

Технические науки. Архитектура и строительство

DOI: [10.63377/3005-4966.1-2025-01](https://doi.org/10.63377/3005-4966.1-2025-01)

УДК: 625.5

МРНТИ: 67.17.23

Экспериментальные исследования количественных связей в системе нормирования ровности дорожных покрытий***Бондарь И.С., Нугуманов Н.К.**

АЛТ Университет имени Мухамеджана Тынышпаева, Алматы, Республика Казахстан

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

Поступила:
12 декабря 2024
Рецензирование:
25 декабря 2024
Принята в печать:
05 марта 2025

Аннотация

В данной статье были рассмотрены теоретические и практические аспекты применения толчкомеров ТХК-2ЭД (конструкция АО Дортехника), ТХК-2, ТЭД, ТЭД-2, ТЭД-2М, ИВП-1 (конструкции КаздорНИИ), для оценки ровности автомобильных дорог, а также проанализированы их технические возможности и преимущества перед традиционными методами измерений. Приведены подробные схемы для ознакомления с конструкцией толчкомера ТХК-2ЭД, измерителя ровности BPR и механической части толчкомера ИВП-1М. Подробно описаны этапы проведения экспериментальных работ и требования, предъявляемые к участкам дорог при их выборе. На выбранных четырех участках дорог были проведены сравнительные испытания толчкомеров по параметрам интенсивности рассеивания показаний, относительной погрешности и достоверности результатов. На основании результатов измерений выполнен расчет нормы времени на 1 км дороги при одинаковых значениях и числе измерений. По полученным данным определялась производительность прибора с учетом использования времени в течение смены. Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки и внедрения современных методик диагностики дорожной инфраструктуры, способных не только фиксировать текущее состояние дорожного покрытия, но и прогнозировать его изменения в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: ровность, дорожная одежда, толчкомер, диагностики дорожной инфраструктуры.

Бондарь И.С.**Информация об авторах:**

Кандидат технических наук ВАК РФ, Ph. D МОН РК, ассоциированный профессор (доцент) МНУВО РК, ассоциированный профессор, кафедра «Архитектурно-строительная инженерия», АЛТ 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 Н.К.

магистрант образовательной программы 7М07159 – «Транспортные сооружения», кафедра «Архитектурно-строительная инженерия», АЛТ 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: [10.63377/3005-4966.1-2025-01](https://doi.org/10.63377/3005-4966.1-2025-01)

ӘОЖ: 625.5

ГТАМР: 67.17.23

Жол жабындарының тегістігін нормалау жүйесіндегі сандық байланыстарды эксперименттік зерттеу

***Бондарь И.С., Нұғыманов Н.Қ.**

Мұхамеджан Тынышпаев атындағы АЛТ университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы

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

Мақала келді:
12 желтоқсан 2024
Сараптамадан өтті:
25 желтоқсан 2024
Қабылданды:
05 наурыз 2025

Түйіндеме

Бұл мақалада автомобиль жолдарының тегістігін бағалау үшін ТХК-2 ЭД (Дортехника ақ конструкциясы), ТХК-2, ТЭД, ТЭД-2, ТЭД-2, ТЭД-2м, ИВП-1 (ҚазжолҒЗИ конструкциялары) итергіш өлшегіштерді қолданудың теориялық және практикалық аспектілері қарастырылды, сондай-ақ олардың техникалық мүмкіндіктері мен дәстүрлі өлшеу әдістеріне қарағанда артықшылықтары талданды. ТХК-2 бірлік итергіштің, BPR тегістігін өлшегіштің және ИВП-1м итергішінің механикалық бөлігінің дизайны мен танысу үшін егжей-тегжейлі схемалар келтірілген. Эксперименттік жұмыстарды жүргізу кезеңдері және оларды таңдау кезінде жол учаскелеріне қойылатын талаптар егжей-тегжейлі сипатталған. Таңдалған төрт жол учаскесінде көрсеткіштердің таралу қарқындылығы, салыстырмалы қателік және нәтижелердің сенімділігі параметрлері бойынша итергіш өлшегіштерге салыстырмалысын ақтар жүргізілді. Өлшеу нәтижелерінің негізінде бірдей мән дермен өлшеулер саны бар жолдың 1км уақыт нормасын есептеу орындалды. Алынған мәліметтер бойынша ауысым кезінде уақытты пайдалануды ескере отырып, құрылғының өнімділігі анықталды. Зерттеудің өзектілігі жол инфрақұрылымын диагностикалаудың қазіргі заманғы әдістерін әзірлеу және енгізу қажеттілігіне байланысты, олар жол жабынының қазіргі жағдайын жазыпқана қоймай, оның жұмыс процесінде өзгеруін болжай алады.

