

КИНЕМАТИЧЕН ПРЕГЛЕД НА ПЛАНЕТНИ ПРЕДАВКИ С ДВЕ ЗЪБНИ КОЛЕЛА

доц. д-р инж. Радостин Долчинков
Бургаски свободен университет

KINEMATIC REVIEW OF PLANET GEARS WITH TWO WHEELS

Assoc. Prof. Eng. Radostin Dolchinkov, PhD
Burgas Free Universiti

Анотация: Планетната предавка с две коела е най-елементарната от диференциалните предавки, но при реализирането ѝ трябва да се има предвид, че въртенето на планетното колело около оста му трябва да се предава едновременно с отклоняващото му движение около съосната на централното колело изходяща ос. Трябва да се осигури неподвижността му спрямо оста на въртене към някаква неподвижна част на носещата конструкция. Необходимо е да се намери начин да се изпълни това изискване, без да се нарушава процеса на движение. Това става в най-общия случай чрез балансиращи елементи.

Ключови думи: планетна предавка, ос на въртене

Abstract: The planet gear with two wheels is the simplest one of the differential gears, but in its realization it should be considered that the rotation of the wheel around its axis should be transmitted simultaneously with the deviating movement around the output shaft that is parallel to the central wheel. Its immobility should be secured of the rotation axis to a fixed part of the construction. It is necessary to find a way to fulfill this condition, without violating the movement process. This happens in the most general case through balancing elements.

Key words: planet gear, rotation axis

Увод

Има два класа планетни предавки със слънчеви коела:

1. С неподвижно централно колело;
2. С подвижно централно колело и неподвижни планетни коела.

Основата е диференциален механизъм от фиг.1. Механизмите от фиг. 1 а и б, съдържат равнинни коела и са равнинни, докато от фиг. 1 с и d те са пространствени сферични.

За предавка с две степени на свобода се постига едно определено движение, чрез едно водещо звено и определена кинематична връзка. Това може да се реализира чрез застопоряване на централното колело или застопоряване на планетното колело.

Ще се разгледат планетни предавки с неподвижно централно колело и планетни предавки с подвижно централно колело и неподвижно планетно колело.

Планетната предавка с две коела е най-елементарната от диференциалните предавки, но при реализирането ѝ трябва да се има предвид, че въртенето на планетното колело около оста му трябва да се предава едновременно с отклоняващото му дви-

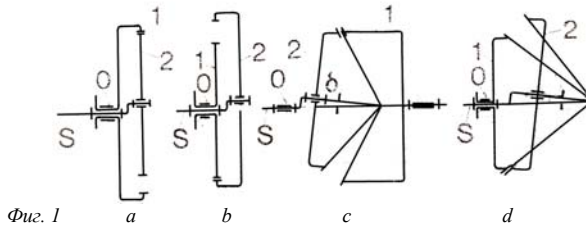
жение около съосната на централното колело изходяща ос и, че трябва да се осигури неподвижността му спрямо оста на въртене към някаква неподвижна част на носещата конструкция /корпус, неподвижни фланци, краища на вала и т.н./ също по време на отклоняващото /завъртвящо, наклоняващо/ движение.

Трябва да се намери начин и да се изпълни това изискване, без да се нарушава процеса на движение. Това става в най-общия случай чрез балансиращи елементи, като колян вал, кардан или чрез твърди или еластични балансиращи съединители на основата на същия кинематичен принцип, съединители, чийто принцип отчасти се използва в обикновеното машиностроене за балансиране на ексцентрични или несъосни валове.

Планетни предавки с неподвижно централно колело

Чрез застопоряването на централното колело 1, фиг. 1, планетното колело 2 извършва две въртеливи движения:

1. около собствената си ос.
2. около оста на централното колело



Фиг. 1

За $w_{10}=0$, следва за предавателното отношение

$$i_{s2} = -Z_2 / (Z_1 - Z_2) \quad /1/$$

Големи предавателни отношения се достигат с големи стойности на z_2 и малки разлики $/z_1 - z_2/$.

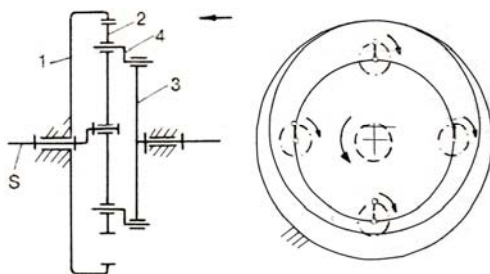
За най-благоприятния случай $(z_1 - z_2) = 1$ получаваме за абсолютна стойност на $|i'_{s2}| = z_2$

Тъй като планетното и централното колела не са на една ос, при което планетното колело не е съосно с изходящия вал, движението трябва да се предаде от планетното колело на задвижвания вал посредством кинематичен съединител и по-точно при цилиндричните зъбни колела – чрез съединител с радиално балансиране, фиг. 1a и b, а при сферичните зъбни колела – чрез радиално ъглово балансиране с големина $\delta = 3^0$ до 5^0 , фиг. 1c и d.

