

ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ШВЫ И ДИНАМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА КОНСТРУКЦИИ ПУТЕПРОВОДА

В.А. Ходяков

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

Предметом исследования является различная величина и характер распределения виброскорости по длине пролётного строения в зависимости от типа деформационного шва. Также затронута гипотеза о достоверности самостоятельного интегрирования сигнала при получении осциллограмм виброперемещения. Проведено сравнение четырёх серий динамических воздействий на железобетонное пролётное строение от проезжающей нагрузки в виде гружёных самосвалов. Исследования проводились в рамках мониторинга на путепроводе с двумя типами деформационных швов. Измерения проводились в начале и в конце моста. Сделаны выводы о характере и степени распространения динамической нагрузки. Проведено сравнение динамического воздействия для двух типов деформационных швов и различного расположения их по отношению к направлению движения нагрузки.

Ключевые слова: мониторинг, виброскорость, виброперемещение, пролётное строение, путепровод, деформационный шов, опорная часть.

Анализ динамических воздействий на зону устройства деформационного шва и пролётного строения в целом был проведён по результатам мониторинга одного из путепроводов на Минской кольцевой автодороге. Путепровод трёхпролётный, пролёты длиной по 12 м. Пролётное строение температурно-неразрезное, ребристое, железобетонное с каркасной арматурой. Опорные части полиуретановые. Деформационные швы на правом пролётном строении с плитными резинометаллическими элементами. На левом – со щебеночно-мастичной вставкой. Деформационные швы сильно изношенные.

Сбор данных производился при помощи вибрографа Вибран-3 с тремя преобразователями 608A11, расположенными на нижнем ребре балки пролётного строения под исследуемой полосой движения (рис. 1).

Данные, полученные в ходе видеофиксации нагрузки и измерения виброскоростей, а также результаты самостоятельного интегрирования осциллограммы виброскорости в осциллограмму виброперемещения представлены на рисунках 2-9.

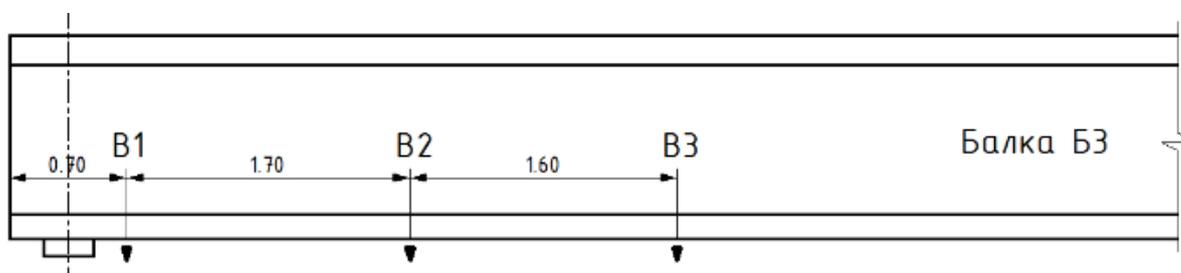


Рис. 1. Схема расположения вибропреобразователей

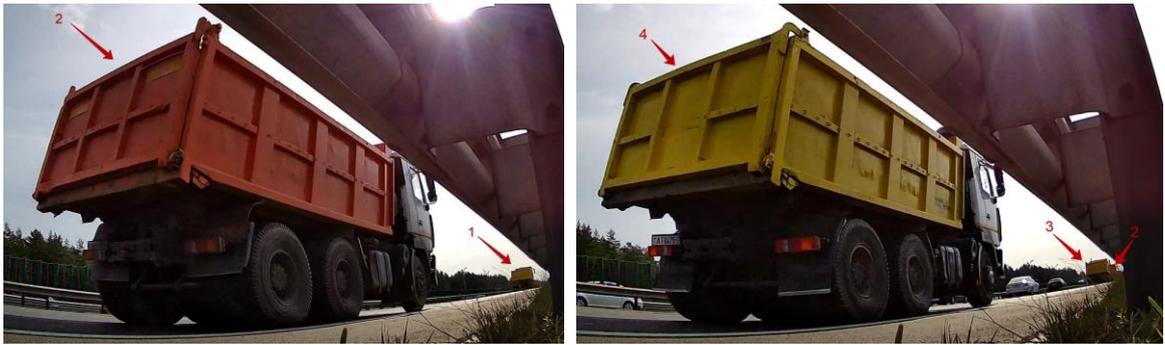


Рис. 2. Измерение № 1. Видеофиксация нагрузки – колонна из четырёх гружёных самосвалов

