

Н. Л. Островерхов, И. К. Русецкий

## ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЕМПФЕРА НА КРУТИЛЬНЫЕ КОЛЕБАНИЯ В ТРАНСМИССИИ АВТОМОБИЛЯ

Трансмиссия автомобиля состоит из большого количества маховых масс, соединенных между собой упругими элементами различной жесткости, и представляет собой сложную крутильно-колебательную систему со значительным числом частот собственных колебаний. Периодическая величина крутящего момента двигателя внутреннего сгорания, действующего на трансмиссию, приводит к появлению в последней крутильных колебаний, а при совпадении или кратности частот пульсаций крутящего момента двигателя и одной из частот собственных колебаний трансмиссии — к возникновению резонансов. Эти явления вызывают снижение долговечности деталей силовой передачи, а иногда и их поломки, шум и вибрации, ухудшающие комфортабельность езды.

Таким образом, качественное подавление крутильных колебаний, возникающих в трансмиссии, в немалой степени способствует выполнению требований долговечности и комфортабельности, которые предъявляются к современному автомобилю. В связи с этим вопросу исследования крутильных колебаний в трансмиссиях автомобилей в последнее время уделяется значительное внимание.

Необходимость исследования крутильных колебаний в трансмиссии автомобиля МАЗ диктовалась тем, что 6-цилиндровые V-образные двигатели ЯМЗ-236, которые устанавливаются на серийные автомобили Минского автозавода, обладают большой степенью неравномерности крутящего момента [1]. Кроме того, с переходом на выпуск автомобилей семейства МАЗ-500А в трансмиссии автомобилей устанавливается двухдисковое сцепление, значения параметров демпферного устройства которого, в сравнении с однодисковым, удвоились и не соответствуют оптимальным.

Демпфер, как правило, устанавливается в ведомом диске сцепления и состоит из упругой муфты (чаще всего цилиндрических пружин, расположенных тангенциально в окнах ведущего и ведомого элементов демпфера) и поглотителя энергии крутильных колебаний (элемента механического трения, который также устанавливается между ведущими и ведомыми деталями демпфера).

Такие демпферы относятся к типу пружинно-фрикционных и получили в автомобилестроении наибольшее распространение;

демпфером этого типа снабжаются и силовые агрегаты ЯМЗ-236. Момент трения  $M_T$ , жесткость упругого элемента  $c_d$ , момент  $M_3$  и угол  $\varphi_3$  замыкания демпфера являются наиболее важными параметрами демпферов.

В настоящей работе приводятся результаты исследования влияния первых трех из названных параметров на характер крутильных колебаний в трансмиссии экспериментального автомобиля МАЗ-511А (самосвал с боковой разгрузкой). Угол замыкания демпфера во всех случаях оставался неизменным и равным  $\varphi_3 = 3^\circ 30'$ .

Колебания крутящего момента одновременно замерялись на первичном валу коробки передач, карданном валу и кожухе полуоси заднего моста, для чего были использованы фольговые тензорезисторы 2ФКРВ, ртутные токосъемники, тензоусилитель ТА-5 и осциллограф Н-700. Обороты двигателя и карданного вала фиксировались с помощью индукционных датчиков оборотов.

Колебательный процесс, происходящий в трансмиссии автомобиля в режиме разгона, записывался в виде осциллограммы, образцы которой показаны на рис. 1.

Заезды проводились по ровному участку асфальтированного шоссе; методика испытаний также была неизменной; автомобиль на определенной передаче разгонялся от минимально устойчивой скорости до максимальной. Указанная методика более подробно описана в работах [2, 3].

После обработки результатов испытаний были построены амплитудно-частотные характеристики крутильных колебаний в трансмиссии автомобиля. Наибольшие амплитуды колебаний крутящего момента возникают при движении автомобиля на четвертой (прямой) передаче; в этом случае податливость трансмиссии и, следовательно, естественное демпфирование имеют минимальные значения. Уровень крутильных колебаний достигал наибольших значений на первичном валу коробки передач. На карданном

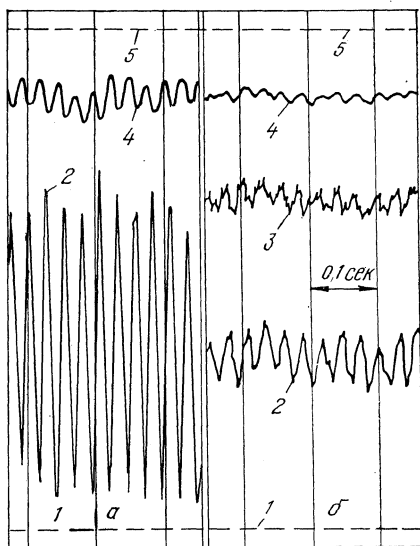


Рис. 1. Осциллограммы с записью колебаний крутящего момента в трансмиссии при разгоне на четвертой передаче без демпфера (а) и с демпфером (б):

1 и 5 — отметка чисел оборотов двигателя и карданного вала; 2, 3, 4 — соответственно кривые колебаний крутящего момента на первичном валу КП, на карданном валу и кожухе полуоси заднего моста.

