

Е. П. Ходан, ассистент, БНТУ

**ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ
ДИАГНОСТИКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

The modern equipment for diagnostics of roads is described in the article. This equipment uses lasers and digital video. Possible directions of use this equipment are determined in the article.

Введение. Автомобильные дороги занимают центральное место в системе транспортных коммуникаций Республики Беларусь. Сеть автомобильных дорог непрерывно развивается. Растет необходимость в строительстве новых дорог, реконструкции и капитальном ремонте уже существующих.

Дороги являются неотъемлемой частью дорожно-транспортного комплекса, а их качество всецело определяет условия и эффективность работы автомобильного транспорта. Транспортно-эксплуатационные качества дорог закладываются в процессе проектирования, формируются при строительстве и проявляются в процессе эксплуатации.

Постоянное воздействие автомобильного транспорта и погодно-климатических факторов ведут к разрушению дорог.

Диагностика автомобильных дорог выполняется для определения транспортно-эксплуатационного состояния дорог, оценки, выявления причин и прогнозирования возможных его нарушений в процессе дальнейшей эксплуатации.

В процессе диагностики автомобильных дорог определяются следующие показатели, характеризующие эксплуатационное состояние – дефектность, прочность дорожной одежды, ровность покрытия, сцепные качества (коэффициент сцепления и шероховатость).

Определение дефектов. В Республике Беларусь диагностика автомобильных дорог – наука относительно молодая, однако она интенсивно развивается, созданы современные контрольно-измерительные приборы, многофункциональные передвижные лаборатории.

Оборудование постоянно обновляется, применяются как отечественные, так и зарубежные контрольно-измерительные приборы. На движение автотранспорта наиболее существенное влияние оказывают дефекты дорожного покрытия (трещины, выбоины, колеи, волны, разрушение поверхностной обработки и другие). При текущих ежегодных осмотрах и обследованиях визуально определяют вид и число дефектов дорожной одежды, земляного полотна, обочин, откосов и водоотвода, оценивают полноту, состояние и правильность размещения инженерного оборудования, обстановки и обустройства дорог, проводят инструментальную оценку ровности и сцепных качеств покрытия, составляют сезонные графики коэффициентов аварий-

ности. По результатам визуальных осмотров назначают мероприятия по содержанию, определяют участки детального обследования.

В Беларуси нашли применение простейшие системы, в которых дефекты определяются визуально и заносятся оператором в компьютер с привязкой по датчику пути.

В Российской Федерации наблюдается повышенный интерес к «видеосистемам». Но подавляющее их большинство направлено на паспортизацию автомобильных дорог и представляет собой набор видео (фото) камер, позволяющих производить видео-, фотосъемку автомобильной дороги или ее элементов.

Простейшая система позволяет выполнять «чисто» съемку для просмотра изображения на экране монитора компьютера. Данная система позволяет лишь визуально информировать о дороге, возможно лишь различие крупных объектов. Такая система представляет незначительный инженерный интерес и может быть использована в основном для получения некой обзорной информации о дороге, которая сильно изменяется даже в зависимости от поры года.

Имеются системы, позволяющие в режиме постобработки в офисе получать местоположение и объем дефектов и предметов, которые можно различить на экране монитора (цифровом кадре). В этом случае режим постобработки столь трудоемкий, что ограничивает применение системы на очень коротких участках дорог. В добавление низкое разрешение мелких дефектов (съемка цифровой видео, фототехникой) под углом и со значительным расстоянием до дорожного покрытия не дает возможности рекомендовать подобные системы для диагностики и осмотров республиканской сети в сжатые сроки [1].

Перечисленные лаборатории разработаны в ФГУП СМПЦ «РОСДОРТЕХ» г. Саратова и в НПО «Регион» г. Москвы. Экранная копия работы лаборатории ФГУП СМПЦ «РОСДОРТЕХ» представлена на рис. 1. Лаборатория НПО «Регион» показана на рис. 2.

В России Васильевым Ю. М., МАДИ (ГТУ), разработана экспериментальная установка «Лаборатория видеокomпьютерного сканирования» (рис. 3). Данное оборудование позволяет получать цифровое изображение поверхности автомобильной дороги и придорожной полосы общей шириной 20 м. Система дает возможность

снимать и распознавать дефекты в автоматизированном режиме. В лаборатории просматриваются конструктивы элементной базы прошлых лет (пятое колесо).

