \sqrt{(k_{T_1} \cdot \varepsilon_B)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_Y^2 + \varepsilon_{II}^2 + \varepsilon_{II}^2 + (k_{T_2} \cdot \omega)^2}, \quad (3.4)$$

де  $\delta$  – допуск виконуваного розміру,  $\delta = 0,52$  мм;

$k_T$  – коефіцієнт, що враховує можливі відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу,  $k_T = 1,2$  [11];

$k_{T_1}$  – коефіцієнт, що враховує можливі зменшення граничного значення похибки базування при роботі на налаштованих верстатах,  $k_{T_1} = 0,8$  [11];

$k_{T_2}$  – коефіцієнт, що враховує частку похибки обробки в сумарній похибці, що викликається факторами, які не залежать від пристосування,  $k_{T_2} = 0,6$  [11];

$\varepsilon_B$  – похибка базування заготовки у трьохкулачковому патроні,  $\varepsilon_A = 0$ ;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення заготовки, що виникає в результаті дії сил за-тиску,  $\varepsilon_3 = 0,11$  мм [11];

$\varepsilon_Y$  – похибка установки пристосування на верстаті,  $\varepsilon_Y = 0,11$  мм [17, С. 106];

$\varepsilon_I$  – похибка положення самої заготовки, що виникає при зносі наставних елементів пристосування,  $\varepsilon_I = 0,01$  мм [11];

$\varepsilon_H$  – похибка від зміщення чи перекосу інструменту,  $\varepsilon_H = 0,01$  мм, при свердлінні по кондуктору;

$\omega$  – економічна точність обробки,  $\omega = 0,5$  [17].

За формулою 3.4 визначаємо:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{np} &\leq \delta - k_T \sqrt{(k_{T_1} \cdot \varepsilon_B)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_V^2 + \varepsilon_H^2 + \varepsilon_{H'}^2 + (k_{T_2} \cdot \omega)^2} = \\ &= 0,52 - 1,2 \sqrt{(0,82 \cdot 0)^2 + 0,11^2 + 0,11^2 + 0,01^2 + 0,05^2 + (0,6 \cdot 0,5)^2} = 0,04 \text{ мм.}\end{aligned}$$

Це значення допуску повинно бути відповідним до технічних вимог на кресленні пристосування.

### 3.2 Розрахунок виконавчих розмірів для контролювання отвору

Ø 50H7(+0.021) калібру-пробки

1. Розрахуємо граничні розміри отвору ( $D_{\max}$ ,  $D_{\min}$ ) для даного з'єднання, мм:

$$D_{\max} = D_H + ES = 24 + 0,021 = 24,021 \text{ (мм);}$$

$$D_{\min} = D_H + EI = 26 + 0 = 26 \text{ (мм).}$$

2. Вибираємо значення допусків та відхилень за ДСТУ 2234-93:

H = 4 – допуск на виготовлення калібрів для отворів;

Z = 6 – відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для валу;

Y = 5 - допустимий вихід розміру зношеного прохідного калібру для валу[17].

3. Відповідно до обраною схемою полів допусків калібрів проведемо розрахунок номінальних розмірів калібру-пробки для проведення контролю отворів:

$$ПР = D_{\min} + Z = 50,0 + 0,006 = 50,006 \text{ (мм)};$$

$$НЕ = D_{\max} = 50,021 \text{ (мм)}.$$

4. Розрахуємо граничні розміри калібрів-пробок

$$ПР_{\max} = D_{\min} + Z + (H / 2) = 50,0 + 0,006 + (0,004/2) = 50,008 \text{ (мм)},$$

$$ПР_{\min} = D_{\min} + Z - (H / 2) = 50 + 0,006 - (0,004/2) = 50,004 \text{ (мм)},$$

$$НЕ_{\max} = D_{\max} + (H / 2) = 50,021 + (0,004/2) = 26,023 \text{ (мм)},$$

$$НЕ_{\min} = D_{\max} - (H / 2) = 50,021 - (0,004/2) = 50,019 \text{ (мм)}.$$

5. Розрахуємо виконавчі розміри калібру-пробки, за формулами визначеними в ДСТУ 21401-95.

