

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ С ДВОЯКОВЫПУКЛО-ВОГНУТЫМИ ЗУБЬЯМИ

Кузнецова А.В., Юшко С.В. (ДонНТУ, г.Донецк, Украина)

Конические зубчатые передачи с двояковыпукло-вогнутыми зубьями (ДВВ-зубьями) в последнее время стали все чаще применяться в редукторах приводов горных машин. Однако если расчету зубьев цилиндрических эвольвентных передач на износ уделяется большое внимание [1], то оценка износа конических передач с ДВВ-зубьями в настоящее время не производится.

В данной работе были определены координаты изношенной поверхности зуба методом лазерного сканирования [2], предложенным учеными института робототехники и управления технологическими процессами технического университета Брауншвейга (Германия) Симоном Вилькенбахом и др.

Для изучения взаимовлияния нагрузочно-кинематических параметров контакта и действительной формы профилей зубьев на основе теоретических исследований был разработан взаимно увязанный комплекс моделей и соответствующее программное обеспечение. Комплекс включает в себя: методы математического описания теоретического профиля и профиля изношенного зуба; модель зацепления изношенных зубьев; модель износа зубьев в контактной точке; модель синтеза изношенного профиля.

Общая блок-схема модели прогнозирования формы профилей зубьев представлена на рис. 2. Основное назначение блоков модели сводится к следующему.

Блок ввода исходных данных. В качестве исходных данных для реализации методики прогнозирования долговечности конических передач с ДВВ-зубьями принимаются следующие параметры: - геометрические параметры зубчатого зацепления;

- технологический параметр поверхности зубьев – шероховатость боковой поверхности зубьев;

- физико-механические параметры материала зубьев: твердость поверхности зубьев; модуль упругости и др.;

- параметр смазочного материала – вязкость масла;

- силовые и кинематические параметры зацепления.

В качестве параметров, влияющих на выбор оптимальных характеристик передачи приняты коэффициенты смещения исходного контура x_1 , x_2 ;

m_{nm} – нормальный модуль в среднем сечении зуба; $z_{ш}$, z_k – количество зубьев, соответственно шестерни и колеса.

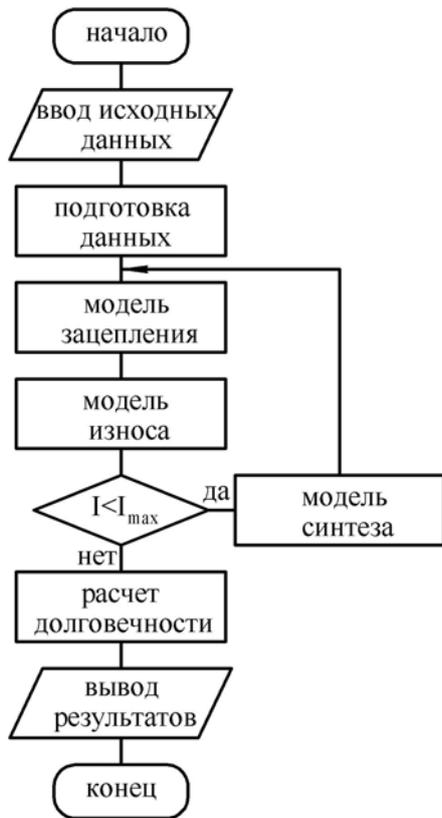


Рисунок 2 – Блок-схема прогнозирования долговечности

Блок подготовки исходных данных преобразует исходные данные в формат, соответствующий входным параметрам всех остальных блоков.

В блоке модели зацепления зубьев выполняется математическое описание профиля боковых поверхностей ДВВ-зубьев шестерни и колеса, формируется матрица координат точек профиля боковой поверхности зубьев шестерни и колеса, выполняется построение аппроксимирующей кривой рабочей поверхности зубьев. Определяется положение контактной точки в неподвижной и подвижных системах координат, мгновенное передаточное число, скорости перемещения контактной точки по профилям зубьев, а также скорость скольжения, нормальная сила и контактные напряжения с учетом фактической кривизны профилей, изгибной и контактной податливости зубьев и распределения нагрузки между парами зубьев.

