

Технические науки. Архитектура и строительство

DOI: <https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2025-02>

УДК: 625.7

МРНТИ: 73.31.13

Экспериментальные исследования количественных связей в системе нормирования ровности дорожных покрытий

***¹Бондарь И.С., ²Нугуманов Н.К.**

¹Казахский автомобильно-дорожный институт им. Л.Б. Гончарова, Алматы, Республика Казахстан;

² АЛТ Университет имени Мухамеджана Тынышпаева, г. Алматы, Республика Казахстан.

*Автор-корреспондент e-mail: ivan_sergeevich_08@mail.ru

<p>Поступила: 02 сентября 2025 Рецензирование: 15 декабря 2025 Принята в печать: 15 декабря 2025</p>	<p>Аннотация В статье представлены результаты экспериментальных исследований количественных связей в системе нормирования ровности дорожных покрытий. Рассматриваются теоретические и практические аспекты применения различных типов толчкомеров (ТХК-2ЭД, ТЭД-2М, ИВП-1 и др.) для оценки ровности автомобильных дорог. Особое внимание уделено анализу влияния эксплуатационных факторов, таких как скорость движения и нагрузка на базовый автомобиль, на точность измерений. В работе проведены сравнительные испытания приборов с использованием методов математической статистики, определены основные метрологические характеристики, включая среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации и относительную погрешность. Установлена зависимость между показаниями толчкомеров и международным индексом ровности IRI. По результатам исследования выявлено, что толчкомер ТЭД-2М обладает более высокой точностью, воспроизводимостью и производительностью по сравнению с ТХК-2ЭД. Полученные результаты могут быть использованы при совершенствовании нормативной базы и методов диагностики дорожной инфраструктуры.</p>
	<p>Ключевые слова: ровность, дорожная одежда, толчкомер, диагностики дорожной инфраструктуры</p>
<p>Бондарь Иван Сергеевич</p>	<p>Информация об авторах: Кандидат технических наук ВАК РФ, Ph. D МОН РК, ассоциированный профессор (доцент) МНУВО РК, профессор, Казахский автомобильно-дорожный институт им. Л.Б. Гончарова, г. Алматы, Республика Казахстан, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-7376-5643, E-mail: ivan_sergeevich_08@mail.ru.</p>
<p>Нугуманов Нуржан Кажыгелдыевич</p>	<p>Магистрант, АЛТ Университет имени Мухамеджана Тынышпаева, г. Алматы, Республика Казахстан. ORCID ID: https://orcid.org/0009-0001-7882-2800, E-mail: nurzhan.nugumanov85@mail.ru.</p>

Техникалық ғылымдар. Сәулет және құрылысDOI: <https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2025-02>

ӘОЖ: 625.7

GTAMP: 73.31.13

Жол жабындарының тегістігін нормалау жүйесіндегі сандық байланыстарды эксперименттік зерттеу***¹Bondar I.S., ²Nugumanov N.K.**¹ L.B. Goncharov Kazakh Automobile and Road Institute, Almaty, Republic of Kazakhstan;² ALT Mukhamedjan Tynysbaev University, Almaty, Republic of Kazakhstan.*Author responsible for correspondence e-mail: ivan_sergeevich_08@mail.ru

<p>Мақала келді: 02 қыркүйек 2025 Сараптамадан өтті: 15 желтоқсан 2025 Қабылданды: 15 желтоқсан 2025</p>	<p>Түйіндеме Мақалада жол жабындарының тегістігін нормалау жүйесіндегі сандық байланыстарды эксперименттік зерттеу нәтижелері ұсынылған. Автомобиль жолдарының тегістігін бағалау үшін қолданылатын әртүрлі итергіш өлшегіштердің (ТХК-2ЭД, ТЭД-2М, ИВП-1 және т.б.) теориялық және практикалық аспектілері қарастырылады. Зерттеуде қозғалыс жылдамдығы мен базалық автомобильге түсетін жүктеме сияқты эксплуатациялық факторлардың өлшеу дәлдігіне әсері талданған. Құралдарды салыстырмалы сынау математикалық статистика әдістерін қолдану арқылы жүргізіліп, орташа квадраттық ауытқу, вариация коэффициенті және салыстырмалы қателік сияқты негізгі метрологиялық сипаттамалар анықталған. Сонымен қатар, итергіш өлшегіш көрсеткіштері мен халықаралық IRI тегістік индексі арасындағы байланыс орнатылған. Зерттеу нәтижесінде ТЭД-2М өлшегіші жоғары дәлдікке, қайталанғыштыққа және өнімділікке ие екені анықталды. Алынған нәтижелер жол инфрақұрылымын диагностикалау әдістерін жетілдіруде қолданылуы мүмкін.</p> <p>Түйін сөздер: тегістігі, жол киімі, итергіш өлшегіш, жол инфрақұрылымын диагностикалау</p>
<p>Бондарь Иван Сергеевич</p>	<p>Авторлар туралы ақпарат: <i>техника ғылымдарының кандидаты (РФ Жоғары аттестаттау комиссиясы), Ph. D (Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі), Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің қауымдастырылған профессоры (доценті), Қазақ автомобиль-жол институты. Л. б. Гончарова, Алматы қ., Қазақстан Республикасы, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-7376-5643, E-mail: ivan_sergeevich_08@mail.ru.</i></p>
<p>Нугуманов Нуржан Кажыгелдыевич</p>	<p><i>Магистрант, АЛТ Мұхамеджан Тынышпаев атындағы университет, Алматы, Қазақстан Республикасы. ORCID ID: https://orcid.org/0009-0001-7882-2800, E-mail: nurzhan.nugumanov85@mail.ru.</i></p>

