

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

^{*1}Бондарь И.С., ¹Нугуманов Н.К.

¹ ALT Университет имени Мухамеджана Тынышпаева, г. Алматы, Республика Казахстан.

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

Поступила: 02 сентября 2025
Рецензирование: 15 декабря 2025
Принята в печать: 15 декабря 2025

Аннотация

Ровность дорожного покрытия является одним из ключевых показателей, определяющих безопасность движения, комфорт эксплуатации транспортных средств и надежность автомобильных дорог. В статье представлены результаты экспериментальных исследований, направленных на установление количественных связей в системе нормирования ровности дорожных покрытий. Рассмотрены теоретические и практические аспекты применения толчковых различных конструкций, включая ТХК-2ЭД, ТХК-2, ТЭД, ТЭД-2, ТЭД-2М и ИВП-1, а также выполнена оценка их метрологических характеристик и эксплуатационных возможностей. Полевые испытания проводились на участках автомобильных дорог с различным типом и состоянием покрытия при контролируемых значениях нагрузки и скорости движения базового автомобиля. Проанализировано влияние эксплуатационных факторов на показания приборов и установлены корреляционные зависимости между результатами измерений и показателями ровности. Полученные результаты показали, что толчковый ТЭД-2М обладает наилучшей стабильностью, точностью и производительностью измерений, что позволяет рекомендовать его в качестве базового средства оценки ровности дорожных покрытий.

Ключевые слова: ровность, дорожная одежда, толчковый, диагностики дорожной инфраструктуры

Бондарь Иван Сергеевич

Информация об авторах:

Кандидат технических наук ВАК РФ, Ph. D МОН РК, ассоциированный профессор (доцент) МНУВО РК, профессор, ALT Университет имени Мухамеджана Тынышпаева, г. Алматы, Республика Казахстан, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7376-5643>, E-mail: ivan_sergeevich_08@mail.ru.

Нугуманов Нуржан Кажыгелдыевич

Магистрант, ALT Университет имени Мухамеджана Тынышпаева, г. Алматы, Республика Казахстан. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-7882-2800>, E-mail: nurzhan.nugumanov85@mail.ru.

Техникалық ғылымдар. Сәулет және құрылыс

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

ӘОЖ: 625.7

FTAMP: 73.31.13

Жол жабындарының тегістігін нормалау жүйесіндегі сандық байланыстарды эксперименттік зерттеу

¹Бондарь И.С., ¹Нугуманов Н.К.

¹ ALT Мұхамеджан Тынышпаев атындағы университет, Алматы, Қазақстан

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

Мақала келді: 02 қыркүйек 2025
Сараптамадан өтті: 15 желтоқсан 2025
Қабылданды: 15 желтоқсан 2025

Түйіндеме

Жол жабынының тегістігі қозғалыс қауіпсіздігін, көлік құралдарын пайдалану жайлылығын және автомобиль жолдарының сенімділігін айқындайтын негізгі көрсеткіштердің бірі болып табылады. Мақалада жол жабындарының тегістігін нормалау жүйесіндегі сандық байланыстарды анықтауға бағытталған эксперименттік зерттеулердің нәтижелері ұсынылған. ТХК-2ЭД, ТХК-2, ТЭД, ТЭД-2, ТЭД-2М және ИВП-1 сияқты әртүрлі конструкциядағы итергіш өлшегіштерді қолданудың теориялық және практикалық аспектілері қарастырылып, олардың метрологиялық сипаттамалары мен пайдалану мүмкіндіктері бағаланды. Далалық сынақтар жабын түрі мен күйі әртүрлі автомобиль жолдары учаскелерінде базалық автомобильдің жүктемесі мен қозғалыс жылдамдығы бақыланатын жағдайларда жүргізілді. Пайдалану факторларының өлшеу құралдарының көрсеткіштеріне әсері талданып, өлшеу нәтижелері мен тегістік көрсеткіштері арасындағы корреляциялық тәуелділіктер анықталды. Алынған нәтижелер ТЭД-2М итергіш өлшегішінің өлшеу тұрақтылығы, дәлдігі және өнімділігі ең жоғары екенін көрсетті, бұл оны жол жабынының тегістігін бағалаудың базалық құралы ретінде ұсынуға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: тегістігі, жол киімі, итергіш өлшегіш, жол инфрақұрылымын диагностикалау

Бондарь Иван Сергеевич

Авторлар туралы ақпарат:

техника ғылымдарының кандидаты (РФ Жоғары аттестаттау комиссиясы), Ph. D (Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі), Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің қауымдастырылған профессоры (доценті), ALT Мұхамеджан Тынышпаев атындағы университет, Алматы, Қазақстан Республикасы, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7376-5643>, E-mail: ivan_sergeevich_08@mail.ru.

