

6. Т.П. Сенкевич, С.З. Рагольский, В.Н. Померанец, Железобетонные трубы, С. Рагольский, Ред., Москва: Стройиздат, 1989, р. 272.
7. Ю. А. Тевелёв, Железобетонные трубы. Проектирование и изготовление, Москва: Издательство Ассоциация строительных вузов, 2004, р. 328.
8. Н.-В. Horlacher, Ред., Rohrleitungen 1. Grundlagen, Rorwerkstoffe, Komponenten, Dresden, 2016, р. 545.
9. С. I, «Gravitacios betoncsövek gyartasa hengerlessel,» Építőanyag, № 11, pp. 423-431, 1973.
10. М. П. Нажуев, П. М. Джамилова, Ф. А. Батаева, З. И. Бакаев, А. Х. Кукаев и А. Османов, «Влияние режимов виброцентрифугирования на свойства получаемых бетонов,» Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, № 1, pp. 8-19, 2021.

624.21.01/.09; 624.04

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕБРИСТЫХ ПРОЛЁТНЫХ СТРОЕНИЙ

В.А. Ходяков

Белорусский национальный технический университет
пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск, Беларусь, xva609@gmail.com

Предметом исследования является различная величина динамического воздействия на пролётное строение мостовых сооружений от движущегося тяжёлого автотранспорта. В исследовании удалось дифференцировать величину динамического воздействия в зависимости от длины пролёта, его конструкции и частоты собственных колебаний. По результатам нескольких серий динамических испытаний построены диаграммы зависимости динамического воздействия, выраженного в максимальной амплитуде виброскорости от скорости движения автомобиля. Описаны факты возникновения резонанса пролётного строения и его влияние на величину динамического воздействия. Основные выводы представленных результатов исследования: при движении по ровной дороге динамическое воздействие повышается с увеличением скорости, а в случае движения по неровностям наоборот – снижается.

Ключевые слова: испытание, виброскорость, пролётное строение, динамическая нагрузка, частота колебаний, скорость.

Было проведено несколько испытаний мостовых сооружений различной конструкции на территории Республики Беларусь. Пролётные строения всех испытанных сооружений являются железобетонными ребристыми. Испытывались как разрезные, так и неразрезные пролётные строения. При испытании определялись частоты собственных колебаний пролётных строений для общего анализа возможности возникновения случаев резонанса.

Эффект резонанса возникает тогда, когда грузовой автомобиль движется с определённой скоростью, при которой частота прохождения колёсных осей совпадает с частотой собственных колебаний пролётного строения. Для проведения нашего анализа примем в качестве основной нагрузку от грузового трёхосного самосвала МАЗ 6501 (Рис. 1) – самого тяжёлого из наиболее распространённых самосвалов в Республике Беларусь [1].

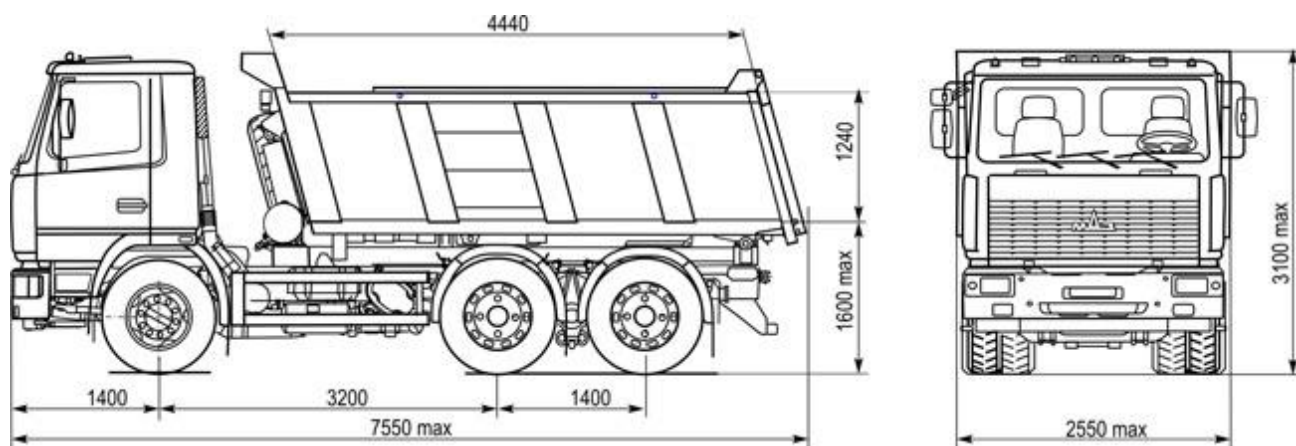


Рис. 1. Геометрические характеристики самосвала МАЗ-6501 с полной массой 33,5 тонны

Критическую скорость движения, при которой возникают вынужденные колебания, которые могут вызвать эффект резонанса пролётного строения можно вычислить, умножив расстояние между выбранными осями автомобиля на частоту собственных колебаний пролётного строения. В соответствии со схемой эти расстояния составляют 1400 мм, 3200 мм и 4600 мм. Результаты анализа различных пролётных строений сведены в таблицу 1. Полуожирным выделена длина пролёта, в котором непосредственно проводились измерения.

