

# ПРИБОРНЫЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ



**Рис. 1. Магнитный дефектоскоп «ИНТРОС» производства ООО «ИНТРОН ПЛЮС», установленный на контролируемой железобетонной балке**

Все способы приборных и инструментальных измерений, применяемые при обследовании мостовых сооружений на автомобильных дорогах, можно условно разделить на четыре основные группы:

1. Методы контроля геометрических параметров (линейные размеры, угловые размеры, измерения формы, расстояния, положение в пространстве, углы наклона взаимное расположение и проч.).

2. Методы контроля, применяемые для выявления дефектов и определения их параметров (методы дефектоскопии).

3. Методы контроля свойств материалов и их взаимодействия.

4. Методы контроля напряженно-деформированного состояния, прочностных и динамических характеристик конструкций.

Диагностика может носить разрушающий и неразрушающий, прямой и косвенный характер. Неразрушающие методы контроля в основном являются косвенными. При их использовании для перехода к интересующему параметру рассматриваются различные аналитические, эмпирические

**Достоверность оценки технического состояния мостовых конструкций находится в прямой зависимости от качества обследования. Правильно выполненный мониторинг сводит к минимуму возможность внезапного обрушения и позволяет оптимизировать расход средств на эксплуатацию и ремонт сооружений. В настоящее время эта работа предполагает не только возможность, но и необходимость применения прогрессивных, эффективных методик неразрушающего и частично-разрушающего контроля. Точность и полноту инструментальных измерений обеспечивают приборы последнего поколения.**

зависимости, зависимости, полученные статистическими способами или экспериментально. Следует отметить, что при этом нужно учитывать точность и изменчивость используемых зависимостей от влияющих факторов.

Для определения геометрических размеров, формы конструкций, расстояний, углов, уклонов, наклонов служат как простейшие инструменты, так и современные сложные средства измерения. Это линейки и рулетки, штангенциркули и микрометры, из-

мерительные колеса и угломеры, лазерные дальномеры, геодезические приборы, в том числе цифровые, специальные приспособления (рис. 1). Применяемые при измерениях методы, как правило, являются прямыми, они не наносят ущерба конструкции.

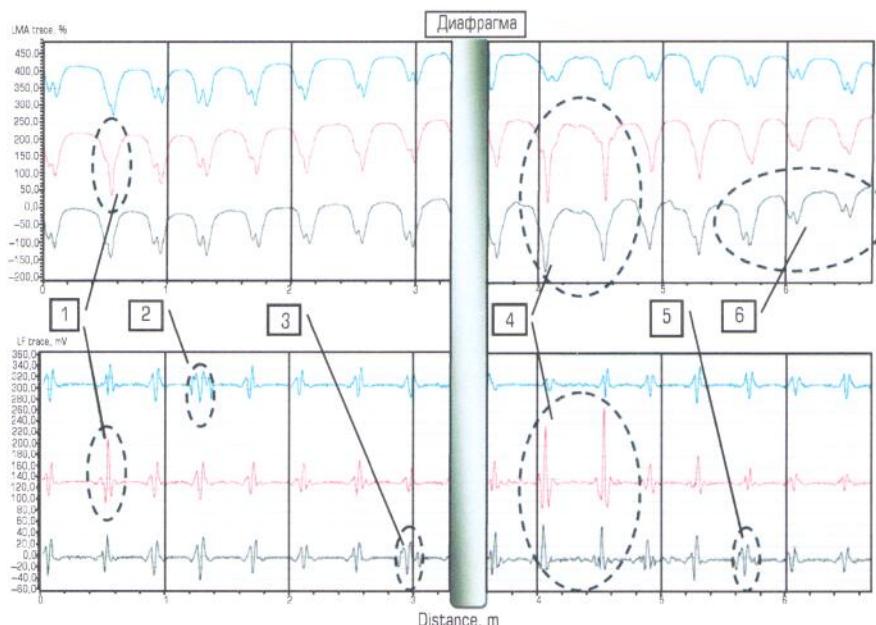
Разрушающие методы контроля сопровождаются повреждением или полным выходом из строя элемента, детали либо защитного покрытия, они достаточно дороги, трудоемки и являются менее предпочтительными, по сравнению с неразрушающими. В

