

В. А. Судакова

ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

ВЛИЯНИЕ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСМИССИИ НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУММАРНОГО УГЛОВОГО ЗАЗОРА ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ В ДВИЖЕНИИ

Рассмотрены вопросы влияния упругих элементов трансмиссии на выбор суммарного углового зазора при различных дорожных условиях, на примере выбора суммарного углового зазора в зубчатых зацеплениях гидромеханической трансмиссии карьерного самосвала БелАЗ-7555. Упругую составляющую зазора при диагностике в движении предложено учитывать коэффициентом, либо установив на валу датчик момента, т.к. зазор выбирается при нулевом моменте на валу.

При диагностировании в движении на точность определения величины суммарного углового зазора, как параметра определяющего техническое состояние зубчатых зацеплений, будут влиять упругие элементы в трансмиссии машины. Угловые деформации валов при передаче вращающего момента в процессе движения будут идентифицироваться импульсной системой как составляющие суммарного углового зазора, поэтому в расчетах необходимо учесть не только угловые перемещения связанные с выбором суммарных угловых зазоров, но и общие перемещения сосредоточенных масс, с которыми связаны датчики углового положения ведущей и ведомой частей трансмиссии и коробки передач. Угловые деформации валов при диагностике в движении можно разделить на две составляющие: статическую составляющую (фактические угловые перемещения валов, связанные с передачей вращающего момента для преодоления сил сопротивления движению в установившемся режиме) и динамическую составляющую (фактические угловые перемещения валов от соприкосновения ведущей и ведомой частей зубчатых зацеплений в момент удара, после тестового воздействия и выбора суммарного углового зазора силами инерции вращающихся и поступательно движущихся масс).

При тестовом воздействии на трансмиссию в виде торможения двигателем силы инерции вращающихся масс, связанных с выходным валом не только выбирают зазоры противоположного направления, но и деформируют упругие элементы в противоположном направлении, что также скажется на точности определения суммарного углового зазора. Кроме того, наличие упругих элементов в динамической системе вызывает появление низкочастотных колебаний, поэтому необходимо оценить их влияние на точность определения суммарного углового зазора.

Оценку величин статической и динамической составляющих на точность определения суммарных угловых зазоров в коробке передач и трансмиссии в целом проведем при диагностировании зубчатых зацеплений трансмиссии автомобиля БелАЗ-7555 при движении на первой передаче по грунтовой дороге с коэффициентом сопротивления качению $f=0,035$ на скоростном режиме двигателя 120 рад/с. При подаче тестового воздействия на трансмиссию в виде торможения двигателем, суммарный угловой зазор в коробке передач, равный 0,09 рад (рис. 1 кривая а) и в трансмиссии в целом, равный 0,88 рад (рис. 2 кривая а) выбирается, хотя общая деформация выходных валов (идентифицируемая импульсной системой как суммарный угловой зазор) в коробке передач и трансмиссии в целом значительно больше (рис. 1 и 2 кривые б). В этом случае статическая составляющая фактического перемещения валов в коробке передач составляют 0,008 рад (рис. 1 кривая б), а для трансмиссии составляют 0,2 рад (рис. 2 кривая б). Динамическая составляющая фактического перемещения валов в коробке передач от -0,09 рад до -0,093 рад (рис. 1 кривая б), а в трансмиссии в целом от -0,88 рад до -1,055 рад (рис. 2 кривая б).

