

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ДОРОЖНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Т.С. Волченко, В.А. Крылов, Л.А. Шефер

Рассмотрены вопросы моделирования влияния воздействия со стороны дороги на автомобиль при расчетах динамических характеристик напряженно-деформированного состояния несущих систем автомобиля. Воздействие на автомобиль со стороны дороги (далее дорожное воздействие) моделируется с помощью зависимости Доддса, которая основана на гипотезе изотропности поля дорожного воздействия. Рассматриваются две модели воздействия: с учетом и без учета зависимости между случайными функциями микропрофиля левой и правой колеи дороги (далее зависимость).

При движении автомобиля все его узлы подвергаются различного рода динамическим воздействиям, которые обусловлены неровностями дорожного полотна. Для анализа ресурса автомобиля в целом и отдельных его составляющих необходима оценка возникающих колебательных процессов. Для того чтобы расчетным путем определить характеристики сопротивления усталости, необходимо располагать адекватными моделями воздействия на систему (автомобиль) со стороны дорожного полотна. Так как автомобиль может двигаться по всевозможным типам дорог, то требует большого количества аппроксимаций дорожного полотна, так как автомобиль подвергается различного рода воздействиям при движении по дорогам различных типов. Кроме того, сложно сформировать такое воздействие, которое описывало бы движение автомобиля при движении с постоянной скоростью, разгоне, переезде единичных неровностей, торможение и т. д.

Одна из последних разработок [1] заключается в следующем: при движении автомобиля необходимо учитывать взаимосвязь между левой и правой колеями дороги, что поможет более точно описать динамику движения транспортного средства. Ранее же проводились расчеты без учета такой взаимосвязи.

В качестве исходной информации при моделировании дорожного воздействия используются экспериментальные данные измерений микропрофилей дорог различных типов и соответствующие этим данным функции спектральных плотностей. В большинстве случаев измерения проводились по одной колее дороги, что явно недостаточно для получения пространственной модели дорожного воздействия.

Сотрудниками кафедры «Летательные аппараты» ЮУрГУ и отделом системных исследований и разработок Уральского автомобильного завода совместно разработан метод формирования дорожного воздействия, в котором используется зависимость Доддса [2]. Эта зависимость основана на гипотезе изотропности поля дорожного воздействия и позволяет получить взаимную корреляционную функцию двух колеи дорожного полотна $R_w(\tau)$, располагая корреляционной функцией микропрофиля одной колеи $R(\tau)$:

$$R_w(\tau) = R\left(\sqrt{\tau^2 + \left(\frac{B}{V}\right)^2}\right),$$

где B - ширина колеи автомобиля, V - скорость его движения. Следовательно, метод позволяет получить пространственную модель дорожного воздействия.

Для анализа применимости рассматриваемого метода формирования дорожного воздействия в практических расчетах динамического напряженно-деформированного состояния несущих систем автомобиля была проведена оценка разницы между двумя моделями объемного воздействия: с учетом и без учета взаимодействия между колеями. Оценка проводилась с помощью конечно-элементного пакета ANSYS и созданной в нем модели автомобиля «КАМА3-6520» (рис. 1).

