

МАГНИТНАЯ ДЕФЕКТОСКОПИЯ АРМАТУРЫ И ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МОСТОВЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК



Неразрушающий контроль может быть применен во время специальных и предпроектных обследований конструкций мостовых сооружений и, при необходимости, в рамках приемочных обследований после выполнения ремонта и реконструкции мостовых сооружений. Объем и периодичность проведения магнитной дефектоскопии арматуры как инструментального исследования установлены в ОДМ 218.4.001-

Диагностика предварительно-напряженной арматуры железобетонных элементов мостовых сооружений производится для выявления различного рода повреждений, снижающих несущую способность конструкции. Магнитная дефектоскопия без нарушения целостности защитного слоя бетона позволяет обнаруживать участки коррозионного поражения и обрывы отдельных проволок в арматурных прядях и пучках, а также оценивать усредненную по дефектному участку потерю сечения арматуры.

2008 «Методические рекомендации по организации обследования и испытания мостовых сооружений на автомобильных дорогах».

По результатам диагностики определяются прочностные характеристики конструкции, которые, в свою очередь, позволяют оценить регламентируемый транспортно-эксплуатационный показатель согласно критериям технического состояния сооружения, например изменение его грузоподъемности. Знание актуальной категории состояния дает возможность назначать безопасный режим эксплуатации объекта в создавшихся условиях.

Принципы и технология магнитного контроля износа арматуры железобетонных балок

Магнитные дефектоскопы, предназначенные для контроля арматуры железобетонных балок, должны удовлетворять следующим требованиям:

- регистрировать дефекты в арматуре с разной площадью поперечного сечения и на разной глубине залегания в диапазонах, установленных техническими условиями на дефектоскоп;

- самостоятельно записывать дефектограммы и/или иметь сопряжение с внешними устройствами обработки и регистрации информации;

- обеспечивать удобное и надежное крепление к устройству подвеса и перемещения вдоль сканируемого участка.

Суть магнитного метода контроля износа арматуры отражена на рис. 1. С помощью источника магнитного поля участок арматуры в зоне контроля намагничивается до состояния магнитного насыщения или близкого к нему. При этом магнитный поток в межполюсном пространстве распределяется между арматурой и немагнитным пространством (бетоном и воздухом), причем большая часть потока проходит по арматуре. В процессе контроля система намагничивания перемещается по поверхности бетона вдоль арматурных пучков. При отсутствии дефектов в арматуре распределение магнитного поля в зоне контроля в процессе движения не изменяется. В случае попадания в зону контроля участка, содержащего обрывы или коррозионное уменьшение сечения арматуры, распределение магнитного поля изменяется, и часть магнитного потока из объекта контроля рассеивается над дефектной зоной. Поток

рассеяния фиксируются чувствительными элементами, преобразующими измеряемый параметр в электрический сигнал. В качестве измеряемого параметра может выступать одна из пространственных компонент вектора напряженности магнитного поля, ее производная величина, либо несколько параметров одновременно.

Магнитный дефектоскоп серии «ИНТРОС» производства ООО «ИНТРОН ПЛЮС» способен обнаруживать коррозионную потерю сечения (ПС) арматуры и локальные дефекты (ЛД) в виде обрывов. В состав дефектоскопа входят система намагничивания объекта контроля (СН), блок измерительных преобразователей (БП), датчик дистанции (ДД), электронный блок обработки и хранения информации (ЭБ). Компоненты СН, БП и ДД конструктивно объединены в магнитную головку (МГ). Компонента ЭБ содержит световые и звуковые индикаторы дефектов для сигнализации в процессе осуществления контроля.

При обследовании типовых конструкций могут быть использованы готовые настройки дефектоскопа из соответствующих библиотек для данного конкретного прибора, если ранее с его помощью проводилось обследование идентичной конструкции, изготовленной в соответствии с тем же проектом. При отсутствии готовых настроек калибровка производится на искусственном имитаторе.

