

УДК 004.94

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ПОБУДОВИ ПРЯМОЗУБОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ЗУБЧАСТОЇ ПЕРЕДАЧІ ТА ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЯ ЗА ДОПОМОГОЮ БІБЛІОТЕКИ OPENGL

Митрохін С.О.

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM TO BUILD SPUR GEAR AND ITS IMPLEMENTATION USING THE OPENGL LIBRARY

Mitrokhin S.

Розроблено алгоритм побудови комп'ютерної моделі складного тривимірного об'єкту - зубчастої циліндричної передачі, заснований на алгоритмах машинної графіки та реалізований на бібліотеці OpenGL.

Ключові слова: комп'ютерна модель, алгоритм, САД, стандарт OpenGL.

Постановка проблеми

Системи автоматизованого проектування або САД займають виняткове становище серед комп'ютерних додатків - це індустріальні технології, безпосередньо спрямовані у сферу найважливіших областей матеріального виробництва. Рівень розвитку САД безпосередньо позначається на добробуті кожного члена суспільства, так як сьогодні вже неможливо без комп'ютерної автоматизації та проектування виробляти сучасну техніку, складну та таку, що вимагає високої точності при виготовленні [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Широке використання сучасних комп'ютерних технологій при дослідженні зубчастих передач дозволить на новому якісному рівні вирішити питання геометрії, кінематики, проектування передач і систем, що включають зубчасті передачі, питання точності виготовлення і монтажу, а також отримати нові наукові результати.

Необхідно створення сучасної графічної програмної системи призначеної для реалізації високоточних об'ємних моделей. За допомогою подібної системи на звичайному персональному комп'ютері можна буде отримати достовірні дані по точності виготовлення і монтажу, інформацію про розташування плям контакту на зубах і т.д. без дорогих експериментів.

Враховуючи високу вартість імпортих САД систем, а також нестачу інструментальних засобів для вирішення ряду специфічних завдань у їхніх вітчизняних аналогів [1, 2], актуальним є створення сучасної комп'ютерної системи, що дозволяє здійснювати моделювання об'єктів складної форми.

Мета

Метою роботи є розробка алгоритмів геометричного моделювання об'єктів (зубчастої

передачі) та їх комп'ютерної реалізації на основі стандарту OpenGL з метою побудови оригінальної САД системи, що враховує специфіку розв'язуваних завдань.

Результати досліджень

При комп'ютерному моделюванні об'єктів складної форми необхідний дуже точний їх математичний опис, а також різні наближені методи відображення на екрані монітора об'єктів, що розглядаються та описуються відповідними математичними моделями. Виникають питання, які взагалі існують поверхні, як вони описується та як відображаються на екрані? Відповіді на них можна, використовуючи апарат диференціальної геометрії та геометричного моделювання.

Перейдемо до безпосереднього комп'ютерного моделювання зубчастої передачі. На даний момент в Windows існує два стандарти для роботи з тривимірною графікою: OpenGL, який є стандартом де-факто для всіх графічних робочих станцій, і Direct3D - стандарт, запропонований фірмою Microsoft. Тут ми розглянемо тільки стандарт OpenGL, так як, на думку авторів, він є набагато більш продуманим і зручним, ніж Direct 3D, який постійно змінюється [8, 9, 11].

Розглянемо процес побудови циліндричного зубчастого колеса. Для простоти побудови, розіб'ємо колесо на окремі елементарні поверхні:

- поверхню, що описує зуб;
- циліндричну поверхню (в даному випадку циліндр обертання);
- обмежуючі площини.

Побудова циліндричного зубчастого колеса включає етапи побудови лінії евольвенти і з'єднання прямої та кола.

Отримаємо рівняння евольвенти кола в полярних координатах у вигляді однозначної залежності полярного кута від полярного радіуса, так як у класичному рівнянні евольвенти відсутня однозначна залежність між радіус-вектором і кутом евольвенти (це значно ускладнює побудову евольвенти при реалізації комп'ютерної моделі).

Маємо з визначення евольвенти: $OA \perp AC$, AC , дорівнює дузі AB (рис. 1).