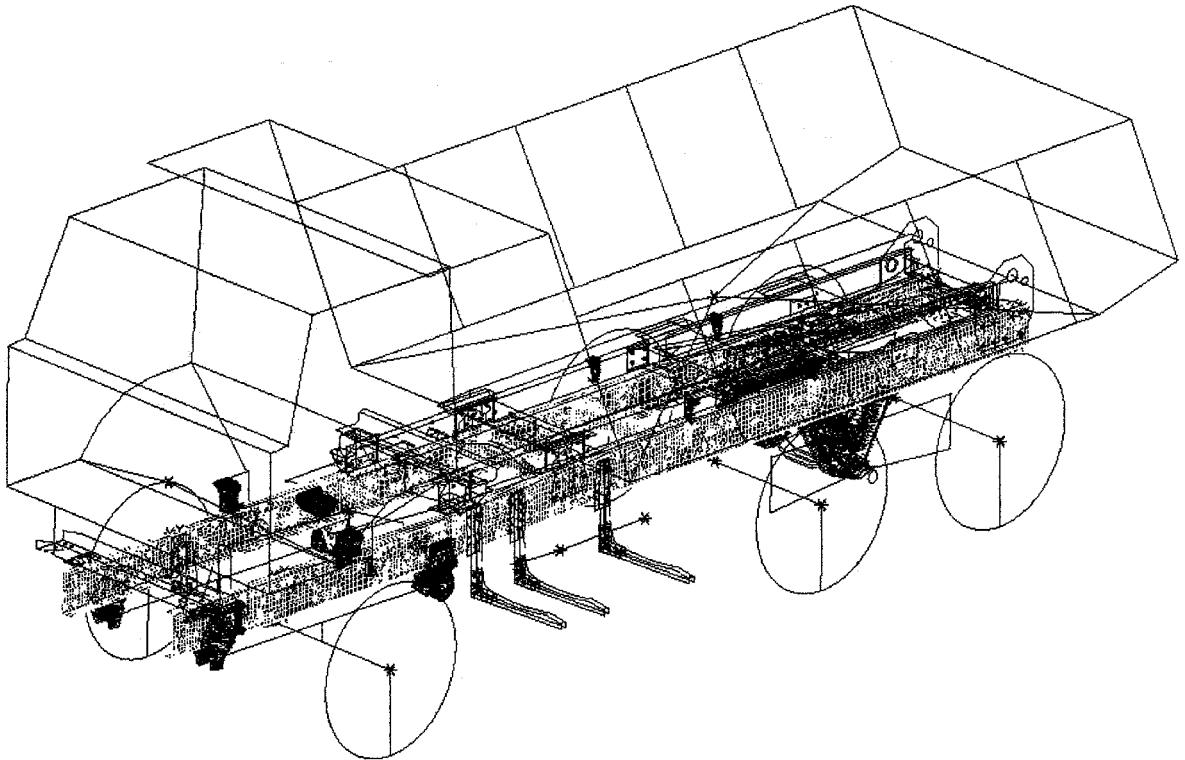


Рис. 1. Конечно-элементная модель автомобиля «КАМАЗ-6520»

В качестве примера для расчетов было выбрано движение автомобиля по двум типам дорог: по асфальту со скоростью 60 км/ч и по грунту со скоростью 45 км/ч, а исследуемыми деталями: из неподдресоренных масс - передний мост, из поддресоренных масс - вторая, третья и четвертая поперечины рамы. Исследуемые узлы на деталях (рис. 2) выбраны как наиболее опасные по результатам стендовых испытаний несущих систем автомобиля КАМАЗ.

