

*В. В. Щербаков<sup>1</sup>, С. С. Акимов<sup>1\*</sup>, Н. В. Ефимов<sup>1</sup>*

## **Приборы для определения ровности покрытия на автомобильных дорогах**

<sup>1</sup> Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск,  
Российская Федерация  
\* e-mail: ak\_s\_s@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена проблеме использования приборов для определения продольной ровности покрытия автомобильных дорог. Определялась эффективность и возможность применения различных приборов для определения продольной ровности покрытия автомобильных дорог на этапах их строительства, реконструкции, ремонта и эксплуатации. Для исследования применялся метод сравнительного анализа нормативно-технической документации в области дорожного хозяйства, практический опыт и результаты применения приборов для определения продольной ровности. В статье рассмотрен метод измерения величины просвета под рейкой, метод амплитуд, измерения с применением автомобильной установки – прибора для контроля ровности и скользкости дорожных покрытий и дорожных профилометров. Определены преимущества и недостатки, а также область применения приборов и методов для определения ровности покрытий автомобильных дорог в сравнении с универсальным дорожным комплексом «Ровность». Обоснованы преимущества УДК «Ровность» и необходимость его применения на этапах строительства, реконструкции, ремонта и эксплуатации автомобильных дорог.

**Ключевые слова:** покрытие автомобильной дороги, продольная ровность, методы измерения ровности, приборы для измерения ровности

*V. V. Shcherbakov<sup>1</sup>, S. S. Akimov<sup>1\*</sup>, N. V. Efimov<sup>1</sup>*

## **Devices for determining the evenness of road surface**

<sup>1</sup> Siberian Transport University, Novosibirsk, Russian Federation  
\* e-mail: ak\_s\_s@mail.ru

**Abstract.** The article is devoted to the problem of using devices to determine the longitudinal evenness of the road surface. The effectiveness and the possibility of using various devices to determine the longitudinal evenness of the road surface at the stages of their construction, reconstruction, repair and operation were determined. The method of comparative analysis of normative and technical documentation in the field of road management, practical experience and results of the use of devices for determining longitudinal evenness were used for the study. The article considers the method of measuring the amount of clearance under the rail, the method of amplitudes, measurements using an automotive installation – a device for monitoring the evenness and slipperiness of road surfaces and road profilometers. The advantages and disadvantages, as well as the scope of application of devices and methods for determining the evenness of road surfaces in comparison with the universal road complex «Rovnost» are determined. The advantages of the UDC «Rovnost» and the need for its application at the stages of construction, reconstruction, repair and operation of highways are substantiated.

**Keywords:** road surface, longitudinal evenness, measuring evenness methods, devices for measuring evenness

## ***Введение***

В соответствии с целями и задачами [1, 2] национального уровня, Транспортной стратегией РФ [3] государством инициируются и реализуются ключевые инфраструктурные проекты по развитию транспортного комплекса. Одним из наиболее крупных и масштабных проектов на период с 2019 по 2030 годы является национальный проект «Безопасные качественные дороги» [4].

В рамках данного проекта оценка соответствия нормативным требованиям автомобильных дорог регламентируется и проводится по двум основным показателям [5, 6]: отсутствие дефектов проезжей части и продольная ровность (инструментально). В [7] под продольной ровностью понимается «продольный микропрофиль поверхности оснований и покрытий, содержащий волны неровностей в диапазоне 0,5-60 м на полосе наката дороги, оказывающие влияние на колебания движущегося транспортного средства». Продольная ровность является важнейшим показателем, характеризующим состояние дороги. В силу значимости данного показателя он применяется для оценки качества при приемке в эксплуатацию автомобильной дороги по завершению ее строительства или ремонта, а также используется на протяжении всего срока эксплуатации автомобильных дорог при оценке значений ее эксплуатационных параметров [8].

Различные этапы жизненного цикла покрытия автомобильной дороги, а также решаемый на этих этапах широкий круг задач требуют применения и создания разных методов и измерительных приборов и систем.

Для определения неровностей покрытий автомобильных дорог [6, 9] регламентируются следующие методы и приборы измерений:

- измерение ровности рейкой длиной три метра с клиновым промерником (измерение величины просвета под рейкой);
- нивелирование оснований и покрытий автомобильных дорог (метод амплитуд);
- измерения с применением прибора для контроля ровности и скользкости дорожных покрытий (ПКРС) и дорожных профилометров (ДП).

