

ев
**МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ –
ОСНОВА НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ**

А. А. ВАСИЛЬЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

И. Г. ШАЛКОВСКИЙ

ОАО «Авангард», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

В. В. ДУДКО

ОАО «Дорстроймонтажтрест», г. Гомель, Республика Беларусь

Мостовые сооружения как элементы транспортной системы относятся к сооружениям первого уровня ответственности. Их безопасность должна быть обеспечена на протяжении всего срока службы. Постоянные воздействия внешних факторов приводят к постепенному износу сооружения, а при сверхнормативных нагрузках может происходить ускоренный износ, необратимые деформации и разрушение элементов конструкции. Для контроля и прогнозирования состояния мостового сооружения с целью заблаговременного предупреждения о тенденциях изменений его геометрических параметров, необходимо периодически проводить обследования конструкций с выполнением комплекса геодезических измерений его параметров, позволяющие установить фактические параметры повреждений фиксируемых визуально, оценить наличие скрытых повреждений, установить количественные параметры снижения эксплуатационных качеств и тем самым спрогнозировать динамику изменения долговечности конструкций. Однако, несмотря на обязательную необходимость, обследования в силу их периодичности и определенной выборочности элементов не позволяют получать непрерывную информацию об изменении основных деформационных характеристик объекта и тем самым не всегда могут предотвратить не только значительное изменение технического состояния элементов, но и создание предаварийного состояния.

Одним из перспективных направлений повышения защиты мостовых сооружений от возможности создания аварийных ситуаций является обеспечение постоянного мониторинга технического состояния их элементов и конструкций.

Мониторинг – вид работы в системе наблюдений за эксплуатируемыми мостовыми сооружениями, выполняемый наряду с диагностикой, обследованиями, испытаниями. При мониторинге производится экспериментальная оценка количественных параметров и качественных признаков, характеризующих техническое состояние сооружения, к которым относятся геометрические параметры; напряженно-деформированное состояние; динамические характеристики; дефекты; нагрузки и воздействия, условия эксплуатации и др. Оцениваться могут как действующие значения параметров, так и их изменение в процессе мониторинга.

Контрольный мониторинг мостовых сооружений может и должен осуществляться при помощи автоматизированных систем мониторинга деформаций (АСДМ). АСДМ мостового сооружения представляет собой комплекс аппаратно-программных средств для измерений, интерпретации получаемых результатов, определения параметров объекта и инфраструктуры, обеспечивающей их работу, а также хранения результатов измерений и прогнозирования поведения объекта. Комплекс аппаратно-программных средств должен включать в себя спутниковое геодезическое оборудование, высокоточные измерители углов наклона, геотехнические датчики, электронные тахеометры, коммуникационную аппаратуру, компьютерное оборудование, а также программное обеспечение для управления средствами сбора, обработки данных, визуализации определяемых параметров, анализа результатов и формирования отчетов и сообщений. АСДМ должна включать набор датчиков, установленных в критических точках элементов конструкции мостового сооружения. В инфраструктуру АСДМ должны входить центр управления системой, системы электропитания и коммуникаций.

Одной из систем, позволяющих проводить и успешно использовать контрольный мониторинг является «Система мониторинга деформаций СМД ПИЖМ. 424358.004», разработанная в г. Санкт-Петербурге. Она предназначена для дистанционного контроля и измерения деформаций строительных конструкций, шахтных конструкций, несущих конструкций метрополитена, тоннелей и мостов; сбора информации и ее хранения в энергонезависимой памяти координатора или персонального компьютера с возможностью оперативного просмотра. В состав системы входят следующие основные элементы: блок СМД-КМ (предназначен для сбора, передачи и отображения информации от измерительных элементов), блоки СМД-ДТ-1 и СМД-ДТ-2П (датчики деформаций с диапазоном измерения от -2 до $+2$ мм), блок СМД-ДП-1 (датчик деформаций с диапазоном измерения от -20 до $+20$ мм), тензометры ТЗБ-200 с диапазоном измеряемого механического напряжения от

–300 до +300 кПа, датчики угла наклона с диапазоном измерения от ± 360 до ± 7200 угловой секунды, модем и ноутбук.

