

УДК 621.833

**О. Гурик, канд. техн. наук.; Л. Данильченко, канд. техн. наук.;  
Р. Івасечко**

*Тернопільський державний технічний університет імені Івана  
Пулюя*

## **ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЙ СПЕЦІАЛЬНИХ ЧЕРВ'ЯЧНИХ ПЕРЕДАЧ**

*Розроблено новий клас спеціальних модифікованих черв'ячних передач, які можуть використовуватись у великогабаритних і специфічних конструкціях механізмів різного службового призначення. Систематизовано великий масив патентних документів різних країн світу, розглянуто переваги і недоліки основних схем і на їх основі запропоновано класифікацію черв'ячних передач.*

**Ключові слова:** черв'ячна передача, великогабаритна, класифікація, конструкція.

**O. Huryk, L. Danyl'chenko, R. Ivasechko**

## **FEATURES OF CONSTRUCTIONS OF THE SPECIAL WORM-GEARS**

*The new class of the special modified worm-gears which can be utilized in the великогабаритних and specific constructions of mechanisms of the different official setting is developed. The large array of patent documents of different countries of the world is systematized, advantages and lacks of basic charts are considered on their basis classification of worm-gears is offered.*

**Key words:** worm - gear, great size, classification, construction.

### **Умовні позначення**

$p$  – розрахункове навантаження, Н;  
 $K_K$  - коефіцієнт концентрації навантаження;  
 $K_D$  - коефіцієнт динамічного навантаження;  
 $T$  - крутний момент на черв'яку, Нм;  
 $d_1, d_2$  - відповідно ділильні діаметри черв'яка та колеса, мм;  
 $\gamma$  - кут підйому лінії витка черв'яка, град;  
 $u$  - коефіцієнт форми зуба.

**Постановка проблеми.** Останнім часом у машинобудуванні й інших галузях народного господарства широко використовують модифіковані та удосконалені конструкції черв'ячних передач у випадках, коли ця передача виконує невідповідальну функцію для використання більш прогресивної технології обробки: штампування, навивання, литва і т.д., а також для передачі руху з дуже малими коловими зусиллями і швидкостями. Черв'ячні передачі можуть модифікуватися у випадку надання передачі спеціальних властивостей — збільшення к.к.д., зменшення тертя в зоні контакту зубів, можливість виготовлення зубів колеса з недорогих антифрикційних матеріалів, підвищені вимоги до точності складання, необхідність регулювання і надання спеціальних заходів з інтенсифікації тепловідводу, ремонтпридатності та інше. Тому представлена тема є актуальною і має важливе значення для різних галузей машинобудування.

**Аналіз останніх досліджень.** Останнім часом в патентній літературі багатьох країн світу з'явилася велика кількість модернізованих, удосконалених конструкцій черв'ячних передач, в яких ролики або кульки не просто замінюють зуби зубчатого колеса, а, маючи декілька ступенів вільності, утворюють механізми принципово нової

конструкції, що володіють новими функціями і параметрами [1-5]. Так, в працях А.И. Сандлера [1], С.А. Лагутина [1-3], А.В. Верховского [1], С.В. Долотова [2], А.А. Ковтушенка [3], Ю.Л. Яцина [3], В.Т. Павлище [4], Ю.Д. Первицкого [5] наведені конструкції і методи розрахунку відомих типових черв'ячних передач механізмів і машин, до недоліків яких належить велика вартість їх виготовлення та значна маса. Ці передачі не можна розглядати і класифікувати як звичайні зубчасті передачі, хоч би тому, що у багатьох з них взагалі немає зубчастих коліс, а є тіла обертання з доріжками кочення для кульок або роликів. Все це вимагає подальших досліджень і розробок.

**Мета роботи.** Тому метою даної роботи є розроблення конструкції і технології виготовлення спеціальних черв'ячних передач з мінімальною собівартістю виготовлення і специфічними характеристиками їх роботи, які покращують умови роботи та їх експлуатацію.

