

ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ ТРАНСМИССИИ ТРОЛЛЕЙБУСА

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

*Белорусский национальный технический университет,
РУП «Минский автомобильный завод»*

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 относительно 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.

Особенности работы трансмиссии троллейбуса обусловлены принципом рекуперации энергии, т. е. при торможении приводной электродвигатель функционирует в режиме генератора, что заставляет работать узлы трансмиссии в ведомом режиме. Таким образом, нагрузочный режим трансмиссии троллейбуса нельзя сопоставлять с нагрузочными режимами трансмиссий автомобилей и автобусов, где торможение двигателем так интенсивно не используется.

Принципиальная схема подключения датчиков и измерительных модулей с применением многоканальной бортовой измерительной системы для динамических испытаний «M3 INTEGRA 1» ф. В + S Multidata, которая позволяет записывать процессы нагружения в реальном времени в цифровом формате, представлена на рис. 1.

Крутящие моменты на полуосях ведущего моста измерялись при помощи тензодатчиков

сопротивлением 200 Ом, наклеенных по полумостовой схеме на поверхности полуосей. Для исключения внешних воздействий тензодатчики герметизировались специальной клеевой композицией. Доработанные крышки колесных передач позволяли устанавливать токосъемники ТТ. Токосъемник соединялся с тензодатчиками на полуоси при помощи экранированного кабеля, уложенного через паз удаленного шлица полуосевой шестерни колесной передачи.

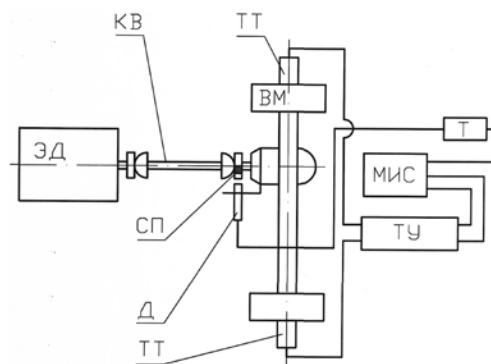


Рис. 1. Принципиальная схема подключения датчиков и измерительных модулей: ЭД – электродвигатель; КВ – карданный вал; ВМ – ведущий мост; ТТ – торцевые токосъемники; МИС – многоканальная измерительная система «M3 INTEGRA 1»; Т – тахометр ТАС-100; СП – светоотражающая пластина; Д – оптический датчик частоты вращения; ТУ – тензоусилитель KWS-3073

Кинематическая схема съема сигнала крутящего момента с полуосей ведущего моста представлена на рис. 2.

После усиления на шестиканальном тензоусилителе KWS-3073 ф. НВМ (Германия) сигналы поступают на аналоговый модуль измери-

тельной системы, где осуществляются оцифровка получаемой информации и ее запись на внешний носитель информации (ВНИ).

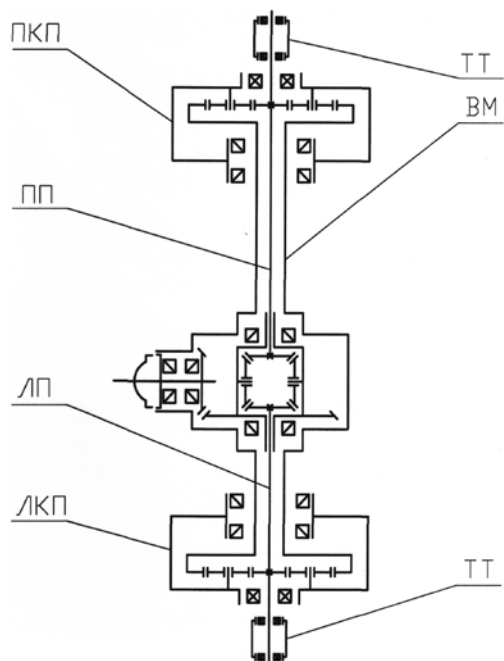


Рис. 2. Кинематическая схема съема сигнала крутящего момента с полуосей ведущего моста: ВМ – ведущий мост; ТТ – торцевые токосъемники; ПКП – правая колесная передача; ЛКП – левая колесная передача; ПП – правая полуось; ЛП – левая полуось

Тахометр ТАС-100 фирмы Larson Davis с оптическим датчиком частоты вращения, использующий сигнал, отраженный от боковой поверхности фланца карданного вала, применяется для определения частоты вращения последнего. При этом сигнал с оптического датчика частоты вращения поступает на тахометр, где преобразуется в аналоговый сигнал, который далее подается на аналоговый модуль измерительной системы.

Поступающие на измерительный модуль МИС сигналы записываются на внешний носитель информации. В процессе проведения измерений все фиксируемые сигналы могут отображаться на жидкокристаллическом мониторе в виде графиков в реальном времени, что позволяет постоянно фиксировать все реальные процессы, протекающие в трансмиссии троллейбуса.

