

## ПЛАНЕТАРНЫЙ РЕДУКТОР НОВОГО ТИПА



В механизме уборки шасси самолета Фокке-Вульф 190А применен планетарный редуктор оригинальной конструкции, состоящий из двух одноступенчатых планетарных передач, соединенных последовательно. Обе планетарные передачи изготовлены с применением циклоидального цевочного зацепления.

Общий вид редуктора показан на фиг. 1. Первая передача состоит из одного центрального неподвижного цевочного колеса 4 и пары сателлитовых шестерен 5. Движение от электромотора 1 передается посредством фрикционной муфты на вал 6 с эксцентриковой втулкой 3, которая снабжена двумя канавками для шариковых подшипников 7. Эти канавки эксцентричны по отношению к центру втулки. Центры окружностей канавок расположены на одной прямой и смещены от центра вала 6 на 0,5 мм.

Центральное неподвижное цевочное колесо 4 снабжено цевками 8, на которые для уменьшения трения одеты ролики 9. Длина роликов равна толщине двух сателлитовых шестерен.

При вращении эксцентриковой втулки 3 сидящие на ней шариковые подшипники будут также вращаться (как эксцентрики), а при наличии эксцентриситета совершать колебательное движение. Вследствие этого сателлитовые шестерни, сидящие на подшипниках и упирающиеся своими зубцами (каждая с взаимнопротивоположной стороны) в ролики цевки 8, получают вращательное движение. За полный оборот втулки 3 сателлитовые шестерни 5 повернутся на один зубец.

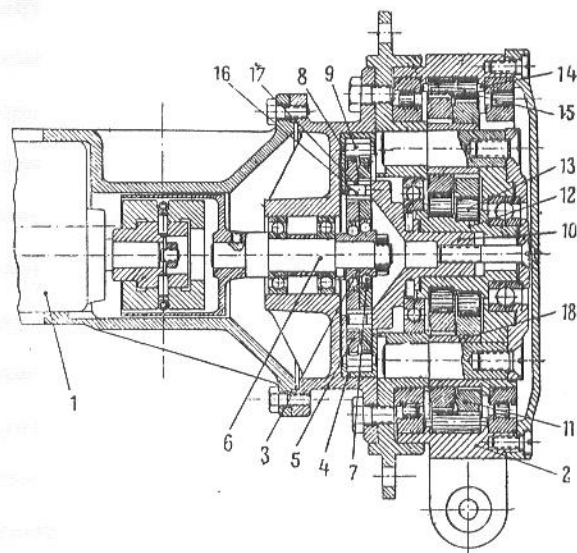
Вторая передача (так же, как и первая) состоит из центрального цевочного колеса 2, фасонного валика-водила 10 и пары сателлитовых шестерен 11. Однако в отличие от первой передачи, где центральное цевочное колесо неподвижное, во второй передаче центральное цевочное колесо является подвижным ведомым звеном.

Водило 10 во второй передаче представляет собой фасонный валик, который с левой стороны имеет шесть пальцев, а с правой стороны на него одета шлицевая втулка 12; эта втулка снабжена двумя канавками для роликовых подшипников 13, которые (так же,

как и в первой передаче) эксцентричны по отношению к центру втулки. На подшипниках 13 установлены две сателлитовые шестерни. Постоянная кинематическая связь между первой и второй передачами осуществляется фасонным валиком-водитилом 10 с шестью пальцами 16, втулками 17 и соответствующими отверстиями в сателлитах 5.

Дальнейшее движение от сателлитов 5 через фасонный валик 10 и эксцентриковую втулку с роликовыми подшипниками 13 передается сателлитам 11, которые не могут вращаться, так как удерживаются пальцами с втулками 18; однако, совершая колебательное движение, они своими зубцами, упираясь в ролики 15, поворачивают цевочное колесо 2.

За полный оборот фасонного валика 10 сателлиты 11 повернут центральное цевочное колесо 2 второй передачи на один зубец.



Фиг. 1

Передаточное число каждой передачи определяется по формуле Виллиса:

$$i = \frac{z_1}{z_1 - z_2},$$

где  $z_1$  — число зубцов сателлита,  
 $z_2$  — число зубцов цевочного колеса.