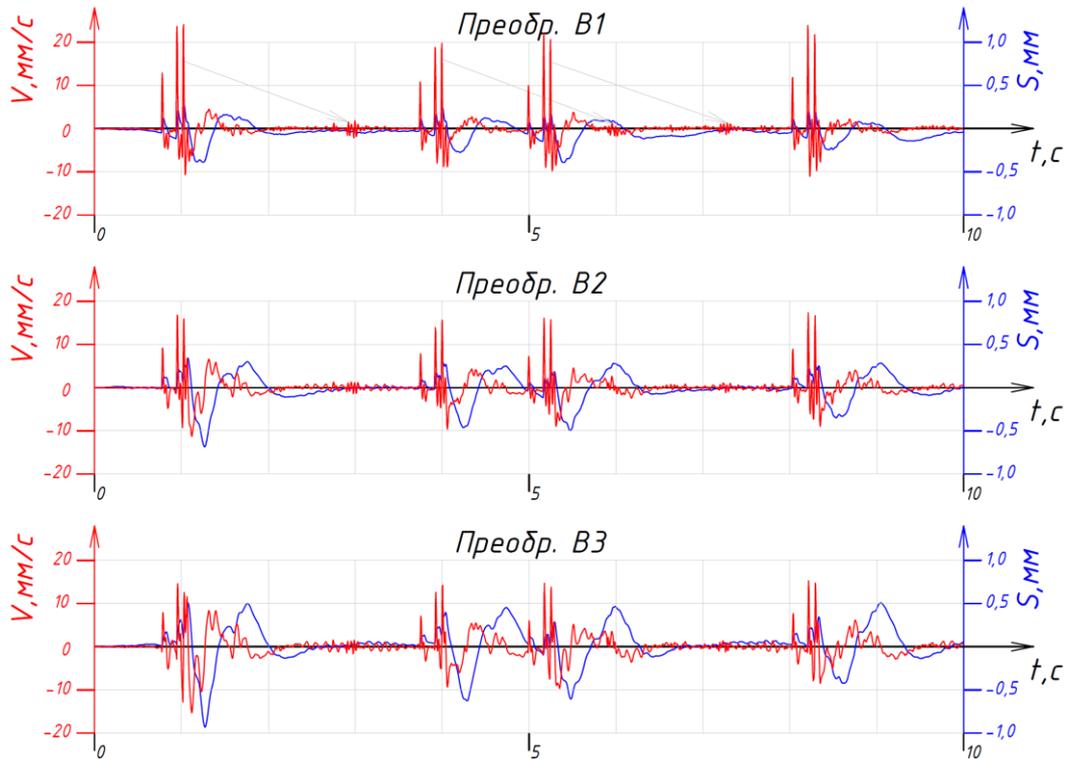


Рис. 3. Измерение № 1. Осциллограмма виброускорения и виброперемещения. Деформационный шов с плитными резинометаллическими элементами. Первый шов по ходу движения нагрузки

По пролётному строению в период мониторинга проходила разнообразная нагрузка. Для анализа были выбраны случаи группового прохождения через сооружение гружёных самосвалов типа МАЗ 6502.



