

УНИФИКАЦИЯ В ТЕОРИИ ЗАЦЕПЛЕНИЙ

В роботі розглянуті проблеми позначень та визначень основних термінів теорії зацеплень та запропоновані нові терміни, а також доведено узагальнення побудови будь-яких зацеплень.

В теории зацеплений, наиболее полно изложенной в монографии Ф.Л.Литвина, накопилось много вопросов, связанных с терминологией и определениями. Так, например, большая путаница с определением линии зацепления, контактной линии, углом зацепления, плоскими и пространственными передачами, модулем передачи и другими понятиями и терминами. Это коснулось и стандартов, так как их составители исходили из принятых в литературе определений. Взять хотя бы такие определения, как «плоское зацепление», «линия зацепления винтовых колес», «зацепление октоидное», «теорема пространственных зацеплений» и др. Понятие «плоское зацепление» некорректно, правильно говорить о плоской или пространственной передаче, а зацепление в обоих случаях может быть одним и тем же. Линия зацепления зависит от вида самого зацепления, а не от вида колес. Теорема пространственных зацеплений такая же, как и для плоских зацеплений. И так далее.

Цель данной работы уточнить понятия и определения, чтобы снять смешение и неточности, имеющиеся в технической литературе и тем более в государственных документах (стандартах).

В первую очередь нужно определить понятие самого зацепления. В монографии Ф.Л.Литвина [1] в разных местах даны разные определения или нет никакого определения, как само собой разумеющегося. Читаем на 28 стр.: «рассмотрим плоские зацепления, используемые для передачи движений между параллельными осями...». А что такое зацепление, никакого определения не дается, хотя оно упоминается очень часто. Поэтому начнем с этого определения.

Зацепление – это и процесс контактирования, и закон, по которому происходит это контактирование сопряженных поверхностей. Сопряженными поверхностями (СП) являются такие поверхности, которые в относительном движении будут иметь в точках контакта (касания) общие нормали, при этом никакого внедрения одной поверхности в другую не происходит. Вид зацепления определяется соответствующими уравнениями и не зависит от вида самих колес. Возможны два вида зацеплений: линейное (ЛЗ) и точечное (ТЗ). К линейным зацеплениям относятся эвольвентное, циклоидальное, эволютное и т.д. Примером точечного зацепления относится зацепление Новикова. Если в какой-либо передаче, изготовленной как передаче с эвольвентным зацеплением, по каким-то причинам не происходит линейного контакта, то эта передача является передачей с точечным контактом.

Теперь необходимо перейти к определению типа передачи. Следует различать **передачи** плоские (ППП) и передачи пространственные (ППП). К плоским передачам следует отнести передачи, у которых оси вращения одной передачи лежат в одной плоскости. Это цилиндрические и конические передачи или их комбинация – цилиндро-коническая. Все остальные типы передач, у которых оси скрещиваются, следует отнести к пространственным. Это червячные и гипоидные, винтовые и спироидные, и, конечно, гиперболоидные передачи.

Геометрическим критерием зубчатой передачи является ее **модуль (М)**. В литературе, и даже в стандартах, он именуется как просто модуль, модуль передачи или модуль зацепления. К зацеплению модуль имеет только косвенное отношение. Поэтому целесообразно его называть модулем передачи, потому что от его значения зависят размеры передачи. А уже от размеров передачи зависит рабочий участок линии зацепления.

Следующее понятие – **ось зацепления (ОЗ)**. Четкое определение оси зацепления для плоской передачи дано на стр. 124 [1], а вот для пространственной передачи это понятие усложнено. Будем называть осью зацепления «особым образом расположенную прямую линию, через которую проходят нормали во всех точках линии мгновенного контакта взаимноогibaемых поверхностей». В плоских передачах ось зацепления находится в плоскости, проведенной через оси вращения. Дополним это определение словами: «кратчайшие расстояния от точек на оси зацепления до осей вращения обратно пропорциональны угловым скоростям». Тогда и для пространственной передачи ось зацепления существует и является единственной [2]. Ось зацепления всегда проходит через полюс зацепления – точку, расположенную на межцентровой линии.

Понятие оси зацепления неразрывно связано с понятием плоскости зацепления, ранее не используемого в теории зацепления. Под **плоскостью зацепления (ПЗ)** будем понимать плоскость, проведенную в текущей точке контакта перпендикулярно оси зацепления. Понятие плоскости зацепления позволит рассматривать любую передачу как плоскую.

Теперь легко определить понятие о линии зацепления. Если представить пространство всех возможных точек контакта в зубчатом зацеплении, то пересечение этого пространства с плоскостью зацепления дает

линию зацепления (ЛЗ). Ф.Л.Литвин различает линии зацепления для линейного (эвольвентного) и точечного (Новикова) зацепления и потому единого определения не дает. Здесь он безосновательно поддается предложениям М.Л.Новикова и его учеников признать линию зацепления у точечного зацепления, где ее вовсе нет. Неточность у Ф.Л.Литвина и в определении **контактной линии** (КЛ), которую образуют на рабочей поверхности зуба одновременно контактирующие точки. А точки контакта, образующие линии на поверхности зуба в процессе их перемещения в точечном зацеплении, движутся по **рабочим линиям** (РЛ) ([1], стр 376). Положение точек контакта в неподвижном пространстве образует **ось контакта** (ОК), а не линию зацепления точечного варианта .