Technical Sciences. Architecture and ConstructionDOI: <https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2025-02>

UDC: 625.7

IRSTI: 73.31.13

Proposals for the repair of cement-concrete pavements on approaches to road bridge structures***¹ Utepbergenov Zh.E., ¹Amanov Zh.A., ¹Kasymhan N.A. ¹Atamuratov B.A.**¹ Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov, Almaty, Republic of Kazakhstan

*Corresponding author e-mail: zhan_mostovik@mail.ru

<p>Received: 02 September 2025 Peer-reviewed: 15 December 2025 Accepted: 15 December 2025</p>	<p>Abstract This paper presents the results of experimental studies on quantitative relationships in the system for regulating road surface evenness. The theoretical and practical aspects of applying various bump integrators (THK-2ED, TED-2M, IVP-1, etc.) for assessing highway roughness are considered. Particular attention is given to analyzing the influence of operational factors such as vehicle speed and load on the measurement accuracy. Comparative testing of the devices was carried out using statistical methods, and key metrological parameters, including standard deviation, coefficient of variation, and relative error, were determined. A relationship between bump integrator readings and the International Roughness Index (IRI) was established. The results show that the TED-2M device demonstrates higher accuracy, reproducibility, and productivity compared to THK-2ED. The findings can be applied to improve regulatory frameworks and modern diagnostic methods for road infrastructure assessment.</p> <p>Keywords: evenness, road clothes, push meter, diagnostics of road infrastructure</p>
<p>Bondar Ivan Sergeevich</p>	<p>Information about authors: <i>Candidate of Technical Sciences, Higher Attestation Commission of the Russian Federation, Ph.D., Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Associate Professor (Docent), Ministry of National Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Professor, L.B. Goncharov Kazakh Automobile and Road Institute, Almaty, Republic of Kazakhstan,</i> ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-7376-5643, E-mail: ivan_sergeevich_08@mail.ru.</p>
<p>Nurgumanov Nurzhan Kazhygeldiyevich</p>	<p><i>Master's student, ALT Mukhamedzhan Tynyshpaev University, Almaty, Republic of Kazakhstan.</i> ORCID ID: https://orcid.org/0009-0001-7882-2800, E-mail: nurzhan.nugumanov85@mail.ru.</p>

1. Введение

Качество дорожного покрытия является критическим фактором безопасности и комфорта транспортных перевозок. Одним из ключевых параметров оценки состояния автомобильных дорог служит их ровность – важнейшая характеристика, напрямую влияющая на условия движения транспортных средств, их техническое состояние и безопасность пассажиров.

Ровность асфальтобетонных дорог напрямую связана со свойствами асфальтобетонной смеси. Основные факторы: Гранулометрический состав - оптимальный подбор размеров щебня, песка и минерального порошка; Вязкость битума - определяет связность компонентов смеси, влияет на способность материала равномерно распределяться; Температура укладки - должна обеспечивать качественное уплотнение, влияет на однородность поверхности; Содержание битума - избыток или недостаток битума ухудшает ровность, оптимальное количество обеспечивает гладкость покрытия; Качество минеральных материалов – чистота, форма зерен, прочность. Эти характеристики определяют конечное качество дорожного покрытия [1-4].

В современной диагностике дорожного полотна всё большую популярность приобретают инновационные методы измерения ровности с использованием толчкомеров – высокоточных измерительных устройств, позволяющих объективно и оперативно оценивать геометрические параметры дорожного покрытия [5-9]. Эти приборы обеспечивают детальную регистрацию микропрофиля дороги, выявляя мельчайшие неровности, которые могут быть незаметны при визуальном осмотре [10-12].

Структура и методика экспериментальных работ определяется спецификой количественных связей, которые требовалось установить: 1. Обоснование базового толчкомера с выполнением экспериментальных исследований по: - влиянию нагрузки в кузове базового автомобиля на показание толчкомера; - влиянию скорости движения базового автомобиля на показание толчкомера. 2. Установление связи между показаниями базового толчкомера и бампинтегратора Farnell. 3. Установление зависимости перехода показаний базового толчкомера к международному индексу ровности IRI. 4. Экспериментальные исследования ровности дорожных покрытий с визуальной оценкой их состояния по наличию деформаций.

2. Материалы и методы

2.1 Полевые экспериментальные работы

Первым этапом полевых работ являлись сопоставительные испытания существующих толчкомеров с целью выбора базовой конструкции. С этой целью были выбраны 9 участков дорог, на которых выполнялись измерения ровности толчкомерами, установленными на базовом автомобиле УАЗ-22069.

Вторым этапом полевых работ являлось исследование влияния нагрузки в кузове автомобиля на показание толчкомера. Были выбраны 6 участков дорог, на которых выполнялись измерения ровности при различном нагружении базового автомобиля - от 1,5 до 8 кН.

На третьем этапе исследовался вопрос влияния скорости движения автомобиля на показание толчкомера. На 9-ти участках дорог с диапазоном неровностей от 50 до 320 см/км при различной скорости от 10 до 80 км/час выполняли измерения ровности толчкомером. Участки выбирались вне населенных пунктов с продольным уклоном не более 20 %.

