

Экспериментальные исследования нагрузок в трансмиссии четырехосной полноприводной колесной машины при переезде через кювет

12, декабрь 2016

Фоминых А. Б.^{1,*}, Жеглов Л. Ф.¹

УДК: 629.1.028

¹Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

*fab@bmstu.ru

Введение

Современные четырехосные полноприводные автомобили способны решать различные тактические задачи на пересеченной местности, преодолевать водные преграды и инженерные сооружения типа рвов, кюветов, канав, насыпей, окопов, эскарпов и др.

Теоретическим вопросам снижения нагруженности на агрегаты и системы колесной машины при преодолении траншеи и въезде на насыпь посвящены работы [1, 2]. Сравнительная оценка расчетных и экспериментальных зависимостей крутящих моментов в трансмиссии многоосной полноприводной колесной машины при въезде на насыпь дана в работе [3]. В работах [4, 5] рассмотрены конструктивные усовершенствования, позволяющие повысить возможности колесных машин при преодолении крупных неровностей и увеличить проходимость таких машин.

Таким образом, следует признать, что из-за сложности, трудоёмкости и дороговизны испытаний по определению нагруженности различных агрегатов колесных машин, особенно агрегатов трансмиссии, при преодолении инженерных сооружений в последнее время таких испытаний проводится мало и соответственно опубликовано очень ограниченное число работ, посвященных результатам таких экспериментальных исследований.

В тоже время в работах [1, 6, 7] показано, что, используя результаты экспериментов, можно построить адекватные математические модели и решить поставленные теоретические задачи. Это говорит о востребованности публикаций по результатам экспериментальных исследований в области динамики колесных машин, их систем трансмиссий, подпрессоривания и несущей системы.

Экспериментальные исследования

С целью выявления характера изменения крутящих моментов при преодолении некоторых инженерных сооружений и зависимости этих моментов от скорости движения автомобиля были проведены экспериментальные исследования нагруженности трансмиссии

четырёхосной полноприводной колесной машины при переезде кювета (рис. 1). Поверхности, образующие кювет, представляют собой уплотненный грунт, покрытый дерном.

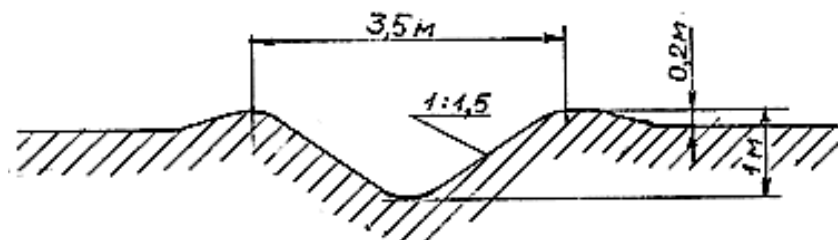


Рис. 1. Поперечный профиль кювета

Объектом испытания являлась полноприводная четырехосная колесная машина общим весом 21,6 т. с независимой подвеской колес, имеющая бортовую блокированную схему трансмиссии (рис. 2). Нагрузка на колеса первой оси составляла 2,4 т, на остальные колеса – 2,8 т. Колея машины равнялась 2,45 м, расстояние между первой и второй осями 1,5 м, между второй и третьей 2,8 м, между третьей и четвертой 1,5 м. Шины широкопрофильные 1200х500-508, давление воздуха в шинах 0,35 МПа.

