

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Механіко-машинобудівний факультет

Кафедра технологій машинобудування та матеріалознавства

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

кваліфікаційної роботи ступеню магістра



студента Алімова Андрія Дмитровича

академічної групи 131м-22н-1 ММФ

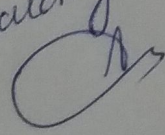
спеціальності 131 Прикладна механіка

за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг машинобудівно-го виробництва»

на тему: «Дослідження і розрахунок характеристик міцності деталі «Храпове колесо» методами комп'ютерного моделювання»

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
Кваліфікаційної роботи	Алексеєнко С.В.	75	добре	
розділів:				
Аналітичний	Алексеєнко С.В.	75	добре	

Встановлено, що матеріали даної кваліфікаційної роботи містять чутливу інформацію щодо реальних об'єктів критичної інфраструктури України, національної безпеки і оборони України, зокрема відомості про їх місце розташування, службове призначення, конструкторську і технологічну документацію, описи конструкторських матеріалів та їх властивості, іншу додаткову літературу та посилання. Узв'язку з чим такі матеріали не підлягають відкритому оприлюдненню та мають зберігатися відповідно до встановленого режиму закладом освіти.

До захисту


Дніпро 2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
технологій машинобудування та матеріалознавства
В.А. Дербаба
« 15 » 01 2024 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню магістра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Алімову Андрію Дмитровичу
академічної групи 131м-22н-1 ММФ
спеціальності 131 Прикладна механіка
спеціалізації _____

за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг машинобудів-
ного виробництва»

на тему: «Дослідження і розрахунок характеристик міцності деталі «Храпове колесо» методами комп'ютерного моделювання»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 30.04.24
за № 382-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Аналітичний	Аналіз і характеристики матеріалу, умови експлуатації та технологічність деталі «Храпове колесо»	29.01.2024- 25.02.2024
Технологічний	Проектування детальної технології механічної обробки. Розробка комплекту документації	26.02.2024- 24.03.2024
Спеціальний	Підбір спеціального пристосування та оснастки для закріплення деталі	25.03.2024- 21.04.2024
Науково-дослідницький	Розрахунок характеристик міцності деталі «Храпове колесо» методами комп'ютерного моделювання	22.04.2024- 19.05.2024

Завдання видано _____

(підпис керівника)

Алексєєнко С.В.

(прізвище, ініціали)

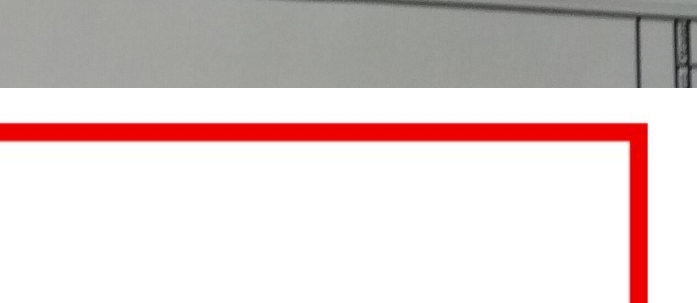
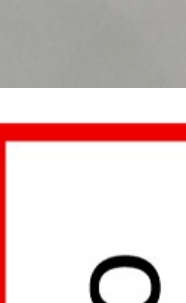
Дата видачі 15.01.2024р.

Дата подання до екзаменаційної комісії 06.05.24р.

Прийнято до виконання _____

(підпис студента) (прізвище, ініціали)

Алімов А.В.



Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
виучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Відгук

на кваліфікаційну роботу магістра групи 131м-22н-1 ММФ

Алімова Андрія Дмитровича

на тему: Дослідження і розрахунок характеристик міцності деталі «Храпове колесо» методами комп'ютерного моделювання

Кваліфікаційна робота студента Алімова А.Д. вирішує актуальне питання з визначення оптимальної технології виготовлення а також дослідження і розрахунку характеристик міцності деталей складної геометрії методами комп'ютерного моделювання.

В аналітичному розділі наведено характеристики деталі «Храпове колесо» як об'єкта виробництва, обрано матеріал для виготовлення деталі, проаналізовано його хімічний склад та механічні властивості.

В технологічному розділі визначено виробничу програму випуску, проаналізовано технологічність конструкції деталі, розкрито спосіб отримання заготовки, маршрут механічної обробки деталі, режими різання та норми часу, виконано моделювання технологічного процесу обробки деталі у САМ-системі Power Mill.

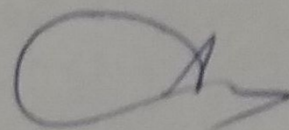
В спеціальному розділі підібрано різальний та допоміжний інструмент, а також верстатне пристосування для закріплення деталі.