Рис. 4. Измерение № 2. Видеофиксация нагрузки – колонна из двух гружёных самосвалов

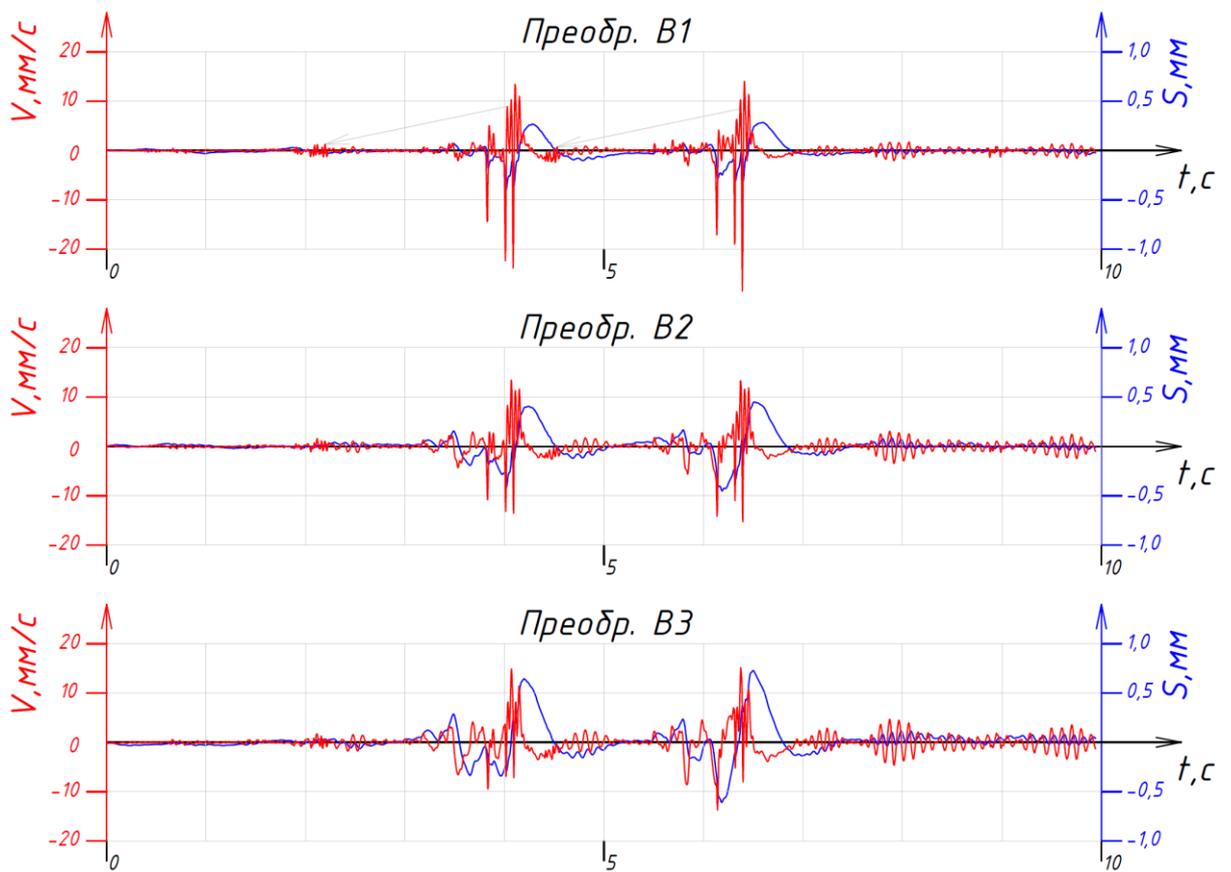


Рис. 5. Измерение № 2. Осциллограмма виброускорения и виброперемещения. Деформационный шов с плитными резинометаллическими элементами. Второй шов по ходу движения нагрузки

Серыми стрелками на осциллограммах преобразователя В1 показаны виброотклики которые были зафиксированы от прохождения нагрузкой деформационного шва находящегося на другом конце сооружения.

На всех осциллограммах положительное значение измеряемых параметров принято в направлении силы тяготения. Положительное – вертикально вниз.



