

УДК 629.113

## Исследование нагруженности трансмиссии автобуса МАЗ–103

Гуринович А.Г.

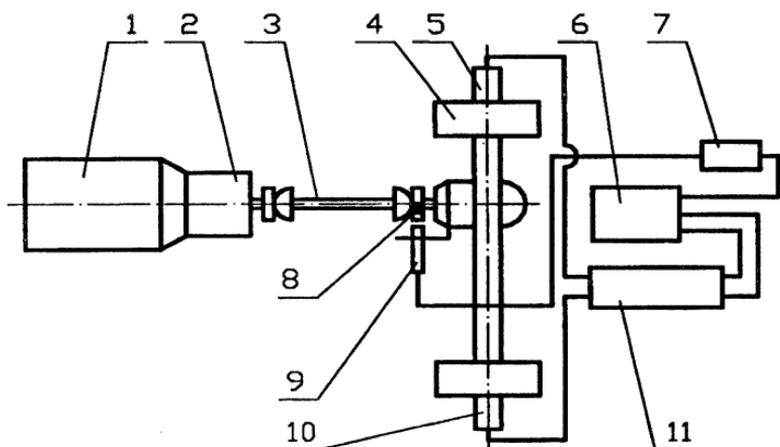
Белорусский национальный технический университет

Исследования нагрузочных режимов узлов и агрегатов трансмиссий в реальных условиях эксплуатации являются важным этапом в комплексе работ по совершенствованию конструкции и повышению характеристик надежности транспортных средств. По результатам исследований инженер-конструктор получает набор статистических данных по динамической нагруженности деталей трансмиссии. Полученные данные могут быть использованы как для расчета соответствия наработки отдельных узлов и агрегатов в стендовых условиях пробега в различных условиях эксплуатации, так и для прогнозирования долговечности и надежности узлов трансмиссии на стадии проектирования.

На Минском автомобильном заводе нагруженность трансмиссии определяется для каждой новой модели выпускаемых автомобилей при наличии значительных изменений в конструкции, связанных с параметрами двигателя, коробки передач, ведущего моста. Не стал исключением и автобус производства Минского автомобильного завода МАЗ–103.

В данной работе рассматривается технология исследования нагрузочного режима трансмиссии с использованием многоканальной бортовой измерительной системы для динамических испытаний «М3 INTEGRA 1» фирмы В+S Multidata, которая позволяет записывать процессы нагружения в реальном времени в цифровом формате непосредственно на встроенный винчестер системы.

При исследованиях нагрузочного режима трансмиссии автобуса фиксировались крутящие моменты на обоих полуосях ведущего моста и частота вращения карданного вала. Решение по определению крутящих моментов на двух полуосях было принято ввиду несимметричности конструкции заднего моста и разного конструктивного исполнения полуосей. Принципиальная схема подключения датчиков и измерительных модулей представлены на рис. 1.



1 – двигатель внутреннего сгорания; 2 – коробка передач; 3 – карданный вал; 4 – ведущий мост; 5, 10 – токосъемники SK-6; 6 – измерительная система «М3 INTEGRA 1»; 7 – тахометр ТАС-100; 8 – пластина со светоотражающей поверхностью; 9 – датчик частоты вращения; 11 – тензоусилитель KWS – 3073.

Рис. 1. Принципиальная схема подключения датчиков и измерительных модулей.

Для измерения крутящих моментов на полуоси ведущего моста 4 использовались тензодатчики, наклеенные по полумостовой схеме на подготовленные поверхности полуосей. Вместо серийных крышек колесных передач моста использовались технологические крышки, на которые устанавливались торцевые токосъемники SK-6 5, 10. Для соединения токосъемника с тензодатчиками на полуоси срезался один из шлицев полуосевой шестерни. В полученный паз укладывался экранированный кабель от токосъемника. Сигналы тензодатчиков по экранированным проводам поступали на тензоусилитель 11. После усиления сигналы с тензодатчиков подавались на аналоговый модуль измерительной системы 6. Здесь осуществлялась оцифровка получаемой информации и ее запись на винчестер системы.

Для определения частоты вращения карданного вала использовался тахометр ТАС-100 7 фирмы Larson Davis в комплекте с оптическим датчиком 9, использующим отраженный сигнал от боковой поверхности фланца карданного вала. Сигнал с оптического датчика частоты вращения поступал на тахометр 7, где

выполнялась его обработка и преобразование в аналоговый сигнал, который далее подавался на аналоговый модуль измерительной системы б.

Все поступающие на измерительный модуль сигналы записывались на встроенный винчестер системы. При этом в процессе проведения измерений все фиксируемые сигналы отображались на жидкокристаллическом мониторе в виде графиков в реальном времени, что позволяло постоянно фиксировать как все процессы, протекающие в трансмиссии автобуса, так и отслеживать возможные неисправности.

Запись нагрузочных режимов трансмиссии автобуса МАЗ-103 выполнялась при движении по городским пассажирским маршрутам при различной степени загрузки:

- 1) снаряженная масса;
- 2) частичная загрузка – с сидящими пассажирами;
- 3) полная масса.

Для оценки пиковых нагрузок, определяющих статическую прочность деталей, проводились исследования динамических процессов в трансмиссии при переезде препятствий треугольной формы, движении на повороте с включенной блокировкой межколесного дифференциала ведущего моста и бросках сцепления.