Нугуманов Нуржан Кажыгелдыевич

Магистрант, ALT Мұхамеджан Тынышпаев атындағы университет, Алматы, Қазақстан Республикасы. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-7882-2800>, E-mail: nurzhan.nugumanov85@mail.ru.

Technical Sciences. Architecture and Construction

DOI: <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***¹Bondar I.S., ¹Nugumanov N.K.**¹ ALT Mukhamedjan Tynyshpaev University, Almaty, Republic of Kazakhstan.*Author responsible for correspondence e-mail: ivan_sergeevich_08@mail.ru

Received: 02 September 2025
 Peer-reviewed: 15 December 2025
 Accepted: 15 December 2025

Abstract

Road surface evenness is one of the key indicators determining traffic safety, vehicle operating comfort, and the reliability of highways. This paper presents the results of experimental studies aimed at establishing quantitative relationships within the system for regulating road surface evenness. The theoretical and practical aspects of using push-type measuring devices of various designs, including THK-2ED, THK-2, TED, TED-2, TED-2M, and IVP-1, are examined, and their metrological characteristics and operational capabilities are assessed. Field tests were carried out on road sections with different pavement types and conditions under controlled vehicle load and travel speed. The influence of operational factors on instrument readings was analyzed, and correlation relationships between measurement results and evenness indicators were established. The results demonstrate that the TED-2M push meter provides the highest stability, accuracy, and measurement productivity, allowing it to be recommended as a reference instrument for assessing road surface evenness.

Keywords: evenness, road clothes, push meter, diagnostics of road infrastructure

Bondar Ivan Sergeevich***Information about authors:***

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, ALT Mukhamedzhan Tynyshpaev University, Almaty, Republic of Kazakhstan, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7376-5643>, E-mail: ivan_sergeevich_08@mail.ru.

Nurgumanov Nurzhan Kazhygeldiyevich

Master's student, ALT Mukhamedzhan Tynyshpaev University, Almaty, Republic of Kazakhstan. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-7882-2800>, E-mail: nurzhan.nugumanov85@mail.ru.

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 толчковых – 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 толчковых с целью выбора базовой конструкции. С этой целью были выбраны 9 участков дорог, на которых выполнялись измерения ровности толчковыми, 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 толчковым. Участки выбирались вне населенных пунктов с продольным уклоном не более 20 %.

На четвертом этапе были проведены параллельные замеры ровности толчком ТЭД-2М, бампинтегратором Farnell и измерительным устройством МЕММ. 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).