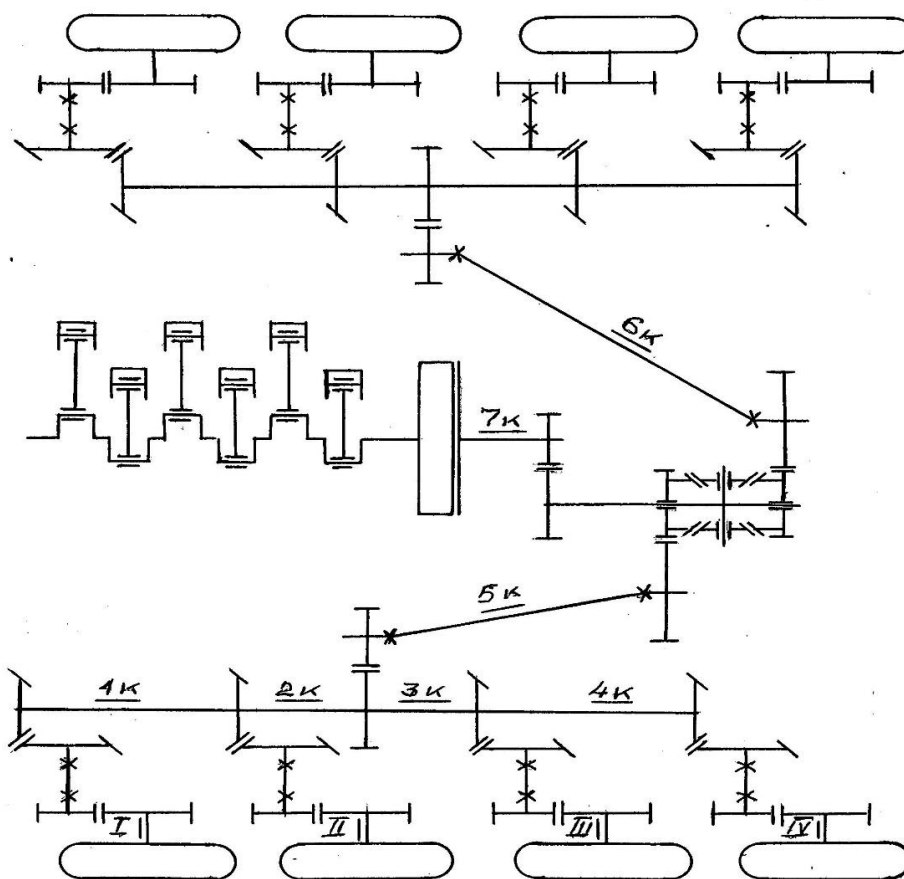


Рис. 2. Кинематическая схема трансмиссии

На машине был установлен дизель ЯМЗ-240 мощностью 370 л. с. при 2100 об/мин, имеющий максимальный крутящий момент равный 1350 Н м при 1300 об/мин. Переда-

точные числа коробки передач составляли соответственно: 1 передача - 3,91, 2 – 2,111, 3 – 1,138, 4 – 0,714, 5 – 0,512. Раздаточный редуктор с передаточным числом 1,214 обеспечивал через симметричный конический дифференциал передачу крутящего момента по бортам машины. Бортовые раздаточные редуктора осуществляли жесткие бездифференциальные связи между передними и задними «тележками» бортов и имеют по две передачи (на схеме не показаны): высшую 1,07 и низшую 2,158. При данных испытаниях была постоянно включена высшая передача в бортовых раздаточных редукторах и первая передача в коробке передач. Передаточные числа конических и колесных редукторов имеют значения соответственно 2,27 и 3,73.

Во время испытаний производилась запись крутящих моментов на валах трансмиссии с помощью проволочных тензодатчиков, наклеенных в местах, указанных на рис. 2. Валы привода левого борта обозначены на рис. 2 через 1к, 2к, 3к, 4к, валы привода бортовых раздаточных редукторов – через 5к и 6к, ведомый вал сцепления – через 7к.

Для измерения крутящих моментов, подводимых непосредственно к колесам, использовались датчики (I, II, III, IV), наклеенные на внутреннюю поверхность ведомых шестерен колесных редукторов левого борта машины. С целью уменьшения влияния концентрации напряжений от усилий, развиваемых в зубчатых зацеплениях колесных редукторов, и уменьшения влияния изгиба этих шестерен от вертикальных и горизонтальных нагрузок, действующих на колеса, на внутренние поверхности ведомых шестерен колесных редукторов, выполненных в форме колокола, наклеивались по 24 датчика, равномерно расположенные по всей окружности шестерен.

При испытаниях использовалась следующая аппаратура: бензогенераторный агрегат мощностью 3 кВт с выходным напряжением 220 В и частотой тока 50 Гц; выпрямитель переменного тока ВСА-5; два усилителя типа 8АНЧ-7М; два осциллографа типа К9-21. Для передачи сигнала с вращающихся деталей трансмиссии использовались токосъемники. В местах, обозначенных на рис. 2 цифрами I – IV, устанавливались концевые ртутные токосъемники, в остальных местах – вибростойкие токосъемники с радиально расположенными шестью серебряными кольцами и находящимися с ними в соприкосновении девятью шестью серебрянографитовыми контактами.

Чтобы обеспечить совмещение по времени записей на обоих осциллографах на каждую ленту с помощью различных токосъемников записывался сигнал с одного и того же вала 1к. Для замера угловой скорости вращения валов трансмиссии устанавливались индукционные отметчики оборотов.