Дефектоскопия натуральных железобетонных балок производится согласно методике, изложенной в Руководстве по применению дефектоскопа. В начале рекомендуется сделать предварительный осмотр поверхности сканирования и пометить участки с внешними признаками дефектов (трещины, выкрашивание защитного слоя бетона, ржавые пятна и т. п.). При проведении обследования контроль этих участков должен быть выполнен наиболее тщательно. Для контроля нижней арматуры в растянутой зоне дефектоскоп устанавливается на нижний пояс балки так, чтобы МГ полюсами была обращена к горизонтальной плоскости нижнего пояса (например, с помощью подвесной тележки). При необходимости обеспечивается требуемое усилие прижатия роликов МГ к поверхности балки. Если ширина МГ не позволяет охватить площадь сканируемой поверхности за один проезд, должна быть предусмотрена возможность установки МГ в двух или

более положениях по ширине (поперек продольной оси балки). При этом на сканируемую поверхность балки необходимо нанести соответствующую разметку для контроля положения МГ в направлении, перпендикулярном сканированию. Сканирование по параллельным траекториям должно проводиться с заданным перекрытием.

Достоверность результатов дефектоскопии увеличивается при выполнении двух или более проходов МГ по каждому участку в одном и том же направлении. Значение потери площади сечения арматуры определяется дефектоскопом относительно площади сечения арматуры искусственного имитатора, используемого при калибровке дефектоскопа.

Результаты дефектоскопии предварительно-напряженной арматуры железобетонных конструкций мостовых сооружений получают в виде двух дефектограмм — потери сечения (ПС) и локальных дефектов (ЛД), которые записываются в память прибора в процессе контроля.

Наибольшую сложность при расшифровке ПС— и ЛД-дефектограмм для продольной напряженной арматуры представляет периодический сигнал, исходящий от прутков поперечной ненапряженной арматуры. О наличии дефектов необходимо судить по искажению этого сигнала. Для правильной расшифровки дефектограмм необходимо проводить их сравнение с дефектограммами, полученными при калибровке на имитаторе с поперечной арматурой. По результатам проведения контроля составляется дефектная ведомость.

Пример применения магнитного дефектоскопа для неразрушающего контроля предварительно напряженной арматуры железобетонной балки

Демонстрационный контроль проводился на бетонной балке, армированной продольной предварительно напряженной и поперечной ненапряженной арматурами. Балка снята с моста, разобранный в октябре 2012 года. Работы выполнялись на испытательном полигоне организации Federal Highway Administration (Вирджиния, США). Продольная напряженная арматура содержала естественные дефекты в виде обрывов проволок и коррозии,

