УДК 621.833

А.Ф. КИРИЧЕНКО, д.т.н.,
А.И.ПАВЛОВ, к.т.н.

ОБ ОШИБКАХ И НЕТОЧНОСТЯХ В ТЕОРИИ ЗАЦЕПЛЕНИЙ

Розглянені відокремі положення та визначення теорії зубчастих зачеплень, в яких автор висловлює свої зауваження та утвердження.

В статье рассмотрены отдельные положения и определения теории зубчатых зацеплений, по которым автор высказывает свои замечания и утверждения.

Теория зубчатых зацеплений, наиболее полно изложенная в монографии Ф.Л.Литвина [1], по мнению авторов, содержит некоторые ошибки и неточности, которые отмечены в работе [2]. Однако некоторые ученые в области зубчатых передач продолжают утверждать, что Ф.Л.Литвин прав и не мог ошибиться.

Цель работы – пояснить и доказать правоту авторов с тем, чтобы в дальнейшем эти вопросы не поднимать.

1.Уравнение Эйлера-Савари. Записано оно в таком виде [1]:

$$\left(\frac{1}{\rho_1 - l} + \frac{1}{\rho_2 + l}\right)\sin\alpha = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \qquad (1)$$

для внешнего зацепления и для внутреннего зацепления

$$\left(\frac{1}{\rho_1 - l} - \frac{1}{\rho_2 - l}\right)\sin\alpha = \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\ , \qquad (2)$$

где ρ_i – радиусы кривизны контактирующих поверхностей; l – полюсное расстояние (от точки контакта до полюса передачи); α – угол зацепления; R_i – радиусы делительных окружностей зубчатых колес.

Рассмотрим рис.1, где зацепление с выпукло-вогнутым контактом представлено построением Бобилье, когда точка контакта совпадает с полюсом передачи. Ведь разность $\rho_i - l$ в знаменателе уравнений (1,2) и есть расстояние от центра кривизны C_1 до полюса передачи W. Положение центра кривизны C_1 определяется либо углом смещения β_1 [2], либо величиной коэффициента разновидности (*k*=*DE*), которые не входят в уравнения (1,2). Следовательно, с учетом углов смещения уравнение связи радиусов кривизн можно записать так:

$$\frac{\sin\beta_1}{\rho_1 - l} - \frac{\sin\beta_2}{\rho_2 - l} = \frac{\cos(\alpha+\beta_1)}{R_1} - \frac{\cos(\alpha-\beta_2)}{R_2},$$

где α – текущий угол зацепления, β_i – углы смещения.

В частном случае, когда коэффициент разновидности $k = \infty$, углы смещения равны углу зацепления, уравнение (3) с учетом знаков радиусов кривизны принимает вид (1,2). Вывод уравнения (3) помещен в работе [2].

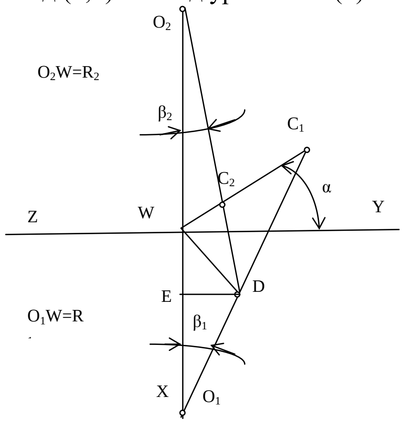

Рис.1

2.Достаточное условие обкатности зацеплений. Оно обеспечивает одновременное контактирование двух или даже трех пар зубьев прямозубой передачи и линейный контакт в косозубой передачах, чего нет в теории, приведенной Ф.Л.Литвином. Поэтому многие ученые, ссылаясь на необходимое условие [1, с. 271], пытались создавать всевозможные зацепления, например, синусоидальное [3], в которых не обеспечивалась обкатность по профилю зубьев. В результате в прямозубых передачах в контакте находилась постоянно одна пара зубьев, что эквивалентно коэффициенту перекрытия ε=1. Такое зацепление не могло быть лучше эвольвентного, даже если в контакте находились выпуклая и вогнутая поверхности. А в косозубой передаче линейный контакт сводился к точечному, что также не является улучшением условий работы зубчатой передачи.