Рис. 6. Измерение № 3. Видеофиксация нагрузки – колонна из двух гружёных самосвалов

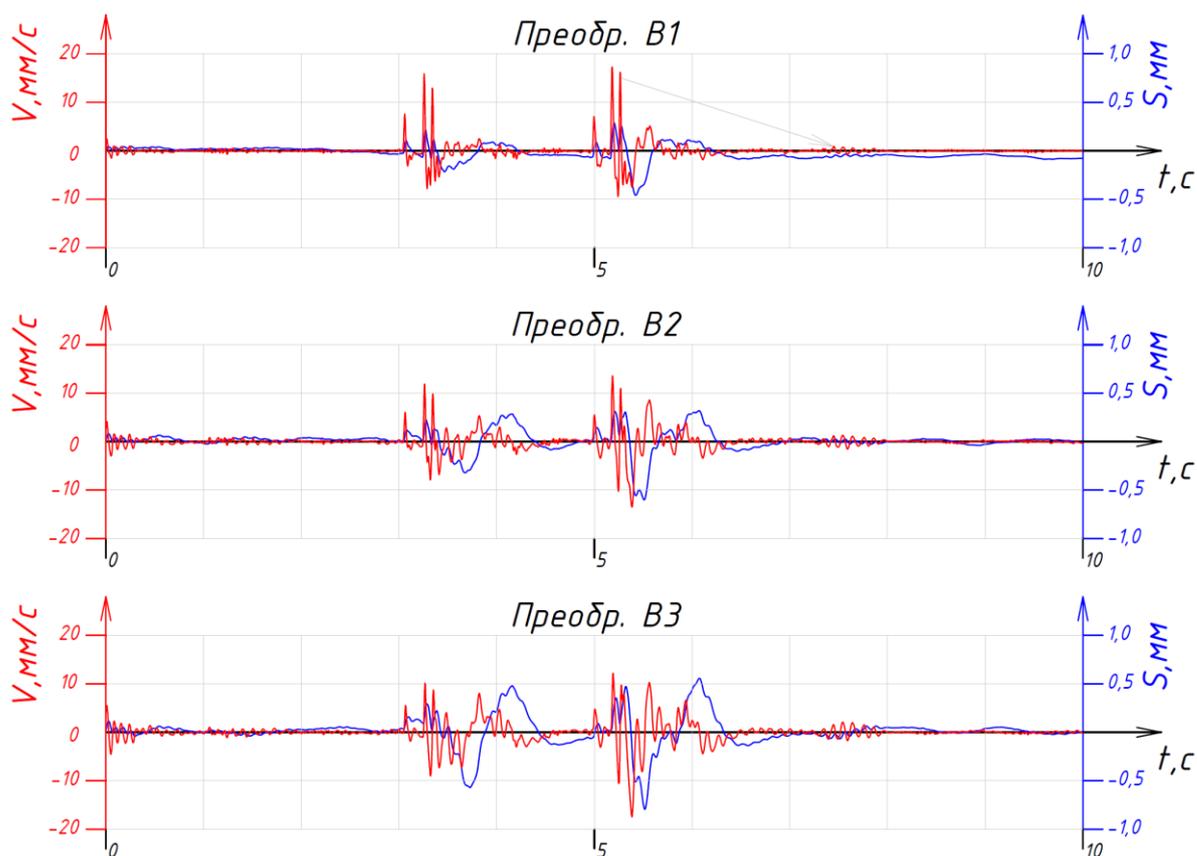


Рис. 7. Измерение № 3. Осциллограмма виброускорения и виброперемещения.
Деформационный шов со щебеночно-мастичной вставкой.
Первый шов по ходу движения нагрузки



Рис. 8. Измерение № 4. Видеофиксация нагрузки – два отдельно идущих гружёных самосвала

Разберём вопрос достоверности результатов самостоятельного интегрирования осциллограмм виброперемещения. Известно, что прибор Вибран-3 имеет собственные возможности по измерению виброперемещения. Однако в этом случае чувствительность преобразователей, как показала практика, для наших задач недостаточна. Поэтому была принята попытка самостоятельного интегрирования сигнала.

Анализируя осциллограммы виброперемещений на рисунках 3 и 7, рождается гипотеза о том, что перепутано направление оси ординат. Если поменять её направление, то при заезде нагрузки будет наблюдаться перемещение вниз, а через несколько секунд – вверх, что очень напоминает перемещения при проезде нагрузки по неразрезному пролётному строению.