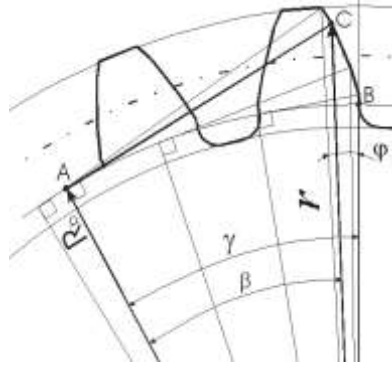


Рис. 1 Евольвент окружності в полярних координатах

Тоді з побудови (рис.1) $\varphi = \gamma - \beta$, де φ - полярний радіус.

Виходячи з формули довжини дуги, маємо $\gamma = \frac{\cup AB}{R_b} = \frac{AC}{R_b}$, де R_b - радіус основного кола. В

$\triangle OAC (\angle OAC = \frac{\pi}{2}) \quad \cos \beta = \frac{OA}{OC} = \frac{R_b}{r}$ і з теореми

Піфагора $AC = \sqrt{OC^2 - OA^2} = \sqrt{r^2 - R_b^2}$, де r - полярний радіус.

Тоді

$$\varphi(r) = \gamma - \beta = \frac{\sqrt{r^2 - R_b^2}}{R_b} - \arccos \frac{R_b}{r} \quad (1)$$

Побудуємо з'єднання KN (дуга кола радіусом ρ і центром в точці M) дотична до евольвенти в точці B (рис. 2), що збігається з вектором \overline{OB} , і колом западин.

Виходячи з того, що OB являє собою дотичну до кола з'єднання, то $OB \perp MN$. Позначимо

$\gamma_{\max} = \angle NOM$. Тоді з $\triangle ONM (\angle ONM = \frac{\pi}{2})$ маємо

$$\gamma_{\max} = \angle NOM = \arcsin \frac{MN}{OM} = \arcsin \frac{\rho}{R_f + \rho}$$

У декартовій системі координат точка має наступні координати

$$\{x_0; y_0\} = \{(R_f + \rho) \cos(\phi_0 - \gamma_{\max}); (R_f + \rho) \sin(\phi_0 - \gamma_{\max})\},$$

де ϕ_0 - початковий кут побудови зуба.

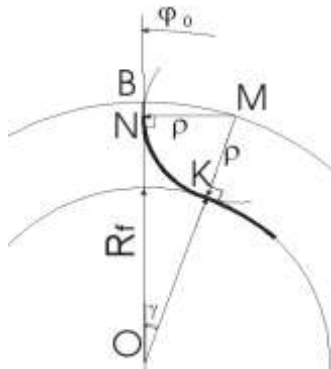


Рис. 2 З'єднання прямої та кола

Візьмемо рівняння кола в декартовій системі координат з центром у точці $(x_0; y_0)$ і радіусом ρ . Використовуючи рівняння переходу з полярної системи координат в декартову систему координат, маємо:

$$\begin{cases} x = r \cos \varphi, \\ y = r \sin \varphi. \end{cases}$$

Отримаємо рівняння кола з'єднання профілю зуба з колесом в полярних координатах:

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = \rho^2;$$

$$(r \cos \varphi - x_0)^2 + (r \sin \varphi - y_0)^2 = \rho^2;$$

$$r^2 - 2rx_0 \cos \varphi - 2ry_0 \sin \varphi + x_0^2 + y_0^2 = \rho^2;$$

$$r^2 - 2r(x_0 \cos \varphi + y_0 \sin \varphi) + (x_0^2 + y_0^2 - \rho^2) = 0;$$

$$D = (x_0^2 \cos^2 \varphi + x_0 y_0 \sin 2\varphi + y_0^2 \sin^2 \varphi) - (x_0^2 + y_0^2 - \rho^2) = \rho^2 - (x_0 \sin \varphi - y_0 \cos \varphi)^2,$$

$$r_{1,2} = x_0 \cos \varphi + y_0 \sin \varphi \pm \sqrt{\rho^2 - (x_0 \sin \varphi - y_0 \cos \varphi)^2}.$$

