

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
Механіко-машинобудівний
(факультет)
Кафедра технологій машинобудування та матеріалознавства
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

кваліфікаційної роботи ступеню магістра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Стеценка Михайла Володимировича

(ПІБ)

академічної групи 131М-20Н-1

ММФ

(шифр)

спеціальності 131 Прикладна меха-

ніка

(код і назва спеціальності)

спеціаліза-

ції

за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг машино-
будівного виробництва»

(офіційна назва)

**на тему: «Автоматизоване проектування технології обробки конічного
колеса з круговими зубцями на основі концепції модульності»**

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, іні- ціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
Кваліфікаційної роботи	Пацера С.Т.			
розділів:				
Аналітичний	Пацера С.Т.			
Технологічний	Пацера С.Т.			
Спеціальний	Пацера С.Т.			
Науково- дослідниць- кий	Пацера С.Т..			
Рецензент				
Нормоконтролер	Пацера С.Т..			

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. У зв'язку з чим такі матеріали не підлягають відкритому оприлюдненню та мають зберігатися відповідно до встановленого режиму закладом освіти.

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
Технологій машинобудування та матеріалознавства
(повна назва)

_____ **В.В. Проців** _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня магістр
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

студенту _____ **Стеценко М.В.** _____ академічної групи _____ **131М-20Н-1** _____
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності _____ **131 Прикладна механіка** _____

за освітньо-професійною програмою _____
Наскрізний інжиніринг машинобудівного виробництва
(офіційна назва)

на тему **Автоматизоване проектування технології обробки конічного колеса з круговими зубцями на основі концепції модульності**

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Аналітичний	Аналіз технологічності конструкції деталі Конічне колесо з круговими зубцями. Додається 2D-кресленник деталі (A1) та 2D-кресленник заготовки (A1)	Лютий 2022 р.
Технологічний	Автоматизована розробка технологічного процесу обробки Конічного колеса з круговими зубцями. Додається 3D-модель деталі, Графічний матеріал з налаштуваннями технології (A1)	Березень 2022 р.
Спеціальний	Проект різцевої головки для нарізання зубчастого вінця з круговими зубцями. Додається графічний матеріал з із складальним кресленником різцевої головки (A1)	Квітень 2022 р.
Науково-дослідницький	Алгоритм застосування принципу модульності у автоматизованому проектуванні технології обробки конічного колеса з круговими зубцями. Додається графічний матеріал з алгоритмічною моделлю (A1 два листа)	Квітень 2022 р.

Завдання видано _____
(підпис керівника)

_____ **Пацера С.Т.** _____
(прізвище, ініціали)

Дата видачі _____ **12.01.2022 р.** _____

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. У зв'язку з чим такі матеріали не підлягають відкритому оприлюдненню та мають зберігатися відповідно до встановленого режиму закладом освіти.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 47 с, 16 рис, 9 табл., 3 додаток, 21 джерела.

Тема: «Автоматизоване проектування технології обробки конічного колеса з круговими зубцями на основі концепції модульності».

Ключові слова: ТЕХНОЛОГІЯ, ОПЕРАЦІЯ, ФОРМОУТВОРЕННЯ, ОБЛАДАННЯ З ЧПК, КОНІЧНЕ КОЛЕСО.

Фрезерування конічного колеса на верстатах з ЧПК набуло значного поширення в різних галузях машинобудування. Тому визначення оптимальної технології та траєкторії має актуальне значення.

Об'єкт дослідження (розробки) у кваліфікаційній роботі - процеси формоутворення конічного колеса з круговими зубцями.

Предмет дослідження - стратегії (траєкторії) програмного формоутворення конічного колеса з круговими зубцями на обладнанні з ЧПК.

Метою кваліфікаційної роботи є випробування технології обробки конічного колеса з круговими зубцями на основі концепції модульності.

Методика досліджень - комп'ютерне моделювання операцій формоутворення на основі САМ-програми.

Результат роботи - розробка технологічного процесу обробки конічного колеса з круговими зубцями на обладнанні з ЧПК.

Наукова новизна кваліфікаційної роботи - вивчення та застосування на практиці принципу модульності у автоматизованому проектуванні технології обробки деталі.

Вивчаємий метод автоматизованого проектування технології обробки деталей рекомендується до використання у виробництві, в таких галузях як загальне машинобудування та гелікоптеробудування.

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 «ЕЙ БІ ЕМ ТЕХНОЛОДЖИ».

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	6
1.1 Характеристика об'єкта виробництва.....	6
1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	11
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	15
2.1 Автоматизована розробка технологічного процесу обробки конічного колеса з круговими зубцями	15
2.2 Результати 3D моделювання деталі	21
3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	24
3.1 Нарізання зубчастого вінця з круговими зубцями різцевої головкою ..	24
3.2 Результати 2D моделювання різцевої головки.....	30
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	32
4.1 Принцип модульності у автоматизованому проектуванні технології обробки деталі	32
4.2 Алгоритм застосування принципу модульності у автоматизованому проектуванні технології обробки	37
ВИСНОВКИ	41
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	42
ДОДАТКИ	44
Додаток А.....	44
Додаток Б	46
Додаток В	47

ВСТУП

Технічний прогрес здійснюється не тільки на основі застосування нових науково-технічних досягнень. Він базується й на широкому використанні вже визначених напрямків у розвитку техніки й характеризується не тільки безперервною появою принципово нових технологічних процесів, але й безперерв-

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 28.06.2022р.

Інформаційною основою при розробці технологічних процесів є: технологічний класифікатор об'єкта виробництва, класифікатор технологічних процесів, система позначень технологічних документів, стандарти Єдиної системи технологічної документації, типові технологічні процеси й операції, стандарти й каталоги на засоби технологічного оснащення, нормативи технологічних режимів, матеріальні й трудові нормативи.

При виконанні проектних процедур використані сучасні методики розрахунків режимів різання для прогресивного різального інструменту, які перевірені у виробничих умовах і відповідають нормативно-технічній документації й стандартам системи ЕСКД і ЕСТД.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Характеристика об'єкта виробництва

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

при монтажі, ніж прямозубі.

Конічні передачі з круговими зубами мають у зачепленні одночасно не менше двох зубів, забезпечуючи за рахунок форми зуба безперервний контакт, безшумність та плавність навіть при високих швидкостях обертання. При цьому потужності, що передаються, на 30 % більше, ніж у прямозубих конічних коліс.

Конічні зубчасті колеса з круговими зубами нарізуються на зуборізних верстатах методом обкатки із застосуванням зуборізної різцевої головки, що є диском з вставленими по його периферії різцями, що обробляють профіль зуба з двох сторін (перша половина різців обробляє одну сторону, друга половина - іншу) [2].

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 28.06.2022р.

Насправді поширення отримав клас гіпоїдних агрегатів. Їх встановлюють у механізми та обладнання які використовуються у загальному машинобудуванні. Наприклад, вантажних та легкових автомобілях (як елементи трансмісії). Особливе місце такі системи займають у гелікоптеробудуванні. Їх застосовують на літальних апаратах практично всіх конструкцій. Цього вдалося досягти завдяки застосуванню зубчастих коліс, оснащених круговими зубами. Збільшенням кута нахилу зуба дозволяє передачі працювати більш плавно. У цьому випадку вдається позбутися ривків і прослизання. Найбільш ефективним вважається кут, який дорівнює 35° . Такі колеса мають підвищену несучу здатність, надійність і довговічність. Дані передачі працюють плавно і майже безшумно. Вони надійно виконують свої функції навіть на високих швидкостях. Ця здатність реалізована завдяки багатому парному зачепленню. Такий механізм дозволяє знизити динамічні навантаження і запобігти прослизу. Конструкції подібного виду активно застосовуються у приводі гвинтів вертольотів різних аеродинамічних схем [3].

Зубчасті колеса можна виготовляти штампуванням, відливанням, накатуванням в гарячому або холодному стані та обробкою різанням. Існуючі методи відливання, штампування і накатування дозволяють виготовити зубчасті колеса не вище 8 ступеня точності. Для виготовлення зубчастих коліс 3-7 ступеня точності застосовують спосіб зубценорізання, який є основним способом виготовлення зубчастих коліс на сьогодні. Відомі два найбільш використовувані методи створення сучасних зубчастих зачеплень: копіювання і обкочування. В якості обладнання використовуються спеціальні зуборізальні верстати та пальцеві або дискові фрези [4].

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 28.06.2022р.

