

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ВТУЛОЧНЫХ И РОЛИКОВЫХ ЦЕПЕЙ МЕТОДОМ СБАЛАНСИРОВАННОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ

Анотація. У процесі зношування приводних ланцюгів найзначніші пошкодження спричинені великим несприйнятним видовженням при зношуванні її ланки. Дійсний контактний крок зовнішньої ланки збільшується значно швидше, ніж внутрішньої внаслідок зношування в окремих зонах внутрішніх поверхонь втулок. Традиційно втулки приводних ланцюгів мають твердість, яка приблизно однакова на кожній поверхні. Подані способи реалізації принципу збалансування зносостійкості втулок.

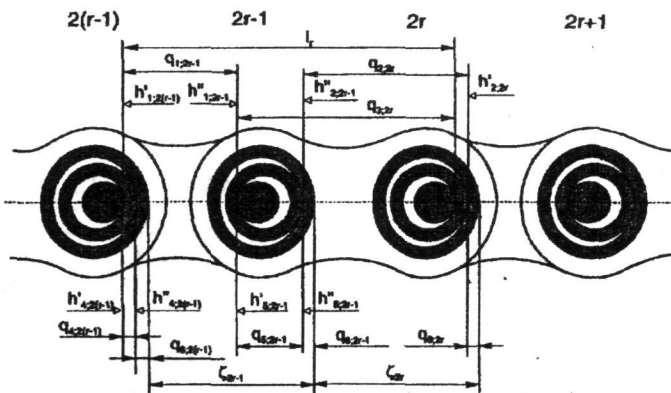
Приводные цепи при изнашивании теряют работоспособность из-за недопустимого увеличения фактического контактного шага наружных звеньев. При этом доминирующим является сравнительно большой тренд сглаженной средней и значительный разброс начального значения.

Анализ причин и выявление способов устранения нежелательной врожденности может быть осуществлен на основе математической модели, базирующейся на представлении фактических контактных шагов составными случайными функциями.

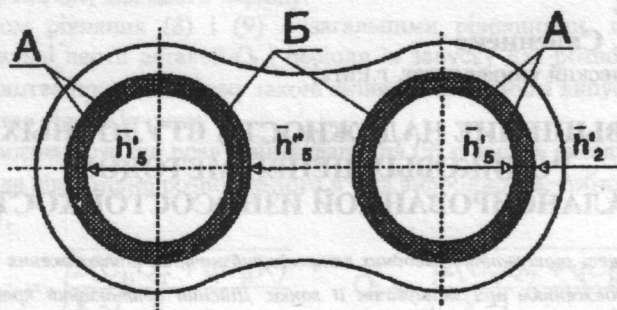
Составление математических моделей фактических контактных шагов связано с определенными трудностями из-за случайной формы рабочих поверхностей элементов шарниров и зубьев звездочек, а также вследствие неоднозначности размещения шарниров на зубьях звездочек от пробега к пробегу.

Условный контактный шаг

Закономерности формирования основных параметров цепи в зависимости от различных конструкционных, технологических и эксплуатационных факторов исследуют на основе математических моделей, построенных по расчетным схемам растянутой цепи. При этом изучению подлежат условные контактные шаги $\xi_1(t)$ и $\xi_2(t)$.



а) - технические параметры q_s , $s=1,2,\dots,6$, направленность (\rightarrow) изнашивания рабочих поверхностей и соответствующие им коэффициенты h_s тренда;



б) - конструкция внутреннего звена, способствующая выравниванию смещений контактных шагов наружных и внутренних звеньев: А - рабочая поверхность с большей износостойкостью, Б - рабочая поверхность с меньшей износостойкостью

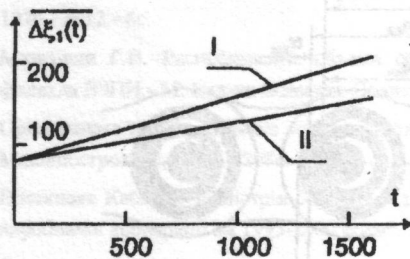
Рисунок 1 - Выравнивание тренда контактных шагов наружных и внутренних звеньев приводных цепей

Апостериорные модели условных контактных шагов наружных и внутренних звеньев роликовых цепей получают, руководствуясь соответствующими (рис. 1, а) расчетными схемами:

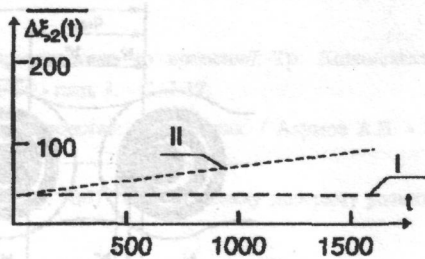
$$\xi_{2r-1}(t) = q_{1;2r-1}(t) - q_{4;2(r-1)}(t) - q_{6;2(r-1)}(t) + q_{5;2r-1}(t) + q_{6;2r-1}(t), \quad (1)$$

$$\xi_{2r}(t) = q_{2;2r}(t) - q_{6;2r-1}(t) + q_{6;2r}(t) \quad (2)$$

где $r=1,2,\dots$ - номера блоков, объединяющих наружное звено с последующим внутренним; $2r-1$ - номер наружного звена и соответствующего шарнира в блоке с номером r ; $2r$ - номер внутреннего звена и соответствующего шарнира в блоке с номером r ; $q_s(t)$, $s=1,2,\dots,s$ - технические параметры звеньев цепи. Здесь нечетные номера $2r-1$ имеют все наружные звенья, а четные $2r$ - внутренние, причем шарнирам присваивают наименование или номер впереди идущего звена.