Таблица 1

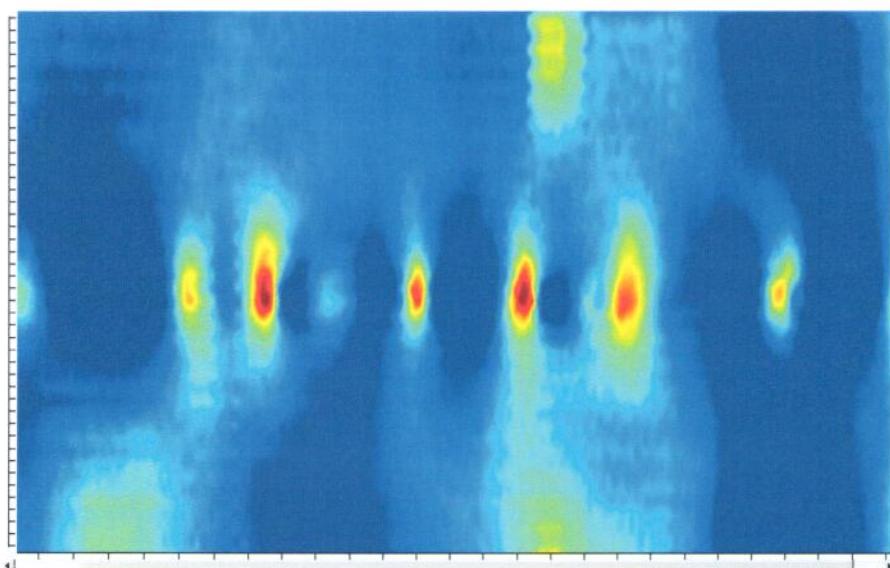
**Неразрушающие и частично-разрушающие методы дефектоскопии, применяемые для выявления дефектов и определения их параметров при обследовании мостовых сооружений**