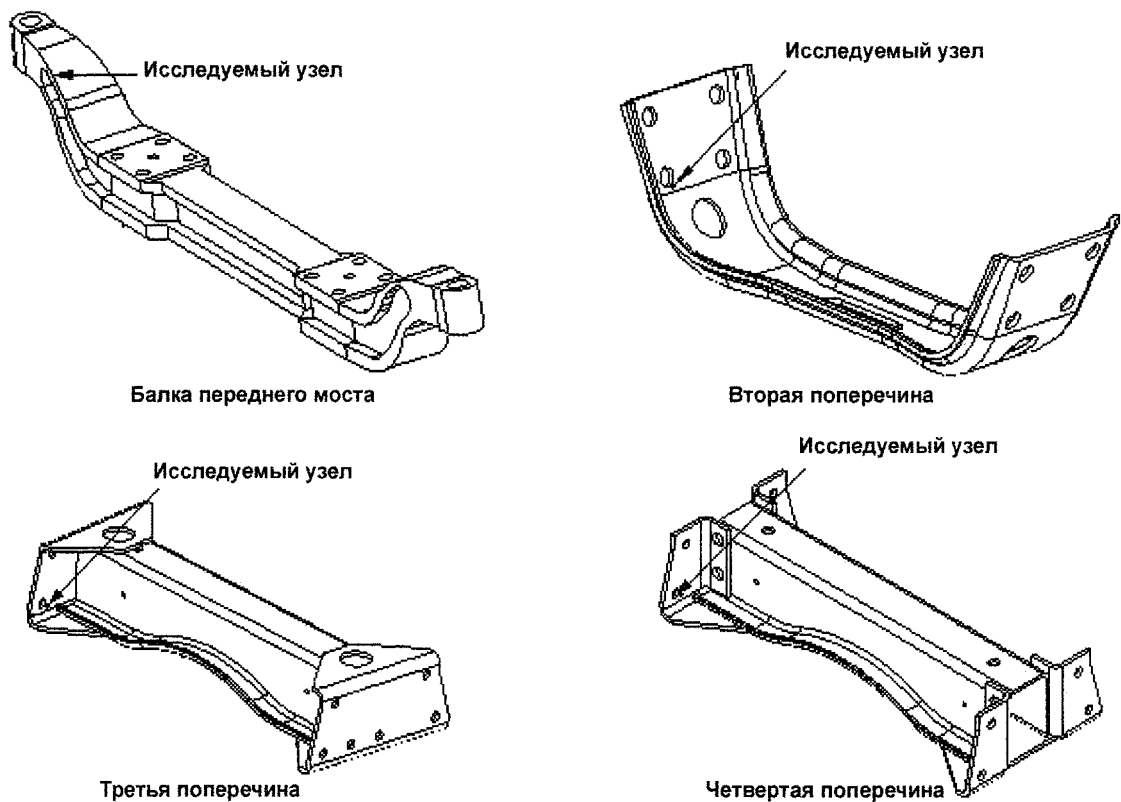


Рис. 2. Исследуемые детали

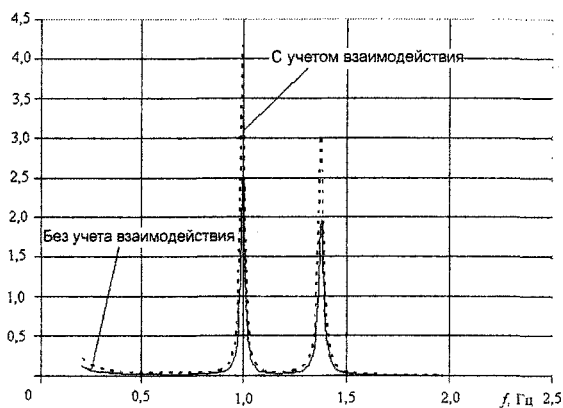
Для последующего анализа функций спектральной плотности напряжений были определены несколько первых собственных частот колебаний автомобиля (табл. 1).

В процессе исследования рассматривались случайные колебания машины в диапазоне частот 0...10 Гц, с шагом по частоте 0,2 Гц. Наиболее заметные отличия спектральных плотностей напряжений видны на пиках, соответствующих первым четырем собственным частотам автомобиля (рис. 3).

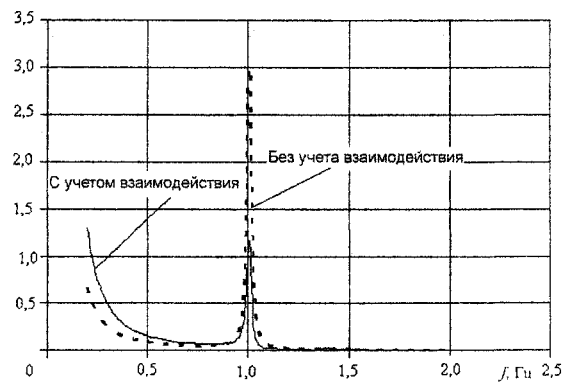
Таблица 1

Значения собственных частот колебаний автомобиля.

