

МЕТОДИКА РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАНСМИССИИ АВТОМОБИЛЯ

Г.Д. Драгунов, Д.С. Власов, А.А. Юсупов

TECHNIQUE IT IS SETTLEMENT-EXPERIMENTAL RESEARCH CAR TRANSMISSIONS

G.D. Dragunov, D.S. Vlasov, A.A. Jusupov

Представлена методика расчетно-экспериментального исследования, математическая модель и ходовая лаборатория на базе автомобиля УАЗ-31512, предназначенные для дорожных испытаний трансмиссии.

Ключевые слова: ходовая лаборатория, математическая модель, трансмиссия, коробка передач.

The technique is presented is settlement-experimental research, mathematical model and running laboratory on the basis of car UAZ-31512, the transmissions intended for road tests.

Keywords: running laboratory, mathematical model, transmission, gearbox.

При исследовании сложных механических систем, например механических трансмиссий автомобилей, рационально использовать сочетание методов математического моделирования, численного исследования на их основе и натурального эксперимента. Такой подход позволяет наилучшим образом спланировать эксперимент, уменьшить его объем и время проведения, повысить точность результатов, упростить их обработку вплоть до её автоматизации с использованием соответствующих программ. С этой целью разработана методика расчетно-экспериментального исследования трансмиссии автомобиля, в которой используются компьютерные технологии.

Наиболее полную информацию позволяют получить дорожные исследования трансмиссии автомобиля с использованием ходовой лаборатории [1]. В ходе испытаний фиксируются и определяются:

- пробег и объем выполненной работы;
- отказы, поломки, неисправности, нарушения регулировки;
- время и расходы на устранение отказов;
- средние скорости движения;
- средние расходы топлива, масел и других эксплуатационных материалов;
- запас хода (продолжительность работы без дозаправки) по топливу;
- изменение физико-химических свойств масел и смазок;
- достаточность, удобство укладки и крепления комплекта возимых запчастей, инструмента и принадлежностей;
- удобство и трудоемкость выполнения операций технического обслуживания;
- полнота проекта руководства по эксплуатации.

В отличие от стендовых, лабораторно-дорожные испытания позволяют получить больше информации, в том числе данных по влиянию трансмиссии на автомобиль в целом.

Для проведения исследований трансмиссии автомобиля разработана ходовая лаборатория, представляющая собой автомобиль УАЗ-31512, оснащенный экспериментальной коробкой переключения передач (далее ЭКПП) и измерительным комплексом(ИК).

В состав измерительного комплекса входят тензорезистивные датчики крутящего момента (КФ 5П1-10-100) и индукционные датчики скорости вращения, в качестве которых применяются коллекторные двигатели постоянного тока типа ДПМ и ДПФ (Д11М-25-Н1 - на заднем колесе и на двигателе и ДПФ-42-Ф1 - в КПП).

Экспериментальные исследования проводятся на режимах, определяемых городским циклом движения по ГОСТ 20306-90 «Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний».

Для математического моделирования и численного эксперимента используется динамическая схема трансмиссии автомобиля, представленная на рис. 1.

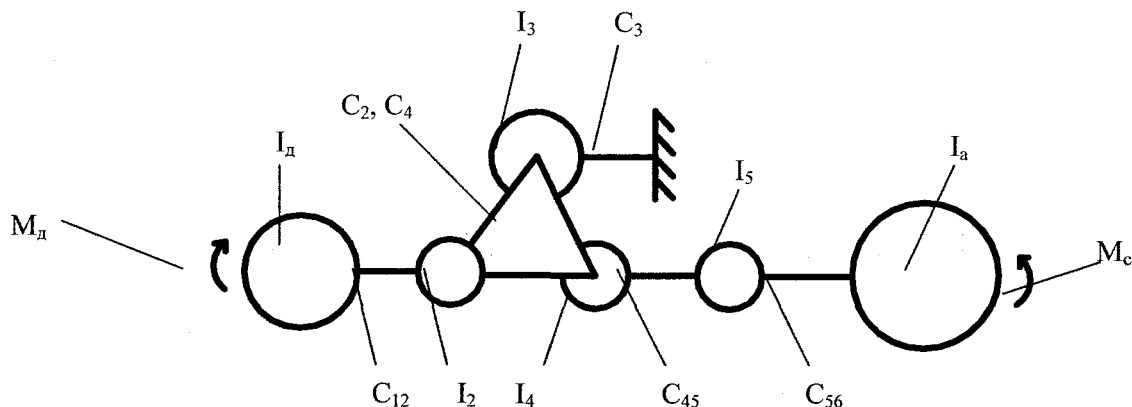


Рис. 1. Динамическая схема трансмиссии: I_d – момент инерции двигателя; I_2 – момент инерции первичного вала и шестерен привода; I_3 – момент инерции водила; I_4 – момент инерции главной передачи и дифференциала; I_5 – момент инерции колес; I_a – момент инерции автомобиля; C_{12} – жесткость первичного вала; C_2 – жесткость промежуточного вала; C_3 – жесткость водила; C_4 – жесткость карданной передачи; C_{45} – жесткость двух полуосей; C_{56} – жесткость двух шин; M_d – крутящий момент двигателя; M_c – момент от внешних сил, действующих на автомобиль