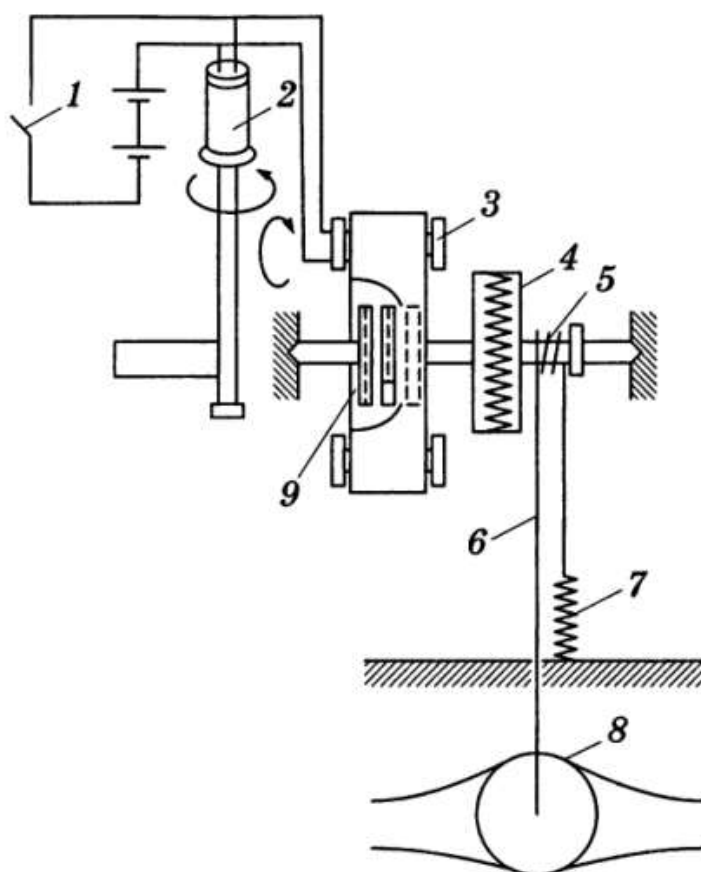


Рисунок 1. Схема толчкомера ТХК-2ЭД конструкции Казахского филиала СоюздорНИИ: 1 – кнопка включения электродвигателей; 2, 3 – электродвигатели; 4 – храповая муфта; 5 – барабан; 6 – гибкий трос; 7 – натянутая пружина; 8 – задний мост автомобиля; 9 – счетный механизм [собственный материал]

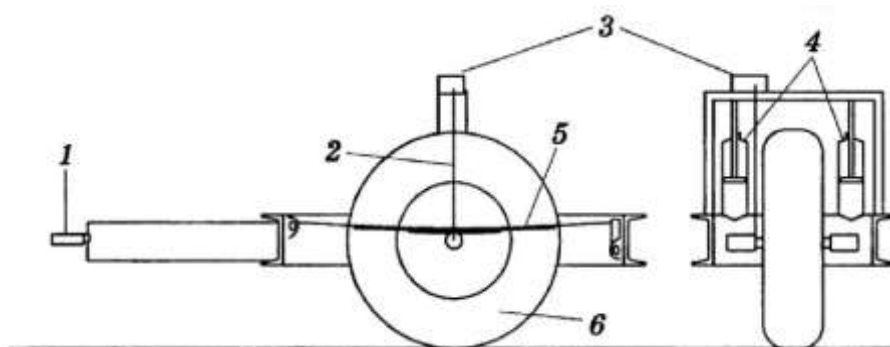


Рисунок 2. Схема измерителя ровности BPR: 1 – прицепное устройство; 2 – Трос; 3 – дорожный счетчик; 4 – амортизатор; 5 – рессора; 6 – колесо [собственный материал]

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 610х85х50 мм; электронной 165×105×35 мм (рис. 3).