А. Цилиндрични зъбни предавки

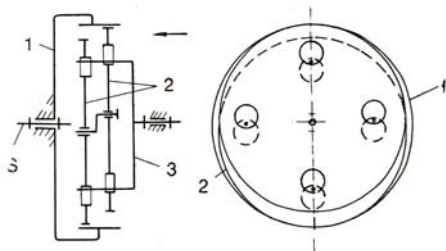
Балансиране с колян вал или с палелограм с колян вал

В планетната предавка /фиг. 2/ за радиално балансиране се използват кривошипни /колянни валове/ 4, при което планетно колело 2, колянният вал 4 и пръстенът 3 представляват движещ се паралелограм.

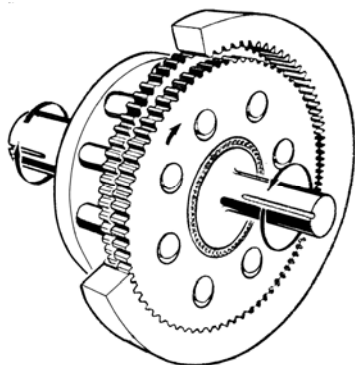


Фиг. 2

Практически механизмът от фиг. 2 се замества от механизъм с по-висши двоинци съгласно фиг. 3а и 3б.

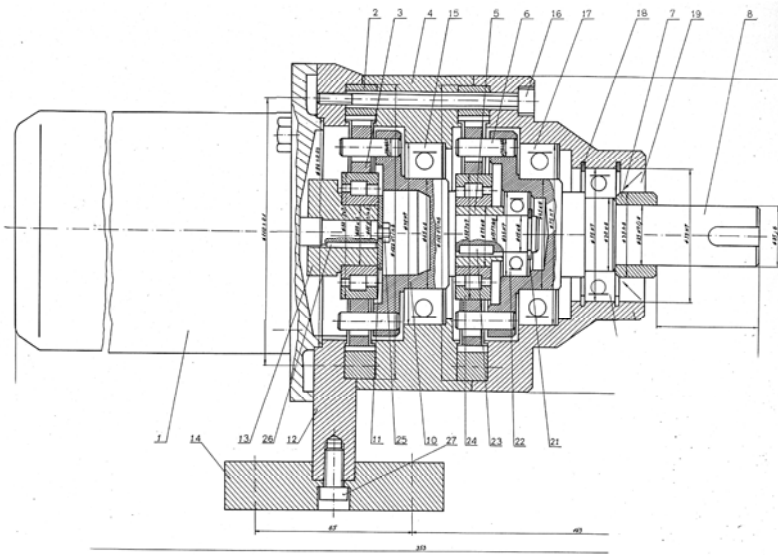


Фиг. 3а



Фиг. 3б

Конструктивните подробности на планетната предавка по схема от фиг. 3а и б са показани на фиг. 4.

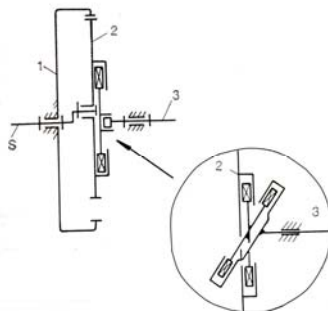


Фиг. 4

За обезпечаване на динамичното равновесие на водещия вал се използват две планетни колела, които са разположени на диаметрално противостоящи ексцентрици на втулка 13 и се задвижват с неподвижното колело с вътрешни зъби 2. Въртеливото движение на планетното колело се предава на изходящия вал чрез щифтовете 6. За намаляване на триенето между щифтовете и планетните колела се използват втулки.