Найбільший граничний розмір:

$$ПР = ПР_{\max} = D_{\min} + Z + (H / 2) = 50,0 + 0,006 + (0,004/2) = 50,008_{-0,004},$$

$$НЕ = НЕ_{\max} = D_{\max} + (H / 2) = 50,021 + (0,004/2) = 50,023_{-0,004}.$$

Допустима шорсткість поверхонь калібрів повинна не перевищувати 10% допуску на розмір калібру і не бути більшим значення  $R_a = 0,16$  мкм.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Захист від виробничого шуму

На машинобудівних підприємствах джерелами шуму та вібрації можуть бути різні технологічні процеси та обладнання. Наприклад, високий рівень шуму спостерігається при обробці металів різанням, особливо у цехах холодного висаджування, полірування швів, токарно-револьверних та фрезерних верстатах. Вентиляційні установки також можуть бути джерелами шуму та вібрації.

Основними джерелами шуму є:

Металообробні верстати – токарні, шліфувальні, фрезерні та інші механізми та машини створюють значний рівень шуму під час роботи.

Пресувально-ковальське обладнання – преси, молоти та ковальські установки генерують потужний шум.

Ливарні машини – спеціальне обладнання, призначене для лиття металу, яке створює технологічний шум.

Гідравлічні та пневматичні механізми – пневматичні молотки, компресори, насоси.

Вентиляційні системи – витяжні установки, потужні вентилятори також можуть бути джерелами шуму.

Інтенсивний виробничий шум може призвести до таких професійних захворювань, як глухота або туговухість. Крім того, спостерігається у працівників, які постійно перебувають під його впливом:

- зниження продуктивність праці;
- ослаблення уваги та уповільнення реакція, спостерігається дратівливість, запаморочення, знижується гострота зору та працездатність,;
- підвищується кров'яний тиск, змінюється ритм серцевої діяльності та дихання, порушується робота клітин кори головного мозку [13].

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Безпечним для людини є виробничий шум з рівнем звукового тиску в межах частот 15-35 децибел (дБ). При підвищенні рівня звукового тиску до значень 40-70 дБ спостерігається зниження продуктивності праці та погіршення самопочуття. При значеннях рівня звукового тиску в межах 75-120 дБ відбувається ураження серцево-судинної системи та органів слуху.

А постійний шум, що має рівень звукового тиску понад 120 дБ може призвести до значного зниження слуху - акустична травма.

Проявлення патологічних змін в організмі працівника, спричинених шумом, залежить від його параметрів (тиску, інтенсивності частотного складу), тривалості дії протягом робочого дня, стажу роботи, поєднання з іншими професійними чинниками, індивідуальної чутливості організму.

Рішення проблеми захисту від виробничого шуму можна досягнути проведенням ряду комплексних заходів послаблення інтенсивності звукових коливань у джерелах їх виникнення або на шляхах поширення звукової хвилі.

Зменшення шуму на шляху його розповсюдження досягається акустичною обробкою приміщення та архітектурно-планувальними заходами колективного захисту від шуму. Ці заходи передбачають:

- раціональне розміщення цехів здійснюється при проектуванні, експлуатації та реконструкції будівель і споруд на території підприємства, цехів, дільниць;
- раціональне, відповідно до санітарних вимог, розміщення технологічного обладнання, устаткування та робочих місць;
- раціональне, з точки зору акустики, розміщення режимів і зон руху транспортних засобів і потоків;
- створення та влаштування шумозахисних зон [14]. .

Акустичні засоби включають застосування засобів звукопоглинання та звукоізоляції, віброізоляції, та застосування глушників шуму демпфірування (гасіння вібраційних коливань механічних систем (верстатів та машин) нелінійними динамічними пристроями.

Також широко застосовуються на практиці організаційно-технічні заходи захисту від шуму, це оснащення машин та устаткування засобами дистанційного керування, застосування малошумних верстатів та технологічних процесів, дотримання та контроль виконання правил технічної експлуатації обладнання, проведення планово-попереджувальних ремонтів та оглядів роботи обладнання.