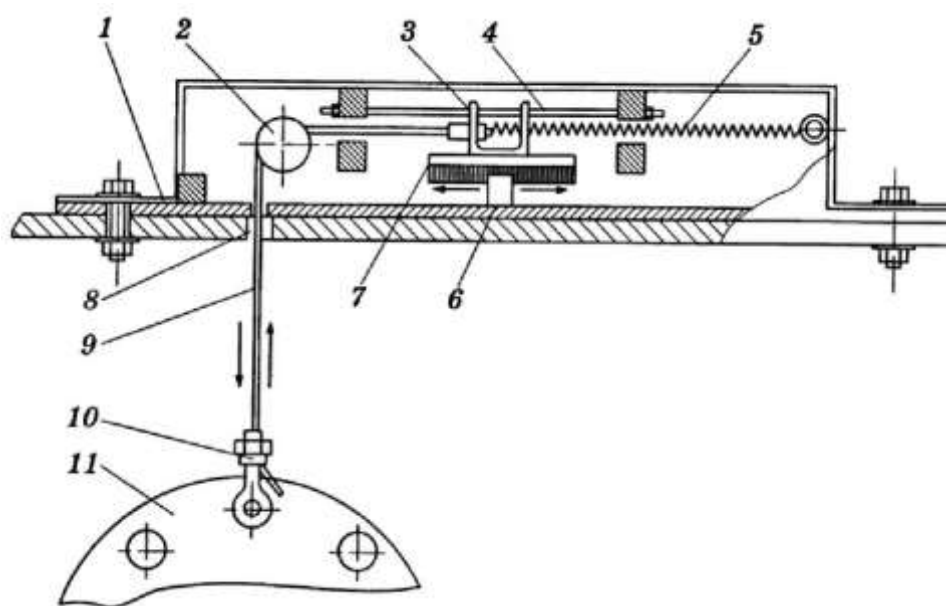


Рисунок 3. Схема механической части толчкомера ИВП-1М: 1 – корпус; 2 – направляющий ролик; 3 – п-образный механизм; 4 – направляющие штанги; 5 – пружина; 6 – электронная оптопара; 7 – ходовая пластина; 8 – отверстие в полу кузова автомобиля; 9 – трос; 10 – зажимное устройство для закрепления троса; 11 – 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 - среднееквадратичное 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 толчкометом» ПР РК 218-03-02 [20-22]. По материалам предварительной обработки для каждого участка дороги вычислялись:

- среднее арифметическое значение ровности S;
- среднееквадратичное отклонение с;
- 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 $\delta = \pm \frac{\mu}{\bar{x}}$.

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 , Cs – 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.
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:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{S} - S_i)^2}{n-1} \quad (3)$$

- 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.

$$\Delta = 0,05 \times \bar{S} \quad (4)$$

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
	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 С); относительной погрешности (меньшее значение величины 5); достоверности результатов (меньшее значение №).

На основе значений величины № определена производительность (П) приборов (см. таблицу 3) по формуле:

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

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

5. 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.

Ссылка на данную статью: Бондарь И.С., Нугуманов Н.К. Экспериментальные исследования количественных связей в системе нормирования ровности дорожных покрытий // Вестник Казахского автомобильно-дорожного института = Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutynyn Khabarshysy. 2025; 4 (12). <https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2025-02>

Cite this article as: Bondar I., Nugumanov N. Eksperimentalnye issledovaniya kolichestvennykh svyazey v sisteme normirovaniya rovnosti dorozhnykh pokrytiy [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. (2015). Методические рекомендации по учету увеличения динамического воздействия нагрузки по мере накопления неровностей и определению коэффициента динамичности в зависимости от показателя ровности. Росавтодор. <https://meganorm.ru/Data2/1/4293757/4293757926.pdf>
2. Бондарь, И. С., Квашнин, М. Я., & Жаксыгалиев, А. А. (2024). Эксплуатационная надежность автомобильных дорог. В Материалы IV Международной конференции «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, производство», посвященной 145-летию первого казахского инженера-путейца М. Тынышпаева и 120-летию Казахстанской железной дороги (с. 381–385).
3. Бондарь, И. С., & Мамедова, Э. Ж. (2024). Технология производства асфальтобетона с учетом инновационных химических добавок. В Материалы IV Международной конференции «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, производство», посвященной 145-летию первого казахского инженера-путейца М. Тынышпаева и 120-летию Казахстанской железной дороги (с. 390–394).
4. Бондарь, И. С., Квашнин, М. Я., & Айтенов, М. А. (2024). Общие сведения по подбору асфальтобетонной смеси. В Материалы IV Международной конференции