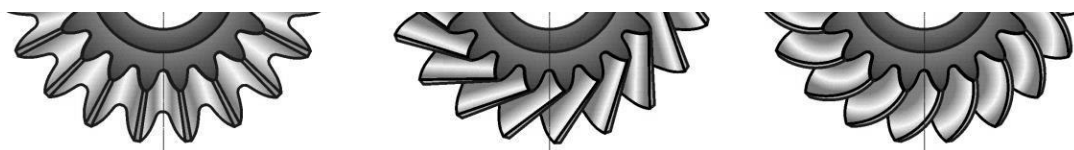


Рисунок 1.1 - Види конічних передач залежно від форми лінії зуба
Залежно від форми лінії зуба розрізняють конічні передачі з прямими

зубами (рис.1.1, а), у яких лінії зубів проходять через вершину ділильного конуса, з тангенціальними (рис. 1.1, б) і з круговими зубами (рис.1.1, в).

Конічні колеса з круговими зубами характеризують нахилом зуба в середньому перерізі по ширині зубчастого вінця. Кут нахилу β_m - гострий кут між дотичній в даній точці до лінії зуба і утворює ділильного конуса. Для прямих зубців $\beta=0$. У кругових зубців кут β змінний: $\beta_e > \beta_m$.

Передачі з прямими зубами мають початковий лінійний контакт в зачепленні, передачі з круговими зубами - точковий.

Конічні колеса з круговими зубами мають велику навантажувальну здатність в порівнянні з прямозубими конічними передачами, проте вони складні у виготовленні та монтажі. Тому їх застосовують, зазвичай, для великих відповідальних передач при індивідуальному і дрібносерійному виробництві [6,7].

Найважливішим етапом розробки схеми технологічного процесу є вибір базових поверхонь. За призначенням бази поділяються на конструкторські, технологічні та вимірювальні. Конструкторські основи визначають положення зубчастого колеса в зібраному вузлі. Технологічні основи визначають положення оброблюваної заготовлі зубчастого колеса у процесі виготовлення. Вимірювальні основи служать для орієнтації зубчастого колеса щодо засобів вимірювань.

На операціях рекомендується поєднувати технологічні бази з конструктивними посадковими поверхнями. Однак повне поєднання цих баз на всіх операціях практично неможливе.

Основною конструкторською базою конічного колеса є вибраний торець, що має найбільший діаметр, тому що він забезпечує більш стійке положення заготовки при обробці зубів та контролі. Також для базування використовується посадочні отвори [8].

Заготівлі зубчастих коліс в залежності від їх форми, розмірів та типу виробництва можуть бути отримані різними методами, такими як [9]:

- відрізка з круглого прокату (одиничне, дрібносерійне виробництво),

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

з даної сталі широко застосовується в авіабудуванні та автотракторобудуванні [9].

Коротко механічні властивості матеріалу вибраної заготовки наведені в таблиці 1.1, а хімічний склад ливарної сталі - у таблиці 1.2. Основні показники, що характеризують технологічні властивості сталі 12Х2Н4А-Ш, представлені в таблиці 1.3 [11]. (Більш детальна інформація про властивості матеріалу заготовки наведена в Додатку А).

Таблиця 1.1

Режим термообробки	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ	ψ	КСУ, Дж/см ²	Твердість, НВ
	МПа		%			
Ковка, 800-1220 °С	930	1240	47	49	880	269

Таблиця 1.2

(відсотки)

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P
			не більше				
0,09-0,15	0,35-0,90	0,17-0,37	1,65	3,65	0,30	0,0125	0,025

Таблиця 1.3

Найменування показника	Значення
Оброблюваність різанням	при HB 183-187
Зварюваність	обмежено зварювана. РДС, АДС
Схильність до відпускнуї крихкості	схильна
Температура кування	Початку - 1220 С, кінця – 800 С.
Флокеночутливість	чутлива

Вибір оптимального матеріалу заготівлі конічного колеса з круговими зубами був зроблений з урахуванням необхідних вимог, що висуваються до деталі в процесі обробки та експлуатації.

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Технологічність конструкції деталі визначається ступенем відповідності її конструкції умовам виготовлення. Розрізняють виробничу, експлуатаційну й ремонтну технологічність. Єдиним критерієм технологічності конструкції виробу є її економічна доцільність при заданій якості й прийнятих умовах виробництва й експлуатації.

Деталь «Конічне колесо з круговими зубцями» має складну просторову форму, що характеризується сполученням двох зовнішніх плотьських поверхонь та циліндричної внутрішньої поверхні. Аналізуючи вимоги робочого креслення, робимо висновок, що матеріал деталі дозволяє забезпечити необхідні механічні властивості, шорсткість необроблених поверхонь і конструктивні особливості деталі.

Співвідношення геометричних параметрів деталі, у сполученні з особливостями конструкції й умовами оброблюваності ливарних сталей, дозволяє призначати оптимальні режими різання. Конструкція деталі та використання ЧПК дозволяє обробляти взаємозалежні поверхні з однієї установки й «на прохід».

Співвідношення квалітетів і параметрів шорсткості оброблюваних поверхонь є оптимальним. З огляду на те, що матеріал деталі – ливарна сталь, восьмий клас чистоти на поверхні отвору діаметрами 390 мм може бути отриманий тонким точінням з використанням твердосплавного інструмента при достатній жорсткості системи СНІД і точності обертання шпинделя верстата.

При призначенні норм точності на базові поверхні заготовок зубчастих коліс слід виходити з того, що сумарна похибка їх базування не повинна перевищувати 50 ... 60% відповідної похибки зубчастого колеса. У відповідних таблицях наводяться рекомендовані посадки циліндричних зубчастих коліс в залежності від ступеня кінематичної точності зубчастого вінця, а також значення торцевого биття базових поверхонь з урахуванням допускається похибки на-

начена
женні.
гу при-
вувати

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

к конс-
ансир,
я й ін-

бляють

і:

(1.2)

де A_{cp} – середній квалітет розмірів виробу, що визначається за формулою:

$$A_{cp} = \frac{\sum A \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{6+3 \cdot 11+2 \cdot 12+2 \cdot 14}{6+3+2+2} = 7 \quad (1.3)$$

де A – квалітет розміру;

n_i – кількість розмірів відповідного квалітету.

Підставивши отримане значення в формулу 1.2 одержимо результат:

$$K_{TЧ} = 1 - \frac{1}{7} = 0,857,$$

При такому значенні коефіцієнта точності обробки деталей вважається технологічною, оскільки $K_{TЧ}$ більше нормативного значення (0,8).

У ході дослідження зроблено такі висновки:

Для розробки оптимального технологічного процесу виготовлення деталі «Конічне колесо з круговими зубцями» були проаналізовані такі характеристики як: принцип дії, область застосування, призначення робочих поверхонь деталі, використовувані матеріали й технічні вимоги до них.

- Конічні зубчасті колеса з круговими зубами забезпечують більш плавне зачеплення, менший шум, більшу несучу здатність та окружну швидкість - до 35-40 м/с. Ті потужності, що передаються, на 30 % більше, ніж у прямозубих конічних коліс.

- Конічне колесо з круговими зубцями використовують у загальному машинобудуванні для вантажних та легкових автомобілях, а також у приводі гвинтів вертольотів.

- Зубчасті колеса виготовляють штампуванням, відливанням, накатуванням та обробкою різанням. Найбільш відомі методи створення зубчастих зачеплень - це копіювання і обкочування. В якості обладнання використовуються зуборізальні верстати та фрези.

- Основною конструкторською базою конічного колеса з круговими зубцями є торець, що має найбільший діаметр, тому що він забезпечує більш стійке положення заготовки, а також посадочні отвори.

- Вибір оптимального матеріалу заготівлі обумовлений технічними та

експлуатаційними вимогами до деталі, це високоякісна ливарна сталь 12Х2Н4А-Ш.

- Аналіз технологічності конічного колеса з круговими зубцями дозволяє використання ЧПК та розробку оптимальних режимів різання з необхідною точністю.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Автоматизована розробка технологічного процесу обробки Конічного колеса з круговими зубцями

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

1) Вибір методів обробки поверхонь

Таблиця 2.1 - Вибір методів обробки поверхонь

Поверхні деталі	Квалітет	Шорсткість <i>Ra</i> , мкм	Переходи механічної обробки
Вінець зубців	6	1,25	Фрезерування чорнове + чистове
Поверхні торців	9	5	Фрезерування чорнове + чистове

Таблиця 2.2 - Вибір технологічних баз і розробка маршруту обробки Конічного колеса з круговими зубцями».