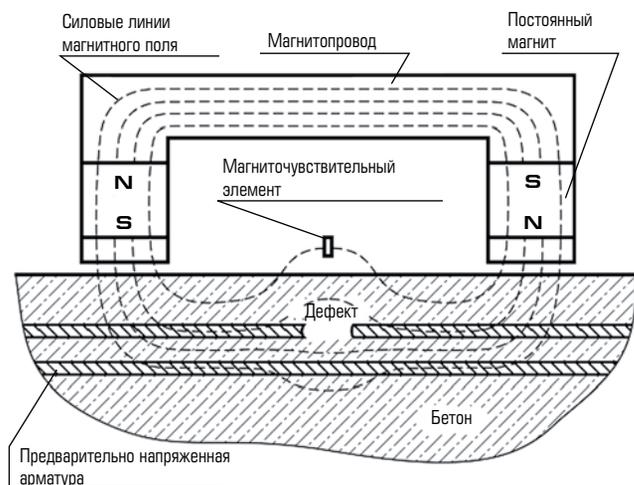


Рис. 1. Принцип магнитного метода контроля износа арматуры

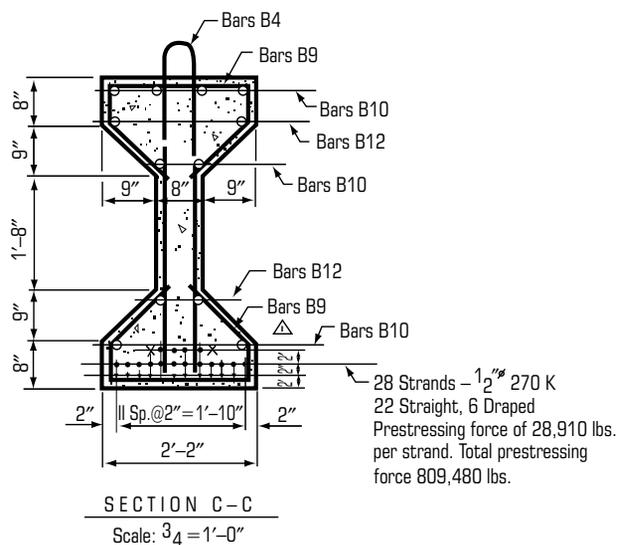


Рис. 2. Поперечное сечение железобетонной балки моста

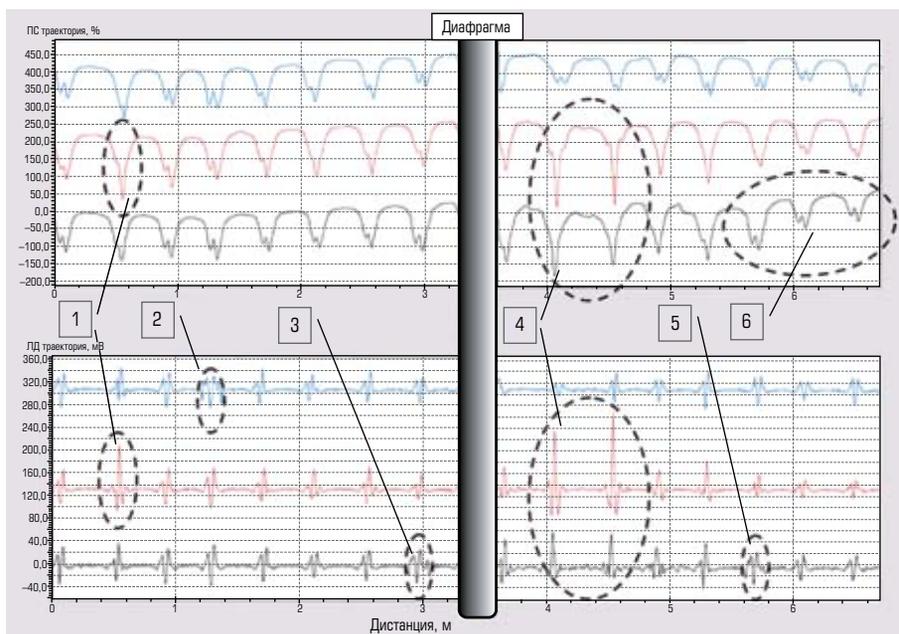


Рис. 3. Дефектограммы ПС и ЛД арматуры с указанием дефектных зон балки

полученных в процессе эксплуатации моста. На рис. 2 приводится оригинальный чертеж поперечного сечения балки с параметрами арматуры. Дефектоскоп «ИНТРОС» с магнитной головкой МГ 233Р изначально адаптирован для контроля плоских резинотросовых канатов, которые пропускаются между двумя одинаковыми половинками МГ. Для железобетонной балки использовалась одна активная половина МГ. Этот вариант является прототипом для разработки специализированного дефектоскопа, обладающего большей чувствительностью к обрывам арматурной проволоки на глубинах залегания до 150 мм.

На рис. 3 приведены результаты контроля арматуры балки, состоящей из двух частей, разделенных бетонной диафрагмой. Проезды по ширине балки отмечены тремя разными цветами дефектограмм, полученных по двум измерительным каналам дефектоскопа — ПС (LMA) и ЛД (LF). В результате контроля обнаружены и отмечены шесть дефектных участков на поверхности балки:

- 1 — потеря сечения проволок арматуры ~10%;
- 2 — потеря сечения и обрывы проволок арматуры ~10%;
- 3 — потеря сечения и обрывы проволок арматуры ~8%;

- 4 — потеря сечения и обрывы проволок арматуры ~15%;
 - 5 — потеря сечения и обрывы проволок арматуры ~8%;
 - 6 — потеря сечения и обрывы проволок арматуры ~15%;
- Дефекты 2, 4 и 6 подтвердились в результате визуального контроля освобожденных от бетона соответствующих участков балки. Вскрытие дефектных участков 1, 3 и 5 не проводилось.

Методика оценки категории технического состояния железобетонной балки по результатам диагностики арматуры

Для оценки эксплуатационного состояния железобетонной балки диагностические параметры износа — коррозионную потерю сечения арматуры и обрывы проволок — необходимо преобразовать в эквивалентные прочностные характеристики конструкции. В качестве примера приведем методику пересчета данных дефектоскопии арматуры в показатель технического состояния пролета балки по грузоподъемности. Категории грузоподъемности введены в ОДМ 218.3.014-2011 в соответствии с проектными нормативными нагрузками и фактическими классами нагрузок, определенных расчетами по ГОСТ Р 52748-2007 и СП 35.13330.2011. Значение показателя грузоподъемности задается целыми числами от 0

(аварийное состояние) до 5 (отличное состояние).

