

ТЕРМОГРАФИЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ. ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКА

Ходяков Вячеслав Андреевич, старший преподаватель
кафедры «Мосты и тоннели»
Белорусский национальный технический университет,
пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск, Беларусь,
e-mail: xva609@bntu.by

***Аннотация:** При обследовании мостовых сооружений состояние деформационных швов как правило оценивается визуально. Для объективизации данного процесса предлагается использовать инструментальный метод термографии. На одном из эксплуатируемых путепроводов МКАД в 2021 году была получена термограмма деформационного шва с плитными резинометаллическими элементами. Через два года произошло разрушение элементов шва на характерных участках, что позволило оценить достоверность предлагаемого метода. Также представлены результаты тепловизионной диагностики других видов деформационных швов. Для швов со щёбёчно-мастичной вставкой, металлическим окаймлением или непрерывным покрытием данный метод имеет ограниченное применение.*

***Ключевые слова:** термография, тепловизор, обследование, диагностика, деформационный шов, путепровод, дефект, разрушение.*

Метод инфракрасной термографии (далее термографии) достаточно хорошо исследован применительно к оценке напряжённо-деформированного состояния металлических конструкций [1,2]. Глубокие исследования показывают, что данный метод подходит не только для качественной, но и для количественной оценки различных параметров. Встречаются также работы по диагностике дорожного покрытия методом термографии

[3,4]. Однако применительно к деформационным швам данный метод в Республике Беларусь до сих пор не применялся.

В ноябре 2021 года апробация термографического метода диагностики деформационных швов производилась на нескольких сооружениях с различными видами швов на Минской кольцевой автомобильной дороге (далее МКАД). Наиболее интересные результаты были получены на деформационном шве с плитными резинометаллическими элементами, так как в промежуток с апреля по октябрь 2023 года произошло локальное разрушение элементов шва в тех зонах, которые имели повышенную интенсивность инфракрасного излучения (далее излучения). Фиксация термограмм велась при помощи тепловизора Testo 875-1i.

Рассмотрим две группы изображений (Рис. 1 и 2) деформационного шва. На полученных термограммах видны участки повышенного излучения оголённых анкерных болтов на первой (ближайшей к оператору) полосе движения. На второй полосе движения видны небольшие участки плитного элемента шва с повышенным инфракрасным излучением. По третьей (самой дальней) полосе движения виден большой участок деформационного шва с повышенным излучением. Сравнивая термограмму швов и их фотографии хорошо видно, что некоторые участки, на которых наблюдалось повышенная интенсивность излучения через два года были разрушены.

Известно, что интенсивность движения транспорта по разным полосам отличается [5,6], что и влияет на неравномерное разрушение, в том числе, деформационного шва. При этом наиболее тяжёлая нагрузка движется по первой полосе движения, наибольшая интенсивность движения фактических автомобилей наблюдается по второй полосе, а с наибольшей скоростью автомобили движутся по третьей полосе движения.

Анализируя термограммы с учётом данных об интенсивности движения можно сказать, что на первых двух полосах движения концентрации излучения действительно свидетельствуют о наличии дефектов и повышенном износе элементов деформационного шва. Концентрация излучения на третьей полосе движения вероятнее всего связана с тем, что у автомобилей, движущихся с наиболее высокой скоростью, сильнее разогреваются колёса, тепло от которых

передаётся шву. При этом интенсивного разрушения шва не происходит.

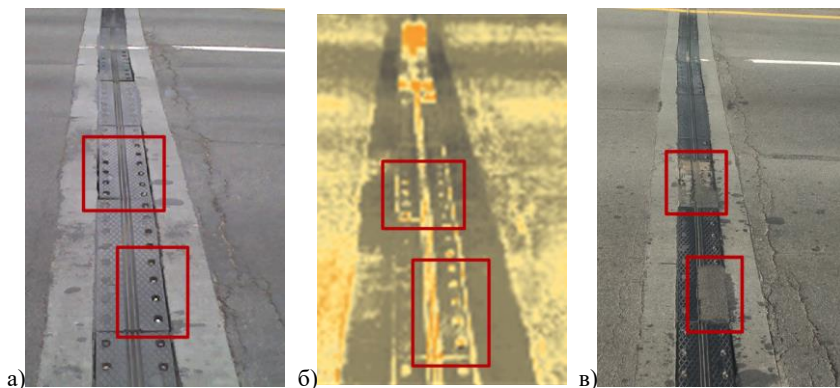


Рис. 1. Деформационный шов с плитными резинометаллическими элементами в начале моста. Шов устроен в 2015 году. Разрушения шва по первой полосе движения: а – фото шва до разрушения (ноябрь 2021 года); б – термограмма шва (ноябрь 2021 года); в – фото разрушенного шва, выбитые элементы шва заасфальтированы (октябрь 2023 года)