Найменування операції	Зміст переходу	Технологічна бази
005 Програмна	1 Встановити і закріпити, базуючись у самоцетрууючому патроні на столі 2 Фрезерувати зубців (чорнова +чистова обробка) 3 Фрезерувати поверхні торців (чорнова +чистова обробка)	Нижня поверхня

2) Вибір верстату

Для механічної обробки вибрано верстат ЧПК Haas серії UMC-1000 (США). 5-осьова обробка є ефективним рішенням, що дозволяє знизити налаштування і підвищити точність обробки деталей зі складними формами і декількома сторонами [14].

Широкий вибір обробних інструментів дозволяє виконувати безліч операцій, таких як фрезерна різка, свердління, зняття фасок, підрівнювання, розточування, шліцеваніє, створення пазів, гравірування, надрізи, V-образна проточка, SD-обробка, різання поворотним ножом, контурна порізка по приводним мітках (Рис. 2.2) [14].



Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

Робочий стіл:

Круглий з т-образними пазами

Потужність шпинделя:

22400 Вт

Кількість осей:

5

фрезерна різка, свердління, зняття фасок, підрівнювання,

розточування,
шліцеваніє,
створення пазів,

Застосування
верстата Haas UMC-1000:

гравірування,
надрізи,
V-образна проточка,
свердління
3D-обробка,
різання поворотним ножем.

3) Вибір інструменту

У якості ріжучих інструментів обрані монолітні фрези фірми TaeguTec (Південна Корея), котрі забезпечують середньо- та високошвидкісну обробку легірованої сталі.

При фрезеруванні легированої сталі при досить високих обертах шпинделя виникають значні відцентрові сили. Тому при виборі інструменту необхідно враховувати вказаний фактор, бо при механічному кріпленні заготовки в результаті дії цих сил може відбутися послаблення відповідного з'єднання.

Позначення фрез, ріжучих пластин і дані щодо режимів різання наведені в технологічній документації. На рисунках 2.3 - 2.4 позначені параметри вибраних твердосплавних фрез згідно з каталогом фірми TaeguTec [15].

HES 2...T-R

APEXMILL

2-зубая фреза середньої довжини з радіусом при вершині

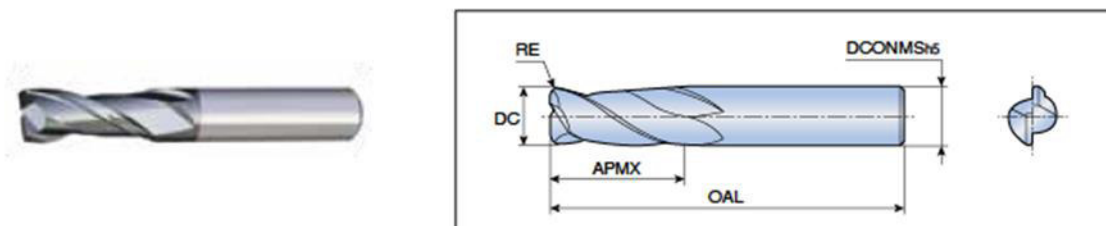


Рисунок 2.3 - Позначення параметрів 2-зуба фреза середньої довжини з радіусом при вершині HES 2040T-R0.5 [14].

SBE 2...LT/L**APEX MILL**

2-зубая сферическая фреза удлиненная

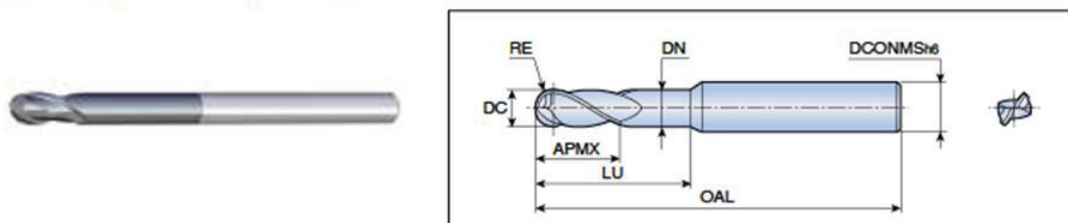


Рисунок 2.4 - Позначення параметрів сферична фреза видовжена SBE 2020LT [15].

Таблиця 2.3 - Позначення параметрів фрези середньої довжини з радіусом при вершині

Позначення	Подача, мм/зуб	Розмір, мм					Сплав	
		DC	RE	OAL	APMX	DCONMS	TT5515	TT5525
HES 2040T-R0.5	0.01-0,05	4	0,5	47	12	6	•	•

•- стандартна позиція

Таблиця 2.4 - Позначення параметрів кінцевої фрези

Позначення	Подача, мм/зуб	Розмір, мм							Сплав	
		DC	RE	OAL	APMX	LU	DN	DCONMS	TT5515	UF10N
SBE 2020LT	0.04-0,08	2	1,0	100	4	20	1,85	6	•	

•- стандартна позиція

4) Вибір вимірювального інструменту

Для вимірювання лінійних розмірів мм та вимірювання діаметральних розмірів застосовано датчик RENISHAW OMP40 рис.(2.5а). Це дозволяє виконувати будь-які вимірювання поверхонь деталей безпосередньо на верстаті (рис 2.5 б). OMP40-2 - трьох координатний контактний тригерний датчик з оптичною системою передачі сигналу.

Основні характеристики і переваги датчика OMP40-2:

- випробуваний на практиці кінематичний механізм,
- висока стійкість до світлових перешкод,
- передача сигналів в межах 360° ,
- компактна конструкція,
- точність повторюваності у межах 1 мкм.

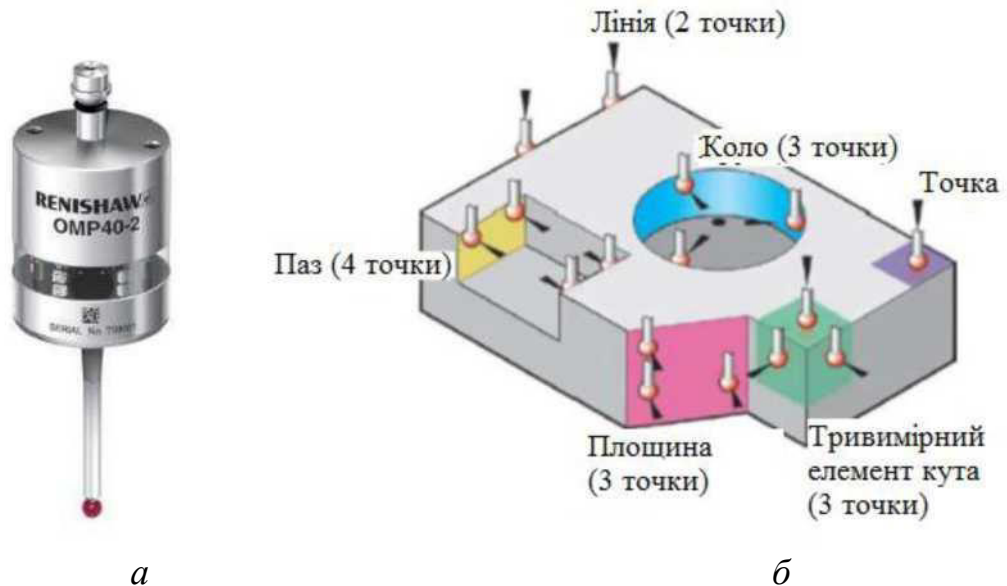


Рис.2.5 - Датчик OMP40-2.

a - загальний вигляд; *б* - схема вимірювання датчиком

5) Вибір режимів різання

Підібрані режими згідно з каталогом TaeguTec наведені в табл. 2.5 [16].

Таблиця 2.5 - Режими обробки деталі Конічного колеса з круговими зубцями.

№	Зміст переходу	Режим обробки						
		Глибина різання t , мм	Кількість проходів	Ширина фрезерування B , мм	Подача S_z , мм/зуб	Швидкість різання V , мм/хв	Число обертів n , об/хв	Основний час $T_{0,хв}$
	Фрезерувати зубці (чорнова обробка)	5	104	4	0,02	100	8000	30.25

№	Зміст переходу	Режим обробки						
		Глибина різання t , мм	Кількість пере- ходів	Ширина фрезу- рування B , мм	Подача S_z , мм/зуб	Швидкість різання V , мм/хв	Число обертів n , об/хв	Основний час T_0 , хв
5	Фрезерувати зубці (чистова обробка)	0,5	104	2	0,04	100	8000	45,5
	Фрезерувати торці (чорнова обробка)	0,5	52	2	0,04	800	7000	34

б) Розрахунок технічних норм часу

Використання програми «AutoDesk PowerMILL» дозволяє проводити моделювання технічних процесів (наприклад, фрезерування зубців, див додаток Б) і розрахунки технічних норм включаючи час.

