УДК 625.7

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕИ НА ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЯХ

Инженер **Д.И. Ковалев,**
канд. техн. наук **П.А. Лушников**
(ФАУ «РОСДОРНИИ»),
д-р техн. наук **В.А. Кретов,**
канд. техн. наук **Н.А. Лушников**
(Российский университет транспорта
(РУТ (МИИТ)),
Конт. информация: lab@rosdornii.ru;
p.lushnikov@rosdornii.ru

В статье рассмотрены типичные методы измерения параметров колеи на покрытиях автомобильных дорог. Приведены сравнительные характеристики различных приборов, используемых для этой цели. Предложены пути повышения точности измерений.
Ключевые слова: *дорожная одежда, методы измерения, рейка, лазер, лазерный сканер LIDAR.*

Образование колеи на покрытии автомобильной дороги приводит к повышению уровня дорожно-транспортных происшествий (ДТП), сокращению срока службы дороги и другим негативным последствиям **[1, 2]**.

Например, установлено **[2]**, что при резком выходе из колеи глубиной порядка 15–17 мм на больших скоростях движения, возникает существенный риск возникновения ДТП. А такая колея на типичных конструкциях дорожных одежд при достаточно интенсивном движении образуется, как правило, уже на 3–5-й год эксплуатации **[3]**.

Для своевременного принятия мер по устранению колеи необходимы периодические обследования дорожной сети специальными устройствами, позволяющими определять координаты поперечного профиля покрытия и вычислять её количественные характеристики, в частности максимальную глубину колеи.

Наиболее простой способ измерения глубины колеи – с использованием двухметровой рейки и линейки (**рис. 1**). Измерения выполняются путем приложения рейки на выпоры колеи и определением с помощью линейки расстояния между нижней опорной гранью рейки и дном колеи.

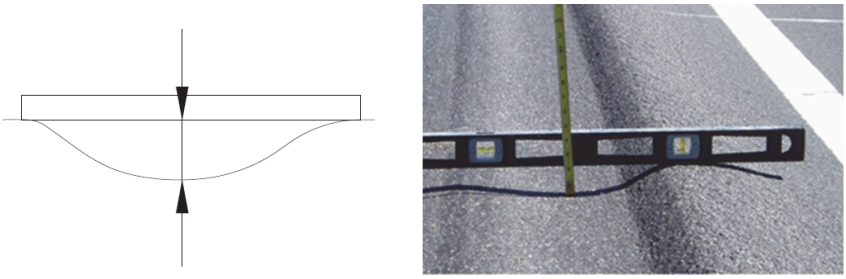

Рис. 1. Схема измерения двухметровой рейкой

Преимуществами данного метода являются: простота практического применения и дешевизна оборудования. Недостатками являются: трудоемкость при измерении протяженных участков дороги, невозможность применения при большой интенсивности движения и ручная обработка данных.

Второй способ – оптический метод измерений **[3]**. На бампер автомобиля крепится лазер с оптической цилиндрической призмой рассеивания, через которую проходит луч лазера и проецируется на дорогу в виде линии, расположенной в поперечном сечении поверхности дороги (**рис. 2 а**). Помимо этого, на автомобиле крепится камера, которая фиксирует снимки поверхности дороги с изображением линии, повторяющей поперечный профиль поверхности покрытия (**рис. 2 а**). Далее на компьютере полученный профиль обрабатывается и вычисляется глубина колеи (**рис. 2 б**).

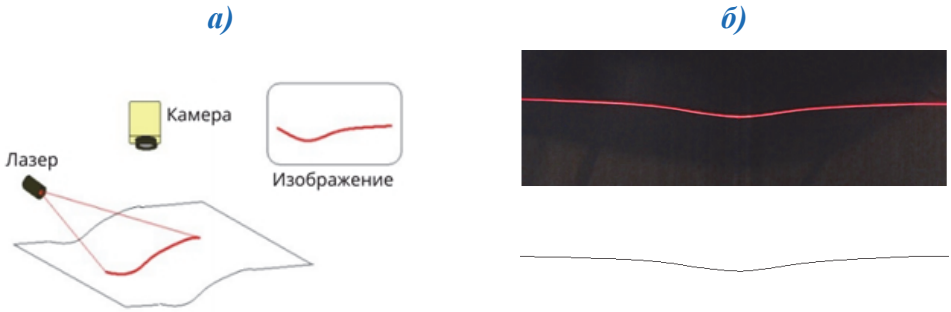

Рис. 2. Оптический метод измерения колеи:
а) схема работы; б) снимок поверхности дороги и результат обработки

Преимуществами данного метода являются: относительная простота конструкции и невысокая стоимость, достаточно подробное пред-

ставление дискретной реализации поперечного профиля. К недостаткам следует отнести: сложности с использованием в дневное время (на снимках днем поперечная полоса от лазера недостаточно четко видна), невысокую точность измерения (1-3 мм).

