

УДК 631.348

Р. Івасечко

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ МОДИФІКОВАНОЇ ВЕЛИКОГАБАРИТНОЇ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ ПЕРЕДАЧІ

**Резюме.** Розроблено методику розрахунку конструктивних параметрів черв'ячної модифікованої передачі з урахуванням покращення ремонтпридатності передаточних елементів, збільшення та покращення контактної міцності, ККД та ін. Виведено аналітичні залежності визначення конструктивних параметрів модифікованих черв'ячних передач. Дано практичні рекомендації щодо вибору конструктивних і кінематичних параметрів.

**Ключові слова:** черв'ячна модифікована передача, конструктивні параметри, геометричні параметри, проектування.

R. Ivasechko

## GROUND OF STRUCTURAL PARAMETERS OF THE MODIFIED LARGEOVERALL WORM-GEAR

**The summary.** The method of calculation of structural parameters of the modified worm-gear is developed, taking into account the improvement of remontoprigradnosti of transmission elements, increase and improvement of contact durability, k.k.d. et al. Analytical dependences of determination of structural parameters of the modified worm-gear transmissions are shown out. Practical recommendations are Given in relation to the choice of structural and kinematics parameters.

**Key words:** modified worm-gear, structural parameters, geometrical parameters, planning.

**Умовні позначення:**

$d_n$  – діаметр пальця (ролика) черв'ячного колеса, мм;

$S$  – товщина перемички витка черв'яка, мм;

$R_2$  – радіус ділильного кола черв'ячного колеса, мм.

**Постановка проблеми.** Класична черв'ячна передача має ряд недоліків, таких, як — значне відносне ковзання зв'язаних елементів — витків черв'яка і зубів колеса. Це викликає посилене тепловиділення, підвищений знос і схильність до заїдання, визначає порівняно низький ККД (в середньому 0,7—0,75 в однозахідній передачі). Важливим фактором є також дороговизна матеріалів, з яких виготовляють вінці черв'ячних коліс. Виготовлення класичних черв'ячних передач вимагає значних затрат часу на механічну обробку. Складність у забезпеченні точності виготовлення сегментів колеса, низька ремонтпридатність, висока чутливість до забруднення і, як наслідок — швидке зношування.

В умовах важкого сільськогосподарського машинобудування та піднімально-транспортних машин виникають високі динамічні навантаження та значні крутні моменти, що призводять до передчасного зношування та руйнування зубів черв'ячних передач, підвищення шуму, зменшення плями контакту, великих габаритів та мас черв'ячних коліс.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питаннями розрахунку черв'ячних передач займалися багато вчених [1-3], проте низка питань є невирішена і потребує подальшої реалізації. Особливо це стосується кінематики черв'ячних модифікованих передач — забезпечення плавності роботи самої передачі, тобто постійності заданого

передаточного відношення і відсутність люфтів, що дозволяє підвищити період експлуатації передачі, а також застосування модифікації, тобто використання різних конструктивних елементів, що дозволяють покращити відповідні параметри.

**Мета роботи** – обґрунтування конструктивних, технологічних та експлуатаційних параметрів й розроблення методики геометричного розрахунку модифікованої великогабаритної черв'ячної передачі (МВЧП). До них відносяться черв'ячні передачі з проміжними тілами ковзання у вигляді пальців у черв'ячному колесі, що підвищують ремонтпридатність передачі, спрощують технологію виготовлення та зменшують витрати коштів на її виготовлення за рахунок застосування звичайних сталей на відміну від дороговартісних бронзи та латуні.

Роботу виконано згідно з постановою Кабінету Міністрів України «Про розвиток сільськогосподарського машинобудування і забезпечення агропромислового комплексу конкурентноздатною технікою» на 2006-2011 роки.

**Реалізація роботи.** Методика розрахунку геометричних параметрів модифікованої черв'ячної передачі розроблена на основі класичної теорії черв'ячних передач [2, 4-9]. У запропонованому варіанті [10] розрахунок був прив'язаний до стандартного числа модуля черв'яка  $m$  та коефіцієнта діаметра  $q$ , проте ряд параметрів видозмінився або повністю став відсутнім. Значення модулів та коефіцієнтів діаметра черв'яка наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Відповідність модулів  $m$  і коефіцієнтів діаметра черв'яка  $q$

$m$ , мм	$q$	$m$ , мм	$q$
2	8; 10; 12; 12,5; 16; 20	5	8; 10; 12,5; 16; 20
2,5		6	9; 10
3	10; 12	6,3	8; 10; 12,5; 14; 16; 20
3,15	8; 10; 12,5; 16; 20	7	12
3,5	10; 12*; 14*	8	8; 10; 12,5; 16; 20
4	8; 9; 10; 12*; 12,5; 16; 20	10	

\* Тільки для числа витків  $z_1=1$

Чим більше навантажена передача, тим більший модуль.

