

**О. Стрілець**

Магістрант,  
Національний університет  
водного господарства та  
природокористування,  
м. Рівне

УДК 621.833.65

## **КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ ПЕРЕДАЧ З ПРИСТРОЄМ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ**

*Описана комп'ютерна побудова в системі Компас – 3D тривимірних моделей зубчастих диференціальних передач з пристроями у вигляді замкнутих гідросистем для плавного керування змінами швидкості. Зроблено висновок, що використання комп'ютерного моделювання при проектуванні машинобудівних конструкцій дає можливість збільшити кількість можливих варіантів проектних рішень, які потрібно детально і глибоко проаналізувати й вибрати раціональний.*

**комп'ютерне моделювання, зубчаста диференціальна передача, замкнута гідросистема**

При виконанні робіт підйомно-транспортними, будівельними, дорожніми, меліоративними машинами, автомобілями й тракторами, металообробними верстатами та іншою технікою виникає потреба у керуванні змінами швидкості їхнього робочого органа для забезпечення ними різних технологічних процесів. У працях [1 — 8] наведені схеми пристроїв для безсхідчастого керування змінами швидкості за допомогою диференціальної передачі з відповідним пристроєм у вигляді замкнутої гідросистеми.

У цій статті описана комп'ютерна побудова в системі КОМПАС – 3D [9] тривимірних моделей для зубчастих диференціальних передач з пристроями у вигляді замкнутих гідросистем для плавного керування змінами швидкості. Формувати твердотілі моделі в системі КОМПАС-3D можна в двох типах документів: «КОМПАС – Деталь» і «КОМПАС – Збірка». На відміну від графічних документів – креслень, обидва типи тривимірних документів рівноцінні між собою, серед них немає головних або допоміжних. Документ «Деталь» призначений для створення

за допомогою формуютьвальних операцій і зберігання моделі цілісного об'єкта — простого виробу, окремої деталі, або, наприклад підшипника кочення, який складається з декількох деталей, подати тривимірну модель, як єдину деталь, яку зручно використати в складальній одиниці. У документі «Збірка» збираються в єдину складальну одиницю змодельовані й збережені раніше деталі, які з початку розміщують у просторі, сполучають разом і фіксують. Частина формуютьвальних операцій, які є у деталі, присутні і в збірці. Це операції вирізів, формування перетинів, масивів і створення отворів, а також всі операції зі створення допоміжної геометрії. Починаючи з системи КОМПАС-3D V8 Plus, можна створювати декілька не зв'язаних одне з одним твердих тіл в одній деталі. Такий підхід отримав назву багатотілого моделювання, яке дає можливість створювати моделі «з різних сторін».

Схеми односхідчастих зубчастих диференціальних передач з пристроями для керування зміною швидкості показані на рис. 1,а , рис. 1,б і рис. 2,а, в яких сонячна

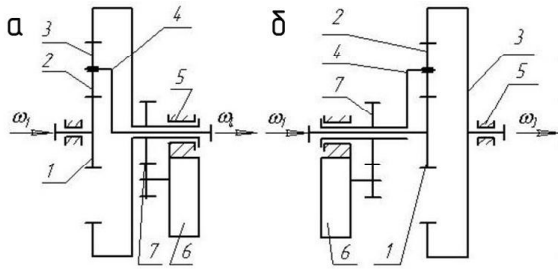


Рис. 1. Схеми диференціальних передач з пристроями для керування швидкістю

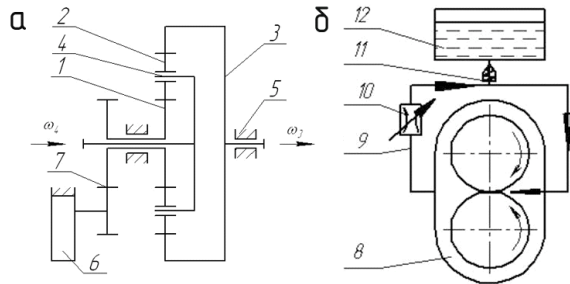


Рис. 2. Схеми односхідчастої диференціальної передачі і пристрою для керування швидкістю

