

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ЭКСПЛУАТАЦИИ МОСТА ЧЕРЕЗ РЕКУ МАЦЕСТУ ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ МОНИТОРИНГЕ



О. Крутиков
Генеральный директор ООО "Т. К. М.",
кандидат технических наук



А. Сошников
Инженер-программист ООО "Т. К. М."

При организации мониторинга состояния моста (МСМ) создается измерительная информационная система [1], обеспечивающая получение и накопление данных, характеризующих работу моста и условия его эксплуатации. Данные могут быть использованы для исследований с целью совершенствования проектирования, строительства и эксплуатации мостов [2]. С учетом большого объема информации, поступающей в систему МСМ при ее непрерывной работе, для организации хранения данных и доступа к ним в реальном времени и при последующем анализе данных целесообразно применение средств систем управления базами данных (СУБД).

На автодорожном мосту через реку Мацесту (рис. 1) с 2005 года функционирует система непрерывного мониторинга состояния моста [3]. Мост расположен на федеральной дороге Джубга – Сочи (обход города Сочи). Длина моста – 928,71 м. Отверстие моста

перекрыто двумя балочными неразрезными пролетными строениями: металлическим коробчатого сечения длиной 811 м и сталежелезобетонным – из двух продольных балок. Схема моста: $(80 + 85 + 91 + 126 + 114 + 2 \times 68 + 2 \times 63 + 53) + (53 + 46)$ м. Габарит моста – $\Gamma 11,5 + 2\Gamma 1,5$ м. Мостовое полотно в пределах первого пролетного строения устроено по металлической ортотропной плите проезжей части.

Средствами системы МСМ обеспечивается измерение величин, характеризующих работу моста и условия его эксплуатации, таких как деформации, линейные и угловые перемещения, температура, колебания моста, метеорологические условия.

Измерение температуры пролетного строения моста и покрытия

стила плиты проезжей части и на стенках.

Датчики установлены на внутренних поверхностях листов. Обозначения датчиков и места их установки показаны на рис. 2. Отдельным датчиком фиксируется температура наружного воздуха $T_{\text{возд}}$. Система мониторинга моста через реку Мацесту обеспечивает непрерывное накопление данных. С определенным интервалом (интервал сохранения – 11 мин.) в базу данных системы мониторинга, управляемую СУБД FireBird, записываются соответствующие этому интервалу минимальные, средние и максимальные значения показаний датчиков.

Температурный режим моста обуславливается рядом факторов: температурой воздуха в месте расположения моста и скоростью ее



1 Автодорожный мост через реку Мацесту. Общий вид

проезжей части подходов осуществляется с помощью четырнадцати датчиков температуры. Расположение части датчиков, регистрирующих температуру конструкции, привязано к одному поперечному сечению коробчатого пролетного строения на листе на-

изменения, воздействием солнечных лучей и ветра. Последние три фактора приводят к неравномерному распределению температуры вдоль и поперек балки пролетного строения.

Далее приведены результаты анализа данных по температуре

конструкции и воздуха, накопленных системой мониторинга в 2010 году, полученные с использованием средств СУБД FireBird.

Изменение температуры воздуха имеет циклический характер и суточные периоды повторения. На рис. 3 показано изменение температуры воздуха Твозд. в течение недели в июне 2010 года, отображены средние за интервал сохранения значения. Температура в этот период изменялась от $+21,1^{\circ}\text{C}$ до $+33,7^{\circ}\text{C}$, достигая минимальных значений в темное время суток к 3–6 часам и максимальных значений в светлое время суток к 16–18 часам.

В изменении температуры воздуха имеются также годовые периоды повторения. Характер изменения температуры воздуха в течение 2010 года можно оценить по графику (рис. 4). Представленные на графике минимальные и максимальные значения температуры воздуха за сутки определены по средним значениям интервалов сохранения. За рассматриваемый период температура воздуха изменялась в пределах от $-1,5^{\circ}\text{C}$ (26 января) до $+39,9^{\circ}\text{C}$ (27 июля). Наибольший перепад температуры воздуха в течение одних суток составил $18,2^{\circ}\text{C}$ (14 мая).