Для исследований использовались наиболее загруженные пассажирские маршруты г. Минска. Испытания проводились на троллейбусе,

загруженном балластом по весу, соответствующему максимальной пассажировместимости. Уже в процессе предварительной обработки нагрузочного режима трансмиссии троллейбуса был отмечен ряд особенностей по сравнению с нагрузочным режимом трансмиссии автомобилей, основными из которых являются отсутствие движения накатом ввиду жесткой кинематической связи двигателя с трансмиссией и наличие значительного количества торможений двигателем (около 50 % времени двигатель работает в ведомом режиме, т. е. трансмиссия нагружается отрицательным (тормозным) моментом). Фрагмент временной диаграммы крутящего момента на длинной полуоси ведущего моста представлен на рис. 3, где отчетливо просматриваются различные режимы движения троллейбуса: разгон, движение с постоянной скоростью и торможение двигателем.

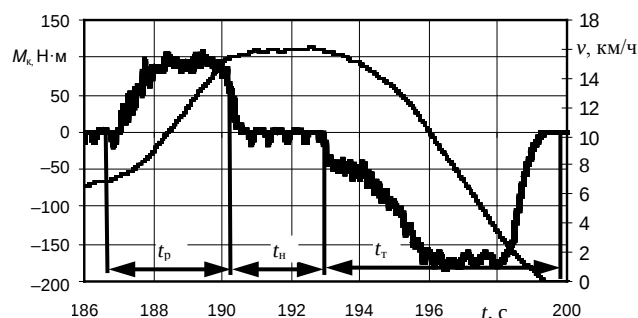


Рис. 3. Временная диаграмма крутящего момента на длинной полуоси ведущего моста троллейбуса: — крутящий момент на полуоси ведущего моста; — скорость движения троллейбуса; M_k – крутящий момент на полуоси ведущего моста; v – скорость движения троллейбуса; t – время движения троллейбуса по маршруту; t_p – то же разгона; t_n – то же движения с постоянной скоростью; t_t – то же торможения двигателем

Учитывая большое количество информации, поступающей на измерительную систему при частоте опроса датчиков 1000 Гц, за время нахождения на маршруте создавались файлы данных значительных объемов. Существующее программное обеспечение не позволило обеспечить обработку нагрузочных режимов, в связи с этим возникла необходимость создания собственных программ обработки экспериментальных данных. Разработанное программное обеспечение позволяет считывать информацию непосредственно из файла данных в массив без

промежуточного преобразования в текстовый формат (как это предусматривалось ранее). Кроме того, в программе предусмотрены модули обработки данных от оптических и индукционных датчиков частоты вращения. Разработан ряд цифровых фильтров сигналов как тензодатчиков, так и датчиков частоты вращения. Программное обеспечение позволяет рассчитывать распределения крутящих моментов, частот вращения валов трансмиссии и скорости движения транспортного средства по времени и пробегу. В программе предусмотрен модуль визуализации и анализа колебательных процессов, который позволяет определять амплитуды и частоты колебательных процессов в трансмиссии транспортного средства. Кроме того, разработан специальный модуль спектрального анализа, позволяющий строить трехмерную функцию в координатах «частота колебаний – частота вращения вала трансмиссии – спектральная плотность колебаний». Данная функция позволяет оценить параметры колебаний крутящих моментов в трансмиссии транспортного средства и выявить причины возникновения данных колебаний.

В программном обеспечении предусмотрена возможность построения графиков зависимостей различных процессов с возможностью последующей вставки изображения в приложения MS Office и другие программы через буфер обмена Windows. Графики и гистограммы сохраняются в форматах JPG или BMP, а обработанные базы данных, представляющие собой распределения крутящих моментов, частот вращения, скорости движения транспортного средства по времени или по пробегу, – в виде таблиц в текстовом формате.

На рис. 4 и 5 представлены соответственно гистограммы распределений крутящих моментов на полуоси ведущего моста и скорости движения троллейбуса по пробегу.

По гистограмме распределения скорости движения можно судить о наиболее используемом скоростном режиме троллейбуса на участках между остановками – 20–40 км/ч.

Как видно из рис. 4, положительные максимальные крутящие моменты на полуоси составляют около 2000 Н · м. Однако при испытаниях в ряде заездов были зафиксированы скачки крутящего момента на полуоси и до 8000 Н · м

(рис. 6), которые возникали в результате преодоления дорожных препятствий.