Целью настоящей работы является определение эффективности и применимости различных приборов определения ровности покрытия на этапах строительства, реконструкции, ремонта и эксплуатации автомобильных дорог.

## ***Методы и материалы***

В качестве метода исследования в настоящей работе используется сравнительный анализ нормативно-технической документации в области дорожного хозяйства, практический опыт и результаты применения приборов для определения продольной ровности.

При сравнительном анализе рассматривались регламентированные действующими нормативно-техническими документами методы и приборы определения продольной ровности и универсальный дорожный комплекс «Ровность», разработанный и созданный в НИЛ «Диагностика дорожных одежд и земляного полотна» СГУПС [10,11].

## *Результаты*

Результаты сравнительного анализа эффективности и применимости приборов и измерительных средств представлены в табл. 1.

*Таблица 1*

### Приборы и методы, используемые для определения ровности оснований и покрытий автомобильных дорог

Приборы и измерительные средства	Преимущества	Недостатки	Область применения
Рейка с клиновидным промерником	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Простота измерения.</li> <li>2) Прямые измерения</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Трудоемкий и малопроизводительный процесс измерения участков большой протяженности.</li> <li>2) Недостаточная достоверность оценки качества покрытий при длинах неровней, превышающих 3 м</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Определение амплитуд неровностей длиной до 3 м</li> <li>2) Определение ровности на локальных участках (операционный контроль), определение глубины колеи, контроль ровности при сопряжении дорожных элементов</li> </ol>
Нивелирование при помощи нивелира (тахеометра) и рейки нивелирной	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Простота измерения.</li> <li>2) Прямые измерения</li> <li>3) Определение амплитуды неровности в более широком диапазоне по сравнению с рейкой дорожной.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Вероятность пропуска коротких неровностей длиной менее нормативного шага съемки (менее 5 м).</li> <li>2) Недостаточная производительность измерений по сравнению с косвенными способами измерения ровности.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Определение амплитуд неровностей длиной более 5 м</li> <li>2) Контроль ровности на относительно коротких участках автомобильных дорог (более 400 м)</li> </ol>
Автомобильная установка ПКРС	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Высокая скорость измерения.</li> <li>2) Портативность и высокая мобильность.</li> <li>3) Возможность измерения длинных участков автомобильных дорог</li> <li>4) Возможность определения других характеристик покрытия автомобильной дороги (поперечные уклоны, коэффициент сцепления и др.)</li> <li>5) Компьютерная обработка полученных данных</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Косвенный (интегральный) способ измерения (проблема повторяемости и обеспечения точности измерений).</li> <li>2) Сложный и трудоемкий процесс определения масштабных коэффициентов на тестовых участках</li> <li>3) Большое количество эксплуатационных, технических и климатических факторов, влияющих на калибровку и точность измерений.</li> <li>4) Сложность проведения измерений в городской черте из-за необходимости обеспечения равномерной скорости</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Диагностика и оценка состояния покрытия в процессе эксплуатации, при приемке и вводе в эксплуатацию автомобильной дороги неограниченной длины после ремонта и реконструкции</li> </ol>
Дорожный профилометр			

## *Обсуждение*

Применение трехметровой дорожной рейки с клиновидным промерником наиболее предпочтительно при операционном контроле на локальных участках на этапах строительства, реконструкции или ремонта, на этапе эксплуатации дороги – при оценке глубины колеи. Процесс измерений дорожной рейкой является трудоемким и малопроизводительным при всей простоте работы с ней.

Использование дорожной рейки становится неэффективным при наличии превышающих базу измерения (3 м) длин неровностей. В этом случае оценка качества покрытия дороги будет искажена и не будет соответствовать фактическому состоянию.

Использование нивелира (тахеометра) и рейки нивелирной при нивелировании покрытия дорог (метод амплитуд) позволяет определять амплитуды неровностей по сравнению с рейкой дорожной в более широком диапазоне длин. Это способствует повышению точности определения фактической ровности покрытия автомобильной дороги. Однако при использовании данного метода существует вероятность пропуска неровностей с длиной менее шага нивелирования (менее 5 м), что также искажает оценку качества покрытия. Данная ситуация поясняется на рис. 1.

Определение амплитуд неровностей покрытий первым и вторым методом выполняется посредством прямых измерений. Данные методы позволяют получать объективную оценку «ровности» автомобильной дороги.

