

Джуроев А., Давидбаев Б.Н., Зулпиев С., Давидбаева Н.Б.

**ГАРМОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА НА ВЕДОМОМ ВАЛУ
РЫЧАЖНО-ШАРНИРНОЙ МУФТЫ**

A. Dzhuraev, B.N. Davidbaev, S. Zulpiev, N.B. Davidbaeva

HARMONIC ANALYSIS ON THE SLAVE TORQUE SHAFT LEVER-BALL COUPLING

УДК: 621.01

Данная статья посвящена анализу скоростно-нагруженных характеристик элементов карданных механизмов с рычажно-шарнирной муфтой. На основе экспериментально полученных данных т.е. кривые изменения крутящих моментов используя методы гармонического анализа получены выражения крутящих моментов ведущего вала, рычажно-шарнирной муфты.

This article is devoted for analysis of the high- speed elements cardonic mechanism with lever joint sleeve. On the Base of experientially receiving the crooved changes of twisting moments using the methods harmonious analysis.

Для анализа скоростно-нагруженных характеристик элементов трансмиссии автомобиля, в частности карданного механизма с рычажно-шарнирной муфтой важными являются определение угла и характер технологических и внешних нагрузок. Эта нагрузка в основном формируется от неравномерности грунта, коэффициента трения шины машины с фунтом, силы веса груза в машине, а также от к.п.д. передач в трансмиссии и др. Характеристики и значения технологических сопротивлений в трансмиссии автомобиля определяются обработкой экспериментально полученных данных (осциллограмм) Согласно полученных осциллограмм (рис.1), кривые изменения крутящих моментов на ведущем и ведомом валах рычажно- шарнирной муфты карданного механизма имеют периодический характер со случайными высокочастотными составляющими. Для обработки кривых моментов сил сопротивления, представляющих собой кривые периодических функций, используются методы гармонического анализа [1,2].