Характерные кривые изменения крутящих моментов на ведомых шестернях колесных редукторов левого борта машины при преодолении колесной машиной кювета со средней скоростью 6 км/час представлены на рис.3. Подача топлива в заезде фиксировалась рычагом ручного газа. Регистрация на осциллограммах процесса изменения вертикальных сил (на рис.3 не показаны), приходящихся на каждое колесо, позволила выделить на кривых крутящих моментов зоны, где соответствующие колеса находятся в вывешенном состоянии, хотя это видно и без вертикальных сил на колесах - по тем участкам, где крутящие моменты равны нулю.

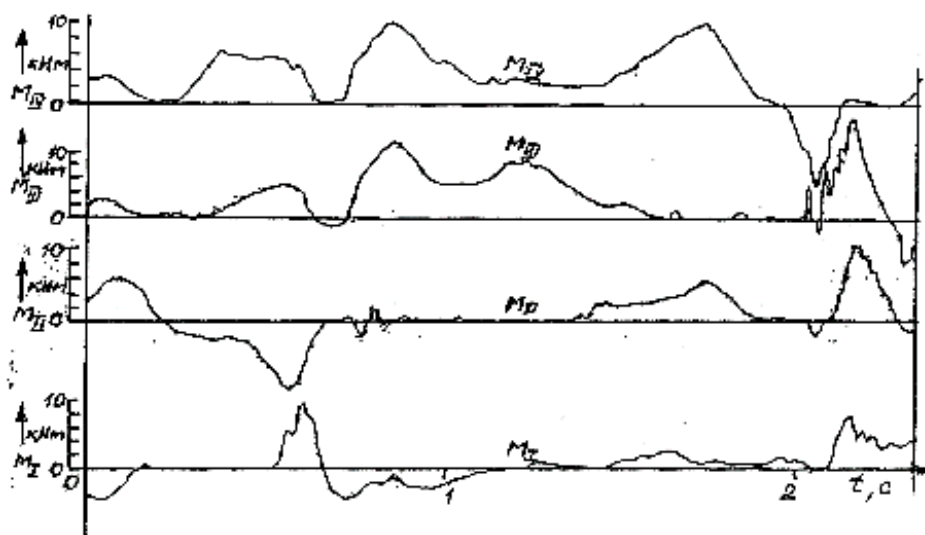


Рис. 3. Изменения крутящих моментов на валах колес левого борта при преодолении машиной кювета со скоростью 6 км/час

Из рис. 3 можно сделать вывод, что периодическое возрастание крутящих моментов на валах ведущих колес связано с тем, что колеса той или иной оси либо наезжают на передний валик кювета, либо взбираются по дальней (по ходу движения) стороне кювета. В обоих случаях имеет место возрастание вертикальной нагрузки на колеса этих осей и подъем корпуса автомобиля, что требует дополнительного подвода энергии от двигателя и приводит к увеличению крутящих моментов на колесах этих осей. Наибольшее возрастание крутящих моментов наблюдается при выходе из вывешенного состояния соответствующего колеса.

Однако, если колесо опускается в кювет, то протекание крутящего момента имеет другой характер. За счет обкатывания углов кювета, а также за счет движения под углом к горизонту по граням кювета колесо меняет характер своего движения: превращается из ведущего в тормозное и крутящий момент на этом колесе достигает значительных отрицательных величин. Особенно значительные отрицательные значения крутящего момента наблюдаются на колесах второй и четвертой осей и имеют место при опускании этих колес в кювет, когда они поворачиваются на больший угол, чем остальные (оси которых движутся практически горизонтально) и превращаются в тормозные. При этом на колеса второй и четвертой осей приходится и весь вес машины, так как колеса первой и третьей осей вывешены.

На рис. 4 представлены зависимости максимальных и минимальных значений величин крутящих моментов на колесах левого борта машины в функции средней скорости преодоления машиной кювета. Из него видно, что в исследуемом диапазоне скоростей движения наблюдается рост максимальных положительных значений крутящих моментов при увеличении скорости преодоления кювета. Дальнейшему увеличению скорости движения препятствовал значительный рост динамических нагрузок на ходовую часть и корпус автомобиля.

