



УДК 621.785.532

Поступила 06.07.2015

ВЛИЯНИЕ ЦЕМЕНТАЦИИ И БОРОСИЛИЦИРОВАНИЯ НА ВИБРОУСКОРЕНИЕ КОНИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ПЕРЕДНЕГО ВЕДУЩЕГО МОСТА ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА ПРИ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ

IMPACT OF CARBURIZING AND BOROSILICONIZING ON VIBROACCELERATION OF BEVEL GEAR FRONT DRIVE AXLE SKIDDERS DURING OPERATION

М. Н. ПИЦОВ, С. Е. БЕЛЬСКИЙ Э. П. АНДРЕЙКОВЕЦ, Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь

M. N. PISCHOV, S. E. BELSKIY, E. P. ANDREYKOVETS, Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus

В настоящее время установлено, что основными причинами выхода из строя деталей трансмиссий лесных машин является износ их рабочих поверхностей. Разрушение контактных поверхностей конических зубчатых колес переднего ведущего моста трелевочного трактора ТТР-401 при его эксплуатации связано, как правило, с образованием на зубьях пластических деформаций. Согласно современным представлениям теории разрушения деталей установлено, что после образования пластических деформаций в локальном объеме образуются микротрещины, развитие которых зависит от величины и знака остаточных напряжений. В данной статье приведены графики зависимости виброускорений конических зубчатых колес переднего ведущего моста трелевочного трактора от метода их упрочнения.

It is now established that the main causes of failure of the transmission parts of the forest machines is wear of their working surfaces. The destruction of the contact surfaces of bevel gears front axle of skidder TTP-401 during its operation is usually connected, with the formation of plastic deformation on the teeth. According to modern concepts of the theory of the destruction of the details revealed that after the formation of plastic deformations leads to microcracks, the development of micro tracks depends on the magnitude and sign of residual stresses. This article presents dependance graphs of vibration acceleration bevel gears front axle skidder subiect to the method of hardening.

Ключевые слова. *Виброускорение, трелевочный трактор, зубья, коническая передача, боросилицирование, испытания, трансмиссия.*

Keywords. *Vibration, skidder, teeth, conical transmission borosilitsirovanie, testing, transmission.*

Методика определения виброускорений зубчатых колес переднего ведущего моста трансмиссии трелевочного трактора

Производственные испытания упрочненных конических колес трелевочных тракторов ТТР-401 организованы в ОАО «Плещеницлес» и ГЛХУ «Слущкий лесхоз» (рис. 1). Основным параметром измерений зубчатых колес являлось виброускорение, которое генерировалось коническими парами при эксплуатации трелевочного трактора. По изменению уровня виброускорений конических пар можно косвенно судить об износе зубчатых колес. При этом увеличение уровня виброускорений зубчатых колес приводит к повышению интенсивности их изнашивания.

Измерение виброускорений конических передач, упрочненных цементацией и боросилицированием, проводили при наработке трелевочного трактора ТТР-401 в 50 моточасов, что соответствует новым парам и 2700 моточасов. Испытания трелевочного трактора проводили на первой, второй и третьей передачах КПП.

В ходе испытаний датчик для измерения виброускорений монтировали к переднему ведущему мосту трелевочного трактора ТТР-401 в месте установки подшипников (рис. 2). Посредством шнура сигнал от датчика передавали к измерительному прибору, виброанализатору ВШВ-003-М2.



Рис. 1. Испытания конической передачи трелевочного трактора ТТР-401

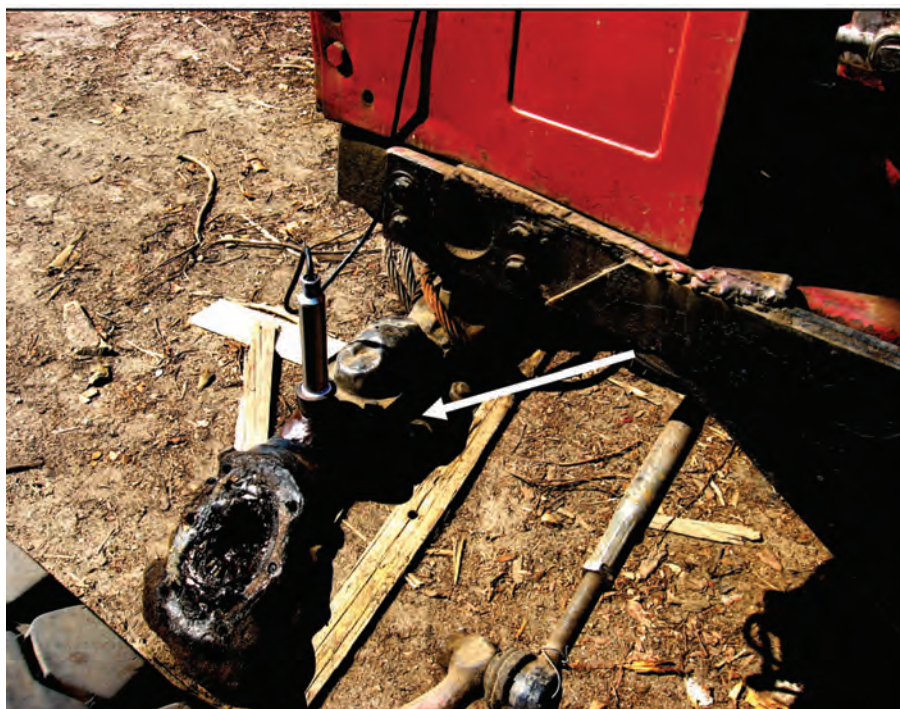


Рис. 2. Установление датчика для измерения виброускорений на передний ведущий мост трелевочного трактора

