

разработать более точную модель перемещения крана через стык рельсового пути, с учетом жесткости рельса и условий удара кранового колеса о рельс.

Список литературы: 1.Бидерман В.Л. Теория механических колебаний, М., Высшая школа, 1980, 408с. 2.Лобов Н.А. Динамика грузоподъемных кранов. М., Машиностроение, 1987, 160с.3.Казак С. А. Динамика мостовых кранов., изд-во «Машиностроение» 1968, 332с.4.Шевченко В.Д., Пискунов В.Г Будівельна механіка металевих конструкцій дорожно-будівельних, підйомних і транспортних машин: Підручник – К.: Вища школа., 2004. - 438с.5..Чернищенко А.В. Павлова А.А. К вопросу определения жесткости подшипников качения в буксах крановых колес. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 1/5(37) 2009г.6..Бутиков Л.Я. Многопараметрический анализ динамики грузоподъемных кранов мостового типа, Монография. - Луганск: изд-во СЛУ им. В.Даля, изд 2-е, 2003. 210 с.7..Dresing H. Massenkrafte in Kranen beim Anheben der Last// Hebezeuge und Fordermittel. – 1976. - №8. – S.234-245

Поступила в редколлегию 16.11.2011

УДК.621.833

А.И.ПАВЛОВ, докт.техн.наук, доц., ХНАДУ, Харьков
С.В.АНДРИЕНКО, инж., ХНАДУ, Харьков

О ПРИВЕДЕННОМ РАДИУСЕ КРИВИЗНЫ В ЗУБЧАТОМ ЗАЦЕПЛЕНИИ

У статті розглянуто питання про обчислення наведеного радіуса кривини в зубчастому зацепленні незалежно від виду контакту і самого зацеплення. Встановлено універсальна форма запису формули для обчислення наведеного радіуса кривини. Отримано ще одне підтвердження доцільності застосування еволютного зацеплення.

Ключові слова: радіус кривини в точці контакту, зведений радіус кривини, еволютне зацеплення.

В статье рассмотрен вопрос о вычислении приведенного радиуса кривизны в зубчатом зацеплении независимо от вида контакта и самого зацепления. Установлена универсальная форма записи формулы для вычисления приведенного радиуса кривизны. Получено еще одно подтверждение целесообразности применения эволютного зацепления.

Ключевые слова: радиус кривизны в точке контакта, приведенный радиус кривизны, эволютное зацепление.

The universal form of record of formula is set for a calculation the brought radius over of curvature. Another confirmation of expediency of application of the evolute gearing is got

Key words: radius of curvature at the contact point, the reduced radius of curvature, evolute hatseplenie.

В теории зубчатых зацеплений [1, 2] приведенный радиус кривизны эвольвентного зацепления с внешним контактированием определяется по формуле

$$\rho_{np} = \frac{\rho_1 \rho_2}{\rho_1 + \rho_2}, \quad (1)$$

а для внутреннего контактирования

$$\rho_{np} = \frac{\rho_1 \rho_2}{\rho_2 - \rho_1}, \quad (2)$$

Здесь ρ_1, ρ_2 – радиусы кривизны контактирующих поверхностей, причем $\rho_1 < \rho_2$.

Для эволютного зацепления [3], ранее в теории зацеплений не рассматриваемого, с контактированием выпуклой и вогнутой поверхностей напрашивается применение формулы (2), что и требуется доказать.

Цель работы – получить универсальную формулу для вычисления приведенного радиуса кривизны в любом зацеплении независимо от вида контакта.

Рассмотрим вначале эвольвентное зацепление. Радиусы кривизны рабочих поверхностей в полюсе передачи вычисляются по формулам:

$$\rho_1 = r \sin \alpha, \quad \rho_2 = ur \sin \alpha,$$

где u – передаточное число,

r – радиус делительной окружности шестерни,

α – угол зацепления эвольвентной передачи.

Тогда приведенный радиус кривизны для внутреннего зацепления можно определить по формуле (2), а для внешнего зацепления будет получена из формулы (2), если учесть, что радиус делительной окружности зубчатого колеса $R = ur$ имеет отрицательное значение, т.е. $ur < 0$, так как центр вращения O_2 расположен по другую сторону от центра вращения относительно начала системы координат, принимаемого в полюсе передачи (рис.1).

Приведенный радиус кривизны в произвольной точке на линии зацепления, отстоящей от полюса передачи на полюсном расстоянии l определяется по формулам:

для внутреннего зацепления

$$\rho_{np} = \frac{(\rho_1 + l)(\rho_2 + l)}{\rho_2 - \rho_1}, \quad (3)$$

а для внешнего зацепления

$$\rho_{np} = \frac{(\rho_1 + l)(\rho_2 - l)}{\rho_2 + \rho_1}, \quad (4)$$

где следует подставлять абсолютные значения радиусов кривизны ρ_i .

Для эволютного зацепления [3, 4] радиусы кривизны в полюсе передачи определяем через коэффициент разновидности k (рис.1), при этом принимаем, что $\rho_1 > \rho_2$ и $k \leq r \sin \alpha \cos \alpha$.