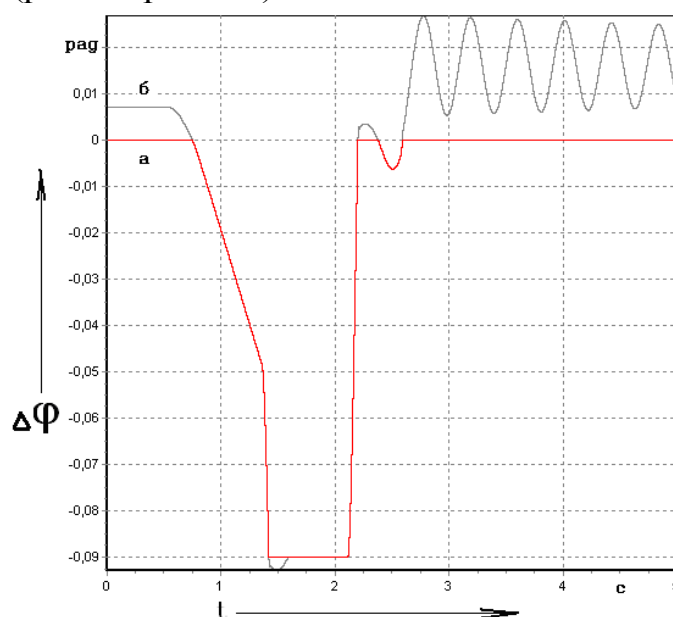


Рис. 1. Графики выбора зазора (кривая а) и фактических угловых перемещений валов (кривая б) на выходе коробки передач

Статическая составляющая зависит от дорожных условий, т.е. от величины передаваемого момента, влияющего на углы закручивания валов, а динамическая – от скорости движения машины, зависящей от принятого скоростного режима работы двигателя при тестовом воздействии и передаточного числа трансмиссии, т.е. от накопленной кинетической энергии машины. Поэтому необходимо исследовать влияние дорожных условий на погрешность определения суммарного углового зазора.

Для оценки влияния дорожных условий на погрешность определения углового зазора из-за упругих элементов трансмиссии проанализируем фак-

тические угловые перемещения валов при диагностировании зубчатых элементов в движении на первой передаче при выбранном для тестового воздействия скоростном режиме работы двигателя 120 рад/с на горизонтальном участке пути с коэффициентами сопротивления качению $f=0,015$, $f=0,025$ и $f=0,035$. Установлено, что имеется четкая тенденция: при увеличении коэффициента сопротивления качению статическая составляющая общего углового перемещения возрастает, а динамическая – убывает, причем убывает более интенсивно, из-за чего общая погрешность снижается.

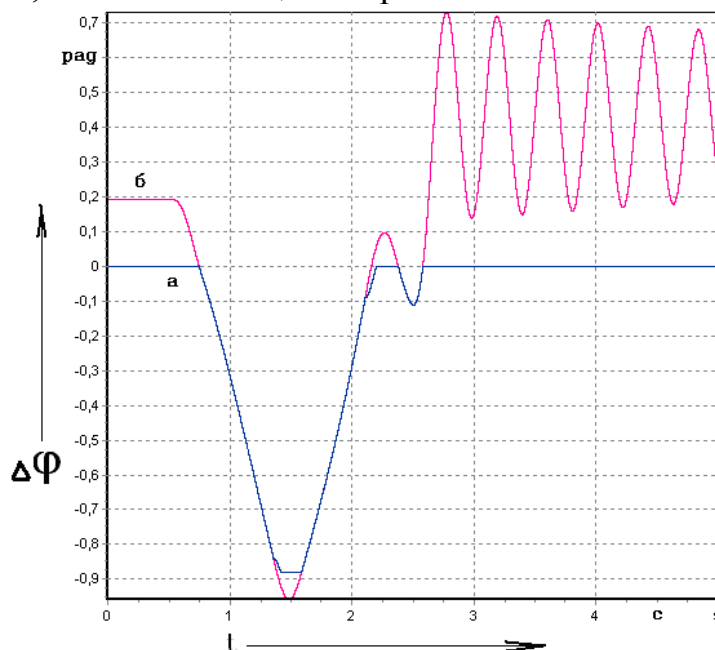


Рис. 2. Графики выбора зазора (кривая а) и фактических угловых перемещений валов (кривая б) на выходе трансмиссии

Результаты расчетов статической и динамической составляющих суммарного углового зазора в трансмиссии при движении в различных дорожных условиях на всех передачах при одном и том же скоростном режиме двигателя представлены в табл. 1.

