

П.Л. НОСКО, д.т.н., проф., зав. каф. машиноведения ВНУ им. В. Даля, Луганск;
А.И. ПАВЛОВ, д.т.н., профессор каф. инж. графики ХНАДУ "ХАДИ", Харьков;
В.И. ВЕРБИЦКИЙ, к.ф.-м.н., ХНАДУ "ХАДИ"

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД СОЗДАНИЯ ЗУБЧАТЫХ ЗАЦЕПЛЕНИЙ

Изложен геометрический метод проектирования зубчатых зацеплений.

Наведений геометричний метод проектування зубчастих зацеплень.

Geometric method of gearing project in this auricle is brought.

Постановка вопроса. В теории зубчатых зацеплений, наиболее полно представленной в монографии Ф.Л.Литвина [1], рассматриваются наиболее широко распространенное эвольвентное и неприменяемое в силовых передачах циклоидальное зацепления. Однако базы, объединяющей эти зацепления, не приводится.

Анализ последних достижений и публикаций. Автором [2-8] разработан метод синтеза зацеплений, основанный на построении Бобилье [9-12]. При этом записано дифференциальное уравнение зацепления, путем решения которого получено семейство эволютных зацеплений. Как частные случаи эволютных зацеплений являются упомянутые выше эвольвентное и циклоидальное зацепления.

Постановка задачи. Цель работы – на основе геометрических исследований показать общность современной теории зацеплений и привести результаты этих исследований.

Основная часть. В монографии [1] описано построение Бобилье (см. рисунок), являющееся геометрическим описанием любого зацепления. С его помощью записано дифференциальное уравнение

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

где $y(x)$, y' , y'' – функция, описывающая профиль зуба инструментальной рейки, и ее производные; $k(x)$ – расстояние от мгновенного центра скоростей шатуна четырехзвенного механизма в построении Бобилье до межцентровой линии, вдоль которой направлена ось абсцисс. Начало координат помещено в полюсе передачи.

Величина расстояния $k(x)$ названа коэффициентом разновидности, так как от нее зависит вид зацепления. Для того, чтобы происходило одновременное контактирование в двух и более точках, принадлежащих одной или нескольким парам зубьев в зацеплении, это расстояние должно быть постоянным. Это положение является достаточным условием для синтеза обкатных зубчатых зацеплений, на которое в теории зацеплений ссылок нет.

Линию, являющейся геометрическим местом точек контакта сопряженных поверхностей в плоскости зацепления, обычно называют линией зацепления. Из стилистических соображений ее надо называть, например, линией сопряжения. К примеру, в английском языке она называется линией взаимодействия (line of action). Получить уравнение линии сопряжения $z(x)$ можно путем решения уравнения

$$z = \frac{x}{y'}. \quad (2)$$

После дифференцирования (2) и подстановки значения y'' из (1) получим дифференциальное уравнение линии сопряжения

$$z' = \frac{k(x)z - x}{x(k(x) + z)}. \quad (3)$$

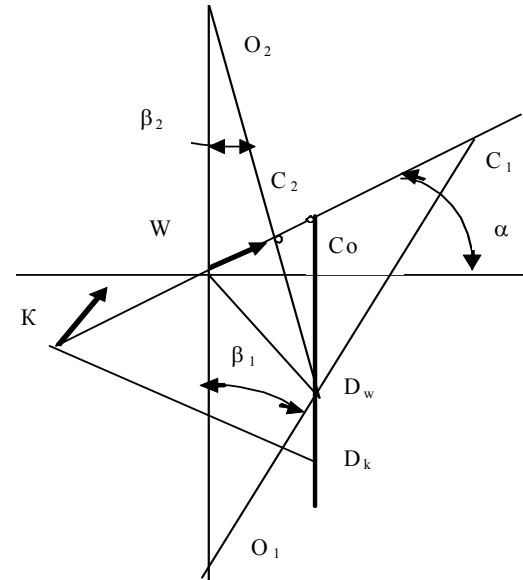


Рисунок – Построение Бобилье

эвольвентном зацеплении, необходимо выполнить условие

$$k \leq r \sin \alpha \cos \alpha, \quad (4)$$

где r – радиус делительной окружности шестерни; α – угол зацепления в полюсе передачи.