Якщо не вдається знизити рівень шуму на робочих місцях заходами колективного захисту до допустимих значень, то застосовують засоби індивідуального захисту від шуму. Вони застосовуються для перекриття найбільш чутливого каналу потрапляння звуку в організм через органи слуху та попередити дію такого шкідливого подразника, як шум, що призводить до розладу нервової системи.

Для зменшення впливу шуму, крім зазначених вище заходів, використовують і технічні заходи, а саме, звукопоглинання, звукоізоляція, глушники шуму та використання засобів індивідуального захисту.

#### 4.2 Захист від вібрацій

На металообробному підприємстві джерелами вібрації можуть бути різні види обладнання та технологічних процесів. Серед основних джерел вібрації виділяють:

Верстати – металообробні та деревообробні, фрезерні, токарні та інші машини, що створюють коливання під час роботи.

Пресувально-ковальське обладнання – молоти, преси та ковальські установки, що генерують значні вібраційні навантаження.

Ливарні машини – обладнання для лиття металу, яке може створювати технологічну вібрацію.

Електричні машини та установки – стаціонарні електродвигуни, вентилятори, насоси та інші механізми.

Виробнича вібрація виникає внаслідок механічного впливу на об'єкти та поверхні під час роботи обладнання. Її частота та амплітуда змінюються залежно від особливостей технологічного процесу. Такі коливання характерні для багатьох галузей, включаючи машинобудування, гірничорудну промисловість, суднобудування, транспорт, будівництво та сільське господарство.

За способом передачі вібрації на тіло людини розрізняють локальну та загальну вібрацію.

Вібрація загальна – це вібрація, що передається людині через опорні поверхні тіла. Вона спричиняє переміщення тіла у просторі разом із коливним об'єктом. Це відбувається, коли працівник стоїть або сидить на поверхні, що вібрує, а також, коли вібрація передається від двигунів, машин, устаткування, які розташовані поряд із ним.

Залежно від джерела її походження виділяють такі категорії:

1. Транспортна вібрація – це коливання, що впливають на людину, яка перебуває в умовах робочих місць причіпних чи самохідних машин. Йдеться про транспортні засоби, що коливаються під час руху по дорогах чи іншій місцевості, а також у процесі їх розробки. Серед осередків транспортної вібрації:

промислове самохідне устаткування (комбайни);

вантажні автомобілі (скрепери, тягачі, грейдери а також котки);

транспорт гірничошахтний, який належить до самохідного рейкового, наприклад, машини для прибирання снігу.

2. Технологічна вібрація належить до III категорії впливу на людину в робочих умовах. Вона здатна поширюватися на устаткування стаціонарного призначення та на робочі поверхні, яким не властиве дрижання. Джерелами коливань такої дії можуть бути метало- та деревообробне устаткування, робочі верстати, різноманітне ковальське та пресувальне обладнання, ливарні машини, установки стаціонарного електричного виду дії, вентилятори та насоси. Технологічну вібрацію також викликають бурові агрегати для впоряд-

кування свердловин, різноманітні машини для тваринництва, верстати та установки для очищення зерна і його сортування (сушарні), будівельне обладнання (за винятком бетоноукладачів), устаткування нафтохімічної та хімічної галузей тощо.

3. Транспортно-технологічна вібрація належить до другої категорії впливу на робітника, який перебуває в робочих умовах, де рухливість дуже обмежена. Йдеться про устаткування, що здійснює рух лише спеціальними поверхнями на виробництві, в умовах робочих майданчиків. До осередків таких коливань можна зарахувати робочі екскаватори, наприклад, роторного виду, будівельну та промислову кранову техніку, устаткування для загрузки мартенів, комбайни гірничого призначення, бурильні каретки самохідного типу, укладачі бетону, шляхові машини та інше устаткування [13].

Загальна вібрація найбільше впливає на працівників під час віброущільнення бетону в залізобетонному й будівельному виробництвах, у текстильній промисловості, а також на осіб, які обслуговують рейковий та гусеничний транспорт і сільськогосподарську техніку.