Таблица 1. Частотные характеристики сооружений

№	Тип пролётного строения	Тип опорных частей	Схема пролётного строения	Основная частота собственных колебаний	Критическая скорость, км/ч		
					2-3 ось 1,4 м	1-2 ось 3,2 м	1-3 ось 4,6 м
1	Температурно-неразрезное 3.503.1-81	РОЧ 300x400	24 +24+24+24	4,75	24	55	79
2	Температурно-неразрезное 3.503.1-73	ПОЧ 210x195	15 +15+15	9,25	47	107	153
			15+15+ 15	11,25	57	130	168
3	Температурно-неразрезное 3.503.1-81	ЛПЧ24.1000	21 +18+24+21	5,5	28	63	91
			21+ 18 +24+21	7,7	39	89	128
			21+18+ 24 +21	5,0	25	58	83
4	Неразрезное 3.503.1-81 с накладной плитой	ЛПЧ33.1400	18 +24+18	9,75	49	112	161
5	Неразрезное «балки Журавлева»	ЛПЧ15.400	24 +24	2,4	12	28	40

Анализируя данные в таблице, можно заключить что регулярное возникновение резонанса является нормальным для пролётных строений мостовых сооружений вне зависимости от длины пролёта и типа расчётной схемы пролётного строения.

С другой стороны, попытаемся проанализировать то, как зависит величина динамической добавки, выраженная в пиковом значении виброскорости, от скорости движения автомобиля на одном и том же сооружении (Рис. 2-5).

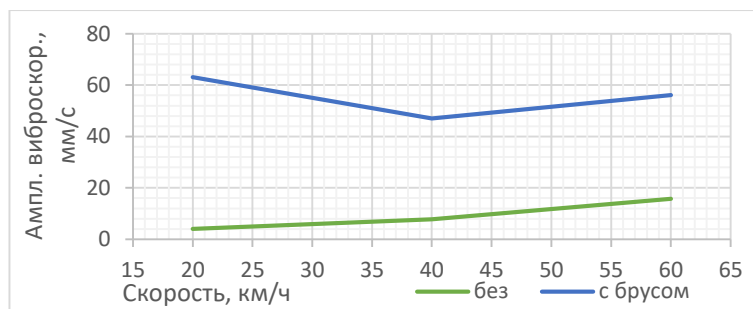


Рис. 2. Зависимости пикового значения амплитуды виброскорости от скорости движения автомобиля. Испытание № 3, пролёт 21 м. На скорости 63 км/ч резонанс

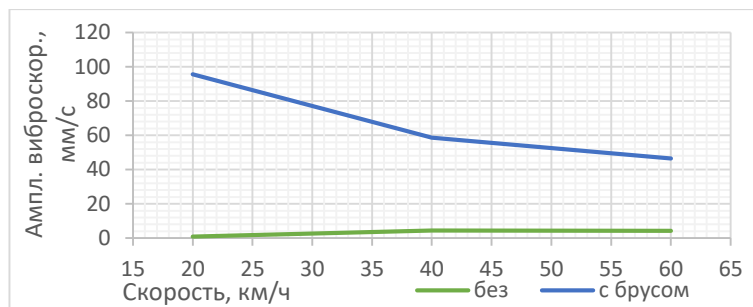


Рис. 3. Зависимости пикового значения амплитуды виброскорости от скорости движения автомобиля. Испытание № 3, пролёт 18 м. На скорости 39 км/ч резонанс

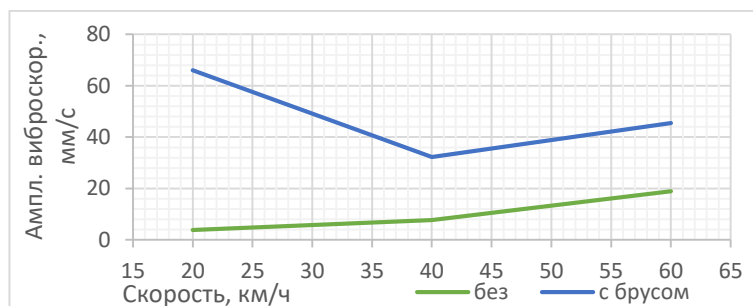


Рис. 4. Зависимости пикового значения амплитуды виброскорости от скорости движения автомобиля. Испытание № 3, пролёт 24 м. На скорости 58 км/ч резонанс