- «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, производство», посвященной 145-летию первого казахского инженера-путейца М. Тынышпаева и 120-летию Казахстанской железной дороги (с. 377–381).
5. Тиратурян, А. Н., Углова, Е. В., & Ляпин, А. А. (2017). Исследование распределения энергии динамического воздействия транспортных средств в слоях нежесткой дорожной конструкции. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика, 2, 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. В Материалы второго Международного симпозиума по проблемам земляного полотна в холодных регионах (с. 147–151). СГУПС.
 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. В Труды XIV Международной научно-технической конференции «Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации железнодорожного пути». Чтения, посвященные памяти профессора Г. М. Шахунянца (с. 104–106). МГУПС (МИИТ).
 8. Бондарь, И. С., & Мадиев, Ж. Д. (2019). Оценка состояния дорожных одежд при динамическом воздействии. В Сборник материалов XIX ежегодной Республиканской научной студенческой конференции (Часть I, с. 417–421). КазГАСА.
 9. Бондарь, И. С., Хардигов, П. Г., Ахметова, П. Т., Кыстаубаев, С. Б., & Пернебеков, С. С. (2024). Исследование конструкций дорожной одежды при статическом воздействии нагрузки. Вестник КазАТК, 4(133), 66–76. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-133-4-66-76>
 10. 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, 22, 36–40.
 11. 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), 48–60. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-130-1-48-60>
 12. 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), 52–60. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-132-3-52-60>
 13. 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), 112–121. <https://doi.org/10.55196/2411-3492-2022-3-37-112-121>
 14. Бисконсини, Д. Р., Пегорини, В., Казанова, Д., Оливейра, Р. А., Фариас, Б. А., & Фернандес, Х. Л. (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, 147(4). <https://doi.org/10.1061/JPEODX.0000303>
 15. Эльшами, М. М., Тиратурян, А. Н., Углова, Е. В., & Закари, М. (2020). Разработка методов неразрушающего мониторинга состояния дорожного покрытия с помощью искусственных нейронных сетей. Journal of Physics: Conference Series, 1614, 012099. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1614/1/012099>
 16. Тиратурян, А. Н., Углова, Е. В., & Ляпин, А. А. (2020). Энергетический метод определения остаточного ресурса нежестких дорожных одежд на стадии эксплуатации. Дефектоскопия, 10, 71–80. <https://doi.org/10.31857/S0130308220100073>

17. Инструкция по оценке ровности дорожных покрытий. ПР РК 218-03-2016 (с изменениями и дополнениями от 30 декабря 2019 г.).
18. Щербаков, В. В., & Акимов, С. С. (2024). Продольная плоскостность дорожных покрытий. Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения, 2(69), 106–114. https://doi.org/10.52170/1815-9265_2024_69_106
19. Алпыспаева, Ж. А., Пархоменко, Н. А., Пронина, Л. А., & Сатбергенова, А. К. (2023). Оптимизация методов геодезического обеспечения строительства автомобильных дорог в условиях северного Казахстана. Хабаршы. География сериясы, 2(69), 50–59. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2023.v69.i2.05>
20. 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>
21. Пегин, П. А., Капский, Д. В., & Буртыль, Ю. В. (2022). Разработка методики оценки продольной ровности при изменении прочности дорожных конструкций. Бюллетень результатов научных исследований, 4, 37–47. <https://doi.org/10.20295/2223-9987-2022-4-37-47>
22. 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, 27(5), 256–267. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2025-27-5-256-267>

References

1. ODM 218.11.001-2015. (2015). Methodological recommendations for accounting for increased dynamic load impact as pavement roughness accumulates and for determining the dynamic coefficient depending on the smoothness index. Rosavtodor. <https://meganorm.ru/Data2/1/4293757/4293757926.pdf>
2. Bondar, I. S., Kvashnin, M. Ya., & Zhaksygaliev, A. A. (2024). Operational reliability of automobile roads. In 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. Tynyshpaev and the 120th anniversary of Kazakhstan Railways (pp. 381–385).
3. Bondar, I. S., & Mamedova, E. Zh. (2024). Asphalt concrete production technology considering innovative chemical additives. In 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. Tynyshpaev and the 120th anniversary of Kazakhstan Railways (pp. 390–394).
4. Bondar, I. S., Kvashnin, M. Ya., & Aitenov, M. A. (2024). General information on asphalt concrete mix design. In 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. Tynyshpaev and the 120th anniversary of Kazakhstan Railways (pp. 377–381).
5. Tiraturyan, A. N., Uglova, E. V., & Lyapin, A. A. (2017). Study of energy distribution of dynamic vehicle impact in layers of flexible pavement structures. Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Mechanics, (2), 178–194. <https://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 vibrodynamic effects of moving loads on the subgrade formation in cold regions. In Proceedings of the Second International Symposium on Subgrade Problems in Cold Regions (pp. 147–151). Siberian State University of Railway Transport (SGUPS).