Тривала дія вібрації може негативно позначитися на здоров'ї працівників, спричиняючи розвиток вібраційної хвороби. Вона проявляється у вигляді головного болю, судом, порушень координації рухів і зору.

Залежно від місця поширення загальні технологічні коливання поділяють на такі, що виникають в умовах:

- постійного робочого місця на підприємствах;
- їдалень, побутових та складських приміщень, де не властива виробнича вібрація як така;
- конструкторських бюро, в заводоуправліннях, медпунктах, лабораторіях, у робітничих приміщеннях, пунктах, обладнаних для навчальних потреб, у приміщеннях контор, а також у робочих кімнатах для спеціалістів розумової праці.

Локальна вібрація – це вібрація, яка передається через руки працюючих при контакті з ручним механізованим інструментом, органами керування машинами і обладнанням, деталями, які обробляються та ін. Така форма вібрації впливає на працівників рубачів металу, металевого лиття, формувальників, клепальників, бурильників, шліфувальників, наждачників, полірувальників, заточників, рихтовщиків, слюсарів-складальників тощо [14]. .

До вібронебезпечного устаткування відносяться рубальні, клепальні та відбійні пневматичні молотки, бетоноломи, бурильні перфратори, гайковерти, трамбівки, шліфувальні машини, поверхневі й глибинні ручні вібратори, бензо- й електропили, гірничі свердла тощо.

Локальні вібраційні коливання поділяють на такі, що утворюються від: елементів керування відповідним обладнанням і машинною технікою, механізованого ручного інструменту та;

інструментів без двигунів та складових ручного використання, що перебувають в обробці.

За напрямком поширення загальна вібрація характеризується врахуванням м осей ортогональної системи координат ( $X_3, Y_3, Z_3$ ). Така загальна вібрація поділяється на ту, що поширюється за наступними напрямками:

перпендикулярно опорним поверхням тіла у вертикальному напрямку – вісь  $Z_3$ ;

у поздовжньо-горизонтальному напрямку (груди-спина) – вісь  $X_3$ ;

у поперечно-горизонтальному напрямку (від плеча до плеча) – вісь  $Y_3$ .

За напрямком дії локальну вібрацію також характеризують з урахуванням осей ортогональної системи координат ( $X_l, Y_l, Z_l$ ). Її поділяють на ту, що діє:

вздовж осі  $X_l$ , яка паралельна осі місця тримання джерела вібрації (керма, держака, важелів керування тощо);

вздовж осі  $Z_l$  (паралельна передпліччю руки працівника) й осі  $Y_l$  і перпендикулярна осям  $X_l$  та  $Z_l$ .

Залежно від часових характеристик наведені вище типи вібрацій можна поділити на такі:

постійної дії, для яких величина віброшвидкості або віброприскорення змінюється менше ніж у два рази (близько 6 дБ) за одну робочу зміну;

непостійної дії, для яких величина віброшвидкості або віброприскорення змінюється не менше ніж у 2 рази (6 дБ та більше) за зміну.

Вібрації непостійної дії бувають: коливного типу дії, рівень яких змінюється у часі безперервно; переривчастого типу, за яких контакт із вібрацією під час роботи може перериватися, а період таких інтервалів може бути більше за 1 с; імпульсні коливання, які складаються з одного або кількох вібраційних впливів (удари), кожен довжиною менше ніж 1 с, за частоти їх дії менше ніж 5,6 Гц.

Апаратура для вимірювання має відповідати нормам чинного законодавства. Рекомендуємо використовувати такі методи вимірювання виробничої вібрації. З самого початку вимірювання та в кінці здійснюють електричне чи механічне калібрування апаратури для вимірювання. Отримана різниця між ними не повинна бути вищою за 1 дБ. Виробничий шум та вібрацію потрібно вимірювати в реальних виробничих умовах під час застосування обладнання. Для оцінювання нового устаткування вимірювання проводять на налагодженому активному обладнанні, що працює у технологічному чи паспортному режимах. Процес вимірювань здійснюють через рівні часові проміжки або без перерв. Має бути проведено не менше 3-х вимірювань.