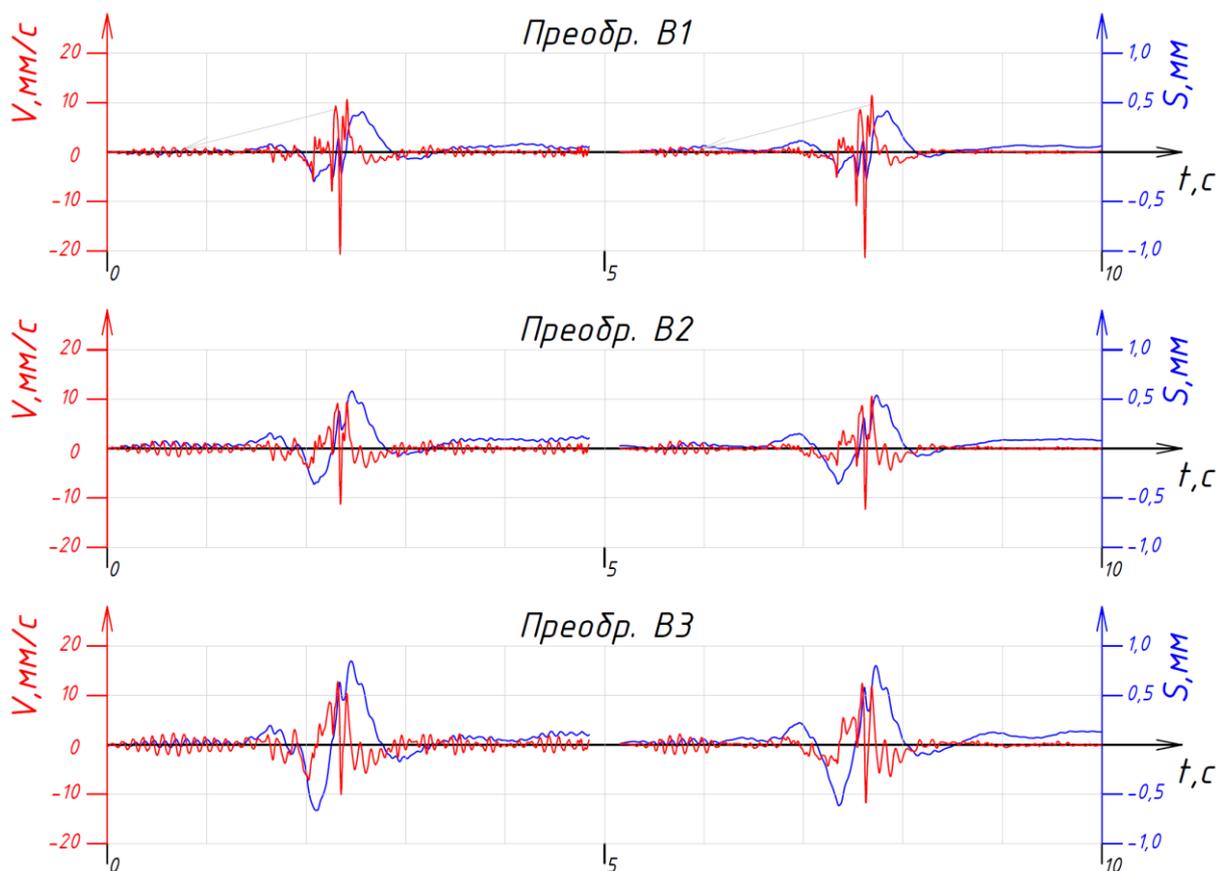


Рис. 9. Измерение № 4. Осциллограмма виброускорения и виброперемещения. Деформационный шов со щебеночно-мастичной вставкой. Второй шов по ходу движения нагрузки

Против этой гипотезы говорит несколько факторов:

1. Пролётное строение температурно-неразрезное и полной неразрывностью не обладает.
2. Осциллограмма перемещений на рисунках 5 и 9 должна быть зеркальной, однако, это не так.
3. Были выполнены измерения перемещения пролётного строения при помощи индикатора часового типа ИЧ-10 в месте установки преобразователя В1 – никаких отрицательных перемещений не зафиксировано – только прогибы.
4. Был проведён дополнительный лабораторный опыт на однопролётной балке с аналогично закреплённым оборудованием. Во время опыта на балку был сброшен груз – построены аналогичные осциллограммы (рис. 10).