В науково-дослідницькому розділі виконано аналіз на статичну міцність деталі «Храпове колесо» із використанням програмного забезпечення ANSYS Static Structural, досліджено розподіл деформацій та внутрішніх напружень деталі, визначено їх максимальне та мінімальне значення.

Здобувач чітко сформулював мету, об'єкт та задачі досліджень. Використані методи проведення досліджень є сучасними та апробованими. Наукова новизна роботи полягає в визначенні конструктивної міцності деталі «Храпове колесо» з урахуванням складності її геометрії, а практична цінність роботи – у розробці рекомендацій щодо оптимальної технології автоматизованої обробки деталі на верстаті з ЧПК.

Кваліфікаційна робота виконана самостійно, в повному обсязі, відповідно до вимог, які пред'являються до випускних кваліфікаційних робіт. Робота може бути допущена до захисту з рекомендованою оцінкою 75 балів, «добре», а її автор заслуговує на здобуття ступеня магістра спеціальності 131 Прикладна механіка за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг машинобудівного виробництва».

Керівник
кваліфікаційної роботи
доктор техн. наук, професор



Сергій Алексєєнко

15 травня 2024 р.

робота

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

студента гр. 131м-22н-1

Алімова Андрія Дмитровича

НТУ «Дніпровська політехніка»

на тему:

*" Дослідження і розрахунок характеристик міцності деталі «Храпове колесо»
методами комп'ютерного моделювання "*

Науково-дослідна робота виконана відповідно до завдання керівника кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства. Кваліфікаційна робота виконувалася як комп'ютерний експеримент у вигляді методичних рекомендацій для автоматизації технологічного процесу механічної обробки деталі на виробництві. Вихідні (початкові) дані для проведення роботи – робочий кресленик деталі «Храпове колесо».

Андрій чітко сформулював об'єкт розроблення кваліфікаційної роботи як раціональний технологічний процес виготовлення деталі з застосуванням сучасних комп'ютерних систем і обладнання з програмним керуванням.

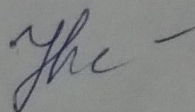
Метою кваліфікаційної роботи автор вказав дослідження залежності відсотка неправильно забракованих деталей від точності вимірювань, а також використання САМ-системи для моделювання деталі та розрахунку процесу обробки деталі, з урахуванням оптимальних траєкторій інструменту в керуючій програмі для верстата з ЧПК.

Наукова складова кваліфікаційної роботи полягає у моделюванні міцнісних характеристик конструкції деталі засобами прикладної програми.

Роботі можна висловити декілька зауважень. Авторів варто було б приділити більше уваги до аналізу і порівняння різних САМ-систем щодо моделювання і обробки деталі на багатокординатних верстатах.

Однак вказані зауваження ніяк не знижують цінності здійснених автором новацій. Робота варта оцінки «відмінно» (90 балів), а Алімов А.Д. заслуговує на здобуття кваліфікації магістра зі спеціальності 131 Прикладна механіка за освітньо-професійною програмою «Наскрізний інжиніринг машинобудівного виробництва».

Рецензент, д.т.н професор
кафедри комп'ютерно-інтегрованих
технологій та автоматизації
«Український державний
Університет науки і технологій»



В.І. Корсун

17 травня 2024 р.

метадані

Заголовок

131м-22н-1 Кваліфікаційна робота Алімов А.Д.

Автор

Науковий керівник / Експерт

Алімов А.Д.






Богданов Олександр

Назва

Dnipro Polytechnic National Technical University

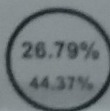
Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про **МОЖЛИВІ** маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

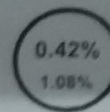
Замна букв		55
Інтервали		0
Мікропробіли		2
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		146

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



КП 1



КЦ

25

Довжина фраз для коефіцієнта подібності 2

6506

Кількість слів

44389

Кількість символів

Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Колір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

Копію тексту

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИФІКОВАНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)	
1	https://ipm.nmu.org.ua/ua/file/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B0%20%D0%B2%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%BE%D1%97%20%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B4%20%D0%B4%D1%96%D1%97%20%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BD%D1%83%20%D1%83%20%D0%B8%D1%96%D1%82%D0%BD%D1%96%D0%B8%20%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%BE%D0%B4%202020%20%D1%80%20(1).pdf	351	5.40 %
2	http://ipm.nmu.org.ua/ua/%D0%9C%D0%9F%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BA%D1%83%D0%B0%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%BC%D1%83%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8E%20%D0%A2%D0%9C.pdf	284	4.37 %

РЕФЕРАТ

Тема: «Дослідження і розрахунок характеристик міцності деталі «Храпове колесо» методами комп'ютерного моделювання».

