

Николенко Максим Александрович
Nikolenko Maksim Aleksandrovich
Доцент кафедры «автомобильные дороги», к.т.н.
Lecturer of Department "roads"
E-Mail: maksim_a_nikolenko@mail.ru

Конорев Александр Сергеевич
Konorev Alexander Sergeevich
Младший научный сотрудник
Junior Researcher
Ростовский государственный строительный университет
RostovStateUniversityofCivilEngineering
05.23.11 «Проектирование и строительство дорог, аэродромов,
мостов, метрополитенов и транспортных тоннелей»

Выбор стратегии ремонта участков автомобильных дорог на основе оценки состояния дорожных конструкций методом спектрального анализа волновых полей

Choice of repair strategies sections of roads based on assessment of road construction
method of spectral analysis of wave fields

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы совершенствования методов оценки состояния дорожных конструкций эксплуатируемых автомобильных дорог. Подтверждена информативность показателей деформирования дорожных конструкций для оценки их динамической устойчивости.

The Abstract: The article describes the development of technologies to assess the status of road constructions operated highways. Confirmed the informative value of the deformation of road constructions to assess their dynamic stability.

Ключевые слова: Дорожные конструкции, ремонт автомобильных дорог, неразрушающие методы, волновые поля.

Keywords: Road construction, repair of roads, non-destructive, wave fields.

Повышение требований к транспортно-эксплуатационному состоянию сети автомобильных дорог ставит задачи по разработке новых неразрушающих методов оценки состояния и запаса прочности элементов дорожных конструкций для назначения эффективных методов ремонта и реконструкции автомобильных дорог.

В ходе диагностики транспортно-эксплуатационное состояние автодорог (ТЭС АД) оценивается, в основном, по состоянию поверхности дорожного покрытия - визуальным дефектам покрытия, показателям ровности, шероховатости, сцепления. Показатель прочности дорожной одежды определяет несущую способность дорожной конструкции в целом, но не позволяет выявить причины ее снижения.

Таким образом, чтобы назначить «правильное лечение» автомобильной дороги нам необходимо знать какой элемент дорожной конструкции (покрытие, основание, земляное полотно) ослаблен, иметь представление о деградиационных процессах, происходящих в различных слоях дорожной одежды, об устойчивости земляного полотна, а также располагать объективной информацией о способности всей системы «дорожная конструкция – грунт» воспринимать динамические нагрузки от реального транспортного потока.

В ДорТрансНИИ РГСУ разработан новый метод оценки состояния дорожной конструкции спектральным анализом волновых полей, который базируется на исследовании трансформации волновых полей в структуре дорожной конструкции от тарированного ударного воздействия (малогабаритная ударная установка массой 50 кг). Ударное воздействие, лежащее в основе многочисленных методов оценки состояния дорожных конструкций, в данном методе рассматривается в качестве источника волнового поля с известными амплитудно-частотной и амплитудно-временной характеристиками. Отклики дорожной конструкции, регистрируемые на поверхности покрытия в ближней (до 2,5 м) от воздействия зоне, несут информацию о свойствах элементов дорожной конструкции (с удалением от места воздействия отклики характеризуют состояние более глубоких конструктивных слоев).

При ударном воздействии в дорожной конструкции генерируются волновые процессы аналогичные воздействию движущегося автомобиля, поэтому полученные результаты наиболее точно характеризуют способность дорожной конструкции воспринимать реальное динамическое воздействие транспортного потока. Разработанные схемы установки датчиков и программный комплекс обработки входных сигналов (регистрируемых в ходе полевых испытаний) позволяют оценивать несущую способность дорожной конструкции и состояние ее элементов (покрытия, основания, земляного полотна).

Оценка состояния дорожных конструкций спектральным анализом поверхностных волн включает четыре основных этапа, которые выполняются последовательно:

- подготовительные работы;
- полевые испытания;
- камеральная обработка полученной информации;
- анализ полученных результатов и разработка рекомендаций по назначению ремонтных работ.