Особливістю виконання даної передачі є те, що розміщення черв'яка відносно колеса має бути зміщеним на кут нахилу гвинтової лінії черв'яка в горизонтальній площині – з метою забезпечення лінійного контакту складових передачі (рисунок 1).

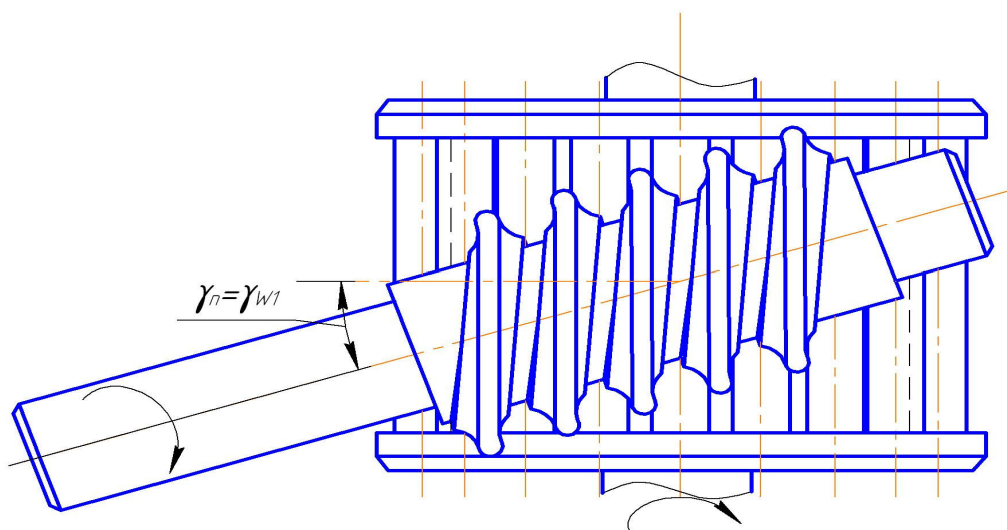


Рисунок 1. Ескіз черв'ячної передачі з відносним розміщенням черв'яка відносно колеса в горизонтальній площині

На рисунку 2 зображено параметри черв'яка та розрахункову схему МВЧП.