Следующий способ измерения параметров колеи – с использованием лазерных дальномеров. Такие дальномеры монтируются на специальной балке, закрепленной на бампере автомобиля (**рис. 3**).

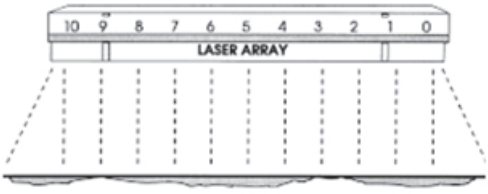

Рис. 3. Измерение параметров колеи с помощью лазерных дальномеров

Преимуществами данного метода являются: высокая точность (до 0,1 мм) и возможность работы при ярком солнечном свете, а недостатками: значительная величина шага поперечного профиля, высокая стоимость, чувствительность к погодным условиям и сложность конструкции.

В последнее время часто применяется метод измерения параметров колеи с использованием специальных лазерных сканеров – LIDAR (Light Detection and Ranging – лазерное устройство обнаружения и измерения дальности). Сканеры LIDAR обычно включают следующие элементы:

- источник лазерного луча;
- детектор отраженного луча;
- тактирующая цепь;
- оптическая приемо-передающая часть;
- вычислительный блок.

Устройства LIDAR могут быть различного типа: 3D или 2D. 3D-LIDAR сканирует поверхность дороги, 2D – какое-либо её сечение. Мы будем рассматривать более простые устройства LIDAR – 2D (**рис. 4**). Такие устройства в результате сканирования позволяют получать набор координат поперечного профиля поверхности дороги (так называемое «облако точек»), по которым после обработки можно определить глубину колеи.

Рис. 4. Метод измерения колеи с применением сканеров 2D-LIDAR

Преимуществами данного метода являются: возможность работы при ярком солнечном свете, компактность конструкции, малая величина шага поперечного профиля, недостатками: высокая стоимость, чувствительность к погодным условиям, относительно невысокая точность (порядка 1-5 мм).

В **табл. 1** представлено сравнение рассмотренных методов измерения параметров колеи.

Таблица 1

Сравнительные характеристики методов измерения параметров колеи

Характеристики методов	*Рейка*	*Оптический метод*	*Лазерные измерители*	*Сканеры LIDAR*
Компактность конструкции	+	±	-	+
Точность измерений	±	±	+	±
Возможность работы в любое время суток	-	-	+	+
Достаточная величина шага поперечного профиля	-	+	-	+
Незначительная трудоемкость измерений	-	±	±	+
Относительно небольшая стоимость оборудования	+	±	-	-

Из **табл. 1** видно, что если исключить вопрос о стоимости оборудования, наиболее оптимальным является метод с использованием сканеров LIDAR. Однако этот способ не обеспечивает необходимую точность измерений (в соответствии с **[5]** нормативная точность измерения глубины колеи – 1 мм). Этот недостаток можно устранить путем дополнительной обработки измеренных данных **[4]**. Условно обработку можно разделить на два этапа – устранение «выпавших» точек и «сглаживание», которые осуществляются с помощью специальных процедур фильтрации данных.

На первом этапе обработки обычно применяется так называемый медианный фильтр, на втором – например, фильтр скользящего среднего. На **рис. 5** приведены примеры применения фильтрации данных.