Түйін сөздер: тегістік, жол киімі, итергіш өлшегіш, жол инфрақұрылымын диагностикалау.

Бондарь И.С.	Авторлар туралы ақпарат: Техника ғылымдарының кандидаты, Ресей Федерациясының Жоғары аттестаттау комиссиясы, ф.ғ.к. D Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі, доцент (доцент) Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі, Мұхамеджан Тынышпаев атындағы АЛТ университетінің «Сәулет-құрылыс инженериясы» кафедрасының доценті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-7376-5643 . E-mail: ivan_sergeevich_08@mail.ru .
Нұғыманов Н.Қ.	Мұхамеджан Тынышпаев атындағы АЛТ университеті «Сәулет-құрылыс инженериясы» кафедрасы 7M07159 – «Көлік құрылымдары» білім беру бағдарламасының магистранты, Алматы қ., Қазақстан Республикасы. ORCID ID: https://orcid.org/0009-0001-7882-2800 . E-mail: nurzhan.nugumanov85@mail.ru

Technical Sciences. Architecture and Construction

DOI: [10.63377/3005-4966.1-2025-01](https://doi.org/10.63377/3005-4966.1-2025-01)

UDC: 625.5

IRSTI: 67.17.23

Experimental studies of quantitative relationships in the system of rationing the evenness of road surfaces***Bondar I.S., Nugumananov N.K.**

ALT University named after Mukhamedzhan Tynyshpayev, Almaty, Republic of Kazakhstan

*Corresponding author e-mail: ivan_sergeevich_08@mail.ru

Received:
12 December 2024
Peer-reviewed:
25 December 2024
Accepted:
05 March 2025

Abstract

This article discusses the theoretical and practical aspects of the use of pushmeters THK-2 ED (designed by JSC Dortechnika), THK-2, TED, TED-2, TED-2M, IVP-1 (designed by KazdorNIA), to assess the evenness of highways, and analyzes their technical capabilities and advantages over traditional measurement methods. Detailed diagrams are provided for familiarization with the design of the THK-2ED pushmeter, the BPR flatness meter and the mechanical part of the IVP-1M push meter. The stages of experimental work and the requirements for road sections when choosing them are described in detail. Comparative tests of shock meters were carried out on the selected four road sections in terms of the intensity of scattering of readings, relative error and reliability of the results. Based on the measurement results, the calculation of the time limit per 1 km of road was performed with the same values and number of measurements. Based on the data obtained, the performance of the device was determined, taking into account the use of time during the shift. The relevance of the research is due to the need to develop and implement modern diagnostic techniques for road infrastructure that cannot only record the current condition of the road surface, but also predict its changes during operation.

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

Bondar I.S.	<p>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 (Associate Professor) of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Associate Professor, Department of Architectural and structural engineering, ALT University named after Mukhamedzhan Tynyshpayev, Almaty, Republic of Kazakhstan, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-7376-5643. E-mail: ivan_sergeevich_08@mail.ru</p>
Nugumanov N.K.	<p>Master's student of the educational program 7M07159 – "Transport Structures", Department of "Architectural and structural engineering", ALT Mukhamedzhan Tynyshpayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan. ORCID ID: https://orcid.org/0009-0001-7882-2800. E-mail: nurzhan.nugumanov85@mail.ru</p>

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.

Методы

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 УАЗ3-22069.