Поскольку радиус делительной окружности шестерни зависит от числа зубьев, то коэффициент разновидности ограничен числом зубьев шестерни и углом зацепления в полюсе передачи. Величина угла зацепления в эвольвентной передаче определяет приведенный радиус кривизны, поэтому стремятся его увеличивать. Но с увеличением угла зацепления возрастает сила в зацеплении, что не позволяет получить какого-либо выигрыша при передаче одного и того же крутящего момента. Уменьшение угла зацепления приведет к

возрастанию коэффициента перекрытия, что может привести к трехпарному зацеплению в момент времени, когда одна из пары зубьев будет контактировать в полюсе. В этом случае нагрузка на зуб уменьшится примерно в три раза, что благоприятно скажется на напряжениях и в целом на прочности передачи.

Однако уменьшение угла зацепления не беспредельно. Если угол зацепления достигает значения, при котором $\operatorname{tg} \alpha$ станет равным или меньше коэффициента трения скольжения, в передаче возникнет заедание, что приведет к значительному износу зубьев.

Геометрические исследования проведены и для других характеристик передачи. Коэффициент перекрытия возрастает с уменьшением угла зацепления. Приведенный радиус кривизны мало зависит от изменения угла зацепления, но зависит от коэффициента разновидности.

Зависимость приведенного радиуса кривизны от коэффициента разновидности приводит к тому, что в отдельных точках могут появиться отдельные "выбросы", что указывает на особые аномальные места для контактных напряжений.

Прочность передачи, как известно, определяется контактными и изгибными напряжениями. Геометрическое моделирование зоны контактных напряжений позволило получить инженерные формулы расчета этих напряжений, в том числе, и для эволютных зацеплений [16]. Применение геометрических исследований к видам пространственных передач [17] для последних определена их оптимальная форма. Ею оказалась гиперболическая передача.

В результате проведенных исследований получены два вида зацеплений [18, 19], на которые получены патенты. Передача, в которой зацепление происходит от точки входа в зацепление до полюса, названа передачей с односторонним зацеплением. Если же контактируют передачи на всем участке линии зацепления, названы такие передачи дозаполосными. Такое наименование передач использовано в передачах Новикова.

Выводы:

1. Геометрическими методами показана возможность синтеза обкатного зацепления с выпукло-вогнутым контактом.

2. С помощью замены зацепления четырехзвенным механизмом путем построения Бобилье записано дифференциальное уравнение зацеплений.

3. Получено достаточное условие обкатности зацепления.

Список литературы: 1. Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений. – М.: Наука. – 1968. – 584с. 2. Павлов А.И. Развитие геометрической теории зубчатых зацеплений // Вестник Харьк. гос. политехн. ун-та. – Харьков, 2000. – Вып.116. – С.104-107. 3. Павлов А.И. Совершенствование зубчатых зацеплений с выпукло-вогнутым контактом // Вестник Харьковского национального университета "ХПИ". – Харьков, 2001. – Вып.6. – С.181-184. 4. Павлов А.И. Особенности зацеплений с выпукло-вогнутым контактом для силовых зубчатых передач // Вестник НТУ "ХПИ". – Харьков, 2002. – Вып.6, т.1. – С.43-45. 5. Павлов А.И. Контактное взаимодействие выпуклой и вогнутой поверхностей в зубчатом зацеплении // Вестник Харьковского национального технического университета "ХПИ". – Харьков. – 2002. – Вып.10, т.2. – С.99-102. 6. Павлов А.И. Качественные характеристики эволютного зацепления // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2003. – №4. – С.19-20. 7. Павлов А.И. Эволютное зацепление и его характеристики // Вестник национального технического университета "ХПИ". – Харьков, 2003. – Вып.5. – С.103-106. 8. Павлов А.И. Сопряженные обкатные поверхности для зубчатых зацеплений // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2004. – №4. – С.22-24. 9. Ки-

