

**В. К. ЛОБАНОВ**, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»;  
**Г. И. ПАШКОВА**, канд. техн. наук, нач. лаб., Завод им. В. А. Малышева

## **МЕТОДИКА И ТЕХНИКА ИССЛЕДОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ ЦАПФ ЗАДНИХ МОСТОВ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

В работе представлена методика и техника исследования сопротивления усталости цапф заднего моста транспортного средства «Дозор», изготовленных по различным технологическим схемам, в условиях нагружения, имитирующего эксплуатационное. Приведены результаты натурных испытаний, осуществленных при знакопостоянном цикле нагружения. Показано, что оптимальными являются испытания деталей при совместном действии изгиба и кручения.

**Ключевые слова:** транспортное средство, задний мост, цапфа, сопротивление усталости

**Введение и постановка задачи.** Для анализа эксплуатационной долговечности узлов транспортных машин используют данные лабораторных и дорожных испытаний. Причем при лабораторных испытаниях иногда не все детали работают в условиях, аналогичных эксплуатационным, поэтому в процессе испытания агрегата в целом может не выявиться истинная долговечность некоторых деталей. В этом случае соответствующий узел или деталь необходимо испытывать отдельно [1, 2].

Цапфы задних мостов транспортных средств относятся к числу наиболее ответственных деталей, подвергающихся в процессе эксплуатации высоким циклическим нагрузкам. Целесообразно определить влияние конструктивных особенностей изготовления цапф на их сопротивление усталости.

**Целью** настоящей работы являлась разработка адаптированной к заводским условиям методики сравнительной оценки сопротивления усталости цапф заднего моста специального транспортного средства «Дозор», изготовленных по различным технологическим схемам, в условиях нагружения, имитирующего эксплуатационное.

**Техника и методика испытаний и тензометрирования.** В качестве объектов исследования рассматриваются натурные цапфы заднего моста, сварной или составной конструкции. Общий вид цапф показан на рис. 1, а.

Разработка основана на использовании для проведения испытаний универсальной испытательной машины типа МУП-50 (см. рис. 1, б), позволяющей создавать максимальную статическую нагрузку 500 кН и максимальную циклическую нагрузку 250 кН с точностью  $\pm 1\%$ . Испытания осуществляются при знакопостоянном цикле нагружения. База испытаний –  $2 \cdot 10^6$  циклов.

Первый этап испытаний цапф проводится при действии изгибающего момента. Частота нагружения –  $500 \text{ мин}^{-1}$ .

Испытаниям при циклическом знакопостоянном изгибе подвергаются одновременно две цапфы, расположенные симметрично относительно оси

приложения нагружающего усилия (рис. 2).

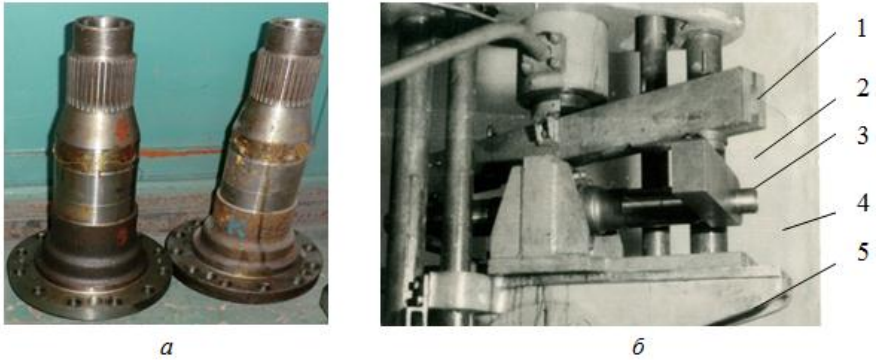


Рис. 1 – Общий вид : а – испытываемые цапфы; б – испытательная машины МУП-50 с установленными в приспособление цапфами: 1 – траверса; 2 – пуансон; 3 – рычаг; 4 – испытываемая цапфа; 5 – основание приспособления