Блок износа зуба в контактной точке определяет значение износа контактирующих поверхностей с учетом максимально возможного числа факторов. Производится распределения износа между зубьями шестерни и колеса.

Далее выполняется сравнение полученных значений износа в контактных точках профиля и критического значения износа, которое принимается равным 80% толщины цементационного слоя зубьев шестерни и колеса. В случае меньшего значения износа в контактных точках профиля по сравнению со значением критического износа выполняется корректировка и синтез (создание) нового профиля методом кусочной аппроксимации.

Блок синтеза изношенного профиля по величине износа в отдельных точках профиля формирует новый профиль, сглаживая профильные кривые только в зонах износа и сохраняя в зонах отсутствия контакта прежние координаты не затронутой износом части профиля.

Далее повторно (в цикле) используются блок модели зацепления зубьев и блок износа зубьев.

Если износ зубьев, после n -ого цикла, становится большим, либо рав-

ным значению критического износа, то зубья колес считаются изношенными и работа программы прекращается.

Блок расчета долговечности переводит условные циклы изнашивания в долговечность передачи.

Для автоматизации расчетов согласно приведенной методике разработано и реализовано соответствующее программное обеспечение в среде Mathcad.

Соответствие результатов численного эксперимента и опытных данных оценивалось на основе сравнения линейного износа зубьев. Оценка степени этого соответствия производилась по вероятности нахождения опытных данных в пределах ширины доверительного интервала, отсчитываемого от значений износа зуба по результатам моделирования.

Результаты определения доверительной вероятности представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты определения доверительной вероятности

Вариант испытаний	Среднее квадратическое отклонение (мм)	Относительная ширина доверительного интервала	Доверительная вероятность
Шестерня	0.08	1.75	0.75
Колесо	0.077	1.3	0.83

На основании значений доверительной вероятности, приведенных в табл. 2, можно утверждать с вероятностью более 75%, что значения износа зуба, полученные в результате физического эксперимента по изнашиванию зубьев зубчатой передачи находятся в пределах доверительного интервала.

Для определения максимальной по условиям эксплуатации долговечности L_h передачи с ДВВ зубьями необходимо оптимизировать значения коэффициентов смещения исходного контура x_1, x_2 , модуля m_{nm} и количества зубьев $z_{ш}, z_k$.

Выводы.

1. Разработано математическое обеспечение для прогнозирования долговечности конических передач с ДВВ-зубьями с учетом искажения исходного эвольвентного профиля рабочей поверхности зубьев после каждого цикла изменения напряжений (контакта зубьев шестерни и колеса) и как следствие изменения значений геометрических, кинематических, силовых параметров и параметров контакта зубьев. Это обеспечение формализовано в виде интегральной математической модели, включающей в себя сово-

купность трех частных математических моделей: зацепления двояковыпукло-вогнутых зубьев конических передач; износа зубьев конических передач; синтеза изношенного профиля передач.

2. Результаты экспериментальных исследований, выполненных в производственных условиях, подтвердили достоверность и адекватность разработанных теоретических положений. С вероятностью более 75% значения объемного износа зуба, полученные в результате экспериментальных исследований, находятся достаточно близко от значений, полученных в результате моделирования, то есть находятся в пределах доверительного интервала.

3. На основании выполненных теоретических исследований разработана методика прогнозирования долговечности конических передач с ДВВ зубьями.

Список литературы: 1. Валентин Онищенко «Прогнозирование долговечности тяжело нагруженных зубчатых передач на основе моделирования износа зубьев», МЕХАНИКА, z.131, Gliwice (Polska), 1999. 2. А.В. Кузнецова. Измерение износа зубьев конических передач с круговыми двояковыпукло-вогнутыми зубьями методом лазерного сканирования / Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. Луганськ -2011, № 11(165), частина 2 – С.77-85