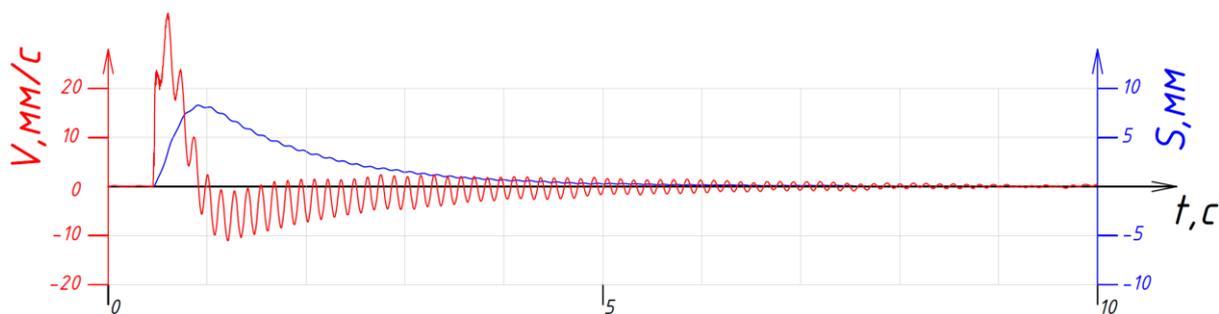


Рис. 10. Лабораторный опыт. Осциллограмма виброускорения и виброперемещения

Таким образом, результаты самостоятельного интегрирования приняты недостоверными. Окончательное подтверждение этому видно по совершенно некорректной

осциллограмме виброперемещения по результатам лабораторного опыта. Лабораторный опыт также подтверждает правильность выбора направления оси ординат – при сбросе груза на балку направление первого возмущения совпадает с направлением силы тяготения.

Причиной отсутствия достоверного результата интегрирования, вероятно, являются внутренние алгоритмы сглаживания сигнала и фиксации уплывающего ноля прибора Вибран-3.

Выводы по анализу:

1. Высокая воспроизводимость результатов.

Несмотря на то, что грузовики могут отличаться индивидуальными особенностями конструкции, состоянием, траекторией движения, степенью и равномерностью загрузки, наблюдается принципиальная воспроизводимость результатов измерения. Осциллограммы очень схожи даже на деформационных швах различного типа.

2. Динамическое воздействие на конструкции в непосредственной близости от шва для шва со щебеночно-мастичной вставкой ниже.

Амплитуды виброскорости от удара о шов в прилегающих конструкциях для шва со щебеночно-мастичной вставкой до 25 % ниже, чем для шва с плитными резинометаллическими элементами. Для более точной оценки необходимо провести анализ большой выборки измерений, что и планируется в дальнейшем.

3. Динамическое воздействие на конструкции на другом конце путепровода для шва с плитными резинометаллическими элементами ниже.

Подчеркну, речь идёт об оклике в конструкциях на другом конце сооружения при ударе о деформационный шов. Здесь наоборот, амплитуды виброскорости для шва со щебеночно-мастичной вставкой до двух раз выше, чем для шва с плитными резинометаллическими элементами. Для более точной оценки необходимо провести анализ большой выборки измерений, что и планируется в дальнейшем.

4. Динамическое воздействие для одного типа шва от удара в начале моста выше, чем от удара в конце моста.

Это правило справедливо как для воздействия на конструкции в непосредственной близости от удара, так и на конструкции на противоположном конце сооружения. Разница до двух раз.