На четвертом этапе были проведены параллельные замеры ровности толчкомером ТЭД-2М, бампинтегратором Farnell и измерительным устройством МЕВММ. Для этого были выбраны экспериментальные участки с различной ровностью покрытия, на автомобиле УАЗ-22069 с нагрузкой в кузове, не превышающей нормативную, были произведены замеры ровности дорожного покрытия при нормированной скорости движения автомобиля.

При выборе участков дорог для выполнения экспериментальных работ к ним предъявлялись следующие требования: 1. Участки выбирались вне населенных пунктов с целью исключения помех движению, нередко возникающих в этих условиях (автобусные остановки, пешеходные переходы и т.д.). 2. Продольный уклон не более 20 %. 3. Геометрические параметры в соответствии со СНиП. 4. Участки однородные по типу покрытия и его состоянию.

2.2 Обоснование базового толчкомера

В Казахстане широко применяются толчкомеры ТХК-2ЭД (конструкция АО Дортехника) [13], ТХК-2 [14], ЭТ, ТЭД, ТЭД-2, ТЭД-2М, ИВП-1 (конструкции КаздорНИИ) [15].

В конструкции ТХК-2ЭД, так же, как и в ТХК-2 в качестве суммирующего механизма использована храповая муфта со стабилизированной чувствительностью к минимальной амплитуде вертикальных перемещений кузова автомобиля под воздействием неровностей покрытия дороги, позволяющая суммировать неровности амплитудой от 0,2 см и выше. В качестве датчика оборотов суммирующего механизма использован бесконтактный датчик генераторного типа с рабочим диапазоном от 0 до 100 об/сек. Натяжение троса осуществляется встроенной плоской спиральной пружиной, что уменьшает габариты механической части прибора (105×105×140 мм). Габариты счетного электронного устройства 180×180×45 мм (рис. 1 и 2).

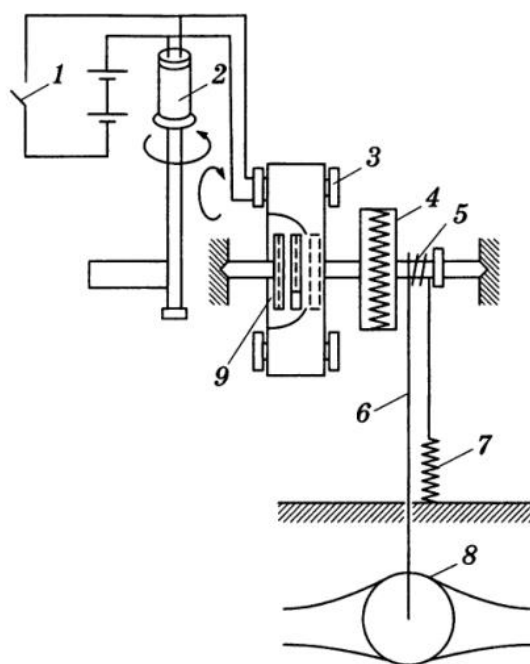


Рисунок 1. Схема толчкомера ТХК-2ЭД конструкции Казахского филиала СоюздорНИИ:
1 – кнопка включения электродвигателей; 2, 3 – электродвигатели;
4 – храповая муфта; 5 – барабан; 6 – гибкий трос; 7 – натянутая пружина; 8 – задний мост автомобиля; 9 – счетный механизм [собственный материал]

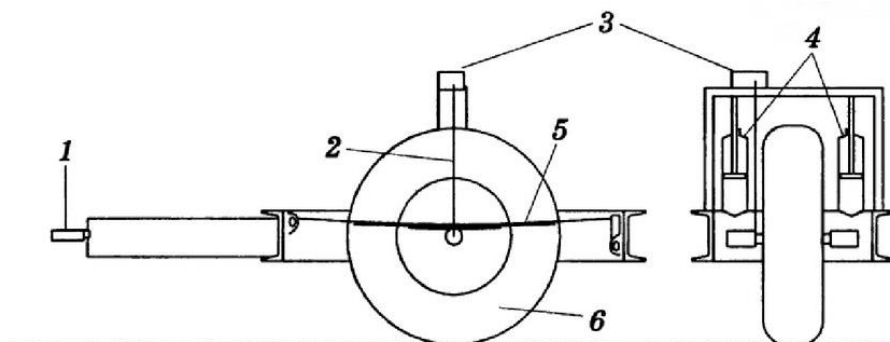


Рисунок 2. Схема измерителя ровности BPR:

1 – прицепное устройство; 2 – Трос; 3 – дорожный счетчик;
4 – амортизатор; 5 – рессора; 6 – колесо [собственный материал]

Конструкция толчкомера ЭТ (электронный толчкомер) создана в КаздорНИИ. Эта конструкция является первым толчкомером с электронным счетом импульсов в Казахстане. Кроме того, в отличие от базовой конструкции Е.И. Попова (ТХК-2), в толчкомере ЭТ использована пружинная муфта. В качестве датчика импульсов использован геркон (герметический контакт). Совместные испытания толчкомера ТХК-2 и ЭТ показали преимущества последнего в устойчивости показаний при повторных измерениях [16, 17]. Вместе с тем повторные испытания трех лет показали отдельные конструктивные недоработки электронного толчкомера ЭТ.

Совершенствуя конструкцию электронного толчкомера ЭТ П.К. Малининым (КаздорНИИ) было предложено заменить пружинную муфту на муфту обгонную прямого и обратного хода (толчкомер ТЭД - электронный с дистанционным управлением), известную в практике изготовления велосипедов, кинокамер и другой бытовой техники. За счет высокой чувствительности данная муфта позволяет реагировать на малейшие вертикальные перемещения кузова автомобиля относительно заднего моста под воздействием неровностей, что соответствует реальной работе рессор автомобиля и исключает ошибку в измерениях.

