

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Национальный исследовательский Томский государственный университет
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
Болгарская Академия наук
ООО «ЛИТТ»

ИННОВАТИКА-2015

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

**XI Международной школы-конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых
21–23 мая 2015 г.
г. Томск, Россия**

Под ред. проф. А.Н. Солдатова, доц. С.Л. Минькова

Scientific & Technical Translations



ИЗДАТЕЛЬСТВО

Томск – 2015

НОВЫЙ МЕТОД ТЕПЛОВИЗИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОПОР

М.В. Филатова¹, Д.В. Санников², Е.В. Богатырев², А.Г. Ситников¹

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет

²ООО "Научно-технический центр «Техника»

e-mail: excilamps@yandex.ru

NEW METHOD FOR INFRARED IMAGING DIAGNOSTICS OF REINFORCED CONCRETE SUPPORTS

M.V. Filatova¹, D.V. Sannikov², E.V. Bogatyrev², A.G. Sitnikov¹

¹National Research Tomsk State University

²Limited Liability Company "Scientific and Technical Center "Tekhnica"

The perspective method of thermovision defectoscopy for diagnostics of reinforced concrete is presented. This method was compared to analogs.

Key words: infrared imaging diagnostics, thermovision defectoscopy, reinforced concrete.

В условиях существования опасности коррозионного разрушения конструкций эффективность обследований становится одним из основных факторов поддержания надежности и целостности конструкций. Поэтому совершенствование неразрушающего метода диагностики дефектов и коррозионного состояния подземной части железобетонных опор без ее разрушения является актуальной задачей, направленной на повышение надежности, снижение затрат и обеспечение безопасности движения поездов.

Разработчики ООО «Научно-технический центр «Техника», которое является резидентом инновационного центра «Сколково», совершенствуют метод неразрушающего тепловизионного контроля железобетонных опор. В основе данного теплового метода диагностики железобетона лежит получение, запись и анализ контрастного температурного отображения от импульсного индукционного нагрева арматуры на поверхности объекта. Кроме того, информация о глубине расположения арматуры, ее взаимодействии с бетоном (поиск локальных коррозионных отслоений) заложена в скорости распространения тепловой волны в среде. Для получения скоростной характеристики выполняется построение «скоростеграммы» объекта, состоящей из точек (пикселей), характеризующих скорость распространения тепловой волны в каждой отдельно взятой точке поверхности объекта.

Результаты динамических расчетов процесса теплопроводности представлены на Рис.3 в виде изображений «скоростеграмм» соответствующих опор, состоящих из точек (пикселей), каждая из которых в градациях оттенков серого цвета, от минимального (белый) до максимального (черный), отображают значения скорости нагрева. «Скоростеграммы» строятся на основе серии снимков-термограмм, записанных с заданной частотой съемки.

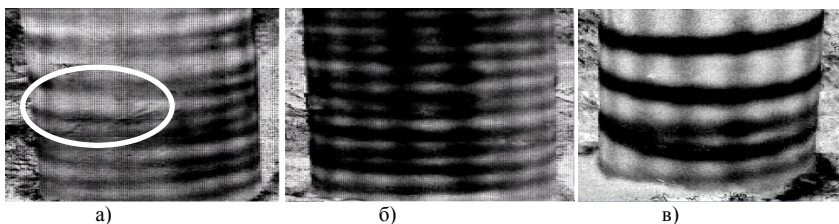


Рис. 3. «Скоростеграммы» исследованных опор, полученные в результате расчетов.

Дефект локального снижения площади сечения арматуры на подготовленной «максиграмме» должен отобразиться характерной локальной неоднородностью («темным пятном») со снижением температуры прогрева вдоль направления залегания арматуры.

Проведем анализ приведенных выше «максиграмм» и, соответствующих им, «скоростеграмм». Из рисунка 2-а видно, что температурные «отпечатки» арматуры на поверхности исследуемой опоры расположены равномерно («без локальных» провалов) за исключением зоны, обозначенной овалом. В данной области наблюдается снижение температурного уровня, проявившееся в виде темного пятна, что свидетельствует о возможном локальном повреждении или отслоении арматуры. Данное предположение подтверждается изображением «скоростеграммы» (Рис. 3-а), на котором в этой зоне проявляется «белыми пятнами» снижение скорости прогрева до нижнего порогового значения. Компьютерное моделирование процесса теплопередачи в бетоне показало, что снижение сечения арматуры на 20 % на стандартной глубине залегания проявляется локальным снижением температуры прогрева на поверхности в 2 раза. Испытания проводились на Томском участке Тайгинской дистанции электроснабжения Западно-Сибирской железной дороги, на станции Богашево и перегоне Богашево – Предтеченск.

Стоит отметить, что используемые в настоящее время методы диагностики опор не позволяют выявить подобный дефект. Примечательно, что ультразвуковое исследование данного фрагмента обследуемой опоры отклонений не показало, поскольку трещины от разрушенной арматуры не дошли до поверхности и «прозвучивание» происходило по неповрежденному слою бетона [1].