шестерня 1, сателіти 2, зубчасте колесо — епіцикл 3 і водило 4 розмішені у корпусі 5. На корпусі 5 закріплений пристрій для керування зміною швидкості у вигляді замкнутої гідросистеми 6 з можливістю взаємодії через зубчасту передачу 7 з зубчастим колесом-епіциклом 3 (рис. 1,а), або водилом 4 (рис. 1,б), або сонячною шестернею 1 (рис. 2,а). Замкнута гідросистема 6 (рис. 2,б) складається з шестеренчастого гідронасоса 8, трубопроводів 9, регульовального дроселя 10, зворотного клапана 11 і бачка з рідиною 12. Керування зміною швидкості здійснюється за рахунок дроселювання рідини, яка рухається в замкнутій гідросистемі 6.

Виконання побудови тривимірної моделі зубчастої диференціальної передачі з пристроєм у вигляді замкнутої гідросистеми для плавного керування змінами швидкості продемонструємо на прикладі схеми, показаної на рис. 1,а. Вибраний спосіб побудови – знизу вгору, тобто з початку створюються по черзі всі моделі деталей, які входять до складу зубчастої диференціальної передачі та пристрою для керування змінами швидкості у вигляді замкнутої гідросистеми, після цього збирають їх у збірку. Перед початком роботи створюється окрема папка в якій зберігаються моделі деталей і сам файл збірки. Починаємо зі створення моделі сонячного зубчастого колеса (рис. 3), але це не обов'язково.

Розроблення тривимірних моделей — це творчий процес, в якому одну і ту ж модель можна побудувати різними способами та в іншому порядку. В загальному побудова зубчастих коліс є такою: за допомогою, наприклад, операції обертання, а може бути і операція витискання, моделюємо заготовки коліс, потім, де потрібно,

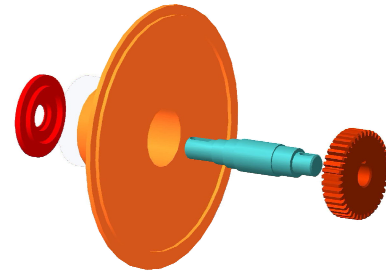


Рис. 3. Моделі деталей сонячного зубчастого колеса

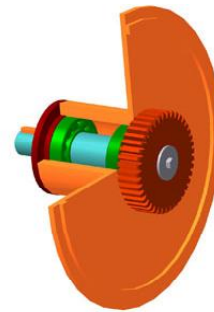


Рис. 4. Модель збірки деталей сонячного зубчастого колеса

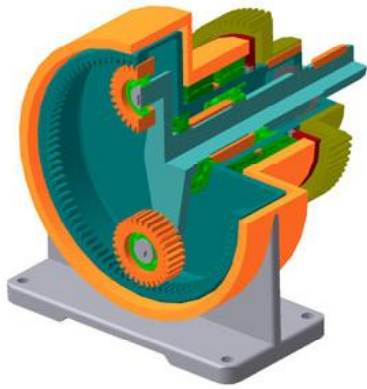


Рис. 5. Моделі деталей водила і зубчастого колеса – епіцикла

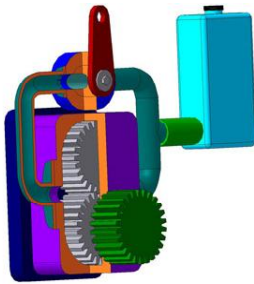
вирізаємо шпонкові пази і отвори у дисках і, на кінець, формуємо зубчасті вінці.