Розрахунок технічних норм часу приведено в табл. 2.6

Таблиця 2.6 - Технічні норми часу на фрезерування деталі «Конічного колеса з круговими зубцями».

Основний час, t_{0CH}	Допоміж- ний час, $t_{дон}$	Оператив- ний час, $T_{оп.}$	Час ор- ганізаційного обслугову- вання робо- чого місця, t_{opr}	Час відпо- чинку, $t_{eидn}$	Норма штучного часу, $I_{шт}$	Норма штучно- калькуля- ційного, $I_{шк}$
295	90	858	20	25	822	940

2.2 Результат 3D моделювання деталі

За результатами наведених вище розрахунків була зроблена побудова

тривимірної моделі конічного кільця з круглими зубами. Для чого були використані можливості програми Компас.

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 28.06.2022р.

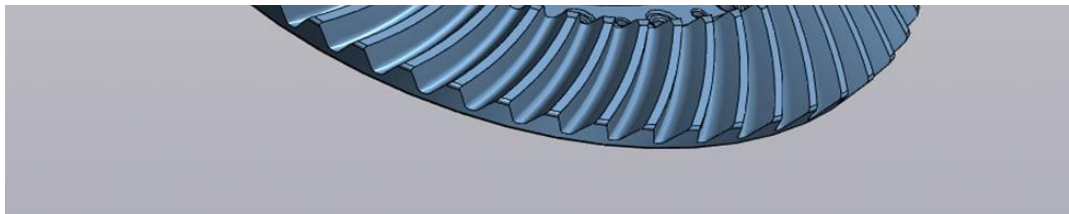


Рис.2.6 - 3D модель конічного кільця з круглими зубами

Використання технічних можливостей моделювання програми Компас сприяє підвищенню ефективності процесу проектування найскладніших деталей та їх складання.

У модулі «Вали та механічні передачі 3D» тепер можна згенерувати геометрично коректну 3D-модель будь-яких зубчастих коліс (від найпростіших циліндричних прямозубих або косозубих до глобоїдних черв'якових черв'яків та коліс, а також конічних шестерень із круговим зубом).

Отримані моделі роблять можливим на наступному етапі використовувати 3D-принтер для створення їх реальних моделей.

У ході даного дослідження зроблено такі висновки:

В результаті розробки технологічного процесу обробки Конічного колеса з круговими зубцями, були вибрані і розраховані наступні технічні параметри, необхідні для створення деталі: заготовка, методи обробки поверхонь, тип верстата та інструменту, режими різання і технічні норми часу для обробки деталі. Це було зроблено з урахуванням послідовності технологічних операцій обробки даної деталі.

За результатами отриманих розрахунків з допомогою програми Компас була змодельована тривимірна модель конічного кільця з круглими зубами.

3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Нарізання зубчастого вінця з круговими зубцями різцевої головою

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

(врізання) або обкатування. Конічні колеса відносно високої точності з $m 2,5$ м нарізають за один робочий хід. При підвищених вимогах до точності і для коліс з $m 2,5$ мм застосовують чорнову і чистову обробку.

При чорновій обробці метод копіювання застосовують головним чином для нарізання зубів колеса, а метод обкатування - для чорнового нарізання зубів шестерні. Припуск на сторону зуба, що залишають для чистового нарізання, складає 0,25...0,5 мм.

За способом чистового нарізання конічні передачі з криволінійним зубом поділяють на обкатні та напівобкатні. У першому випадку зуби колеса і шестерні нарізають за методом обкатування, при цьому боковий профіль зубів одержується криволінійним. У другому випадку колесо нарізають за методом

копіювання, отримуючи прямобічний профіль зуба, а шестерню нарізають методом обкатування, створюючи криволінійний профіль зуба. Час чистового нарізання колеса методом копіювання у 3-5 разів менший, ніж час нарізання методом обкатування, а якість передач практично однакова. В цьому полягає перевага напівобкатних передач. При чистовому зубонарізанні обидва боки зу-

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 28.06.2022р.



Рисунок 3.1 – Нарізування кінцевого колеса із криволінійними зубами.

Ріжучим інструментом є різцеві головки (рис.3.1, а) переважно двох типів: цілісні та зі вставними різцями. Цілісні головки виготовляють з номінальним діаметром від 12,7 (1//) до 50,8 мм (2") для нарізування зубчастих коліс дрібних модулів. Різцеві головки діаметром 88,9 мм (3 //) і до 457,2 (18") виготовляють із вставними різцями [17].

Двосторонні головки ріжуть зовнішніми та внутрішніми різцями, розташованими по черзі. Кожен різець одночасно обробляє бічну сторону зуба і частину западини (рис.3.1, б). Тресторонні головки на відміну від двосторонніх

мають зовнішні, внутрішні та середні різці. Зовнішні та внутрішні різці обробляють лише бічні сторони зуба, а середні різці – лише западини зубів (рис.3.1, в,г).

Чистові різцеві головки – одно- та двосторонні – використовуються головним чином для остаточного нарізування зубів після чорнового нарізування [17].

Конічні колеса з круговими зубами нарізають різними способами. Основними з них є односторонній, простий двосторонній і подвійний двосторонній. Застосування того чи іншого способу визначається точністю зубчастої передачі, продуктивністю, номенклатурою інструменту, типом виробництва. Односторонній спосіб характеризується тим, що увігнута і опукла сторони зубів шестерень і колеса нарізаються окремо. Цей спосіб має різні варіанти обробки.

Кожна сторона зуба шестерні і колеса нарізається окремими головками при різних установах. Тут для чистової обробки необхідні чотири односторонні головки. Варіант найбільш точний, але найменш продуктивний.

Провідне колесо нарізається за першим варіантом. Ведене колесо нарізається однією двосторонньою головкою з поворотом заготовки навколо її осі на кут, при якому забезпечується необхідна товщина зуба. При цьому необхідні три головки: дві односторонні для ведучого колеса і одна двостороння для веденого колеса.

Кожне зі сполучених коліс нарізається своєю двосторонньою головкою з роздільною обробкою увігнутої і опуклою боку зубів. Після нарізування однієї сторони зубів виробляється переналагодження на іншу сторону зубів. Заготівля повертається щодо своєї осі на кут, що забезпечує необхідну товщину нарізаемого зуба. У цьому варіанті потрібні дві двосторонні головки. В цілому односторонній спосіб нарізування забезпечує високу точність, найбільш сприятливу форму зубів сполучених коліс, але досить трудомісткий. В основному застосовується в одиничному і дрібносерійного виробництва.

Простий двосторонній спосіб - це спосіб, коли кожна сторона зубців ведучого колеса нарізається окремо своєю односторонньою головкою, а увігнута і

опукла сторони зубів (западина веденого колеса) нарізаються двосторонньою головкою за одну установку. Таким чином, для обробки сполучених коліс цим способом необхідні три головки: дві односторонні для ведучого колеса і одна двостороння для веденого колеса. Цей спосіб забезпечує високу продуктивність і досить задовільну точність - зону контакту сполучених коліс. Застосовується в масовому і серійному виробництві.

Подвійний двосторонній спосіб характеризується тим, що обидві сторони зубів кожного з сполучених коліс нарізаються одночасно своїми двосторонніми головками. Тут потрібно всього дві двосторонні головки з певним розлученням зубів. Спосіб найбільш продуктивний, але найменш точний. Застосовується в масовому виробництві для коліс невеликих модулів (до 3 мм) і для коліс невисокої точності.

Розглянуті способи застосовні для чистової обробки зубів коліс. Чорнове нарізування обох коліс виробляється подвійним двостороннім способом методом обкатування або ж методом врізання двосторонніми головками. Відповідно до викладеного зуборізні головки роблять однобічними, двосторонніми і тристоронніми. Односторонні головки служать для чистової обробки тільки однієї сторони зубів (увігнутою або опуклою) провідного колеса.