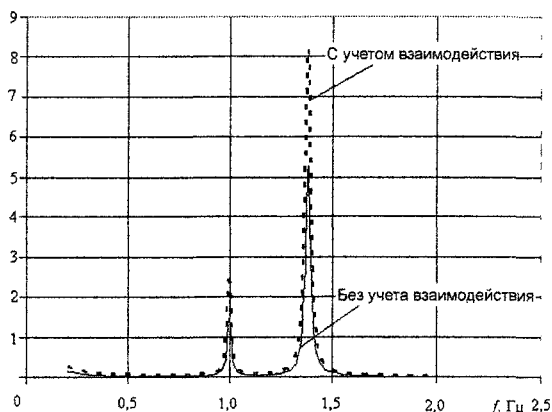
№ формы	Значение собственной частоты, Гц	Комментарий
1	0,783	Вертикальные колебания бензобака на средней опоре
2	0,962	Вертикальные колебания автомобиля на подвеске
3	0,981	Угловые колебания автомобиля на подвеске относительно продольной оси
4	1,375	Угловые колебания автомобиля на подвеске относительно поперечной оси
5	2,112	Угловые колебания кабины и грузовой платформы в противофазе относительно продольной оси
6	3,017	Вертикальные колебания подрессоренных и непрорессоренных масс
7	3,094	Угловые колебания автомобиля на подвеске



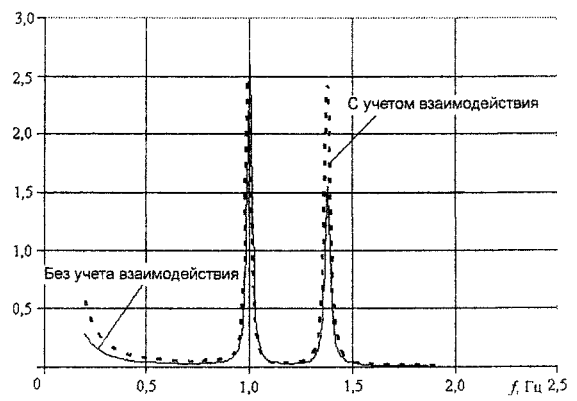
а)



б)



в)



г)

Рис. 3. Спектральная плотность напряжений (МПа·10¹⁴) исследуемых деталей при моделировании движения автомобиля по асфальту со скоростью 60 км/ч: а – для балки переднего моста; б – для второй поперечины рамы автомобиля; в – для третьей поперечины рамы автомобиля; г – для четвертой поперечины рамы автомобиля

На основе спектральных плотностей напряжений были получены значения среднеквадратичных отклонений (СКО) напряжений (табл. 2, 3).

Расчет и конструирование

Расчеты показывают, что СКО напряжений при учете взаимодействия оказываются в среднем выше на 13%.

СКО напряжений при движении автомобиля по асфальту

Таблица 2

Исследуемые узлы	При учете взаимодействия	Без учета взаимодействия
2-я поперечина	6,8	6,1
3-я поперечина	72,1	57
4-я поперечина	6,4	5,4
Подвеска	5,9	5,1

СКО напряжений при движении автомобиля по грунту

Таблица 3

Исследуемые узлы	При учете взаимодействия	Без учета взаимодействия
2-я поперечина	16,8	15,9
3-я поперечина	171,8	143,1
4-я поперечина	15,7	14
Подвеска	14,5	13,1

Таким образом, можно сделать следующий вывод. Расчеты с учетом зависимости между колесами дороги математически более адекватно отражают реальное дорожное воздействие. Так как использование зависимости Доддса не требует каких-либо дополнительных данных, т. е. достаточно располагать спектральной плотностью для одной колеи, то для инженерных расчетов и исследований динамики и ресурса несущих систем автомобиля рекомендуется использовать описанный метод.

Литература

1. Шлейхер, А. А. Методика формирования модели дорожного воздействия / А. А. Шлейхер, В. А. Крылов // Динамика машин рабочих процессов: Сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции, 13-15 октября 2004 г. - Челябинск: изд-во ЮУрГУ, 2005. - С. 159.
2. Доддс, С. Док. Воспроизведение в лаборатории эксплуатационных вибраций автомобиля / С. Дж. Доддс // Журнал американского общества инженеров-механиков. - 1974. - №2.