

Статья получена с сайта <http://defshov.am-bridge.net>

При ссылке на статью использовать ссылку на сайт либо следующую информацию:

Ефанов А.В. Моделирование динамического взаимодействия системы «транспортное средство – деформационный шов автодорожного моста» // Инновационные технологии в обучении и производстве: Материалы III Всероссийской конф., г. Камышин; в 3 т. – Волгоград: Изд-во ВолгГТУ, 2005. – Том 1. – С. 78-82.

Информация об издании:

Инновационные технологии в обучении и производстве: Материалы III Всероссийской конф., г. Камышин; в 3 т. – Волгоград: Изд-во ВолгГТУ, 2005. – Том 1. – 212 с, ил.
ISBN 5-230-04529-9
УДК 62.001.7

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
СИСТЕМЫ «ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО – ДЕФОРМАЦИОННЫЙ
ШОВ АВТОДОРОЖНОГО МОСТА»

УДК 624.21.014

Ефанов А.В.
СГТУ, 8 (8452) 525883

Даже хорошо спроектированные и выполненные деформационные швы моста (ДШ) всегда представляют собой неровности в мостовом полотне автодорожных мостов. Эти неровности являются причиной возникновения значительных динамических нагрузок, особенно при прохождении автомобилей большой грузоподъемности. Динамическое воздействие при этом оказывает влияние и на саму конструкцию ДШ, и на транспортное средство, и на пассажиров, а также передается на конструкцию моста. Результатами динамического воздействия являются: повышенный износ движущихся и несущих конструкций автомобилей, ДШ, развитие усталостных повреждений указанных узлов, снижение комфортности проезда по ДШ и безопасности движения в этой зоне мостового полотна, общие и локальные повреждения дорожной одежды мостового полотна и несущих конструкций моста.

Динамическая составляющая колесной нагрузки зависит от конструкции и типа дорожной одежды, характеристик транспортного средства (геометрических и массовых, распределения жесткости, типов шин и

подвески, скорости, и т.д.) и пролетного строения моста (длины пролета, его геометрии, статической схемы, собственных частот и характеристик затухания колебаний), конструкции ДШ.

Развитие методов учета динамического воздействия на ДШ происходило при всеобщем понимании необходимости учета динамического взаимодействия между транспортным средством и неровностью плоскости движения, которой в данном случае является ДШ [1, 2, 4]. В одном случае эти модели были разработаны для учета динамического воздействия на транспортное средство и пассажиров при проезде через ДШ [1], в другом – для выяснения характера взаимодействия моста (с неровностями) и транспортного средства [4], в третьем – для решения большинства подобных задач [2].

Моделирование динамического воздействия на транспортное средство в системы «транспортное средство – неровность мостового полотна», осуществленное у нас в 70-х годах прошлого века Шестериковым В.И. [1], позволило определить максимальную степень неровности ДШ по отношению к уровню мостового полотна, исходя из параметров комфортности и безопасности проезда транспорта через ДШ. Неровность описывалась формой, высотой и протяженностью, а транспортное средство представлено колебательной системой из двух масс – подрессоренной и надрессоренной с тремя степенями свободы (рис. 1, а). Эта модель позволила также получить значения динамических коэффициентов, используемых для расчета элементов ДШ (1,6 и 2,0 соответственно при расстоянии между ДШ на мосту до 40м и более).

На рис. 1, б показана другая модель системы «транспортное средство – мост с неровностями» [4]. Неровность, воздействующая на транспортное средство в этой модели – сумма начального профиля поверхности моста и прогиба от динамической нагрузки на мост. Удар возбуждает транспортное средство, что в результате выражается в появлении динамических усилий в шинах. Эти силы, в свою очередь, прикладываются к мосту и вызывают динамические смещения моста. Этот механизм обратной связи сил привязывает динамическую характеристику моста к данному транспортному средству и описывает уже их взаимодействие.

Различные методы вычисления развиты авторами [4] для того, чтобы привязать динамическую характеристику моста к данному набору давлений колес транспортного средства.

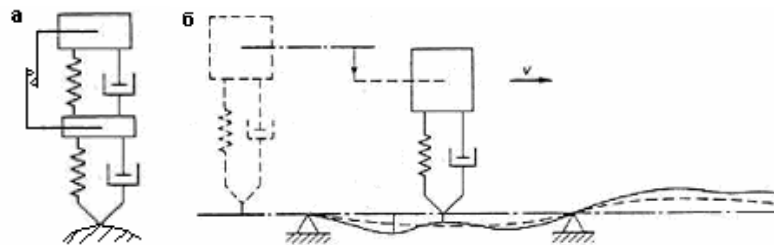


Рис. 1. Примеры моделей для оценки динамического взаимодействия транспортного средства с неровностями моста.

В последнем случае можно усложнить математическую модель транспортного средства, используя, например, следующие схемы [2], что позволяет более точно учесть характер взаимодействия.

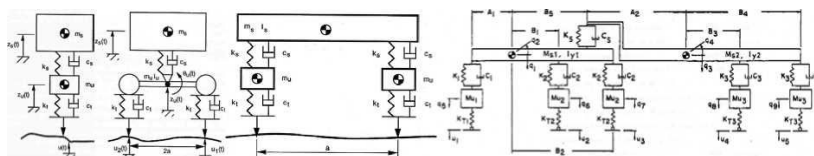


Рис. 2. Модели грузовиков с 2, 3, 4 и 9 степенями свободы.