Для нахождения истинного значения суммарного углового зазора, необходимо учесть статическую и динамическую составляющие поправочным коэффициентом. Этот коэффициент на каждой передаче и при различных дорожных условиях будет свой (табл. 1). Однако, на каждой передаче поправочный коэффициент изменяется либо возрастая с увеличением коэффициента сопротивления движению (I и II передачи, и передача ЗХ, табл. 1), либо убывает (III-VI передачи).

Это связано с тем, что с увеличением скоростей движения статический момент на выходном валу уменьшается, а кинетическая энергия возрастает, что и приводит к большим деформациям валов от динамических нагрузок, т.е. при больших передаточных числах преобладают статические деформации, при малых – динамические.

Табл. 1. Значения суммарного углового зазора в трансмиссии при различных дорожных условиях

передача	I			II			III			IV			V			VI			3X		
Коэффициент сопротивления движению	0,015	0,025	0,035	0,015	0,025	0,035	0,015	0,025	0,035	0,015	0,025	0,035	0,015	0,025	0,035	0,015	0,025	0,035	0,015	0,025	0,035
Расчетное значение, рад	0,88			0,59			0,43			0,37			0,23			0,17			0,95		
статическая составляющая	0,090	0,120	0,200	0,060	0,100	0,135	0,040	0,070	0,100	0,030	0,050	0,068	0,020	0,034	0,048	0,015	0,025	0,034	0,100	0,150	0,225
динамическая составляющая	0,455	0,336	0,176	0,350	0,300	0,240	0,240	0,220	0,200	0,130	0,120	0,110	0,080	0,080	0,070	0,040	0,040	0,040	0,480	0,330	0,080
Зазор с учетом составляющих с графика	1,425	1,336	1,255	1,000	0,990	0,965	0,710	0,720	0,730	0,530	0,540	0,548	0,330	0,344	0,348	0,225	0,235	0,244	1,530	1,430	1,255
Процент расхождения вычисленного от расчетного	62	52	42	69	68	63	65	67	69	43	46	48	43	49	51	32	38	32	61	50	32
Поправочный коэффициент	0,62	0,65	0,70	0,59	0,60	0,61	0,61	0,60	0,59	0,70	0,69	0,68	0,70	0,67	0,66	0,75	0,72	0,70	0,62	0,66	0,76
Процент расхождения вычисл. от расч. с поправочным коэффициентом	0,004	0,010	0,002	0	0,007	0,002	0,007	0,005	0,002	0,003	0,007	0,007	0,004	0,002	0,001	0,007	0,005	0,005	0,001	0,007	0,004

Учесть статическую и динамическую составляющие зазора при различных дорожных условиях на всех передачах достаточно сложно, поэтому более целесообразно учитывать погрешность по каждой передаче в отдельности как функцию дорожных условий. Для этого достаточно эту зависимость описать полином второго порядка вида:

$$q_i = k_{0i} + k_{1i} \cdot f + k_{2i} \cdot f^2$$

где q_i – поправочный коэффициент, для определения зазора на i -той передаче при коэффициенте сопротивления качению f ; k_i – коэффициенты регрессии по i -той передаче.

Учет статической и динамической составляющих фактических перемещений валов при различных коэффициентах сопротивления движению поправочным коэффициентом, позволит с высокой точностью определять суммарный угловой зазор при диагностике в движении. Данный поправочный коэффициент не является универсальным, а зависит от динамических параметров машины и упругих элементов трансмиссии, от которых зависят величины статической и динамической составляющих фактических перемещений валов, на основе которых получаем коэффициенты регрессии. Следовательно, поправочные коэффициенты для различных машин различны.

При отсутствии данных о динамических параметрах машины статическую и динамическую составляющие общей деформации валов при расчете суммарных угловых зазоров можно исключить, установив датчик момента на выходном валу трансмиссии, поскольку суммарный угловой зазор выбирается при нулевом моменте на выходном валу.