

МОМЕНТЫ ИНЕРЦИИ ЧАСТЕЙ ПРИВОДА АВТОМОБИЛЯ LADA 111

Движение с переменной скоростью – основной режим работы автомобиля, а значит и предпочтительный метод проверки на дороге и на стенде. Для расчета показателей движения и диагностических параметров надо знать моменты инерции вращающихся частей автомобиля – двигателя, трансмиссии и колес. Но производители не публикуют этих данных, их приходится определять самостоятельно – расчетными и экспериментальными методами. Наиболее просты и удобны в осуществлении методы нитяного подвеса и маятника, не требующие специальных установок, несколько сложнее метод Атвуда.

Моменты инерции вращающихся частей автомобиля Lada 111 определяли методом нитяного подвеса и расчетом. Результаты сведены в таблицу 1. Части были либо новые (Н), либо поработавшие (БУ), т.е. с разной степенью износа трущихся поверхностей.

Таблица 1

Моменты инерции вращающихся частей автомобиля Lada 111 (BA3-2111), кг·м²

Части трансмиссии	Значение		
	измеренное	расчетное	принятое
Диск сцепления БУ	0,002405		
Изношенная часть накладок (50 %)		0,000671	
Первичный вал		0,002545	
Шестерни вторичного вала		0,003482	
Ведущая часть трансмиссии (ΣI_0) – ВЩ			0,009103
Вторичный вал (принято $I_0 \times u_0^2$; $u_0 = 3,7059$)		0,005854	0,080392
Коробка дифференциала Н	0,016807		0,016807
Ведомая часть трансмиссии – ВМ			0,097199
Тормозной диск вентилируемый + ступица БУ	0,038926	0,037380	0,077852
ШРУС × 2 БУ	0,002800		0,0056
Вал		7,312E-05 ?	0,000146
Тихоходная часть трансмиссии ($2 \times \Sigma I_0$) ТХ			0,083597
Колесо БУ	0,56405		1,128100
Тихоходная часть трансмиссии с колесами			1,211697
Тормозной барабан		0,033 ??	0,066
Коленчатый вал Н	0,015014	0,020002	
Маховик Н	0,071213	0,0707	0,071213
Двигатель ($\Sigma I_0 / 0,9$) Д			0,095808
Кожух сцепления ("корзина") БУ	0,023861	0,03794 ?	0,023861
Двигатель с кожухом сцепления		0,12864	0,119669
То же с ВЩ частью трансмиссии – ДВЩ		0,13707	0,128102

Здесь использованы некоторые не общепринятые термины. **Ведущая, или быстроходная часть трансмиссии** – ведомый диск сцепления, первичный вал и шестерни постоянного зацепления, находящиеся на вторичном валу – вращаются вместе с маховиком независимо от включенной передачи. **Ведомая часть** – вторичный вал с синхронизаторами и связанная с ним через главную пару коробка дифференциала. Частота вращения меняется при переключении передачи. **Тихоходная часть** – полуосевые шестерни дифференциала, приводные валы (полуоси) со ШРУСами и тормозные диски со ступицами. Частота вращения меняется при переключении передачи. Колеса вращаются с той же частотой.

Для дальнейших расчетов принимались значения, полученные измерением, однако не все части трансмиссии были в нашем распоряжении. Момент инерции недостающих частей определен расчетом по доступным чертежам, зачастую грубым. В таких случаях расчетные значения отмечены вопросительным знаком. По некоторым частям момент инерции определен и измерением, и расчетом. Умеренное расхождение в значениях для самых крупных частей говорит о том, что в неотчетливых случаях можно обойтись расчетами.

Традиционно в задачах динамики автомобиля собственные моменты инерции вращающихся частей приводят к коленчатому валу двигателя. В задачах стендового и дорожного диагностирования более интересны динамические

характеристики, приведенные к ведущим колесам. Для удобства дальнейших расчетов и восприятия числовых показателей был выполнен переход от моментов инерции к приведенной (инерционной) массе по формуле:

$$m_{np} = \frac{(I_{ДВЦ} \cdot u_i^2 + I_{ВМ}) \cdot u_0^2 + I_{ТХ}}{R_k^2}.$$

Значения приведенной массы вращающихся частей автомобиля при разгоне на i -ой передаче (при передаточном числе главной пары $i_0 = 3,7059$ и радиусе качения колеса $R_k = 0,281$ м) сведены в таблицу 2. Для проверки на стенде нужна только масса двигателя, трансмиссии и ведущих колес, а для проверки на дороге – еще и приведенная масса ведомых колес с шинами, ступицами и тормозными барабанами (при проверке по выбегу – без массы двигателя).

Таблица 2

Приведенная к ведущим колесам масса вращающихся частей автомобиля Lada 111

Передача	I	II	III	IV	V
Передаточное число	3,636	1,95	1,357	0,941	0,784
Приведенная масса двигателя, трансмиссии и ведущих колес, кг	315	103	59	38	32
То же плюс ведомые колеса, кг $2 \times (0,564 + 0,033) / 0,281^2 = 15$ кг	330	118	74	53	47

Был выполнен эксперимент по проверке общего момента инерции трансмиссии методом выбега с одним неподвижным и одним вывешенным колесом и дополнительным маховиком с переменным моментом инерции. Выбег выполнялся после разгона на первой передаче при выжатой педали сцепления и рычагом КПП в положении первой передачи. В таком варианте приведенный момент инерции быстроходной части трансмиссии участвовал в движении полностью, без неопределенности, какую вызывало бы скольжение шестерен по вторичному валу. В указанной конфигурации момент инерции трансмиссии с колесом составил $1,050 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Расчетное значение – $1,013 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$, расхождение 3,5 %, что для большинства задач допустимо.

Здесь использовано измеренное в данном эксперименте значение момента инерции стального штампованного колеса с шиной Cordiant Comfort 175/70 R13 82T массой 13 кг – $0,564 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Ранее мы получали в выборке из 15 таких шин значения от 0,521 до 0,678 при среднем $0,576 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ (размах приведенной массы 4 колес от 26 до 34 кг при среднем 29 кг).

При стендовой проверке, например, в ходе экспертизы ДТП, такая неопределенность может оказаться недопустимой. Очевидно, автотранспорту нужны быстрые и точные методы измерения моментов инерции частей автомобиля, надежная статистика по моментам инерции быстроизнашиваемых частей (шины, тормозные диски и барабаны, диски сцепления) и рекомендации по их оценке в эксплуатации (шин – по остаточной глубине рисунка протектора, дисков и барабанов – по срокам службы и условиям эксплуатации либо по суммарному расходу топлива).