Тогда

$$\rho_1 = \frac{rk \sin \alpha}{r \sin \alpha \cos \alpha + k} \quad (5)$$

и

$$\rho_2 = \frac{urk \sin \alpha}{ur \sin \alpha \cos \alpha + k} \quad (6)$$

В формулах (5) и (6) уже учтено отрицательное направление радиуса $R = ur$. Тогда, применяя формулу (2), получим значение приведенного радиуса кривизны в полюсе передачи с эволютным зацеплением, которому присущ выпукло-вогнутый контакт

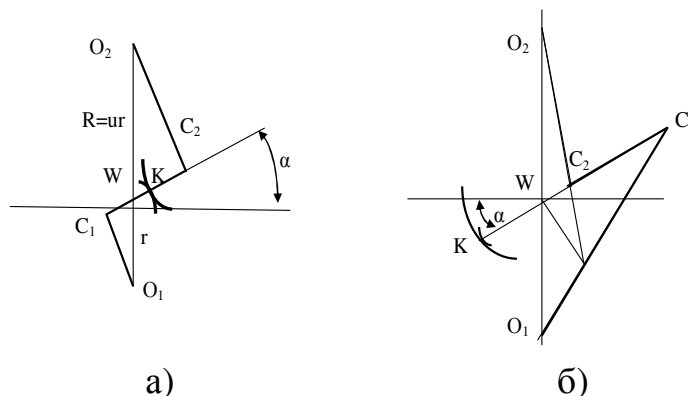


Рис.1. Построение Бобилье для зацеплений

$$\rho_{np} = \frac{ur \sin \alpha}{u - 1}. \quad (7)$$

Если для эвольвентного зацепления радиус кривизны в полюсе передачи вычисляется по формуле

$$\rho_{np} = \frac{ur \sin \alpha}{u + 1}, \quad (8)$$

то формула (7) показывает, что значение ρ_{np} для эволютного зацепления в $u + 1/u - 1$ раз больше, а это позволяет значительно снизить контактные напряжения в полюсе передачи [5]. Степень снижения напряжений зависит от передаточного числа u .

Приведенный радиус кривизны в эволютном зацеплении (с выпукло-вогнутым контактом рабочих поверхностей) определится по формуле (3), которая будет иметь вид

$$\rho_{np} = \frac{(\rho_1 + l)(\rho_2 + l)}{\rho_2 - \rho_1}. \quad (9)$$

На основании проведенных исследований построим график (рис.2) зависимости приведенного радиуса кривизны от вида контактирования.

В исследованиях [6] в эволютном зацеплении в районе полюса передачи обнаружена зона ДВК (двояковыпуклый контакт), что теоретически невозможно. Если считать, что математической ошибки быть не может, то такое явление можно объяснить двумя вариантами.

В первом варианте в зоне контакта встречаются две вогнутые поверхности, которые в контакт вступить не могут. Но это вполне допустимо, потому что в реальной передаче это приведет к быстрой приработке. В другом случае, если

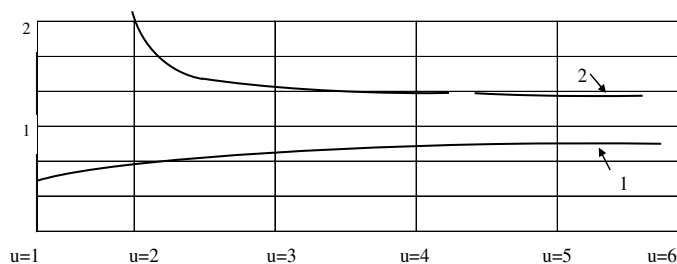


Рис.2. Изменение приведенного радиуса кривизны для разных передаточных чисел в зависимости от вида контактирования (1- двояковыпуклый контакт; 2- выпукло-вогнутый контакт)

радиус кривизны вогнутой поверхности меньше радиуса кривизны выпуклой поверхности. И этот вариант приведет также к приработке в реальной передаче, а также к самоисключению зоны полюса передачи, что необходимо учитывать на стадии проектирования.

Выводы

1.Получена универсальная формула для приведенного радиуса кривизны независимо от вида контакта и линии зацепления.

2.Сделано объяснение, почему для выпукло-вогнутого контакта следует применять формулу (3).

3.Показана эффективность применения эволютного зацепления с точки зрения снижения контактных напряжений.

4.Дано объяснение ДВК в зоне полюса эволютной передачи.

Список литературы: 1.*Литвин Ф.Л.* Теория зубчатых зацеплений. М.: Наука.-1968.-584с.2. *Litvin F.I.* Theory of Gearing. Nasa Reference Publication 212, AVSCOM Technical Report 88.-C-035.- Washington, D.C.-1989.- 620p. 3.*Павлов А.И.* Современная теория зубчатых зацеплений. Харьков: ХНАДУ, 2005.-100с.4. *Кириченко А.Ф., Павлов А.И.* Некоторые аспекты проектирования и исследования зубчатых зацеплений. // Вісник Східноукраїнського університету ім. В.Даля.-№12(70).-Луганск.-2003.-С.10-14. 5. *Vereš, M, Bošanský, M., Gaduš, J.:* Theory of Convex-concave and plane cylindrical gearing, Slovak university of technology in Bratislava, 180 pp, ISBN 80-227-2451-3. 6.*Протасов Р.В., Устиненко А.В., Сериков В.И.* Исследование коэффициента перекрытия эволютных передач. // Вісник НТУ «ХПІ» –Вип. 29. – Харьков. – 2011. – С. 154-164.

Поступила в редколлегию 16.11.2011