З побудови видно, що ми використовуємо ближню до полярного центру частину окружності, відповідно її рівняння буде мати вигляд:

$$r(\varphi) = x_0 \cos \varphi + y_0 \sin \varphi - \sqrt{\rho^2 - (x_0 \sin \varphi - y_0 \cos \varphi)^2} \quad (2)$$

Перейдемо до алгоритму побудови евольвентного профілю зуба. Крок зачеплення дорівнює $t = \pi m$ (де m - модуль зачеплення), то кутова величина зуба по ділильній окружності (рис. 3.):

$$\phi_d = \frac{\pi m}{2} \cdot \frac{1}{R}, \text{ де } R - \text{ радіус ділильного кола.}$$

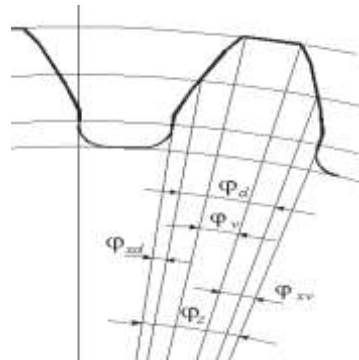


Рис. 3 Кутові величини зуба

Кутова величина зуба по колу виступів

$$\phi_v = \phi_d - 2(\phi_{xv} - \phi_{xd}), \text{ де } \phi_{xd} = \phi(R) -$$

кутова величина перетину евольвенти і ділильної лінії, $\phi_{xv} = \phi(R_a)$ - кутова величина перетину евольвенти і окружності виступів;

Кутова величина зуба по основному колу

$$\phi_z = \phi_d + 2\phi_{xd}.$$

Розіб'ємо побудову зуба на наступні елементарні ділянки:

0 - ділянка з'єднання евольвенти правої частини профілю зуба та кола западин;

1 - евольвента правої частини профілю зуба;

- 2 - окружність виступів;
- 3 - евольвенти лівої частини профілю зуба;
- 4 - ділянка з'єднання евольвенти лівої частини профілю зуба та кола западин;
- 5 - коло западин.

Здійснюємо побудову (враховуючи, що побудова ведеться від кута ϕ_0 (рис. 2)), змінюючи:

Частина 0. γ від γ_{\max} до 0 в декартовій системі координат маємо

$$\begin{aligned} x &= r \cos(\phi_0 - \gamma) \\ y &= r \sin(\phi_0 - \gamma) \end{aligned}$$

де $r(\phi_0 - \gamma)$ розраховуємо за рівнянням (2).

Частина 1. r від R_b до R_a в рівнянні (1); тоді в декартовій системі координат маємо

$$\begin{aligned} x &= r \cos(\phi_0 + \varphi) \\ y &= r \sin(\phi_0 + \varphi) \end{aligned}$$

Частина 2. φ від φ_{xv} до $\varphi_{xv} + \varphi_v$ в рівнянні окружності виступів, тоді в декартовій системі координат маємо

$$\begin{aligned} x &= R_a \cos(\varphi_0 + \varphi) \\ y &= R_a \sin(\varphi_0 + \varphi) \end{aligned}$$

Частина 3. r від $R_{\text{вист}}$ до $R_{\text{осн}}$ в рівнянні (1); тоді в декартовій системі координат маємо

$$\begin{aligned} x &= r \cos(\varphi_0 + \varphi_z - \varphi) \\ y &= r \sin(\varphi_0 + \varphi_z - \varphi) \end{aligned}$$

Частина 4. γ від 0 до γ_{\max} в декартовій системі координат маємо

$$\begin{aligned} x &= r \cos(\phi_0 + \phi_z + \gamma) \\ y &= r \sin(\phi_0 + \phi_z + \gamma) \end{aligned}$$

де $r(\phi_0 + \phi_z + \gamma)$ розраховуємо за рівнянням (2).

Частина 5. φ від $\varphi_z + \gamma_{\max}$ до $2\varphi_d - \gamma_{\max}$ в рівнянні кола виступів; тоді в декартовій системі координат маємо

$$\begin{aligned} x &= R_f \cos(\varphi_0 + \varphi) \\ y &= R_f \sin(\varphi_0 + \varphi) \end{aligned}$$

Поверхню тривимірного об'єкту будь-якої форми можна представити у вигляді комбінації простіших поверхонь. Ці поверхні, у свою чергу, можна розбити на ще дрібніші складові - полігони [10].