Подготовительные работы включают подготовку виброизмерительного прибора, сбор необходимой информации на обследуемых участках автомобильных дорог. До начала испытаний дорожной конструкции необходимо изучить: продольный профиль, план трассы, систему водоотвода на обследуемом участке; результаты ранее выполненных обследований (оценки прочности дорожной одежды, ровности дорожного покрытия, визуальных наблюдений).

Полевые испытания начинаются с установки и закрепления датчиков (виброакселерометров) на поверхности дорожного покрытия или земляного полотна. В точке ударного воздействия устанавливается установка ударного нагружения и производится серия ударов по поверхности дорожной конструкции (высота падения сбрасываемого груза (штампа) 0,7 м). Ударное воздействие на поверхность дорожного покрытия приводит к генерации в структуре дорожной конструкции волнового поля. Запись параметров регистрируемых колебаний поверхности дорожной конструкции в реальном масштабе времени осуществляется с использованием виброизмерительного комплекса и компьютера.

Обработка информации, полученной в ходе экспериментальных замеров, осуществляется разработанным программным комплексом. Программный комплекс состоит из двух частей. Первая часть (пакет прикладных программ “L-Graph”) предназначена для оперативной

регистрации экспериментальных данных в реальном режиме времени. Вторая часть программного комплекса предназначена для накопления экспериментальных данных, систематизации, последующей обработки и анализа. Она позволяет осуществлять поиск информации в базе данных по заданным критериям отбора.

С целью разработки рекомендаций для нахождения наиболее эффективных решений при выполнении ремонтных работ была проведена оценка состояния элементов дорожной конструкции участков наблюдений, имеющих различные дефекты.

Для оценки состояния элементов дорожных конструкций методом спектрального анализа волновых полей предложены следующие параметры:

- форма чаши максимальных перемещений;
- максимальные значения амплитуд перемещений на расстоянии 0,25 м;
- амплитудно-частотная характеристика ускорения;
- частота максимальной амплитуды на амплитудно-частотной характеристике ускорения на расстоянии 0,75 м.

Форма чаши максимальных перемещений оценивает состояние элементов дорожной конструкции (покрытия, основания). Максимальные значения амплитуд перемещений на расстоянии 0,25 м от точки удара оценивают несущую способность дорожной конструкции в целом. Также общую несущую способность оценивает и частота максимальной амплитуды на АЧХ ускорения на удалении 0,75 м.

Для оценки информативности данных показателей проведено сравнение их с действующим нормативным показателем – общим модулем упругости дорожной конструкции. Так как максимальные амплитуды перемещений есть динамический прогиб конструктивного элемента или всей конструкции в целом, то представляется целесообразным использовать для сравнения не общий модуль упругости, а фактический упругий прогиб, получаемый под действием расчётной нагрузки.

С учётом вышесказанного, были проведены замеры фактического упругого прогиба в местах регистрации отклика дорожной конструкции на динамическое воздействие на участках автомобильных дорог I категории М-4 «Дон» «Восточный обход», II категории «г. Краснодар – г. Ейск», III категории «г. Семикаракорск – с. Большая Мартыновка» в осенне-весенний период года. По результатам экспериментальных замеров выявлены корреляционные зависимости статического прогиба от действия нагрузки 100 кН и динамического прогиба от действия малогабаритной ударной установки, представленные на рисунке 1. Коэффициент корреляции равен 0,92.

