

## THEORETICAL INVESTIGATION OF MODIFIED WORM GEAR DRIVES<sup>1</sup>

---

### **Rumen Yochev**

Department of Machine Science, Machine Elements, Engineering Graphics and Physics,  
“Angel Kanchev” University of Ruse  
Tel.: +82 888 437  
E-mail: [rimsoft@abv.bg](mailto:rimsoft@abv.bg)

### **Prof. Antoaneta Dobreva, PhD**

Department of Machine Science, Machine Elements, Engineering Graphics and Physics,  
“Angel Kanchev” University of Ruse  
Phone: 00359 887 746 311  
E-mail: [adobreva@uni-ruse.bg](mailto:adobreva@uni-ruse.bg)

**Abstract:** *The paper reviews existing methods of calculation and theoretical analysis of globoid worm gears and modified worm gear trains. Different criteria for geometry and strength calculation and optimization of worm gears with globoid worm and helical involute gear according to different research authors' team have been presented. Some important specific features of the theory of calculation and design of these gears have been emphasized. A methodology for calculation and optimization of these modified gear drives has been created, taking into account their specific characteristics and the potential capability of the Bulgarian industrial enterprises. Conclusions have been deduced.*

**Keywords:** *Globoid Worm gears, Modified Worm Gears, Globoid Worm – Helical Gear Drives, Design methodology, Optimization options.*

## **ВЪВЕДЕНИЕ**

Червячни зъбни предавки се използват в машиностроенето, когато е необходимо осите на валовете да са кръстосани прави (което лежат в успоредни равнини), да се постигне голямо предавателно отношение в една степен и/или когато намалено ниво на шума и вибрациите е от особено значение. В зависимост от основната геометрична форма на тялото, върху което са нарязани навивките на червячния винт, съществуват две основни разновидности: цилиндричен (архимедов) и глобоиден червяк. В представената публикация основния обект на изследване са глобоидно червячните предавки и техните разновидности.

## **ГЛОБОИДНО-ЧЕРВЯЧНИ ПРЕДАВКИ**

Глобоидните червячни предавки притежават товароносимост, която е с около 45 % по-висока от тази – на архимедовите червячни предавки според (Ohendushko, K., 1974). Изработването на глобоидния червяк и на червячното колело е свързано със съществени трудности от технологичен характер. Освен това, монтажът им изисква висока прецизност. Ограниченото използване на глобоидните червячни предавки се дължи и на други съществени причини: промяна на основните геометрични параметри в резултат на износване.

Авторите, които представят основополагащи теоретични постановки относно глобоидно - червячни предавки, са: (Linder, W., 1954), (Bilz, R., 1974) и (Nieman, G. & Jachow, F., 1961).

В техните публикации се посочва, че изработването на тези предавки по известни технологии е свързано с модифициране на работните профили на зъбите, в резултат на което не се възпроизвеждат изчислените по теоретичен път повърхнини.

Тези особености водят до нарастване на механичните загуби в зацепването и до намаляване на товароносимостта на предавката. Различните подходи на модифициране на

---

<sup>1</sup> Докладът е представен на 28 октомври 2021 с оригинално заглавие на български език: ТЕОРЕТИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА МОДИФИЦИРАНИ ЧЕРВЯЧНИ ПРЕДАВКИ

глобоидните предавки разширяват до известна степен областта на приложението на тези задмижвания.

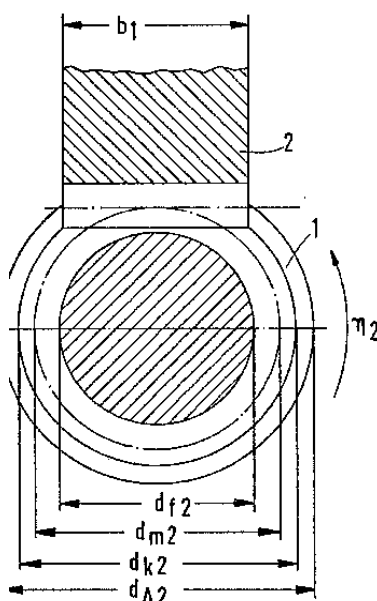
В тази теоретична област, представители на научната общност разработват различни подходи за подобряване основните характеристики на глобоидните предавки.