Результаты промышленных испытаний конической передачи трелевочного трактора ТТР-401

На рис. 3–4 приведены октавные спектры виброускорений конических колес переднего ведущего моста трелевочного трактора ТТР-401 упрочненных боросилицированием и цементацией, измеренные на первой, второй и третьей передачах КПП. Как видно из рис. 3, при наработке в 50 моточасов уровни виброускорений конических пар на всех передачах работы трелевочного трактора ТТР-401 практически одинаковые, однако в некоторых случаях отмечается уменьшение уровня виброускорений конических колес, упрочненных боросилицированием.

При измерении виброускорений конической передачи трелевочного трактора при наработке 2700 моточасов отмечается значительное повышение их уровней, особенно на второй и третьей передачах (рис. 4), для упрочненных боросилицированием пар на 2–3 дБ по сравнению с базовым, в то время как для цементированных зубчатых колес на 9,8–10 дБ. Это свидетельствует о повышенной интенсивности изнашивания цементированных конических зубчатых колес уже в период наработки трелевочного трактора ТТР-401 в 1700–1800 моточасов. Осмотр зубьев конических колес показал наличие на контактной

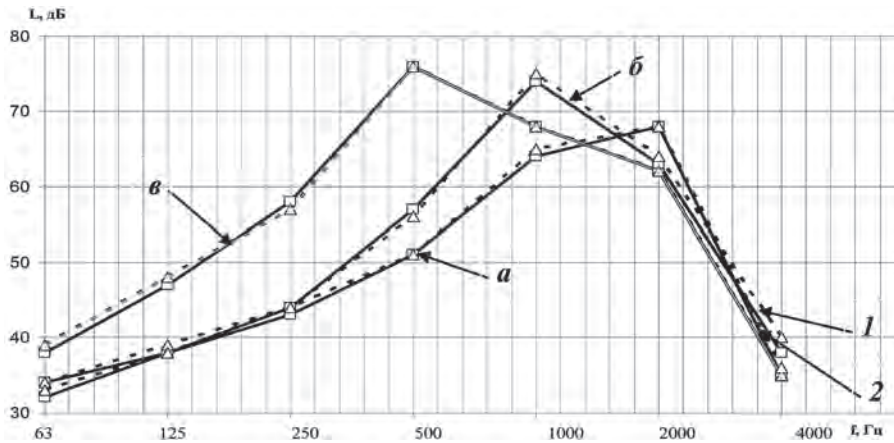


Рис. 3. Октавные спектры виброускорений конических колес на первой (а), второй (б) и третьей (в) передачах после 50 моточасов: 1 – цементированные; 2 – упрочненные боросилицированием

поверхности пластической деформации, задигов и заедания, что подтверждают полученные результаты измерений уровня виброускорений цементированных зубчатых колес, а также результаты исследований упрочненных образцов и стендовых испытаний. На зубьях колес, упрочненных боросилицированием, видимых изменений контактной поверхности не обнаружено, уровни виброускорений возрастают незначительно, что свидетельствует о возможности длительной эксплуатации конической зубчатой пары. Полученные результаты по состоянию контактных поверхностей зубчатых колес, упрочненных цементацией и боросилицированием, подтверждаются опытно-промышленными проверками в ОАО «Плещицлес», которые проводились в период 2007–2008 гг.

В ходе производственных испытаний наряду с измерениями уровней виброускорений конических передач изучали и их сопротивление изнашиванию при различной наработке. Как показали результаты контроля деталей конической передачи переднего ведущего моста трелевочного трактора ТТР-401, после проведения испытаний наиболее нагруженных рабочих поверхностей зубьев, прошедших боросилицирование по разработанным режимам, отмечается существенное (на 50–60%) снижение износа. При этом следует отметить отсутствие признаков схватывания и видимой пластической деформации рабочих поверхностей.