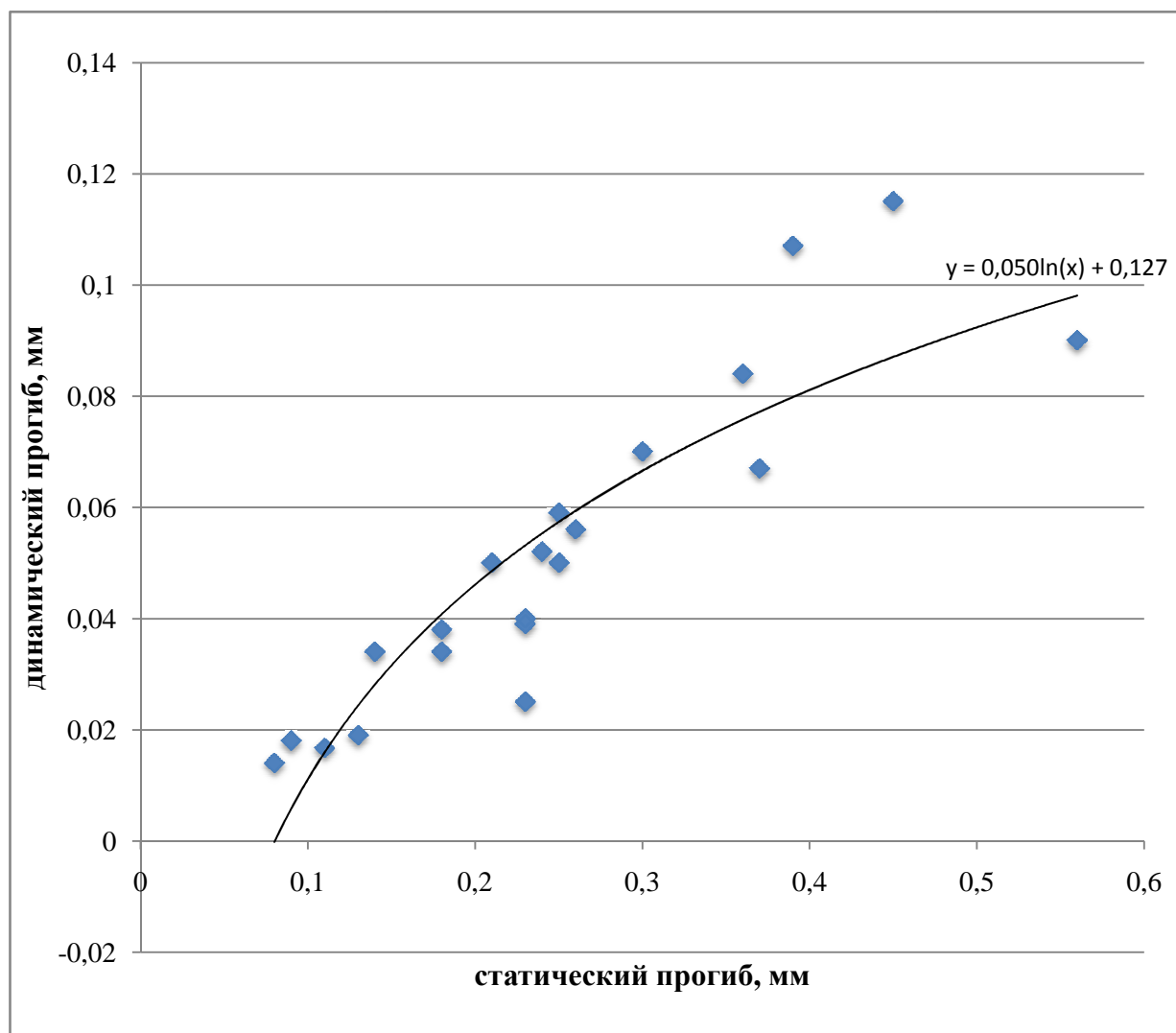


Рис. 1. Зависимость между статическим прогибом под нагрузкой и динамическим прогибом на расстоянии 0,25 м от точки удара

Экспериментальные исследования, выполненные на эксплуатируемых автомобильных дорогах, подтверждают информативность оценки состояния дорожных конструкций методом спектрального анализа волновых полей и возможность применения данной методики для выявления дефектов дорожной конструкции.