Дальнейшее совершенствование электронных толчкомеров под руководством Красикова О.А. (КаздорНИИ) в сотрудничестве со специалистами КазГУ привело к изменению конструкции обгонной муфты, направленному на повышение ее надежности и исключение инерционности, замене датчика импульсов на оптронный датчик, источником излучения которого служит инфракрасный светодиод, позволяющий осуществлять счет до 1000 имп./сек., изменению электросхемы с включением синхронно работающего секундомера, изменению расположения пружины, которая, работая в горизонтальном положении, позволила придать прибору компактный вид.

Кроме того, была проведена работа, позволяющая повысить эстетичность исполнения прибора, названного сначала ТЭД-2 и позднее ТЭД-2М и ИВП-1 (измеритель вертикальных перемещений). Габаритные размеры прибора ТЭД-2М (ИВП-1): механической части 610x85x50 мм; электронной 165×105×35 мм (рис. 3).

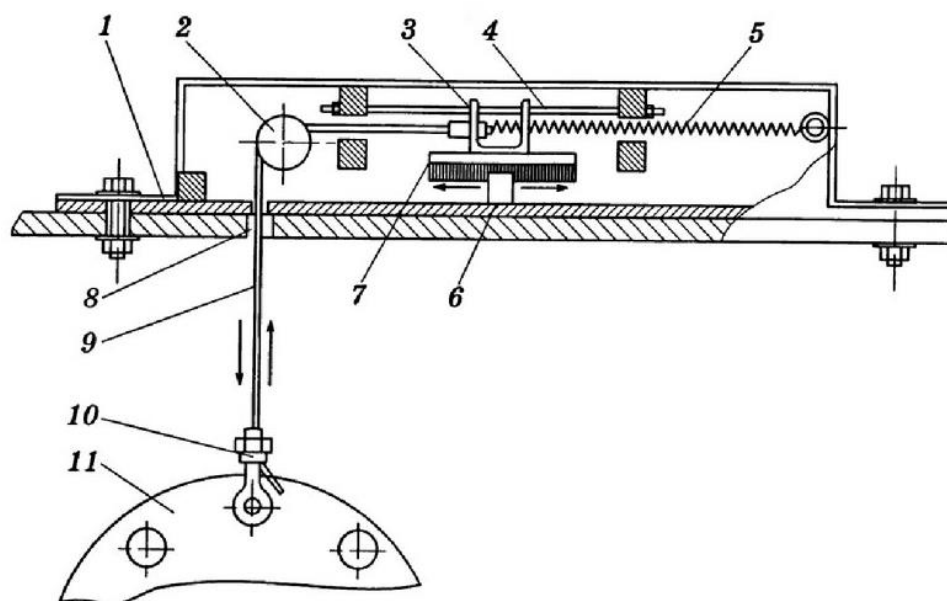


Рисунок 3. Схема механической части толчкомера ИВП-1М:

1 – корпус; 2 – направляющий ролик; 3 – ползковый механизм; 4 – направляющие штанги; 5 – пружина; 6 – электронная оптопара; 7 – ходовая пластина; 8 – отверстие в полу кузова автомобиля; 9 – трос; 10 – зажимное устройство для закрепления троса; 11 – задний мост автомобиля [собственный материал]

Таким образом, для сравнительных испытаний были выбраны два толчкомера: ТЭД-2М (ИВП-1) и ТХК-2ЭД, которые прошли опытную проверку и выполнялись сотрудниками КаздорНИИ под руководством д.т.н. Красикова О.А.

Задачами испытаний являлись:

- определение основных метрологических характеристик приборов;
- выявление прибора с наиболее стабильными показателями измерений;
- определение погрешностей приборов в зависимости от фактической ровности покрытий и колебаний системы «задний мост - кузов автомобиля»;
- определение производительности приборов.

При испытаниях приборов к числу основных метрологических характеристик отнесено: единство измерений, точность и достоверность.

Единство измерений требует, чтобы результаты измерений были выражены в узаконенных единицах, а погрешности измерений были известны с заданной вероятностью. Единство измерений гарантирует их сопоставимость, т.е. правильность и сходимость.

Точность измерений определяет близость их результатов к истинному значению измеряемой величины или близость погрешностей приборов к нулю, следовательно, возможность применения приборов для контроля данной характеристики [19, 20].

3. Результаты

Сравнительные испытания приборов выполнялись на участках дорог, обеспечивающих реально встречающиеся минимальные, средние и максимальные значения ровности с различными видами покрытий капитального и облегченного типа.

Измерения производили на одном автомобиле УАЗ-22069, в котором были установлены сразу два прибора, работающих параллельно. При каждом проезде по контролируемому участку в полевом журнале фиксировались показания двух приборов.

Для каждого испытываемого прибора устанавливалось минимальное количество измерений N , характеризующее требуемую воспроизводимость прибора при заданной вероятности:

$$N = \frac{\sigma^2 \cdot t^2}{\Delta^2}, \quad (1)$$

где σ - среднеквадратичное отклонение выборки в N измерений;
 t - коэффициент, принимаемый в зависимости от доверительной вероятности, $t = 1,65$ при $P = 0,9$;
 Δ - величина, принимаемая не выше точности измерений прибора.