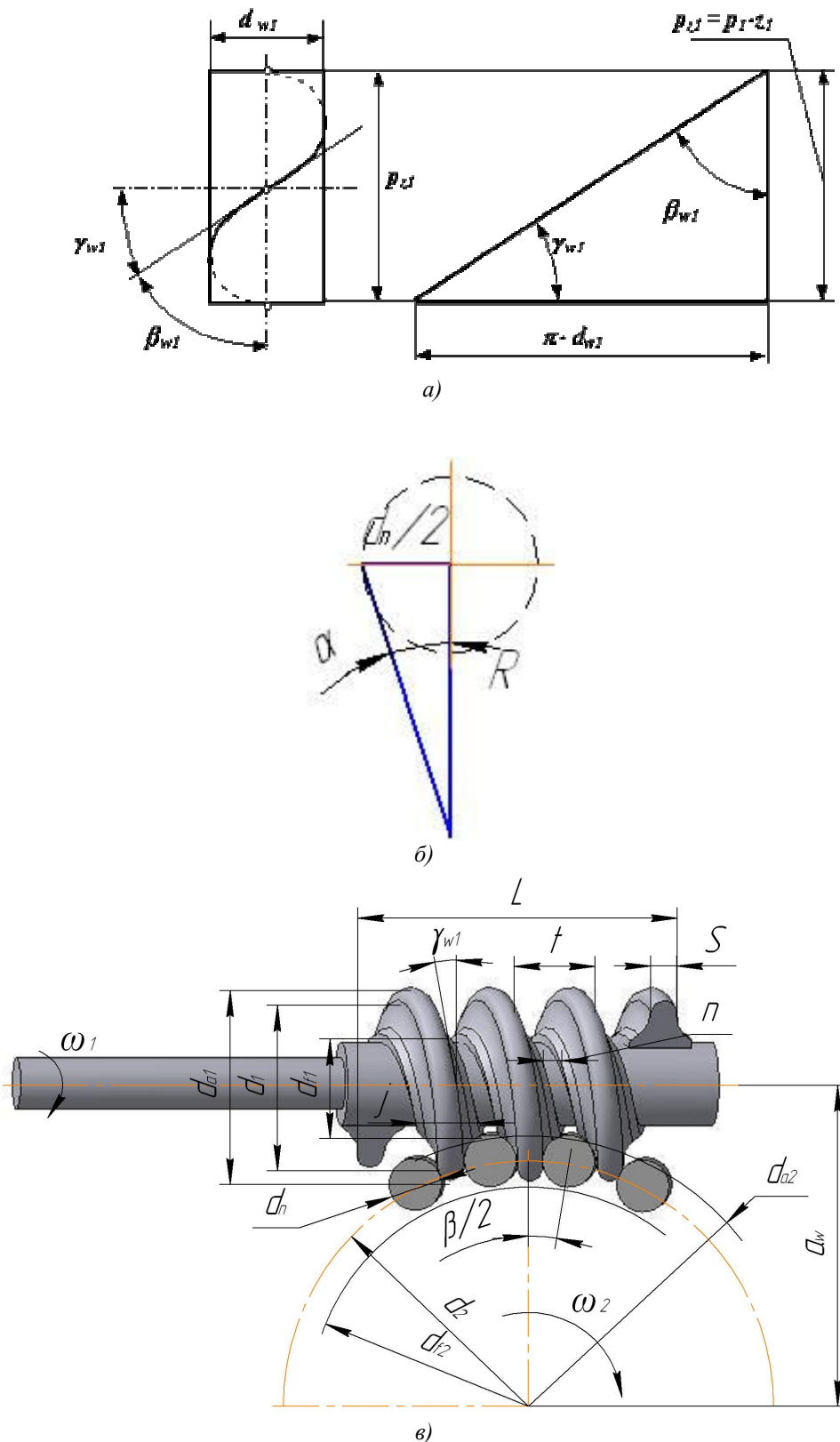


Рисунок 2. Параметри черв'яка а); і розрахункові схеми для визначення параметрів колеса б); МВЧП в)

В таблиці 2 наведено розрахунок геометричних параметрів модифікованої черв'ячної передачі.

Таблиця 2. Розрахунок геометричних параметрів модифікованої черв'ячної передачі

Назва параметра		Позначення	Розрахункова формула
1 Кількість пальців (роликів) черв'ячного колеса		$z_2$	$z_2 = \frac{2\pi R_2}{d_n + S} = \frac{D_2}{m}$ Заокруглюється до найближчого цілого числа. Після вибору $Z_2$ дільний діаметр кола перераховується
2. Модуль		$m$	$m = \frac{d_n + S}{\pi}$ Заокруглюється до найближчого цілого числа
3 Коефіцієнт зміщення черв'яка		$X$	$0 \leq x \leq 1$ Зміщення осей дільних діаметрів черв'яка і колеса, для даного випадку $x=0$
4 Передаточне число		$u$	$u = \frac{z_2}{z_1}, \text{ оскільки } z_1=1, \text{ то } u = z_2 = \frac{2\pi R_2}{d_n + S} = \frac{D_2}{m}$
5. Крок		$t$	$t = \pi m = d_n + S$
6. Хід витка черв'яка		$t_x$	$t_x = \pi m z_1 = d_n + S$
7. Коефіцієнт діаметра черв'яка		$q$	$q = \frac{d_1}{m} = \frac{\pi d_1}{d_n + S}$
8. Межцентрова відстань, мм		$a_w$	$a_w = \frac{1}{2} m (z_2 + q + 2x), \text{ оскільки } x=0, \text{ то } a_w = \frac{1}{2} m (z_2 + q)$
9. Кут підйому		$\gamma_{w1}$	$\operatorname{tg} \gamma = \frac{z_1}{q} = \frac{1}{q}$
10. Кут взаємного розміщення пальців		$2\beta$	$2\beta = \frac{2\pi}{z_2}$
11 Дільний діаметр, мм	Черв'яка	$d_1$	$d_1 = qm = q \frac{d_n + S}{\pi}$
	Черв'ячного колеса	$d_2$	$d_2 = z_2 m = \frac{d_n + S}{\pi} z_2$
12 Висота витка черв'яка, мм		$h$	$h = \frac{d_n}{2} + 0,75S + (3 \dots 7),$ при $n=0$ $h=h_1$
13. Висота головки витка черв'яка, мм		$h_1$	$h_1 = \frac{d_n}{2} + 0,75S$
14. Діаметр вершин, мм	Витків черв'яка	$d_{a1}$	$d_{a1} = d_1 + 1,5S$
	Зубів черв'ячного колеса	$d_{a2}$	$d_{a2} = d_2 + \frac{d_n}{2}$
15. Товщина витка черв'яка		$j$	$j = d_n$
16. Номінальний діаметр впадин черв'яка		$d_{f1}$	$d_{f1} = d_1 - d_n = 2a_w - d_{a2}$ при умові, що $n=0$
17. Ширина вінця черв'ячного колеса		$b$	$b = \frac{0,75d_{a1}}{\cos \gamma_{w1}},$ при $z_1=1$
18. Довжина нарізаної частини черв'яка при $x=0$		$L$	При $z_1=1$ $L = 2d_2 \cdot \sin\left(\operatorname{arctg}\left(\frac{d_n}{d_2}\right) + \frac{2\pi}{z_2}\right) + 2S + 0,8d_n$ або $L = 2Z_2 \cdot m \cdot \sin\left[\operatorname{arctg}\left(\frac{m\pi - S}{z_2 m}\right) + \frac{2\pi}{z_2}\right] + 2S + 0,8(m\pi - S)$