Робота виконується згідно з координаційним планом Комітету з питань науки і техніки Міністерства освіти і науки України з розвитку «Високоєфективні технологічні процеси в машинобудуванні» на 2005-2009 роки.

**Реалізація роботи.** Традиційні черв'ячні передачі в порівнянні з іншими передачами [1, 3] мають велике передавальне число, плавність і малошумність роботи, підвищену кінематичну точність. Перевагами цих передач, в порівнянні з гвинтовими зубчастими, в тому, що початковий контакт ланок відбувається по лінії, а не в точці. Кут схрещування валів черв'яка і черв'ячного колеса може бути яким завгодно, але зазвичай він рівний  $90^\circ$ . На відміну від косозубого колеса вінець черв'ячного колеса має увігнуту форму, що сприяє деякому обляганню черв'яка і відповідно збільшенню довжини контактної лінії. Аналіз спеціальних черв'ячних передач дозволяє згрупувати механізми за певними ознаками. Так, наприклад, черв'як, який викликає відносно переміщення колеса, доцільно групувати як за формою тіла черв'яка, так і за формою гвинтової та бічної поверхні, а також за кількістю тіл черв'яка в контакті, за кількістю заходів, за конструктивним виконанням тощо. Крім того, перебір всіх можливих варіантів виконання або ознак, узятих за основу класифікації, виявив можливості побудови нових механізмів. Природно, що класифікація не претендує на повноту і закінченість, проте вона дає новий погляд на цілий ряд механізмів, що існують в даний час, що дозволяє виявити певні закономірності.

Схема запропонованої класифікації наведена на рисунку 1. Першою класифікаційною ознакою є службове призначення передачі.

**Згідно зі службовим призначенням** черв'ячні передачі можна поділити на кінематичні і силові.

Кінематичні передачі використовують у різних механізмах, ділительних ланцюгах, автомобілях, піднімально-транспортних машинах, зуборізних й інших металоріжучих верстатах для досягнення високої точності відносного повороту.

У кінематичних передачах високої точності на відміну від силових у ряді випадків передбачається регулювання точності відносного положення черв'яка і колеса.

Силові черв'ячні передачі застосовують в різноманітних редукторах, коробках швидкостей і механізмах для передачі крутного моменту при великому передавальному відношенні.

**За конструктивним виконанням передачі** можна поділити на відкриті та закриті у відповідності до сфери застосування та умов експлуатації.

**За способом передачі руху** між черв'яком та колесом поділяють на кочення та ковзання.

**За способом контакту черв'яка з колесом-** радіальний і торцевий.

**За розташуванням осей колеса і черв'яка** бувають- мимобіжно – перпендикулярні і мимобіжні.

**За кількістю передач в роботі** можна поділити на одно та двох.

Можна також поділити черв'ячні передачі також і з такою класифікаційною ознакою, як конструкція черв'яка.

**За кількістю черв'яків в контакті**, бувають конструкції черв'ячних передач з одним черв'яком, двома, вісьма (револьверного типу) тощо.

**За кількістю заходів черв'яка** бувають одно-, дво-, трьох- та чотирьохзахідні черв'яки.

**За розміщенням осі черв'яка** можна класифікувати на прямолінійну вісь та криволінійну.

**За формою тіла черв'яка** бувають- циліндричні, глобоїдні, тороїдні, конволютні.

**За формою гвинтової поверхні** можна поділити на архімедову, евольвентну, конволютну, нелінійчасту.

**За формою бічної поверхні** слід класифікувати на архімедову, конволютну, евольвентну, нелінійчасту з поверхнею, утвореною конусом, з увігнутим профілем тощо.

**За конструктивним виконанням тіла черв'яка** бувають жорсткі і гнучкі.

Слід зазначити, що черв'ячні передачі слід також класифікувати і за конструкцією колеса.