Материалы измерений предварительно обрабатывались в соответствии с «Инструкцией по оценке ровности дорожных покрытий толчкометром» ПР РК 218-03-02 [20-22]. По материалам предварительной обработки для каждого участка дороги вычислялись:

- среднее арифметическое значение ровности S ;
- среднеквадратичное отклонение s ;
- коэффициент вариации $C = \frac{\sigma}{S}$.

Затем определяли воспроизводимость приборов N .

Точность измерений, которую можно оценить близостью погрешностей измерений к нулю (или среднеарифметическому значению), определяли по вычисленному доверительному интервалу μ при доверительной вероятности P :

$$\mu = \pm t \cdot \sigma \quad (2)$$

Затем определяли относительную ошибку $\delta = \pm \frac{\mu}{\chi}$.

Очевидно, что прибор с меньшей относительной ошибкой имеет более высокую точность измерений.

Оценка качества каждого прибора проводилась по показателям:

- минимальное количество измерений, обеспечивающее заданную достоверность;
- интенсивность рассеивания по коэффициенту вариации;
- суммарная относительная погрешность (точность измерений).

Принято считать, что чем меньше значения величин N , σ , δ , C_s – тем выше качество прибора.

На основе результатов измерений рассчитывали для каждого прибора норму времени в часах на 1 км дороги при одинаковых значениях и числе измерений. По этим данным вычисляли производительность прибора (км/смену) с учетом использования времени в течение смены.

Перечень выбранных участков дорог для сравнительных испытаний приборов и общие сведения о них представлены в таблице 1.

Таблица 1. Участки дорог, на которых проводились сравнительные испытания

№ участка	Наименование дороги, км-км	Протяженность, км	Тип покрытия	Состояние покрытия визуально
1.	Алматы-Челикимир, км 9-10	1	УО	Отл.
2.	Алматы-Челикимир, км 11-12	1	УО	Удовл.
3.	Алматы-Челикимир, км 14-15	1	УО, ШПО	Хор.

№ участка	Наименование дороги, км-км	Протяженность, км	Тип покрытия	Состояние покрытия визуально
4.	Северное полукольцо (км 16) – пос. Ужет, км 0-1	1	УО	Неудовл.
Условные обозначения: УО - усовершенствованный облегченный тип покрытия; ШПО - шероховатая поверхностная обработка.				

На выбранных участках выполнено по 8 ... 13 измерений как в прямом, так и в обратном направлениях при постоянной скорости движения 50+5 км/час базового автомобиля УАЗ-22069.

Полученные вариационные ряды измерений обрабатывались с использованием методов математической статистики.

Для определения дисперсии показаний толчкомеров использована известная формула:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{s} - s_i)^2}{n-1} \tag{3}$$

- где \bar{s} - среднее значение показаний толчкомера, см/км; s_i - показания толчкомеров из вариационного ряда для каждого направления по участкам, см/км; n - количество показаний (измерений).

В результате статистической обработки были определены значения величин: среднеквадратическое отклонение, см/км; коэффициент вариации; относительная ошибка (при $t = 1,65$); необходимое минимальное количество измерений (требуемая воспроизводимость) с допустимым отклонением среднего значения, принимаемым в технических расчетах равным 5%, т.е.

$$\Delta = 0,05 \times \bar{s} \tag{4}$$

Значения вышеперечисленных характеристик представлены в таблице 2.

Таблица 2. Расчетные характеристики сравнительных испытаний толчкомеров ТХК-2ЭД и ТЭД-2М

№ участка	Полоса движения	Тип толчкомера	Расчетные характеристики					
			n	\bar{s} , см/км	σ , см/км	C	Ошибка δ , %	N
1.	Прямое	ТЭД -2М	8	68,5	1,07	0,016	2,6	1
	Прямое	ТХК-2ЭД	8	28,5	0,93	0,032	5,3	1
	Обратное	ТЭД -2М	8	68,5	2,33	0,034	5,6	1
	Обратное	ТХК-2ЭД	8	31,0	1,51	0,049	8,1	3
2.	Прямое	ТЭД -2М	8	166,4	2,67	0,016	2,6	1
	Прямое	ТХК-2ЭД	8	139,9	2,64	0,019	3,1	1
	Обратное	ТЭД -2М	8	155,4	5,63	0,037	6,1	1
	Обратное	ТХК-2ЭД	8	127,5	6,48	0,050	8,3	3
3.	Прямое	ТЭД -2М	8	155,8	4,71	0,030	5,0	1
	Прямое	ТХК-2ЭД	8	125,3	4,59	0,037	6,1	1
	Обратное	ТЭД -2М	8	96,8	3,45	0,036	5,9	1
	Обратное	ТХК-2ЭД	8	67,5	3,34	0,049	8,1	3
4.	Прямое	ТЭД -2М	13	231,5	5,67	0,024	4,0	1

№ участка	Полоса движения	Тип толчкомера	Расчетные характеристики					
			n	\bar{S} , см/км	σ , см/км	C	Ошибка δ , %	N
	Прямое	ТХК-2ЭД	13	158,5	8,22	0,052	8,6	3
	Обратное	ТЭД -2М	13	175,4	5,72	0,033	5,4	1
	Обратное	ТХК-2ЭД	13	117,9	5,47	0,046	7,6	2

Условные обозначения: n – количество измерений; \bar{S} – среднее значение, см/км; σ – среднеквадратическое отклонение, см/км; C – коэффициент вариации; δ – ошибка, %; N – необходимое количество измерений.