Набір полігонів (або граней), що формує «оболонку» об'єкта - називається полігональною сіткою. Використовуючи апроксимацію поверхні полігонами, отримуємо віртуальну модель, яка з високою вірогідністю збігається з фізичною моделлю-оригіналом. При використанні такого підходу можна домогтися будь-якого ступеня

достовірності, зменшуючи розміри полігонів, на які розбивається об'єкт [12].

Як вже говорилося вище, поверхня зубчастого колеса будується за допомогою наступних поверхонь:

- 1) циліндр обігу;
- 2) обмежуючі площини;
- 3) бічні (робочі) поверхні зубів, які профілюють по евольвенті;
- 4) обмежуючі циліндри (циліндр вершин, циліндр западин).

Побудову зубчастого колеса ми будемо здійснювати в прямокутній системі координат так, щоб вісь колеса збігалася з віссю z .

Циліндр звернення задається рівнянням виду:

$$\begin{cases} x = R \cos u, \\ y = R \sin u, \\ z = w. \end{cases} \quad (3)$$

і міститься між двома обмежуючими площинами, що перпендикулярні осі z .

Рівняння евольвенти кола в полярних координатах у вигляді однозначної залежності полярного кута від полярного радіуса має вигляд:

$$\varphi(\rho) = \frac{\sqrt{\rho^2 - r_b^2}}{r_b} - \arccos \frac{r_b}{\rho}, \quad (4)$$

де r_b - радіус основного кола.

Для побудови евольвентного профілю в тривимірному просторі перейдемо до декартових координат:

$$\begin{cases} x = \rho \cos \varphi, \\ y = \rho \sin \varphi, \\ z = w. \end{cases} \quad (5)$$

Таким чином, математична модель евольвентного зубчастого циліндричного колеса має наступний закінчений вигляд:

$$\begin{cases} \varphi(\rho) = \frac{\sqrt{\rho^2 - r_b^2}}{r_b} - \arccos \frac{r_b}{\rho}, & \text{- евольвента} \\ z = w. \end{cases}$$

профілю,

$$\begin{cases} \rho(\varphi) = x_0 \cos \varphi + y_0 \sin \varphi - \sqrt{R^2 - (x_0 \sin \varphi - y_0 \cos \varphi)^2} & \text{-} \\ z = w. \end{cases}$$

з'єднання евольвенти та кола западин,

$$P(u, v) = P_0(u) + dv \quad \text{- циліндр.}$$

Відповідно математичній моделі опишемо алгоритм побудови комп'ютерної моделі циліндричного прямозубого колеса.

Алгоритм:

1) Побудова бічної поверхні зуба (евольвентної лінійчатої поверхні):

1.1) Відповідно заданій точності, вибираємо крок $\Delta\rho$ і будуємо прямокутну елементарну область шириною $\Delta\varphi = \varphi(r_b + \Delta\rho)$;

1.2) Будуємо евольвентну лінійчатую поверхню, використовуючи рівняння (4) і змінюючи значення параметра ρ відповідно до обраного кроку $\Delta\rho$, від основного радіуса r_b до радіусу вершин r_a .

2) Побудова поверхні зуба:

2.1) Кожен зуб прямозубого циліндричного колеса має площину симетрії;

2.2) Будуємо поверхню вершини зуба, змінюючи значення кута φ від $\varphi(r_a)$, де r_a - радіус вершин, до $\varphi(r_a) + \varphi_v$, де φ_v - кутова величина зуба по окружності вершин, тобто від однієї бічної поверхні зуба до іншої;

2.3) Будуємо з'єднання евольвенти та кола западин;

2.4) Будуємо кола западин;

2.5) Будуємо торець зуба, використовуючи значення, отримані при розрахунку евольвентної лінійчатої поверхні в пункті 1.2.

3) Побудова зубчастого циліндричного колеса. Будуємо циліндр обертання (отвір) відповідно до рівняння (3), обмежуючі площини та зубчасті вінці (рис. 4). Побудова зубчастого вінця здійснюється шляхом використання паралельного перенесення та повороту побудованої поверхні зуба (табл. 1).



