

УДК 621.833:620.191

Ю.В. Машин, В.А. Кемова, П.В. Другаченко

ВОЗМОЖНОСТЬ СНИЖЕНИЯ ВИБРОШУМОВОЙ АКТИВНОСТИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

В статье рассмотрена возможность использования метода, позволяющего не только повысить долговечность, но и снизить виброакустическую активность зубчатых передач.

Контактное выкрашивание рабочих поверхностей зубьев и повышенный уровень виброакустических параметров зубчатой передачи колесомоторного блока (КМБ) локомотивов вынуждает «Службу главного механика» Белорусской железной дороги тратить порядка 100 тыс. долл. США в год на приобретение новых зубчатых колес и изыскивать способы увеличения сроков службы находящихся в эксплуатации.

Планово-предупредительные ремонтные работы существенно уменьшают вероятность возникновения питтинга в редуцирующих агрегатах, но не предохраняют передачу от неожиданных повреждений в межремонтный период. Более того, вероятность выхода из строя механизма при этом только увеличивается за счет переборок, нарушающих приработку узлов (зачастую и «распаривание» зацепляющихся колес) и ускоряющих их износ. При этом 46 % всех трудозатрат составляют операции по вскрытию и разборке узлов, которые выполняются лишь с единственной целью - проверить техническое состояние. Также необоснованные переборки вносят новые непредвиденные дефекты других деталей машин (перекосы осей, люфты, загрязнение и др.), что также сокращает срок безотказной работы передачи и требует новых ремонтных работ. Поэтому экономически более выгодна стратегия проведения предупредительных работ не через заранее запланированные интервалы времени, а по мере необходимости в соответствии с техническим состоянием. Для реализации такого подхода необходимо иметь сведения о фактическом техническом состоянии и скорости его изменения во времени.

В Белорусско-Российском университете проводятся работы под руководством профессора Р.М. Игнатищева по разработке эксплуатационного метода повышения долговечности зубчатых передач, который может быть применен и для зубчатой пары КМБ локомотивов.

Суть метода заключается в периодическом контроле за значениями радиусов кривизны в зонах перехода головок зубьев в ножки и, при достижении ими своих критических значений, осуществлении корректировки в опасной по питтингу зоне (сошлифовывания образовавшихся выпуклостей). Для этих целей нами был разработан ручной механизированный инструмент для корректировки профилей зубьев (с приспособлением для базирования на зубчатое колесо). Но при осуществлении восстановительных операций происходит изменение геометрии так, что на профиле зуба появляются две особые точки, каждая из которых имеет две касательные. Однако угловые скачки в этих точках невелики, как невелики и глубины сошлифовываний.

На основании этого была выдвинута гипотеза, что корректировка профилей зубьев не приведет к увеличению уровней шума и вибраций в передаче. Для чего на первом этапе исследований была разработана теоретическая модель процесса зацепления зубьев, учитывающая нормально-эксплуатационные износы и корректировку профилей зубьев. Ее анализ позволил нам установить, что корректировка профилей зубьев приводит не только к снижению контактных напряжений в опасной по питтингу зоне, но и уменьшению величины виброакустической активности передачи. Для проверки разра-

ботанной теоретической модели необходимо было провести апробацию метода в условиях эксплуатации.

Промышленная проверка способа проводилась в локомотивном депо г. Могилева. Исследования носили сравнительный характер. В качестве объекта исследования выступил КМБ локомотива ЧМЭ-3. Определяющими качественными параметрами, оценивающими состояние зубчатой передачи, были выбраны уровни звукового давления, виброскорость и виброускорение. Измерения осуществлялись прибором для измерения шума и вибрации ВШВ-003.

Измерения уровней звукового давления проводились в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500 и 1000 Гц.