**За розміщенням роликів черв'ячного колеса-** радіальне, торцеве.

Матеріалом для виготовлення черв'яків служать сталі 40, 45, 40X і 40XH, які гартують до твердості *HRC 45-60*. Черв'яки із сталі 15, 20, 15X, 20XФ цементують і гартують до твердості *HRC 56-62*. Незагартовані черв'яки з твердістю HB+270 використовуються в ручних або тихохідних передачах.

При розрахунку зубчастого колеса на міцність, розрахункове навантаження визначається за формулою [5]:

$$p_p = pK_k K_D = \frac{1,8M_2 K_k K_D}{d_1 d_2} \quad (1)$$

Черв'ячні передачі працюють плавно і безшумно, при цьому  $K_D$  приймають меншим, ніж для зубчастих. При  $V_2 \leq 3$  м/с  $K_D = 1 \div 1,1$ ;  $V_2, 3$  м/с  $K_D = 1,1 \div 1,2$ .

Розрахунок на згин гвинтової спіралі черв'яка [2]:

$$\sigma_{зг} = \frac{2TK_k K_D \cos \gamma}{m d_2 d_{1y}} \leq [\sigma]_{зг} \quad (2)$$

Нами розроблена черв'ячна передача (рисунок 2) [6], де у вигляді черв'яка використовуємо шнек у вигляді вала 1 і гвинтової спіралі 2 відповідної форми і розмірів. Черв'як встановлено на попередньо зібране черв'ячне колесо 5 так, щоб зазор між його діаметром впадин і роликами 4 черв'ячного колеса був мінімальним. При обертанні черв'яка навколо осі переміщується і колесо 5, виготовлене з двох фланців, що жорстко встановлені на валу 6 і які скручені гвинтами 7.

Черв'ячна передача виконана у вигляді черв'яка 1, який представляє собою привідний вал 2 з привареною до нього гвинтовою поверхнею 3. Поперечний переріз гвинтової поверхні має форму рівнобічної трапеції, аналогічної до поперечного перерізу витка шнека, більша основа якої закріплена до привідного вала із кількістю заходів, наприклад 1...4. Привідний вал 2 своїми вільними кінцями встановлено в опори 4 і 5 з можливістю кругового провертання.