Система работает в режиме опроса и передачи информации от блока СМД-УППИ в блок СМД-КМ с помощью стандарта передачи данных ZigBee IEEE Std 802.15.4 (частота передачи данных от 2400 до 2438,5 МГц), хранения информации в блоке СМД-КМ с последующей передачей информации в ПЭВМ (ноутбук) по стандарту RS-232, USB 2.0 или по GSM-каналу.

АСДМ с дистанционным сбором информации производства ОАО «Авангард» на данный момент развернута на объекте путепровод «Сельмашевский», в г. Гомель. Наблюдение за деформациями автором и представителями ОАО «Авангард» проводится уже около года. Информация за указанный период снимается регулярно и в полном объеме без сбоев и отказов.

СМД ПИЖМ. 424358.004 показала свою надежность и может быть рекомендована для использования на различных мостовых сооружениях для определения состояния объектов. Ее применение позволит оперативно контролировать состояние мостовой конструкции, смещения и прогибы, возникающие в результате влияния внешних природно-климатических воздействий, а также интенсивной транспортной нагрузки. Важной функцией системы также является мгновенное оповещение сотрудников службы эксплуатации моста и службы быстрого реагирования (ГАИ, МЧС и др.) о потенциально опасной ситуации в случае превышения допустимых размеров деформаций конструкции. Это увеличивает безопасность движения транспорта по и под мостовым сооружением, позволит избежать тяжелых последствий в случае чрезвычайной ситуации. Анализ потока данных системы мониторинга позволит своевременно получить информацию и принять решение о необходимости изменения режима эксплуатации контролируемого объекта или его ремонта. Применение АСДМ СМД ПИЖМ. 424358.004 позволит не только в разы улучшить оценку и прогнозирование технического состояния мостового сооружения, но и ежегодно экономить значительные материальные средства.

УДК 539.3

СТАЦИОНАРНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ТРЕХСЛОЙНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ ПРИ УЧЕТЕ ДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ СЛОЕВ

С. А. ВОРОБЬЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В процессе эксплуатации элементы строительных конструкций могут подвергаться различным внешним воздействиям, в том числе и динамическим. Эффективность и надежность работы конструкции на протяжении всего срока ее службы во многом определяется, насколько правильно были выполнены ее расчеты на прочность и жесткость на стадии проектирования. В этой связи являются актуальными использование уточненных механико-математических моделей в расчетных схемах конструкций, учет различных свойств материалов, например, диссипации энергии колебаний, разработка методик решения краевых и начально-краевых задач, использующих уточненные механико-математические модели и учитывающих упругие несовершенства материалов конструкции.

В работе представлена постановка задачи о динамическом нагружении круговой цилиндрической оболочки, выполненной из изотропных материалов в виде трехслойного пакета. Пакет несимметричен по высоте относительно срединной поверхности жесткого несжимаемого заполнителя. На первом этапе постановки задачи материалы слоев считаются линейно упругими. Применяв вариационный принцип Гамильтона-Остроградского, используя кинематические гипотезы С. П. Тимошенко для каждого слоя и условия непрерывности перемещений на границах контакта слоев, получили уравнения движения оболочки в перемещениях для малых деформаций.

Демпфирующие свойства материалов слоев трехслойной оболочки учитываются на основе концепции комплексного модуля упругости

$$E_k^* = E_k(a_k + i \cdot b_k), \quad G_k^* = G_k(a_k + i \cdot b_k);$$

где E_k, G_k – модули упругости материала;

$$a_k = (4 - \gamma_k^2) / (4 + \gamma_k^2), \quad b_k = 4 \gamma_k^2 / (4 + \gamma_k^2);$$

γ_k – коэффициент внутреннего трения материала k -го слоя ($k = 1, 2, 3$), i – мнимая единица. Уравнения движения неупругой оболочки в этом случае получаются заменой в уравнениях идеально упругой конструкций модулей упругости E_k, G_k на соответствующие операторы E_k^*, G_k^* :