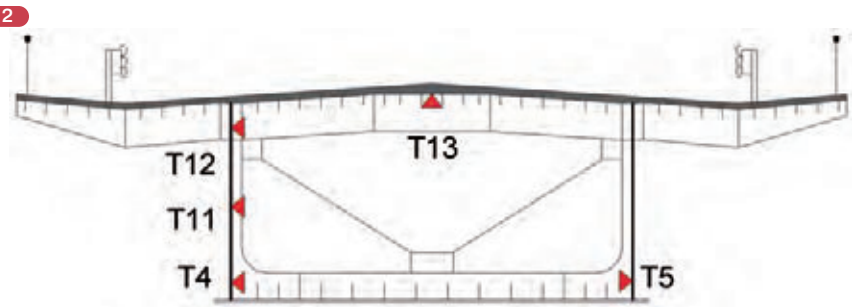
Согласно СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика», абсолютная максимальная температура для пункта наблюдения Сочи, Краснодарский край, равна $+38^{\circ}\text{C}$. Таким образом, наблюдавшаяся 27 июля 2010 года температура воздуха превышала на $1,9^{\circ}\text{C}$ значение абсолютной максимальной температуры для Сочи.

Температура пролетного строения моста, как и температура воздуха, изменяется циклически. При этом температура пролетного строения в разных точках, как правило, не совпадает и отличается от температуры атмосферного воздуха. Очевидно, что поверхности, обращенные к солнцу, испытывают более сильное термическое воздействие. К таким поверхностям относится ездовое полотно. Недельное изменение температуры листа настила (Т13), поддерживающего ездовое полотно, можно оценить по

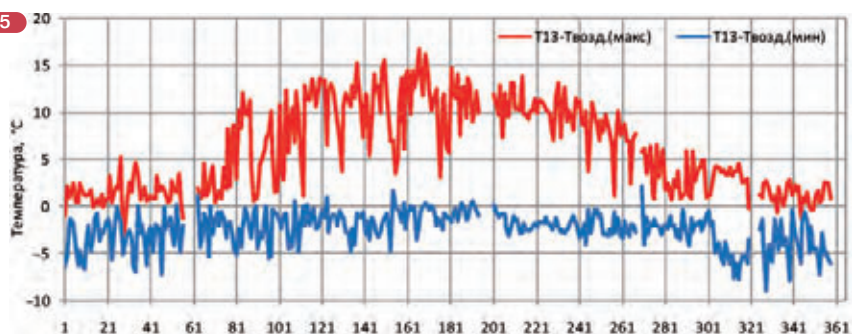
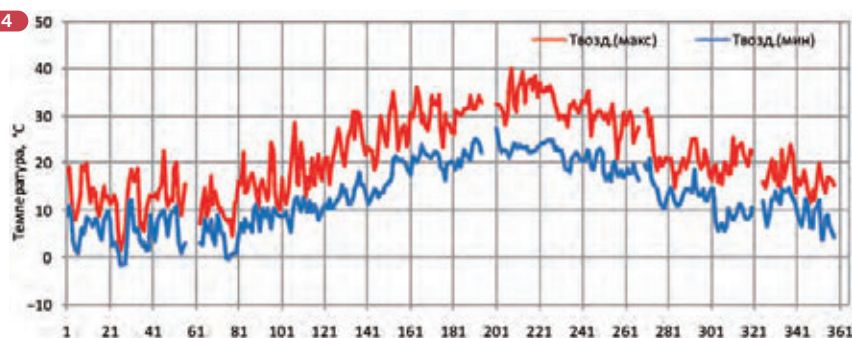
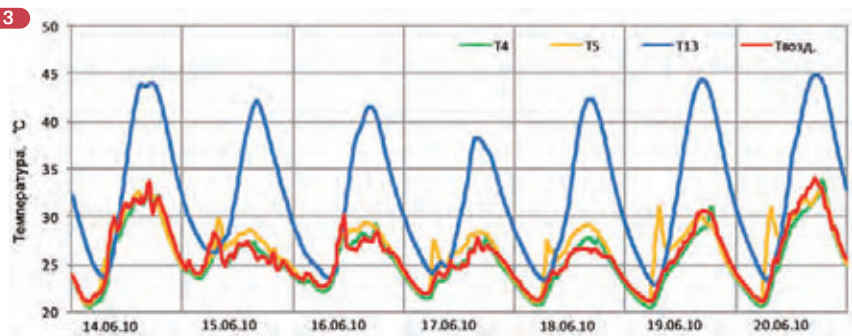
рис. 3. Максимальные значения наблюдались днем (с 16 до 18 часов) и достигали от $+37^{\circ}\text{C}$ до $+44,9^{\circ}\text{C}$. В моменты наибольшего разогрева температура плиты превышала температуру воздуха на $9,8–16,6^{\circ}\text{C}$ (максимальная за год). За ночь к 6–7 часам температура плиты снижалась до $+22,8...+27^{\circ}\text{C}$. С учетом того, что лист настила закрыт от солнечных

