

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ВАРИАНТОВ ЦАПФ ЗАДНИХ МОСТОВ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В работе выполнено исследование сопротивления усталости цапф заднего моста транспортного средства «Дозор» различных вариантов изготовления. Для проведения испытаний использовали универсальную испытательную машину, позволяющую создавать максимальную статическую нагрузку 500 кН и максимальную циклическую нагрузку 250 кН с точностью  $\pm 1\%$ . Установлено, что место соединения цапфы с насадкой является менее нагруженным и напряженным, чем шлицы и зона крепления цапфы к корпусу.

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

**Введение и постановка задачи.** Актуальной задачей современного машиностроения является повышение эксплуатационной надежности транспортных средств. Использование быстроходных двигателей большой мощности обуславливает увеличение нагрузочных режимов основных агрегатов и деталей. При этом необходимо повышение надежности и долговечности этих узлов и деталей. Решение указанных проблем тесно связано с наиболее полным использованием свойств материалов и рациональным конструированием узлов транспортных средств [1, 2].

Целью настоящей работы являлась сравнительная оценка сопротивления усталости цапф заднего моста специального транспортного средства «Дозор»,

изготовленных по различным технологическим схемам, в условиях нагружения, имитирующего эксплуатационное.

Кроме того, представляло интерес исследование напряженного состояния цапф в условиях такого нагружения, и особенно определение значений напряжений в зоне соединения цапфы с насадкой.

**Объекты испытаний.** В качестве объектов исследования были использованы натурные цапфы заднего моста сварной или составной конструкции (по способу соединения непосредственно цапфы с насадкой). Варианты изготовления цапф приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Варианты изготовления цапф (\* – с усиленными шлицами)

Конструкция цапф	Номер варианта	Характеристика варианта		
		Материал цапфы	Материал насадки	Примечание
Сварные	1-1	сталь 18X2H4MA	сталь 18X2H4MA	–
	1-2	сталь 18X2H4MA	сталь 18X2H4MA	с дефектами сварного шва
	1-3	сталь 18X2H4MA	сталь 12X2H4A	–
	1-4	сталь 18X2H4MA	сталь 18X2H4MA	без термообработки после сварки
	1-5	сталь 25XГТ	сталь 12X2H4MA	без термообработки после сварки
	1-6	сталь 25XГТ	сталь 25XГТ	без термообработки после сварки
	1-7	сталь 20X2H4A	сталь 25XГТ,	–
	3-1	сталь 20X2H4A	сталь 18X2H4MA	–
	3-2	сталь 18X2H4MA	сталь 18X2H4MA	с дефектами сварного шва
	3-3	сталь 18X2H4MA	сталь 18XГТ	–
	3-4	сталь 18X2H4MA	сталь 20X2H4A	–
	Составные	2-1	сталь 18X2H4MA	сталь 18X2H4MA
2-2		сталь 45	сталь 45X	3 штифта
4-1		сталь 20X2H4A	сталь 38XC	3 штифта
4-2		сталь 20X2H4A	сталь 38XC	4 штифта
4-3		сталь 20X2H4A	сталь 38XC	5 штифтов
4-4		сталь 38XC	сталь 38XC	2 ряда штифтов по 3 в каждом ряду (6 шт.)

Конструкция цапф	Номер варианта	Характеристика варианта		
		Материал цапфы	Материал насадки	Примечание
Составные	4-5	сталь 38ХС	сталь 38ХС	2 ряда штифтов по 2 в каждом ряду (4 шт.)
	4-6*	сталь 20Х2Н4А	сталь 38ХС	3 штифта
	4-7*	сталь 20Х2Н4А	сталь 38ХС	4 штифта

Сварка цапфы с насадкой осуществлялась с применением сварочной проволоки СВ08Г2С. Для снятия остаточных напряжений в сварном шве зона последнего подвергалась нагреву ТВЧ до температуры 650°С. После закалки и высокого отпуска твердость деталей находилась в пределах 285...341 НВ.

Составные цапфы изготавливали методом горячего прессования с натягом соединяемых поверхностей – 0,3 мм, т.е. сборка осуществлялась за счет разницы температур непосредственно цапфы и насадки. Кроме того, для дополнительной гарантии от проворачивания, обе части соединяли штифтами диаметром 12 мм.

Основные результаты испытаний. Испытания проводились по специально разработанной методике [3].

Результаты тензометрирования при испытаниях на изгиб с кручением приведены в таблице 2. При этом экспериментально полученные значения сравнивались с расчетными для балки переменного сечения, подвергнутой изгибу с кручением [4] (расчетные значения напряжений: при изгибе – 127 МПа, при кручении – 190 МПа).

Как следует из таблицы 2, абсолютные значения напряжений, полученных экспериментальным путем, достаточно близки к расчетным, что свидетельствует о правильности испытательной схемы [3], обеспечивающей условия нагружения, аналогичные эксплу-

тационным. При этом их величины также существенно меньше значения предела выносливости материала цапф.

Таблица 2 – Результаты тензометрирования цапф заднего моста при изгибе с кручением

Номера цапф	Номер тензорезистора или розетки	Напряжения, МПа	
		при изгибе	при кручении
Цапфа 1	т/р No 1	+ 137	–
	т/р No 3	- 126	–
	роз. 2-2'	–	217
	роз. 4-4'	–	191
Цапфа 2	т/р No 5	- 130	–
	т/р No 7	+ 140	–
	роз. 6-6'	–	190
	роз. 8-8'	–	223

Результаты испытаний на усталость цапф различной конструкции приведены в таблице 3.