Оценка состояния дорожных конструкций методом спектрального анализа волновых полей позволяет решать обширный ряд задач важных для дорожного хозяйства. Данной методикой следует пользоваться:

- для выбора наиболее эффективных видов ремонтных работ на эксплуатируемом участке автомобильной дороги;
- для выявления причин преждевременного появления деформаций и разрушений дорожной конструкции;
- для контроля качества законченных объектов (участков автомобильных дорог);
- для мониторинга состояния дорожных конструкций (традиционных, а также с использованием новых материалов и технологий).

Наиболее значимой и востребованной задачей является возможность обоснованного выбора стратегии ремонта участков эксплуатируемых автомобильных дорог.

Традиционные методы оценки состояния автомобильных дорог дают возможность определить общее состояние дорожной конструкции без указания на “проблемные точки”. Метод спектрального анализа волновых полей позволяет выявить причины появления деформаций и разрушений, определить наиболее слабый элемент дорожной конструкции (покрытие, основание, подстилающий грунт), наличие скрытых повреждений и на базе полученных результатов рекомендовать наиболее эффективные виды ремонтных работ.

Так, при потере прочности какого-либо участка автомобильной дороги согласно методике [3] возможен ряд мероприятий по восстановлению требуемой прочности. Например, замена верхних слоев дорожной одежды методом регенерации с последующей укладкой нового слоя покрытия, либо перекрытие существующего покрытия несколькими слоями асфальтобетона.

С точки зрения существующей методики оба варианта верны и выбор будет осуществляться в основном путем экономического сравнения.

Метод спектрального анализа волновых полей позволяет дополнить показатели, определяемые в соответствии с [3]. Если в ходе обследования выявится, что причина снижения несущей способности дороги в ослабленном покрытии, то рекомендован будет второй вариант ремонтных работ. При ослабленном основании целесообразнее принять первый вариант.

В соответствии с [4] к обследованным участкам возможно применение следующих видов ремонтных работ:

1) Капитальный ремонт:

- устранение деформаций и повреждений элементов земляного полотна;
- переустройство дефектных элементов земляного полотна и системы водоотвода;
- повышение прочности земляного полотна с использованием различных материалов;
- замена верхних слоев дорожной одежды методами фрезерования или регенерации на ширину полос наката или на всю ширину покрытия с укладкой одного или нескольких слоев асфальтобетона;
- восстановление дорожных одежд в местах исправления земляного полотна и водоотвода;
- усиление дорожной одежды при несоответствии ее прочности транспортным нагрузкам с исправлением продольных и поперечных неровностей, укладкой выравнивающих и дополнительных слоев основания и покрытия (в том числе с армирующими, трещенопрерывающими и другими материалами), устройство более совершенных типов покрытий с использованием существующих дорожных одежд в качестве основания; перекрытие изношенных цементобетонных покрытий слоями из цементобетона или асфальтобетона;
- замена дорожной одежды на новую, более прочную и долговечную;
- переустройство дорожной одежды на участках образования колеи глубиной более 45 мм с удалением одного или нескольких нестабильных слоев основания;

2) Ремонт:

- устройство защитных слоев и слоев износа путем укладки выравнивающего (или фрезерования) и одного дополнительного слоя с обеспечением требуемой ровности и сцепных свойств или устройства поверхностной обработки;

- восстановление изношенных покрытий, в том числе методами, обеспечивающими повторное использование материала старого покрытия; использование армирующих и трещино-прерывающих материалов при восстановлении изношенных покрытий;

- ликвидация колея глубиной до 45 мм и других неровностей методами поверхностного фрезерования, укладки нового слоя покрытия или поверхностной обработки.