Система уравнений, описывающая процесс переключения с параметрами динамической схемы, приведенными к коленчатому валу двигателя [2]:

$$I_d \ddot{\varphi}_d + C_{12}(\varphi_d - \varphi_2) - M_d = 0;$$

$$I_2 \ddot{\varphi}_2 + \frac{(\varphi_2 + a \cdot \varphi_4 - (1 + b) \cdot \varphi_3) \cdot C_2 \cdot C_4}{C_4 + a^2 \cdot C_2} = C_{12}(\varphi_d - \varphi_2);$$

$$I_3 \ddot{\varphi}_3 - \frac{(\varphi_2 + a \cdot \varphi_4 - (1 + b) \cdot \varphi_3) \cdot C_2 \cdot C_4}{C_4 + a^2 \cdot C_2} = 0;$$

$$I_4 \ddot{\varphi}_4 + \frac{(\varphi_2 + a \cdot \varphi_4 - (1 + b) \cdot \varphi_3) \cdot C_2 \cdot C_4}{C_4 + a^2 \cdot C_2} = C_{45}(\varphi_4 - \varphi_5);$$

$$I_5 \ddot{\varphi}_5 - C_{45}(\varphi_4 - \varphi_5) + C_{56}(\varphi_5 - \varphi_a) = 0;$$

$$I_a \ddot{\varphi}_a - C_{56}(\varphi_5 - \varphi_a) + M_c = 0.$$

Здесь φ_i – угловой путь соответствующей маховой массы; a – отношение числа зубьев шестерни на выходном валу к числу зубьев шестерни на промежуточном валу коробки передач; b – отношение числа зубьев мнимого эпицикла к числу зубьев шестерни промежуточного вала.

Для решения системы уравнений используется программа Mathcad 14.

На текущем этапе исследований необходимо уточнить эксплуатационные параметры ЭКПП:

1. Время переключения передач – для оценки тягово-динамических характеристик и топливной экономичности автомобиля.

2. Динамические нагрузки в трансмиссии – для оценки надежности ЭКПП.

Кроме того, необходимо получить данные для проверки адекватности математической модели.

Для оценки адекватности модели необходимо измерить и зафиксировать изменение во времени крутящего момента от внешних сил, действующих на автомобиль M_c , а также скоростей вращения всех валов. Поскольку крутящий момент на полуосях одинаков, то момент внешних сил можно определить, замерив момент на одной полуоси автомобиля, т. е. наклеив тензодатчики

Контроль и испытания

на одну полуось. Для определения скоростей вращения валов достаточно измерить скорости на трех участках с постоянным передаточным отношением в процессе переключения передач:

- 1) на коленчатом валу двигателя;
- 2) на участке от ведомого диска сцепления до промежуточного вала и связанных с ним шестерен;
- 3) на участке от выходного вала коробки передач до ведущих колес автомобиля.

Исходя из компоновки узлов и агрегатов автомобиля, датчики целесообразно разместить в следующих местах (рис. 2):

- 1) датчик специальным кронштейном крепится к крышке распределительных шестерен двигателя;
- 2) датчик устанавливается на коробке передач и соединен с промежуточным валом;
- 3) датчик устанавливается на колесо соосно с его осью вращения, корпус датчика закрепляется неподвижно таким образом, чтобы обеспечить свободное вращение его подвижной части.