валу в зависимости от характеристик демпфера — на 20—30% ниже, еще больше снижаясь на кожухе полуоси.

Таким образом, наибольшую опасность будут представлять крутильные колебания на первичном валу КПП. На рис. 2 кривой 1

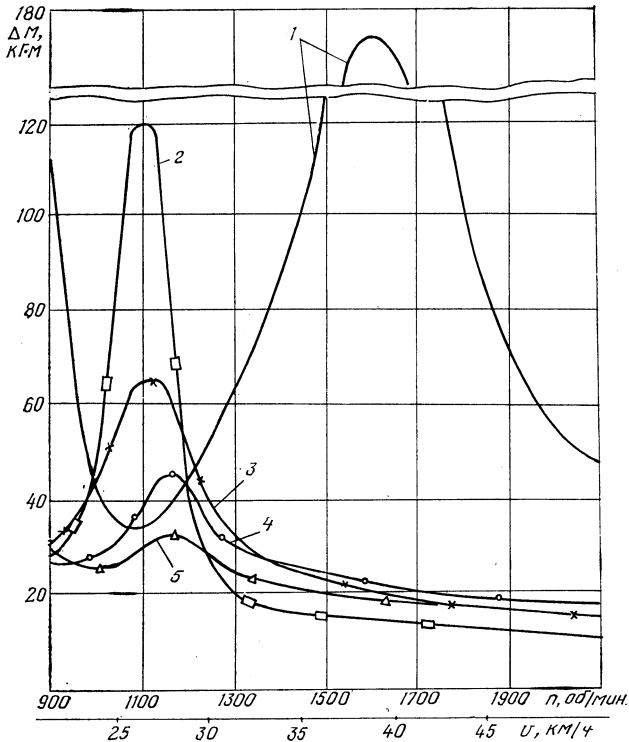


Рис. 2. Изменение размахов крутильных колебаний на первичном валу коробки передач автомобиля МАЗ-511А:

1 — трансмиссия без демпфера; 2 — трансмиссия с упругой муфтой с жесткостью  $s=20$  кг·м/град,  $M_{II}=20$  кг·м и  $M_3=90$  кг·м в ведомом диске сцепления; 3, 4, 5 — трансмиссия с демпфером в ведомом диске: параметры момента трения поглотителя  $M_T$  соответственно 1,6; 1,3 и 9 кг·м, упругая муфта с параметрами  $M_{II}=20$  кг·м и  $M_3=90$  кг·м (сцепление однодисковое).

обозначено изменение размахов (двойных амплитуд) крутильных колебаний  $\Delta M$  на первичном валу КПП при отсутствии в трансмиссии демпферного устройства. В этом случае имеют место два резонанса при 800 и 1600 об/мин. Величина наибольших размахов колебаний в рабочей зоне оборотов, равная 175 кг·м, учитывая, что максимальный эффективный крутящий момент двигателя равен 68 кг·м, недопустимо высока. Эта кривая — своеобразный эталон для оценки эффективности применения демпфера.

Частота колебаний при наибольших размахах для обоих резонансов равна 40 *гц*. Источником возмущения второго резонанса крутильных колебаний явилась полуторная (основная для шестицилиндрового V-образного двигателя ЯМЗ-236) гармоника крутящего момента; возмущение первого резонанса вызывалось гармоникой третьего порядка.

Установка в сцепление ведомого диска с упругой муфтой (демпферное устройство с отключенным поглотителем), имеющей жесткость  $c=20 \text{ кг}\cdot\text{м}/\text{град}$ ,  $M_n=20 \text{ кг}\cdot\text{м}$  и  $M_3=90 \text{ кг}\cdot\text{м}$ , смещает резонансную зону с 1600 *об/мин* в более низкую зону (1100 *об/мин*). В этом случае резонанс более чем в три раза сузился по диапазону оборотов, а наибольшие размахи колебаний крутящего момента на первичном валу уменьшились до  $\Delta M=120 \text{ кг}\cdot\text{м}$  (кривая 2, рис. 2).

Уменьшение максимальных размахов колебаний крутящего момента произошло за счет некоторого увеличения естественного демпфирования трансмиссии, связанного с установкой упругой муфты, и благодаря тому, что в узкой зоне резонанса двигатель не успевает внести в систему необходимый запас энергии для развития больших резонансных амплитуд, хотя источником возмущения является основная гармоника двигателя.

Включение в работу совместно с упругой муфтой поглотителя даже с небольшим моментом трения заметно уменьшает величину крутильных колебаний в трансмиссии (кривая 3, рис. 2).

Минимальные значения резонансных размахов крутильных колебаний были зафиксированы при установке демпфера с трением поглотителя  $M_t=9-10 \text{ кг}\cdot\text{м}$  (кривая 5). Такая величина трения поглотителя является оптимальной для трансмиссии автомобиля МАЗ-511А как с однодисковым, так и с двухдисковым сцеплением. Дальнейшее увеличение момента трения поглотителя приводит к увеличению амплитуд резонансных колебаний (кривая 4).