Рис. 4 Модель прямозубого циліндричного колеса на основі OpenGL



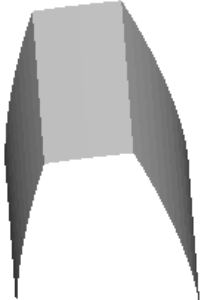
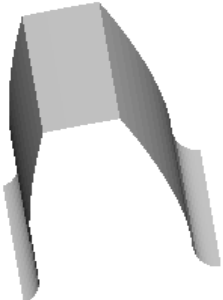
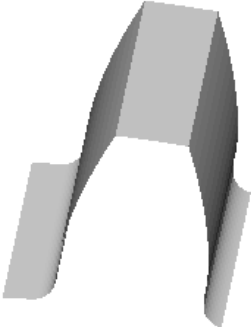
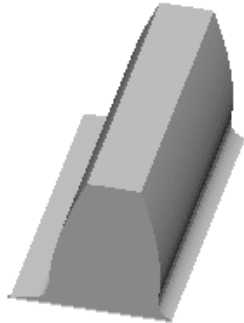
Наступним етапом нашого моделювання буде розробка алгоритму взаємодії двох зубчастих коліс в процесі передачі обертового руху [4, 5].

Визначення: Якщо в процесі обертання поверхня ведучого колеса проникла всередину поверхні веденого колеса (шестерні), то будемо говорити, що ця пара зубчастих коліс знаходиться в стані взаємодії.

Наше завдання розробити алгоритм, який визначить після повороту ведучого колеса чи знаходиться дана пара зубчастих коліс у взаємодії, і в разі їх взаємодії встановити кут, на який необхідно повернути шестерню, щоб вийти з процесу взаємодії. Таким чином, буде отримана комп'ютерна модель процесу обертового руху колесо-шестерня.

Таблиця 1

Зведена таблиця графічного відображення алгоритму побудови циліндричного колеса пункти 1 і 2

Пункт 1.2	Пункт 2.1	Пункт 2.2
		
Пункт 2.3	Пункт 2.4	Пункт 2.5
		

Зубчасте колесо представлено нами у вигляді системи полігонів. Причому кожен зуб являє собою опуклу фігуру, що задана вершинами полігонів. Тому пара зубчастих коліс знаходиться в стані взаємодії, якщо хоча б одна з вершин системи полігонів зуба одного колеса знаходиться всередині будь-якого з зубів іншого колеса.

Визначення: Довільна вершина зуба одного колеса знаходиться всередині зуба іншого колеса, якщо відхилення цієї вершини від кожної з площин, які задають зуб другого колеса, мають один знак.

Одну з двох площин, які проходять через підставу циліндра (у якому змодельоване зубчасте колесо), назвемо умовно передня, а другу - задня. Нехай точки $\vec{N}[z, i]$ - точки контуру профілю, що лежать на передній площині зуба, $\vec{F}[z, i]$ - точки контуру профілю, що лежать на задній площині зуба. Тоді через кожні три точки $\vec{N}[z, i], \vec{N}[z, i+1], \vec{F}[z, i]$ можна провести площину і її рівняння нормалі буде

$$\vec{n}[z, i] = [(\vec{N}[z, i] - \vec{F}[z, i]) \times (\vec{N}[z, i+1] - \vec{F}[z, i])]$$

(6)

Нехай точкою, що перевіряється на впровадження буде точка \vec{T} , тоді її відхилення від площини, що проходить через точку $\vec{N}[z, i]$ та має нормаль $\vec{n}[z, i]$, буде мати вигляд

$$\rho = ((\vec{N}[z, i] - \vec{T}) \cdot \vec{n}[z, i]) \quad (7)$$

Алгоритм процесу взаємодії колеса і шестерні

(z - номер зуба, щодо якого тестуємо точку \vec{T}):

Флаг = 1;

Для i від 1 до число точок на зуб

Початок

Цикл

у

$$\rho = ((\vec{N}[z, i] - \vec{T}) \cdot \vec{n}[z, i])$$

Якщо $\rho > 0$, то **Флаг** = 0;

