

УДК 621.833.389
НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИЧИН ПОТЕРИ
РАБОТОСПОСОБНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА

Н. И. РОГАЧЕВСКИЙ
ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Червячные редукторы применяются для передачи вращения между перекрещивающимися валами. Эти редукторы обладают большими передаточными числами, низкой виброакустической активностью, бесшумностью, плавностью работы, самоторможением, широкими компоновочными возможностями. Недостатки червячных редукторов: низкие значения КПД, меньший ресурс, чем у редукторов других типов, необходимость применения дорогостоящих противозадирных масел и бронз для колес.

Основными критериями работоспособности червячных редукторов является износостойкость, сопротивление заеданию, усталостному выкрашиванию и поломке зубьев червячного колеса. Предотвращение отказов таких редукторов осуществляется путем учета указанных критериев на стадии проектирования (проверка на сопротивление контактной и изгибной усталости зубьев колеса) и эксплуатации (использование противозадирного масла, его своевременная замена, периодическая проверка уровня масла, температуры выходного конца вала-червяка, корпуса редуктора).

Исследуемый червячный редуктор зарубежного производства (предприятие «CIK») серии NMRV, которая соответствует серии РЧУ – редуктор червячный универсальный по взаимному расположению осей валов. Червяк, который может находиться сверху, снизу или сбоку червячного колеса, представляет собой вал-винт с полым выходным из редуктора концом. Тихоходный вал редуктора тоже полый, на нем расположено составное червячное колесо (зубчатый венец бронзовый после ремонта). Червяк и тихоходный вал установлены в литом ребристом корпусе посредством радиально-упорных роликовых и шариковых подшипников соответственно. При этом шариковые подшипники тихоходного вала располагаются в боковых крышках корпуса, позволяющих осевую сборку редуктора. Устройства для осевой регулировки подшипников не предусмотрены. Смазка осуществляется жидким маслом. Способ смазки – картерный, непроточный, общий для червячного зацепления и подшипников. Заливка масла в редуктор производится через верхнее резьбовое отверстие (для конкретной схемы расположения червяка), слив масла – через отверстие в нижней части корпуса редуктора, закрываемые резьбовыми пробками. Контроль уровня масла в редукторе производится выворачиванием резьбовой пробки из боковой стенки корпуса. В крышках, через которые выходят концы валов, установлены уплотнения (манжеты резиновые армированные). Проб-

ка-отдушина или дренажное отверстие для выравнивания давления воздуха с атмосферным в редукторе не предусмотрены.

Посредством измерений и вычислений установлены значения следующих параметров червячной передачи редуктора: межосевое расстояние $a_w = 130$ мм; число заходов червяка $z_1 = 1$ и число зубьев червячного колеса $z_2 = 50$; угол профиля $\alpha = 20^\circ$ в осевом сечении червяка (при измерении угла α кромка угломера без зазора соприкасалась с винтовой поверхностью червяка, то есть образующей этой поверхности в осевой плоскости червяка является прямая линия, это значит, что исследуемый червяк архимедов (ЗА)); осевой шаг витков червяка $p = 13,29$ мм; расчетный модуль червяка в осевом сечении $m = 4,23$ мм (соответствует шестой части дюйма); делительный диаметр червяка $d_1 = 40,34$ мм; коэффициент диаметра червяка $q = 9,54$ мм (с целью исключения тонких червяков ГОСТ 9672-74 рекомендует выполнение условия $q > 0,25 \cdot z_2 = 0,25 \cdot 50 = 12,5$, это условие не выполнено, то есть червяк слишком тонкий, прогиб его при работе увеличивается, что нарушает правильность червячного зацепления); коэффициент смещения червячного колеса $x = 0,963$ мм; делительный диаметр червячного колеса $d_2 = 211,5$ мм; диаметр вершин зубьев колеса $d_{a2} = 228,12$ мм.

Анализ результатов геометрического и визуального обследования редуктора выявил следующие причины потери его работоспособности:

- при ремонте червячное колесо нарезано не архимедовой (ЗА) фрезой, а – другой, например, эвольвентной (ZI), конволюнтной (ZN) и т.д. Это подтверждает визуальный осмотр рабочих поверхностей зубьев: одна сторона каждого зуба работала краями (у торцов), вторая – головкой (верхней половиной зуба). В результате произошла концентрация (значительное увеличение) напряжений, в том числе изгибных, по краям зубьев (у их торцов). На торцах зубьев (у их основания) зарождались трещины (видны на многих уцелевших зубьях), развитие которых привело к поломке зубьев;

- редуктор перегружался. Это подтверждается пластическими сдвигами верхнего слоя зубьев колеса на их вершины и торцы, а также – работой некоторой части цилиндрической поверхности вершины витка червяка из-за его чрезмерного прогиба, что приводило к нарушению правильности червячного зацепления;

- редуктор перегревался. Это подтверждается наличием коричневых пятен на зубьях колеса и коричневым цветом поверхностей выходного конца червяка, внутреннего кольца и роликов подшипника 6-2007110 червяка. Причинами перегрева могли быть перегрузка червячного зацепления, использование неподходящего для червячной передачи сорта масла, неправильный уровень масла в корпусе редуктора, длительная (постоянная) работа редуктора. В исследуемом редукторе ($z_1 = 1$, $z_2 = 50$) в зацеплении, уплотнениях и подшипниках теряется 38 % передаваемой механической энергии, которая превращается в тепло.