Значения виброскорости и виброускорения определялись по общему уровню. Для измерения величин виброскорости и виброускорения использовался датчик ДН-3-М1, который крепился на корпусе редуктора КМБ с помощью воска (рис. 1). Для бывшего в эксплуатации КМБ величина виброскорости составила 1,8 мм/с, а виброускорения - 160 м/с².



Датчик
ДН-3-М1

Рис. 1. Точка установки датчика ДН-3-М1 на кожухе редуктора КМБ ЧМЭ-3

Результаты измерений исходных (до корректировки профилей зубьев) представлены в табл. 1.

Табл. 1. Уровни звукового давления, виброскорости и виброускорения для бывшей в эксплуатации зубчатой передачи КМБ локомотива ЧМЭ-3 (до корректировки)

Место установки измерителя	Уровень звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц				
	63	125	250	500	1000
Патрубок шупа редуктора	35	36	67	68	40
Заливочная горловина	40	47	62	68	55

После определения начальных динамических характеристик зубчатой передачи на активных профилях зубьев в опасной по питтингу зоне проводились замеры с целью определения действительных значений радиусов кривизны. Было установлено, что в результате нормально-эксплуатационных износов они (радиусы кривизны) уменьшились до 35...50 мм (первоначальные их значения лежат в диапазоне 120...130 мм). Этот факт явился главной предпосылкой для принятия решения о проведении корректирующих операций. Сошлифовывание выпуклостей проводилось ручным механизированным инструментом для всех 75 зубьев ведомого зубчатого колеса на глубину 0,07...0,1 мм по всей длине зубьев. Зубья после корректировки представлены на рис. 2, где «Ш» - участок сошлифовываний.

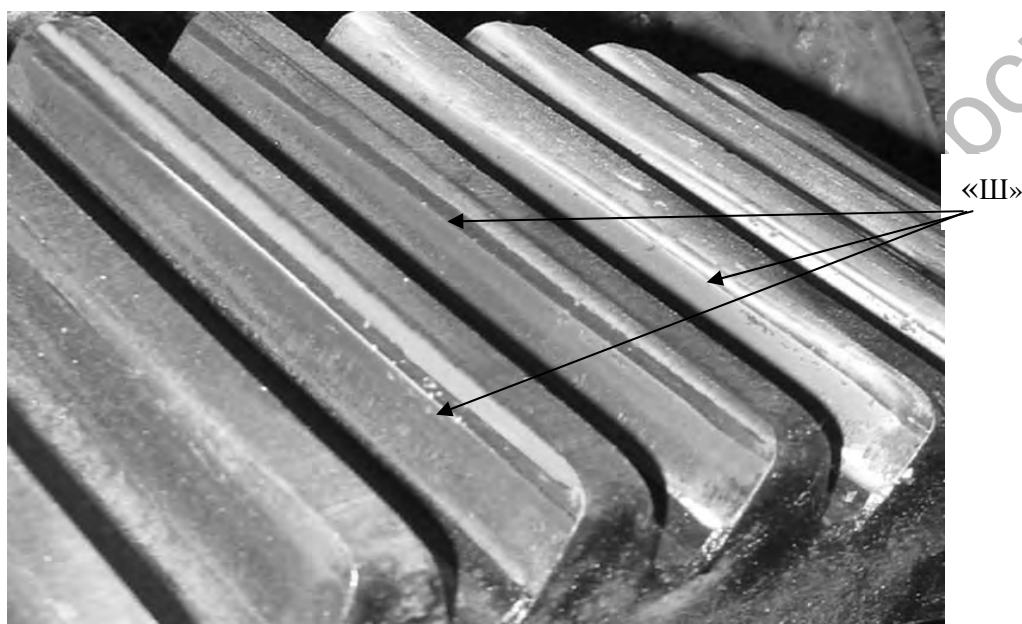


Рис. 2. Участки сошлифовываний на профилях зубьев

После проведения восстановительных операций снова замерялись динамические характеристики передачи. Величина виброскорости составила 1,5 мм/с, а виброускорения 80 м/с². Результаты замеров уровней звукового давления представлены в табл. 2.