Обробка деталей на верстатах з ЧПК набуло значного поширення в різних галузях машинобудування. Тому визначення оптимальної технології та розрахунку траєкторій для верстатів з ЧПК має актуальне значення. Об'єкт дослідження (розробки) у кваліфікаційній роботі – процеси контрольно-вимірювальних операцій.

Предмет дослідження – технологічний процес обробки деталі «Храпове колесо», а також моделювання контрольно-вимірювальної процедури.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження залежності відсотка неправильно забракованих деталей від точності вимірювань, а також використання САМ-системи для моделювання деталі та розрахунку процесу обробки деталі, з урахуванням оптимальних траєкторій інструменту в керуючій програмі для верстата з ЧПК.

Методика досліджень є аналітичний і системний аналіз прикладної програми Ansys, у якій виконано комп'ютерне моделювання і розрахунок міцнісних характеристик конструкції деталі з урахуванням геометрії профілю.

Наукова новизна кваліфікаційної роботи – методика визначення конструктивної міцності деталі з урахуванням складності профілю деталі.

Практична цінність – розроблені рекомендації щодо оптимальної технології автоматизованої обробки деталі на верстаті з ЧПК.

У кваліфікаційній роботі проведено аналіз конструкторсько-технологічних елементів деталі виконана розробка технологічного процесу, проведено моделювання обробки деталі згідно технологічного процесу у САМ системі Power Mill. Проведене наукове моделювання конструкції деталі на міцність в прикладній програмі.

Ключові слова: технологія, контроль, вимірювання, Ansys, Autodesk PowerMill, міцнісні характеристики, храпове колесо.

Робота пов'язана з науковим напрямом кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства та виконана відповідно договору про співпрацю та договором про нерозголошення конфіденційної інформації та комерційної таємниці з ТОВ «ДТМ-ІНЖИНІРИНГ».

Вступ	
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	
1.1 Характеристика об'єкта виробництва	
1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі	
1.2 Аналіз марки матеріалу	
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	
2.1 Встановлення виробничої програми випуску деталей	
2.2 Вибір заготовки	
2.3 Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі	
2.4 Розрахунок припусків на механічну обробку	
2.5 Детальна розробка технологічних операцій	
2.6 Моделювання технологічного процесу обробки деталі у САМ-системі Power Mill	
3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	
3.1 Оснастка, пристосування, метрологічні пристрої	
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	
Комп'ютерне моделювання і розрахунок міцнісних характеристик конструкції деталі	
Перелік посилань	

Вступ

Людське суспільство постійно відчуває потреби в нових видах продукції, або в скороченні витрат праці при виробництві основної продукції. У загальних випадках ці потреби можуть бути задоволені тільки за допомогою наявних нових технологічних процесів і нових машин, необхідних для їх виконання. Отже, стимулом до створення нової машини завжди є новий технологічний процес, можливість якого залежить від рівня науково-го і технічного розвитку людського суспільства.

Шлях створення машини складний. Задум до створення, виражається у вигляді формулювання службового призначення машини, що є вихідним документом в проектуванні машини. Для виготовлення спроектованої машини розробляється технологічний процес і на його основі створюють виробничий процес, в результаті якого виходить машина, потрібна для виконання технологічного процесу виготовлення продукції та задоволення існуючої потреби.

Машина корисна лише в тому випадку, якщо вона володіє належною якістю, тобто здатністю задовольнити потреби необхідні для її створення. Створюючи машину, людина вирішує дві задачі:

1. Зробити машину якісною і забезпечити економію праці в отриманні виробленої з її допомогою продукцією;
2. Затратити меншу кількість праці в процесі створення і забезпечення якості самої машини.

Виробничий процес виготовлення машин є системою зв'язку властивостей матеріалів, розмірних, інформаційних, тимчасових і економічних. Технологія машинобудування досліджує ці зв'язки з метою вирішення завдань забезпечення в процесі виробництва, необхідної якості машини, найменшою собівартості і підвищення продуктивності праці.

На машинобудівних заводах успішне впровадження нової техніки залежить від ступеня його оснащення сучасною технологічним оснащенням. Для всіх видів технологічної оснастки характерна наявність значної кількості деталей, різноманітністю і складної форми. Більшість деталей в процесі виготовлення підвергалися різним видам обробки, механічної, термічної, електрохімічної і т.д.