Задачи исследования	Материал / элемент конструкции мостового сооружения	Методы контроля	Нормативные и методические документы	
Определение параметров дефектов, выходящих на поверхность	Конструкции из любого материала	Визуально-измерительный контроль (контроль органолептический, осуществляемый органами зрения) с применением визуальных оптических приборов и инструментов или без них	ГОСТ 8.050-73, ГОСТ 8.051-81, ГОСТ 8.549-86, ОДМ 218.4.001-2008	
Выявление мест активной коррозии арматуры в конструкциях (в том числе скрытой коррозии без внешних признаков)	Железобетон монолитный, сборный, в том числе преднапряженный	Метод потенциалов полузлемента: <b>Метод 1. Измерение потенциала с использованием одного электрода сравнения</b> Метод 2. Измерение потенциала с использованием двух электродов сравнения Метод 3. Измерение потенциала с предварительной поляризацией	ОДМ 218.3.001-2010	
		Измерение удельного электрического сопротивления бетона 4-точечным методом Венниера	Требуется разработка методики применительно к мостовым сооружениям	
Выявление мест обрыва или потери сечения арматуры в конструкциях, например в результате коррозии	Преднапряженный железобетон	Магнитный метод контроля предварительно напряженной арматуры в бетоне, использующий для получения первичной информации метод эффекта Холла либо индукционный метод (рис. 2, 3)	Требуется разработка методики применительно к мостовым сооружениям	
Выявление мест обрыва проволоки в стальных канатах	Стальные ванты и канаты в конструкциях	Магнитный метод контроля стальных вантов и канатов металлоконструкций мостовых сооружений (метод, использующий для получения первичной информации метод эффекта Холла либо индукционный метод)	Требуется разработка методики применительно к мостовым сооружениям РД 03-348-00 ГОСТ 8.283-78	
Выявление поверхностных и подповерхностных дефектов	Изделия из ферромагнитных материалов.	Магнитопорошковый метод	ГОСТ 21105-87*, ГОСТ Р 53700-2009	
Выявление дефектов измерением местных деформаций и сравнением уровня напряжений от нагрузки с расчетным уровнем	Металлические, железобетонные, сталежелезобетонные несущие конструкции	Тензо диагностика	ГОСТ Р 53965-2010	
Поиск и оценка размеров внутренних дефектов,	Сварные соединения стальных конструкций	Акустический контроль. Ультразвуковая дефектоскопия	ГОСТ 14782-86 ГОСТ 23667-85 ГОСТ 23702-90	
	Материалы со скоростью распространения ультразвуковых колебаний 1500–12000 м/с	Ультразвуковая толщинометрия (эхо-метод)	ГОСТ 28702-90	
Выявление локальных коррозионных ослаблений листовых элементов при одностороннем доступе	Стальные листовые элементы конструкции толщиной 4–16 мм (понтоны, замкнутые элементы, ортотропные плиты и проч.)	Магнитный метод контроля стальных листов, использующий для получения первичной информации метод эффекта Холла (рис. 3)	Требуется разработка методики применительно к мостовым сооружениям ГОСТ 8.283-78	
	Несущие конструкции мостовых сооружений из любых материалов, металлические, железобетонные, сталежелезобетонные, бетонные, деревянные	<b>Вибродиагностика. Резонансный метод</b>	Методические рекомендации по вибродиагностике автодорожных мостов, ГОСТ Р 54859-2011	
Поиск различных неисправностей в конструкциях с использованием вибродиагностики		<b>Пассивно-активная вибродиагностика. Метод «малых воздействий»</b> (рис. 5)		
		<b>Пассивный метод собственных частот. Метод стоячих волн</b> (рис. 4)	Требуется разработка методики применительно к мостовым сооружениям	
		Ультразвуковая толщинометрия (эхо-метод)	ГОСТ 28702-90	
Измерение толщины элементов, недоступных или труднодоступных для измерения механическим измерительным инструментом	Элементы и конструкции толщиной до 1 м из материалов со скоростью распространения ультразвуковых колебаний 1500–12000 м/с	Микрометрический метод	ГОСТ Р 51694-2000	
		Метод с применением многооборотного индикатора	ГОСТ Р 51694-2000	
	Органические покрытия, нанесенные на окрашиваемую поверхность	Пондеромоторный метод	ГОСТ Р 51694-2000 ОДМ 218.4.002-2009	
		<b>Метод магнитной индукции</b>	ГОСТ Р 51694-2000 ОДМ 218.4.002-2009	
Измерение толщины высущенного покрытия	Немагнитные покрытия (включая стекловидные и фарфоровые эмалевые покрытия) на магнитных основных металлах			

Примечание: жирным курсивом в таблице отмечены наиболее эффективные методы исследования, дающие удовлетворительные результаты.



**Рис. 2. Дефектограмма, полученная по результатам магнитного контроля предварительно напряженной арматуры дефектоскопом «ИНТРОС» с указанием дефектных зон**



**Рис. 3. Изображение на С-сканах магнитного контроля металлоконструкций точечных коррозионных поражений, обнаруженных с обратной стороны металлического листового элемента. В местах дефектов цвет изображения изменяется в соответствии с настройкой цветовой шкалы дефектоскопа**

то же время разрушающие методы контроля по большей части являются прямыми и, соответственно, более точными и надежными. Поэтому выборочно, в обоснованных случаях, такой вариант более целесообразен.

Поиск «слабых мест» обычно начинают с визуального и органолептического контроля, затем приступают к измерениям. Для выявления дефектов и определения их параметров при обследовании стараются применять в первую очередь неразрушающие ме-

тоды контроля. Чтобы найти скрытые или трудно обнаруживаемые неисправности и выяснить, насколько они масштабны, используют методы дефектоскопии. Рассмотрим эту группу методов контроля более подробно.

Вот основные задачи, достижимые методами дефектоскопии при обследовании мостовых сооружений: выявление скрытых дефектов, определение их количества и параметров, например геометрических размеров, области распространения и прочих,

необходимых для оценки их опасности, степени влияния на различные характеристики и напряженно-деформированное состояние, на прочностные и динамические характеристики конструкций.