Според авторите (Nieman, G. & Jachow, F., 1961), за постигане на поставената цел да се разшири областта на приложението на тези предавки, могат да бъдат прилагани следните методи: Изследване и оптимизиране чрез многовариантно проектиране на геометрията, износването и товаросимостта на глобоидната предавка; Определяне на всички възможни решения за вграждане на глобоидната предавка за дадено междуосово разстояние; Геометрично и якостно определяне на качеството на зацепване на дадена предавка; Изследване на изменението на специфичното и относително плъзгане за различни конструктивни варианти.

Основната цел на представеното изследването в тази публикация е свързана с подобряване на методите за проектиране и изчисляване на специфичен вид модифицирани глобоидно-червячни предавки.

### МОДИФИЦИРАНИ ГЛОБОИДНО-ЧЕРВЯЧНИ ПРЕДАВКИ

Съществен напредък в развитието на теорията на модифицирани червячни предавки от типа: глобоидни предавки с цилиндрично колело представлява теорията на (Jarchow, F. & Predki, W., 1984), описана в Европейския патент: 84101318.8.



Фиг. 1. Основни геометрични параметри на модифицирана червячна предавка според (Jarchow, F. & Predki, W, 1984)

Патентът се отнася за червячни предавки, които се състоят от цилиндрично колело с наклонени зъби и глобоиден червяк. Патентът извежда изключително важни аналитични зависимости, които са предпоставки за определяне на оптимална геометрия на зацепването.

На Фиг. 1 са показани основните размери на модифицирана червячна предавка с глобоиден червяк и цилиндрично зъбно колело с наклонени зъби. Индекс 1 се отнася за цилиндричното зъбно колело, а индекс 2 - за глобоидния червяк.

Посочени са:  $n_2$  - обороти;  $b_1$  – ширина на колелото;  $a$  – междуосово разстояние;  $d_{f2}$  - диаметър на петовата окръжност на глобоидния червяк;  $d_{m2}$  - среден диаметър;  $d_{k2}$  - диаметър на върховата окръжност;  $d_{A2}$  - външен диаметър.

Изобретението се основава на задачата за определяне на аналитични зависимости относно оптималната геометрия в зацепването. Целта е постигната чрез дефиниране на ъгъла на наклона на зъбите на цилиндричното колело с помощта на аналитична зависимост, отчитаща влиянието на броя ходове на червяка, на броя на зъбите на цилиндричното зъбно колело, на междуосово разстояние и на модула на цилиндричното колело в нормално сечение.

В патента се извеждат зависимости за оптимизирани червячни предавки по критериите: минимални контактни напрежение и добра височина на смазочния слой: за модула в нормално сечение на цилиндричното зъбно колело в зависимост от междуосовото разстояние и за средния диаметър на глобоидния червяк в средното сечение на червяка в зависимост от междуосовото разстояние и от модула в нормално сечение на цилиндричното зъбно колело.

Втората основна изведена зависимост се отнася за модула в нормално сечение на цилиндричното зъбно колело като функция на междуосовото разстояние и броя ходове на червяка и за средния диаметър на глобоидния червяк в средното сечение на червяка в зависимост от междуосовото разстояние и от броя ходове на червяка по критериите: минимални контактни напрежения и висок коефициент на полезно действие в зацепването.

Според патента, оптимизираната зъбна предавка достига по-добри параметри по критериите: контактна якост, износване и по-висок коефициент на полезно действие в зацепването.

Авторският екип и учени от Русенския университет представят свои основни постижения в областта на модифицирани червячни предавки от типа: глобоидни предавки с цилиндрично колело в следните публикации: (Dobrev, V. 1999), (Dimitrov, I., Dobрева, A. & Dobrev, V., 1996), Dobрева, A. & Dobrev, V. (1995), (Dobрева, A., 1994).

В (Dimitrov, I., Dobрева, A. & Dobrev, V., 1996), авторският екип предлага нова методика за изчисляване на допустимата маса на износване с отчитане на допустимото износване на страничните повърхнини на червяка, стойността на средния делителен диаметър на червяка, плътността на материала на червяка, средния ъгъл на наклона на навивките на червяка и на модула на зъбната двойка.