По данным таблицы 2 определены средние значения основных характеристик, которые сведены в таблицу 3.

Таблица 3. Средние значения характеристик сравнительных испытаний

Толчкомеры	Средние значения характеристик			
	C	δ , %;	N	Π , км/смену
ТЭД -2М	0,028	4,7	1	340
ТХК-2ЭД	0,042	6,9	2	170

4. Обсуждение

Из полученных данных таблицы 3 следует, что толчкомер ТЭД-2М имеет преимущества по всем принятым для сравнения параметрам: интенсивности рассеивания показаний (меньшее значение коэффициента вариации C); относительной погрешности (меньшее значение величины δ); достоверности результатов (меньшее значение N).

На основе значений величины N определена производительность (Π) приборов (см. таблицу 3) по формуле:

$$\Pi = T \cdot K_m \cdot \frac{V}{N}, \text{ км/смену} \quad (5)$$

где T – время рабочей смены ($T = 8$ часов); K_m – коэффициент использования рабочего времени ($K_m = 0,85$); V – скорость движения передвижной дорожной лаборатории ($V = 50$ км/час).

4. Заключение

Согласно расчетам, производительность толчкомера ТЭД-2М в 2 раза выше толчкомера ТХК-2ЭД. Таким образом, по результатам испытаний установлено, что толчкомер ТЭД-2М имеет преимущества по сравнению с толчкомером ТХК-2ЭД. Тем не менее, толчкомер ТХК-2ЭД может быть пригодным для оценки ровности дорожных покрытий, о чем свидетельствуют данные испытаний. Очевидно, что по результатам сопоставимых испытаний толчкомеров базовым является толчкомер ТЭД-2М, который успешно прошел метрологическую аттестацию. Вместе с тем это не исключает возможность применения других конструкций толчкомеров, имеющих устойчивую корреляционную связь с толчкомером ТЭД-2М.

Конфликт интересов. Корреспондент автор заявляет, что конфликта интересов нет.

Cite this article as: Bondar I., Nugumanov N. *Экспериментальные исследования количественных связей в системе нормирования ровности дорожных покрытий [Experimental studies of quantitative relationships in the system for regulating road surface evenness]*. Vestnik Kazahskogo avtomobil'no-dorozhnogo instituta= Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutynyn Khabarshysy. 2025; 4 (12). (In Rus.). <https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2025-02>

Литература

1. ОДМ 218.11.001-2015. Методические рекомендации по учету увеличения динамического воздействия нагрузки по мере накопления неровностей и определению коэффициента динамичности в зависимости от показателя ровности. – М.: Росавтодор, 2015. <https://meganorm.ru/Data2/1/4293757/4293757926.pdf>
2. Бондарь И.С., Квашнин М.Я., Жаксығалиев А.А. (2024). Эксплуатационная надежность автомобильных дорог. Материалы IV Международной конференции «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, производство», посвященная 145-летию первого казахского инженера-путейца М. Тынышпаева и 120-летию Казахской железной дороги, с. 381-385.
3. Бондарь И.С., Мамедова Э.Ж. (2024). Технология производства асфальтобетона с учетом инновационных химических добавок. Материалы IV Международной конференции «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, производство», посвященная 145-летию первого казахского инженера-путейца М. Тынышпаева и 120-летию Казахской железной дороги, с. 390-394.
4. Бондарь И.С., Квашнин М.Я., Айтенов М.А. (2024). Общие сведения по подбору асфальтобетонной смеси. Материалы IV Международной конференции «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, производство», посвященная 145-летию первого казахского инженера-путейца М. Тынышпаева и 120-летию Казахской железной дороги, с. 377-381.
5. Тиратурян А.Н., Углова Е.В., Ляпин А.А. Исследование распределения энергии динамического воздействия транспортных средств в слоях нежесткой дорожной конструкции // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2017. – № 2. – С. 178–194. <https://doi.org/10.15593/perm.mech/2017.2.10>.
6. Косенко С.А., Бондарь И. С., Квашнин Н.М., Квашнин М.Я. (2015). Экспериментальные исследования вибродинамического воздействия подвижной нагрузки на основную площадку земляного полотна в холодных регионах / Материалы второго Международного симпозиума по проблемам земляного полотна в холодных регионах: СГУПС, с. 147-151.
7. Замуховский А.В., Шмаков А.П., Буромбаев С.А., Бондарь И. С., Квашнин М.Я. (2017). Вибрации грунта земляного полотна на подходах к мостам / Труды XIV Международной научно-технической конференции «Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации железнодорожного пути». Чтения, посвященные памяти профессора Г.М. Шахунянца: МГУПС (МИИТ), с.104-106.
8. Бондарь И. С., Мадиев Ж.Д. (2019). Оценка состояния дорожных одежд при динамическом воздействии / Сборник материалов XIX ежегодной Республиканской научной студенческой конференции. Часть I КазГАСА, с. 417-421.
9. Бондарь И.С., Хардиқов П.Г., Ахметова, П.Т. Кыстаубаев С.Б., Пернебеков С.С. (2024). Исследование конструкций дорожной одежды при статическом воздействии нагрузки. Вестник КазАТК № 4 (133), с. 66-76. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-133-4-66-76>.
9. Mamedova Zh.E., Bondar I.S. (2024). Geodetic measuring instruments and BIM-technologies in road design / Global Science and Innovation: Central Asia, Engineering Sciences Series, no. 22, pp. 36-40.

