

УДК 629.113

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ ТРАНСМИССИИ АВТОПОЕЗДА В СОСТАВЕ СЕДЕЛЬНОГО ТЯГАЧА МАЗ-544008 И ПОЛУПРИЦЕПА МАЗ-9758

*Докт. техн. наук, проф. РУКТЕШЕЛЬ О. С., инж. МИНЮКОВИЧ С. М.,  
кандидаты техн. наук ЗАХАРИК Ан. М., ЗАХАРИК Ал. М., инж. АВТУШКО С. В., асп. ГУРИНОВИЧ А. Г.*

*Белорусский национальный технический университет,  
РУП «МАЗ»*

Современные транспортные средства эксплуатируются в разнообразных дорожных и климатических условиях. Характеристики нагрузочного режима трансмиссии зависят от большого количества факторов, среди которых основными являются дорожные условия, рельеф местности, условия движения и конструктивные особенности транспортного средства.

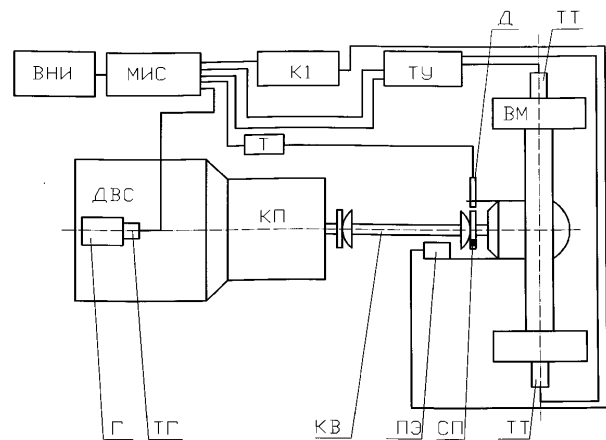
Исследования нагрузочных режимов узлов и агрегатов трансмиссий в реальных условиях эксплуатации – важный этап в комплексе работ по совершенствованию конструкции и повышению характеристик надежности транспортных средств. По результатам исследований инженер-конструктор получает набор статистических данных по динамической нагруженности деталей трансмиссии, которые могут быть использованы как для прогнозирования долговечности и надежности узлов трансмиссии на стадии проектирования, так и для расчета нагрузочных режимов при испытаниях в стендовых условиях.

В данной работе рассматривается технология исследования нагрузочного режима трансмиссии автопоезда в составе седельного тягача МАЗ-544008 и полуприцепа МАЗ-9758 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.

При исследованиях нагрузочного режима трансмиссии автопоезда регистрировались следующие процессы:

- 1) крутящие моменты на полуосях ведущего моста;
- 2) крутящие моменты на карданном валу;
- 3) частота вращения карданного вала;
- 4) частота вращения генератора.

Принципиальная схема подключения датчиков и измерительных модулей представлена на рис. 1.



*Рис. 1. Принципиальная схема подключения датчиков и измерительных модулей: МИС – многоканальная измерительная система «М3 INTEGRA 1»; Т – тахометр ТАС-100; К1 – преобразователь одноканальной телеметрической системы; ТУ – тензоусилитель KWS-3073; Д – оптический датчик частоты вращения; ТТ – токосъемники SK-6; Г – генератор; ТГ – тахогенератор MEZ K4A2; ДВС – двигатель внутреннего сгорания; КП – коробка передач; КВ – карданный вал; ПЭ – приемный элемент телеметрической системы К1; СП – пластина со светоотражающей поверхностью; ВМ – ведущий мост; ВНИ – внешний носитель информации*

Для измерения крутящих моментов на полуосях ведущего моста использовались тензо-

датчики на бумажной основе сопротивлением 200 Ом, наклеенные по полумостовой схеме на специально подготовленные поверхности полуосей. С целью исключения внешних воздействий тензодатчики герметизировались клеевой композицией Sikaflex. Вместо серийных крышек колесных передач моста использовались специально изготовленные технологические крышки, на которые устанавливались токосъемники. Для соединения токосъемника с тензодатчиками на полуоси удалялся один из шлиц полуосевой шестерни. В полученный паз укладывался экранированный кабель от токосъемника и заливался клеевой композицией Sikaflex.