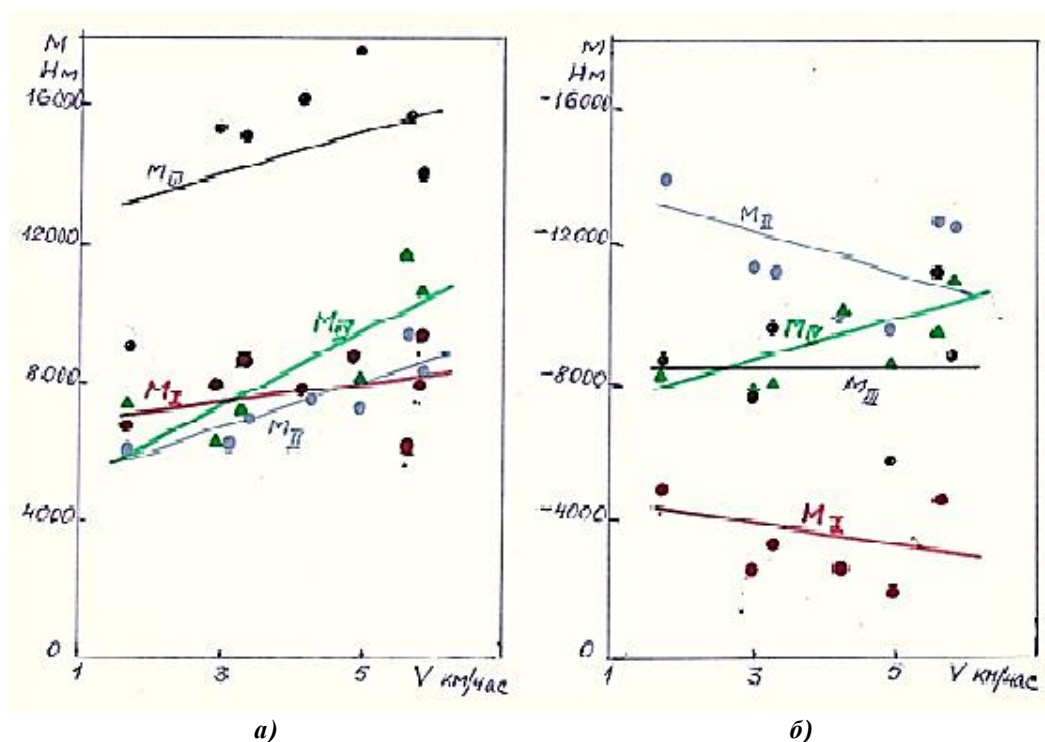


Рис. 4. Зависимость максимальных положительных (а) и отрицательных (б) значений величин крутящих моментов на колесах левого борта от средней скорости преодоления кювета

Для сравнения следует отметить, что крутящий момент на ведомом валу колесного редуктора, рассчитанный по сцеплению колес с сухим бетонным покрытием ($\varphi = 0,8$) при равномерном распределении по всем колёсам равен 12100 Нм. а крутящий момент на этом валу, рассчитанный по максимальному моменту двигателя без учета коэффициента полезного действия трансмиссии при включенных тех же передачах, что и в эксперименте, равен 7300 Нм.

Заключение

Проведенные испытания показали, что при переезде кювета в трансмиссии четырех-осной полноприводной колесной машины могут возникать значительные динамические нагрузки, которые должны приниматься во внимание при расчете деталей на прочность.

Список литературы

- [1]. Жилейкин М.М. Разработка статического алгоритма управления подвеской много-осных колесных машин: автоматизированное преодоление эскарпа // Наука и образование. Электрон. журн. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011. № 8. С. 19. Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/347058.html> (дата обращения: 1.12.2016) № 77-30569/347058
- [2]. Жилейкин М.М. Разработка статического алгоритма управления подвеской много-осных колесных машин: автоматизированное преодоление траншеи // Наука и образование. Электрон. журн. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011. № 9. Режим доступа:

- [3]. Фоминых А.Б., Комиссаров А.И. Определение динамической нагруженности трансмиссии полноприводной колесной машины при преодолении единичных неровностей // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия «Машиностроение». 2005. № 1. С. 54-62.
- [4]. Гутиев Э.К., Мамити Г.И., Плиев С.Х., Мельников А.С. Специальные колесные машины для освоения горных территорий // Вестник Белорусско-Российского университета. 2009. № 3. С. 22-29.
- [5]. Горшков Ю.Г., Старунова И.Н., Калугин А.А., Белоусов М.А. Повышение тягово-сцепных свойств колёсных машин в тяжёлых дорожных условиях // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 3. С. 70-73.
- [6]. Котиев Г.О., Горелов В.А. Моделирование прямолинейного движения полноприводной колёсной машины по несвязным грунтам // Труды НАМИ. 2009. № 241. С. 25-39.
- [7]. Фоминых А.Б., Комиссаров А.И. Модели взаимодействия колеса с единичными неровностями, предназначенные для определения динамической нагруженности трансмиссии колесной машины // Известия ВУЗ'ов. Машиностроение. 2005. №1. С. 29-37.