Двосторонні зуборізні головки мають два концентричних ряду чергуються зовнішніх і внутрішніх різців і з певним розлученням зубів і розлученням різців. Ці головки в основному застосовують для чистової обробки веденого колеса, а в одиничному і дрібносерійного виробництва для чорнової і чистової обробки як провідного, так і веденого колеса. Чорнові двосторонні головки не мають регулювальних клинів для розлучення різців. У радіальному напрямку різці регулюються тільки підкладками.

Тристоронні головки постачені третім рядом чергуються різців в такій послідовності: середній - зовнішній - середній - внутрішній і т. Д. Зовнішні та внутрішні різці обробляють бічні сторони зубів і не працюють вершинами. Середні різці обробляють тільки западину. Висота їх на 0,25 ... 0,4 мм вище внутрішніх і зовнішніх різців; ширина вершини на 0,25 ... 0,6 мм вже западини

між зубами на малому діаметрі колеса; кут профілю на $5 \dots 8^\circ$ менше кута профілю зовнішнього і внутрішнього різців [18].

При обробці конічних коліс з круговими зубами в якості колу, що виробляє, приймають плоске колесо 1, зубці якого направлені по дузі кола радіуса r (рис.3.2). Заготівля 2 в процесі обробки обкатується з колом 1, зубця якого відтворюються різцевою головкою 3, що обертається навколо точки O_1 . Профіль різців відповідає профілю зубів колеса, що виробляє. Проходячи на ділянці A 1 вони імітують один зуб виробляє колеса.

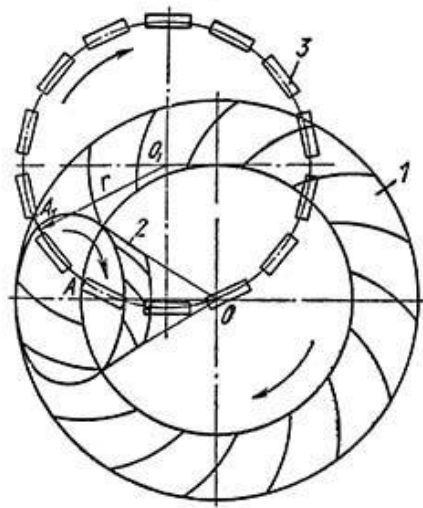
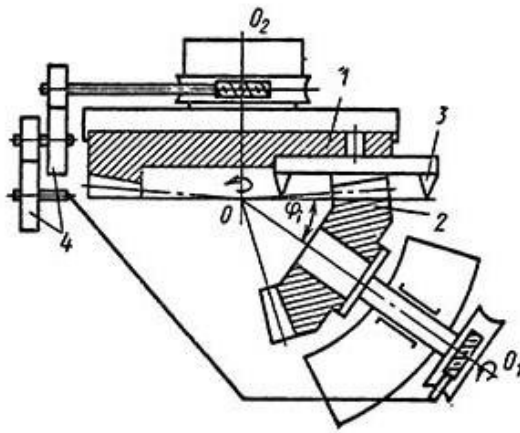


Рисунок 3.2 – Схема нарізування конічних коліс із круговими зубами

При обробці коліс з круговими зубами необхідно здійснити такі формуючі рухи:

- а) головний рух - обертання різцевої головки навколо точки O_1 ;
- б) рух обкату – узгоджене обертання люльки (колеса, що виробляє) і заготовки;
- в) рух розподілу - поворот заготовки на обробку наступного зуба.



Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 28.06.2022р.

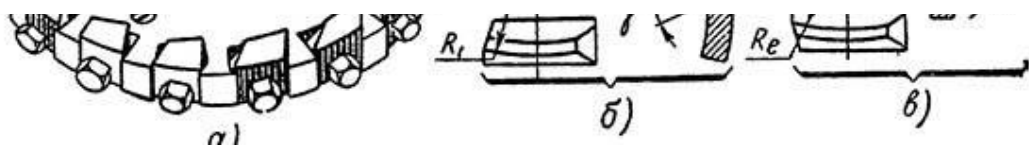


Рисунок 3.4 – Різцева головка

Заготівля повинна встановлюватися щодо центру верстата у правильне положення. Центром верстата називається точка, в якій перетинаються горизонтальна вісь OO_2 люльки, вісь OO_1 шпинделя бабки та вертикальна вісь поворотного столу. Через центр столу повинна проходити площина, в якій пересуваються вершини різців головки, і з центром столу повинна збігатися.

Різцева головка (рис.3.4, а) виконується у вигляді диска з пазами, в які вставляються і кріпляться різці перпендикулярно до торцевої площини диска. Різці бувають зовнішні (рис. 3.4, б) і внутрішні (рис.3.4, в).

Крім того, різці поділяються на праворізальні та ліворізальні, що відрізняються тільки розташуванням ріжучих кромek.

Конічні колеса з круговим зубом нарізаються на верстатах 527, 5П23А, 525, 528С 5А27С1 та ін. [18].

3.2 Результати 2D моделювання різцевої головки

В результаті моделювання у програми Компас було зроблено складальне креслення двомірної моделі різцевої головки для нарізання конічних коліс з круговими зубами (рис.3.5).

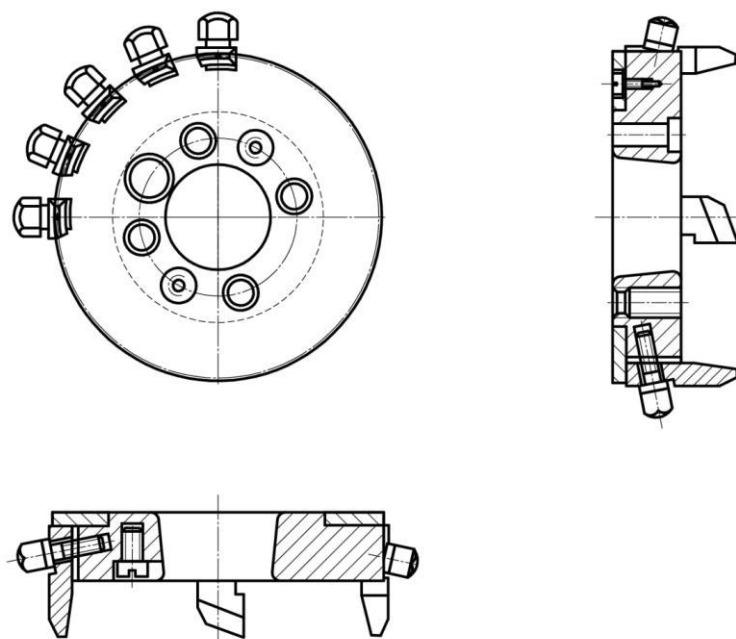


Рисунок 3.5 – двомірна модель різцевої головки для нарізання конічних коліс з круговими зубами (побудовано з допомогою модулів програми Компас).

Отримана в результаті моделювання у програми Компас модель двомірної різцевої головки необхідна для проведення порівняння різних способів нарізання конічних коліс з круговими зубами. Порівняння цього способу нарізання зубців з способом з використання ЧПК показує перевагу останнього. Тому що використання різцевої головки потребує її частих змін та додаткових дій та витрат. Відповідно нарізання конічних коліс з круговими зубами на обладнанні з ЧПК актуально та підвищує ефективність работ.

У ході данного дослідження зроблено такі висновки:

Існує декілька способів нарізання конічних коліс з круговими зубами. Найбільш відомим є використання різцевої головки. Що підтверджено безліччю методик та видів різцевих головок.

Було отримано складальне креслення 2D моделі різцевої головки для нарізання конічних коліс з круговими зубами, як результат моделювання у програми Компас.

При порівнянні використання різцевої головки та обробки на обладнанні з ЧПК перевагу має останній спосіб.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

4.1 Принцип модульності у автоматизованому проектуванні технології обробки деталі

В даному розділі представлені результати дослідження питання застосування принципу модульності у автоматизованому проектуванні технології обробки кінцевого колеса з круговими зубцями.

Модульна технологія – це новий вид технології, що є подальшим розвитком одиничної, типової та групової технологій та акумулює у собі їх переваги.

Основним принципом модульної технології є представлення деталі сукупністю модулів поверхонь (МП), під якими розуміються поєднання поверхонь, за допомогою яких деталь виконує свої службові функції [19].

Креслення деталі в такому випадку можна представити як складальну одиницю, у якій як деталі виступають МП (рис.4.1).