10. Бондарь И.С., Алпыспаева Ж.А., Алдекеева Д.Т., Оспанова З.К., Хардигов П.Г. (2024). Геодезическое обеспечение при реконструкции автомобильных дорог. Вестник КазАТК № 1 (130), с.48-60. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-130-1-48-60>.
11. Бондарь И.С., Алпыспаева Ж.А., Ахметова П.Т., Кыстаубаев С.Б., Хардигов П.Г. (2024). Контроль качества уплотнения асфальтобетонных слоёв дорожной одежды. Вестник КазАТК № 3 (132), с. 52-60. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-132-3-52-60>.
12. Батыров В. И., Дзуганов В. Б., Апхудов Т. М. (2022). Совершенствование методики классификационной характеристики эксплуатационных условий автомобилей // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова, № 3(37). С. 112–121. <https://doi.org/10.55196/2411-3492-2022-3-37-112-121>.
13. Д. Р. Бисконсини, В. Пегорини, Д. Казанова, Р. А. Оливейра, Б. А. Фариас, Х. Л. Фернандес. (2021). Факторы, влияющие на оценку шероховатости дорожного покрытия с помощью смартфонов: количественная оценка воздействия и предложения по смягчению последствий / Журнал транспортной инженерии, Часть В: Дорожные покрытия. Том 147, выпуск 4. <https://doi.org/10.1061/JPEODX.0000303>.
14. Эльшамми М.М., Тиратурян А.Н., Углова Е.В., Закари М. (2020). Разработка методов неразрушающего мониторинга состояния дорожного покрытия с помощью искусственных нейронных сетей / Материалы Международной научной конференции “Энергетический менеджмент муниципальных объектов и технологии устойчивой энергетики”, Воронеж. Издательство ИОР: Journal of Physics: Серия конференций 1614; 012099. <http://www.doi.org/10.1088/1742-6596/1614/1/012099>.
15. Тиратурян А.Н., Углова Е.В., Ляпин А.А. (2020). Энергетический метод определения остаточного ресурса нежестких дорожных одежд на стадии эксплуатации. Дефектоскопия. Том 10: с. 71–80. <http://www.doi.org/10.31857/S0130308220100073>.
16. Инструкция по оценке ровности дорожных покрытий. ПР РК 218-03-2016. (с изменениями и дополнениями от 30.12.2019 г.), 78 с.
17. Щербаков В.В., Акимов С.С. Продольная плоскостность дорожных покрытий. Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2024; 2 (69): 106-114. http://www.doi.org/10.52170/1815-9265_2024_69_106.
18. Ж.А. Алпыспаева, Н.А. Пархоменко, Л.А. Пронина, А.К. Сатбергенова. (2023). Оптимизация методов геодезического обеспечения строительства автомобильных дорог в условиях северного Казахстана / Хабаршы. География сериясы. №2 (69). Al-Farabi Kazakh National University. – с. 50-59. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2023.v69.i2.05>.
19. Камзанов, Н., Козбагаров, Р., Жиенкожаев, М., Бекетов, Т., & Токтамысова, Т. (2023). Методы измерения и определения ровности покрытий автомобильных дорог. Вестник КазАТК, 124(1), 94–101. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2023-124-1-94-101>.
20. Пегин П. А., Капский Д. В., Буртыль Ю. В. (2022). Разработка методики оценки продольной ровности при изменении прочности дорожных конструкций // Бюллетень результатов научных исследований. Вып. 4. — С. 37–47. <http://www.doi.org/10.20295/2223-9987-2022-4-37-47>.
21. Щербаков В.В., Акимов С.С., Ковалева О.В. (2025). Особенности определения продольной ровности покрытий автомобильных дорог профилометрами и универсальным дорожным курвиметром «Ровность» // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. Т. 27. № 5. С. 256–267. <http://www.doi.org/10.31675/1607-1859-2025-27-5-256-267>.

References

1. ODM 218.11.001-2015. Metodicheskie rekomendacii po uchetu uvelicheniya dinamicheskogo vozdejstviya nagruzki po mere nakopleniya nerovnostej i opredeleniyu