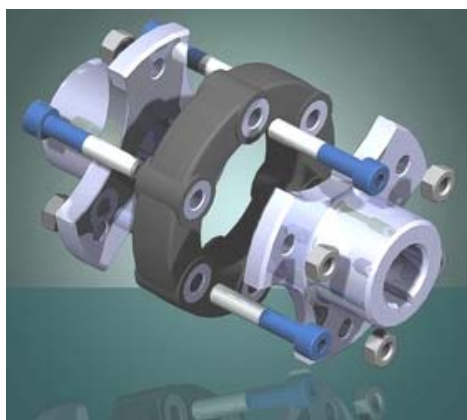
Балансиране чрез съединител на Олдхам

Друго кинематично решение на планетна предавка с две колела е показано на фиг. 5. Тук въртенето на планетното колело 2 се предава на вал 3 чрез известния съединител на Олдхам.



Фиг. 5

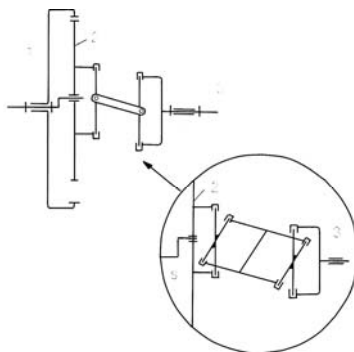
Съблюдава се конструктивното изпълнение съобразно фиг. 6. Въртенето на планетното колело 2 се предава на задвижвания вал чрез съединител на Грийни, т.е конструктивна модификация на съединителя на Олдхам за намаляване загубите от триене. Съединителят на Грийн, фиг. 6, се състои от неподвижно свързана с планетното колело плоча, от шифт и втулка, от междинен детайл и рамо на задвижвания вал със съответен шифт. Динамичното балансиране на масата на планетните колела 2 се осъществява чрез противовтежест. Предавки от описания вид се произвеждат от фирмата Вариацио-Щратлайн със следните технически данни: $i=20$ до 100; входяща мощност на двигателя до 3 kW при 750 U/min, входящи обороти между 750 и 2900 U/min с въртящ момент от 4,6 до 7,5 mkr.



Фиг. 6

Балансиране чрез съединител с двоен кардан /Тракта-шарнир/

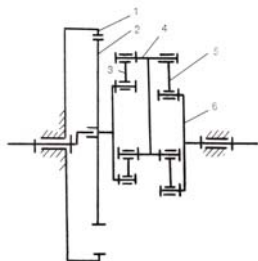
Според конструкцията на фиг. 7 въртенето се предава от планетното колело на задвижвания вал чрез двоен карданов механизъм респективно тракта-шарнир.



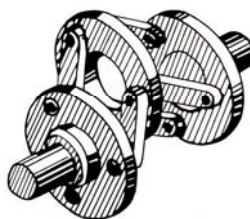
Фиг. 7

Балансиращ съединител по Шмидт

Фиг. 8 показва схемата на нова планетна предавка с 2 колела, при която предаването на въртене се осъществява чрез съединител на Шмидт. Конструкцията и функцията му се виждат от фиг. 9. В сравнение със съединителя на Олдхам респективно с модификацията му – съединител на Грийн, съединителят на Шмидт има предимството на динамична балансирана междинна шайба, която в този случай извършва само въртливо движение около оста си. Тъй като тя позволява радиално балансиране в по-големи граници, съединителят на Шмидт се използва при различни размери на водилото. Той се оказва удобен и за изработка на различни големина на предавката с различни размери.



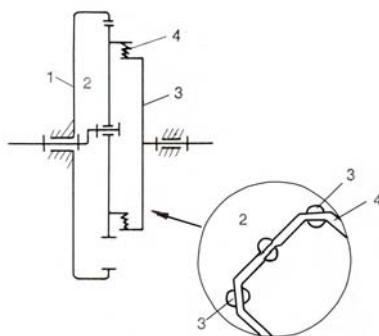
Фиг. 8



Фиг. 9

Балансиране посредством еластични съединители с елементи от гума

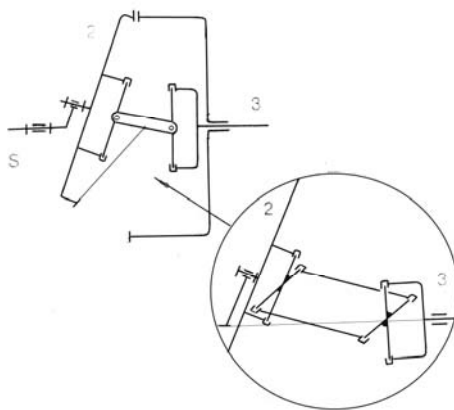
Предавката от фиг. 10, е подходяща главно за предаване на малки мощности. Планетното колело 2 и задвижваният вал 3 са свързани помежду си на много места с гумения пръстен 4. Но при променящо се натоварване наличието на еластични части не осигурява точно предавателно отношение.