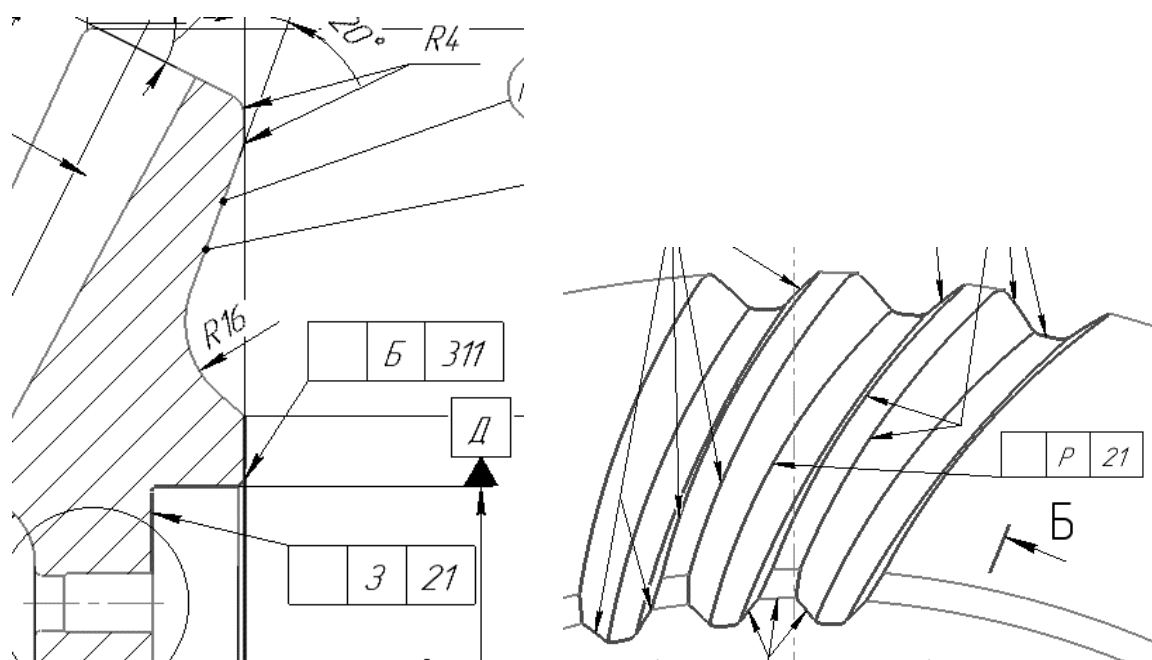


Рисунок 4.1 – Графічний матеріал: сукупність модульних поверхонь кінцевого колеса з круговими зубцями

Дослідження складу МП численних деталей різних конструкцій, які належать різним виробам, показало обмеженість їх різноманітності, сталість

конструкцій та однозначність у визначенні. Класифікація МП за функціональною ознакою приведено у додатку В.

Згідно з класифікацією вся різноманітність МП обмежена 26 найменуваннями базуючих, робочих та зв'язуючих МП. Кожне найменування МП має свій ряд типових конструктивних рішень, а кожна конструкція має свою класифікацію за розмірами, точністю та шорсткістю. Приклади конструктивного оформлення МП представлені на рис. 4.2.

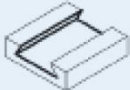
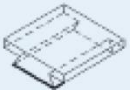

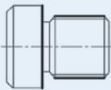
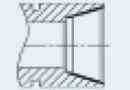
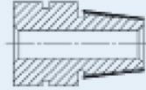

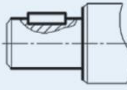



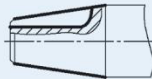



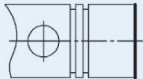







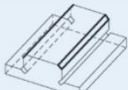


Б11		Б12		Б211		Б212	
Б221		Б222		Б311		Б312	
Б321		Б322		Б41		Б42	
Б51		Б52		Р111		Р112	
Р121		Р122		Р21		Р22	
С121		С122		С111		С112	
С22		С21					

Рисунок 4.2 – Приклади конструктивного оформлення МП

Модульна технологія створює хороші передумови для автоматизованого проектування технологічних процесів (ТП), оскільки модульний технологічний процес розробляється методом компонування з модулів процесів виготовлення МП, що входять до складу виробу, що виготовляється [20].

До складу модуля процесу виготовлення МП (МТО) входять модулі засобів технологічного забезпечення МП, до яких відносяться модулі: верстатного обладнання (МО), інструментального налагодження (МІ), пристосування (МПр), контрольно-вимірювального пристрою (МКІ). По

кожному з цих елементів створюється банк даних, до якого звертаються під час проектування ТП виготовлення деталі.

Щоб створити банк даних МО, необхідно знати технологічні можливості верстатів з виготовлення МП. а для цього за кожною моделлю верстата зі верстатного парку підприємства необхідно закріпити перелік МП, які можна на ньому виготовити.

Технологічні можливості верстатів виготовлення МП визначаються в наступній послідовності. Спочатку з кінематики верстата визначається перелік поверхонь, які можна на ньому виготовити, а потім визначаються конструкції МП, утворені з цих поверхонь. Далі визначається положення кожної конструкції МП у робочій зоні верстата, у якому можна здійснити її обробку. Після цього по кожній конструкції МП встановлюються досяжні на даному верстаті діапазони характеристик розмірів, точності та шорсткості.

Закінчується визначення ТВ верстата кодуванням отриманої множини МП.

У результаті за кожним верстатом зі верстатного парку підприємства буде закріплено перелік МП, які можна на ньому виготовити.

За наявності такої інформації технолог, проектуючи технологічні операції в САПР ТП, робить запит до банку даних щодо наявного верстатного парку підприємства, визначає можливі моделі верстатів та з урахуванням додаткових даних вибирає модель верстата для виготовлення заданих МП [20].

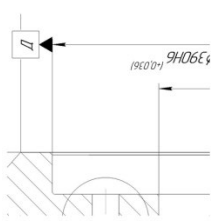
Далі представлена класифікація модульних поверхонь кінцевого колеса з круговими зубцями, яка отримана в результаті застосування принципу модульності у автоматизованому проектуванні технології обробки (рис.4.3).

Також наведено приклад операційної карти, яка створюється в процесі розробки технології обробки проектованої деталі (рис.4.4).

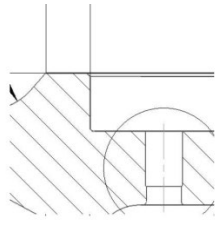
Модулі поверхонь деталі

Модулі поверхонь базук МПБ

БЗ поєднання циліндрич- та плоских поверхонь $\phi 390H6 + \text{пов. E}$

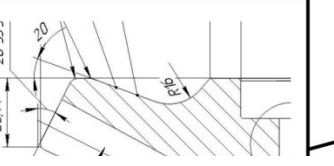


БЗ11 – дві плоскі поверхні & циліндрична внутрішня поверхня

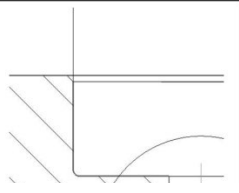


конець зв'язуючі - ІПЗ

плоских поверхонь



і поверхні



Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

4.2 Алгоритм застосування принципу модульності у автоматизованому проектуванні технології обробки

В цьому підрозділі розглядається алгоритм застосування принципу модульності у автоматизованому проектуванні технології обробки різних деталей методом САПР ТП TechnologyExpert [21].

У процесі вивчення даного методу встановлено, що САПР ТП TechnologyExpert складається з двох модулів – перший вбудовується в систему SolidWorks та проводить аналіз 3D геометрії деталей із зазначеними вимогами до точності виготовлення з подальшим перенесенням в автономний модуль генерації техпроцесів. Модуль роботи з 3D геометрією інтегрується безпосередньо в SolidWorks при інсталяції і з'являється у списку додавань, при активації його в даному списку SolidWorks стає доступним відповідне меню TechnologyExpert, з якого керуються всі функції, пов'язані обробкою 3D моделі.

У цьому методі для розробки техпроцесу передбачено два режими. Основний режим - автоматичний, у якому аналіз геометрії, формування операцій та переходів, вибір обладнання, інструменту, пристосувань та режимів різання проводиться програмою на основі обраної користувачем конфігурації залежно від вимог до оброблюваної поверхні на 3D моделі, матеріалу заготівлі, габаритів тощо. Тому необхідно розглянути тільки алгоритм напівавтоматичного режиму.

Алгоритм (напівавтоматичного режим):

Користувач, вказавши геометричний елемент на 3D моделі, вибирає варіант обробки зі списку доступних для цього типу елементів. При цьому автоматично проводиться зчитування вимог точності, допуску та геометричних параметрів елемента з 3D моделі.