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-

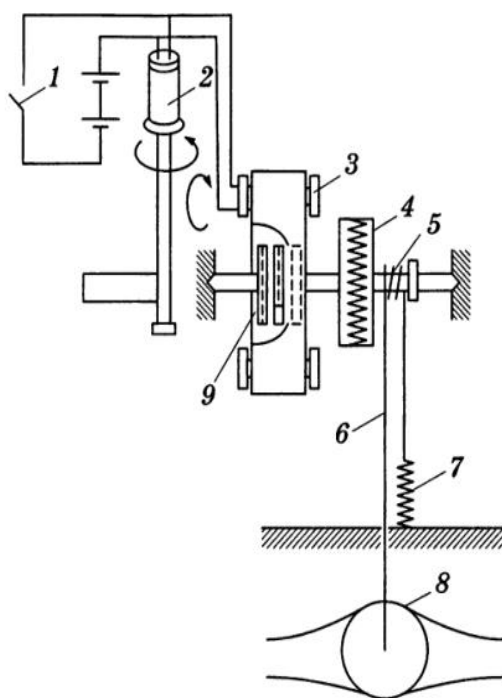
22069 с нагрузкой в кузове, не превышающей нормативную, были произведены замеры ровности дорожного покрытия при нормированной скорости движения автомобиля.

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.

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 (рисунки 1 и 2).

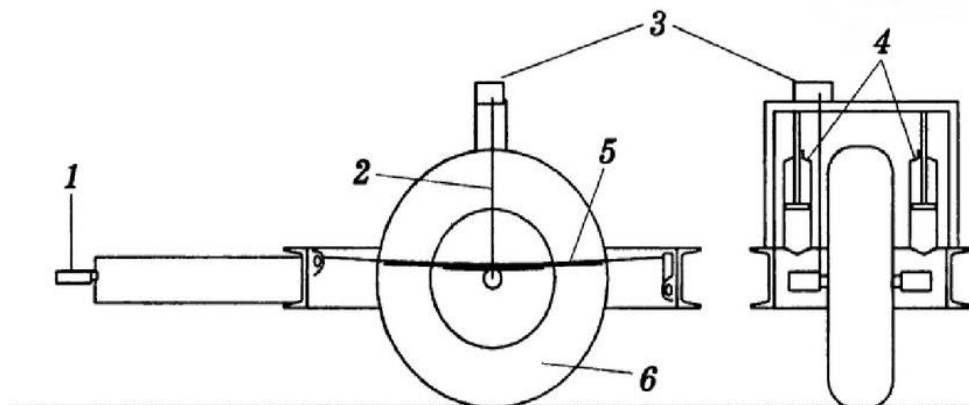


1 – кнопка включения электродвигателей; 2, 3 – электродвигатели; 4 – храповая муфта; 5 – барабан; 6 – гибкий трос; 7 – натянутая пружина; 8 – задний мост автомобиля; 9 – счетный механизм

Рисунок 1. Схема толчкомера ТХК-2ЭД конструкции Казахского филиала СоюздорНИИ [13]

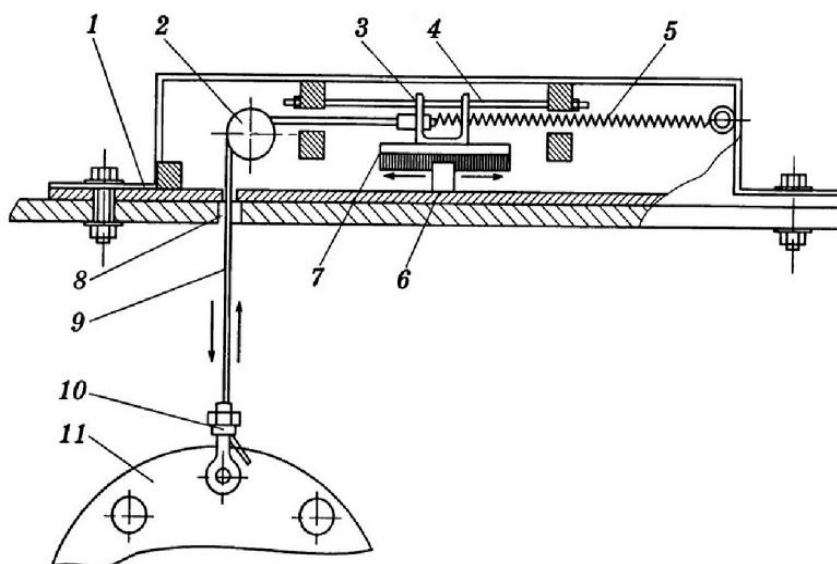
Конструкция толчкомера ЭТ (электронный толчкомер) создана в КаздорНИИ. Эта конструкция является первым толчкомером с электронным счетом импульсов в Казахстане.