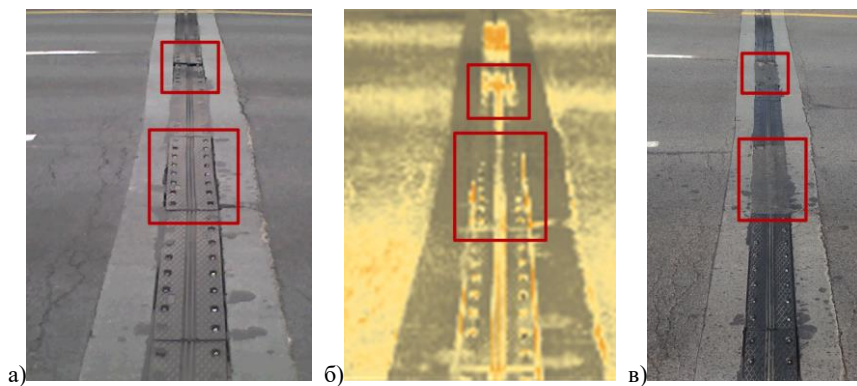


Рис. 2. Деформационный шов с плитными резинометаллическими элементами в конце моста. Шов устроен в 2015 году. Разрушения шва по первой и второй полосе движения: а – фото шва до разрушения (ноябрь 2021 года); б – термограмма шва (ноябрь 2021 года); в – фото разрушенного шва, выбитые элементы шва заасфальтированы (октябрь 2023 года)

Следует отметить, что измеренная интенсивность включает в себя как отражённую, так и излучаемую часть инфракрасного излучения.

Интенсивность измеряемого излучения зависит от множества параметров, таких как: угол съёмки по отношению к поверхности, цвет и коэффициент излучения поверхности, освещённость и др. Из-за оптико-физической сложности данный метод слабо подходит для количественной оценки, по крайней мере на данном этапе исследования, и предлагается как инструментальный экспресс-метод качественной оценки износа элементов деформационных швов.

Может возникнуть справедливая гипотеза о том, что концентрации излучения на второй и третьей полосах движения являются отражёнными, а источником излучения является солнце или металлическое ограждение безопасности. Чтобы опровергнуть это была произведена съёмка того же шва под разными углами (Рис 3). Несмотря на то, что качество термограммы при такой съёмке несколько хуже, видно, что концентрации имеют ту же структуру и место расположения.

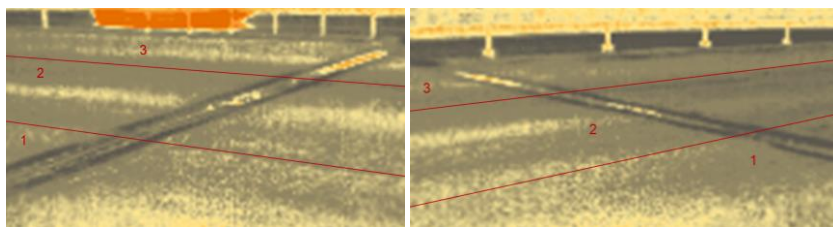


Рис. 3. Деформационный шов с плитными резинометаллическими элементами в начале моста. Съёмка одного шва под разным углом. Цифрами обозначены полосы движения

В основу предлагаемого экспресс-метода положено два принципа: принцип относительного разогрева элементов деформационных швов от повышенного механического воздействия и принцип разницы температур участков деформированного дорожного покрытия, сориентированных под разным углом по отношению к солнцу.

Выполнена съёмка шва того же вида в составе другого мостового сооружения на МКАД (Рис. 4). Видны участки повышенного излучения на компенсаторе деформационного шва по полосам движения.



Рис. 4. Деформационный шов с плитными резинометаллическими элементами.
Возраст шва 1 год.

Выполнена съёмка сильно изношенного шва со щебеночно-мастичной вставкой в составе мостового сооружения на МКАД (Рис. 5). Повышенная интенсивность излучения в зоне «наплывов» заполнения шва указывает на работу, в том числе, второго из вышеописанных принципов, положенных в основу термографии деформационных швов.

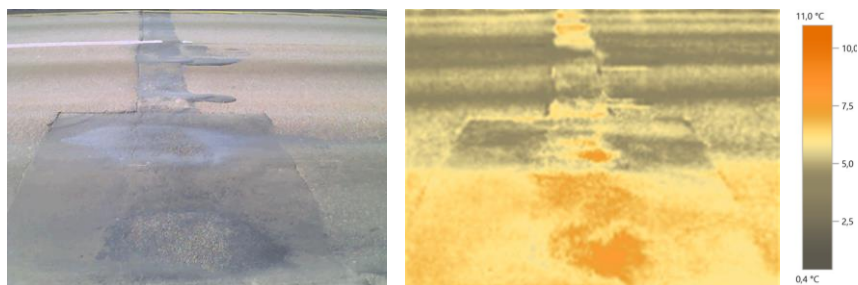


Рис. 5. Деформационный шов со щебеночно-мастичной вставкой.
Возраст шва более 10 лет

Была выполнена съёмка шва с металлическим окаймлением в составе мостового сооружения на МКАД (Рис. 6). По термограммам видно, что предлагаемый метод слабо подходит для деформационных швов такого вида – концентраций излучения не наблюдается. По крайней мере на начальной стадии эксплуатации шва.