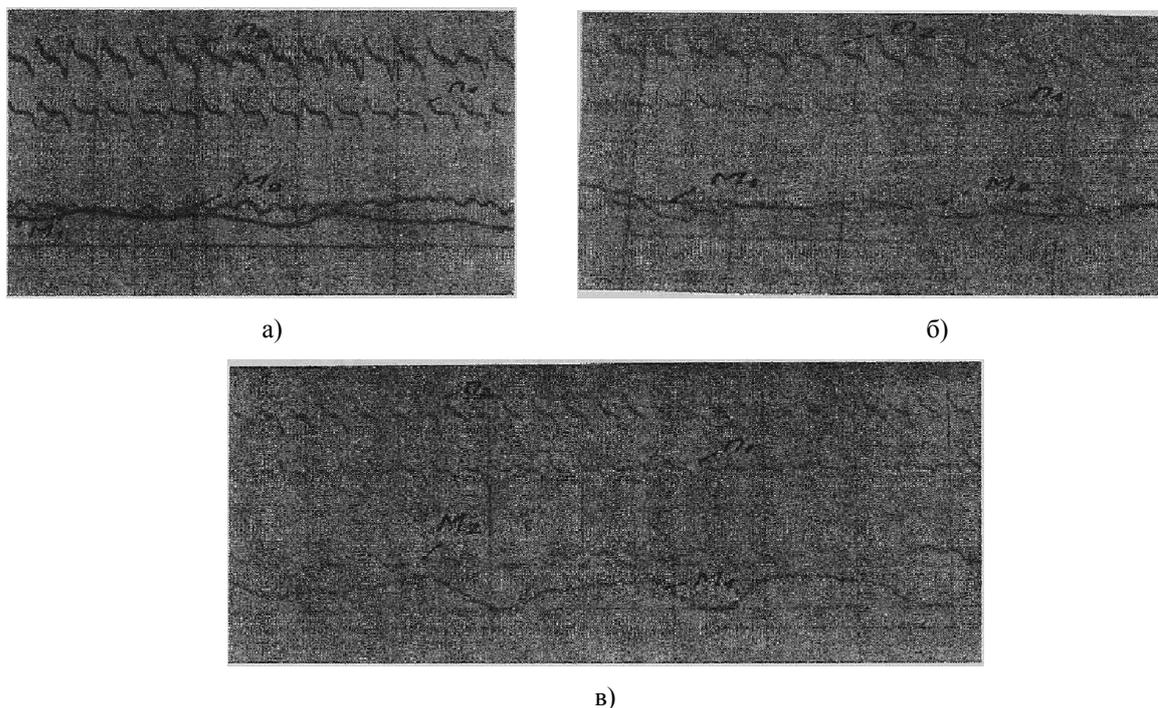


Рис. 1. Осциллограммы мерностей изменения M_1 , и M_2 , n_1 n_2 при использовании в муфт резин различных марок
 а – марка резины 7ИРП 13-48 (1200 Нм/рад); б – марка резины 7В 14 МВС (750 Нм/рад);
 в – марка резины 1847 (650 Нм/рад)

Согласно известной методике можно утверждать, что всякая периодическая функция $M = f(\varphi)$ с периодом 2π , удовлетворяющая условию Дирихле, описывается тригонометрическим рядом Фурье в виде:

$$M = \frac{M_{cp}}{2} + A_1 \cos \varphi + A_2 \cos 2\varphi + \dots + A_{n-1} \cos(n-1)\varphi + \\ + A_n \cos n\varphi + B_1 \sin \varphi + B_2 \sin 2\varphi \dots + B_{n-1} \sin(n-1)\varphi + B_n \sin \varphi = \\ = \sum_{n=1}^{\infty} (A_n \cos n\varphi + B_n \sin n\varphi) + \frac{M_{cp}}{2} \quad (1)$$

где, M_{cp} - среднее значение крутящего момента за рассматриваемый период; $A_1, A_2, \dots, A_n, B_1, B_2, \dots, B_n$ - постоянные гармонические коэффициенты.

Как отмечалось выше рассматриваемая функция $M(\varphi)$ технологического сопротивления представлены в виде кривых осциллограмм. При этом постоянные гармонические коэффициенты определяются приближенно согласно [1] в виде:

$$A_n \approx \frac{2}{m} \sum_{i=1}^{i=m} M_i \cos\left(\frac{2\pi m}{m} i\right); B_n \approx \frac{2}{m} \sum_{i=1}^{i=m} M_i \sin\left(\frac{2\pi m}{m} i\right) \quad (2)$$

где, m - число равных частей, на которое разделен период колебаний крутящих моментов на валах трансмиссии автомобиля; M_i - ординаты, соответствующие указанным делениям; n - порядок гармоники кривых технологического сопротивления. За рассматриваемый период среднее значение момента технологического сопротивления определяется из выражения:

$$M_{cp} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m M_i \quad (3)$$

Обработка осциллограмм крутящих моментов на ведущем и ведомом валах рычажно-шарнирной муфты осуществляли следующим образом [1].

- полученные кривые крутящих моментов на валах муфты за период 2π разделяли на равные 12 частей, то есть за каждые $\frac{\pi}{6}$ поворота валов;

- измеряли ординаты точки пересечения проведенных линий с кривыми крутящих моментов и с учетом тарировочных графиков получили реальные значения M_1 и M_2 ;

- полученные значения крутящих моментов вносили в ряд Фурье.