Для получения возможности оценки различного рода динамических и колебательных процессов в трансмиссии автобуса при записи характеристик нагрузочных режимов устанавливалась частота опроса датчиков 1000 Гц. Вследствие достаточно высокой частоты опроса датчиков за время нахождения на маршруте создавались файлы данных объемом в десятки мегабайт. Стандартные пакеты прикладных программ не рассчитаны на работу с базами данных таких объемов. Кроме того, учитывая специфику решаемых задач, для последующей обработки и анализа записанных временных сигналов нагрузочных режимов трансмиссии специалистами Испытательного центра МАЗ было разработано специализированное программное обеспечение.

Данное программное обеспечение позволяет считывать информацию непосредственно из файла данных в массив, без промежуточного преобразования в текстовый формат. В программе предусмотрены модули обработки данных от оптических и индукционных датчиков частоты вращения. При этом разработан целый ряд цифровых фильтров, как сигналов тензодатчиков, так

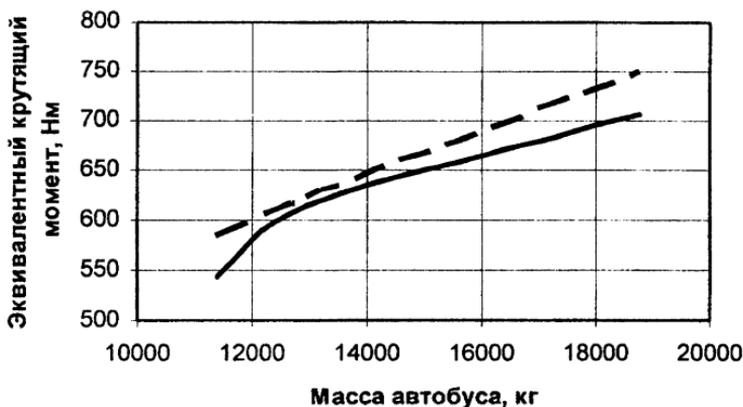
и сигналов датчиков частоты вращения. Программное обеспечение позволяет рассчитать распределения крутящих моментов, частот вращения валов трансмиссии и скорости движения транспортного средства, как по времени, так и по пробегу. В программе предусмотрен модуль визуализации и анализа колебательных процессов. Данный модуль позволяет определять амплитуды и частоты колебательных процессов в трансмиссии транспортного средства. Кроме того, разработан специальный модуль спектрального анализа, позволяющий построить трехмерную функцию в координатах частота колебаний/частота вращения вала трансмиссии/спектральная плотность колебаний. Данная функция позволяет оценить как параметры колебаний крутящих моментов в трансмиссии транспортного средства, так и выявить причины возникновения данных колебаний.

В результате исследований нагрузочных режимов трансмиссии автобуса было установлено, что при равных условиях работы левая (короткая) полуось является более нагруженной, чем правая (длинная) полуось. Частота появления крутящих моментов, превышающих  $1500 \text{ Н}\cdot\text{м}$ , на левой полуоси выше. При этом эквивалентный крутящий момент на левой полуоси в среднем выше на  $10\text{--}60 \text{ Н}\cdot\text{м}$ . Это обусловлено, в основном, выездом автобуса с остановочных пунктов маршрута при трогании.

По мере увеличения загрузки автобуса эквивалентный крутящий момент на обеих полуосях возрастает ( $530\text{--}580 \text{ Н}\cdot\text{м}$  для автобуса снаряженной массы;  $590\text{--}630$  для автобуса частичной загрузки с сидящими пассажирами и  $670\text{--}750 \text{ Н}\cdot\text{м}$  для автобуса полной массы). Графики зависимости эквивалентных крутящих моментов на полуосях ведущего моста от массы автобуса представлены на рис. 2.

В результате исследований динамических процессов в трансмиссии при бросках сцепления было установлено, что крутящие моменты достигали  $6000 \text{ Н}\cdot\text{м}$  на правой полуоси и  $7900 \text{ Н}\cdot\text{м}$  на левой полуоси. В то же время при движении по маршруту крутящие моменты на полуосях не превышали  $2000 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

Кроме того, на временных диаграммах крутящих моментов при броске сцепления на второй передаче отчетливо просматривались зоны возникновения пластической деформации на обеих полуосях. Остаточная осевая деформация появилась при моменте  $4300 \text{ Н}\cdot\text{м}$  для правой полуоси и  $6400 \text{ Н}\cdot\text{м}$  для левой полуоси.



— правая полуось (длинная);  
 - - - - - левая полуось (короткая)

Рис. 2. Зависимость эквивалентных крутящих моментов на полуосях ведущего моста от массы автобуса

Как показали исследования, при движении с включенной блокировкой межколесного дифференциала, положительные крутящие моменты на полуосях возрастали 1,5–2,5 и достигали 4500 Н·м. Кроме того, в трансмиссии автобуса возникали отрицательные паразитные крутящие моменты, достигающие 4000 Н·м. При этом, полуось колеса, движущегося по внутреннему радиусу, нагружалась положительным паразитным крутящим моментом; полуось колеса, движущегося по внешнему радиусу, — отрицательным паразитным крутящим моментом. Максимальные значения паразитных крутящих моментов определяются коэффициентом сцепления ведущих колес с поверхностью дорожного покрытия и массой, приходящейся на ведущий мост.

Результаты, полученные при исследованиях нагрузочных режимов трансмиссии автобуса, могут быть использованы при расчетах деталей трансмиссии на долговечность, а также для выбора режимов стендовых испытаний. В настоящее время в Испытательном центре Минского автомобильного завода ведется работа по отладке и дальнейшему совершенствованию разработанного специализированного программного обеспечения.