Далі моделюємо ведучий вал, на якому буде встановлене змодельоване сонячне зубчасте колесо, корпус з наскрізною кришкою підшипника, в якому встановлюється ведучий вал з деталями на ньому — підшипники кочення, шпонки, шайба і гвинт вибираються з бібліотеки системи Компас – 3D. Можемо виконати модель збірки ведучого вала показану на рис. 4.

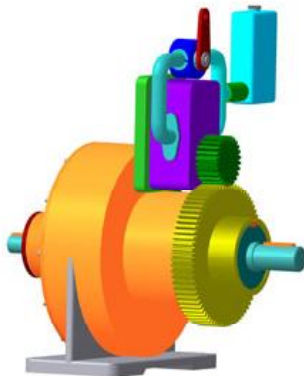
Потім моделюємо сателіти, яких у зубчастій диференціальній передачі може бути один і більше, для наших моделей приймаємо два (рис. 5). Вісь сателітів зміщена від осі сонячного зубчастого колеса на величину міжосьової віддалі  $a_w$ , тому будувати їх модель краще не у початку координат, а змістити на віддаль  $a_w$ . Якщо при цьому буде правильно розміщений виріз між зубцями, тоді збірка цього зубчастого зачеплення пройде автоматично.



**Рис. 6. Модель збірки деталей водила і зубчастого, колеса – епіцикла в корпусі**



**Рис. 7. Модель замкнутої гідросистеми**



**Рис. 8. Модель-збірка диференціальної передачі з замкнутою гідросистемою керування через епіцикл**

Наступним виконуємо модель водила, де використовуємо підхід багатотілого моделювання. Ця модель має дві осі на віддалі: одна вісь збігається з віссю обертання сонячного зубчастого колеса і ведучого вала, і є віссю обертання водила, а друга — вісь обертання сателітів. Далі будуємо модель зубчастого колеса-епіцикла, яке утворює внутрішнє зачеплення з сателітами і вісь обертання якого збігається з віссю сонячного зубчастого колеса, ведучого вала і водила. Після цього моделюємо корпусні деталі зубчастої диференціальної передачі.

Корпусні деталі складні для моделювання, бо мають багато конструктивних елементів: опорних лап, фланців, бобишок, отворів під болти тощо. Крім цього, такі деталі

мають задовольняти не тільки технологічні, а й естетичні вимоги. Згаданими раніше методами моделюємо зубчасте колесо передачі приводу пристрою керування змінами швидкості у вигляді замкнутої гідросистеми.

На рис. 6 показана збірка водила і зубчастого колеса – епіцикла, зубчастого колеса передачі приводу пристрою керування змінами швидкості у вигляді замкнутої гідросистеми і корпусу.

Моделюємо деталі замкнутої гідросистеми: шестеренчастий гідронасос, дросель-регулятор, зворотний клапан, бачок з рідиною і трубопроводи. Збірка замкнутої гідросистеми показана на рис. 7.

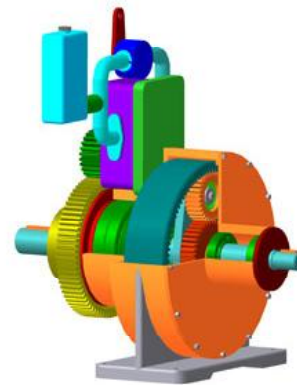
Після завершення моделювання окремих деталей зубчастих диференціальних передач і пристроїв у вигляді замкнутих гідросистем для плавного керування змінами швидкості приступаємо до збирання загального вигляду моделі (рис. 8). Збирання є завершальним етапом проектування і конструювання будь-якого виробу. Для цього створюють документ «КОМПАС – Збірка».

Крім змодельованих деталей у системі КОМПАС – 3D є широка бібліотека типових тривимірних моделей, починаючи від шайб і кілець до різних типорозмірів підшипників кочення, яка використовується при збиранні. Система КОМПАС – 3D дає можливість при встановленні бібліотечних деталей у збірку зразу ж накладати на них визначені спряження, щоб після завершення вставляння деталь була розміщена точно в потрібному місці і прийняла потрібну орієнтацію у просторі.