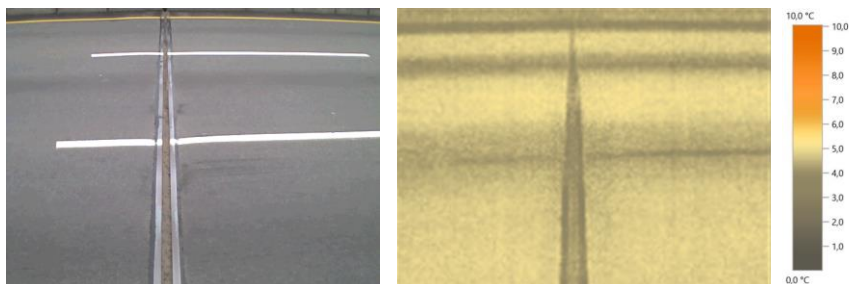


Рис. 6. Деформационный шов со щебеночно-мастичной вставкой.
Возраст шва 1 год

Выполнена съёмка экспериментального шва с непрерывным покрытием, перекрытого железобетонной плитой шириной 2 м. Шов располагается на путепроводе МКАД (Рис. 7). По термограммам наблюдается повышенный нагрев участка асфальтобетонного покрытия над плитой, перекрывающей шов, однако разница температур очень небольшая, порядка десятой доли градуса.

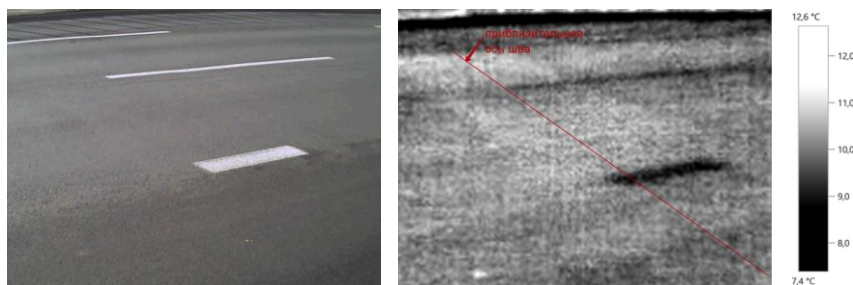


Рис. 7. Экспериментальный деформационный шов, перекрытый железобетонной плитой. Возраст шва 1 год

Предлагаемый метод инфракрасной термографии может применяться для оперативной качественной оценки состояния деформационных швов. Его основное преимущество — это высокая производительность: для проведения измерений на одном сооружении достаточно 10-15 минут с учётом перемещения между точками измерения. Кроме того, при проведении измерений не требуется проведение каких-либо специальных подготовительных мероприятий. Измерения не требуют ограничения движения транспорта. С другой стороны, предлагаемый метод обладает более

высокой достоверностью по сравнению с простым визуальным осмотром, а термограммы являются более информативными по сравнению с обычными цветными фотографиями.

Литература

1. Мойсейчик, Е. А. Исследование и разработка метода теплового неразрушающего контроля стальных конструкций на основе механизма деформационного теплообразования : специальность 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Мойсейчик Евгений Алексеевич, 2019. – 277 с.
2. Методические рекомендации по частичной замене железобетонных балок эксплуатируемого пролетного строения на сталежелезобетонные и железобетонные при проведении капитальных ремонтов, ремонтов и аварийных работ : ОДМ 218.5.2.001-2022. – Введ. 15.05.23 (введен впервые). – Москва : Федеральное дорожное агентство, 2022. – 92 с.
3. Ларина, Т. А. Метод оценки кинетики износа асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог / Т. А. Ларина, Н. Р. Зубарев // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2019. – № 1(19). – С. 5.
4. Мельникова, И. С. Диагностика повреждений дорожных покрытий / И. С. Мельникова // Архитектура, градостроительство, историко-культурная и экологическая среда городов центральной России, Украины и Беларуси : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного архитектора РФ В.Н. Городкова, Брянск, 12–13 марта 2014 года / Брянская государственная инженерно-технологическая академия. – Брянск: Брянская государственная инженерно-технологическая академия, 2014. – С. 270-273.
5. Жуковский, Е. М. Особенности воздействия транспорта на конструкции нежестких дорожных одежд и их учет при проектировании конструкций / Е. М. Жуковский, А. В. Корончик, С. Е. Кравченко // Каспий и глобальные вызовы : Материалы Международной научно-практической конференции, Астрахань, 23–24 мая 2022 года / Составители: О.В. Новиченко [и др.]. – Астрахань: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Астраханский государственный университет", 2022. – С. 888-893.

6. Жуковский, Е. М. Оценка эксплуатационного состояния дорожных покрытий по ширине проезжей части / Е. М. Жуковский, А. В. Корончик // Дорожное строительство и его инженерное обеспечение [Электронный ресурс] : материалы Международной научно-технической конференции / редкол.: С. Е. Кравченко (гл. ред.) [и др.] ; сост. В. А. Ходяков. – Минск : БНТУ, 2021. – С. 65-71