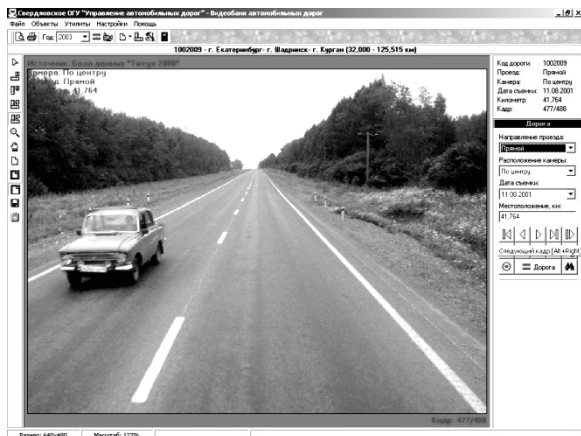


Рис. 1. Экранная копия работы лаборатории ФГУП СНИЦ «РОСДОРТЕХ»



Рис. 2. Лаборатория НПО «Регион»



Рис. 3. Лаборатория видеоконピューтерного сканирования МАДИ (ГТУ)

Разрешение данной системы составляет 1 см, т. е. дефекты с одним из линейных размеров менее 1 см не фиксируются и не распознаются. Это особенно важно для трещин, т. к. в подавляющем большинстве в Беларуси трещины шириной раскрытия до 1 см, а трещины более 1 см раскрытия могут вообще создавать ис-

кусственную неровность. Хорошо видны трещины и швы на цементобетонном покрытии, на асфальтобетонном покрытии распознавание трещин затруднительно. Данная лаборатория существует в единственном экземпляре и пока предлагается к продаже по принципу «как есть», т. е. без гарантий.

Традиционно для оценки состояния дорожных покрытий, находящихся в эксплуатации, применяют два типа исследований: измерение показателей, характеризующих состояние поверхности дорожного покрытия (ровность, глубина колеи), а также выявление дефектов путем измерения несущей способности (прочности) дорожного покрытия.

Прочность дорожной одежды – сопротивление дорожной одежды напряжениям и деформированию под воздействием нагрузок от транспортных средств и изменяющихся природно-климатических факторов [2].

Измерение прочности дорожной одежды производят установками статического, псевдостатического и динамического нагружения.

Измерения статическими видами нагружения проводят для определения прочностных показателей дорожной одежды на небольших характерных участках дороги. При этом величина нагрузки и степень ее воздействия на дорожную одежду не меняются (прогибомеры, установка штамповых испытаний, измерение высокоточным нивелиром).

Измерения псевдостатическими видами нагружения проводят с помощью установок, в основу работы которых положена теория отражения светового луча. Прогиб дорожной одежды определяется фотоэлектропрогибомерами (дефлектограф «Лакруа») с дальнейшей обработкой и определением модуля упругости.

Измерение динамическими видами нагружения проводят на участках дороги значительной протяженности с использованием сложного оборудования. Упругая деформация при динамическом нагружении зависит от величины кратковременного усилия и времени воздействия нагрузки на покрытие, составляющего 0,2...0,4 с. (УДН, УДН-НК, дефлетометр FWD, Дина-3М).

Однако все вышеперечисленные виды оборудования для определения прочностных характеристик дорожных одежд имеет низкую производительность.

В целях повышения безопасности движения при проведении диагностики состояния автомобильных дорог, а также усовершенствования метода измерения прочности дорожной одежды Датским автодорожным институтом была разработана конструкция дефлектографа, позволяющего при скорости движения 90 км/ч производить мониторинг состояния дорожной одежды (дефлектограф HSD):

– обеспечивает дорожную администрацию более объемной и достоверной информацией, позволяющей рационально планировать ремонтные работы;

– позволяет получить более точные результаты за счет высокой плотности измеряемых точек (через каждые 20 мм);

– может производить измерения на всех полосах многополосных автомобильных дорог (т. е. магистральных), что позволяет планировать ремонтные работы по каждой полосе;

– обеспечивает высокий уровень безопасности дорожного движения и условий работы персонала за счет того, что измерения проводятся при нормальной скорости транспортного потока.

Основное преимущество HSD – производительность. При проведении измерений со скоростью движения 70 км/ч и пятичасовом рабочем дне за неделю можно обследовать 1750 км.