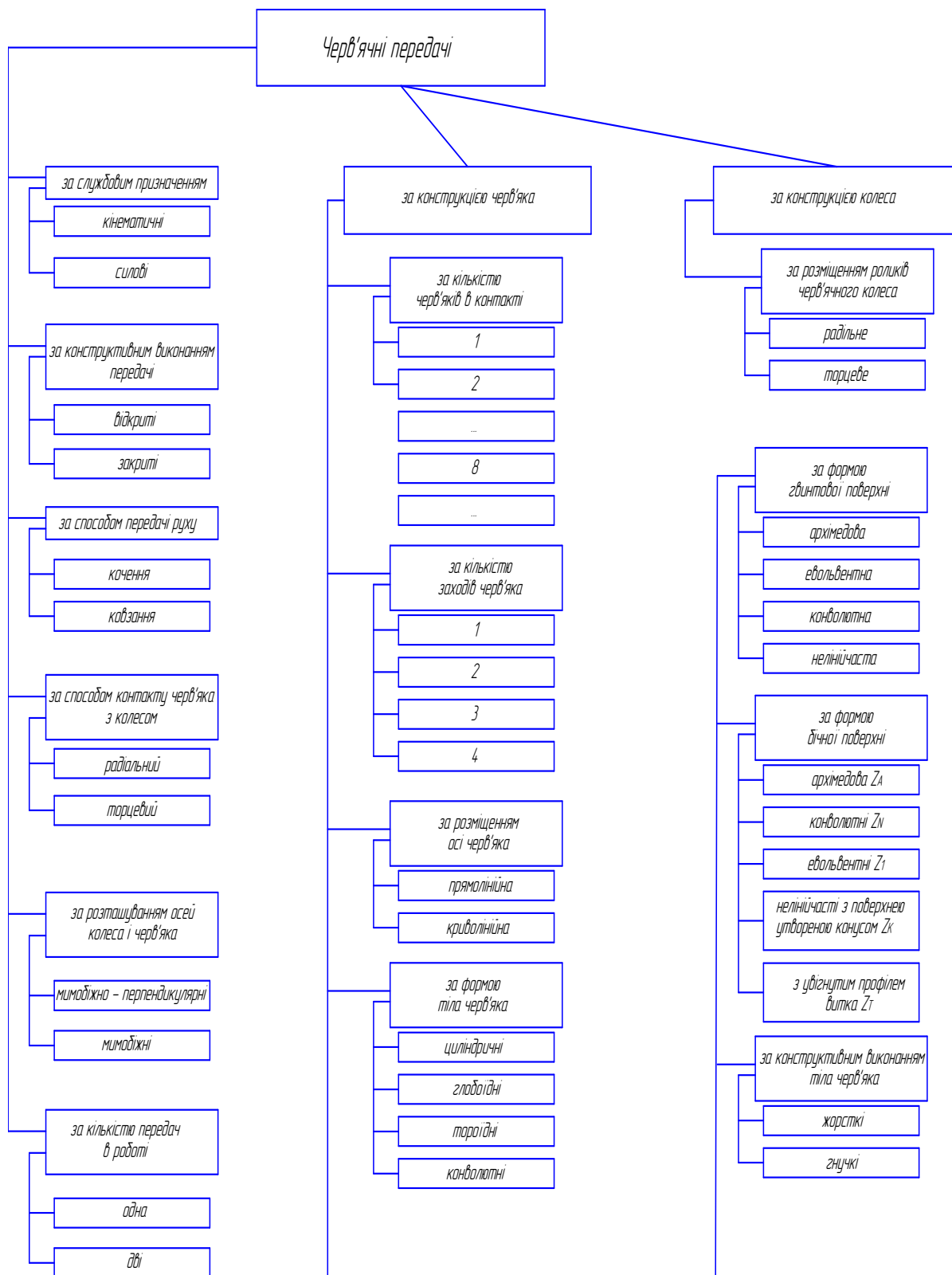
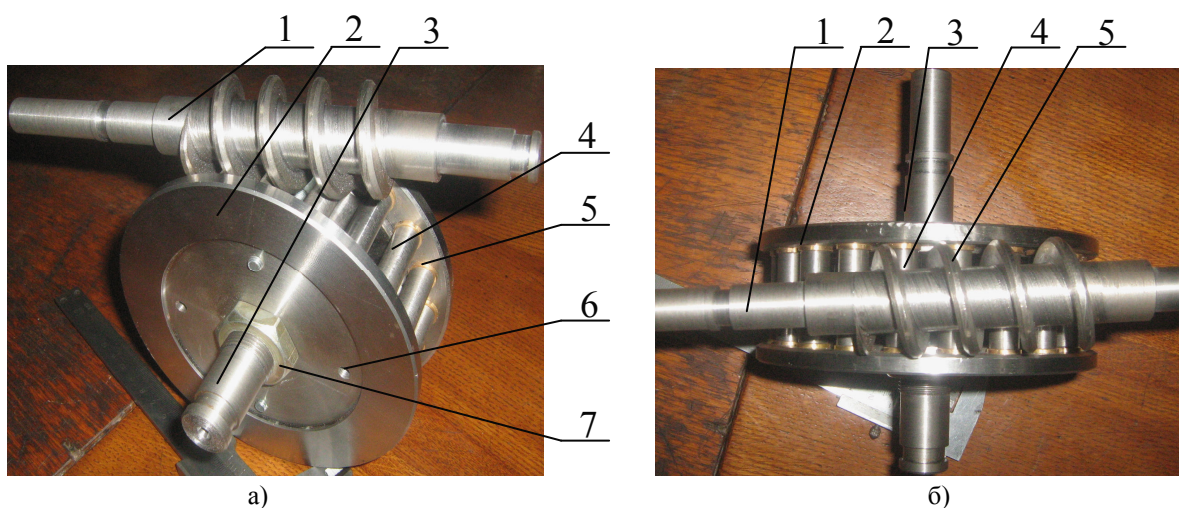