Т а б л и ц а 1

Методы дефектоскопии

Название метода	Способ получения первичной информации
Магнитный	Анализ взаимодействия магнитного поля с контролируемым объектом.
Электрический	Регистрация параметров электрического поля, взаимодействующего с контролируемым объектом или возникающего в контролируемом объекте в результате внешнего воздействия.
Вихретоковый	Анализ взаимодействия электромагнитного поля вихрекового преобразователя с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в контролируемом объекте.
Радиоволновой	Регистрация изменений параметров электромагнитных волн радиодиапазона, взаимодействующих с контролируемым объектом.
Тепловой	Регистрация изменений тепловых или температурных полей контролируемых объектов, вызванных дефектами.
Оптический	Регистрация параметров оптического излучения, взаимодействующего с контролируемым объектом.
Радиационный	Регистрация и анализе проникающего ионизирующего излучения после взаимодействия с контролируемым объектом. Слово «радиационный» может заменяться словом, обозначающим конкретный вид ионизирующего излучения, (рентгеновский, нейтронный и т.д.).
Акустический	Регистрация параметров упругих волн, возбуждаемых или возникающих в контролируемом объекте. При использовании упругих волн ультразвукового диапазона (выше 20 кгц) допустимо применение термина «ультразвуковой» вместо термина «акустический»;
Проникающими веществами	Проникновение веществ в полости дефектов контролируемого объекта. Иногда называют «капиллярный», а при выявлении сквозных дефектов — на «течеискание».

Существует множество различных способов дефектоскопии, которые классифицируются в основном на разрушающие (требующие нарушения целостности конструкции) и неразрушающие (не требующие нарушения целостности конструкции). Ключевым недостатком разрушающих метод является само разрушение конструкции, а следовательно лишние матери-

альные и временные затраты. С появлением методов неразрушающего контроля, разрушающие методы сразу ушли на второй план. Основные методы неразрушающего контроля представлены в таблице в таблице 1 [1].

Наиболее распространенным способом диагностики в настоящее время является ультразвуковой метод, который имеет недостатки, по сравнению с новым методом тепловизионной диагностики: запись локализации производится вручную с использованием дополнительных средств измерения расстояний и фотографирования; расположение, размеры трещин в бетоне с оценкой их глубины проникновения, коррозионное снижение сечения и отслоения арматуры от бетона, геометрическое расположение арматуры с оценкой толщины защитного слоя узнать невозможно; обеспечивает только оценку глубины трещин бетона и локальной прочности поврежденного бетона и не позволяет выявлять коррозию арматуры в стадии развития процесса (до 50 %) [2].

Расчеты динамических характеристик прогрева позволяют выявлять дефекты отслоения арматуры от бетона, вызванные внутренним давлением на него продуктов коррозии. Моделирование процесса показало, что чувствительность нового метода к расслоениям внутри бетона составляет от 0,5 мм. В настоящее время данный дефект нельзя обнаружить ни одним известным методом без наличия каких-либо значительных разрушений бетона. Подобное повреждение обычно соответствует полному разрушению арматуры.

В связи с этим в настоящее время метод тепловой диагностики является уникальным для экспертной оценки состояния конструкций железобетонных опор с чувствительностью, выше всех используемых, в данной отрасли.

В 2011 году разработчиками был получен патент «Способ неразрушающего теплового контроля состояния арматуры в протяженных железобетонных изделиях» №2473892. Патентные исследования показали, что интерес к данной тематике растет. Динамика по годам представлена на Рис. 4. Видно, что пик изобретательской активности в данной области приходится на 2012-2015 года.

Общее количество эксплуатирующихся железобетонных опор контактной сети в России в 2014 году превысило 1,5 млн. штук, из них нуждающихся в замене по различным причинам - около 600 тыс. штук. Необходимый объем ежегодной замены опор контактной сети составляет не менее 43,7 тыс. шт. Ввиду невозможности оперативной массовой замены,

необходима корректная оценка остаточной несущей способности для правильного планирования их своевременной замены [3].

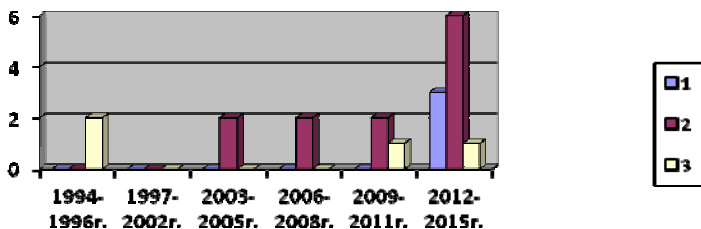


Рис. 4. Количество опубликованных охранных документов по годам (изобретательская активность) в РФ. 1-Технология неразрушающего контроля, 2- Тепловой контроль дефектов, 3- Способ неразрушающего контроля.

В настоящее время в решении проблемы контроля железобетонных конструкций заинтересованы энергетики (опоры ЛЭП магистральных электрических сетей и МРСК), Российские железные дороги и железные дороги стран СНГ (опоры контактной сети, шпалы). Возможна заинтересованность организаций эксплуатирующих мостовые сооружения и дымовые трубы [4].

Выводы: представленный метод тепловизионной диагностики является наиболее чувствительным, по сравнению с представленными на рынке другими методами. В частности, новый метод позволяет выявить дефекты отслоения арматуры от бетона. Данный метод может применяться не только для диагностики состояния железобетонных опор, но и для любых железобетонных конструкций, для которых можно совершить индукционный нагрев арматуры.

Литература

1. Тепловой контроль коррозии в толстостенных стальных изделиях / В. П. Вавилов, С. Тухтамишев. Дефектоскопия. № 8.2012. С. 40-48.
2. Тепловой неразрушающий контроль в Томском НИИ интроскопии / В. П. Вавилов и др. Известия Томского политехнического университета. Т. 306, № 1.2003. С. 110-118.
3. Официальный сайт Инженерного центра «Энергопрогресс». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.enerprog.ru/> (дата обращения: 12.01.2015)
4. Клюев В.В. Неразрушающий контроль. М.: Машиностроение, 2006. Том 5. 679 с.