Сигналы тензодатчиков поступали на шестиканальный тензоусилитель KWS-3073 фирмы НВМ (Германия). После усиления сигналы с тензодатчиков подавались на аналоговый модуль многоканальной измерительной системы. Здесь осуществлялись оцифровка получаемой информации и ее запись на внешний носитель информации.

Для измерения крутящих моментов на карданном валу использовалась трехканальная телеметрическая система, которая смонтирована на основе одноканальных телеметрических блоков К1 фирмы Saetel. В данном случае использовался телеметрический блок К1 с рабочей частотой 30 МГц.

Монтаж телеметрической системы на карданном валу автомобиля представлен на рис. 2, 3.

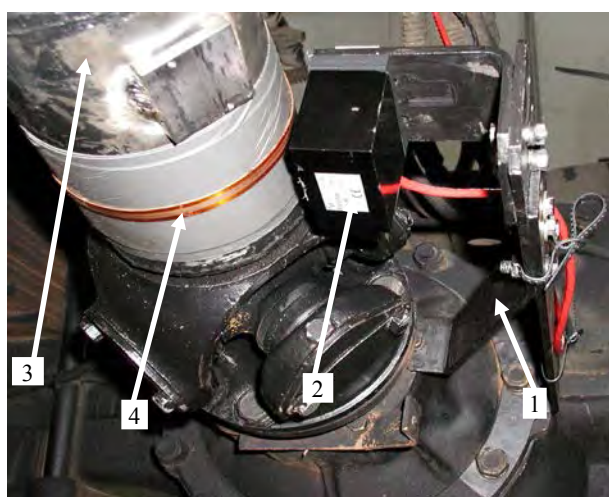


Рис. 2. Монтаж телеметрической системы на карданном валу автомобиля МАЗ-544008: 1 – кронштейн крепления приемного элемента; 2 – приемный элемент К1–S4; 3 – карданный вал; 4 – силовая обмотка

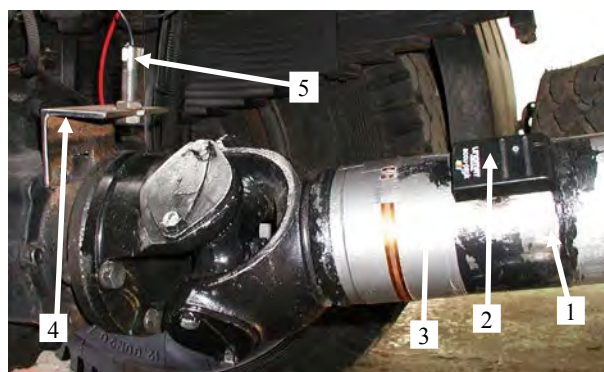


Рис. 3. Монтаж датчика частоты вращения и телеметрической системы на автомобиле МАЗ-544008: 1 – карданный вал; 2 – статор К1–R2; 3 – силовая обмотка; 4 – кронштейн крепления датчика частоты вращения; 5 – оптический датчик частоты вращения

Данная телеметрическая система работает следующим образом. Для определения крутящих моментов на карданном валу используются тензодатчики фирмы НВМ сопротивлением 350 Ом, которые наклеиваются по мостовой схеме на специально подготовленную поверхность карданного вала. Питание тензодатчиков и измерение падений напряжения на плечах моста, возникающих при деформации карданного вала, осуществляются с помощью статора К1–R2. Питание передатчика реализуется от силовой обмотки, установленной на поверхности трубы карданного вала. Напряжение в силовой обмотке индуцируется посредством излучения от приемного элемента К1–S4, который устанавливается напротив силовой обмотки на расстоянии 10–40 мм. Сигналы от тензодатчиков при помощи статора К1–R2 подаются на приемный элемент К1–S4, с которого по специальным экранированным проводам поступают на преобразователь WK1-E К1. Здесь осуществляются обработка поступающей информации и передача ее на аналоговый модуль измерительной системы «М3 INTEGRA 1».

Для определения частоты вращения карданного вала использовался тахометр ТАС-100 фирмы Larson Davis в комплекте с оптическим датчиком. Оптический датчик устанавливался на специально изготовленном кронштейне напротив торцевой поверхности фланцев ведущего моста и карданного вала (рис. 3). Кронштейн крепился к картеру моста болтами крепления крышки стакана подшипников главной передачи. На торцевой поверхности фланцев при по-

мощи специально изготовленного приспособления, удерживаемого болтами крепления фланца карданного вала, устанавливалась пластина со светоотражающей поверхностью.