Фиг. 10

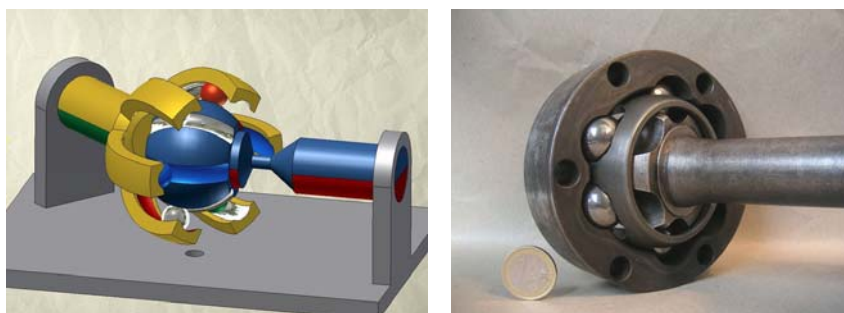
Б/ Сферични зъбни предавки

Предаката от фиг. 11 с неподвижно централно колело е сферична предавка според фиг. 1с и 1d. Предаването на въртеливото движение става с помощта на двойно карданов механизъм, наречен – Tracta Gelenk



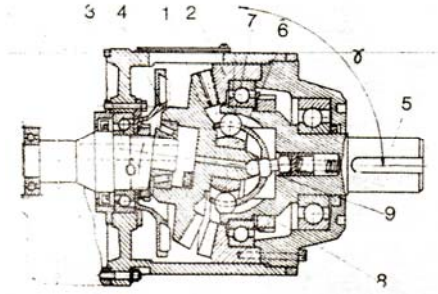
Фиг. 11

На фиг. 13 е реализирана конструкцията на моторна планетна предавка с две колела и Rzeppa – Kuplung – фиг. 12.



Фиг. 12. Rzeppa -Kuplung

Планетното колело 1 е закрепено върху ексцентрик на входящия вал 3, с ролков лагер. По този начин се гарантира едно нормално движение на планетното колело спрямо сферичното колело. Въртенето на сферичните колела се осъществява чрез Rzeppa –Kuplung връзка върху задвижвания вал. Сферите са закрепени в касети. За да се постигне балансирано състояние на системата от вал 3 и сферичното планетно колело 1, е необходимо да се направи аксиален отвор във вала 3.



Фиг. 13

Планетни предавки с подвижно централно колело и неподвижно планетно колело

В този случай ъгловата скорост е $w_{20}=0$, т.е. планетното колело се свързва неподвижно с оста на слънчевото колело. Централното колело има ъглова скорост w_{10} около собствената си ос. При цилиндричната предавка планетното колело извършва кръгообразно транслационно движение около оста на централното колело, при конусната предавка – въртене около две перпендикулярни към оста на централното колело оси. При предавки с неподвижно планетно колело $w_{20}=0$ се получава от уравнение /1/ следното предавателно отношение:

$$i_{s1}^2 = Z_1 / (Z_1 - Z_2) \quad /2/$$

От формулата се вижда, че големи предавателни отношения се получават при големи z_1 и малки разлики $z_1 - z_2$.

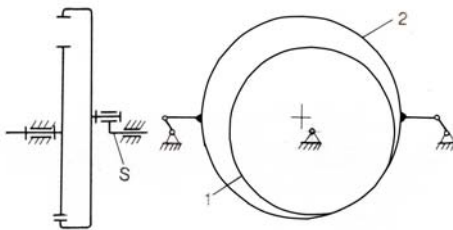
От сравнението между уравнение /1/ и /2/ става ясно, че при еднаква посока на движение на задвижващата част S спрямо задвижваната част възникват различни посоки на въртене, и по-точно при неподвижно планетно колело – в една посока със задвижващия вал и при неподвижно централно колело – в противоположна посока.

За застопоряването на планетното колело съществуват няколко възможности.

В най-общия случай описаните системи за поемане на въртливото движение на планетното колело се използват и за неговото застопоряване: изходящия вал на планетното колело се свързва с неподвижния корпус на предавката.

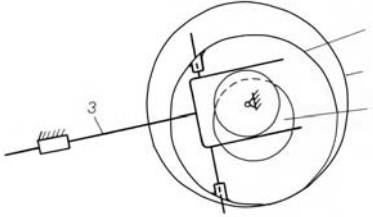
А/ Цилиндрична зъбна предавка

Балансиране чрез паралелограмна верига: Както показва фиг. 14 неподвижността на планетното колело се постига чрез паралелограмна верига.



