

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОФИЛЯ ЗУБА ПОДВИЖНОЙ ЗВЕЗДОЧКИ В ЦЕПНЫХ МЕХАНИЗМАХ

### RESEARCH OF A GEAR RAMP OF A MOVING TURNSTILE IN CHAIN MECHANISMS

*A.S. ЖДАНОВ, И.А.САГАН, В.А.КОЗЛОВ*  
A.S. ZHDANOV, I.A. SAGAN, V.A. KOZLOV

(Дмитровградский инженерно-технологический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»)  
(Dimitrovgrad Engineering Technological Institute – the branch of National Research Nuclear University “MEPhI”)  
E-mail: diti@mephi.ru, http://diti-mephi.ru

*Работа посвящена определению профиля зуба подвижной звездочки в цепном раскладчике нити. Показана возможность замены звездочки с профилем зуба по эквидистантной эпициклоиде на звездочку, изготовленную стандартным режущим инструментом.*

*The paper is devoted to the definition of a gear ramp of a moving turnstile in a chain traverse motion. The possibility of replacement of the turnstile at equidistant epicycloids with a gear ramp manufactured by a standard cutting tool has been shown.*

**Ключевые слова:** втулочно-роликовая цепь, профиль зуба, угловая скорость, внутреннее цевочное зацепление, геометрическая характеристика звездочки.

**Keywords:** a turnstile, bushing rolling chain, a gear ramp, angular rate, internal chain meshing, geometric characteristic of a turnstile.

При проектировании цепного раскладного механизма [1] встает вопрос определения профиля зуба подвижной звездочки 2 (рис. 1), которая входит в зацепление со вторым рядом втулочно-роликовой цепи 3. Звездочка на переходном участке совершает плоскопараллельное движение. При этом оси координат звездочки остаются параллельными осям  $OX$  и  $OY$  (рис.1). В данном случае не учитывается покачивание ползушки [1].

На рис. 1 (к определению профиля зуба подвижной звездочки) представлены обозначения: 1 – делительная окружность ведущей звездочки; 2 – делительная окружность подвижной звездочки, соединенной с ползушкой нитеводителя; 3 – стандартная двухрядная втулочно-роликовая цепь 2ПВ-9,525-1800, ГОСТ 13568–68.

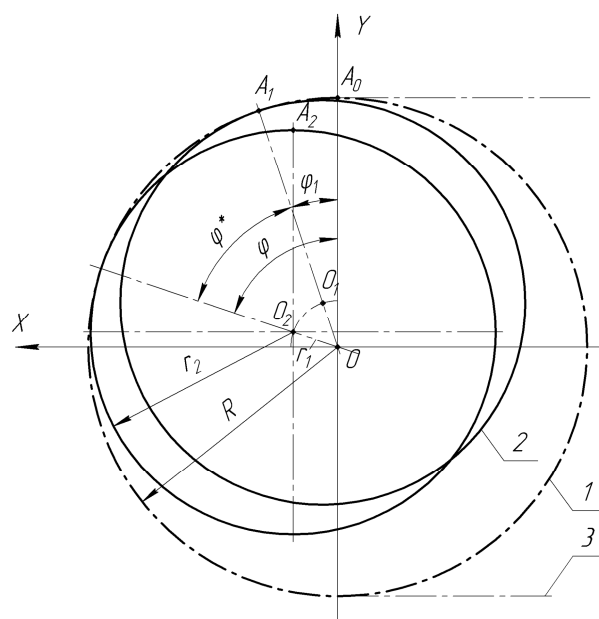


Рис. 1

Линия  $OO_1$ , соединяющая центры окружностей 1 и 2, теоретически представляет собой водило в относительном движении этих окружностей.

Предположим, что окружность 2 и водило закреплены между собой неподвижно. Тогда за определенный промежуток времени  $t$  окружности 1 и 2 повернутся на угол  $\varphi_1$ . Выражение  $\varphi_{1/t} = \omega_1$  является угловой скоростью окружности 1. Так как оси координат звездочки 2 должны оставаться всегда параллельными неподвижным осям  $OX$  и  $OY$ , то за тот же промежуток времени  $t$  звездочка 2 должна совершить дополнительное движение, чтобы линия  $O_1A_1$  вновь стала параллельной оси  $OA_0$  ( $OY$ ). Этим дополнительным движением будет перекатывание окружности 2 по окружности 1 до тех пор, пока  $O_1A_1$  не станет параллельной  $OY_1$ , то есть сольется с линией  $O_2A_2$ .

Так как звездочка 2 совершает плоскопараллельное движение, то все точки звездочки движутся со скоростью  $v$ , где  $v = \omega_1 R$  – скорость цепи.

Угловая скорость водила должна быть равна:

$$\omega_b = \frac{v}{r_1} = \omega_1 \frac{R}{r_1}. \quad (1)$$

Из рис. 1 видно, что

$$\omega_b = \frac{\varphi}{t} = \frac{\varphi_1 + \varphi^*}{t} = \omega_1 + \frac{\varphi^*}{t}, \quad (2)$$

где  $\frac{\varphi^*}{t}$  – приращение угловой скорости водила при перекатывании колеса 2 по неподвижному колесу 1.