Проведение химико-термической обработки методом боросилицирования, обеспечивающей в поверхностном слое, как показали проведенные исследования, более благоприятную картину распределения напряжений сжатия, привело к отсутствию после проведенных испытаний трещин и микротрещин на рабочих поверхностях. Это хорошо согласуется с результатами исследований, полученными на опытных образцах, по итогам которых отмечено повышение усталостной долговечности. Анализ деталей, упрочненных по традиционно предлагаемой технологии (цементация), показал, что суммарный износ в условиях, характеризующихся низкими скоростями и высокими давлениями на рабочей поверхности, является результатом комбинации нескольких механизмов разрушения, среди которых преобладают

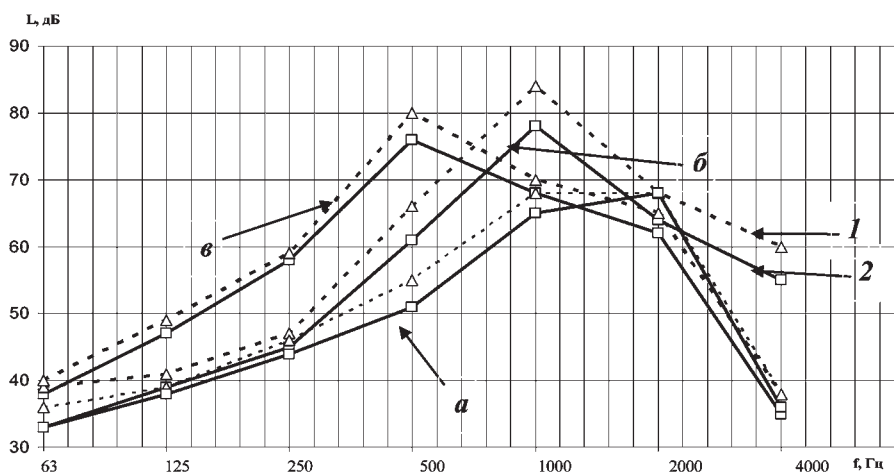


Рис. 4. Октавные спектры виброускорений конических колес на первой (а), второй (б) и третьей (в) передачах после 2700 моточасов: 1 – цементированные; 2 – упрочненные боросилицированием

окислительно-абразивные и адгезионные процессы. Отмечаются и следы заедания поверхностей, выражающиеся в возникновении похожих на глубокие царапины повреждений. Протекание подобного процесса, согласно данным, может даже при наличии смазки привести к отделению частиц с рабочих поверхностей, переносу материала с более мягкой поверхности на более твердую с образованием глубоких рисок и вырывов металла.

Литература

1. Б и р г е р, И. А. Остаточные напряжения. М.: Mashgiz, 1963. 240 с.
2. Остаточные напряжения при электромагнитной наплавке / П. Н. Ящерицын [и др.] // Весті НАН Беларусі. Сер. фіз-тэхн. навук. 2000. № 2. С. 62–65.
3. М а к а р е в и ч, С. С. Модель напряженного состояния зубьев деталей трансмиссий трелевочных тракторов / С. С. Макаревич, М. Н. Пищов, С. Е. Бельский // Тр. БГТУ. Сер. II. Лесная и деревообаб. пром-сть. 2009. Вып. XVII. С. 327–330.
4. М р о ч е к Ж. А. Остаточные напряжения: учеб. пособ. / Ж. А. Мрочек [и др.]. Минск, 2003. С. 68–72.
5. Г о р е л и к С. С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ. 2-е изд. М.: Металлургия, 1970. 368 с.

References

1. B i r g e r I. A. *Ostatochnye napryazheniya* [Residual stresses]. Moscow, Mashgiz Publ., 1963, 240 p.
2. Ostatochnye napryazheniya pri elektromagnitnoj naplavke [Residual stresses in the electromagnetic surfacing]. *Vesti Natsiyanal-nay akademii navuk Belarusi, seriya fizika-tehnicheskikh navuk – Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, seriya Physical and technical Sciences*, 2000, no. 2, pp. 62–65.
3. M a k a r e v i c h S. S., P i s c h o v M. N., B e l s k i j S. E. Model napryazhennogo sostoyaniya zubev detalej transmissij trelevochnyh traktorov [Model stress state of teeth transmission parts skidders]. *Trudy BGTU. Ser. II. Lesnaya i derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost – Proceedings BSTU. Ser. II, Timber Industry*. 2009, vyp. XVII, pp. 327–330.
4. М р о ч е к Zh. A. *Ostatochnye napryazheniya: ucheb. posobie* [Residual stress: studies. allowance]. Minsk, 2003, pp. 68–72.
5. Г о р е л и к S. S. *Rentgenograficheskij i elektronno-opticheskij analiz* [Rentgenograficheky and electron-optical analysis]. 2-e izd. Moscow, Metallurgiya Publ., 1970, 368 p.

Сведения об авторах

Пищов Михаил Николаевич, канд. техн. наук, Белорусский государственный технологический университет. Минск, Беларусь, ул. Свердлова 13а, тел. +375-29-570-72-76.

Бельский Сергей Евграфович, канд. техн. наук, Белорусский государственный технологический университет. Минск, Беларусь, ул. Свердлова 13а, тел. +375-29-110-17-93.

Information about the authors

Pischov Mikhail, Ph. D in Engineering, Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus, Sverdlova str. 13a, tel. +375-29-570-72-76.

Belskiy Sergey, Ph. D in Engineering, Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus, Sverdlova str. 13a, tel. +375-29-110-17-93.