При вимірюванні спектрів та коректованого за частотою значення параметрів вібрації, якщо розбіжність значень перевищує 3 дБ (у 1,5 рази), проводять два додаткових вимірювання. В таблиці 5.1 показано необхідну кількість вимірів та коефіцієнт К тривалості дії.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Таблиці 5.1 – Кількість потрібної кількості вимірів вібрації

Потрібна кількість вимірів	Різниця між максимальним та мінімальним рівнями (дБ)	К
5	5	1,7
6	6–7	2,1
7	8	2,5
8	9	2,9
9	10	3,3

Виробнича вібрація може бути зумовлена недостатньо сильною віброізоляцією й амортизацією обладнання та сільськогосподарських і транспортних машин. Вона здатна завдати серйозної шкоди людському здоров'ю, зокрема спричинити: струс мозку; збої у роботі серця; розлади нервової та судинної систем; приступи перевтоми тощо. Найнебезпечнішим для організму є вплив вібрації із частотою від 63 до 250 Гц. Нав'язливий виробничий шум та вібрація частотою більше ніж 200 Гц серйозно виснажують хитку нервову систему та спричиняють збільшене психічне навантаження.

Охорона праці передбачає заходи для запобігання впливу виробничої вібрації на здоров'я працівників. Ці заходи можуть включати в себе використання спеціальних інструментів з низьким рівнем вібрації, регулювання режимів роботи, регулярні перерви для відпочинку, використання захисного обладнання та проведення профілактичних медичних оглядів. Загалом їх можна об'єднати у дві групи: організаційно-технічні та лікувально-профілактичні заходи щодо обмеження несприятливого впливу виробничої вібрації на працівників. До організаційно-технічних заходів належать:

- зменшення вібрації у джерелі виникнення конструктивними і технологічними методами при розробці нових та модернізації наявних машин;
- зменшення вібрації на шляху розповсюдження засобами віброізоляції та вібропоглинання, наприклад, за рахунок застосування спеціальних сидінь,

майданчиків з пасивною пружинною ізоляцією, гумових, поролонових та ін. вібропоглинаючих матеріалів, мастил тощо;

- своєчасне проведення планового та попереджувального ремонту машин з обов'язковим післяремонтним контролем вібраційних характеристик;

- використання машин відповідно до їх призначення, передбаченого нормативно-технічною документацією;

- своєчасне проведення ремонту профілів шляхів та поверхонь для розміщення машин, їх покриттів, кріплень підтримуючих конструкцій та ін.

Лікувально-профілактичні заходи включають: професійні і профілактичні огляди; режими праці; вітамінізацію; організацію профілактичного відпочинку, лікувальна гімнастика та масаж рук; використання засобів індивідуального захисту від шуму і вібрації.

Для профілактики вібраційної хвороби проводять попередній медичний відбір під час прийняття на роботу; ретельно виявляють під час періодичних медичних оглядів осіб із початковими проявами вібраційної хвороби та своєчасно їх лікують.

В Україні виробничу вібрацію регламентує ДСТУ EN 14253:2018 – стандарт, що визначає методи вимірювання та оцінки впливу загальної виробничої вібрації на здоров'я. Крім того, Наказ МОЗ від 13.02.2023 № 285 встановлює граничні та робочі рівні виробничої вібрації, а також порядок оцінки її небезпеки для працівників. Постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.1999 № 39 (далі – Санітарні норми) затверджені Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Вони мають поширення на локальну та вібрацію загальну, що впливає на людину під час процесу її трудової діяльності.

Дотримання вимог нормативних документів, що регламентують вплив вібрації та її рівні, втілення на підприємстві заходів захисту та зменшення впливу вібрації на працівників призведе до зменшення кількості професійних захворювань та можливих нещасних випадків.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

## ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті проведено аналіз матеріалу, з якого виготовляється заготовки деталі, а також визначено оптимальний вид і спосіб її отримання. У технологічному розділі досліджено існуючий технологічний процес та розроблено новий, більш ефективний маршрут обробки деталі. Його економічна перевага зумовлена використанням верстатів із ЧПК під час виготовлення деталі «Ступиця SK-15.80.50». Проведено розрахунок припусків та технологічних розмірів основних поверхонь, а також визначено режими різання й норми часу. Створено програми для керування верстатом з ЧПК за допомогою САМ-систем. У конструкторському розділі спроектовано пристрій для закріплення деталей під час свердлування. У розділі охорони праці представлено аналіз впливу шуму та вібрацій на працівників під час роботи на машинобудівному підприємстві при виготовленні деталі «Ступиця SK-15.80.50» та визначено заходи захисту від їх шкідливої дії.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Біланенко В.Г., Приходько В.П., Мельник О.О. (2019). Проектування технологічних процесів. Частина 1. Оброблення деталей-тіл обертання. [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізація «Технології машинобудування» та «Технології виготовлення літальних апаратів» / НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»; – Електронні текстові дані (1 файл: pdf - 12,8 Мбайт). Київ : «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019 – 232 с. – Назва з екрана. – Доступ : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27740>
2. Гордеев А. І. Урбанюк Є.А., СілінР.С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.
3. Добрянський С.С., Малафеев Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. Київ: НТУУ «КПІ», 2014 - 353 с., іл.
4. ДСТУ EN 13788:2008 Металообробні верстати. Безпека. Верстати токарні багатошпиндельні автоматичні (EN 13788:2001, IDT).
5. ДСТУ 4738:2007/ГОСТ 2590-2006 Прокат сортовий сталевий гарячекатаний круглий. Сортамент (EN 10060:2003, NEQ; ГОСТ 2590-2006, IDT)
6. 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.
7. Інноваційне обладнання автоматизованого виробництва. Конструктивні особливості та основи програмування верстатів з числовим програмним керуванням [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології комп'ютерного конструювання верстатів, роботів та машин» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. – Електронні текстові

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

дані (1 файл: 21,8 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 158с. Доступ: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/36433/1/IOAV\\_verstaty\\_ChPK.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/36433/1/IOAV_verstaty_ChPK.pdf)

8. Кваліфікаційна робота : Методичні рекомендації для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 131 «Прикладна механіка» / В.П. Ткачук, В.В. Милько, С.А. Костюк. – Хмельницький: ХНУ, 2023. – 31 с.

9. Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. Посібник для практичного програмування верстатів з ЧПК [Електронний ресурс] – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – 115с.

10. Кузнєцов Ю.М. Технологічне обладнання з ЧПК: механізми і оснащення: Навч. посібник/Ю.М. Кузнєцов, О.Ф. Саленко, О.О.Харченко, В.Т. Щетинін.–Київ-Кременчук-Севастополь: Вид-во «Точка», 2014.–500 с.

11. Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник - Львів: "Новий Світ-2000", 2009.- 358 с.

12. Мазур М.П. Основи теорії різання матеріалів : підручник [для вищ. навч. закладів] /М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, А.І.Грабченко, В.Л. Доброскок, В.О. Залога ; під заг. ред. М.П. Мазура. – 5-е вид. перероб. і доп. – Львів : Новий світ-2000, 2025. – 457 с.

13. Охорона праці в галузі машинобудування Пістун І.П., Стець Р.Є., Трунова І.О. / навчальний посібник (стереотипне видання) / Університетська книга 2023 – 556 с.

14. Охорона праці в галузі. / П. Атаманчук, В. Мендерецький, О. Панчук, Р. Білик: навчальний посібник. – Київ : Центр навчальної літератури 2019 – 322 с.

15. Плєскач В.М., Акімов І.В., Мітяєв О.А. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин: підручник / за заг. ред. доц. В.М. Плєскача. Запоріжжя: Просвіта, 2013. 370 с. 6. ДСТУ 4738:2007/ГОСТ 2590-2006 Прокат сортовий сталевий гарячекатаний круглий. Сортамент (EN 10060:2003, NEQ; ГОСТ 2590-2006, IDT)

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

16. Ревнівцев М.П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні: Навч. посіб. / М.П.Ревнівцев, Н.П. Паршина. – К.: Видавництво А.С.К., 2006. – 416 с/

17. 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.

18. <https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=9689>

19. [TTU-2017-rezbonareznoj-instrument.pdf](#)

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

**ДОДАТКИ**

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62