Передаточное число  $i_1 = 53$  для первой передачи и  $i_2 = 59$  для второй передачи; общее передаточное число редуктора

$$i_{ред} = 3127.$$

Из рассмотрения профиля зубцов зацепления (фиг. 2) можно видеть, что в любом положении сателлита последний касается цевок цевочного колеса одновременно не одним зубцом, а несколькими. Таким образом, в отличие от нормального цевочного зацепления, где продолжительность зацепления  $k$  колеблется от 1,4 до 2, рассматриваемая передача имеет продолжительность зацепления  $k = \frac{z_2}{4}$ .

Для обеспечения такой продолжительности зацепления профиль зубцов сателлитов имеет необычную форму.

В основу профиля зубцов сателлитовых шестерен рассматриваемой передачи положена удлиненная гипоциклоида (фиг. 3), образованная катанием окружности с радиусом  $a$  по неподвижной окружности с радиусом  $b$ .

Пусть анализируемая точка принадлежит окружности  $a$  и находится на расстоянии  $L = R_2$  от ее центра. Уравнения, согласно которым можно построить профиль зубцов по координатам  $\xi$  и  $\eta$  точки  $\mu$ , имеют следующий вид:

$$\xi = x + \frac{Ry'}{\sqrt{x'^2 + y'^2}},$$

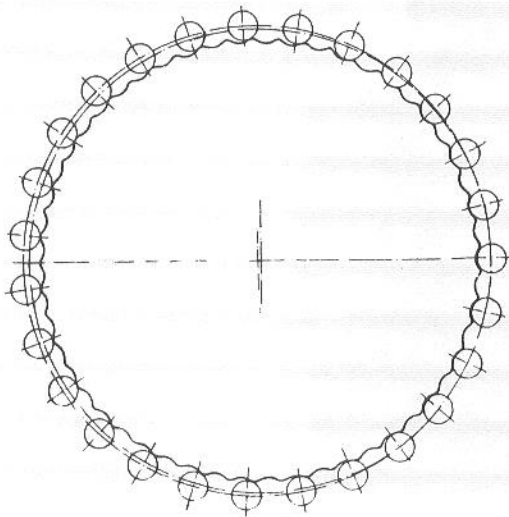
$$\eta = y + \frac{Rx'}{-\sqrt{x'^2 + y'^2}},$$

где  $x$  и  $y$  — координаты удлиненной гипоциклоиды  $P_0FE$ ,

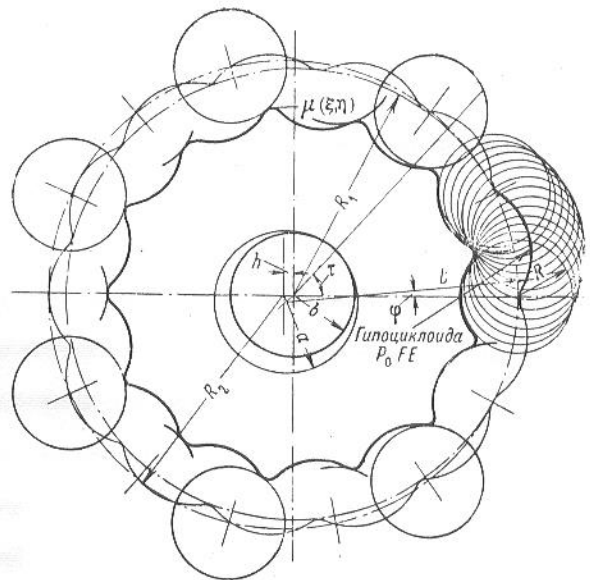
$x'$  и  $y'$  — первые производные  $x$  и  $y$  по параметру угла  $\tau$ ,

$R$  — радиус цевки.

Координаты  $x$  и  $y$  определяются из уравнения гипоциклоиды:



Фиг. 2



Фиг. 3

$$x = -(a-b) \cos \tau + L \cos \frac{a-b}{a} \tau,$$

$$y = -(a-b) \sin \tau + L \sin \frac{a-b}{a} \tau.$$

Окружности радиусов  $a$  и  $b$  для исследуемого профиля связаны зависимостью:

$$b = hz_1 \quad \text{и} \quad a = b + h,$$

где  $h$  равно эксцентриситету водила.

При изготовлении зубцов сателлита профиль последних может быть получен способом обкатывания на обыкновенном фрезерном станке, снабженном специальным приспособлением.

Это приспособление состоит из станины и вращающегося диска, к которому прикрепляется обрабатываемый сателлит.

Станина оборудована неподвижным диском (фиг. 4), внешний контур которого снабжен зубцами и имеет по начальной окружности размер, равный  $2b$ .

Вращающийся диск имеет отверстие с зубцами, диаметр по начальной окружности которого равен  $2a$ .