Після вибору варіанта генерується послідовність операцій з вибором інструменту, обладнання, пристроїв відповідно до схеми обробки, визначеної в даному варіанті вибраної конфігурації.

Конфігурації (або шаблони) обробки включають послідовність операцій з відповідними налаштуваннями формування переходів, вибору обладнання, інструменту, пристосувань і режимів різання до максимально можливої точності даного елемента. При проектуванні техпроцесу програма вибирає ті операції, які необхідні досягнення точності, вказаної на 3D моделі.

Схеми обробки визначаються залежно від розмірів чи інших параметрів елемента. Наприклад, звичайне свердління простих отворів та глибоке свердління для глибоких.

Підтримується експорт-імпорт змін через операції експорту-імпорту, що дозволяє легко реалізувати обмін технологічним досвідом між різними підприємствами чи схему централізованої розробки типових процесів у головному підрозділі компанії з подальшою передачею їх через файли обміну безпосередньо у виробничі підрозділи.

Специфічні властивості складних елементів, таких як зубчасті або шліцеві, переносяться в техпроцес з власних властивостей файлу 3D моделі, при цьому існує можливість задати відповідність найменувань властивостей файлу 3D моделі і властивостей елемента в TechnologyExpert, що полегшує перенесення даних при використанні генераторів зубчастих або шліцевих.

При необхідності передбачена можливість додавати в проект геометричні елементи без 3D моделі, при цьому геометричні та інші необхідні параметри вводяться користувачем вручну. Даний механізм дозволяє отримувати техпроцеси за відсутності 3D моделі, наприклад при наявності тільки 2D креслення, при цьому алгоритм генерації пов'язаних з технологічним елементом такий же, як і при використанні 3D моделі.

У програмі є повний набір операцій ручної правки техпроцесу - додавання, видалення, копіювання операцій, переходів, інструменту та інших елементів техпроцесу.

Для кожної операції передбачена можливість автоматично згенерувати або вказати існуючу 3D модель схеми операції у вигляді складання SW, що включає пристрої, верстат та інструмент, що значно прискорює розробку ескізів, карт налагодок та розробки програм ЧПК.

Пов'язані з операцією файли 3D моделей, ескізів та програм ЧПК автоматично пов'язуються з базовим файлом 3D моделі деталі та техпроцесу в системі SolidWorks Enterprise PDM, що значно спрощує та прискорює управління, внесення змін та повідомлення задіяних у проекті осіб. Для повної інтеграції з PDM системою доступ до функцій SolidWorks Enterprise PDM для поточного проекту реалізовано також безпосередньо з програми через відповідне меню.

При генерації технологічних карт у вигляді друкованих документів пов'язані операціями ескізи у форматі креслень СВ переносяться до друкованого документа. Оскільки ескізи операцій пов'язані з 3D моделями, цей підхід полегшує внесення змін до документації, якщо при зміні вихідних 3D моделей ескізи перебудовуються автоматично.

Генерація маршрутної, операційної технологічних карт, відомостей оснастки, матеріалів, обладнання та ін. друкованої документації відповідно до ЕСТД проводиться автоматично. Користувачеві достатньо лише вибрати типи документів для створення. Є можливість створювати власні форми друкованих документів у конструкторі звітів.

Також є можливість:

- Завдяки використанню потужної вбудованої скриптової мови автоматизувати складні залежності на будь-яких етапах генерації техпроцесу з використанням змінних будь-яких параметрів проекту.

- Робити розрахунок режимів різання різними методами – табличний з коефіцієнтами та без, з використанням скриптів.

- Призводити нормування допоміжного часу на настановні та ін. операції. Загрузка дополнительных конфигураций, скриптов и дополнений в базы данных оборудования, инструмента, приспособлений и т.д. через интернет.

- Експортувати в XML для передачі даних в ERP та інші системи.

Аналіз даного метода зроблено по матеріалам статті [21].

У ході данного дослідження зроблено такі висновки:

Дослідження питання застосування принципу модульності у автоматизованому проектуванні технології обробки доказує його ефективність і актуальність. Тому що модульна технологія акумулює у собі досягнення сучасних технологій. Це було перевірене у автоматизованому проектуванні технології обробки кінчного колеса з круговими зубцями.

Алгоритм застосування принципу модульності у автоматизованому проектуванні технології обробки різних деталей методом САПР ТП TechnologyExpert має безліч можливостей к використанню при моделюванні технологічних операцій та процесів. Алгоритм доступний для користувача, охоплює всі можливі варіанти та відповідає сучасним вимогам виробництва.

ВИСНОВКИ

Спроектований технологічний процес механічної обробки заданої деталі дозволяють організувати ефективно її виготовлення в організаційно-технічних умовах серійного виробництва.

В ході дослідження було підтверджено ефективність використання високоавтоматизованих верстатів зі ЧПК при розробки технологічного процесу обробки конічного колеса з круговими зубцями. На етапі моделювання була використана програма Компас, що підтверджує необхідність більш широкого застосування сучасних програм при проектуванні процесу обробки деталей різної категорії складності. Хоча й колишні, перевірені часом та практикою, методи обробки продовжують використовувати у виробництві.

Принцип модульності у автоматизованому проектуванні технології обробки показав свою ефективність і може бути рекомендований до застосування. Алгоритм принципу модульності у автоматизованому проектуванні технології обробки різних деталей методом САПР ТП TechnologyExpert рекомендується для подальшого вивчення та освоєння.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1.

2.

3.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

4.

5.

6. Лекція 2 Передачі зачепленням. [Електронний ресурс]

https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php?file=/475189/mod_resource/content/2/

02/100/010-10

,

{

!

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

ДОДАТКИ

Ма

Кл

Зам

Пр

Об

Пр

Ви

Кл

клас

Со

пр

Пр

ко

ро

вен

до

Пр

ко

ны

ної

ва

рег

Пр

ко

ны

ної

эле

мент

[

аль

3

вая

ния

тор-

це-

ния

ы и

тар-

120

ной

79-

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

[

Углерод (С)	0.09 - 0.15
Хром (Cr)	1.25 - 1.65
Никел (Ni)	2.25 - 2.65
Кремне	
Марган	
Фосфор	
Сера (S)	
Медь (Cu)	

Критична температура	Ас3
	800

Сорт металу	Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.	бр.
-		
Прут		оставки
Прут		оставки

	969 МПа
--	---------

Фізичні властивості: Цільсія

Температура свойства:	100	600
Модуль упругості МПа:		
Коефіцієнт розширення:	5.3	15.6
Коефіцієнт теплопровідності матеріалу:		
Плотність:		7630

Технічні властивості: А (ЭИ83).

Свариваемость	ограниченно свариваемая.
Склонность к отпускной способности	склонна
Флокеночувствительность	чувствительна

Додаток Б

Приклад моделювання технічних процесів у програмі «AutoDesk PowerMILL».