7. Zamukhovskiy, A. V., Shmakov, A. P., Burombajev, S. A., Bondar, I. S., & Kvashnin, M. Ya. (2017). Soil vibrations of the railway subgrade at bridge approaches. In Proceedings of the XIV International Scientific and Technical Conference “Modern Problems of Design, Construction and Operation of Railway Track”: Readings in memory of Professor G. M. Shakhunyants (pp. 104–106). Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).
8. Bondar, I. S., & Madiev, Zh. D. (2019). Assessment of pavement condition under dynamic loading. In Proceedings of the XIX Annual Republican Scientific Student Conference (Part I, pp. 417–421). KazGASA.
9. Bondar, I. S., Khardikov, P. G., Akhmetova, P. T., Kystaubayev, S. B., & Pernebekov, S. S. (2024). Investigation of pavement structure behavior under static loading. *Vestnik KazATK*, 4(133), 66–76. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-133-4-66-76>
10. 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*, 22, 36–40.
11. Bondar, I. S., Alpysbaeva, Zh. A., Aldekeeva, D. T., Ospanova, Z. K., & Khardikov, P. G. (2024). Geodetic support in highway reconstruction. *Vestnik KazATK*, 1(130), 48–60. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-130-1-48-60>
12. Bondar, I. S., Alpysbaeva, Zh. A., Akhmetova, P. T., Kystaubayev, S. B., & Khardikov, P. G. (2024). Quality control of asphalt concrete layer compaction in pavement structures. *Vestnik KazATK*, 3(132), 52–60. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-132-3-52-60>
13. Batyrov, V. I., Dzuganov, V. B., & Apkhudov, T. M. (2022). Improving the methodology of classification characteristics of vehicle operating conditions. *Proceedings of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V. M. Kokov*, 3(37), 112–121. <https://doi.org/10.55196/2411-3492-2022-3-37-112-121>
14. Biskoncini, D. R., Pegorini, V., Casanova, D., Oliveira, R. A., Farias, B. A., & Fernandes, H. L. (2021). Factors affecting smartphone-based pavement roughness evaluation: Quantitative impact assessment and mitigation proposals. *Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements*, 147(4). <https://doi.org/10.1061/JPEODX.0000303>
15. Elshami, M. M., Tiraturyan, A. N., Uglova, E. V., & Zakari, M. (2020). Development of nondestructive pavement condition monitoring methods using artificial neural networks. *Journal of Physics: Conference Series*, 1614, 012099. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1614/1/012099>
16. Tiraturyan, A. N., Uglova, E. V., & Lyapin, A. A. (2020). Energy-based method for determining the residual life of flexible pavements at the operation stage. *Defektoskopiya*, 10, 71–80. <https://doi.org/10.31857/S0130308220100073>
17. Instruction for assessing road pavement smoothness. PR RK 218-03-2016 (as amended and supplemented on December 30, 2019).
18. Shcherbakov, V. V., & Akimov, S. S. (2024). Longitudinal evenness of road pavements. *Bulletin of the Siberian State University of Railway Transport*, 2(69), 106–114. https://doi.org/10.52170/1815-9265_2024_69_106
19. Alpysbaeva, Zh. A., Parkhomenko, N. A., Pronina, L. A., & Satbergenova, A. K. (2023). Optimization of geodetic support methods for highway construction in Northern Kazakhstan. *Khabarshy. Geography Series*, 2(69), 50–59. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2023.v69.i2.05>
20. Kamzanov, N., Kozbagarov, R., Zhihenkozaev, M., Beketov, T., & Toktamyssova, T. (2023). Methods for measuring and determining road pavement smoothness. *Vestnik KazATK*, 124(1), 94–101. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2023-124-1-94-101>
21. Pegin, P. A., Kapskiy, D. V., & Burtyl, Yu. V. (2022). Development of a methodology for assessing longitudinal evenness with changes in pavement structural strength. *Bulletin of Scientific Research Results*, (4), 37–47. <https://doi.org/10.20295/2223-9987-2022-4-37-47>

-
22. Shcherbakov, V. V., Akimov, S. S., & Kovaleva, O. V. (2025). Features of determining longitudinal evenness of highway pavements using profilometers and the universal road curvimeter “Rovnost”. Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Building, 27(5), 256–267. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2025-27-5-256-267>