Продуктивність процесу обробки залежить від режимів різання (швидкості, глибини, подачі) а, отже, від матеріалу ріжучої частини інструменту, його конструкції, геометричних параметрів, лез інструмента і т.д. В дипломному проекті для розрахунку режимів різання застосовується аналітичний метод.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Характеристика об'єкта виробництва

Деталь “Храпове колесо” є частиною храпового механізму застосовується для запобігання зворотного обертання барабана лебідки під дією вантажу, для перетворення зворотно-обертального руху в переривистий обертальний.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Лімічний склад Сталь 50Л наведені у таблиці 1, а механічні властивості в таблиці 2.

Таблиця 1 Хімічний склад матеріалу

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Визначення виробничої програми випуску деталей

Виробнича програма випуску деталей розраховується на початковому етапі проектування технологічного процесу в залежності від річної потреби виробів і запасних частин за формулою:

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

.1)

ех-
ва.
іж
ан-
те-
ви

сталого виробництва за місячний календарний період).

Основним показником, який характеризує серійне виробництво, є величина партії деталей, яка запускається періодично (серіями випускається виріб, який складається з певних деталей).

Величина партії визначається за формулою:

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

2)

зі
о

7

Аналізуючи вимоги до робочого креслення, робимо висновок, що матеріал деталі забезпечує необхідні механічні властивості, шорсткість необроблених поверхонь і задану товщину стінок при використанні спеціальних методів лиття, що доречні в умовах серійного виробництва. У конструкції деталі є поверхні, які можуть бути використані в ролі чорнових технологічних баз. Так, зовнішня поверхня колеса $\varnothing 740$, може бути використана для базування деталі на призмі, що забезпечує обробку за один установ основних і допоміжних конструкторських баз із дотриманням основного принципу – поєднання технологічних, вимірювальних і конструкторських баз. Конструкція деталі дозволяє обробляти взаємозалежні поверхні за один установ «на прохід». Єдиним нетехнологічним елементом є канавка біля зуб'їв зубчатого колеса, яка робиться для зменшення навантаження на верстаті і сприяє більш якій обробці поверхностей зуб'їв

Співвідношення квалітетів і параметрів шорсткості поверхонь, що підлягають механічній обробці, є оптимальним.

2.3 Вибір заготовки

Виходячи з вимог робочого креслення деталі, а вона має складну геометричну форму й виготовлена зі сталі 50Л, єдиним видом заготовки може бути вилівок. Аналізуючи можливі способи лиття, враховуємо, що першорядне значення має забезпечення необхідного параметра шорсткості й геометричної точності поверхонь, що не підлягають механічній обробці внаслідок своєї складності. Крім того, якість цих поверхонь визначає експлуатаційні властивості виробу.

Для виготовлення заготовки вибираємо метод лиття в піщано-глинисті сирі форми з низьковлажних (до 2,8%) високоміцних (більше 160 кПа або 1,6 кг / см²) сумішей, з високим і однорідним ущільненням до твердості не нижче 90 одиниць.

При даному методі лиття вимощується у піщано-глинистій формі повністю уся геометрія деталі, а потім заливається у цю форму розплавлена сталь.

Лиття в піщано-глинисті форми має свої переваги. До них слід віднести: маса відливки може досягати величини сотень тонн (станіни верстатів),

розмірів від декількох міліметрів до десятків метрів, може виготовлятися будь-якої конфігурації і з будь-яких ливарних сплавів.

Таблиця 3 Визначення ступені точності деталі

Найменування		Числа точності					
Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.							
Розмір за кресленням	Середній розмір	Допуск розміру	Допуск форми	Загальний допуск	Припуск на сто	Розмір за фактичним	
Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.							

Gз– маса заготовки, що надходить із заготівельного цеху.

Використовуючи дані робочого креслення вилівка, визначаємо масу заготовки шляхом поділу її форми на елементарні геометричні фігури, для

яких визначаються об'єм і маса, з урахуванням щільності сталі 45Л. Розрахунок виконано в таблиці 5

Таблиця 5

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Таблиця 6– Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

_____ Точіння чистова _____

Дивлячись на конфігурацію, форму деталі і умови якості поверхні деталі «Храпове колесо» яких необхідно дотриматись, так як треба зберегти соосність і паралельність отворів, а це вдасться зробити лише за один установ тому приймається рішення виконати обробку зубів на першому установі а на другому обробити отвори деталі деталі за один установ при цьому забавувати деталь у спеціальному пристосуванні на призмі горизонтально по $\varnothing 740$.