На кінець, для виконаної збірки змодельованої зубчастої диференціальної передачі з пристроєм у вигляді замкнутої гідросистеми для плавного керування змінами швидкості через зубчасте колесо-епіцикл, виконують вирізи, щоб максимально відкрити і відобразити її внутрішню будову (рис. 9).

Такі моделі таким самим способом виконані для односхідчастих зубчастих диференціальних передач з пристроями у вигляді замкнутих гідросистем для плавного керування змінами швидкості через водило (рис. 10) та сонячне зубчасте колесо (рис. 11).

Для розширення діапазону регулювання зміни швидкості в приводі за рахунок зубчастої диференціальної передачі з пристроєм для керування змінами швидкості у



**Рис. 9. Модель-збірка диференціальної передачі із замкнутою гідросистемою керування через епіцикл з розрізом**

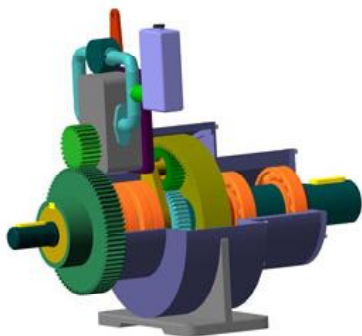


Рис. 10. Модель диференціальної передачі із замкнутою гідросистемою керування через водило

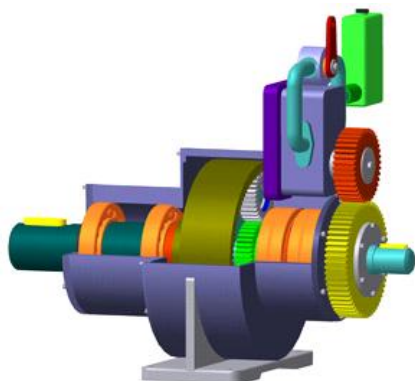


Рис. 11. Модель диференціальної передачі із замкнутою гідросистемою керування через сонячне зубчасте колесо

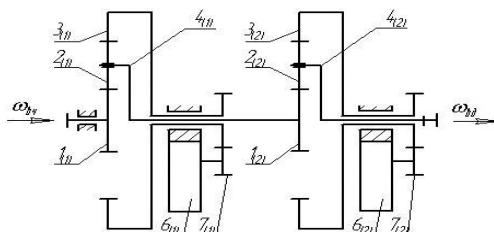


Рис. 12. Схема двохсхідчастої зубчастої диференціальної передачі із замкнутими гідросистемами

вигляді замкнутої гідросистеми зубчаста диференціальна передача виконується з двох або більше сходинок, з'єднаних між собою.

На рис. 12 подана схема двохсхідчастої диференціальної передачі, в якій водило першої сходинок  $4_{(1)}$  з'єднане з сонячною шестернею  $1_{(2)}$  другої сходинок, а керування швидкістю здійснюється за рахунок зубчастих коліс-епіциклів першої  $3_{(1)}$  і другої  $3_{(2)}$  сходинок за допомогою встановлених на них замкнутих гідросистем  $6_{(1)}$  і  $6_{(2)}$ .

Ведучою ланкою такої двохсхідчастої диференціальної передачі є сонячна шестерня  $1_{(1)}$  першої сходинок, а веденою ланкою — водило  $4_{(2)}$  другої сходинок. Один з багатьох варіантів моделей двохсхідчастої диференціальної передачі з керуванням швидкістю через зубчасті колеса-епіцикли показаний на рис. 13.