Кроме того, в отличие от базовой конструкции Е.И. Попова (ТХК-2), в толчкомере ЭТ использована пружинная муфта.



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

Рисунок 2. Схема измерителя ровности BPR [14]



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

Рисунок 3. Схема механической части толчкомера ИВП-1М [21]

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 165x105x35 мм (рисунок 3).

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.

Результаты

Для проведения исследований поставлены следующие задачи испытаний:

- 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].

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:

$$N = \frac{\sigma^2 \cdot t^2}{\Delta^2}$$

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 толчкоммером» 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 :

$$\mu = \pm t \cdot \sigma$$

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 , 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.
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 толчкоммеров использована известная формула:

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

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.

$$\Delta = 0,05 \times \bar{S} \quad (2)$$

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

Обсуждение

Из полученных данных таблиц 2 и 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:

$$\Pi = T \cdot K_m \cdot \frac{V}{N}, \text{ км/смену} \quad (3)$$

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).

Выводы

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 institutyryn Khabarshysy. 2025;№1(9):6-19. <https://doi.org/10.63377/3005-4966.1-2025-01>

Cite this article as: Bondar I.S., Nugumanov N.K. Eksperimental'nye issledovaniya kolichestvennyh svyazej v sisteme normirovaniya rovnosti dorozhnyh pokrytij [Experimental studies of quantitative relationship sin the system of rationing the evenness of road surfaces]. Vestnik Kazahskogo avtomobil'no-dorozhnogo instituta = Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutyryn Khabarshysy. 2025;1(9):6-19. (In Russ.). <https://doi.org/10.63377/3005-4966.1-2025-01>

Литература

- [1] ОДН 218.046. Проектирование нежестких дорожных одежд. М.Информавтодор. 2001, 82 с.
- [2] Бондарь И.С., Квашнин М.Я., Жаксығалиев А.А. 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 Казахстанской железной дороги. Алматы. 2024, 381-385.
- [3] Бондарь И.С., Мамедова Э.Ж. 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 Казахстанской железной дороги. Алматы. 2024, 390-394.
- [4] Бондарь И.С., Квашнин М.Я., Айтенов М.А. 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 Казахстанской железной дороги. Алматы, 2024, 377-381.
- [5] Смолин Ю. П., Ланис А. Л., Разуваев Д. А. Исследование динамических воздействий автотранспортом на дорожную одежду, закрепленную синтетическим полимером. Вестник ТГАСУ. 2012, 2 (35), 230-234.
- [6] Косенко С.А., Бондарь И. С., Квашнин Н.М., Квашнин М.Я. 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, Новосибирск. 2015, 147-151.
- [7] Замуховский А.В., Шмаков А.П., Буромбаев С.А., Бондарь И. С., Квашнин М.Я. 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). 2017, 104-106.
- [8] Бондарь И.С., Мадиев Ж.Д. Оценка состояния дорожных одежд при динамическом воздействии. Сборник материалов XIX ежегодной Республиканской научной студенческой конференции. Часть I КазГАСА. 2019, 417-421.
- [9] Бондарь И.С., Хардигов П.Г., Ахметова П.Т., Кыстаубаев С.Б., Пернебеков С.С. Исследование конструкций дорожной одежды при статическом воздействии нагрузки. Вестник КазАТК. 2024, 4 (133), 66-76. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-133-4-66-76>
- [10] Мамедова Ж.Э., Бондарь И.С. Geodetic measuring instruments and bim-technologies in road design. «Глобальная наука и инновация 2024: Центральная Азия» серия «Технические науки». 2024, 22, 36-40.
- [11] Бондарь И.С., Алпыспаева Ж.А., Алдекеева Д.Т., Оспанова З.К., Хардигов П.Г. Геодезическое обеспечение при реконструкции автомобильных дорог. Вестник КазАТК. 2024, 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.. Контроль качества уплотнения асфальтобетонных слоёв дорожной одежды. Вестник КазАТК. 2024, 132, 52-60. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-132-3-52-60>
- [13] Корешков Е.Н., Васильева И.П. и др. Толчкомер ТХК-2ЭД. Конструкторская документация. НПО Дортехника. Алма-Ата, 1983.
- [14] Красиков О.А. Технический паспорт на толчкомер ТХК-2 с электронным счетчиком. Казфилиал Союздорнии. Алма-Ата.
- [15] Красиков О.А., Андриади Ф.К., Батурин А.И. Способ контроля и оценки ровности дорожных и аэродромных оснований и покрытий и устройство для его осуществления. Описание изобретения к предварительному патенту. Предварительный патент No4713. Национальное патентное ведомство Республики Казахстан. Алматы. 1997.
- [16] Отчет о НИР. Исследование ровности дорожных покрытий с корректировкой норм и инструкции ВСН 21-76 (промежуточный). Авт. Красиков О.А., Котвицкий А.Ф. Алма-Ата. 1983, 60 с.
- [17] Отчет о НИР. Исследование ровности дорожных покрытий с корректировкой норм и инструкции ВСН 21-76. Пояснительная записка к инструкции (заключительный). Авт. Красиков О.А., Котвицкий А.Ф., Грецова Г.В. Алма-Ата, 1984, 78 с.
- [18] Инструкция по оценке ровности дорожных покрытий толчкомером ТХК-2. ВСН 21-84. Алма-Ата, 1984.
- [19] Пахомов А.А., Шпак А.М., Шепелев В.Н., Устименко Н.М., Рвачев А.Н. Повышение достоверности контроля ровности автомобильных дорог с помощью толчкомера. Сборник научных трудов ФГУП «Союздорнии». Научные исследования и разработки Создорнии. Юбилейный выпуск. 2001, 232-239.