Закрепляя заготовку сателлита на подвижном диске и обкатывая последний вокруг вращающейся фрезы, диаметр которой равен диаметру цевки  $D$ , получим зуб сателлита требуемой формы.

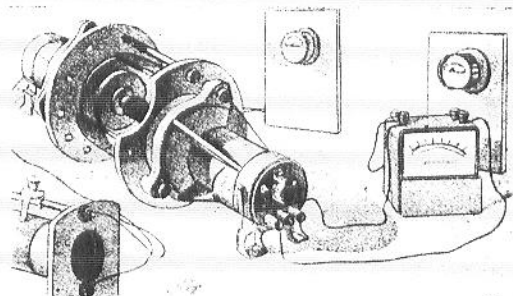
Центр фрезы располагается от центра подвижной окружности на расстоянии, равном  $R_2 = L$ .

Предварительные данные экспериментального исследования редуктора показали, что планетарная передача данного типа имеет повышенный коэффициент полезного действия. Исследование к. п. д. первой части редуктора

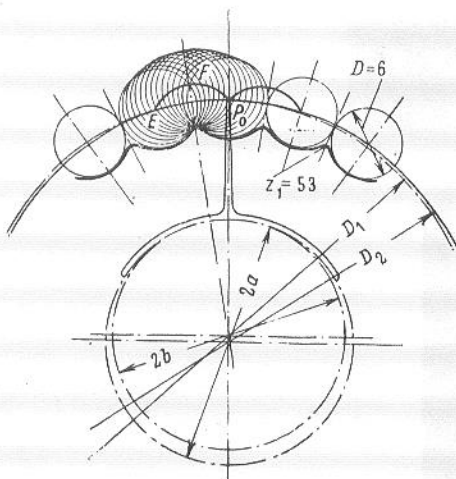
производилось на электроустановке (фиг. 5). Для определения к. п. д. редуктора был использован известный метод испытания двух спаренных электромашин и двух редукторов.

При подсчете к. п. д. редуктора не учитывалась погрешность, вызываемая тем, что один редуктор является ведомым, а другой ведущим. Но так как ошибка не велика (~1%), то ею можно пренебречь.

При первом опыте с редукторами (фиг. 6, сверху) определялась сила тока  $J_{дв}$ , которой



Фиг. 5



Фиг. 4

при номинальном режиме, по рабочим характеристикам двигателей типа Бош, соответствовал момент  $M_1$  (кг см) на валу двигателя.

При втором опыте без редукторов (фиг. 6, внизу) возбуждение второго двигателя поддерживалось равным возбуждению при номинальном режиме; число оборотов было такое же, как и в первом опыте. Определялась сила тока  $J_{дв}$ , после чего по рабочим характеристикам двигателя типа Бош был найден соответствующий крутящий момент  $M_2$  (кг см) на валу двигателя.

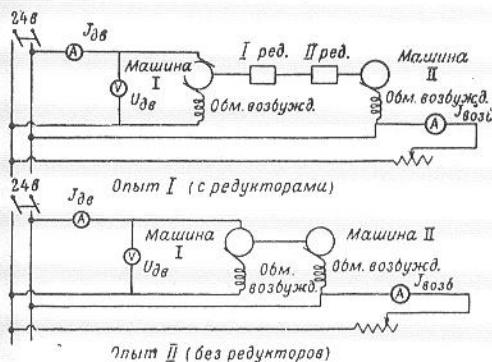
Таким образом, из данных двух опытов, проведенных в идентичных условиях, был определен средний к. п. д. по формуле

$$\eta = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

Предварительные данные испытаний пока-

зали, что первая передача с  $i_1 = 53$  при номинальном режиме электродвигателя имеет средний к. п. д.  $\eta = 0,6$ , в то время как к. п. д. обыкновенного планетарного редуктора при таком же передаточном числе равен  $\eta = 0,3$ .

В рассматриваемом редукторе продолжительность зацепления в несколько раз больше,



Фиг. 6

чем в обычном циклоидальном или эквивалентном зацеплении, что значительно уменьшает нагрузку на зубцы.

Благодаря применению этого зацепления габариты редуктора значительно меньше габаритов редукторов с нормальным зацеплением, в особенности если учесть, что для данного редуктора можно выбрать незначительную величину эксцентриситета.

Последовательное соединение двух отдельных планетарных передач позволило при малых габаритах получить большое передаточное число  $i_{1,ед} = 3127$  и повышенный к. п. д. всего редуктора.