Довжину нарізаної частини черв'яка приймаємо такою, що дорівнює сумі довжини хорди ділального кола колеса за умови зачеплення трьох пальців колеса, товщини перемичок та стандартного числа.

$$d_n / 2R_2 = \operatorname{tg} \alpha \quad L = 4R_2 \cdot \sin(\alpha + \beta) = 4R_2 \cdot \sin\left(\operatorname{arctg}\left(\frac{d_n}{2R_2}\right) + \frac{2\pi}{z_2}\right),$$

$$L = 2d_2 \cdot \sin\left(\operatorname{arctg}\left(\frac{d_n}{d_2}\right) + \frac{2\pi}{z_2}\right).$$

Загальна довжина нарізаної частини черв'яка

$$L = 2d_2 \cdot \sin\left(\operatorname{arctg}\left(\frac{d_n}{d_2}\right) + \frac{2\pi}{z_2}\right) + 2S + 0,8d_n$$

або, виразивши через модуль

$$d_n = m\pi - S,$$

$$L = 2Z_2 \cdot m \cdot \sin\left[\operatorname{arctg}\left(\frac{m\pi - S}{z_2 m}\right) + \frac{2\pi}{z_2}\right] + 2S + 0,8(m\pi - S).$$

Як показали експериментально-дослідні роботи проектування МВЧП для уточнення ряду параметрів, пов'язаних з роботою піднімально-транспортних машин, потрібно ще проводити експериментальні дослідження для визначення раціональних конструктивних і кінематичних параметрів.

**Висновки** Розроблено методику геометричного розрахунку черв'ячної модифікованої передачі з урахуванням умови постійності передаточного відношення і відсутністю люфтів. Застосування пальців у черв'ячному колесі (балка на двох опорах) дозволяє передавати більші навантаження в порівнянні з класичною черв'ячною передачею. Застосування пальців зменшує тертя, підвищує ККД. Ролики компенсують вплив похибок на динамічну активність зубчастого зачеплення.

#### Література

1. Гудов Е.А. Специальные червячные передачи в приводах прокатного оборудования / Е.А. Гудов // МЕТАЛЛУРГИЯ XXI века. Сборник трудов 2-й международной конференции молодых специалистов. – М.: ВНИИМЕТМАШ, 2006. – С. 196–204.
2. Сандлер А.И. Производство червячных передач / Сандлер А.И., Лагутин С.А., Верховский А.В. – М.: Машиностроение, 2008. – 271 с.
3. Часовников Л. Д. Передачи зацеплением (зубчатые и червячные) / Часовников Л. Д. Изд. 2-е, переработанное и дополненное. – М.: Машиностроение, 1969. – 486 с.
4. Передачи зубчатые. Общие термины, определения и обозначения: ГОСТ 16530-83. – [Чинний від 1984-01-01]. – М.: Минэнерго, 1983. – 40 с.
5. Передачи червячные цилиндрические. Расчет геометрических параметров: ГОСТ 19650-97. – [Чинний від 1997-04-23]. – ИПК: Издательство стандартов. – № 2001. – 1997. – 10 с.
6. Передачи червячные цилиндрические. Основные параметры: ГОСТ 2144-76. – [Чинний від 1977-07-01]. – ИПК: Издательство стандартов, 1977. – 3 с.
7. Передачи червячные цилиндрические. Модули и коэффициенты диаметра червяка: ГОСТ 19672-74. – [Чинний від 1976-01-01]. – ИПК: Издательство стандартов, 2009. – 4 с.
8. Передачи червячные цилиндрические. Исходный червяк и исходный производящий червяк: ГОСТ 19036-94. – [Чинний від 1997-01-01]. – ИПК: Издательство стандартов, 1997. – 6 с.
9. Передачи червячные. Термины, определения и обозначения: ГОСТ 18498-89. – [Чинний від 1990-01-01]. – ИПК: Издательство стандартов, 1990. – 86 с.
10. Пат. 35248 Україна, МПК F16H 1/16, A01D 69/00. Черв'ячна передача / Гевко І.Б.; Ляшук О.Л.; Івасечко Р.Р.; Дзюра В.О.; заявник і власник патенту Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя; – № u200804348; заявл. 07.04.08; опубл. 10.09.08, Бюл. № 17.

Отримано 15.11.2010