Описаната методика се базира на иновативния подход при определяне на четирите радиуси на кривина между зъбните профили на зъбното колело с наклонени зъби и профилите на глобоидния червяк, представен подробно в (Dobрева, A., 1994). На основата на двуравнинна апроксимация се определя приведенният радиус, който представлява основен параметър в изчисленията на контактното напрежение.

## **СЪЗДАВАНЕ НА ПОДОБРЕНА МЕТОДИКА ЗА ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА МОДИФИЦИРАНИ ГЛОБОИДНО-ЧЕРВЯЧНИ ПРЕДАВКИ**

На основание на извършения теоретичен анализ, авторският колектив предлага следната подобрена методика за изчисляване на модифицирани глобоидно-червячни предавки:

1. Създаване на оптимизационни процедури за прецизно изчисляване на всички геометрични параметри на модифицирани червячни предавки от типа: глобоидни предавки с цилиндрично колело, които да включват и определянето на геометричните граници на приложение (блокиращи контури) на тези предавки при гарантирана липса на интерференция.

2. Допълване на оптимизационните методи за подобряване на трибологичните и якостни параметри на тези предавки в рамките на възможните геометричните граници на тяхното съществуване.

4. Уточнено изследване на групите критерии, които оказват най-съществено влияние върху коефициента на полезно действие на глобоидни предавки с цилиндрично колело, включващи геометричните, кинематични и якостни параметри на тези задвижвания.

5. Реализиране на сравнителен анализ на основа на следния относителен показател: изходящ момент спрямо единица маса.

Последният етап предполага дефинирането на характеристика за оценяване на оптимизираните глободно червячни предавки, чрез което става възможно да се определи тяхната технико-икономическа конкурентоспособност.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представеното изследване включва задълбочен теоретичен анализ на глободно – червячни и модифицирани червячни предавки, което дава възможност да се направят следните изводи:

1. Разгледани са предимствата на теорията на модифицирани червячни предавки от типа: глободни предавки с цилиндрично колело.

2. Описани са подробно някои съществени особености при изчисляването на изчисляването на геометрични, якостни и експлоатационни параметри на модифицирани червячни предавки от типа: глободни предавки с цилиндрично колело.

3. Посочени са нови възможности за осъществяване на оптимизационни процедури в разглежданата теоретична област.

4. Създадена е подобрена методика за изчисляване на модифицирани глободно-червячни предавки.

### REFERENCES

Kotler, P., Haider, D. H., & Rein, I. (1993). *Marketing places: Attracting investment, industry and tourism to cities, states and nations*. New York: The Free Press.

Bilz, R. (1974). *Hocheistung – Stirnrad – Globoidschneckengetriebe*. Diss TU Dresden.

Dimitrov, I, Dobрева, A. & Добрев, V. (1996). *Investigation of globoid-cylindrical gears*. Machine Building Journal, Sofia.

Dobrev, V. (1999). *Modular-based algorithm for calculating worm gears*. Scientific works of University of Ruse, Vol. 37 (5), Ruse, 281-286.

Dobрева, A. & Добрев, V. (1995). *Innovative friction coefficient for globoid – cylindrical gear trains*. Scientific conference, Yambol, 22-25.

Dobrewa, A. (Dobрева, A). (1994). *Geometry and Efficiency of Globoidal Worm - Helical Gear Drives*. Proceedings of the 1994 International Gearing Conference, Newcastle, UK, 324-327.

Jarchow, F. & Predki, W. (1984). *Stirnrad-Globoid-Schneckentriebe*. European Patent Office. Anmeldenummer: 84101318.8.

Linder, W. (1954). *Zahnraden*, Zweiter Band, Springer – Verlag, 99 pages.

Nieman, G. & Jachow, F. (1961). *Versuche an Stirnrad Cloboid – Scheckengetriben*, VDI – Z, Bd.103 (3), 209-208.

Ohendushko, K. (1974). *Gears*. Sofia, Technika, 369 pages