Сигнал от оптического датчика частоты вращения поступал на тахометр, где выполнялись его обработка и преобразование в аналоговый сигнал, который далее подавался на аналоговый модуль измерительной системы «М3 INTEGRA 1».

Для обеспечения возможности определения включенной передачи в коробке передач в любой момент времени при движении автопоезда параллельно с частотой вращения карданного вала определялась частота вращения генератора, которая прямо пропорциональна частоте вращения коленчатого вала двигателя. Номер включенной передачи в коробке передач оценивается по величине передаточного отношения, которое определяется отношением частоты вращения коленчатого вала двигателя к частоте вращения карданного вала.

Частота вращения генератора определялась при помощи тахогенератора MEZ K4A2, который подсоединялся к торцу ротора генератора.

Все поступающие на измерительный модуль сигналы записывались на внешний носитель информации. В процессе проведения измерений все фиксируемые сигналы отображались на жидкокристаллическом мониторе в виде графиков в реальном времени, что позволяло постоянно как фиксировать все процессы, протекающие в трансмиссии автопоезда, так и отслеживать возможные неисправности.

Исследования нагрузочных режимов трансмиссии автопоезда проводились на автопоезде с частичной загрузкой (масса полезного груза в полуприцепе составляла 23 т).

Нагрузочный режим записывался при движении как по автотрассам «Минского кольца», так и по улицам г. Минска («второе кольцо»). Весь маршрут «Минского кольца» разбивали на шесть этапов, каждый из которых соответствовал наиболее характерным для магистральных автопоездов условиям эксплуатации:

1) первый этап начинается непосредственно за минской кольцевой автодорогой на автодороге Минск – Могилев. Маршрут движения: минская кольцевая автодорога – пересечение с автомагистралью М1 – участок М1 (объездная

автомагистраль у Минска) до пересечения с автодорогой в аэропорт «Минск-2»;

2) начало второго этапа – пересечение автодороги в аэропорт «Минск-2» с автомагистралью М1. Маршрут движения: перекресток указанных дорог – «Курган Славы» – пересечение с автодорогой М3 (у Острошицкого городка) – автодорога М3 – Острошицкий городок;

3) начало третьего этапа – Острошицкий городок (пересечение автодорог М3 и Р80). Маршрут движения: Острошицкий городок (пересечение автодорог М3 и Р80) – Радошковичи;

4) начало четвертого этапа – поселок Радошковичи. Маршрут движения (автодорога Р28): поселок Радошковичи – поселок Красное – г. Заславль;

5) начало пятого этапа – г. Заславль (у автозаправочной станции). Маршрут движения (автодорога Р65): г. Заславль – г. Дзержинск (у въезда) – объездная автодорога вокруг г. Дзержинска до пересечения с автомагистралью М1 (Минск – Брест);

6) начало шестого этапа – г. Дзержинск (пересечение автомагистрали М1 с автодорогой Р65). Маршрут движения: г. Дзержинск (пересечение автомагистрали М1 с автодорогой Р65) – г. Минск (до пересечения с кольцевой автодорогой вокруг города) – кольцевая дорога – пересечение с автодорогой Минск – Могилев.

Как показали исследования, нагрузочный режим трансмиссии автопоезда при движении по автодорогам «Минского кольца» значительно отличается от нагрузочного режима при движении по «второму кольцу» г. Минска. Гистограммы распределений крутящих моментов на карданном валу при движении по испытательным маршрутам «Минского кольца» и по улицам г. Минска представлены соответственно на рис. 4 и 5.

Как видно из рис. 4 и 5, крутящие моменты в трансмиссии автопоезда при движении по городу выше, что объясняется высокой интенсивностью движения и помехонасыщенностью городского испытательного маршрута. Кроме того, эквивалентные крутящие моменты на карданном валу при движении по городу на 35–45 % выше, чем при движении по загородным маршрутам. Если при движении по автодорогам «Минского кольца» движение осуществлялось в основном на повышающей передаче (67–85 % пути автопоезд

двигался на девятой передаче), то при движении по городу более 50 % пути автопоезд двигался на шестой и седьмой передачах.