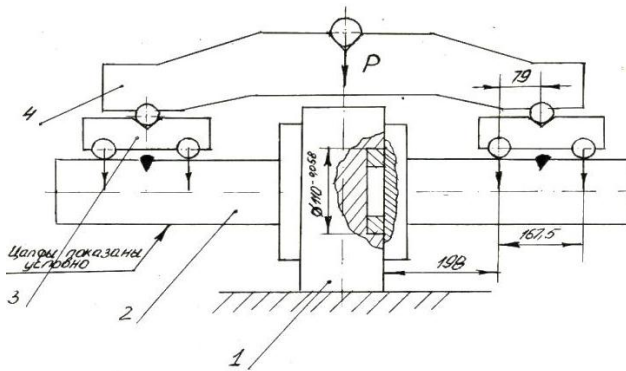


Рис. 2 – Схема приспособления для циклических испытаний цапф при изгибе:  
1 – основание приспособления; 2 – испытываемые детали;  
3 – периферийные пуансоны; 4 – центральный пуансон

Цапфы устанавливаются в специальное приспособление. Нагрузка через центральный пуансон передается на два периферийных пуансона, которые обеспечивают нагружение в местах расположения подшипников качения.

В этом случае цапфы, как и в реальной конструкции, представляют собой консоли с нагрузкой, приложенной в месте расположения колес.

Такая схема позволяет оценивать как опасные сечения самой цапфы, так и узла ее крепления. Максимальная нагрузка на каждую цапфу – 100 кН, минимальная – 40 кН. При разрушении одной из испытываемых цапф до

достижения базового количества циклов проводится замена разрушенной цапфы, и испытания продолжаются. При таких параметрах испытаниям подлежат как сварные, так и составные цапфы.

Перед проведением циклических испытаний производится исследование напряженного состояния цапф методом электротензометрии [3].

При тензометрировании используются тензорезисторы типа ФКП: для резких переходов сечений и района сварного шва – с базой 3 мм, для гладких участков – с базой 5 мм. Определение деформаций производится с помощью полумостовых измерительных схем подключения тензорезисторов. Выходные сигналы тензорезисторов в исходном состоянии и при нагружении цапфы статическим усилием 100 кН фиксируются с помощью тензометрической системы СИИТ-3 с коэффициентом чувствительности равным  $1,98 \cdot 10^{-6}$  единиц относительной деформации. Расчет напряжений производится по стандартным формулам для плоского напряженного состояния [4].

На втором этапе исследований оценивается работоспособность цапф при совместном действии изгибающего и крутящего моментов, т.е. в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным. Общий вид приспособления для проведения таких испытаний, размещенного на машине МУП-50, показан на рис. 1, б.

Две испытываемые цапфы крепятся к корпусу приспособления с помощью штатных болтов. На шлицевых частях обеих цапф закрепляются рычаги, через которые посредством пуансонов, установленных в специальную траверсу, нагрузка передается на испытываемые детали. Таким образом, цапфы представляют собой консоли, нагруженные одновременно изгибающим и крутящим моментами.

В соответствии с расчетными данными максимальная нагрузка на каждую цапфу составляет 50 кН, минимальная – 15 кН, величина максимального крутящего момента 1000 кгс·м, минимального – 300 кгс·м. Частота нагружения – 500 мин<sup>-1</sup>. Таким образом испытывают цапфы обоих конструктивных вариантов, т.е. сварные и составные.

На рис. 3 показана схема расположения тензорезисторов и распределение напряжений по длине цапфы сварной конструкции из стали 18Х2Н4МА при испытаниях на изгиб.

Как видно из приведенного графика, наиболее нагруженной зоной в процессе испытаний является участок, прилегающий к месту крепления цапфы, что вполне объяснимо, учитывая консольный характер нагружения.

Однако и в этих местах значения напряжений при заданном уровне максимальной нагрузки, находящиеся в пределах 200...256 МПа, существенно ниже предела выносливости материала цапфы, который составляет от 470 до 540 МПа [5, 6]. Следует также учесть, что величина напряжений в районе сварного шва еще ниже, что гарантирует малую вероятность усталостного разрушения в этой зоне.