Наступним переходом вже є обробка отворів зубчатого колеса при цьому деталі бачиться за поверхню $\varnothing 150$ у спеціальному пристосуванні :

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

пов'язане зі збільшенням машинного часу на чорнову обробку, як в разі виконання додаткових обдирні проходів, так як за рахунок зниження режимів різання в разі значної глибини різання. При цьому підвищується витрата ріжучого інструменту і загальні витрати на експлуатацію робочого місця.

Розрахуємо припуски на дві поверхні статистичними (табличним) методом. Для зручності розрахунку і наочного представлення результатів, розрахунки занесені в таблицю 7.

Технологічні допуски для кожного переходу призначаються з урахуванням економічної точності обробки, вимог креслення, вимог нормативно-

технічного документа на заготовку і заносяться в колонку 4 таблиці 7.

У колонці 3 таблиця 7 визначають розрахунковий розмір для кожного переходу, починаючи з останнього, шляхом послідовного додавання припуску до мінімального розміру поверхні за кресленням.

Граничні припуски для кожного переходу визначаються шляхом віднімання граничних розмірів на двох сусідніх переходах і заносяться в колонки 7 або 8, в залежності від отриманих значень

Таблиця 8 – МОП

	При-	Розраху-	До-	Розмір, мм	Припуск, мм
--	------	----------	-----	------------	-------------

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

2.6 Детальна розробка операцій технологічного процесу

Операція 05 Програмна з ЧПК

Операція виконується на вертикальному фрезерному верстаті Doosan Mynx 9500 при цій операції деталь базується в спеціальному пристосуванні оброблюється з однієї сторони, потім перевертається і до оброблюється

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.



Характеристики		
Идентифікація	Об'єкт	Мова 0500

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

поверхню зубів 1 то- рець деталі Ø85	М119080 ТТ9080(мат пласт черн) ЗРКТ 150508R-М	Garant форма АДВ ВТ40-32(код 302895
---	---	--

№ пер	Зміст інструментально-го переходу	Різальний інструмент ТТ7080	Допоміжний інструмент
-------	-----------------------------------	--------------------------------	-----------------------

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

о	Гозіочувати начерно отв. Ø55	Гозіочна ІНСR51-70 MB40-40Ø50,5-60 пласт ССMT ТТ9080	Головка ВВ ВНР 1204	Оправка MB40x120 А/В	Д140-
		пласт полуцистова ССMT 1204 ТТ7080			

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

		НРС с цилиндричним хвостовиком DIN 6535	форма ADB BT40_40 короткий Eroglu код
--	--	---	---------------------------------------

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

15	Фрезерувати 23 зуба остаточно	Фреза 2S-TE90CV-310-10-05 пластина чорнова CVHT 0502PNR-L TT9080 пласт чистова CVKT	Цанговий патрон ER форма ADB BT40_20 довгий Garant код 302765 ISO 7388-2
----	-------------------------------	--	---

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

20	Центрувати зотв.Ø10	Свердло центровочне Garant №121000 для сталей<900Н/мм ²	цанговий патрон GK форма ADB BT40_40 короткий Eroglu код 302760
----	---------------------	--	---

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Фрезерування	Ø700	3,8	0,17	2198	130	646	6,13	23,15
Фрезерування	Ø85	3,8	0,17	85	120	646	3,2	0,9
Точіння чернове		1,5	0,17	145	120	276	1,8	0,9

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Фрезерувати зуб'я поперечно	Ø20	1,5	0,7	575	80	128 3	20	0,9
-----------------------------	-----	-----	-----	-----	----	----------	----	-----

Операція	Перехід	Роз- мір	t, мм	S, мм/з уб	L _{рх} , мм	V, м/хв	n, об/ хв	T _о , хв	T _д , хв
----------	---------	-------------	----------	------------------	-------------------------	------------	-----------------	------------------------	------------------------

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

	різьби								
--	--------	--	--	--	--	--	--	--	--

Розрахунок технічної норми часу на токарну операцію

Розрахунок технічної норми часу на постійну операцію виконується за формулою:

$$T_{шт} = (T_o + T_v) \left[1 + \frac{(a_{обс} + a_{отл})}{100} \right], \quad (1)$$

де T_o – основний (машинний) час, хв.;

T_v – допоміжний час, що складається з часу на установку і зняття деталі, часу, пов'язаного з переходом, часу на вимірювання, зміну інструменту і зміна режимів різання, хв;

$a_{обс}$ – час на обслуговування робочого місця, % от оперативного ($T_o + T_v$);

$a_{отл}$ – час на відпочинок і особисті потреби, % от оперативного ($T_o + T_v$).