Ограничимся случаем, когда проектные параметры компонентов балки (арматуры и бетона) подбираются по ГОСТ Р 52748 под класс нормативной нагрузки из условия прочности по нормальным сечениям (изгибающему моменту)

$$M_s \geq M(K_{AK}), \quad (1)$$

где M_s — предельный изгибающий момент для балки без дефектов, определяемый расчетом по первой группе предельных состояний согласно СНиП 2.03.01-84; $M(K_{AK})$ — проектный изгибающий момент пролета при нормативной нагрузке класса K_{AK} . Момент M_s является характеристикой конструкции и зависит от прочности арматуры, площади ее несущего сечения, коэффициента армирования и схемы укладки. В общем случае он может быть переменным по длине пролета, поэтому условие (1) должно выполняться в каждом сечении проектируемой балки.

Относительная потеря грузоподъемности балки в сечении с дефектом арматуры под номером i оценивается параметром

$$k_i = \left(1 - \frac{\tilde{M}_{si}}{M_{si}}\right) \cdot 100\%, \quad (2)$$

где \tilde{M}_{si} — предельный изгибающий момент с учетом измеренного дефекта, M_{si} — исходный предельный момент в том же сечении с целой (неповрежденной) арматурой. Потеря грузоподъемности пролета определяется по наиболее опасному сечению:

$$k_r = \max_i k_i \quad (3)$$

Параметр k_r можно также оценить через изменение фактического запаса прочности балки, если известно распределение момента от проектной нагрузки $M(K_{AK})$ по длине пролета.

Для численного примера предположим, что балка моста автомобильной дороги спроектирована изначально под класс нагрузки $K_{AK} = 15$ с учетом перспективы развития транспортного потока, то есть его усиления (ОДМ 218.3.014-2011, табл. Г1). Категории грузоподъемности балки присвоено значение 5 (отличное состояние).

Пусть расчетная относительная потеря грузоподъемности пролета вследствие

обнаруженных дефектов арматуры $k_r = 14\%$. Чтобы не нарушалось условие (1), класс нагрузки по показателю K_{AK} должен быть снижен для уменьшения проектного момента $M(K_{AK})$. В соответствии с правилами расчета грузоподъемности по ОДН 218.0.032-2003 оценка текущего класса нагрузки проинспектированного моста равна $K_{AK} = 15 \cdot (1 - 0,14) = 12,9$. Это значение попадает в регламентируемый диапазон $11 \leq K_{AK} < 14$. Следовательно, согласно ОДМ 218.3.014-2011, техническое состояние моста по грузоподъемности переходит из категории 5 в категорию 4 (хорошее состояние). Каждой категории отраслевые методики присваивают развернутую транспортно-эксплуатационную характеристику с указанием требований к режиму пропуска транспортных средств. Если по результатам диагностики и расчета потери несущей способности сооружение попадает в категорию 3 и ниже, на безопасный пропуск транспорта накладываются дополнительные ограничения по грузоподъемности.

При известных данных от проектной организации аналогичная коррекция производится по классам нагрузок $K_{НК}$, $K_{ЭТ}$ с определением категории текущей грузоподъемности.

Таким образом, комплексный подход, включающий неразрушающий контроль железобетонной мостовой конструкции и оценку по результатам обследования прочностных показателей, дает возможность уточнить актуальные характеристики технического состояния объекта. В итоге профильные службы получают информацию, которая может быть использована для коррекции режима эксплуатации сооружения и при назначении восстановительных мероприятий.

Развитие технологии магнитной диагностики и ее внедрение в практику позволит разработать нормативную документацию по дефектоскопии и браковке несущих стальных компонентов железобетонных конструкций.

**А.Н. Воронцов, к.т.н.,
ведущий специалист
отдела разработки;**

**К.В. Мякушев, ведущий специалист
отдела разработки;**

**А.С. Мироненко, к.т.н.,
коммерческий директор;**

**И.И. Шапов, начальник группы
экспертизы
(ООО «Интрон Плюс»)**

Магнитная дефектоскопия
и оценка прочности стальных канатов
и арматуры железобетонных балок

ИНТРОН®

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА

www.intron.ru



111524, г. Москва,
Электродная ул., д. 11, стр. 1
Тел.: +7(495) 665-54-31
Факс: +7 (495) 510-17-69
E-mail: info@intron.ru