Универсального неразрушающего метода, с помощью которого можно было бы обнаружить самые разнообразные по характеру дефекты, не существует. Каждый отдельно взятый метод решает определенный, ограниченный круг задач технического контроля. Более того, учитывая погрешности методов, для получения приемлемого результата дефектоскопии во многих случаях требуется применение не одного, а сразу нескольких методов контроля.

Оптимальный метод (или методы) дефектоскопии следует выбирать исходя из его реальных особенностей, физических основ, степени разработки, области применения, разрешающей способности, технических характеристик аппаратуры. В общем случае, чтобы выполнить приборные и инструментальные измерения наиболее рационально, нужно учитывать ряд наиболее важных факторов и обстоятельств, таких как:

- особенности решаемой задачи и объекта обследования;
- технические особенности метода и средств измерений;
- техническая возможность применения метода в данных конкретных условиях;
- последствия применения (неразрушающий, частично-разрушающий или разрушающий метод);
- тип метода: прямой или косвенный;
- производительность, погрешности, чувствительность, разрешающую способность метода;
- степень разработки — наличие соответствующих стандартов, методик, рекомендаций по применению метода для мостовых сооружений;
- стоимость и безопасность применения;
- наличие приборов и оборудования, их технические характеристики;
- квалификация персонала;
- характеристики внешних условий выполнения измерений, способных влиять на погрешности измерений.

Важной характеристикой любых методов неразрушающего контроля является их чувствительность. Как правило, она бывает различной в зависимости от того же по характе-

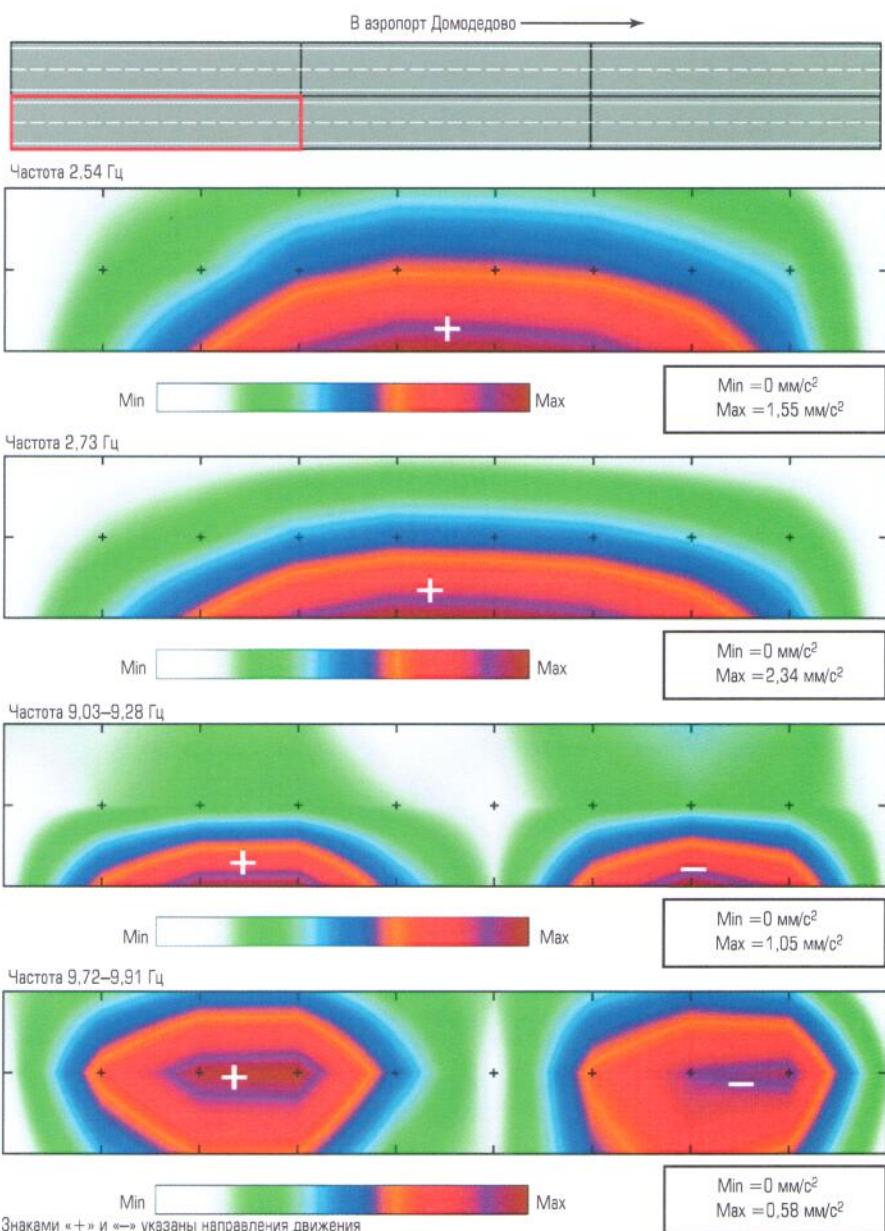
ру дефекта. Так, удовлетворительная чувствительность для обнаружения одного вида дефектов может быть совершенно непригодной для нахождения другого. Поэтому метод назначают, в первую очередь, учитывая его чувствительность к выявляемым дефектам. Это зависит от его особенностей и условий проведения контроля.