риченко А.Ф., Павлов А.И. Подальший розвиток теорії зачеплень для побудови силових зубчатих передач // *Машинознавство*. – Львів, 2003. – №10. – С.30-32. 10. Кириченко А.Ф., Матюшенко Н.В., Павлов А.И. Аналитическое описание эволютного зацепления // Вестник Харьковского национального университета "ХПИ". – Харьков, 2003. – Вып.9, т.2. – С.23-26. 11. Павлов А.И., Кириченко А.Ф. Уравнение Эйлера-Савари для общего случая зацепления // *Вісник СХУ ім. В. Даля*. Науковий журнал. – Луганськ, 2002. – №3(49). – С.191-192. 12. Кириченко А.Ф., Павлов А.И., Чайка Э.Г. Компьютерное построение эволютного зацепления // *Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства*. – Вып.18 "Підвищення надійності відновлюємих деталей машин". – Харків, 2003. – С.160-163. 13. Павлов А.И., Чайка Э.Г. Исследование приведенного радиуса кривизны в нормальном сечении зацепления с выпукло-вогнутым контактом обкатной косозубой цилиндрической зубчатой передачи с помощью программного комплекса VISSIM // 36. "Геометричне та комп'ютерне моделювання". – Харків: Харк. держ. акад. техн. та орган. харч, 2002. – Вып.2 – С.108-111. 14. Кириченко А.Ф., Павлов А.И., Немцев В.В. Графическое изображение приведенного радиуса кривизны в зацеплении зубчатых передач // "Системні технології". Регіональний міжзівзівський збірник наукових праць "Сучасні проблеми геометричного моделювання". – Вып.3(44). – Дніпропетровськ, 2006. – С.41-45. 15. Кириченко А.Ф., Павлов А.И. Зависимость между параметрами зацепления в эволютной передаче // Вестник Национального технического университета "ХПИ". – Харьков, 2006. – Вып.22. – С.24-28. 16. Павлов А.И., Вербицкий В.И. Геометрическое моделирование зоны контакта при взаимодействии двух упругих цилиндров // 36. "Геометричне та комп'ютерне моделювання". – Харків: Харк. держ. акад. техн. та орган. харч, 2006. – Вып.15. – С.95-99. 17. Павлов А.И. Ось зацепления пространственной передачи // Вестник НТУ "ХПИ". – Харьков, 2002. – Вып.7, т.2. – С.58-59. 18. Патент Украины №68700. Авт. Павлов А.И. Зубчатая передача с эволютным односторонним зацеплением. – Опубл. 16.08.2004. Бюл. №8. 19. Патент Украины №68725. Авт. Кириченко А.Ф., Павлов А.И. Зубчатая передача с эволютным двусторонним зацеплением. – Опубл. 16.08.2004. Бюл. №8.

Поступила в редколлегию 11.04.12

УДК 621.833

П.Л. НОСКО, д.т.н., проф., зав. каф. машиноведения ВНУ им. В. Даля, Луганск;
А.И. ПАВЛОВ, д.т.н., профессор каф. инж. графики ХНАДУ "ХАДИ", Харьков;
С.В. АНДРИЕНКО, преп. каф. инж. графики ХНАДУ "ХАДИ";
М.И. СТЕПАНОВ, студент ХНАДУ "ХАДИ"

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫПУКЛО-ВОГНУТОГО КОНТАКТА В ЗУБЧАТОМ ЗАЦЕПЛЕНИИ

Рассмотрены условия использования в зубчатых передачах выпукло-вогнутого контакта рабочих поверхностей.

Розглянуто умови застосування в зубчатих передачах опукло-увігнутого контакту робочих поверхонь.

The conditions of using of gearing with convex-concave contact working surfaces are considered.

Постановка задачи. В наиболее распространенном эвольвентном зацеплении имеет место контакт двух выпуклых поверхностей. С целью снижения контактных напряжений напрашивается применение выпукло-вогнутого контакта в зубчатом зацеплении. Для определения напряжений в случае контакта двух выпуклых поверхностей используется формула Герца