- [20] Красиков О.А., Пашкин В.К., Бутин О.В. и др. Инструкция по оценке ровности дорожных покрытий толчкометом. ПР РК 218- 03-97 Министерство транспорта и коммуникаций Республики Казахстан. Департамент автомобильных дорог. 1997.
- [21] Красиков О.А., Медведева Т.В., Андриади Ф.К., Немченко Ю.В. и др. Инструкция по оценке ровности дорожных покрытий толчкометом. ПР РК 218-03-02 Министерство транспорта и коммуникаций Республики Казахстан. 2003.
- [22] Красиков О.А., Медведева Т.В. и др. Разработка дополнения к Инструкции по оценке ровности дорожных покрытий толчкометом в части учета международных требований. Том II. Пояснительная записка к Инструкции Отчет о НИР. Министерство транспорта и коммуникаций РК. Комитет автомобильных дорог. КаздорНИИ. 2001.

References

- [1] ODN 218.046. Projektirovaniye nezhestkikh dorozhnykh odezhd [Design off lexible road surfaces] Informavtodor = Informautoroad. 2001, 82. (in Russ.)
- [2] Bondar I.S., Kvashnin M.Ya., Zhaksygaliev A.A. Ekspluatatsionnaya nadezhnost avtomobilnykh dorog [Operational reliability of highways]. Materialy IV Mezhdunarodnoy konferentsii «Innovatsionnyye tekhnologii na transporte: obrazovaniye, nauka, proizvodstvo», posvyashchennaya 145-letiyu pervogo Kazakhskogo inzhenera-puteytsa M. Tynyshpayeva i 120-letiyu Kazakhstanskoy zheleznoy dorogi = 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. 2024, 381-385. (in Russ.)
- [3] Bondar I.S., Mamedova E.Zh. Tekhnologiya proizvodstva asfaltobetona s uchetom innovatsionnykh khimicheskikh dobavok [Technology of asphalt concrete production with innovative chemical additives]. Materialy IV Mezhdunarodnoy konferentsii «Innovatsionnyye tekhnologii na transporte: obrazovaniye, nauka, proizvodstvo», posvyashchennaya 145-letiyu pervogo kazakhskogo inzhenera-puteytsa M. Tynyshpayeva i 120-letiyu Kazakhstanskoy zheleznoy dorogi = 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. 2024, 390-394. (in Russ.)
- [4] Bondar I.S., Kvashnin M.Ya., Aytenov M.A. Obshchiye svedeniya po podboru asfaltobetonnoy smesi [General information on the selection of asphalt concrete mixture]. Materialy IV Mezhdunarodnoy konferentsii «Innovatsionnyye tekhnologii na transporte: obrazovaniye, nauka, proizvodstvo», posvyashchennaya 145-letiyu pervogo kazakhskogo inzhenera-puteytsa M. Tynyshpayeva i 120-letiyu Kazakhstanskoy zheleznoy dorogi= 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. 2024, 377-381. (in Russ.)
- [5] Smolin Yu. P., Lanis A. L., Razuvayev D. A. Issledovaniye dinamicheskikh vozdeystviy avtotransportom na dorozhnuyu odezhd, zakreplennuyu sinteticheskim polimerom [Study of dynamic impacts of motor vehicles on road surfaces reinforced with synthetic polymer]. Vestnik TGASU. 2012; 2 (35): 230-234. (in Russ.)
- [6] Kosenko S.A., Bondar I. S., Kvashnin N.M., Kvashnin M.Ya. Eksperimentalnyye issledovaniya vibrodinamicheskogo vozdeystviya podvizhnoy nagruzki na osnovnuyu ploshchadku zemlyanogo polotna v kholodnykh regionakh [Experimental studies of the vibrodynamic impact of a moving load on the main platform of the roadbed in cold regions]. Materialy vtorogo Mezhdunarodnogo simpoziuma po problemam zemlyanogo polotna v kholodnykh regionakh = International Symposium on Problems of Roadbeds in Cold Regions. 2015, 147-151. (in Russ.)