Единственный выход обеспечения обкатности зацепления по профилю зубьев в задании постоянства коэффициента разновидности (k=const), что приводит к дифференциальным уравнениям [2]

$$y'' = \frac{y'(1+y'^2)}{ky'+x}\,; \tag{4}$$

$$z' = \frac{kz+x^2}{x(k+z)} \tag{5}$$

и последующего их решения. Уравнение (5) используется для определения линии плоского зацепления, а уравнение (4) – для построения контура зуба инструментальной рейки. При составлении уравнений (4,5) положено, что начало координат находится в полюсе передачи, ось абсцисс связывает центры вращений, а оси ординат и аппликат перпендикулярны к оси абсцисс и направлены в противоположные стороны.

3. Коэффициент перекрытия тесно связан с достаточным условием обкатности. Если $k = \text{const}$, то коэффициент перекрытия может быть больше единицы. В случае, если зацепление двухстороннее [2], то мгновенный центр скоростей шатуна рычажного механизма, полученного построением Бобилье, может иметь два положения (рис.2).

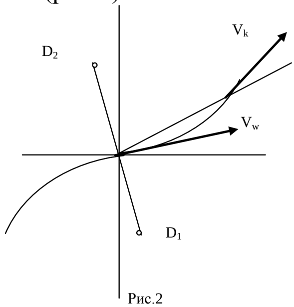

Рис.2

Но при этом величина коэффициента разновидности одинакова, так как только в этом случае выполняется теорема Грассгофа [4] о равенстве проекций скоростей двух точек на прямую, их соединяющую. Этого замечания в теории зубчатых зацеплений нет, потому что нет и условия.

4.Ось зацепления пространственной передачи. Вообще**,** Ф.Л.Литвин относит к пространственным передачам все косозубые передачи. Стандартом [5] уточнено, что к пространственным передачам относятся только такие, у которых оси вращения не лежат в одной плоскости, в противном случае это плоские передачи. И тогда определение оси зацепления соблюдается строго. Для плоских передач (цилиндрических и конических) ось зацепления лежит в плоскости, образованной осями вращений.

Для пространственных передач, к которым можно отнести червячные, винтовые, гипоидные, спироидные и гиперболоидные, предполагалось, что осей зацепления две [1, с.126]. Исходя из определения оси зацепления установлено автором [2], что для пространственной (гиперболоидной) передачи (рис.3) такая ось единственна, проходит через полюс передачи и направлена по плоскости, параллельной осям вращений зубчатых колес под углом β к плоскости, образованной осью с меньшей угловой скоростью и отрезком, отражающим кратчайшее расстояние между осями вращений, величина которого определяется по формуле

$$\beta = \operatorname{arctg} i, \qquad (6)$$

где i – передаточное число.

Выводы. 1.Здесь показано, что для общего случая зацепления уравнение связи радиусов кривизны контактирующих поверхностей имеет

другой вид, чем уравнение Эйлера-Савари. 2.Обоснована необходимость обеспечения обкатности зацеплений по профилю зуба.
3.Установлена связь коэффициента перекрытия с достаточным условием
4.Уточнено понятие оси зацепления для пространственной передачи.

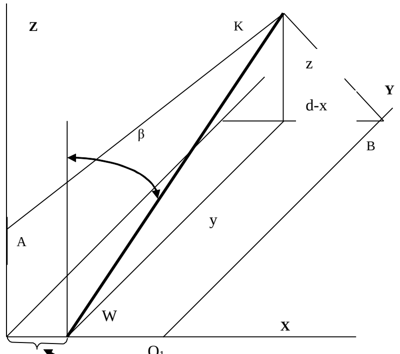

Рис. 3.

Литература. **1**.*Литвин Ф.Л.* Теория зубчатых зацеплений. М.: Наука.-1968.-584с**.** **2**.*Павлов А.И*. Современная теория зубчатых зацеплений. Харьков: ХНАДУ, 2005.-100с. **3**.*Аникин Ю.В.* Синусоидальное зацепление. Изд-во Воронежского университета.- Воронеж.-1975.- 61с. **4.***Кильчевский Н.А.* и др.Основы теоретической механики. Киев, -1968.- 260 с. 5.*ГОСТ 16530-70*. Зубчатые передачи. Термины и определения**.**

Поступила в редакцию 15.05.07