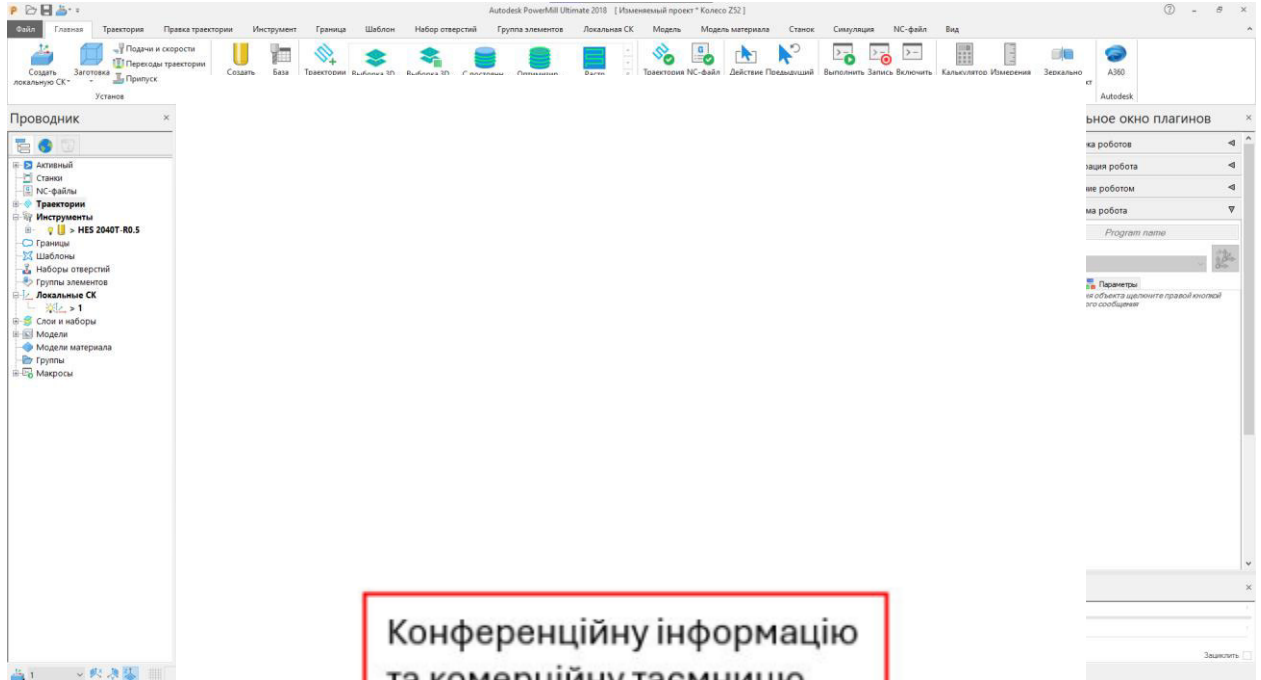


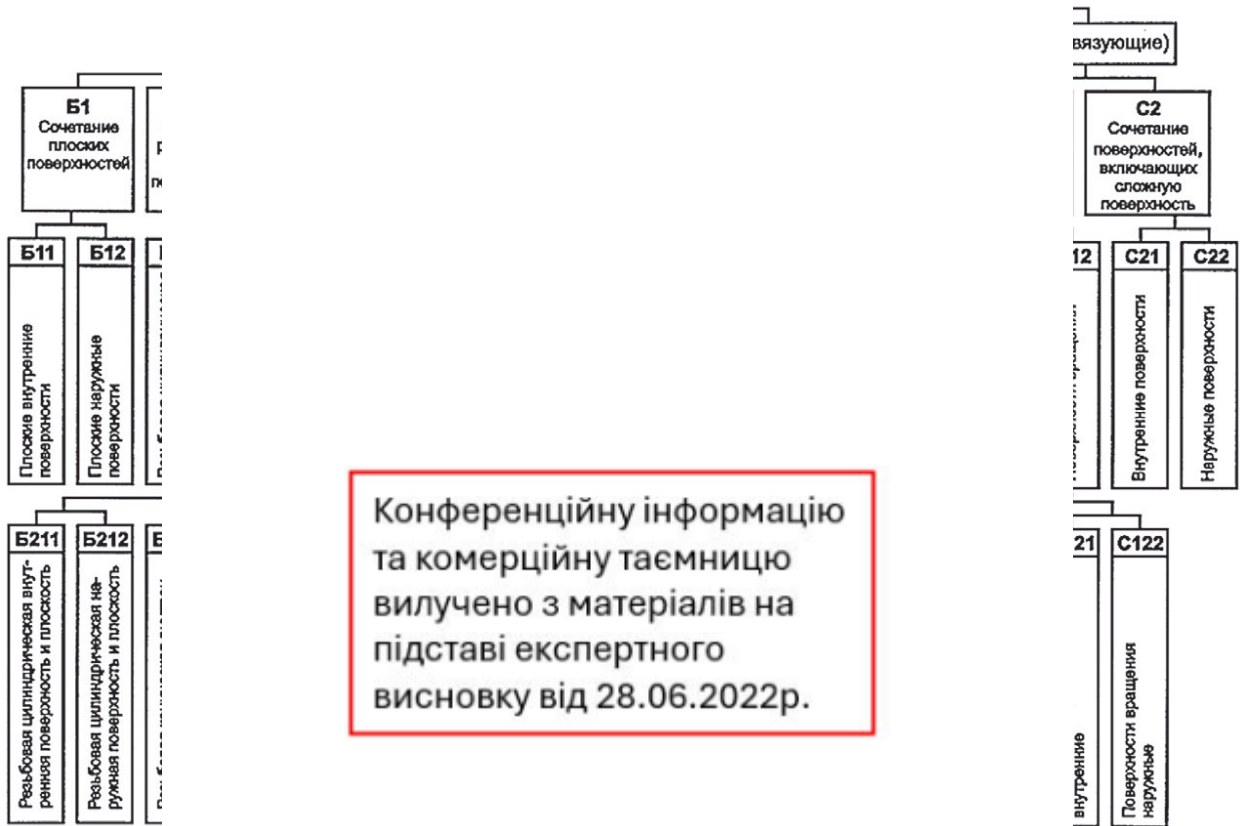
Рисунок 1

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 28.06.2022р.

MILL

Додаток В

Класифікація модульних поверхонь за функціональною ознакою.

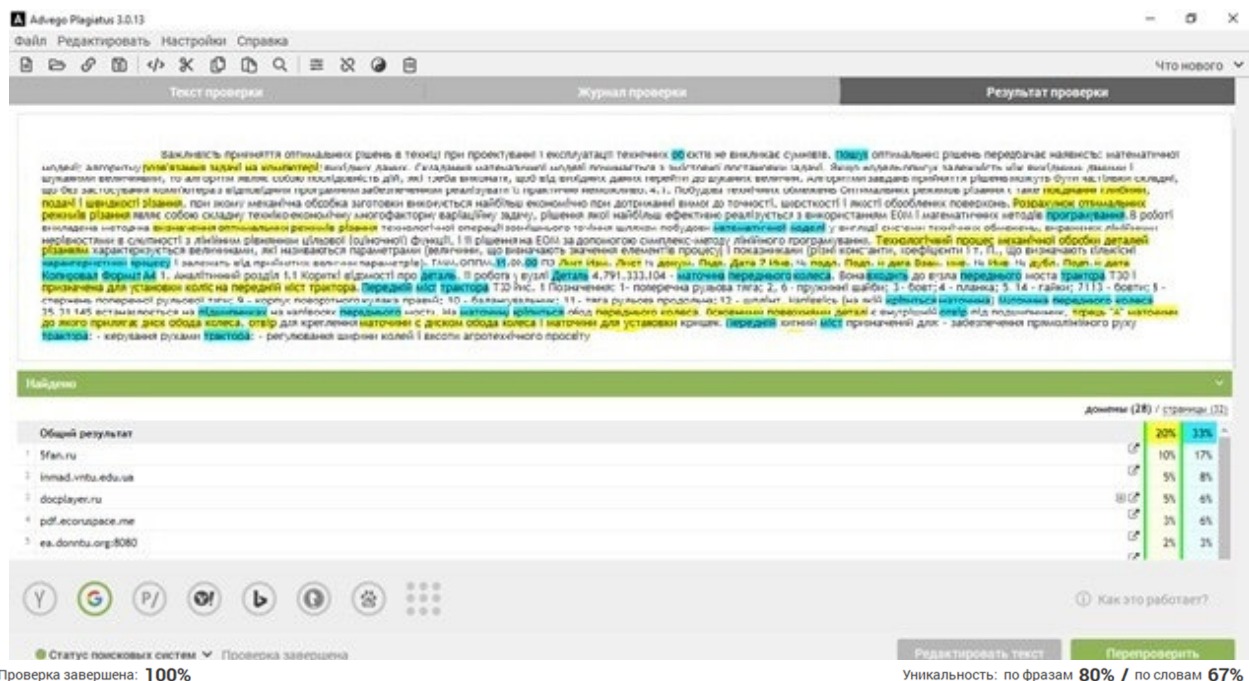


Результат перевірки унікальності тексту

випускної кваліфікаційної роботи магістра Стеценко М.В.

Advego Plagiat <https://advego.com/antiplagiat/>

Дата перевірки: 30 травня 2022 року;
 Інструмент перевірки: ADVEGO Plagiat 3.0.16 for Windows 10 x64 bit
 Пошукові системи: Google, DuckDuckGo
 Зміст перевірки: пояснювальна записка та додатки роботи
 Кількість перевірених символів: 56801
 Унікальність за фразами, %: 80
 Унікальність за словами, %: 67
 Збіги, %: 20
 Рейт, %: 33



Виконавець кваліфікаційної роботи _____ М.В. Стеценко

Керівник кваліфікаційної роботи _____ С.Т. Пацера

Перевірив текст _____ В.А. Дербаба

Завідувач кафедри _____ В.В. Проців



Advego Plagiat

Advego Plagiat. Проверка уникальности текста.
 Версия: 3.0.16 / 2021 год