- [7] Zamukhovskiy A.V., Shmakov A.P., Burombayev S.A., Bondar I. S., Kvashnin M.Ya. Vibratsii grunta zemlyanogo polotna na podkhodakh k mostam [Vibrations of the subgrade soil on approaches to bridges]. Trudy XIV Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Sovremennyye problem proyektirovaniya. stroitelstva i ekspluatatsii zheleznodorozhnogo puti». Chteniya, posvyashchennyye pamyati professora G.M. Shakhunyantsa = Proceedings of the XIV International Scientific and Technical Conference "Modern Problems of Design, Construction and Operation of Railway Tracks". Readings dedicated to the memory of Professor G.M. Shakhunyants. 2017, 104-106. (in Russ.)
- [8] Bondar I. S., Madiyev Zh.D. Otsenka sostoyaniya dorozhnykh odezhd pri dinamicheskom voystsvii [Assessment of the condition of road surfaces under dynamic impact]. Sbornik materialov XIX ezhegodnoy Respublikanskoy nauchnoy studencheskoy konferentsii = Collection of materials of the XIX annual Republican scientific student conference. 2019, 417-421. (in Russ.)
- [9] Bondar I.S., Khardikov P.G., Akhmetova P.T., Kystaubayev S.B., Pernebekov S.S. Issledovaniye konstruktsiy dorozhnoy odezhd pri staticheskom voystsvii nagruzki [Research of road pavement structures under static load impact]. Vestnik KazATK. 2024; 4 (133); 66-76. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-133-4-66-76> (in Russ.)
- [10] Mamedova Zh.E., Bondar I.S. Geodetic measuring instruments and bim-technologies in road design. «Globalnayanauka i innovatsiya 2024: Tsentralnaya Aziya» seriya «Tekhnicheskkiye nauki» = "Global Science and Innovation 2024: Central Asia" series "Engineering Sciences". 2024; 22: 36-40.(in Russ.)
- [11] Bondar I.S., Alpyspayeva Zh.A., Aldekeyeva D.T., Ospanova Z.K., Khardikov P.G. Geodezicheskoye obespecheniye pri rekonstruktsii avtomobilnykh dorog [Geodetic support for the reconstruction of highways]. Vestnik KazATK. 2024; 1 (130): 48-60. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-130-1-48-60> (in Russ.)
- [12] Bondar I.S., Alpyspayeva Zh.A., Akhmetova P.T., Kystaubayev S.B. Khardikov P.G. Kontrol kachestva uplotneniya asfaltobetonnykh sloev dorozhnoy odezhd [Quality control of compaction of asphalt concrete layers of road surfaces]. Vestnik KazATK. 2024; 3 (132): 52-60. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-132-3-52-60> (in Russ.)
- [13] Koreshkov E.N., Vasilyeva I.P. i dr. Tolchkomer TKhK-2ED [Thrust meter THK-2ED]. Konstruktorskaya dokumentatsiya. NPO Dortechnika. Alma-Ata. 1983.(in Russ.)
- [14] Krasikov O.A. Tekhnicheskyy passport na tolchkomer TKhK-2 s elektronnyim schetchikom [Technical data sheet for the THK-2 push meter with an electronic counter]. Kazfilial Soyuzdornii. Alma-Ata. (in Russ.)
- [15] Krasikov O.A., Andriadi F.K., Baturin A.I. Sposob kontrolya i otsenki rovnosti dorozhnykh i aerodromnykh osnovaniy i pokrytiy i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya [A method for monitoring and evaluating the evenness of road and airfield foundations and coverings and a device for its implementation]. Opisaniye izobreteniya k predvaritelnomu patentu. Predvaritelnyy patent No4713. Natsionalnoye patentnoye vedomstvo Respubliki Kazakhstan. Almaty. 1997. (in Russ.)
- [16] Otchet o NIR.Issledovaniye rovnosti dorozhnykh pokrytiy s korrektsirovkoy norm I instruksii BCH 21-76 (promezhutochnyy) [Investigation of the evenness of road surfaces with adjustments to standards and regulations BCH 21-76 (interim)]. Avt. Krasikov O.A., Kotvitskiy A.F. Alma-Ata. 1983, 60. (in Russ.)
- [17] Otchet o NIR.Issledovaniye rovnosti dorozhnykh pokrytiy s korrektsirovkoy norm i instruksii VSN 21-76. Poyasnitelnaya zapiska k instruksii (zaklyuchitelnyy). Avt. Krasikov O.A., Kotvitskiy A.F., Gretsova G.V. Alma-Ata. 1984, 78.
- [18] Instruksiya po otsenke rovnosti dorozhnykh pokrytiy tolchkomerom TKhK-2.VSN 21-84 [Instructions for assessing the evenness of road surfaces with the THK-2 push meter. BCH 21-84]. Alma-Ata. 1984. (in Russ.)