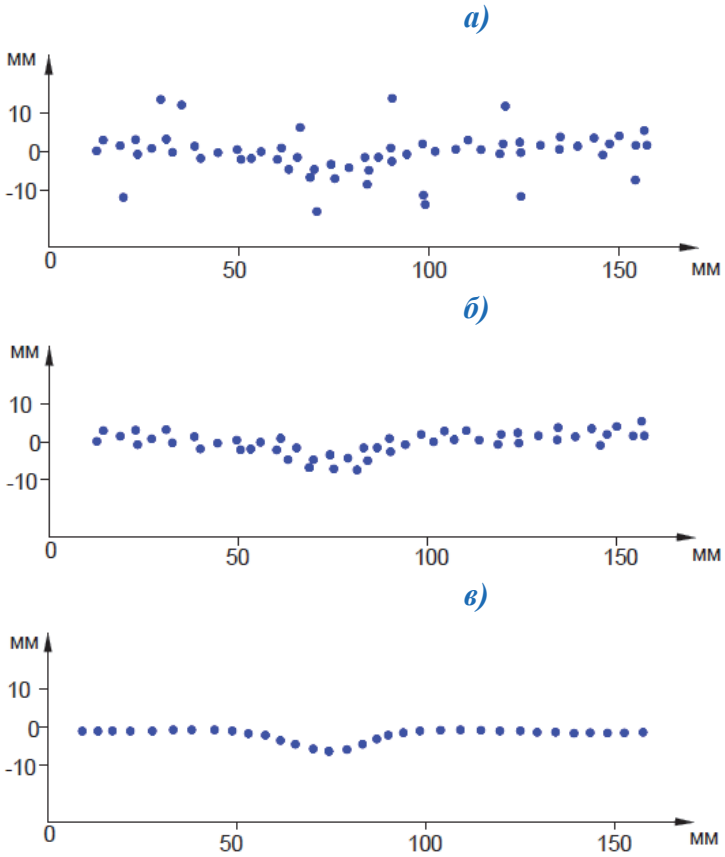

Рис. 5. Пример применения фильтрации данных

а) измеренные значения («облако точек»);

б) данные после обработки медианным фильтром;

в) данные после применения фильтра скользящего среднего

ВЫВОДЫ

1. Существует несколько основных способов измерения параметров колеи, имеющие определенные недостатки и преимущества (**табл. 1**).

2. Наиболее оптимальным представляется метод измерения с помощью сканеров LIDAR и дальнейшей обработкой полученных данных, например, с применением фильтров: медианного и скользящего среднего.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Лисанов Е. Новые перспективы асфальтобетонных покрытий / Е. Лисанов // Автомобильные дороги. – 2017. – № 6. – С. 37-38.*
2. *Пахаренко Д.В. Внимание – колея! / Д.В. Пахаренко // Дорожная Держава – 2010. – № 25. – С. 28-30.*
3. *Кирюхин Г.Н. Методы анализа коллейности асфальтобетонных покрытий / Г.Н. Кирюхин // Автомобильные дороги. – 2017. – № 6. – С. 98-102.*
4. *Звелто О. Принципы лазеров / О. Звелто // СПб.: Издательство «Лань», 2008. – С. 14-20.*
5. *ОДМ 218.4.039-2018. Рекомендации по диагностике и оценке технического состояния автомобильных дорог. – Электрон. данные – URL: http://docs.cntd.ru/document/550771223 (дата обращения: 27.10.2019).*

L I T E R A T U R A

1. *Lisanov E. Novye perspektivy asfal'tobetonnyh pokrytij / E. Lisanov // Avtomobil'nye dorogi. – 2017. – № 6. – S. 37-38.*
2. *Paharenko D.V. Vnimanie – koleya! / D.V. Paharenko // Dorozhnaya Derzhava – 2010. – № 25. – S. 28-30.*
3. *Kiryuhin G.N. Metody analiza kollejnosti asfal'tobetonnyh pokrytij / G.N. Kiryuhin // Avtomobil'nye dorogi. – 2017. – № 6. – S. 98-102.*
4. *Zvelto O. Principy lazerov / O. Zvelto // SPb.: Izdatel'stvo «Lan'», 2008. – S. 14-20.*
5. *ODM 218.4.039-2018. Rekomendacii po diagnostike i ocenke tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobil'nyh dorog. – Elektron. dannye – URL: http://docs.cntd.ru/document/550771223 (data obrashcheniya: 27.10.2019).*

SOME MEASUREMENT METHODS OF RUT PARAMETERS ON ROAD PAVEMENTS

Engineer ***D.I. Kovalev****,*
Ph. D. (Tech.) ***P.A. Lushnikov***
(FAI «ROSDORNII»)
Doctor of Engineering ***V.A. Kretov****,*
Ph. D. (Tech.) ***N.A. Lushnikov***
(Russian University of Transport (MIIT))
Contact information: lab@rosdornii.ru

The typical measurement methods of rut parameters on road pavement are examined. Comparative characteristics of various devices used for this purpose are provided, and ways to improve measurement accuracy are suggested.
Key words: *road pavement, measurement methods, rail, laser, LIDAR device.*

Рецензент: д-р техн. наук О.А. Красиков (ФАУ «РОСДОРНИИ»).
Статья поступила в редакцию: 27.09.2019 г.