лучей одеждой ездового полотна, можно предположить, что температура покрытия имеет еще более высокие значения по отношению к температуре воздуха.

На рис. 5 приведены данные об отклонениях температуры листа настила от температуры воздуха в течение 2010 года. Отображаются наибольшие (красным цветом) и



- 2 Расположение датчиков температуры в поперечном сечении
- 3 Изменение температуры в течение 24-й недели 2010 года
- 4 Изменение температуры воздуха в течение 2010 года
- 5 Отклонение температуры листа настила от температуры воздуха в течение 2010 года



наименьшие (синим цветом) значения разности между показаниями датчиков температуры листа настила Т13 и температуры воздуха $T_{\text{возд}}$ за сутки. Указанные разности получены по средним значениям температур интервалов сохранения.

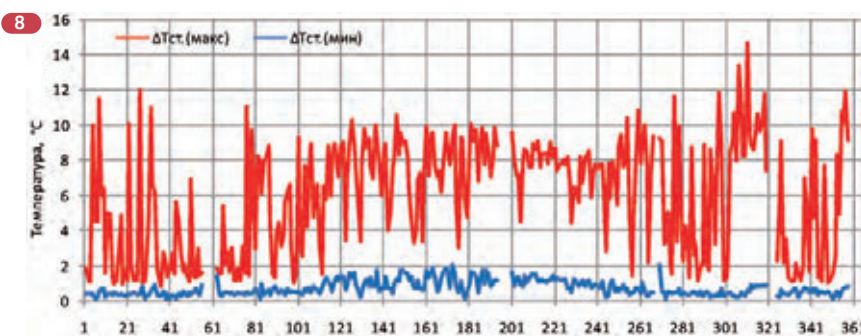
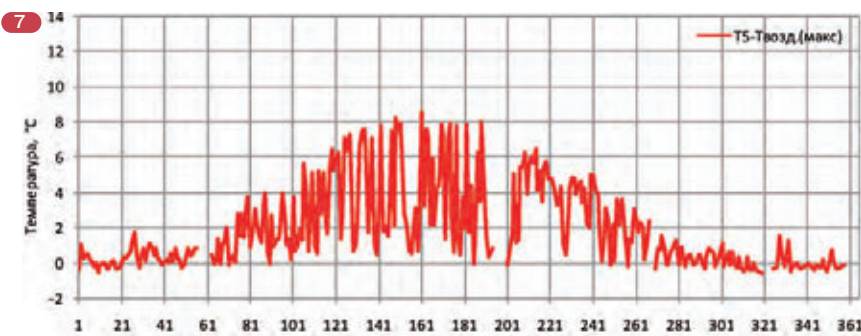
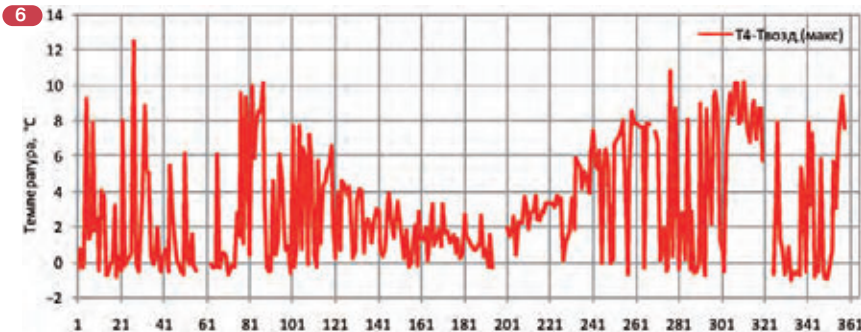
ется в летний период и достигает $+8,6^{\circ}\text{C}$. Дополнительный нагрев низа левой стенки (Т4) в летний период минимален и может достигать в другие периоды $+12,4^{\circ}\text{C}$.