- [19] Pakhomov A.A., Shpak A.M., Shepelev V.N., Ustimenko N.M., Rvachev A.N. Povysheniye dostovernosti kontrolya rovnosti avtomobilnykh dorog s pomoshchyu tolchkomera [Improving the reliability of monitoring the evenness of highways using a push meter]. Sbornik nauchnykh trudov FGUP «Soyuzdornii». Nauchnyye issledovaniya i razrabotki Sozdornii. Yubileynyy vypusk = [Collection of scientific papers of FSUE «Soyuzdornii». Scientific research and development of the Institute. Anniversary edition]. 2001, 232-239. (in Russ.)
- [20] Krasikov O.A., Pashkin V.K., Butin O.V. i dr. Instruktsiya po otsenke rovnosti dorozhnykh pokrytiy tolchkomerom. PR RK 218- 03-97 Ministerstvo transporta i kommunikatsiy Respubliki Kazakhstan. Departament avtomobilnykh dorog [Instructions for assessing the evenness of road surfaces with a push meter. PR RK 218- 03-97 Ministry of Transport and Communications of the Republic of Kazakhstan. Department of Highways]. 1997. (in Russ.)
- [21] Krasikov O.A., Medvedeva T.V., Andriadi F.K., Nemchenko Yu.V. i dr. Instruktsiya po otsenke rovnosti dorozhnykh pokrytiy tolchkomerom. PR RK 218-03-02 Ministerstvo transporta i kommunikatsiy Respubliki Kazakhstan [Instructions for assessing the evenness of road surfaces with a push meter. PR RK 218-03-02 Ministry of Transport and Communications of the Republic of Kazakhstan]. 2003. (in Russ.)
- [22] Krasikov O.A., Medvedeva T.V. i dr. Razrabotka dopolneniya k Instruktsii po otsenke rovnosti dorozhnykh pokrytiy tolchkomerom v chaste ucheta mezhdunarodnykh trebovaniy [Development of an addendum to the Instructions for assessing the evenness of road surfaces with a push meter in terms of taking into account international requirements]. Tom P. Poyasnitelnaya zapiska k Instruktsii Otchet o NIR. Ministerstvo transporta i kommunikatsiy RK. Komitet avtomobilnykh dorog. KazdorNII. Almaty. 2001. (in Russ.)