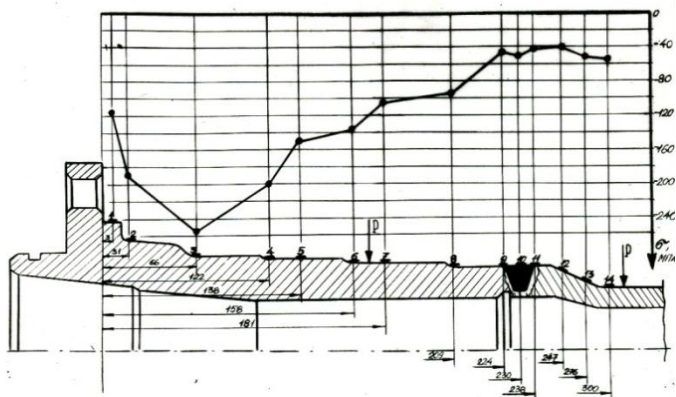


Рис. 3 – Схема размещения тензорезисторов и распределение напряжений в цапфе сварной конструкции из стали 18Х2Н4МА (при испытаниях на изгиб)

Для тензометрирования при испытаниях на изгиб с кручением тензорезисторы наклеивают в наиболее нагруженном сечении цапф с двух противоположных сторон: по схеме розеток (два тензорезистора под углом  $45^\circ$ ) – для измерения напряжений кручения, и друг напротив друга вдоль оси цапфы – для определения напряжений от изгиба. Значения напряжений рассчитываются по известным формулам [7].

**Выводы.** Впервые разработана и адаптирована к реальным лабораторным условиям методика испытаний на усталость цапф заднего моста транспортного средства «Дозор» с различными вариантами изготовления.

**Список литературы:** 1. Гольд Б. В. Основы прочности и долговечности автомобиля / Б. В. Гольд, Е. П. Оболенский, Ю. Г. Стефанович, О. Ф. Трофимов. – М.: Машиностроение, 1967. – 212 с. 2. Кугель Р. В. Испытания на надежность машин и их элементов. – М.: Машиностроение, 1982. – 182 с. 3. Шушкевич В. А. Основы электротензометрии. – Минск: Вышэйшая школа, 1975. – 352 с. 4. Биргер И. А. Остаточные напряжения. – М.: Mashgiz, 1963. – 232 с. 5. Троценко В. Т., Сосновский Л. А. Сопротивление усталости металлов и сплавов. – К.: Наукова думка, 1987. – 308 с. 6. Приданцев М. В., Давыдов Л. Н., Тамирина И. А. Конструкционные стали: Справочник. – М.: Metallurgiya, 1980. – 288 с. 7. Тензометрирование деталей автомобиля / Под ред. И. С. Лулева. – М.: Mashgiz, 1962. – 231 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Gol'd, B. V., E. P. Obolenskij, Yu. G. Stefanovich, and O. F. Trofimov. *Osnovy prochnosti i dolgovechnosti avtomobilja*. Moscow: Mashinostroenie, 1967. Print. 2. Kugel', R. V. *Ispytaniya na nadezhnost' mashin i ih jelementov*. Moscow: Mashinostroenie, 1982. Print. 3. Shushkevich, V. A. *Osnovy jelektrotenzometrii*. Minsk: Vyshhejschaja shkola, 1975. Print. 4. Birger, I. A. *Ostatocnyje naprjazhenija*. Moscow: Mashgiz, 1963. Print. 5. Troshhenko, V. T., and L. A. Sosnovskij. *Soprotivlenie ustalosti metallov i splavov*. Kiev: Naukova dumka, 1987. Print. 6. Pridancev, M. V., L. N. Davydov, and I. A. Tamarina. *Konstrukcionnye stali*. Moscow: Metallurgija, 1980. Print. 7. *Tenzometrirovanie detalej avtomobilja*. I. P. Luneva, ed. Moscow: Mashgiz, 1962. Print.

Поступила (received) 10.10.2014