Наиболее полного учета указанных наработок позволяет достичь новая модель системы «транспортное средство – мостовое полотно, включая деформационный шов», построенная как конечно-элементная модель и реализованная с помощью программного комплекса. Например, такая модель была использована совместно с комплексом LS-Dyna [2]. Модель позволяет, изменяя параметры испытательного транспортного средства (нагрузку, геометрические размеры и скорость), характеристики неровности деформационного шва и жесткость дорожного покрытия, определять напряжения и деформации в деформационном шве и каждом слое дорожного покрытия вследствие динамических воздействий, вызванных при движении транспортного средства.

Модель также позволяет определять ускорение транспортного средства, проверять степень комфортности проезда по неровному дорожному покрытию.

Конечно-элементная модель мостового полотна (рис. 3) – это трехслойная модель (два слоя асфальтобетона и один цементобетона), общей длиной 22,4 м и шириной 4 м. Используемые материалы являются линейно-упругими для основания (бетон конструкции плиты), и вязкоупругими для двух слоев асфальтобетона. Посередине находится ДШ, размеры которого показаны на рис. 3.

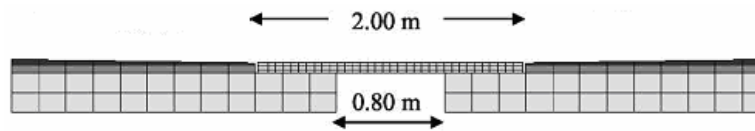


Рис. 3. Конечно-элементные модели ДШ и мостового полотна

Модель транспортного средства – это конечно-элементная модель IVECO 180 NC, четырехосного тяжелого грузового автомобиля с массой нетто 10560 кг и полной массой приблизительно равной 30 т.

Чтобы правильно оценить влияние динамики и поведение транспортного средства, вся система подвески была воспроизведена, как показано на рис. 4. Стандартный грузовик имеет подвеску, с упругими стальными балками, установленными на каждой из осей, и гидравлическими амортизаторами. Основные части конструкции транспортного средства используют модель упруго-пластичного материала.

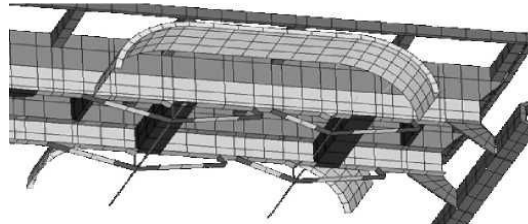


Рис. 4. Конечно-элементная модель задней подвески

Нагрузка передана дорожному покрытию через пневматические шины вращающихся колес, а поверхность контакта между этими двумя телами (резиновой шиной и дорожным покрытием) реализована как контактная поверхность с кулоновским трением.

Фактически, на данной модели можно изучать различные типы ДШ при различных скоростях транспортных средств и их массах, дорожных покрытиях, конструктивных схемах и характеристиках мостов. С этой моделью можно вычислить напряжения, деформации и ускорения в каждом элементе конструкции; она полезна для прогнозирования усталости конструкции ДШ и транспортного средства. Кроме того, модель дает возможность поместить в транспортное средство виртуальный манекен (модель человеческого тела) для получения более полной информации относительно динамических воздействий на пассажира.

В последнее время пристальное внимание уделяется развитию методов наиболее полного учета динамического воздействия на ДШ, поскольку, как установлено, большинство дефектов ДШ (особенно сложных по конструкции, многопрофильных) вызваны именно динамиче-

скими нагрузками и усталостью материала элементов ДШ [3, 5]. Как правило, такие работы направлены на создание моделей элементов ДШ с целью планирования экспериментов по определению выносливости этих узлов [5], либо с целью рационального проектирования долговечных ДШ [3]. В обоих случаях обычно моделируется промежуточная балка модульного ДШ как многопролетная статически неопределимая балка на упруго-податливых опорах с учетом демпфирования в опорных частях промежуточной балки (рис. 5, а) и с аналогичными связями в опорных частях траверс (рис. 5, б).

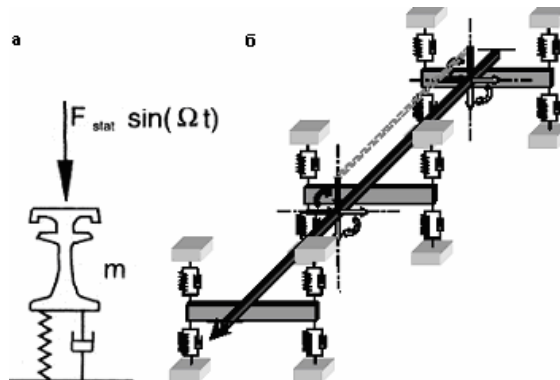


Рис. 5. Моделирование динамического воздействия на элементы ДШ

1. Шестериков В.И. Деформационные швы в автодорожных мостах. М., Транспорт, 1978, 151 с.
2. Bonin G., Loprencipe G., Ranzo A. Traffic Dynamic Effect On Road Bridge Joint / First International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management, IABMAS, 2002, 8 p.
3. Palamas J., Coussy O., Bamberger Y. Effects of Surface Irregularities Upon the Dynamic Response of Bridges Under Suspended Moving Loads // Journal of Sound and Vibration. Vol. 99, No. 2, 1985, P. 235-245.
4. Performance Testing for Modular Bridge Joint Systems. NCHRP Report 467 / University of Minnesota, National Academy Press, Washington, D.C., 2002, 92 p.
5. Ramberger G. Structural Bearings and Expansion Joints for Bridges. IABSE, Zurich, Switzerland, 2002, 89 p.