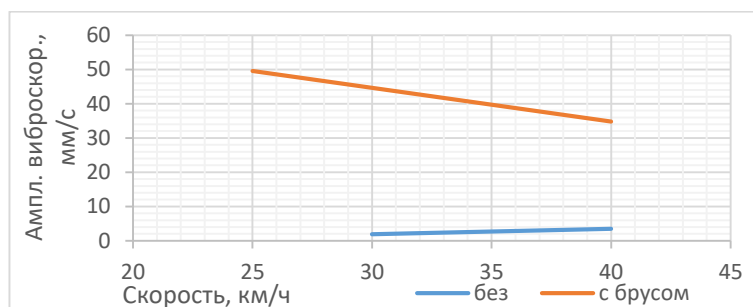


Рис. 5. Зависимости пикового значения амплитуды виброскорости от скорости движения автомобиля. Испытание № 4, пролёт 24 м

По графикам можно чётко видеть, что величина динамического воздействия, выраженного в пиковой амплитуде виброскорости, в случае движения самосвала без неровностей на проезжей части невелика и с ростом скорости незначительно растёт. При движении самосвала по искусственной неровности в виде бруса, динамическое воздействие выше на порядок и его величина падает с увеличением скорости движения.

Таким образом можно заключить, что наибольшая величина динамического воздействия имеет место не только в случае возникновения резонанса, но и в случае движения самосвала по большим неровностям с небольшими скоростями.

С точки зрения обывателя, чем с большей скоростью движется самосвал, тем выше величина динамического воздействия от него. И это верно для нового сооружения при отсутствии неровностей на проезжей части. Однако отсутствие неровностей — это практически лабораторные условия для оценки динамического воздействия. В действительных условиях эксплуатации эти неровности появляются по мере износа покрытия, образования выбоин или случайного появления какого-либо мусора на проезжей части.

Как показывают результаты испытания, для случая движения по неровностям, движение на более высоких скоростях предпочтительно для снижения динамического воздействия на сооружение. Наше же обывательское желание снизить скорость чтобы медленнее проехать по неровностям связано скорее с вопросами безопасности – «Если я еду медленно, то быстрее успею отреагировать на возможное непредсказуемое поведение автомобиля». Кроме того, при движении автомобиля на высокой скорости возможен эффект «пробоя» подвески – случай, когда достигается предел хода пружины или рессоры и возникает резкая ударная нагрузка в корпус автомобиля. В этом случае высок риск потери управления автомобилем особенно в случае движения на высоких скоростях.

Если рассматривать ситуацию с точки зрения механики, то следует сначала обозначить то, что причиной динамического воздействия являются силы инерции, действующие на автомобиль «падающий» на пролётное строение. Далее следует разделить массу автомобиля на подрессоренную – корпус автомобиля с грузом и неподрессоренную – масса подвижной части подвески и колёс.

Дело в том, что при наезде на неровность на высокой скорости подрессоренная масса не успевает смещаться в вертикальном направлении, а значит просто не успевает «упасть» на пролётное строение. Неровность «отыгрывается» подвеской автомобиля очень быстро, не давая практически никакого воздействия на подрессоренную массу. Основной же динамический эффект в этом случае возникает от сил инерции, действующих на неподрессоренную массу автомобиля, которая относительно невелика, а воздействие от неё незначительно.

В случае же движения на низкой скорости подрессоренная масса успевает повторять практически ту же траекторию что и неподрессоренная. В этом случае силы инерции подрессоренной массы оказывают на порядок более значительное воздействие на пролётное строение, что и вызывает высокую величину динамического воздействия.

Литература

1. Минский автомобильный завод: каталоги для загрузки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://maz.by/ru/products/catalogs/>. – Дата доступа: 14.04.2020.
2. Ходяков В.А. «Анализ динамических воздействий подвижной нагрузки на балки пролётного строения» // Автомобильные дороги. 2020 №2 (26). С. 29–36.
3. Ходяков В.А., Кулан А.В., Савина Е.Н., Бойко И.Л., Гречухин В.А. «Диагностика участков мостового полотна и подходов в зонах устройства деформационных швов на автодорожных мостах» // Наука и техника, г. Минск: БНТУ, 2021г – Том 20, № 1, С. 10 – 15.