

Азербайджан

О ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ДИНАМИЧЕСКИХ И СТАТИЧЕСКИХ ПРОГИБОВ МОСТОВ

Для эффективности изучения действительной работы мостов требуются сочетания теоретических исследований с экспериментальными, в частности с натурными испытаниями. При натуральных исследованиях есть возможность определить соответствие принятой расчетной схемы фактической работе сооружения в эксплуатационный период.

Наряду с существующими методами наблюдений за колебаниями мостов особо важное и перспективное место отводится геодезическим методам наблюдений. За последние годы геодезистами приобретен определенный опыт в деле постановки наблюдений за колебаниями мостов. С этой целью созданы нетрадиционные приборы и системы (Германия и США), позволяющие перманентно регистрировать колебания различных сооружений.

Создание специальных приборов и систем, разработка соответствующей методики предопределяют возможность и необходимость создания новой системы в концепции геодезических наблюдений деформаций. На наш взгляд, новая система должна быть наблюдательно-контрольной. Наблюдательная подсистема должна включать в себя измерение основных динамических характеристик сооружения, а контрольная подсистема — оценивание и сравнение этих параметров с расчетными (проектными) величинами.

Рассмотрим вопросы, связанные с точностью определения одной из важнейших динамических характеристик моста — динамический коэффициент α .

Динамический коэффициент определяется значением подвижной нагрузки (поезда, автомобиля). Многочисленные исследования показывают, что динамические коэффициенты не являются функциями скорости движения транспорта; повышение скорости может привести как к увеличению, так и к уменьшению динамических коэффициентов.

Экспериментальное определение и уточнение величины α необходимы как для проектирования нового поколения мостов, так и для оценки состояния существующих мостов. Вместе с тем следует учесть, что наряду с современными мостами эксплуатируется большое количество мостов, построенных по старым нормам (начало века) и рассчитанным на более низкие нагрузки. Пролетные строения этих мостов также подвержены большому динамическому воздействию. Расчетным критерием безопасности

Таблица 1

Средние квадратические погрешности определения α для балочных мостов

| Пролет l , м | Скорость V , км/ч | Z_d , мм | Z_s , мм | α | m_{Z_s} , мм | m_α |
|----------------|---------------------|------------|------------|----------|----------------|------------|
| 77 | 40 | 26,5 | 21,5 | 1,23 | ±1 | 0,07 |
| 77 | 45 | 26,2 | 22,5 | 1,16 | | 0,07 |
| 77 | 40 | 29,5 | 26,5 | 1,11 | | 0,05 |
| 77 | 45 | 24 | 21 | 1,14 | | 0,07 |
| 77 | 40 | 25,5 | 21 | 1,21 | | 0,07 |
| 9,3 | 70 | 14 | 12,5 | 1,12 | | 0,12 |
| 9,3 | 70 | | 12,5 | 1,66 | | 0,16 |
| 9,3 | 57 | 14,2 | 12,3 | 1,15 | | 0,13 |
| 9,3 | 57 | 19,2 | 12,3 | 1,56 | | 0,15 |

эксплуатации старых мостов в новых условиях является сравнение классов пролетных строений по их грузоподъемности с соответствующими классами временной нагрузки по их воздействию на мосты. Класс эксплуатируемой нагрузки в существенной мере зависит от принимаемых в расчете значений динамических коэффициентов. Экспериментальные значения α определяют следующим образом. На виброграмме, записанной при очень медленном движении испытательного поезда, измеряют максимальный прогиб Z_s , отражающий наибольшее статическое воздействие нагрузки. На виброграммах, соответствующих критическим скоростям движения поездов, измеряют максимальные значения прогибов Z_d , отражающие динамическое воздействие нагрузки. Затем динамический коэффициент α определяется по формуле.

$$\alpha = Z_d / Z_s. \quad (1)$$

Полученные результаты α подвергают дополнительной обработке, применяя для этого методы математической статистики.

Следует подчеркнуть, что вопросы, связанные с нормированием точности измерений Z_s и Z_d , ранее не рассматривались вообще.

Для нормирования точности измерений определим среднюю квадратическую погрешность вычисления α из формулы (1)

$$m_{\alpha} = \sqrt{\left(\frac{1}{Z_s}\right)^2 m_{Z_d}^2 + \left(-\frac{Z_d}{Z_s^2}\right)^2 m_{Z_s}^2} \quad (2)$$

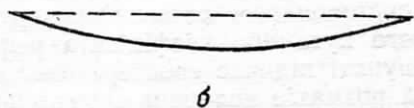
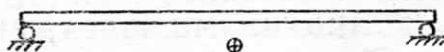
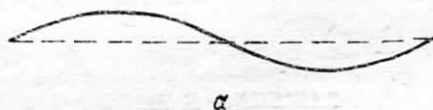
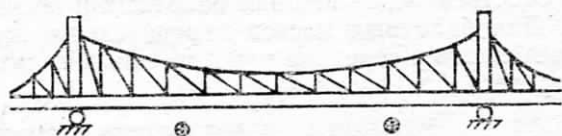
и применяя принцип равных влияний $m_{Z_s} = m_{Z_d} = m_Z$, получаем:

$$m_{\alpha} = m_Z \sqrt{\left(\frac{1}{Z_s}\right)^2 + \left(-\frac{Z_d}{Z_s^2}\right)^2} \quad (3)$$

Таблица 2

Средние квадратические погрешности определения α для арочных мостов

| Пролет l , м | Скорость, V , км/ч | Z_d , мм | Z_s , мм | α | m_Z , мм | m_{α} |
|----------------|----------------------|------------|------------|----------|------------|--------------|
| 29 | 80 | 2,02 | 1,43 | 1,41 | ±1 | 1,21 |
| 29 | 80 | 0,66 | 0,58 | 1,41 | | 2,61 |
| 52 | 80 | 6,2 | 5,4 | 1,15 | | 0,28 |
| 52 | 31 | 5,3 | 4,7 | 1,12 | | 0,32 |
| 52 | 55 | 5,6 | 4,7 | 1,19 | | 0,33 |



Основные формы собственных колебаний мостов и схемы размещения марок:

a — висячие мосты; $б$ — балочные мосты.

По результатам измерений, приведенным в указанной выше работе, вычислим m_α для балочных и арочных мостов (табл. 1 и 2). Из данных табл. 1 и 2 следует, что при одинаковой точности измерений m_z точности определения α разные. Согласно полученным результатам можно прийти к заключению, что точность измерений необходимо нормировать, исходя из значений заданного допуска $\Delta\alpha$ на точность определения α . Допуск $\Delta\alpha$ целесообразно назначать, принимая во внимание динамический расчет и конструктивные особенности каждого конкретного моста. В связи с этим точность измерений определим по формуле

$$m_z \leq \frac{\Delta\alpha}{t \sqrt{\left(\frac{1}{Z_s}\right)^2 + \left(-\frac{Z_d}{Z_s^2}\right)^2}}, \quad (4)$$

где t — вероятностный коэффициент.

Наряду с полученной формулой (4) весьма важны также вопросы, связанные с размещением измерительных марок (датчиков) по пролету моста.

Для повышения эффективности геодезических наблюдений при планировании измерений целесообразно учитывать основные формы собственных колебаний различных мостов. Например, формы собственных колебаний балочных и висячих мостов отличаются. Для балочных мостов измерительные марки целесообразно размещать в середине пролета, для висячих мостов — в четверти пролета (см. рисунок).