Следующие методы измерения ровности покрытия реализуется с применением автомобильной установки ПКРС и дорожных профилометров (ДП). Использование данных установок позволяет получать интегральный (суммарный) диагностический показатель ровности, приведенный к единице длины участка. Получаемые оценки выражаются в относительных значениях (мм/м или м/км).

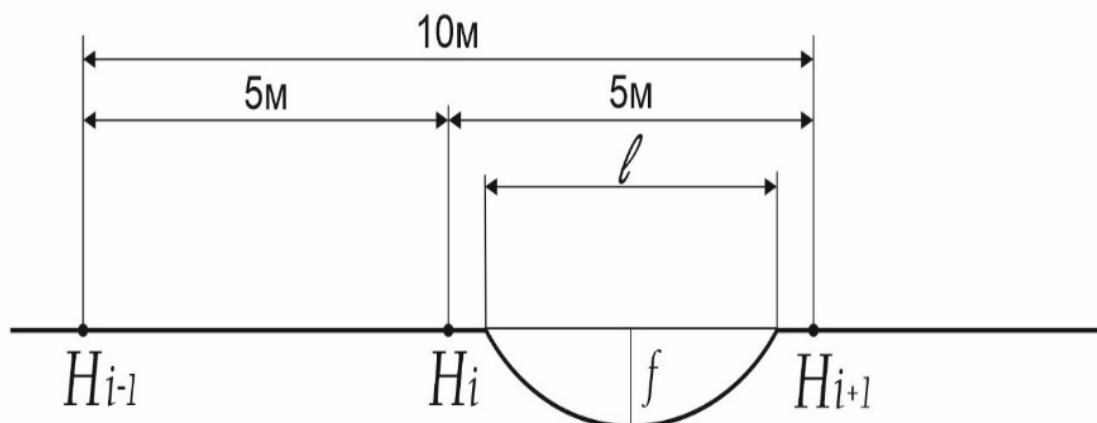


Рис. 1. Схема определения неровности покрытия с шагом нивелирования 5 м

Основным недостатком использования интегральных методов является обеспечение повторяемости и точности измерений. На точность при проведении измерений влияет отклонение условий от значений при которых производилась калибровка: масса и скоростной режим движения транспортного средства с измерительной установкой, характер продольного и поперечного профиля дороги, режим температуры при работе с прибором [12].

Обеспечение точности выполняемых измерений существенно зависит от определения масштабных коэффициентов, включая международный показатель

ровности *IRI* (*International Roughness Index*). Масштабные коэффициенты определяются коротко шаговым высокоточным нивелированием на тестовых участках. Трудоемкий комплекс работ представляет собой процесс определения на тестовых участках ординат микропрофиля покрытия. К примеру, для 500 м тестового участка при «шаге» нивелирования 0,25 м количество точек нивелирования составляет 2000 точек. Изменение с течением времени технического состояния автомобиля вновь требует корректировки масштабных коэффициентов.

Данные факторы в суммарном итоге не позволяют достигнуть высокой степени повторяемости результатов измерений. Исследования, проводимые с использованием ПДЛ («Трасса») на опытных участках автодорог К-02, К-13, К-15, показали, что повторяемость результатов определения ровности покрытия составляет около 6 %. При этом максимальные разности из 6 циклов измерений (в разные дни) на каждом участке могут составлять до 25 %.

Альтернативным решением является универсальный дорожный комплекс «Ровность» (рис. 2), разработанный и созданный в НИЛ «Диагностика дорожных одежд и земляного полотна» СГУПС. Принцип работы УДК «Ровность» основан на коротко шаговом нивелировании (шаг 5 см). Сам процесс нивелирования выполняется в автоматизированном режиме измерений с высокой точностью (1 мм), повторяемость из различных циклов измерения в пределах 1-2 мм, при этом производительность составляет от 3 до 20 км/ч.

а)



б)



Рис. 2. УДК «Ровность» на базе:

а) тележки; б) автомобильного прицепа

Окно выводимых результатов приведено на рис. 3. Программное обеспечение по полученным данным высотных отметок (метод амплитуд) позволяет рассчитывать показатель ровности для измерительной базы 10 м, 20 м, 40 м в соответствии с [6], а также произвести расчет значений амплитуд неровностей с учетом требований для измерения трехметровой дорожной рейкой [6] и, в соответствии с алгоритмом [13], выполнить оценку международного показателя ровности *IRI*.