Левая стенка коробки обращена в юго-западную сторону. Датчики,

На рис. 8 приведен график, иллюстрирующий изменение разброса температур по стенкам сечения. Разброс температуры в определенный момент времени оценен как разница средних за интервалы сохранения показаний наиболее нагретого и наиболее охлажденного из датчиков Т4, Т5, Т11, Т12. Отображены максимальные ($\Delta t_{\text{мин}}$) и минимальные ($\Delta t_{\text{макс}}$) значения за сутки.

Разброс температур по результатам наблюдений достигал $14,6^{\circ}\text{C}$ (7 ноября). Согласно п. 2.27* СНиП 2.05.03-84* «Мосты и трубы», «Влияние солнечной радиации на температуру элементов следует учитывать в виде дополнительного нагрева на 10°C освещенного солнцем поверхностного слоя толщиной 15 см (включая одежду ездового полотна)». Наблюдения показали, что разброс температур по стенкам превышает значение, приведенное в нормах. Местный нагрев отдельных зон сечения балок вызывает возникновение дополнительных напряжений, которые требуют изучения и могут быть исследованы с применением результатов мониторинга.

С учетом полученных результатов можно сделать вывод о том, что использование СУБД в составе системы непрерывного мониторинга моста позволяет эффективно решать задачи накопления и преобразования данных, позволяющих оценить работу сооружения, находящегося под воздействием различных факторов.



6 Отклонение температуры стенки балки (Т4) от температуры воздуха в течение 2010 года

7 Отклонение температуры стенки балки (Т5) от температуры воздуха в течение 2010 года

8 Изменение разброса температур по стенкам в течение 2010 года

Наибольший дополнительный по отношению к температуре воздуха нагрев настила наблюдается в летний период.

На рис. 6 и 7 приведены графики изменения разности температур низа стенок (Т4, Т5) и температуры воздуха, отображаются наибольшие значения. Данные для графиков получены аналогично графику на рис. 5. Из рисунков видно, что наибольший дополнительный нагрев низа правой стенки (Т5) наблюда-

расположенные в различных точках стенки, испытывают различный дополнительный нагрев при низком солнце, когда солнечные лучи не закрыты консольным свесом плиты пролетного строения (рис. 1). На правую стенку, обращенную на северо-восток, прямые солнечные лучи могут попадать по утрам. Датчик температуры, расположенный в нижней части стенки (Т5), также испытывает дополнительный нагрев.

Литература

1. Крутиков О. В. Измерительные системы при непрерывном мониторинге состояния мостов // Институт Гипростроймост, 2008, №2, с. 89–92.
2. ОДМ 218.4.002-2008. Руководство по проведению мониторинга состояния эксплуатируемых мостовых сооружений. Росавтодор, М., 2008. 44 с.
3. Матвеев И., Кравченко Е., Манохин А., Крутиков О. Мост под контролем // Автомобильные дороги, 2005, №6, с. 24–26.