- koehfficienta dinamicchnosti v zavisimosti ot pokazatelya rovnosti (ODM 218.11.001-2015. Methodical recommendations for accounting of increase in dynamic impact loads on the accumulation of irregularities and the determination of the dynamic factor depending on the indicator of flatness), Moscow, Rosavtodor, 2015. <https://meganorm.ru/Data2/1/4293757/4293757926.pdf>
2. Bondar I.S., Kvashnin M.Ya., Zhaksygaliev A.A. (2024). Operational reliability of highways. Proceedings of the IV International Conference "Innovative Technologies in Transport: education, Science, production", dedicated to the 145th anniversary of the first Kazakh railway engineer M. Tynyshpayev and the 120th anniversary of the Kazakhstan Railway, pp. 381-385.
 3. Bondar I.S., Mammadova E.J. (2024). Asphalt concrete production technology based on innovative chemical additives. Proceedings of the IV International Conference "Innovative Technologies in Transport: education, Science, production", dedicated to the 145th anniversary of the first Kazakh railway engineer M. Tynyshpayev and the 120th anniversary of the Kazakhstan Railway, pp. 390-394.
 4. Bondar I.S., Kvashnin M.Ya., Aitenov M.A. (2024). General information on the selection of asphalt concrete mix. Proceedings of the IV International Conference "Innovative technologies in Transport: education, science, production", dedicated to the 145th anniversary of the first Kazakh railway engineer M. Tynyshpayev and the 120th anniversary of the Kazakhstan Railway, pp. 377-381.
 5. Tiraturyan A.N., Uglova E.V., Lyapin A.A. Studying the energy distribution of the dynamic influences of road transport on the layers of nonrigid pavements. PNRPU Mechanics Bulletin, 2017, no. 2, pp. 178-194. <http://www.doi.org/10.15593/perm.mech/2017.2.10>
 6. Kosenko S.A., Bondar I. S., Kvashnin N.M., Kvashnin M.Ya. (2015). Experimental studies of the vibrodynamic effect of a moving load on the main site of the roadbed in cold regions / Proceedings of the Second International Symposium on the problems of the roadbed in cold regions: SGUPS, pp. 147-151.
 7. Zamukhovskiy A.V., Shmakov A.P., Burombaev S.A., Bondar I. S., Kvashnin M.Ya. (2017). Vibrations of the ground of the roadbed on the approaches to bridges / Proceedings of the XIV International Scientific and Technical Conference "Modern problems of railway track design, construction and operation". Readings dedicated to the memory of Professor G.M. Shakhunyants: MGUPS (MIIT), pp.104-106.
 8. Bondar I. S., Madiev J.D. (2019). Assessment of the condition of road clothes under dynamic influence / Collection of materials of the XIX annual Republican Scientific Student Conference. Part I of KazGASA, pp. 417-421.
 9. Bondar I.S., Hardikov P.G., Akhmetova, P.T. Kystaubayev S.B., Pernebekov S.S. (2024). Investigation of road surface structures under static load. Bulletin of KazATK No. 4 (133), pp. 66-76. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-133-4-66-76>.
 10. Mamedova Z.E., Bondar I.S. (2024). Geodetic measuring instruments and BIM-technologies in road design / Global Science and Innovation: Central Asia, Engineering Sciences Series, no. 22, pp. 36-40.
 11. Bondar I.S., Alpyspaeva Zh.A., Aldekeeva D.T., Ospanova Z.K., Hardikov P.G. (2024). Geodetic support during the reconstruction of highways. Bulletin of KazATK No. 1 (130), pp.48-60. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-130-1-48-60>.
 12. Bondar I.S., Alpyspaeva Zh.A., Akhmetova P.T., Kystaubayev S.B., Hardikov P.G. (2024). Quality control of asphalt concrete pavement compaction layers. Bulletin of KazATK No. 3 (132), pp. 52-60. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-132-3-52-60>.
 13. Batyrov V.I., Dzukanov V.B., Apkhudov T.M. (2022). Improvement of the methodology for the classification characteristics of the operating conditions of vehicles. Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.;3(37):112–121. (In Russ.). <http://www.doi.org/10.55196/2411-3492-2022-3-37-112-121>.

14. D. R. Bisconsini, V. Pegorini, D. Casanova, R. A. Oliveira, B. A. Farias, H. L. Fernandez. (2021). Factors influencing the assessment of pavement roughness using smartphones: Quantification of impacts and mitigation proposals / Journal of Transportation Engineering, Part B: Road Surfaces. Volume 147, issue 4. <https://doi.org/10.1061/JPEODX.0000303>
15. Elshamy MMM., Tiraturyan AN, Uglova E.V, Zakari M. (2020). Development of the Non-Destructive Monitoring Methods of the Pavement Conditions via Artificial Neural Networks. In: Proceedings of the International Scientific Conference “Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies”, Voronezh. IOP Publishing: Journal of Physics: Conference Series 1614; 012099. <http://www.doi.org/10.1088/1742-6596/1614/1/012099>.
16. Tiraturyan A.N., Uglova E.V., Lyapin A.A. (2020). An energy method for determining the residual resource of non-rigid road clothes at the operational stage. Flaw detection. Volume 10: pp. 71-80. <http://www.doi.org/10.31857/S0130308220100073>.
17. Instructions for assessing the evenness of road surfaces. PR RK 218-03-2016. (with amendments and additions dated 12/30/2019), 78 p.
18. Shcherbakov V.V., Akimov S.S. (2024). Improving Measuring Method of Longitudinal Flatness of Road Surfaces. Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya; 2 (69): 106–114. http://www.doi.org/10.52170/1815-9265_2024_69_106. EDN: TNDCPN (In Russian)
19. J.A. N. Alpyspaeva, N.A. N. Parkhomenko, L. N.A.N. Pronina, A. N.K. Satbergenova. (2023). Optimization of geodetic support methods for the construction of highways in the conditions of northern Kazakhstan / Khabar. Geographical Series No. 2 (69). Al-Farabi Kazakh National University, pp. 50-59. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2023.v69.i2.05>.
20. Kamzanov, N., Kozbagarov, R., Zhienkozhaev, M., Beketov, T., & Toktamysova, T. (2023). Methods for measuring and determining the evenness of road surfaces. Bulletin of KazATK, 124(1), 94-101. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2023-124-1-94-101>.
21. Pegin P. A., Kapsky D. V., Burtyl Yu. V. (2022). Development of a methodology for assessing longitudinal evenness when changing the strength of road structures // Bulletin of scientific research results. Issue 4. pp. 37-47. <http://www.doi.org/10.20295/2223-9987-2022-4-37-47>.
22. Shcherbakov V.V., Akimov S.S., Kovaleva O.V. (2025). Longitudinal Flat-ness of Road Pavements Measured with Profilometer and Universal Curvimeter “Rov-nost”. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture; 27 (5): 256–267. <http://www.doi.org/10.31675/1607-1859-2025-27-5-256-267>.