а)



б)

Рисунок 2 - Оценки математических ожиданий смещений наружных (а) и внутренних (б) условных контактных шагов при серийной (I) и новой (II) технологии изготовления втулки (пример)

Апостериорные модели условных контактных шагов втулочных цепей получают с помощью выражений (1), (2), подставляя в них $q_6(t)=0$.

Определение вероятностных характеристик принципиальных трудностей не вызывает, так как (1), (2) являются линейными функциями независимых параметров.

$$\bar{\xi}_1(t) = \bar{q}_1(t) - \bar{q}_4(t) + \bar{q}_5(t), \quad \bar{\xi}_2(t) = \bar{q}_2(t), \quad (3)$$

$$\sigma_{\xi_1}^2(t) = \sigma_{q_1}^2(t) + \sigma_{q_4}^2(t) + \sigma_{q_5}^2(t) + \sigma_{q_6}^2(t), \quad \sigma_{\xi_2}^2(t) = \sigma_{q_2}^2(t) + \sigma_{q_6}^2(t). \quad (4)$$

Используя выражения вероятностных характеристик технических параметров, находят вероятностные характеристики контактных шагов в зависимости от функциональных размеров и далее - в зависимости от составляющих фактических форм рабочих поверхностей.

Технический параметр

Технические параметры цепи в процессе эксплуатации претерпевают изменения, вызванные изнашиванием и взаимодействием рабочих поверхностей деталей шарниров. Математическая модель технического параметра содержит случайную величину, определяющую начальное значение параметра, случайную функцию, изображающую изменения параметра, вызванные износом, и случайную функцию, характеризующую случайные функции параметра.

Сглаженное среднее s -го технического параметра имеет вид:

$$\bar{q}_s(t) = q_s + h_s t, \quad (5)$$

где q_s - исходное значение s -го параметра - случайная величина $q_s \sim N[\bar{q}_s, \sigma_{q_s}]$; h_s - коэффициент тренда s -го параметра; случайная величина $h_s \sim N[\bar{h}_s, \sigma_{h_s}]$.

Локализация источников тренда контактного шага

Коэффициент линейного тренда у семейства наружных звеньев определяют как сумму ряда случайных величин

$$h_{\xi_{2r-1}} = h_{1;2r-1} - h_{4;2r-1} - h_{6;2(r-1)} + h_{5;2r-1} + h_{6;2r-1}. \quad (6)$$

Математическое ожидание коэффициента тренда для семейства наружных звеньев равно:

$$\bar{h}_{\xi_1} = \bar{h}_1 - \bar{h}_4 + \bar{h}_5, \quad (7)$$

ибо практически всегда

$$\bar{h}_{6;2(r-1)} = \bar{h}_{6;2r-1} = \bar{h}_6 \quad (8)$$

Так как $\bar{h}_1 > 0$, $\bar{h}_4 < 0$, а \bar{h}_5 в зависимости от соотношения средней интенсивности изнашивания в парах (рис. 1) валик-втулка ($h'_{5;2r-1}$) и втулка-ролик ($h''_{5;2r-1}$) может быть как положительной, так и отрицательной, то вредными являются большие значения \bar{h}_1 , $|\bar{h}_4|$, \bar{h}_5 ; их следует по возможности уменьшить. Величины \bar{h}_1 и $|\bar{h}_4|$ уменьшают путем повышения износостойкости рабочих

поверхностей валиков и тех половин втулок, которые обращены к концам внутреннего звена (рис. 1, б).

Величину \bar{h}_5 уменьшают путем обеспечения у рабочих поверхностей втулок, обращенных на середину внутренних звеньев, пониженной износостойкости, а это приводит к тому, что $\bar{h}_5 < 0$.

Изготовление внутренних звеньев с отличающейся износостойкостью у каждой половины втулки принципиальных трудностей не вызывает. Но при этом следует выявить появляющиеся изменения врожденности внутренних звеньев, так как коэффициент тренда внутренних звеньев

$$h_{\xi 2r} = h_{2;2r} - h_{6;2r-1} + h_{6;2r} \quad (9)$$

содержит слагаемые, величины которых также определяются соотношением износостойкости рабочих поверхностей втулок и роликов.

Математическое ожидание коэффициента тренда внутренних звеньев с учетом (8) $\bar{h}_{\xi 2} = \bar{h}_2$, а \bar{h}_2 , в свою очередь (при желаемом для наружных звеньев соотношении $\bar{h}'_5 < \bar{h}''_5$ износостойкости рабочих поверхностей втулок) возрастает, что нежелательно для внутренних звеньев, так как увеличивается их тренд.