Табл. 2. Уровни звукового давления, виброскорости и виброускорения для бывшей в эксплуатации зубчатой передачи КМБ локомотива ЧМЭ-3 (после корректировки)

Место установки измерителя	Уровень звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц				
	63	125	250	500	1000
Патрубок шупа редуктора	22	30	44	43	34
Заливочная горловина	35	45	48	47	35

Как видно в откорректированной зубчатой паре уровни звукового давления были снижены во всех среднегеометрических диапазонах. Также снизились значение виброскорости и виброускорения.

Полученные результаты свидетельствуют, что проведенная корректировка зубьев зубчатой пары не только понизила контактные напряжения на опасных по питтингу участках, но и снизила шумовые и динамические характеристики передачи.

В результате исследований также прошла апробация приборно-технического обеспечения разработанного метода, которая подтвердила возможность своего использования применительно к зубчатым передачам колесомоторных блоков локомотивов в условиях локомотивного депо.

Следовательно, для сокращения трудозатрат и денежных средств на проведение планово-предупредительных ремонтов контроль за состоянием зубчатой передачи целесообразно осуществлять путем оценки уровней шума, виброскорости и виброускорения в диапазонах соответствующих зубцовых частот с применением соответствующей вибродиагностической аппаратуры. И только при достижении контролируемых параметров своих пороговых значений, необходимо осуществить остановку редуцирующего агрегата с целью определения действительных значений радиусов кривизны. После чего провести сопоставление полученных данных с допускаемыми значениями и принимать решение о целесообразности проведения восстановительных чистовых операций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Игнатищев, Р. М.** Влияние эксплуатационно-нормальных износов на контактные напряжения / Р. М. Игнатищев // Контактная прочность : тр. Курского политехнического института. - Курск, 1971. - Сб. 1, Ч. 2. - С. 258-267.
2. **Игнатищев, Р. М.** Исследование контактной прочности эвольвентных цилиндрических передач: дис. ... канд. техн. наук: 161 (машиноведение и детали машин) : защищена 26.11.68; утв. 23.03.69 / Игнатищев Руслан Михайлович. - М., 1967. - Т. 1 (текст, библиогр.), 176 с.; Т. 2 (ил.), 181 с.
3. **Машин, Ю. В.** Опыт промышленного использования эксплуатационного метода предупреждения питтинга в эвольвентных зубчатых передачах / Ю. В. Машин, О. Н. Кутас; Бел.-Рос. ун-т. -Могилев, 2003. - 9 с. : ил. - Библиогр. : 7 назв. - Рус. - Деп. в БелИСА 6.10.2003, № Д 200378.
4. **Игнатищев, Р. М.** О новой возможности повышения надёжности высоконагруженных зубчатых передач / Р. М. Игнатищев // Изв. вузов. Чёрная металлургия. - 1991. - № 8. - С. 82.
5. **Генкин, М. Д.** Виброакустическая диагностика машин и механизмов / М. Д. Генкин, А. Г. Соколова. - М. : Машиностроение, 1987. - 288 с. : ил.
6. **Косарев, О. И.** Способы снижения возбуждений вибраций в прямозубом зацеплении / О. И. Косарев // Вестн. машиностроения. - 2001. - № 3. - С. 8-15.
7. **Игнатищев, Р. М.** О неиспользуемых существенных резервах повышения долговечности, надёжности и точности проектирования зубчатых передач / Р. М. Игнатищев // Вестн. машиностроения. - 2004. - № 4. - С. 30-32.

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 31.10.2005

Y.V. Mashin, V.A. Kemova, P.V. Drugachenko
The ways of reduce of the vibranoise activity of gear
Belarusian-Russian University

The way of the use of the method is considered in the article, which allows not only to increase the longevity, but to reduce the vibranoistic activity of the gears.