

К вопросу об инструментальной оценке напряженно-деформированного состояния с применением систем мониторинга

Улыбин А.В., к.т.н. доцент

Федотов С.Д., инженер 1 кат.

Тарасова Д.С. студент

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

Оценка напряженно-деформированного состояния (НДС) эксплуатируемых строительных конструкций является не новой инженерной задачей. В настоящее время существует два основных подхода к оценке НДС: оценка методом расчета (наиболее распространенный) и инструментальная оценка. Согласно руководству по оценке существующих конструкций [1], опубликованному в 2006 г. ассоциацией SAMCO (Structural Assessment, Monitoring and Control) консервативный подход к оценке существующих конструкций (на основе поверочных расчетов) может привести к неоправданно высоким затратам на ремонт или замену конструкции. Причиной тому является, в частности, невозможность реальной оценки работы конструкции с учетом перераспределения напряжений в ее элементах. Исходя из выше сказанного, очевидно, что инструментальная оценка НДС эксплуатируемых конструкций является перспективным направлением развития строительной науки.

На сегодняшний день, инструментальный контроль НДС конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений не имеет широкого практического применения и используется, в основном, на уникальных зданиях и сооружениях. По результатам анализа, выполненного в работе [2], это вызвано следующими основными причинами:

- малой степенью изученности существующих неразрушающих методов;
- отсутствием методологической и нормативной баз;
- низкой достоверностью результатов;
- узким диапазоном применимости;
- другими.

Помимо выше указанных причин в настоящее время отсутствует возможность непосредственного контроля напряжений в конструкциях без предварительной (на этапе строительства или производства конструкций) установки датчиков напряжений с последующим проведением мониторинга.

В связи с появлением на российском рынке измерительной аппаратуры и общедоступных систем мониторинга сотрудниками ПНИПКУ «Венчур» и студентами СПбГПУ было проведено тестирование одной из систем мониторинга. В ходе лабораторных исследований выполнялось тестирование следующего оборудования: струнные тензометры, даталоггер (прибор для записи и передачи информации с датчиков), программное обеспечение для обработки информации.

Тестирование проводилось на простейших физических моделях имитирующих работу конструкции при растяжении и сжатии. Тестовый образец на сжатие представляет собой швеллер №10П по ГОСТ 8240-97[3]. По торцам швеллера для обеспечения устойчивости опорных сечений приварены металлические пластины. Образец на растяжение выполнен в виде стальной пластины сечением 65 x 4,5 мм. На каждый тестовый образец устанавливалась пара струнных тензометрических датчиков. Для крепления тензометров были использованы концевые блоки на магнитах с фиксацией датчиков винтами. Фотографии испытательных стендов с установленными в них тестовыми образцами представлены на рис. 1-4



Рис. 1. Испытательный стенд на сжатие.



Рис. 2. Тестовый образец с тензотрами между опорными плитами прессы.



Рис. 3. Испытательный стенд на растяжение.



Рис. 4. Тестовый образец с тензотрами между губками разрывной машины.

Программа испытаний на сжатие включала циклическое нагружение тестового образца до расчетных напряжений близких к пределу упругости. Для оценочных расчетов максимальной тестовой нагрузки в качестве материала модели принята сталь С245. Максимальная сжимающая нагрузка на испытываемую модель составляла ~ 255 кН. В ходе исследований было выполнено девять циклов нагрузка-разгрузка с перестановкой датчиков каждые три цикла. Нагрузка в каждом цикле прилагалась ступенями по ~ 50 кН с выдержкой на каждой ступени. Учитывая, что измерения проводились в лабораторных условиях, незначительные колебания температуры воздуха не принимались во внимание.

В процессе обработки данных испытаний были получены неоднозначные результаты. Качественная картина деформации была очевидна на всех циклах испытания.

Для иллюстрации на рис. 5 представлен типовой график деформации тестового образца во времени.

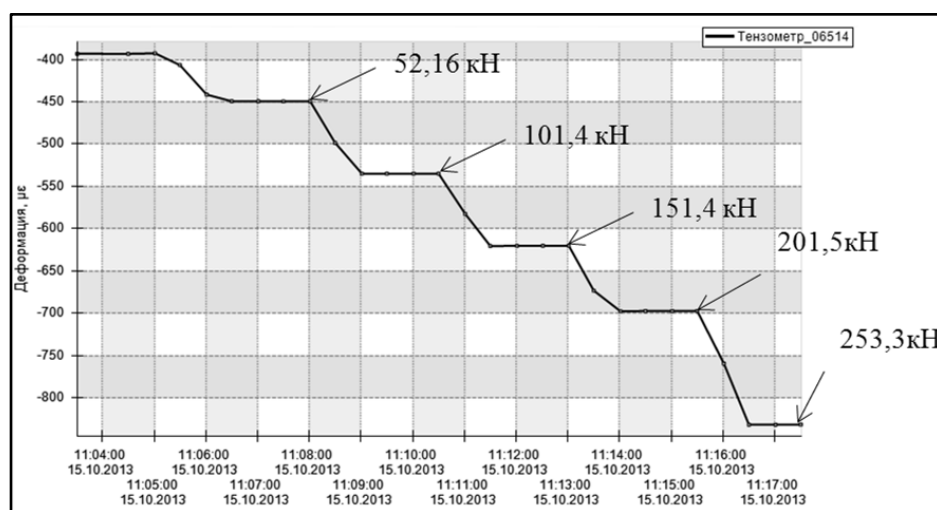


Рис. 5 График деформации (сжатия) во времени при ступенчатой нагрузке на тестовый образец

В то же время численные значения деформации и соответственно напряжения совпали с расчетными значениями лишь в трех циклах на одном из датчиков. Показания пары датчиков при одинаковом значении нагрузки в большинстве циклов имели существенный разброс значений. При приложении циклической нагрузки имело место явление гистерезиса, причем окончательного снятия деформаций датчиков так и не произошло.

Кроме того, в процессе измерений неоднократно наблюдались anomальные изменения частоты колебания струн датчиков, связанные с превышением пределов измерения. Абсолютная деформация струнного тензометра согласно паспортным характеристикам составляет 0,6 мм. В связи с малым «ходом» тензометра, при небрежном закреплении тензометра винтами происходит его «случайная» деформация вплоть до крайнего положения. Суммируясь с деформациями исследуемого объекта «случайная» деформация доводит датчик до его предела измерения, тем самым выводя его из работы.

Можно сделать вывод, что, для адекватной интерпретации показаний струнных тензометров и количественной оценки напряжений, как минимум, требуется обязательная юстировка датчиков с введением частных калибровочных коэффициентов и проверкой границ деформации с учетом влияния установки.

Установка систем мониторинга с использованием тензодатчиков, без соблюдения минимальных вышеописанных требований, может дать только качественную оценку изменения напряжений. При этом в ряде практических случаев мониторинга отсутствие численных показателей напряжений в конструкции не позволит своевременно принять необходимые меры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. F08a Guideline for the Assessment of Existing Structures. - SAMCO Final Report 2006 – 33 p.
2. Улыбин А.В. Метод измерения электрического сопротивления для контроля механических напряжений в стальных конструкциях: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.11.01. Санкт-Петербург, 2010. 115с.
3. ГОСТ 8240-97 . Швеллеры стальные горячекатаные. Сортамент.- Введ. 23.04.97.- 11 с.