

УДК 625.7/8.05

**ОБЗОР МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СТРУКТУРЫ  
В ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЯХ****Ш. А. МАТНИЯЗОВ***(Представлено: канд. техн. наук Д. Н. ШАБАНОВ, А. Н. ЯГУБКИН)*

Согласно статистике, наибольшее количество дорожно-транспортных происшествий случается по причине неудовлетворительного состояния дорожного покрытия. В связи с этим всё большую значимость приобретает контроль состояния дорожного покрытия.

В виду значительной протяженности автомобильных дорог, при проведении работ по оценке их состояния, рационально использовать неразрушающие экспресс-методы. Основные параметры, которые подлежат контролю – это прочность и геометрические параметры слоев дорожной конструкции (рисунок 1) [8].

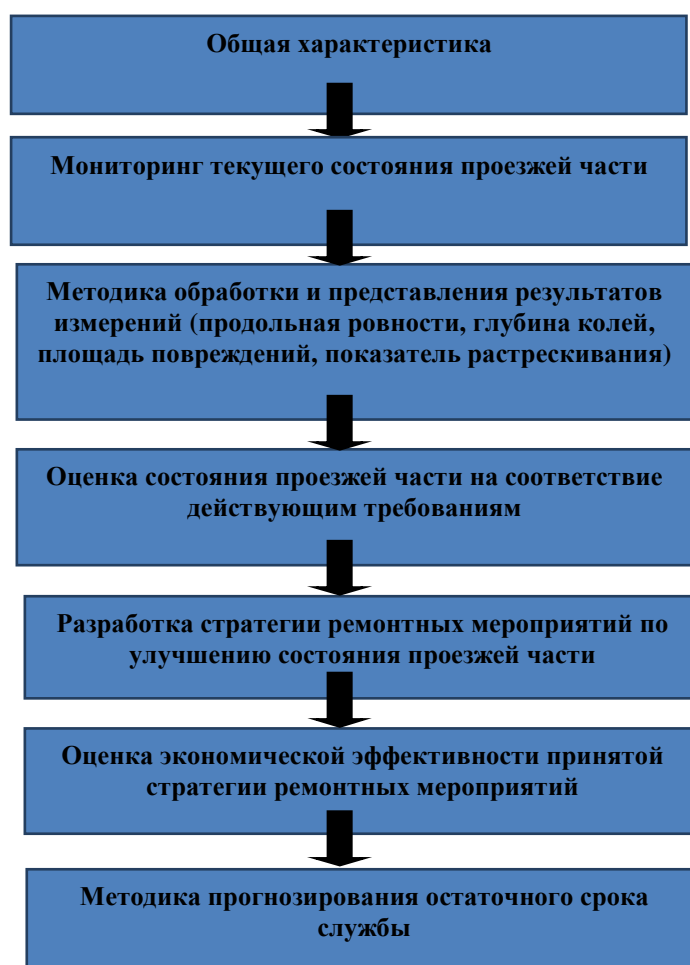


Рисунок 1. – Структурная блок-схема системы управления состоянием дорожных одежд

При проектировании систем мониторинга, нацеленных на улучшение управления состоянием дорог, существует ряд факторов, которые необходимо принимать во внимание. Во-первых, это определение проблемы, т.е. какой вид проблемы подлежит решению/мониторингу. Такими проблемами могут быть (рисунок 2)[7]:

- а) мониторинг функционального состояния дороги, включая параметры зимнего содержания;
- б) мониторинг структурного состояния дороги;
- в) мониторинг снижения несущей способности дороги в весенний период или при циклах заморозания/оттаивания;

- г) мониторинг транспортных средств, их скорости, осевых нагрузок и суммарного веса;
- д) мониторинг потребностей дорожных пользователей или
- е) мониторинг обеспечения качества работ подрядчиков.

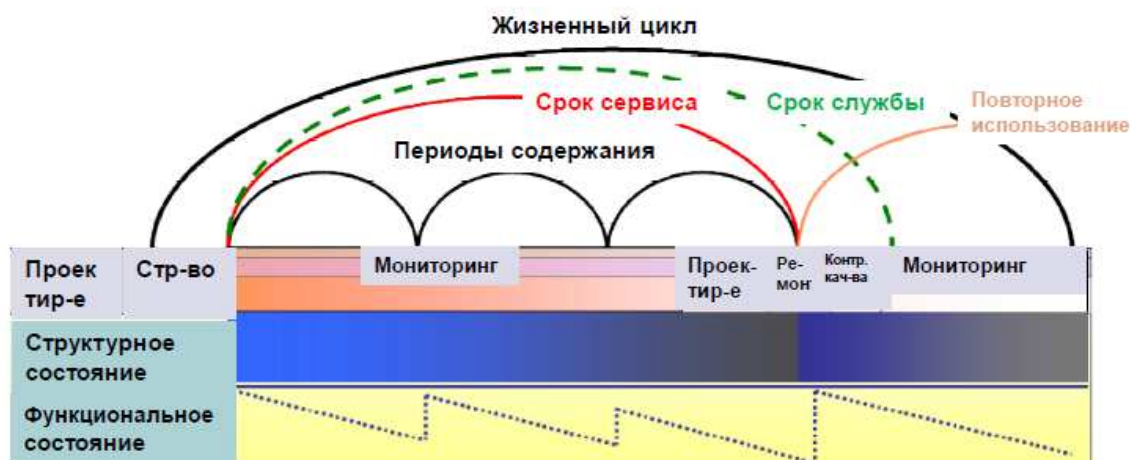


Рисунок 2. – Жизненный цикл автомобильных дорог

Качественная система управления состоянием дорог должна осуществлять мониторинг всех вышеупомянутых параметров:

- тип и количество датчиков;
- местоположение установки датчиков;
- плотность сбора данных;
- позиционирование;
- передача данных;
- хранение и обработка данных;
- реализация системы данных и принятия решений;
- информационная система.

Различают механические и физические группы методов контроля качества цементобетонных конструкций [9]. Механические методы основаны на локальном разрушении конструкций в тестовых точках. Прочностные свойства материала оцениваются по силе, необходимой на разрушение части изделия (при испытании на прочность при скалывании ребра или на отрыв анкерного устройства), по твердости поверхности (при испытании методами ударного воздействия). Данные методы достаточно просты, с точки зрения проведения испытаний, однако отличаются невысокой точностью, не дают информации о наличии дефектов в конструкции, мало подходят для детального обследования слоев жесткой дорожной одежды в период эксплуатации.

Более информативными являются физические методы. К ним относятся радиометрический, электрический и виброакустические методы контроля. Использование указанных методов позволяет получить данные о прочностных свойствах конструкции, толщине и плотности, наличии скрытых дефектов, оценить её надежность [11].

Ультразвуковой метод был разработан в первую очередь для оценки качества цементобетонных изделий гражданского строительства, где повсеместно возможно проведение испытания по основной схеме – сквозное прозвучивание конструкций. В случаях, когда применение такой схемы затруднено, была разработана схема прозвучивания при одностороннем доступе к изделию. Однако использование такой схемы испытания возможно при определении коэффициента прозвучивания на основе проведения серии тестов на лабораторных образцах для каждого вида смеси. Использование такой схемы для контроля качества слоев дорожной конструкции затруднено, поскольку материал может поставляться из различных источников. Данный факт требует много времени для определения коэффициента прозвучивания. [7].

В настоящее время в условиях ограничения средств на диагностику дорожных конструкций для последующего планирования ремонта и реконструкции автомобильных дорог особую актуальность приобретают экономичные и мобильные методы обследований дорожных конструкций, основанные на использовании приборов неразрушающего контроля (НК). Одним из современных средств является георадар – устройство, предназначенное для получения трансформированного разреза исследуемой среды.

Для комплексного обследования дорожных конструкций при определении толщины конструктивных слоев дорожной одежды, а также мощности и состояния грунтов земляного полотна и подстилающего основания, требуются георадары с различными типами антенн, работающих на разных частотах [7].

Также одним из современных методов мониторинга является лазерное сканирование. Датчики регистрируют сигналы Лазера, отражённые от различных поверхностей; каждый отражённый сигнал фиксируется в памяти системы как точка в трёхмерном пространстве. Основное преимущество метода лазерного сканирования – возможность оперативного проведения съёмки в условиях безостановочно движущегося транспорта, без перекрытия дорог и нарушения работы транспортной инфраструктуры.

В процессе эксплуатации строительного сооружения в бетоне накапливаются усталостные повреждения из-за воздействия влажности и коррозионных сред, различной силы и временной протяженности нагрузок, приводящие к микроразрывам в материале, колебаний температур, периодического замораживания и оттаивания, а также из-за нарушения контактов между цементным камнем и заполнителем. Эти повреждения на начальной стадии развития не обнаруживаются средствами магнитного, вихретокового и ультразвукового контроля, т.к. такие активные методы не несут информации о динамике развития дефектов и поведении объекта в процессе влияния перечисленных воздействий. Вопрос о безопасной эксплуатации таких конструкций может быть решен только с использованием средств неразрушающего контроля (НК), чувствительных к малозначительным развивающимся дефектам. В связи с этим, задача выявления растущих трещин, в том числе находящихся на начальной стадии развития, представляется особенно актуальной. Для решения такой задачи хорошо зарекомендовал себя интегральный метод обследования на основе явления акустической эмиссии (АЭ) [33].

Достаточно быстрое протекание физических процессов изменения структуры в ограниченном объеме материала (пластическая деформация, разрушение, образование и рост трещин, движение дислокаций, фазовые превращения, трение и т.д.) сопровождается излучением акустических волн. Описанное явление называют АЭ материала и используют в неразрушающем контроле (НК) для обнаружения активно развивающихся под нагрузкой дефектов. Важным достоинством представленного метода является прямая связь информативных параметров сигналов АЭ с процессами разрушения, не свойственная традиционным методам. Это позволяет получать непосредственную информацию о стадии развития и скорости роста [10].