Однако, здесь существует возможность выравнивания тренда, т.е. оптимального уменьшения тренда наружных звеньев за счет увеличения тренда внутренних звеньев, что вполне допустимо из-за сравнительно небольшой величины $\bar{h}_{\xi 2}$ у серийных цепей. Этим уменьшается разноразмерность наружных и внутренних звеньев.

Различие тренда наружных и внутренних звеньев характеризуется разностью

$$\overline{\Delta h}_{\xi} = \bar{h}_{\xi 1} - \bar{h}_{\xi 2} = \bar{h}_1 - \bar{h}_2 - \bar{h}_4 + \bar{h}_5. \quad (10)$$

Введя составляющие \bar{h}'_5 и \bar{h}''_5 , характеризующие среднюю интенсивность изнашивания каждой из рабочих поверхностей, формирующих технические параметры $s \in [1, 2, 4, 5]$ (см. рис. 1), получают, что

$$\overline{\Delta h}_{\xi} = |\bar{h}'_1| + |\bar{h}''_1| - |\bar{h}'_2| + |\bar{h}''_2| + |\bar{h}'_4| + |\bar{h}''_4| + |\bar{h}'_5| + |\bar{h}''_5|. \quad (11)$$

Так как

$$\bar{h}''_1 = |\bar{h}'_1|, \quad |\bar{h}''_2| = |\bar{h}'_5|, \quad |\bar{h}''_4| = |\bar{h}'_2|, \quad |\bar{h}'_4| = |\bar{h}'_5| \quad (12)$$

то

$$\overline{\Delta h}_{\xi} = 2(|\bar{h}'_1| + |\bar{h}'_2| + |\bar{h}'_5| - |\bar{h}'_5'|) \quad (13)$$

Для обеспечения $\overline{\Delta h}_{\xi} = 0$ необходимо, чтобы

$$\bar{h}'_1 + \bar{h}'_2 + \bar{h}'_5 = \bar{h}'_5' \quad (14)$$

то есть, чтобы сумма средних интенсивностей изнашивания рабочих поверхностей валиков (\bar{h}'_1) и половин втулок, обращенных к концам внутреннего звена (\bar{h}'_2, \bar{h}'_5),

была бы равна средней интенсивности $\overline{h_5''}$ изнашивания половин втулок, обращенных на середину внутреннего звена (см. рис. 1).

Например, если $\overline{h_1'} \approx \overline{h_2'} \approx \overline{h_5'}$, то для получения $\overline{\Delta h_\xi} = 0$ необходимо, чтобы износостойкость половин каждой втулки, обращенная к концам внутреннего звена, была в три раза больше износостойкости другой половины.

Подводя итоги, следует отметить, что с целью уменьшения разноразмерности наружных и внутренних звеньев согласование износостойкости рабочих поверхностей втулок и валиков позволяет существенно повысить точность и надежность приводных цепей. Это достигается путем увеличения точности и надежности наружных звеньев за счет разумного сбалансированного снижения этих показателей у внутренних звеньев (рис. 2).

Практическая реализация принципа сбалансирования износостойкости может быть осуществлена двумя способами:

- увеличением, по сравнению с номинальной, износостойкости половин втулок, обращенных к концам внутреннего звена;
- уменьшением, по сравнению с номинальной, износостойкости половин втулок, обращенных к середине внутреннего звена.

В ситуации, когда традиционно повышение износостойкости втулок роликовых цепей осуществляется путем выбора материала и поверхностной обработки для получения деталей с все более высокой твердостью рабочих поверхностей, первый способ не всегда может быть реализован. При достигнутой уже предельно высокой твердости, практически одинаковой для всех рабочих поверхностей деталей шарниров, технически и экономически эффективным является второй способ, когда сбалансирование износостойкости осуществляется путем разумного уменьшения твердости некоторых рабочих поверхностей деталей цепи.

Summary. In the process of wear of driving chains the most significant failures are caused by big unacceptable wear elongation of the pitch of outer pin link. The actual pitch of pin link elongates much faster than roller link, because of the wear of wear of several parts of driving chains. Traditionally, the parts of driving chains have rather great hardness, approximately equal on every surface. The wear resistance of the inner sides of roller link bushing must be reduced. It raises a little increase in the pitch of roller links, and significant reduction in the increase of the pitch of pin links. It results in substantial elongation of service life of driving chains in actual operating conditions, where damage of driving chains is caused by the wear of the surface of its parts.

УДК 621.855

А. Петрик, С. Метильков, А. Пунтус

(Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар)

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПРИВОДНЫХ РОЛИКОВЫХ ЦЕПЕЙ В ВЕРОЯТНОСТНОМ АСПЕКТЕ

Анотація. Подані результати дослідження приводних ланцюгів, на основі яких запропонована методика прогнозування зношування ланцюгів на основі теорії імовірності. Числові характеристики параметрів випадкових величин, що впливають на інтенсивність зношування, визначаються із врахуванням розсіювання навантажувальних та швидкісних режимів, умов експлуатації і конструктивних параметрів відкритих ланцюгових передач. Значимість окремих факторів