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{обс} + T_{відп} = 52,57 + 20,2 + 2,2 + 2,2 = 78 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час на партію деталей

$$T_{пз} = 26,8 \text{ хв}$$

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

беруть участь в операції, часу, що витрачається у випадках роботи з будь-яким додатковим, нерегулярно зустрічається в роботі пристосуванням або пристроєм, передбаченим технологічним процесом на операцію , і часу на пробну обробку деталі. Для даної операції воно становить 67 хв і враховують наступні види витрат

- Отримання завдання
- Підготовка інструментів, необхідних для обробки деталі
- організаційна підготовка середньої складності з 10-ма інструментами в налагодженні-25 хв;

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

Таблиця 1

Структурні складові норми часу	Значе-
--------------------------------	--------

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

		канавка λ мм фаска углом 45°	0,1
$T_{оп}$	Оперативний час (52,57+25+0,86)		78,43
$T_{пз}$	Підготовчо-заключний час		67
$k_{сер}$	Коефіцієнт серійності (ф.7)		1,31
$T_{орг}$	Час на обслуговування робочого місця, 3,5% от $T_{оп}$		3,14
$T_{отл}$	Час на відпочинок і особисті потреби 4% от $T_{оп}$		3,5
$T_{шт}$	Штучний час на виконання операції (ф.8)		5,7
$T_{шк}$	Штучно-калькуляційний час (ф.9)		6

2.7 Моделювання технологічного процесу обробки деталі у САМ-системі Power Mill

САМ - системи автоматизованого виробництва відносяться до комп'ютерного програмного забезпечення, яке використовується для проектування і виробництва виробів.

CAM є комп'ютерною технологією для проектування і випуску робочої документації. Системи CAM використовуються для проектування виробів і програмування виробничих процесів, зокрема, верстатів з ЧПУ. У САМ-системах використовуються моделі і збірки, створені в САД-системах, для формування траєкторій переміщення інструментів, які керують верстатами, що створюють фізичні деталі по проектам. Програмне забезпечення САМ найбільш часто використовується для обробки прототипів і готових деталей.

- максимально автоматизована САМ-система, заснована на обробці типових конструктивно-технологічних елементів з використанням бази знань рекомендованих режимів різання. Дозволяє розробляти надійні ефективні УП для фрезерних, токарних, токарно-фрезерних і верстатів з ЧПУ.

PowerMill має високий ступінь автоматизації розробки керуючих програм для фрезерної обробки рахунок функції автоматичного розпізнавання типових конструктивно-технологічних елементів в САД-моделях. Можливо, як повністю автоматичне розпізнавання типових елементів, так і їх інтерактивне або навіть ручне завдання. При 3D-обробці можуть бути повністю автоматично розпізнані будь-які типи конструктивних елементів, навіть якщо вони взаємно накладаються або перетинаються

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.



Рис. 2 –Центрування 3х отворів $\varnothing 10$

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Рис. 3 –Свердління 3х отворів $\varnothing 10$

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Рис. 4 –Фрезерування зуб'їв деталі «Храпове колесо»

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Рис. 5 –Остаточне фрезерування зуб'їв колеса

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Рис. 6 –Фрезерування торцю деталі

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Рис. 8 –Центрування отворів $\varnothing 10$ деталі «Храпове колесо»

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Рис. 9 –Свердління 3х отворів $\varnothing 10$

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Рис. 10 –Нарізання фаски у отворі $\varnothing 55H7$

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Рис. 11 –Розточування отвору $\varnothing 55H7$

3. СРЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

У технологічному процесі виготовлення деталі використовуються стандартний ріжучий інструмент та оправки, зведені у таб.3.1

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

4	Розточувати отв. Ø150	Розточна головка INSR 121-162 BW BHR MB80-80 пласт CCMT 1204TT9080 пласт. полужист. CCMT 1204 TT7080	Оправка А/В	В140-МВ40х120
---	-----------------------	--	-------------	---------------

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

МВ40-40Ø50,5-60

№ пер	Зміст інструментального переносного	Різальний інструмент	Допоміжний інструмент
-------	-------------------------------------	----------------------	-----------------------

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

11 | Зенкувати фаску | Цековка кобінуюча D = | Цанговий патрон ER форма

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

			
11	Свердлити 3отв.Ø10	Свердло твердосплавне НРС с циліндричним хвостовиком DIN 6535 HA D=10mm cod:122306	Цанговий патрон ER форма ADB BT40_40 короткий Eroglu код 302760

№ пер	Зміст інструментального переходу	Різальний інструмент	Допоміжний інструмент
-------	----------------------------------	----------------------	-----------------------

13	<p style="text-align: center; border: 2px solid red; padding: 10px;"> Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р. </p>		
14			



15	<p style="text-align: center; border: 2px solid red; padding: 10px;"> Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р. </p>		

--	--	--	--

Перевертання деталі			
16	Фрезерувати то-	ЗР TF90- 6100-32R-15-B	Комбінуюча оправка Garant

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Спосіб здійснення подавання деталі призматичною 1, яка переміщується в фігурного пазу корпусу за допомогою різьблення при обертанні ходового гвинта 3 рукояткою 5, закріпленої гайкою 7. Ходовий гвинт може здійснювати тільки обертальний рух, так як він проходить крізь нерухомо закріпленій в корпусі сухар 4.

4. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

В розділі буде виконано аналіз на статичну міцність деталі Робоче колесо із використанням програмного забезпечення ANSYS Static Structural (студентська версія).

Вихідні дані:

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

- максимальне та мінімальне значення деформації деталі (мм);
- розподіл значень еквівалентної загальної деформації (мм/мм);
- значення нормальних напружень вздовж поперечної осі (Па);
- значення еквівалентної напруги (за фон Мізесом);
- значення інтенсивних напружень (Па);
- енергію деформації (Дж).

Програмне забезпечення ANSYS при вирішенні задач розрахунків на міцність використовує метод скінчених елементів (МСЕ). Для геометричного моделювання може бути використано вбудований модуль Design Modeler.

В роботі вирішення задачі дослідження здійснено методом МСЕ в три етапи.

На першому етапі створено скінчено-елементну модель деталі Храпове колесо:

- задано фізичний тип завдання – механіка твердого деформівного тіла, здійснено відповідні налаштування програми;

- при обранні типу скінчених елементів обрано умову створення Automatic – де можливо за геометрією, використовувати форму паралелепіпедів, в інших випадках – форму тетраедрів;
- обрано матеріал деталі та задано його властивості;
- побудовано геометричну твердотільну модель об'єкта (може бути використано один із вбудованих модулів, наприклад Design Modeler або Space Claim, або модель може бути експортована з іншого CAD-пакету);
- геометрична модель поділена на скінченні елементи;
- задано параметри розрахункової сітки.

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

Основні рівняння теорії пружності мають вигляд:

1. Диференціальні рівняння рівноваги

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

3. Рівняння нерозривності

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

4. Фізичні рівняння Гука

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

ε , γ – лінійна та кутова деформація.

Вирішення поставленої задачі може бути отримано у переміщеннях та у напругах.

У першому випадку геометричні рівняння (4.2) необхідно підставити у фізичні рівняння (4.5), а потім отриманий вираз підставити в рівняння рівноваги (4.1). Рішення отриманої системи із двох диференціальних рівнянь другого порядку щодо переміщень u та v буде розв'язком задачі.

У другому випадку напруги визначаємо за допомогою розв'язання системи з трьох диференціальних рівнянь: двох рівнянь рівноваги (4.1) і рівняння нерозривності деформацій в напругах (4.2).

4.2 Побудова моделі

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

кунди. Кількість підкроків задаємо наступним чином. `max substeps = 50`, `min substeps = 30`, `max substeps = 50`, де числові значення підкроків означають їх кількість при виведенні результатів. По внутрішній поверхні кріпильних отворів задаємо умову `Fixed Support` (рис. 4.3).

Обравши тип скінчених елементів `Automatic`, виконуємо дискретизацію моделі скінчено-елементною сіткою задавши розмір елемента – 1,0 мм (рис. 4.2).

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Рис. 4.1 – Геометрія моделі деталі Храпове колесо

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Рис. 4.2 – Дискретизована скінчено-елементна модель деталі Храпове колесо

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

0,050

0,150



Рис. 4.3 – Схема навантаження

4.4 Розрахунок характеристик міцності деталі

Використавши модуль розрахунку Total deformation отримуємо результати деформацій (мм) при максимальному навантаженні (рис. 4.4). Значення мінімальної, максимальної та усередненої деформацій, в залежності від часу навантаження (графічна залежність та табличні дані) показані на рис. 4.4 б по кількості підкроків, які були задані раніше.

Використавши модуль розрахунку Equivalent Total Strain отримуємо відносну повну деформацію (мм/мм) при максимальному навантаженні, зміну деформацій від часу (графічна залежність), кольором показані деформації деталі по всьому її об'єму і шкала цифрових значень (рис. 4.5).

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.



а)

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

1 кв. т.т – значення повних деформації (мм). а – розподіл деформації по
об'єму деталі, положення точок з мінімальним та максимальним значенням
повної деформації, б – графічна залежність деформацій від часу

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.