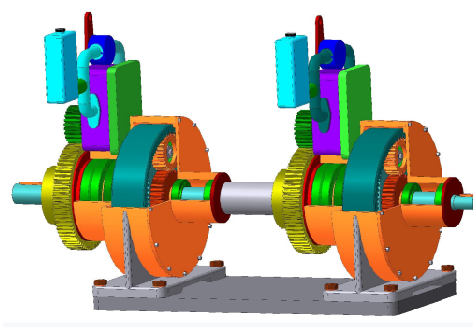


Рис. 13. Модель двохсхідчастої зубчастої диференціальної передачі із замкнутими гідросистемами керування через епіцикли

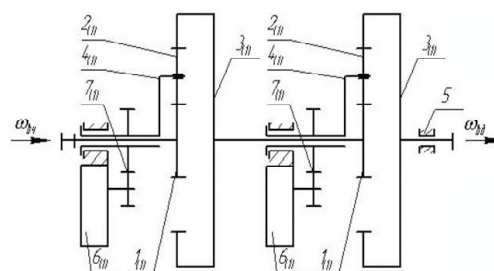


Рис. 14. Схема двохсхідчастої диференціальної передачі з замкнутими гідросистемами

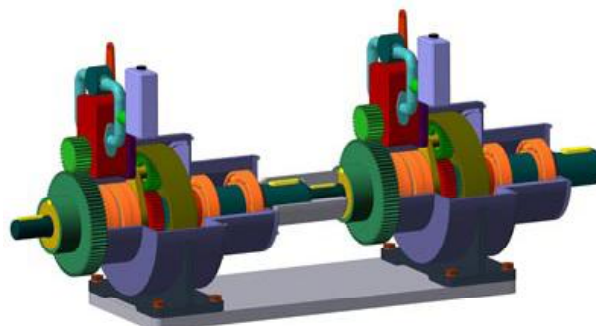


Рис. 15. Модель двохсхідчастої зубчастої диференціальної передачі із замкнутими гідросистемами керування через водило

На рис. 14 показана схема двохсхідчастої диференціальної передачі, в якій зубчасте колесо-епіцикл  $3_{(1)}$  першої сходинок з'єднане з сонячною шестернею  $1_{(2)}$  другої сходинок, а керування швидкістю здійснюється за рахунок водил першої  $4_{(1)}$  та другої  $4_{(2)}$  сходинок за допомогою встановлених на них замкнутих гідросистем  $6_{(1)}$  і  $6_{(2)}$ .

Ведучою ланкою такої двохсхідчастої диференціальної передачі є сонячна шестерня  $1_{(1)}$  першої сходинок, а веденою ланкою – зубчасте колесо-епіцикл  $3_{(2)}$  другої сходинок.

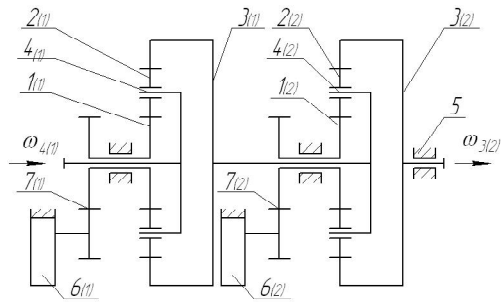


Рис. 16. Схема двохсхідчастої диференціальної передачі з замкнутими гідросистемами

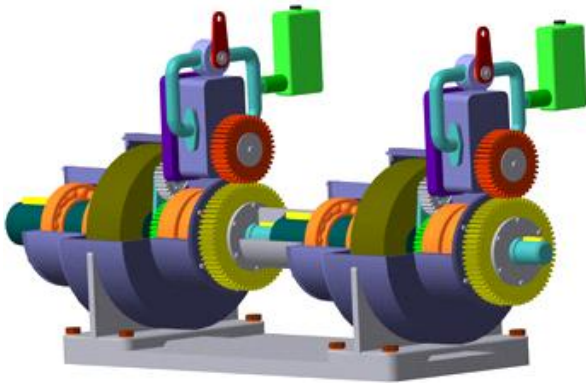


Рис. 17. Модель двохсхідчастої зубчастої диференціальної передачі із замкнутими гідросистемами керування через сонячні зубчасті колеса

Один з можливих варіантів моделей двохсхідчастої диференціальної передачі з керуванням швидкістю через водила показаний на рис. 15.