Якщо **Флаг** = 0, то Припинити цикл;

Кінець Циклу

$$\vec{v}[z] = [(\vec{N}[z, 1] - \vec{F}[z, 1]) \times (\vec{N}[z, \text{число т. на зуб}] - \vec{F}[z, 1])]$$

$$\rho = ((\vec{N}[z, i] - \vec{T}) \cdot \vec{v}[z])$$

Якщо $\rho > 0$, то **Флаг** = 0;

Якщо **Флаг** = 1, то точка всередині зуба інакше точка поза зубом.

Для зменшення обсягу обчислень і спрощення алгоритму визначення кута повороту виберемо пару взаємодіючих зубів на ведучому та ведомому колесах. Для одного колеса даним зубом буде той з усіх зубів, для якого відстань від вершини профілю зуба до центру профілю іншого колеса буде мінімальною.

Нехай центром одного зубчастого колеса буде точка \vec{O} . Зафіксуємо на другому колесі зуб, на якому візьмемо дві кінцеві точки дуги вершин \vec{M} і \vec{K} . Тоді будемо мінімізувати наступну величину

$$\left| \frac{\vec{M} + \vec{K}}{2} - \vec{O} \right| \rightarrow \min, \quad (8)$$

щоб визначити тільки, що вийшов з взаємодії або той, який буде взаємодіяти, зуб для другого колеса.

Алгоритм (точка \vec{O} - центр першого колеса):

Вибираємо з масиву вершин для 1-го зуба точки \vec{M} і \vec{K}

$$\text{Мін} := \left| \frac{\vec{M} + \vec{K}}{2} - \vec{O} \right|;$$

Зуб = 1;

Для i від 2 до число зубів

Початок Циклу

Вибираємо з масиву вершин для i-го зуба точки \vec{M} і \vec{K}

$$\text{Якщо } \left| \frac{\vec{M} + \vec{K}}{2} - \vec{O} \right| < \text{Мін, то}$$

НБ

$$\text{Мін} := \left| \frac{\vec{M} + \vec{K}}{2} - \vec{O} \right|$$

Зуб = i;

КБ

Кінець Циклу

Зуб містить номер шуканого зуба для другого зубчастого колеса.

Нехай при повороті ведучого колеса, його зуби проникають всередину зубів веденого колеса не більш ніж на чверть кроку зачеплення. Тоді для виходу з взаємодії достатньо взяти кут повороту, рівний половині кутовій величини зуба по ділильній окружності. Будемо зменшувати цей кут повороту до тих пір, поки не отримаємо з необхідною точністю оптимальний кут, тобто такий кут, при якому зуби будуть торкатися.

Алгоритм отримання кута повороту з заданою точністю ε :

$$1. \varphi := \frac{\varphi_d}{2};$$

2. Половинним діленням кута φ отримаємо мінімальний кут φ_{\min} , при якому немає взаємодії;

$$3. \text{Візьмемо кут наближення } \alpha = \frac{\varphi_{\min}}{2};$$

4. Повторювати

Якщо при повороті на кут $\varphi_{\min} - \alpha$ немає взаємодії, то

$$\varphi_{\min} := \varphi_{\min} - \alpha;$$

$$\alpha := \frac{\alpha}{2};$$

До тих пір, поки не стане $\alpha \leq \varepsilon$.

Таким чином, розроблений алгоритм дозволяє будувати комп'ютерні моделі зубчастої циліндричної передачі з евольвентним зачепленням (рис. 5).

Надалі, ми бачимо, що подальший хід досліджень лежить в удосконаленні розробленого алгоритму для побудови зубчастих передач з різними типами зачеплень, що дозволить відстежувати лінію та пляму контакту в процесі



Рис. 5. Циліндрична передача ($z_1 = 25$, $z_2 = 22$)

Висновки

З використанням апарату диференціальної геометрії та засобів геометричного моделювання [8-11] запропоновано методику та розробку алгоритму моделювання об'єктів складної форми на прикладі зубчастих передач [4-7]. Розроблено оригінальну програму, що дозволяє моделювати процес виготовлення зубчастих коліс засобами стандарту OpenGL.