а)

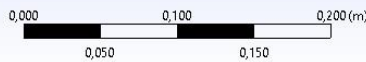
Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

формацій по об'єму деталі, положення точок з мінімальним та максимальним значенням відносної повної деформації, б – графічна залежність відносних деформацій від часу

Використавши модуль розрахунку Normal Stress визначаємо величину нормальних напружень при максимальному навантаженні вздовж осі Z. Залеж-

ність напружень від часу, та розподіл значень по довжині деталі показані на рис. 4.6

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.



а)

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

рис. 4.6 – значення нормальних напружень по осі z (Па). а – розподіл нормальних напружень по об'єму деталі, положення точок з мінімальним та максимальним значенням напружень, б – графічна залежність нормальних напружень по осі z від часу

На рис. 4.7, 4.8 та 4.9 наведені дані щодо розподілу та залежності від часу Stress Intensity – інтенсивних напружень (Па), Strain Energy (Дж) та Equivalent

(von-Mises) stress – напружень за фон Мізесом (Па) при максимальному навантаженні.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.



а)

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

а) – мінімальним напруженням (Па); б) – розподіл напружень по довжині деталі, положення точок з мінімальним та максимальним значенням напружень, б – графічна залежність напружень від часу

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

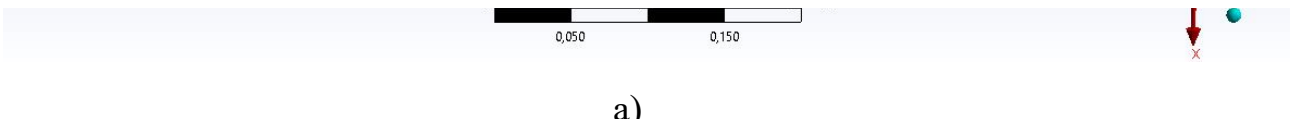
0,050 0,150

a)

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Рис. 4.8 – Енергія деформації (Дж): а – розподіл енергії деформації по об'єму деталі, положення точок з мінімальним та максимальним значенням енергії деформації, б – графічна залежність енергії деформації від часу

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.



Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Рис. 4.9 – Напруження за фон Мізесом (IIa): а – розподіл напружень по об'єму деталі, положення точок з мінімальним та максимальним значенням напружень, б – графічна залежність напружень за фон Мізесом від часу

Максимальна деформація в деталі виникає на зовнішній поверхні колеса в області контакту собачки (що розташована ліворуч від центрального отвору) із зубом храпового колеса $1,28 \times 10^{-5}$ м (рис. 4.4); максимальна еквівалентна деформація $5,54 \times 10^{-4}$ м/м (рис. 4.5); найбільші нормальні напруження вздовж осі z виникають в нижній частині ребра жорсткості вушка, які = 44,1

МПа (рис. 4.6); інтенсивні напруження досягають 87,9 МПа в місці переходу від зовнішнього обводу колеса до ребра жорсткості вушка; в цьому ж місці виникає максимальна енергія деформації, яка = 5,31 мДж (рис. 4.8). На рисунку 4.9 зображено максимальні і мінімальні напруження.

Напруження за фон Мізесом – це еквівалентне значення напруження, яке використовується для визначення того, чи почне певний матеріал плинність, при цьому даний матеріал не потече, доки максимальне значення напруження за фон Мізесом не перевищує межу плинності матеріалу.

Напруження за фон Мізесом складає 76 МПа в місці переходу від зовнішнього обводу храпового колеса до ребра жорсткості вушка.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. САМ системи у перспективі можуть повністю автоматизувати виробництво так як використовуючи функціонал цих програм можна моделювати обробку деталей, підбирати необхідний верстат, інструмент із каталогу, робити управляючу програму та настроювати маршрут обробки деталі і це все можна робити у повністю автоматичному режимі що дуже зручно у роботі інже-

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

об'єм GM-коду для верстата з ЧПК, а як наслідок, і кількість переміщень та підйомів робочих вузлів верстата, що відображається на ресурсі самого верстата та стійкості ріжучого інструменту в цілому.

5. В науково-дослідницькому розділі було виконано аналіз на статичну міцність деталі Робоче колесо із використанням програмного забезпечення ANSYS Static Structural (студентська версія).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 Дербаба В.А. Дослідження і удосконалення методики випробувань верстата на геометричну і кінематичну точність / В.А. Дербаба, В.С. Носачов, З.М. Різо // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпро: Національний ТУ «Дніпровська політехніка», 2021 – № 64.

2 ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання.

4 ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання.

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**