Принцип измерений HSD (рис. 4) основан на современной лазерной технологии, запатентованной компанией Greenwood Engineering A/S. Вертикальные перемещения поверхности дорожного покрытия под действием нагруженного автомобиля измеряются с помощью двух специальных лазерных датчиков Доплера. Реальное перемещение поверхности покрытия под действием транспортной нагрузки известной величины выражается посредством разности между нагруженным и ненагруженным поперечными профилями дороги. Используя доплеровскую технологию, можно определить скорость прогиба дорожного покрытия. Для получения оптимальных условий измерения в любое время положение датчиков Доплера постоянно контролируется и управляется сервосистемами и инерционными устройствами. [3]. Как видно на рис. 4, комплект оборудования установлен на базе прицепа дефлектографа 1985 г. (новый тягач был приобретен для специальных целей). Длинный прицеп выбрали с тем, чтобы исключить влияние базового автомобиля на точность измерения скорости прогиба.



Рис. 4. Измерительная система HSD (вид сбоку)

Оптимальное расстояние между передним датчиком Доплера и колесом прицепа должно быть достаточно большим, чтобы не нарушать режим измерений, и достаточно коротким, чтобы проводить измерения на участках автомобильных дорог с кривыми небольшого радиуса.

Измерительное оборудование установлено на жесткой металлической балке спереди правого колеса прицепа. Колесо оказывает давление на поверхность дорожного покрытия с силой до 50 кН, а соответствующая реакция поверхности регистрируется двумя (приблизительно) вертикальными лазерными датчиками Доплера.

Оборудование для обработки данных расположено в контейнере наверху прицепа, а управляющий компьютер – в кабине водителя. Измерения проводятся в автоматическом режиме. Работу выполняет один человек (водитель), который запускает компьютер и затем, в принципе, только управляет автомобилем. Измерения, как правило, проводятся на скорости 70–80 км/ч. Максимальная скорость движения базового автомобиля – порядка 95 км/ч. Доплеровская технология, применяемая для HSD, описана Хильдебрандтом и др. (1999). Впервые эта технология была представлена в 1842 г. австрийским физиком Кристианом Иоганном Доплером, доказавшим, что фазовое смещение длины волны распространения света, звука или любой другой энергии, зарегистрированной движущимся наблюдателем, определяется показателем (v/c), как описано уравнением

$$F_{\text{Доплер}} = -F \cdot v/c,$$

где $F_{\text{Доплер}}$ – частота смещения на приемнике; F – излучаемая частота; v – относительная скорость между источником и приемником; c – скорость распространения волны.

Смещение Доплера представляет ситуацию, когда длина излучаемой волны сокращается по мере приближения объекта. И, наоборот, по мере удаления объекта длина излучаемой волны увеличивается.

Метод измерений, применяемый в HSD, описан Расмуссенем и др. (2002). Концепция HSD основана на измерении не собственно прогиба поверхности дорожного покрытия, а его скорости. На нагруженном автомобиле устанавливаются два лазерных датчика Доплера. Излучаемые лазерные лучи падают на поверхность дорожного покрытия, при этом датчики измеряют скорость в направлении лазерных лучей. Под воздействием нагрузки от прицепа в покрытии развиваются деформации, скорость которых регистрируется датчиками Доплера, расположенными на металлической балке спереди правого колеса прицепа.

Высокоскоростной дефлектограф HSD может использоваться также для выявления проблемных участков, характеризующихся недостаточной прочностью и требующих незамедлительного ремонта.

Заключение. Обобщая приведенную выше информацию, можно сделать следующие выводы.

1. Визуальная фиксация дефектов покрытия – трудоемкий процесс, имеющий определенную степень субъективности.

2. Для определения дефектности покрытия следует применять автоматизированные системы их идентификации и распознавания.

3. Наиболее распространенное оборудование для определения прочностных характеристик дорожных одежд имеет низкую производительность.

4. Применение высокоскоростного дефлектометра позволяет производить оценку прочно-

стных качеств сети дорог в неблагоприятные периоды: весенней распутицы и летних высоких температур.

5. Зарубежные передвижные лаборатории для определения транспортно-эксплуатационных показателей имеют высокую производительность и многие другие преимущества.

Литература

1. Леонович, И. И. Диагностика и управление качеством автомобильных дорог / И. И. Леонович. – Минск, 2002. – 354 с.

2. Автомобильные дороги. Порядок выполнения диагностики: ТКП 140-2008 (02191). – Минск, 2008. – 46 с.

3. Леонович, И. И. Перспективы развития измерительных систем в диагностике автомобильных дорог / И. И. Леонович // Труды БГТУ. Сер. Ц, Лесная и деревообаб. пром-сть. – Минск, 2007. Вып. XV. – С. 146–149.