В табл. 1 приведен ряд методов не-разрушающего контроля, рекомендуемых для выявления дефектов в мостовых сооружениях и определения их параметров. Для некоторых из них отмечается необходимость разработки специальных методик.

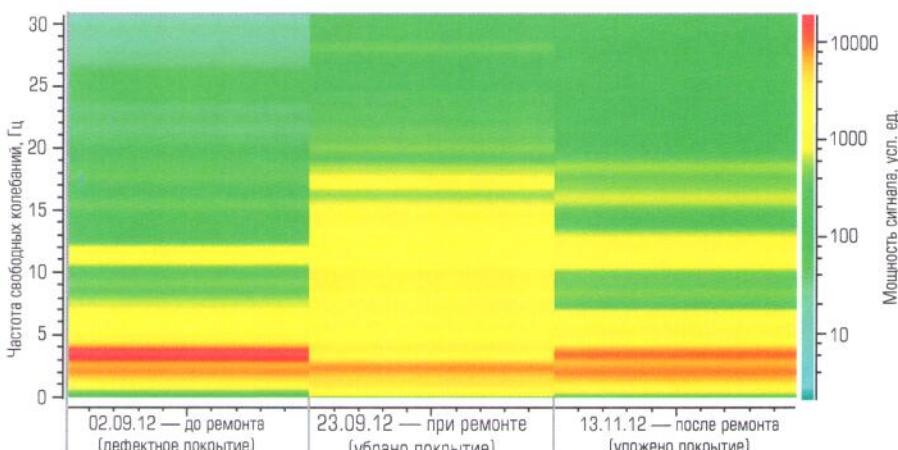
При обследованиях обычно применяют не сплошной, а выборочный измерительный и приборный контроль. Полноту этого контроля, методы и средства технического диагностирования выбирают из условия обеспечения достоверности полученных результатов диагностирования (или контроля технического состояния) действительному техническому состоянию объекта.

В настоящее время Росавтодор уделяет пристальное внимание повышению достоверности оценки технического состояния автодорожных мостовых сооружений и эффективности приборных и инструментальных измерений, которые производятся при обследовании. Так, например, в целях совершенствования методической базы дорожного хозяйства МГУПС (МИИТ) совместно с СГУПС (Новосибирск) разрабатывает по заказам Росавтодора серию новых отраслевых дорожных методических документов. В их числе — «Рекомендации по выполнению приборных и инструментальных измерений при оценке технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах», «Рекомендации по определению трудозатрат при оценке технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах», «Рекомендации по определению параметров и назначений категорий дефектов при оценке технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах». Планируется, что перечисленные документы выйдут в свет в 2014 году.

**В.К. Матвеев, к.т.н.,  
заведующий лабораторией  
автодорожных мостов МГУПС  
(МИИТ)**



**Рис. 4. Первые четыре формы колебаний правой пletи первого пролетного строения моста через реку Пахру, полученные без остановки движения автотранспорта методом стоячих волн**



**Рис. 5. «Цифровой портрет» свободных колебаний пролетного строения**