В настоящее время метод акустической эмиссии является одним из наиболее распространенных и широко развиваемых методов неразрушающего контроля. Он применяется в различных отраслях промышленности для проведения неразрушающего контроля и исследования технологических процессов [3]. Как показывает анализ состояния современных физических методов неразрушающего контроля, в настоящее время для диагностики процесса коррозии непосредственно на объекте в процессе его эксплуатации наибольшую перспективу имеет метод акустической эмиссии (АЭ), представленный на рисунке 3.

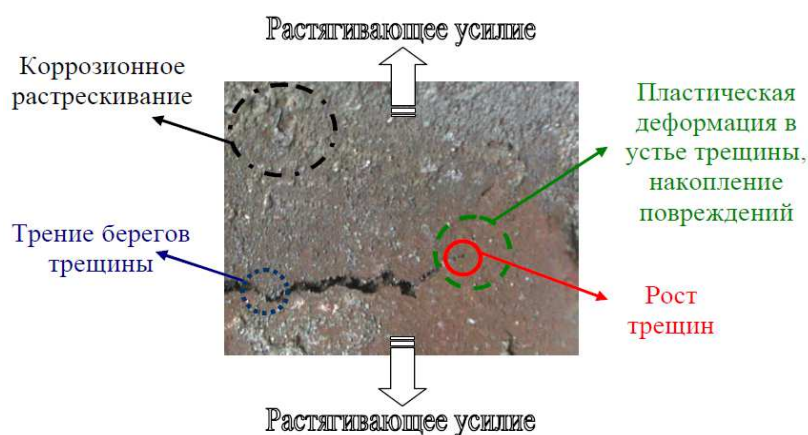


Рисунок 3. – Фрагмент ОК с дефектом и типичные источники АЭ материала

Акустико-эмиссионный (АЭ) метод НК основан на явлении генерации упругих волн при структурных изменениях материала, таких как возникновение и развитие усталостных трещин и коррозии. Данный метод заключается в обнаружении, распознавании и обработке акустических сигналов, что и является ключевым в мониторинге строительных объектов. Предпосылкой излучения акустических волн является процесс коррозионного растрескивания под напряжением (КРН). Одним из преимуществ

использования метода АЭ, является то что, акустические сигналы при КРН возникают без приложения к объекту контроля дополнительной внешней испытательной нагрузки, что во многих других случаях является обязательным условием. АЭ метод позволяет проводить и непрерывный контроль (мониторинг), когда развитие дефектов происходит под воздействием рабочих нагрузок и окружающей среды. Заключение о состоянии контролируемого объекта даётся на основании анализа АЭ процесса путём выявления тенденций изменения его характеристик. С помощью АЭ можно выявить не только растущие трещины, но и коррозионные процессы различного характера: коррозионное растрескивание под напряжением, язвенную, щелевую и межкристаллитную коррозии [18].

**Выводы.** Проведен анализ существующих методов мониторинга состояния дорожных конструкций.

Выделен метод акустической эмиссии, как наиболее перспективный метод неразрушающего контроля.

Отличительной особенностью которого является то, что данный метод позволяет проводить непрерывный контроль (мониторинг), когда развитие дефектов происходит под воздействием рабочих нагрузок и окружающей среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 52727—2007 Техническая диагностика. Акустико-эмиссионная диагностика. Общие требования.
2. Timo Saarenketo. Integrated Monitoring of Seasonal Variations and Structural Responses to Enable Intelligent Asset Management of Road Infrastructures/ Timo Saarenketo // Information Technology in Geo-Engineering, Proceedings of the 3rd International Conference (ICITG), Guimarães, Portugal, 2019. - p.687-698
3. Автомобильные дороги. Строительство, ремонт, эксплуатация: [справочник] / Л. Г. Основина [и др.]. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2011. – 490 с.
4. Бабаскин, Ю.Г. Технология строительства дорог: практикум: учебное пособие/ Ю. Г. Бабаскин, И. И. Леонович.- Минск; Москва: Новое знание: ИНФРА-М, 2012. - 428 с.
5. Бехер, С. А. Основы неразрушающего контроля методом акустической эмиссии : учеб. пособие /
6. С. А. Бехер, А. Л. Бобров. - Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2013. — 145 с.
7. Васильев, А.П. Строительство и реконструкция автомобильных дорог: Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Т. I / А.П. Васильев, Б.С. Марышев, В.В. Силкин и др.; Под ред. д-ра техн. наук, проф. А.П. Васильева. - М.: Информавтодор, 2005.
8. Шабанов Д.Н., Ягубкин А.Н., Боровкова Е.С., Трамбицкий Е.А. Способ акустико-эмиссионного исследования внутреннего состояния цементного камня при его хлоридной коррозии– Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки – 2019. – №16. – С. 41-44.
9. Шабанов Д.Н. Параметры сигналов акустической эмиссии и их применение при мониторинге состояния структуры бетона / Шабанов Д.Н., Ягубкин А.Н., Вабищевич С.А., Боровкова Е.С., Трамбицкий Е.А // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F, Строительство. Прикладные науки. - 2019. - № 8. - С. 74-78.