Рисунок 1 - Класифікація черв'ячних передач за конструктивними ознаками



**Рисунок 2** - Загальний вигляд спеціальної черв'ячної передачі

1 – черв'як; 2 – фланець; 3 – ведений вал; 4 – палець; 5 – втулка; 6 – болт; 7 – контрольна гайка

Зубчасте колесо 6 черв'ячної передачі виконано у вигляді двох паралельно встановлених циліндричних фланців 7 і 8 в просторі, між якими рівномірно по периферії кола встановлені циліндричні пальці 9 типу зубів у втулки 10, які є у взаємодії з робочими поверхнями гвинтової поверхні 3 з можливістю кругового провертання. У разі необхідності збільшення плями контакту пальці можуть мати поперечний переріз у вигляді гвинтової поверхні або інший. Крім цього, фланці 7 і 8 жорстко з'єднані між собою болтами 11, які жорстко встановлені на веденому валу 12 з використанням шлиців 13. Між циліндричними фланцями 7 і 8 встановлені розпірні пружини 14, які розпирають фланці 7 і 8. Зубчасте колесо 6 черв'ячної передачі внутрішнім отвором жорстко встановлено на шлиці 13 веденого вала 12 і жорстко кріпиться гайкою 15 з контргайкою 16. Болти 11 стягнуті проволокою 17 через наскрізні отвори 18 в їх головках, для запобігання від прокручування, а кінці проволоки жорстко з'єднані між собою.

Привідний вал 2 по відношенню до веденого вала 12 встановлено під кутом  $\alpha$ , величина якого може змінюватися в залежності від кута підйому гвинтової лінії гвинтової поверхні 1.

Робота черв'ячної передачі здійснюється наступним чином. Обертний рух передається від приводу (на кресленні не показано) на привідний вал 2 і гвинтову поверхню 3 і далі на циліндричні пальці 9, зубчасте колесо 6 черв'ячної передачі.

У результаті досліджень можна зробити наступні висновки.

До переваг передачі належить низька собівартість виготовлення і простота конструкції.

На основі наведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Розроблено нову конструкцію спеціальної черв'ячної передачі, яка має низьку собівартість виготовлення і простоту конструкції і яка може мати практичне використання, як у великогабаритних і спеціальних механізмах і яка захищена патентом України на корисну модель.

2. У результаті експериментальних досліджень встановлено, що представлена конструкція черв'ячної передачі є працездатною і може мати використання у великогабаритних і спеціальних вузлах машин.

#### **Література:**

1. Сандлер А.И., Лагутин С.А., Верховский А.В. Производство червячных передач. Справочник: – М: Машиностроение, 2008. – 272 с.
2. Лагутин С.А., Долотов С.В. Технологический синтез червячных передач с локализованным контактом // Вестник машиностроения. - 2005. № 4. - С. 10 - 14.

3. Ковтушенко А.А., Лагутин С.А., Яцин Ю.Л. Освоение новых видов передач для приводов металлургического оборудования. // Тяжелое машиностроение. - 1993. №1. - С. 18 - 22.
4. Павлице В.Т. Основы конструювання та розрахунок деталей машин. - К.: Вища школа, 1993. - 556 с.
5. Первицкий Ю.Д. Расчет и конструирование точных механизмов. - Л.: Машиностроение, 1976. - 482 с.
6. Декл. пат. на кор. модель №35248 Україна, МПК(2008) F16H1/16, A 01D69/00. Червячна передача / І.Б. Гевко, О.Л. Ляшук, Р.Р. Івасечко, В.О. Дзюра.; заявник і власник патенту ТДТУ. – №200804348; заявл. 07.04.2008; опубл. 10.09.2008, Бюл. №17.

*Одержано 16.04.2009 р.*