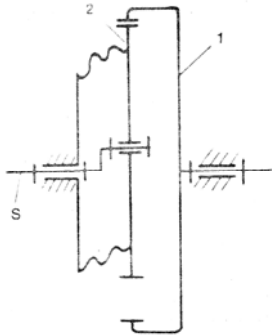
Фиг. 14

Балансиране чрез съединител на Олдхам: фиг. 15 – чрез споменатата модификация на съединителя на Олдхам.



Фиг. 15

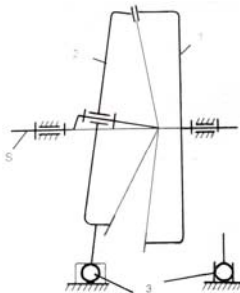
Балансиране чрез еластичен съединител с мех: една изключително компактна конструкция, при която планетното колело се застопорява чрез еластичен на огъване метален мех, фиг. 16, една система, която се прилага както при предавки със цилиндрично зацепване, така и при сферично зацепване.



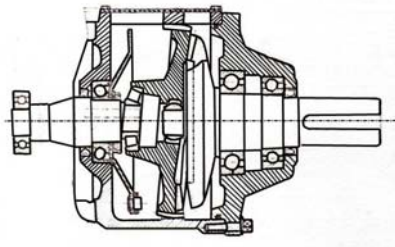
Фиг. 16

Б/ Сферична зъбна предавка

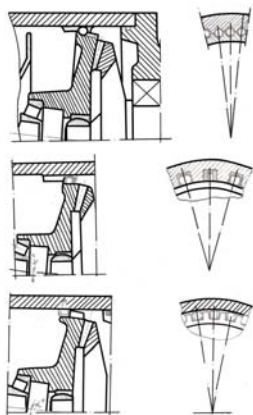
Конструктивни варианти за застопоряване на планетното колело са показани на фиг. 17 – фиг. 23.



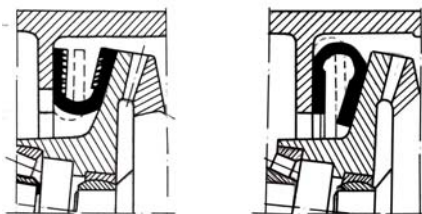
Фиг. 17



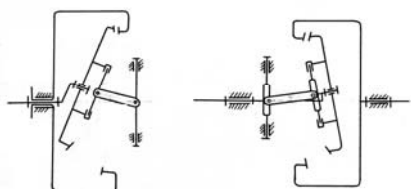
Фиг. 18



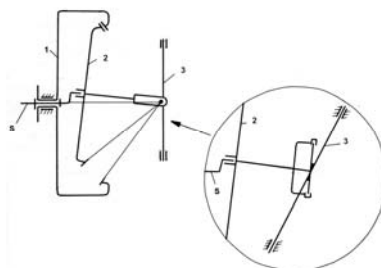
Фиг. 19



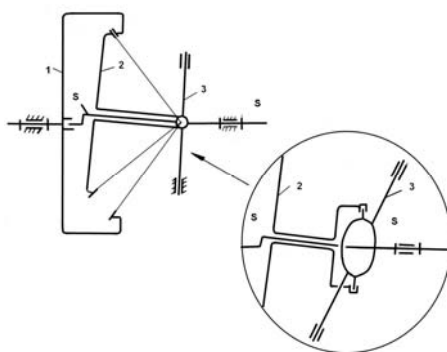
Фиг. 20



Фиг. 21



Фиг. 22



Фиг. 23

Заклучение:

Планетната предавка с две коела представлява рационално решение за предавка с големи предавателни отношения. $i=20$ до 200 . При правилен избор на балансиращи елементи се получават малки размери и добър КПД. Те се препоръчват за големи мощности.

Литература:

1. Кудрявцев В.Н. и др., Планетарные передачи – справочник, Л., Машиностроение, 1977
2. Сигов И. В., Исследование планетарно-цевочного редуктора, Сб. „Передачи в машиностроения”, под редакция на И. Аргоболевски, Машгиз, 1951
3. Сигов И. В., Планетарные редукторы зарубежных фирм, „Вестник машиностроения”, №4, 1963, стр. 81-86.
4. Сигов И. В., „Планетарные редукторы”, Техника, Киев, 1964.
5. Sumitomo., Machinery corporation of America., Catalog 2001-Speed Reducers and Gearmotors №04.301.50.008.

За контакти:

Доц. д-р Радостин Симеонов Долчинков
Бургаски свободен университет
Тел.: 056/ 900-533
e-mail: rado@bfu.bg