По четвёртому выводу стоит подчеркнуть, что для сравнения рассматривается только положительная (направленная вниз) часть амплитуды виброскорости. Перспективной целью исследования является косвенная оценка динамической составляющей к статическим усилиям, возникающим в балках пролётного строения.

Если рассматривать колебание пролётного строения как последовательность чередующихся по направлению, перетекающих друг в друга импульсов. В каждом колебании можно выделить пиковое значение импульса, направленного вверх и вниз. Соответственно импульс направленный вверх приводит в конечном итоге к разгрузке пролётного строения, а импульс, направленный вниз – в догрузке.

Если подойти к вопросу с другой стороны, то при помощи закона сохранения энергии достаточно просто доказывается, что при постоянной массе и жёсткости пролётного строения пиковой скорости перемещения точек на пролётном строении соответствует и последующее пиковое значение перемещений, а значит и усилий, возникающих в конструкции.

Таким образом, в этом и дальнейших исследованиях принято решение учитывать только положительную (направленную вниз) часть амплитуды виброскорости.

Литература

1. Части опорные из литьевого полиуретана для мостовых сооружений. Технические условия : СТБ 2134-2010. – Введ. 01.07.11 (с отменой на территории РБ СТБ 1165-99). – Минск : Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2016. – 16 с.

2. Овчинников, И. И. Повреждения зон сопряжения дорожных одежд и деформационных швов на мостовых сооружениях: возможные причины и способы их устранения / И. И. Овчинников, И. Г. Овчинников, Ш. Н. Валиев // Науковедение. – 2013. – № 6. – С. 148.

3. Золотухин, Ю. Д. Испытание строительных конструкций : учеб. пособие / Ю. Д. Золотухин. – Минск : Высшая школа, 1983. – 208 с.

4. Долидзе Д. Е. Испытание конструкций и сооружений : учеб. пособие / Д. Е. Долидзе. – Москва : Высшая школа, 1975. – 252 с.

5. Ходяков В.А. «Анализ динамических воздействий подвижной нагрузки на балки пролётного строения» // Автомобильные дороги. 2020 №2 (26). С. 29–36.

6. 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.

УДК 624.042

О МОНИТОРИНГЕ СОСТОЯНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Л.В. Гулицкая, О.С. Шиманская

Белорусский национальный технический университет,
пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск, Республика Беларусь, nil_mis@bntu.by

В статье рассмотрены примеры периодического мониторинга состояния мостовых сооружений г. Минска, которые проведены сотрудниками НИЛ МИС БНТУ. Мониторинг состояния несущих конструкций мостовых сооружений проводился по результатам обследования мостового сооружения для контроля состояния конструкций с целью обеспечения безопасной эксплуатации сооружения в целом. Основные работы, которые были проведены в рамках мониторинга городских мостов и путепроводов г. Минска, - это геодезические измерения для контроля возможного развития прогибов балок пролетных строений и наблюдение за степенью активности выявленных трещин по бетону элементов пролетных строений и опор. Приведены результаты мониторинга и разработанные рекомендации по полученным результатам проведенных работ в рамках мониторинга несущих конструкций мостовых сооружений.

Ключевые слова: мониторинг состояния, несущие конструкции, мостовые сооружения, прогибы балок, трещины.

Для обеспечения безопасной эксплуатации мостовых сооружений в настоящее время все чаще применяется мониторинг состояния несущих конструкций мостов и путепроводов в рамках их содержания [1, 2]. При этом мониторинг состояния рассматривается как анализ изменения во времени определенных количественных критериев состояния конструкции. Мониторинг состояния несущих конструкций может быть непрерывным и периодическим. Периодически могут проводиться, например, геодезические измерения для контроля прогибов пролетных строений и просадок опор, наблюдение за степенью активности трещин по бетону конструкций и т.д. Непрерывный мониторинг основан на применении комплексной системы мониторинга с установкой специальных датчиков и с использованием измерительной аппаратуры для получения информации о состоянии конструкции в режиме реального времени [3]. Необходимость проведения мониторинга мостовых конструкций и его режим определяется по результатам обследования мостового сооружения специализированной организацией.