Согласно обработки осциллограмм запишем значения крутящих моментов учитывая первые пять гармоник в следующем виде:

$$M_1(\varphi_1) = M_{1cp} + a_1 \cos \varphi_1 + a_2 \cos 2\varphi_1 + a_3 \cos 3\varphi_1 + a_4 \cos 4\varphi_1 + \\ + a_5 \cos 5\varphi_1 + a_6 \cos 6\varphi_1 + \vartheta_3 \sin \varphi_1 + \vartheta_2 \sin 2\varphi_1 + \\ + \vartheta_3 \sin 3\varphi_1 + \vartheta_4 \sin 4\varphi_1 + \vartheta_5 \sin 5\varphi_1; \\ M_2(\varphi_2) = M_{2cp} + a'_1 \cos \varphi_2 + a'_2 \cos 2\varphi_2 + a'_3 \cos 3\varphi_2 + a'_4 \cos 4\varphi_2 + \\ + a'_5 \cos 5\varphi_2 + a'_6 \cos 6\varphi_2 + \vartheta'_1 \sin \varphi_2 + \vartheta'_2 \sin 2\varphi_2 + \\ + \vartheta'_3 \sin 3\varphi_2 + \vartheta'_4 \sin 4\varphi_2 + \vartheta'_5 \sin 5\varphi_2; \quad (4)$$

Коэффициенты $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a'_1, a'_2, a'_3, a'_4, a'_5, a'_6, \vartheta_1, \vartheta_2, \vartheta_3, \vartheta_4, \vartheta_5, \vartheta'_1, \vartheta'_2, \vartheta'_3, \vartheta'_4, \vartheta'_5$, а также угловой значения рассчитали согласно методики приведенной в работе [1], которые приведены в таблицах 1 и 2.

Для пяти гармоник определяем амплитуды и фазы для крутящих моментов на ведущим ведомом валах рычажно-шарнирной муфты карданного механизма:

$$A_1 = \sqrt{a_1^2 + e_1^2} = 8,124; \operatorname{tg} \varphi_{11} \frac{a_1}{e_1} = -0,91; \varphi_1 = 317^{\circ} 42';$$

Таблица 1

Значения коэффициентов для момента ведущему валу муфты

№ цикла	$M_{\text{всп}}$	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
1	237,15	-5,492	7,124	0,556	-3,912	0,9314
2	243,4	6,212	8,15	-0,915	0,991	0,2524
3	241,3	-4,451	4,312	-0,8219	-2,415	-1,174
4	229,7	-3,976	-4,655	-1,218	1,167	-0,866
5	229,4	-5,384	-3,473	-2,661	-2,667	-1,115
6	223,1	4,021	3,373	-1,972	-3,116	-3,928
№ цикла	e_6	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5
1	2,033	6,016	-2,446	-2,667	-1,772	1,169
2	3,853	-4,339	-6,726	-0,145	-2,276	1,138
3	9,125	-12,017	9,517	3,214	6,150	-0,523
4	-1,625	2,931	-3,238	-4,376	0,188	-1,101
5	-0,817	16,123	3,015	-0,467	-3,437	-0,550
6	-1,413	-8,064	0,2546	-1,476	-0,256	0,328

Таблица 2

Значения коэффициентов для машин в ведомом валу муфты

№ цикла	$M_{\text{всп}}$	a'_1	a'_2	a'_3	a'_4	a'_5
1	243,29	-18,48	6,817	-2,441	-4,646	3,119
2	246,17	-15,30	4,558	0,885	3,736	-0,664
3	238,16	-6,769	7,178	-1,216	1,923	-3,553
4	229,91	4,705	-8,918	-0,716	2,765	-2,941
5	239,88	-4,338	-4,851	-3,516	-4,911	-0,126
6	233,39	8,495	3,367	-1,718	6,316	1,157
№ цикла	a'_6	e'_1	e'_2	e'_3	e'_4	e'_5
1	4,025	-5,621	-2,018	-4,645	1,793	1,178
2	13,528	-4,216	6,092	1,653	-0,561	1,123
3	8,312	-14,372	4,328	-0,442	-4,819	-0,623
4	1,134	2,716	-0,613	6,312	3,273	-1,103
5	-4,416	12,83	-6,254	-8,154	-0,256	-0,650
6	-0,567	-10,62	-4,205	-1,472	-3,437	3,328

$$A_2 = \sqrt{a_2^2 + e_2^2} = 7,53; \operatorname{tg} \varphi_{12} \frac{a_2}{e_2} = -2,91; \varphi_2 = 288^{\circ} 54';$$