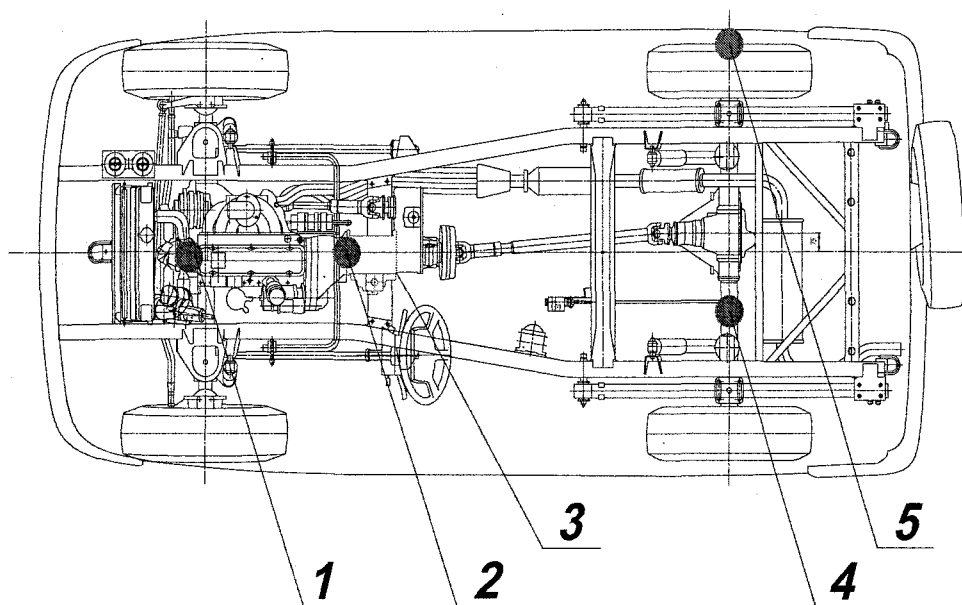


Рис. 2. Размещение датчиков (вид сверху)

На рис. 2 схематично отмечены места установки датчиков. Цифрой 1 обозначен индукционный датчик скорости вращения, установленный на коленчатом валу двигателя; цифрой 2 обозначен индукционный датчик скорости вращения, установленный в КПП; цифрой 4 обозначен индукционный датчик скорости вращения, установленный на заднем колесе; цифрой 5 обозначен тензорезистивная полумостовая схема, установленная на задней полуоси. Цифрой 3 на рисунке обозначена КПП.

Тензорезисторы соединяются в полумостовую схему, которая крепится на заднюю полуось автомобиля. Крутящий момент, создаваемый на полуоси, приводит к её деформации кручения.

Тензорезисторы, воспринимая деформацию, изменяют значение своего сопротивления. В результате чего изменяется напряжение в измерительной цепи. Изменение напряжения регистрируется измерительным преобразователем и при необходимости сохраняется в файл регистрации данных. Таким образом, можно осуществлять регистрацию крутящего момента на задней полуоси. Посредством градуировки тензорезисторов устанавливается зависимость между изменением крутящего момента на полуоси и изменением напряжения, снимаемого с полумостовой схемы.

Одной из особенностей данного ИК является применение радиоканала (рис. 3) для передачи информации о крутящем моменте на задней разгруженной полуоси. Традиционно используемые для этой цели контактные устройства, несмотря на их простоту, обладают целым рядом недостатков, затрудняющих и ограничивающих возможность их применения, в виду больших угловых скоростей вращения полуоси.

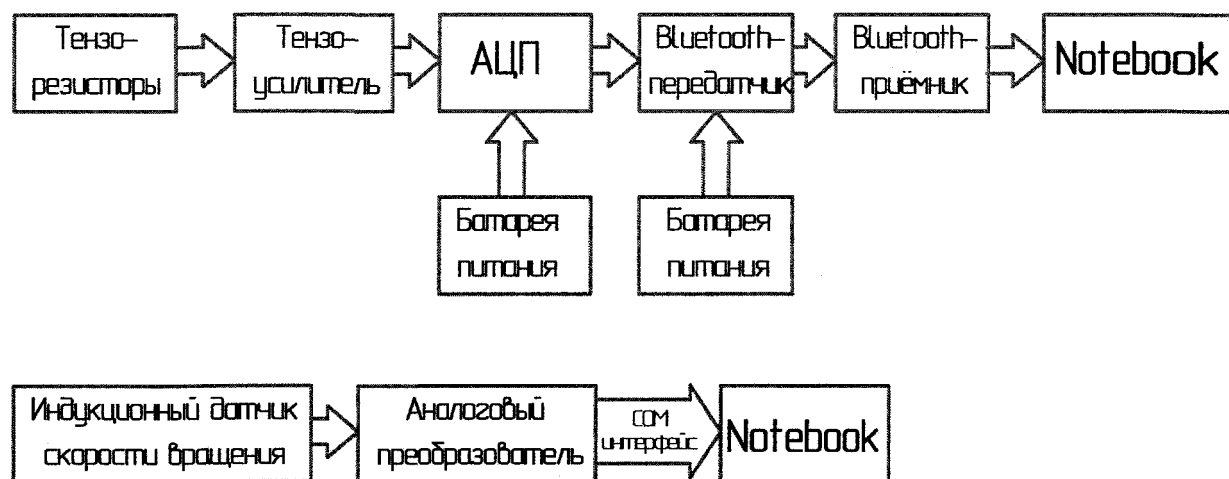


Рис. 3. Структурная схема измерительного комплекса

Радиоканал состоит из передатчика и приемника радиосигнала. Передатчик радиосигнала фирмы SMART выполнен в виде модуля размером 30x50x15 мм, закрепленного на колесе так, что ось вращения передатчика совпадает с осью вращения колеса.