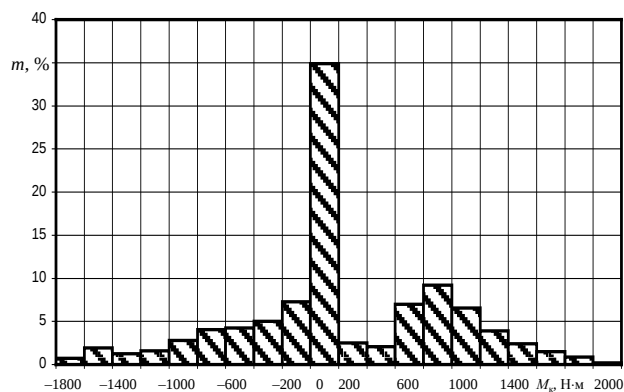


Рис. 4. Распределение крутящих моментов на длинной полуоси ведущего моста троллейбуса по пробегу

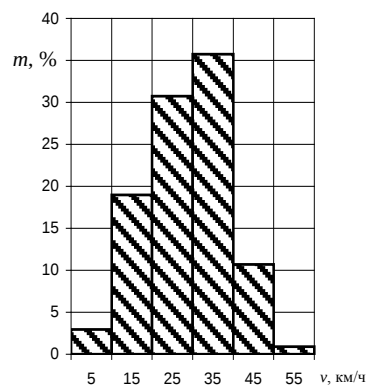


Рис. 5. Распределение скорости движения троллейбуса МА3-103Т

Как видно из рис. 6, пиковая нагрузка, вызывает затухающие колебания крутящего момента в трансмиссии троллейбуса с декрементом 0,48–0,57.

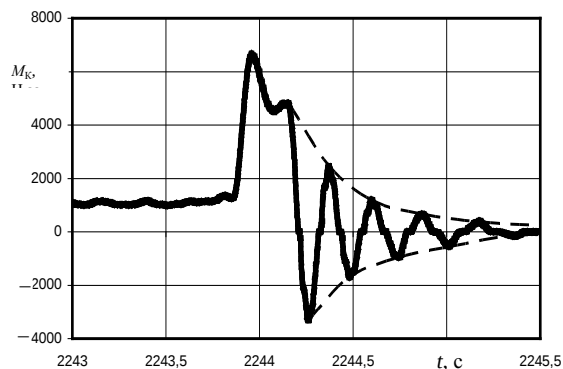


Рис. 6. Временная диаграмма крутящего момента на полуоси моста при сбое в системе управления при переезде через препятствие

При обработке временных сигналов крутящих моментов, нагружающих полуоси ведущего моста, был выявлен ряд особенностей в нагружении длинной и короткой полуосей. В частности, короткая полуось работает в более жестком режиме, так как уровень крутящих моментов на короткой полуоси несколько выше, чем на длинной, вследствие маневрирования троллейбуса при выезде с остановки в момент трогания, когда наблюдаются максимальные крутящие моменты в трансмиссии. Необходимо отметить, что амплитуды колебаний на длинной полуоси в 1,5–2 раза выше, чем на короткой.

ВЫВОД

По существующим методикам при обработке нагрузочных режимов автомобилей отрицательные моменты (торможение двигателем), нагружающие трансмиссию, ввиду их малого удельного веса, не учитываются. Однако для троллейбуса эти моменты составляют около 50 % по пробегу от общего количества крутящих моментов. В связи с этим требуется переработка существующих методик обработки нагрузочных режимов и оценки характеристик надежности зубчатых зацеплений.

Поступила 15.09.2004

УДК 629.113-587

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЯЕМОСТИ НАЗЕМНЫХ МАШИН ПОСРЕДСТВОМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЯГОВЫХ УСИЛИЙ КОЛЕС

Канд. техн. наук ДУБОВИК Д. А.

*Научно-инженерное республиканское унитарное предприятие
«Белавтотракторостроение»*

Для управления динамикой наземных машин и улучшения их управляемости в настоящее время широкое применение получают системы Electronic Stability Program, Dynamic Stability Control, Automatisches Stabilitäts-Management-System, Fahr-Dynamik-Regelung, Vehicle Stability Control, Vehicle Stability Assist и др. Их действие основано на регулировании тормозных усилий колес машины, а также общего тягового усилия посредством вмешательства в управление двигателем. При недостаточной поворачиваемости они притормаживают заднее внутреннее по отношению к центру поворота колесо. В условиях избыточной поворачиваемости притормаживается переднее внешнее колесо.

В научно-технической литературе не получили должного отражения методы регулирования тяговых усилий колес для управления динамикой движения с целью достижения наилучших эксплуатационных характеристик и максимальной эффективности использования машин. Целью настоящей работы является раз-

работка метода регулирования тяговых усилий колес для обеспечения наилучшей управляемости наземных машин. Приводятся результаты моделирования реализации предложенного метода на примере регулирования тяговых усилий колес внедорожной машины с колесной формулой 8×8.

Постановка задач исследований. Управляемость наземной машины определяется свойством ее конструкции реализовывать заданный режим движения и исполнять сигнал управления с необходимыми точностью и быстродействием при минимальном уровне психомоторных затрат со стороны водителя [1].

В соответствии с определением понятия управляемости непосредственными характеристиками данного эксплуатационного свойства являются величина и скорость реакции машины на управляющее воздействие водителя. Наихудшая управляемость соответствует случаю, когда машина никоим образом не реагирует на управляющие действия водителя, сохраняя при