Література

1. Александр Глинских, Мировой рынок CAD/CAM/CAE-систем// http://www.ci.ru/inform01_02/p_22-23.htm
2. Андрей Зубинский, CAD-тенденции// http://itc.ua/articles/cad-tendencii_16977
3. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. – М.: Наука, 1979. – 560с.
4. Иванов Н.Н. Детали машин. – М.: Высшая школа, 1991.
5. Дмитриев В.А. Детали машин. – М.: Высшая школа, 1970.
6. Андожский Л.А. Расчет зубчатых передач. – М.: Наука, 1970.
7. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1975.
8. Краснов М.В. OpenGL графика в проектах Delphi. СПб: BVXV, 2000.
9. Тихомиров Ю.В. Программирование трехмерной графики в Visual C++. – СПб.: BVXV, 1998.
10. Шыкин А.В., Боресков А.В. Компьютерная графика. Динамика, реалистичные изображения. – М.: диалог-МИФИ, 1998.
11. Едвард Ейнджел Интерактивная компьютерная графика. М., 2001.
12. Роджерс Д., Адамс Дж. Математичні основи машинної графіки. – М.: Машиностроение, 1980.
13. Иванов В.П., Батраков О.С. Тривимірна комп'ютерна графіка. – М.: Радио и связь, 1988.

References

1. Aleksandr Glinskih, Mirovoy rinoк CAD/CAM/CAE-system // http://www.ci.ru/inform01_02/p_22-23.htm
2. Andrey Zubinskiy, CAD-tendencii // http://itc.ua/articles/cad-tendencii_16977
3. Timoshenko S.P., Goodier J. Teoriya uprugosti. – М.: Nauka, 1979. – 560 p.

роботи зубчастої передачі, визначати розміри та розташування плями контакту в залежності від похибок виготовлення колеса і монтажу передачі.

4. Ivanov N.N. Detali mashin. – М.: Vishaya shkola, 1991.
5. Dmitriev V.A. Detali mashin. – М.: Vishaya shkola, 1970.
6. Andogskiy L.A. Raschet zubchatih peredach. – М.: Nauka, 1970.
7. Artobolevskiy I.I. Teoriya mehanizmov i mashin. – М.: Nauka, 1975.
8. Krasnov M.V. OpenGL graphika v proektah Delphi. SPb: BVXV, 2000.
9. Tihomirov U.V. Programirovanie trehmernoy graphiki v Visual C++. – SPb.: BVXV, 1998.
10. Shikin A.V., Boreskov A.V. Komputernaya graphika. Dinamika, realistichnie izobrazeniya. – М.: dialog-MIFI, 1998.
11. Edvard Eyndgel Interaktivnaya komputernaya graphika. М., 2001.
12. Rodgers D., Adams J. Matematichni osnovi mashinoi graphiki. – М.: Mashinostroenie, 1980.
13. Ivanov V.P., Batrakov O.S. Trivimira komputerna graphika. – М.: Radio i svyaz, 1988.

Митрохин С.А.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ ПРЯМОЗУБОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ И ЕГО РЕАЛИЗАЦИЯ С ПОМОЩЬЮ БИБЛИОТЕКИ OPENGL

Разработан алгоритм построения компьютерной модели сложного трехмерного объекта – зубчатой цилиндрической передачи, основанный на алгоритмах машинной графики и реализован на библиотеке OpenGL.

Ключевые слова: компьютерная модель, алгоритм, CAD, стандарт OpenGL.

Mitrokhin S.

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM TO BUILD SPUR GEAR AND ITS IMPLEMENTATION USING THE OPENGL LIBRARY

An algorithm for constructing a computer model of a complex three-dimensional object - a cylindrical gear transmission, based on algorithms ma-bus schedules. A computer program that can simulate the process of making the gears by means of standard OpenGL.

Keywords: computer model, algorithm, CAD, OpenGL standard.

Митрохин С.О. – к.т.н., доцент кафедри інформатики, СЧУ ім. В.Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: akacorwin@mail.ru.

Рецензент: Марченко Д.М., д.т.н., проф.