$$A_3 = \sqrt{a_3^2 + e_3^2} = 2,72; \operatorname{tg} \varphi_{13} \frac{a_3}{e_3} = -0,22; \varphi_3 = 347^{\circ} 36';$$

$$A_4 = \sqrt{a_4^2 + e_4^2} = 4,29; \operatorname{tg} \varphi_{14} \frac{a_4}{e_4} = -2,21; \varphi_4 = 65^{\circ} 42';$$

$$A_5 = \sqrt{a_5^2 + e_5^2} = 1,49; \operatorname{tg} \varphi_{15} \frac{a_5}{e_5} = 0,79; \varphi_5 = 38^{\circ} 16';$$

$$A'_1 = \sqrt{(a'_1)^2 + (e'_1)^2} = 19,29; \operatorname{tg} \varphi_{21} \frac{a'_1}{e'_1} = -3,29; \varphi_{21} = 73^{\circ} 5'$$

$$A'_2 = \sqrt{(a'_2)^2 + (e'_2)^2} = 7,11; \operatorname{tg} \varphi_{22} = \frac{a'_2}{e'_2} = -3,37; \varphi_{22} = 286^{\circ} 30';$$

$$A'_3 = \sqrt{(a'_3)^2 + (e'_3)^2} = 5,247; \operatorname{tg} \varphi_{23} = \frac{a'_3}{e'_3} = 0,53; \varphi_{23} = 28^{\circ} 52';$$

$$A'_4 = \sqrt{(a'_4)^2 + (e'_4)^2} = 4,98; \operatorname{tg} \varphi_{24} = \frac{a'_4}{e'_4} = -2,41; \varphi_{24} = 292^{\circ} 38';$$

$$A'_5 = \sqrt{(a'_5)^2 + (e'_5)^2} = 3,334; \operatorname{tg} \varphi_{25} = \frac{a'_5}{e'_5} = 2,65; \varphi_{25} = 68^{\circ} 12'.$$

Согласно (4) для первого цикла изменения крутящих моментов $M_1(\varphi_1)$ и $M_2(\varphi_2)$ можно записать:

$$\begin{aligned} M_1(\varphi_1) &= 237,15 - 5,492 \cos \varphi_1 + 7,124 \cos 2\varphi_1 + 0,556 \cos 3\varphi_1 - 3,912 \cos 4\varphi_1 + \\ &+ 0,931 \cos 5\varphi_1 + 2,033 \cos 6\varphi_1 + 6,016 \sin \varphi_1 - 2,446 \sin 2\varphi_1 - \\ &- 2,667 \sin 3\varphi_1 + 1,772 \cos 4\varphi_1 + 1,169 \cos 5\varphi_1; \\ M_2(\varphi_2) &= 243,29 - 18,48 \cos \varphi_2 + 6,817 \cos 2\varphi_2 - 2,441 \cos 3\varphi_2 - 4,646 \cos 4\varphi_2 + \\ &+ 3,119 \cos 5\varphi_2 + 4,025 \cos 6\varphi_2 - 5,62 \sin \varphi_2 - 2,018 \sin 2\varphi_2 - \\ &- 4,645 \sin 3\varphi_2 + 1,793 \sin 4\varphi_2 + 1,178 \sin 5\varphi_2; \end{aligned} \quad (5)$$

Полученные результаты были использованы при выполнении теоретических исследований динамики машинного агрегата карданного механизма с рычажно-шарнирной муфтой автомобиля КаВЗ-685

Литература:

1. А. Джураев Моделирование динамики машинных агрегата хлопка перерабатывающих машин. Изд. «Фан», Ташкент, 1984, 128 с.
2. А.Ф.Торговщей. Кулачковые импульсивные вариаторы хлопкоочистителей. изд. «Фан», Ташкент, 1968, 112 с.

Рецензент: к.ф.-м.н., доцент Асамидинов Ф.М.