Необходимо уточнить определение и другим понятиям, как угол зацепления, коэффициент перекрытия, коэффициент удельного скольжения. Под **углом зацепления** (УЗ) следует понимать угол между полюсной линией (соединяющей точку контакта с полюсом зацепления) и межцентровой линией. Определение, которое приведено в [1, стр. 236], не подходит, так как не у всякого зацепления линия зацепления – прямая линия. Следует учесть, что в общем случае угол зацепления – переменная величина. Номинальным значением угла зацепления следует считать его значение в полюсе зацепления.

Коэффициент перекрытия (КП) (коэффициент одновременности зацепления) лучше представить как отношение угла поворота, в течение которого контактирует определенная пара зубьев, к угловому шагу, а не так, как сказано в [1, стр. 237], так как «путь, пройденный точкой касания пары профилей по линии зацепления» в общем случае зацепления определить не просто. Под **угловым шагом** (УШ) следует понимать часть полного оборота колеса, приходящаяся на один зуб. А под **линейным шагом** (ЛШ) передачи следует понимать часть делительной окружности, приходящаяся на один зуб.

При касании профилей вне полюса зацепления имеет место их относительное скольжение. Поэтому в технической литературе введено понятие **коэффициента удельного скольжения** (УДС), которому в работе Ф.Л.Литвина не уделено никакого внимания. Предлагается определять его как отношение разности скоростей скольжения вдоль поверхностей к среднему их значению.

Соотношение радиусов кривизны контактирующих поверхностей эвольвентного зацепления определяется из уравнения Эйлера-Савари, а в общем случае определяется из уравнения [3]

$$\frac{\sin \beta_1}{\rho_1 - l} + \frac{\sin \beta_2}{\rho_2 - l} = \frac{\cos(\alpha + \beta_1)}{R_1} + \frac{\cos(\alpha - \beta_2)}{R_2}, \quad (1)$$

где R_i – радиусы делительных окружностей колес зубчатой передачи;

α - текущий угол зацепления;

ρ_i - радиусы кривизны контактирующих поверхностей;

β_i - **углы смещения**, определяемые по формулам:

$$\operatorname{tg} \beta_i = \frac{l \sin \alpha}{R_i + (-1)^i l \cos \alpha}, \quad (2)$$

где l – расстояние от полюса зацепления до мгновенного центра скоростей в построении Бобилье.

Произведение $l \sin \alpha$ в работах [4-8], где предложено новое зацепление, названо **коэффициентом разновидности** k , и тогда дифференциальное уравнение, описывающее профиль зуба рейки, имеет вид

$$y'' = \frac{y'(1 + y'^2)}{ky' + x}, \quad (3)$$

где $y(x)$ – функция, описывающая профиль зуба инструмента. Уравнение (3) обладает тем свойством, что его решением может быть любое из существующих и возможных зацеплений.

Линия зацепления описывается дифференциальным уравнением

$$z' = \frac{kz - x^2}{x(k + z)}, \quad (4)$$

полученным из уравнения (3) путем подстановки выражения

$$y' = \frac{x}{z}, \quad (5)$$

являющегося скалярным видом основного уравнения зацепления [1]. Уравнения (3), (4) и (5) являются обобщающими для всех видов зацеплений.

Выводы. В теории зацепления нет единства понятий и определений, чему и посвящена данная работа. Унификация понятий и определений позволит объединить усилия проектантов, технологов и исследователей в создании наиболее рациональных зубчатых передач.

Список литературы. 1. Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений. М.: Наука.-1968.-584с. 2. Павлов А.И. Ось зацеплений пространственной передачи. // Вестник НТУ «ХПИ».- Харьков.- 2002.- Вып.7, том 2.- С. 58-59. 3. Павлов А.И., Кириченко А.Ф. Уравнение Эйлера-Савари для общего случая зацепления. // Вісник СХУ ім. В. Даля. Науковий журнал, №3 (49).-Луганськ.- 2002.- С. 191-192. 4. Павлов А.И. Совершенствование зубчатых зацеплений с выпукло-вогнутым контактом. // Вестник Национального технического ун-та «ХПИ», вып.6. Харьков.-2001.-С. 181-184. 5. Павлов А.И., Чайка Е.Г., Матюшенко Н.В. Зацепление для тяжело нагруженных зубчатых передач. // Матеріали УІ міжнародн. науково-практичної конф. «Наука і освіта '2003». Т. 12. Технічні

науки.-Дніпропетро-вськ. Наука і освіта. -2003.- С. 48-49. 6. *Кириченко А.Ф., Павлов А.И., Федченко А.В.* Компьютерное построение и анализ зацепления для косозубых обкатных передач с выпукло-вогнутым контактом. // Труды 5-ой межд. научно-техн. конф. «Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве».- Харьков.-2002.- С. 629-632. 7. *Кириченко А.Ф., Павлов А.И.* Порівняння характеристик просторових передач. // Вісник Технологічного університету Поділля, част. 1, Технічні науки.- Хмельницький.- 2002.- С. 32-33. 8. *Кириченко А.Ф., Павлов А.И.* Компьютерное исследование пространственных зубчатых зацеплений. // Зб. «Геометричне та комп'ютерне моделювання».-Харків, Харк. держ. академія техн. та орган. харч.-2002.- Вип. 1-С. 103-105.

Поступила в редакцію 10.02.05