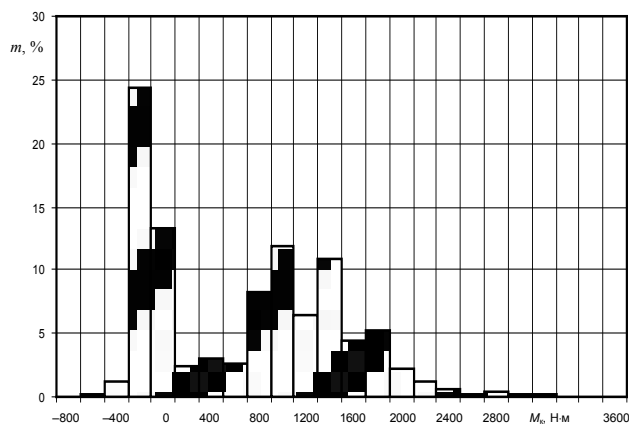


Рис. 4. Распределение крутящих моментов на карданном валу при движении автопоезда по «Минскому кольцу»:  $m$  – частость;  $M_k$  – крутящий момент на полуоси ведущего моста

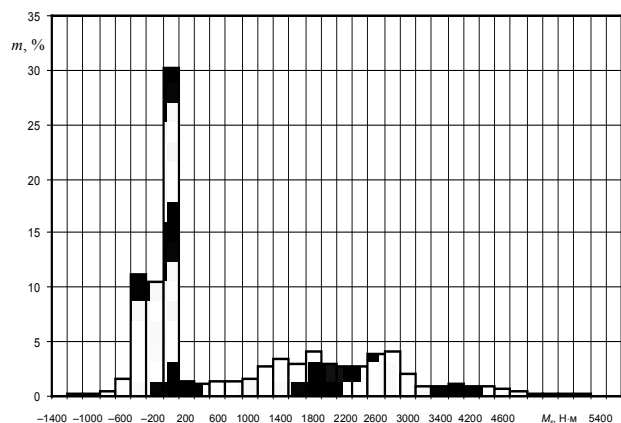


Рис. 5. Распределение крутящих моментов на карданном валу при движении автопоезда по «второму кольцу» г. Минска

Кроме движения по маршрутам в реальных условиях эксплуатации, проводились исследования динамических процессов в трансмиссии автопоезда при переезде препятствий треугольной формы, торможении двигателем на передачах, движении на повороте на различных скоростях (минимальный радиус поворота), дви-

жении задним ходом и бросках сцепления.

При исследованиях динамических процессов в трансмиссии автопоезда было установлено, что крутящие моменты на карданном валу при бросках сцепления достигали 15000 Н·м (рис. 6). При этом крутящие моменты на полуосях ведущего моста достигали 10000 Н·м.

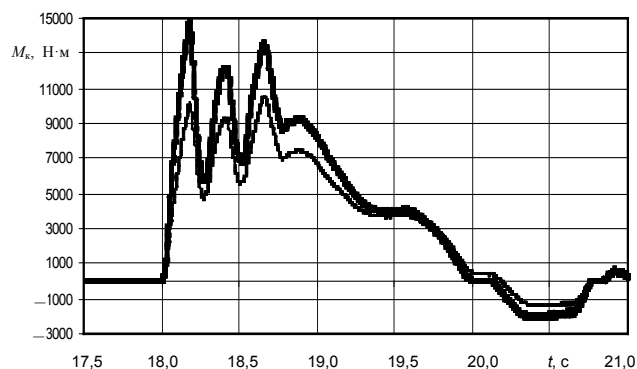


Рис. 6. Временная диаграмма крутящих моментов на карданном валу и полуоси ведущего моста при броске сцепления на первой передаче: — — крутящий момент на карданном валу; — — то же на полуоси ведущего моста

Значения крутящих моментов в трансмиссии автопоезда при бросках сцепления в 2–2,5 раза превышают крутящие моменты в реальных условиях эксплуатации. Эти пиковые значения крутящих моментов должны учитываться при расчетах узлов и деталей трансмиссии на статическую прочность.

## ВЫВОД

Результаты исследований нагрузочных режимов трансмиссии автопоезда в составе седельного тягача МАЗ-544008 и полуприцепа МАЗ-9758 могут быть использованы для расчетов деталей трансмиссии на долговечность, а также для выбора режимов стендовых испытаний.

Поступила 15.09.2004