3) Содержание:

- восстановление сцепных свойств покрытия в местах выпотевания битума;

- устранение деформаций и повреждений (заделка выбоин, просадок, шелушения, выкрашивания и других дефектов) покрытий,

- ликвидация колея глубиной до 30 мм; фрезерование или срезка гребней выпора и неровностей по колеям (полосам наката) с заполнением колея черным щебнем или асфальтобетоном и устройством защитного слоя на всю ширину покрытия;

- устройство изолирующего слоя из мелкозернистой поверхностной обработки локальными картами для приостановки и предупреждения развития отдельных трещин и сетки трещин на участках длиной до 50 м;

- восстановление изношенных верхних слоев асфальтобетонных покрытий на отдельных участках длиной до 50 м.

Рекомендации по выбору стратегии ремонта участков автомобильных дорог строятся на ряде показателей характеризующих состояние элементов дорожной конструкции:

1. Необходимость капитального ремонта рекомендуется в следующих случаях:

-при амплитудно-частотной зависимости ускорения с несколькими частотными экстремумами амплитуд колебаний (зубчатая форма);

-при величине динамического прогиба (на расстоянии 0,25 м от удара) превышающего требуемое значение (таблица 1)

Таблица 1

Требуемый динамический прогиб дорожной конструкции

Категория дорог	Расчетная интенсивность нагрузки гр.А на полосу, авт/сут	Общее число осевых нагрузок в 100 кН	Требуемый модуль упругости одежды, МПа	Требуемый статический прогиб при действии нагрузки 100 кН, мм	Требуемый динамический прогиб при действии малогабаритной ударной установки, мм
I	500	10^7	230	0,35	0.074
II	250	10^6	220	0,37	0.077
III	70	10^5	200	0,45	0.087

2. Вид капитального ремонта назначается в зависимости от степени несущей способности каждого элемента дорожной конструкции (покрытие, основание, подстилающий грунт), определенной на основании таких показателей, как форма чаши максимальных амплитуд перемещений (чаша прогиба) и характер амплитудно-частотной зависимости ускорения.

При наиболее интенсивном затухании колебаний в ближней зоне (0,25 – 0,75м) и двугорбой форме АЧХ ускорений, рекомендуется усиление слоев покрытия.

Если наиболее интенсивное затухание колебаний происходит на расстоянии 0,75 – 1,25 м и АЧХ ускорений имеет зубчатую форму, необходимы усиление или замена слоев основания.

3. В случае если величина динамического прогиба не превышает требуемого значения (таблица 1), смотрят на значения радиуса кривизны поверхности асфальтобетонного покрытия, характеризующего величину растягивающих напряжений в слоях асфальтобетона, и при необходимости назначают вид ремонта покрытия: усиление или фрезерование с заменой на один или несколько слоев асфальтобетона.

4. По результатам обобщенного анализа характеристик полученных при оценке состояния дорожных конструкций методом спектрального анализа волновых полей определяется, наличие скрытых повреждений, величина растягивающих напряжений в слоях асфальтобетона, относительная кривизна поверхности асфальтобетона, радиус кривизны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов, А. В. Колебания и волны в дорожных конструкциях / А. В. Смирнов // Омск: Издательство СибАДИ, 2006. – 108 с.

2. Илиополов, С.К. Проведение комплекса экспериментальных исследований по оценке состояния дорожных конструкций методом спектрального анализа волновых полей на эксплуатируемых автомобильных дорогах / С.К. Илиополов, М.Г. Селезнёв, Е.В. Углова, М.А. Николенко и др. //Отчет о научно-исследовательской работе. ГК № УД 47/67, РГСУ, 2008. – 191 с.

3. ОДН 218.0.006-2002. Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог // М.: Росавтодор, 2003 – 79 с.

4. Об утверждении Классификации работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования и искусственных сооружений на них. Приказ Минтранса России N 122 от 6 августа 2008 года.

5. Способ оценки состояния дорожных конструкций спектральным анализом волновых полей при тарированном ударном воздействии. Патент на изобретение № 2279653.