Шаг определения ровности	5 м	10 м	20 м	Интервал, м	Рейка, %	IRI, м/км
Всего измерений	38893	38799	38565	0-100	0.0	1.6
Количество измерений меньше (равно) допустимого	38849	38523	38060	100-200	0.0	1.6
	99.9%	99.3%	98.7%	200-300	0.0	1.6
				300-400	1.0	1.7
Количество измерений превышающих допуск	44	276	505	400-500	0.0	1.6
	0.1%	0.7%	1.3%	500-600	3.0	1.9
				600-700	3.0	1.9
Количество измерений не превышающих 1,5 допуск	44	276	490	700-800	1.5	1.8
	0.1%	0.7%	1.3%	800-900	0.0	1.6
				900-1000	0.0	1.6
Количество измерений свыше 1,5 допуска	0	0	15	1000-1100	3.5	1.9
	0.0%	0.0%	0.0%	1100-1200	6.0	2.1
Максимальное отклонение в мм.	6мм	10мм	24мм			

ВЫВОД: по методу амплитуд **НЕТ** по рейке **ДА** по IRI **ДА**  
 (Соответствие проверяемого участка дороги требованиям ГОСТ и СНиП)

Рис. 3. Результаты определения ровности при помощи УДК «Ровность»

### Заключение

Измерения с применением УДК «Ровность» независимо от внешних условий позволяют с высокой точностью определять продольную ровность и преобразовывать полученные данные коротко шагового нивелирования в другие форматы.

Опыт применения УДК «Ровность» различными строительными и эксплуатационными организациями дорожного хозяйства показал высокую эффективность его применения на этапах строительства, реконструкции, ремонта и эксплуатации автомобильных дорог и аэродромов.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс]: указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 г. № 474 // Доступ из СПС «КонсультантПлюс».
2. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года [Электронный ресурс]: указ Президента Российской Федерации от 17.05.2018 г. № 204 // Доступ из СПС «КонсультантПлюс».
3. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: утв. распоряжением Правительства РФ от 27.11.2021 г. № 3363-р [Электронный ресурс] // Доступ из СПС «КонсультантПлюс».
4. Методика формирования официальной статистической информации, необходимой для мониторинга достижения показателей национального проекта «Безопасные качественные дороги» [Электронный ресурс]: утв. приказом Федерального дорожного агентства от 30.07.21 № 155 // Доступ из СПС «КонсультантПлюс».
5. ГОСТ Р 50597-2017. Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля [Электронный ресурс] // Доступ из СПС «КонсультантПлюс».
6. ГОСТ Р 56925-2016. Дороги автомобильные и аэродромы. Методы измерения неровностей оснований и покрытий // Доступ из СПС «КонсультантПлюс».

7. СП 78.13330.2012. Свод правил. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85 [Электронный ресурс] // Доступ из СПС «КонсультантПлюс».
8. ОДМ 218.4.039-2018. Рекомендации по диагностике и оценке технического состояния автомобильных дорог [Электронный ресурс] : утв. распоряжением Федерального дорожного агентства от 04.07.2018 г. № 2481-р // Доступ из СПС «КонсультантПлюс».
9. ГОСТ 33101-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Покрытия дорожные. Методы измерения ровности [Электронный ресурс] // Доступ из СПС «КонсультантПлюс».
10. Щербаков В.В., Барсук М.Н. Диагностика автомобильных дорог по геометрическим параметрам с использованием ГНСС / В.В. Щербаков, М.Н. Барсук // Геодезия и картография. – 2008. – № 6. – С. 55–57.
11. Щербаков В.В., Конкин А.В., Земерова А.А. Обзор разработок НИЛ «Диагностика дорожных одежд и земляного полотна» Сибирского государственного университета путей сообщения // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XV Междунар. науч. конгр., 24–26 апреля 2019 г., Новосибирск сб. материалов в 9 т. Т. 1 Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск СГУГиТ. – 2019. – № 1. – С. 144–154.
12. Средства и методы измерения ровности покрытий автомобильных дорог / В.В. Щербаков, А.В. Конкин, И.В. Щербаков, О.В. Ковалева // Дороги и мосты. – 2021. – № 1(45). – С. 61-74.
13. Руководство по оценке ровности дорожных покрытий толчкометром [Электронный ресурс] : утв. распоряжением Росавтодора от 17.07.02 г. № ОС-617-р // Доступ из СПС «КонсультантПлюс».

© В. В. Щербаков, С. С. Акимов, Н. В. Ефимов, 2023