Питание передатчика осуществляется от элемента питания типа 6LR61 (стандарт Евросоюза) или 160A4 (ANSI). Был использован элемент фирмы Duracell с рабочим диапазоном напряжений от 9,6 В до 4,6 В, номинальным напряжением 9 В, номинальной ёмкостью 0,75 А/ч. Оцифрованный сигнал передаётся на приёмник по протоколу Bluetooth на частоте 2,4 ГГц.

Передатчик потребляет ток порядка 44-45 мА в режиме передачи информации, порядка 77 мА в режиме установки связи с приёмником (10-20 секунд при установке связи и запуске программы). Напряжение питания составляет 5 В. Таким образом, элемент питания может обеспечить бесперебойную работу передатчика на протяжении более чем 12 часов.

Приемник радиосигнала обеспечивает уверенный прием в радиусе 10 м от передатчика. Он соединяется с компьютером по интерфейсу USB.

Для обработки результатов испытаний и оценки погрешности применима методика работы [2].

Говоря об измерительном комплексе, стоит назвать его преимущества перед аналоговыми устройствами:

1. Позволяет отказаться от тахосъемников для получения сигналов с подвижных деталей и с автомобиля в целом, это стало возможно с применением радиоканала.
2. Информация получается от датчиков в цифровом виде, что безусловно удобно для передачи и обработки результатов.
3. Использование компьютерных технологий позволяет решить вопрос регистрации хранения и обработки данных. Ранее процесс передачи данных осуществлялся следующим образом: сигнал от тензодатчиков подавался через тахосъемники на тензоусилитель, после чего сигнал записывался на бумажную ленту. Все это естественно приводило к большим затратам труда и существенным погрешностям в измерении.
4. Стоит также отметить, что с использованием данного измерительного комплекса обеспечивается точность измерений в соответствии с ГОСТ 20306-90 «Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний».

Из недостатков можно отметить возможность возникновения эффекта Доплера, для уменьшения которого достаточно исключить относительное перемещение передатчика и приёмника, т. е. поместить приёмник на автомобиль.

Проведение многочисленных экспериментов показало, что используемый измерительный комплекс соответствует предъявляемым ранее требованиям и обеспечивает достаточную надежность функционирования.

Отличительной особенностью измерительного комплекса является использование в его составе готовых покупных комплектующих, минимальные доработки деталей автомобиля, его мобильность и изначальная ориентация на регистрацию параметров, выбор которых связан с особенностями испытаний. Комплекс предназначен для проведения испытаний в реальных дорож-

ных условиях, так как именно эти испытания могут дать необходимые данные по динамическим характеристикам, связанным с трансмиссией автомобиля. Разработанная аппаратура позволяет определить нагрузки в трансмиссии и их изменение во времени.

ИК может устанавливаться на испытуемом автомобиле, автомобиле сопровождения или, если это позволяет регистрирующая аппаратура, в отдельной лаборатории.

Литература

1. Безверхий, С.Ф. Основы технологии полигонных испытаний и сертификация автомобилей / С. Ф. Безверхий, КН. Яценко. — М.: Издательство стандартов, 1996. - 567 с.

2. Прасолов, К С. Обоснование режимов переключения в автомобильной коробке передач с изменяемым межосевым расстоянием зубчатых зацеплений: дис... канд. техн. наук / Н.С. Прасолов. - Челябинск: ЮУрГУ, 2004. - 125 с.

Поступила в редакцию 16 июня 2010 г.

Драгунов Геннадий Дмитриевич. Доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобили», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск). Область научных интересов - тепловые двигатели. Тел.: (351) 267-94-41.

Gennady D. Dragunov. The doctor of engineering science, professor of «Automobile» department of the South Urals State University. The area of scientific interests - heat engines. Tel.: (351)267-94-41.

Власов Дмитрий Сергеевич. Студент кафедры «Автомобили», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск). Область научных интересов - автомобильные коробки передач.

Dmitry S. Vlasov. The student of «Automobile» department of the South Urals State University. The area of scientific interests -automobile gearbox.

Юсупов Азат Ахметович. Инженер кафедры «Автомобили», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск). Область научных интересов - автомобильные коробки передач.

Azat A. Yusupov. The engineer of «Automobile» department of the South Urals State University. The area of scientific interests -automobile gearbox.