На рис. 16 показана схема двохсхідчастої диференціальної передачі, в якій зубчасте колесо-епіцикл  $3_{(1)}$  першої сходинки з'єднано з водилом  $4_{(2)}$  другої сходинки, а керування швидкістю здійснюється за рахунок сонячних шестерень першої  $1_{(1)}$  та другої  $2_{(2)}$  сходинок за допомогою встановлених на них замкнутих гідросистем  $6_{(1)}$  і  $6_{(2)}$ .

Ведучою ланкою такої двохсхідчастої диференціальної передачі є водило  $4_{(1)}$  першої сходинки, а веденою ланкою — зубчасте колесо-епіцикл  $3_{(3)}$  другої сходинки.

Один з багатьох можливих варіантів моделей двохсхідчастої диференціальної передачі з керуванням швидкістю через сонячні зубчасті колеса показаний на рис. 17.

**Висновки.** Використання комп'ютерного моделювання при проектуванні диференціальних передач з пристроями для керування швидкістю дає змогу:

- на початковій стадії проектування отримати візуальне уявлення про виріб, оглянути його з будь-якої точки;
- підвищувати точність проектування особливо складних (зібраних) виробів;

— легко редагувати тривимірні моделі, тобто вносити потрібні зміни;

— досягати великої економії часу і витрат на проектування;

— отримати велику кількість можливих варіантів проектних рішень, які потрібно детально та глибоко проаналізувати і вибрати раціональний.

## Література

1. Стрілець О., Стрілець В., Шинкаренко І. Керування змінами швидкості за допомогою зубчастої диференціальної передачі // *Машинознавство*. – 2007. – № 6 (120). – С. 38–41.
2. Стрілець О.Р. Моделі пристроїв для плавного керування змінами швидкості // *Вісник НУВГП*. – Рівне: НУВГП, 2007. Вип. 4 (40). – С. 37–43.
3. Зубчастий диференціал з пристроєм для керування змінами швидкості / Стрілець В.М., Ріло І.П., Стрілець О.Р.: Деклараційний патент України на корисну модель № 7328 від 15.06.2005. – Бюл. № 6.
4. Зубчастий диференціал з пристроєм для керування змінами швидкості / Стрілець В.М., Ріло І.П., Шинкаренко І.Т., Стрілець О.Р.: Патент України на корисну модель № 18514 від 15.11.2006. – Бюл. № 11.
5. Зубчастий диференціал з пристроєм для керування змінами швидкості / Стрілець О.Р., Стрілець В.М., Шинкаренко І.Т.: Патент України на корисну модель № 18587 від 15.11.2006. – Бюл. № 11.
6. Зубчастий диференціал з пристроєм для керування змінами швидкості / Стрілець О.Р.: Патент України на корисну модель № 25335 від 10.08.2007. – Бюл. № 8.
7. Вантажоупорний зупинник / Стрілець О.Р., Стрілець В.М.: Патент України на корисну модель № 28463 від 10.12.2007. – Бюл. № 20.
8. Планетарна коробка швидкостей / Стрілець О.Р.: Патент України на корисну модель № 28489 від 10.12.2007. – Бюл. № 20.
9. Кидрук М.И. Компас – 3D V9. Учебный курс. – СПб.: Питер, 2007. – 496 с.

Отримана 30.09.08

O. Strilets

**Computer designing of the deferential gears with the device for speed management.**

*National university of water management and natural resources application, Rivne*

*Outlines constructing in the computer system Kompas-3D .of three-dimensional models gear shift differential device in the form of closed hydraulic for a smooth change management speed. It concludes that the use of modeling in designing of engineering constructions permits to increase the number of possible options for design decisions that must be thoroughly and deeply analyzed and choose rational.*