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что при испытаниях на изгиб практически все цапфы, независимо от конструкции и использованных материалов, а также наличия дефектов сварного шва, выдерживают базовое количество циклов нагружения без разрушения. По-видимому, использованная схема испытаний недостаточно точно отражает характер нагружения цапф в эксплуатации.

Таблица 3 – Результаты испытаний цапф различной конструкции на усталость

Схема испытаний	Конструкция цапф	Номер варианта	Условные номера цапф	Количество циклов нагружения	Результат испытаний
Изгиб	Сварные	1-1	663-1...663-4	$2 \cdot 10^6$	выдержали
		1-2	667-1...667-4; 668-1, 668-2	$2 \cdot 10^6$	выдержали
		1-3	677-1, 677-2	$2 \cdot 10^6$	выдержали
		1-4	682-1, 682-2	$2 \cdot 10^6$	выдержали
		1-5	685-1, 685-2	$2 \cdot 10^6$	выдержали
		1-6	686-1, 686-2	$2 \cdot 10^6$	выдержали
		1-7	687-1, 687-2	$2 \cdot 10^6$	выдержали
	Составные	2-1	674-1, 674-2	$3 \cdot 10^6$	выдержали
		2-2	680-1...680-4	$3 \cdot 10^6$	выдержали
Совместное действие изгиба и кручения	Сварные	3-1	689-1	489 000	разрушилась по шлицам
			689-2	514 000	разрушилась по шлицам
		3-2	694-1	700 000	разрушилась по шлицам
			694-2	$2 \cdot 10^6$	выдержала

Схема испытаний	Конструкция цапф	Номер варианта	Условные номера цапф	Количество циклов нагружения	Результат испытаний	
Совместное действие изгиба и кручения	Сварные	3-3	704-1	1 112 000	разрушилась по шлицам	
			704-2	1 690 000	разрушилась по шлицам	
		3-4	706-1, 706-2	1 480 000	разрушились по шлицам	
	Составные		4-1	688-1	350 000	разрушилась по шлицам
			4-2	688-3	418 000	разрушилась по шлицам
			4-3	688-4	443 000	разрушилась по шлицам
			4-4	690-1	790 000	разрушилась по шлицам
				690-2	1 431 000	разрушилась по шлицам
			4-5	693-1	2 · 106	выдержала
				693-2	945 000	разрушилась по шлицам
			4-6*	695-1, 695-2	2 · 106	выдержали
4-7*	696-1, 696-2	2 · 106	выдержали			

Оптимизация схемы и параметров испытаний (совместное воздействие на цапфы изгибающего и крутящего моментов) приводит к принципиальному изменению результатов испытаний на усталость.

Как видно из табл. 3, в большинстве случаев происходит разрушение цапф по шлицам от действия крутящего момента. Такие результаты свидетельствуют о том, что места соединения цапф с насадками (независимо от варианта изготовления и количества штифтов) являются менее нагруженными, чем шлицевое соединение.

Указанный вывод подтверждают данные, полученные при испытаниях составных цапф с усиленными шлицами (варианты 4-6\* и 4-7\*). Все испытанные цапфы выдержали без разрушения базовое количество циклов.

**Выводы.** Впервые реализована в лабораторных условиях методика испытаний на усталость цапф заднего моста транспортного средства «Дозор» с различными вариантами изготовления.

Установлено, что нагружение цапф одновременно изгибающим и крутящим моментами отражает условия работы деталей в эксплуатации. Данные, полученные при тензометрировании цапф в процессе статического нагружения показывают, что уровень напряжений во всех случаях существенно ниже предела выносливости материала цапф.

Результаты испытаний на усталость свидетельствуют о том, что при совместном действии изгиба и кручения разрушение цапф происходит по шлицам независимо от варианта изготовления деталей. При испытаниях деталей с усиленными шлицами все цап-

фы выдерживают заданное количество циклов нагружения.

На основе данных тензометрирования и усталостных испытаний, следует заключить, что выбранная схема испытаний цапф при одновременном действии изгибающего и крутящего моментов может служить основой разработки технологии и нормативов для проведения выборочных контрольных испытаний цапф в серийном производстве с целью периодического контроля уровня и стабильности качества их 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. Лобанов В. К. Методика и техника исследования сопротивления усталости цапф задних мостов специальных транспортных средств / В. К. Лобанов, Г. И. Пашкова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні. – Х.: НТУ «ХПІ», 2014. – №42. – С. 112-115. 4. Писаренко Г. С., Яковлев А. П., Матвеев В. В. Справочник по сопротивлению материалов. – К.: Наукова думка, 1975. – 704 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. – 212 p. Print. 2. Kugel', R. V. *Ispytaniya na nadezhnost' mashin i ih jelementov*. Moscow: Mashinostroenie, 1982. – 182 p. Print. 3. Lobanov, V. K., and G. I. Pashkova. *Metodika i tehnika issledovaniya soprotivleniya ustalosti capf zadnih mostov special'nyh transportnyh sredstv*. Visnik NTU «KhPI». No.42. 2014. pp.112-115. Print. 4. Pisarenko, G.S., A.P. Jakovlev and V.V. Matveev. *Spravochnik po soprotivleniju materialov*. Kiev: Naukova dumka, 1975. – 704 p. Print.

Поступила (received) 10.10.2014

**Лобанов Виктор Константинович** – д-р техн. наук, проф. НТУ «ХПИ», тел.: (057)-707-60-40, e-mail: omd.kpi.kharkov.ua@mail.ru ;

**Пашкова Галина Ивановна** – канд. техн. наук, нач. лаб., ГП «Завод им. В. А. Малышева», тел.: (057)-739-39-49, e-mail: marketing@malyshev.kharkov.ua .