Анализ полученных результатов показывает, что трение поглотителя влияет на интенсивность крутильных колебаний на резонансных режимах не однозначно, а носит ярко выраженный экстремальный характер (кривая 1, рис. 3).

Это объясняется тем, что малая величина трения поглотителя не в состоянии рассеять в достаточной степени энергию крутильных колебаний, а чрезмерное увеличение момента трения делает демпферный узел жестким, что также отрицательно влияет на демпфирование колебаний.

При исследовании работы демпферных устройств автомобиля с двухосным сцеплением (сцепление автомобилей семейства МАЗ-500А) изменялись как момент трения поглотителя, так и характеристики упругой муфты. Анализ ряда амплитудно-частотных характеристик трансмиссии с различными значениями моментов замыкания демпферов показал, что этот параметр демпфера так-

же должен иметь оптимальное значение для данной трансмиссии (кривая 2, рис. 3). Низкие (менее  $90 \text{ кг}\cdot\text{м}$ ) значения момента замыкания приводят к тому, что демпфер часто блокируется, а это приводит к увеличению размахов колебаний. Большие значения момента замыкания (порядка  $160\text{--}180 \text{ кг}\cdot\text{м}$ ), снижая податливость, делают демпферный узел более жестким.

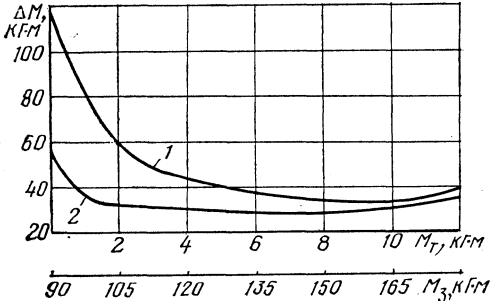


Рис. 3. Зависимость размахов резонансов крутильных колебаний от момента трения поглотителя 1 ( $\varphi_3 = 3^\circ 30'$ ;  $M_3 = 90 \text{ кг}\cdot\text{м}$ ) и момента замыкания демпфера 2 ( $\varphi_3 = 3^\circ 30'$ ;  $M_T = 19 \text{ кг}\cdot\text{м}$ ).

На рис. 4 показано изменение размахов крутильных колебаний на первичном валу коробки передач автомобиля МАЗ-511А с двухдисковым сцеплением для случая серийного (кривая 1) и оптимального (кривая 2) демпферов, которые имели параметры момента трения 19 и  $9,6 \text{ кг}\cdot\text{м}$  и момента замыкания демпфера 180 и  $135 \text{ кг}\cdot\text{м}$  соответственно.

Во всех случаях применения демпферных устройств резонансные частоты находились в пределах  $27\text{--}30 \text{ гц}$ , источником возмущения резонансов была полуторная гармоника двигателя.

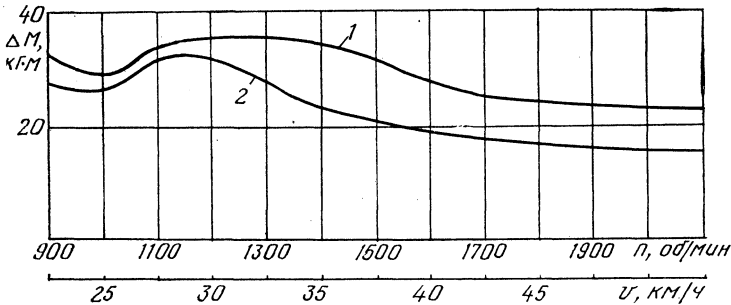


Рис. 4. Амплитудно-частотные характеристики трансмиссии МАЗ-511А с параметрами серийного 1 и оптимального 2 демпферов.

Таким образом, проведенные исследования расширили представление о характере крутильных колебаний в трансмиссии автомобиля большой грузоподъемности и позволили установить влияние некоторых характеристик демпферного устройства на развитие крутильных колебаний.

Демпферы пружинно-фрикционного типа — эффективное средство гашения крутильных колебаний в трансмиссии автомо-

бия, если параметры их выбраны правильно. Как показали исследования, для автомобилей семейства МАЗ-500А оптимальными параметрами демпферов с углом замыкания  $\varphi_3 = 3^\circ 30'$  следует считать  $M_n = 20-25$  кг·м;  $M_3 = 130-140$  кг·м;  $M_T = 10$  кг·м. Использование демпферов с оптимальными характеристиками позволит снизить уровень крутильных колебаний в трансмиссии серийных автомобилей Минского автозавода в сравнении с существующим на 10—30%, что благоприятно скажется на их долговечности.

### Л и т е р а т у р а

[1] Стефанович Ю. Г. О выборе демпферов сцепления для грузовых автомобилей. — «Автомобильная промышленность», 1961, № 7. [2] Лукин П. П. Влияние демпферов сцепления на нагрузочные режимы в трансмиссии автомобиля «Москвич». — «Автомобильная промышленность», 1961, № 9. [3] Стефанович Ю. Г. К определению динамических нагрузок в трансмиссии автомобиля. — В сб.: О динамических нагрузках в трансмиссии автомобилей. Труды НАМИ. М., 1962, вып. 43.