Известно, что угол поворота водила ( $\varphi_b$ ) и угол поворота колеса 2 ( $\varphi_2$ ) при не-

подвижном колесе 1 связаны между собой следующим соотношением:

$$\varphi_b = -\varphi_2 i_{b2}, \quad (3)$$

где  $i_{b2}$  – передаточное отношение между колесом и водилом:

$$i_{b2} = \frac{1}{i_{2b}} = \frac{1}{1 - i_{21}} = \frac{1}{1 - \frac{z_1}{z_2}} = \frac{1}{1 - \frac{R}{r_2}}. \quad (4)$$

Угол поворота колеса 2 ( $\varphi_2$ ) в данном случае равен  $\varphi_1$ , а водила  $\varphi_b = \varphi - \varphi_1 = \varphi^*$ . Подставим эти значения в уравнение (3):

$$\varphi^* = -\varphi_1 / \left(1 - \frac{R}{r_2}\right) = \varphi_1 \frac{r_2}{r_1}. \quad (5)$$

Подставив (5) в (2), получим окончательно:

$$\omega_b = \omega_1 + \omega_1 \frac{r_2}{r_1} = \omega_1 \frac{R}{r_1}. \quad (6)$$

Таким образом, окружность 2 вращается вместе с окружностью 1 и при этом обкатывается по ней. Известно, что при перекатывании одной окружности по неподвижной другой точки, лежащие на подвижной окружности, описывают эпициклоиды или гипоциклоиды (в зависимости от взаимного расположения неподвижной и подвижной окружности). Следовательно, подвижная звездочка и цепь при движении на переходном участке образуют внутреннее цевочное зацепление, где цевками служат рамки второго ряда втулочно-роликовой цепи. В данном случае профилем зуба подвижной звездочки является кривая, эквидистантная эпициклоиде, уравнением которой будет следующая система [2]:

$$\begin{aligned} x_1 &= -R \sin(\varphi_1 - \varphi) + (R - r_2) \sin \varphi_1 - r_u \cos(\varphi_1 - \varphi/2), \\ y_1 &= R \cos(\varphi_1 - \varphi) - (R - r_2) \cos \varphi_1 - r_u \sin(\varphi_1 - \varphi/2), \end{aligned} \quad (7)$$

где  $x_1$  и  $y_1$  – координаты профиля зубьев;  $\varphi_1$  – угол поворота подвижной звездочки;  $\varphi$  – угол поворота ведущей звездочки;

$$\varphi = \varphi_1 r_2 / R ;$$

$r_2$  – радиус делительной окружности подвижной звездочки;  $R$  – радиус делительной окружности ведущей звездочки;  $r_{ц}$  – радиус цевки (втулки цепи).

Недостатком цевочного зацепления является сравнительная сложность изготовления колес (звездочек). В связи с этим рассмотрим возможность использования звездочки с профилем зуба выполненным по ГОСТ 591–69. Этот стандарт предусматривает для звездочек с фрезерованными зубьями профиль 2, показанный на рис. 2. При данном профиле впадина для более свободного входа шарниров очерчивается дугой  $r=0,5025D + 0,05$  мм, где  $D$  – диаметр ролика в мм.

Зубья звездочек согласно стандарту, нарезаются дисковой фрезой ГОСТ28281–89 или червячной ГОСТ 15127–83. При  $\lambda < 1,7$ ,  $\lambda$  – геометрическая характеристика звездочки, отношение шага  $t$  к диаметру элемента закрепления  $D$  в нашем случае  $\lambda = \frac{9,525}{6} = 1,587 < 1,7$ ; практический профиль зуба может иметь утонченную головку зуба с допускаемой хордальной высотой [3].

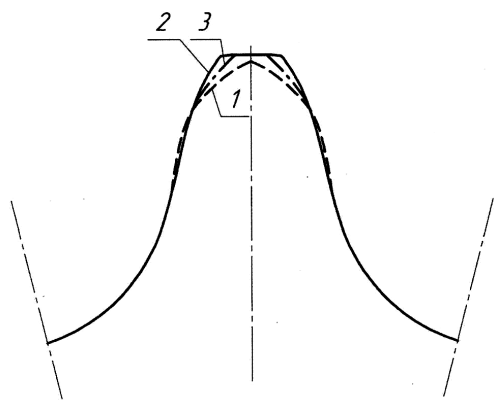


Рис. 2

На рис. 2 (профиль зуба подвижной звездочки) показан профиль зуба: 1 – по эквидистантной эпициклоиде; 2 – по ГОСТ 591–69 (теоретический); 3 – практический профиль зуба, нарезанный дисковой фрезой.

Как видно из рисунка, практический профиль зуба сравнительно мало отличается от профиля, выполненного для цевочного зацепления. Поэтому при определенных условиях (в рассматриваемом механизме подвижная звездочка изготавливается из капрона) возможна замена профиля цевочного зацепления профилем, выполненным по ГОСТ 591–69. Практические испытания, которые проводились при линейной скорости раскладчика 4 м/с и ходе 250 мм, показали хорошую работоспособность механизма с подвижной звездочкой, профиль зубьев которой был выполнен по ГОСТ 591–69 дисковой фрезой.

## ВЫВОДЫ

1. Теоретически доказано, что профилем зуба подвижной звездочки в цепном раскладочном механизме является кривая эквидистантная эпициклоида.
2. Предложена замена подвижной звездочки с цевочным зацеплением на стандартную звездочку, профиль зуба которой выполнен по ГОСТ591, что, не снижая работоспособности механизма, значительно уменьшает себестоимость его изготовления.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Жданов А.С., Толстова О.А., Горшенин А.С. Модернизация цепного раскладчика нити.// Вестник ДИТУД. – Димитровград, 2005, №1. С. 52...56.
2. Литвин Ф.А. Теория зубчатых зацеплений. – М.: Наука, 1969.
3. Готовцев А.А., Столбин Г.Б., Котенок Н.П. Проектирование цепных передач. – М.: Машиностроение, 1973.

Рекомендована кафедрой технологии машиностроения, машин и аппаратов. Поступила 30.03.12.