

DOI: 10.12731/2227-930X-2025-15-2-369

EDN: FHQONH

УДК 625.7:656



Научная статья | Управление процессами перевозок

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ УЧАСТКОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

*Ю.В. Буртыль, Д.В. Канский,
Н.А. Филиппова, А.А. Неретин*

Аннотация

Обоснование. Основной целью данного исследования является разработка методики проверки фактической надежности дорожной одежды на основании динамики изменения ровности покрытия, расчетной скорости движения автомобиля и расчетного срока службы. В рамках исследования введены авторские количественные критерии, такие как коэффициент эксплуатационной надежности дорожной конструкции и коэффициент срока службы дорожного покрытия. Исследование связано с наблюдениями за изменением ровности дорожного покрытия и его влиянием на эксплуатационные характеристики. Оценка состояния ради износа, который возникает в процессе эксплуатации, особенно важна для определения периодов ремонта и необходимого объема работ. В статье приводятся примеры замеров ровности на участках дорог с различной интенсивностью движения, что позволяет сделать вывод о различной скорости ухудшения состояния покрытия и выявить участки, наиболее подверженные деформациям.

Цель исследования заключается в разработке и апробации методологии оценки состояния дорожного покрытия, с акцентом на анализ ровности и эксплуатационных характеристик дорожных конструкций. Основная задача состоит в интеграции количественных показателей и математических моделей, которые позволят более точно определить сроки и объемы необходимых ремонтов.

Материалы и методы. В статье приведена разработанная на основании динамики изменения ровности покрытия, расчетной скорости движения автомобиля и расчетного срока службы, методика оценки фактической надежности дорожной одежды. Методика включает разработанные авторские количественные критерии оценки, к которым относятся коэффициент эксплуатационной надежности дорожной конструкции, эксплуатационный срок службы покрытия и коэффициент срока службы дорожного покрытия.

Результаты. По итогам исследования разработаны оценочные критерии надежности, которые могут быть полезны для органов управления дорожным хозяйством и при планировании ремонта. Эти критерии позволяют не только выявлять участки, требующие ремонта, но и оптимизировать ресурсы, затрачиваемые на его выполнение. Исследование доказывает, что применение математических моделей и количественных показателей может значительно улучшить систему управления дорожным покрытием, повышая безопасность и комфорт для пользователей.

Ключевые слова: дорога; покрытие; оценка состояния; исследование; срок службы; надежность

Для цитирования. Буртыль, Ю. В., Капский, Д. В., Филиппова, Н. А., & Неретин, А. А. (2025). Оценка надежности эксплуатируемых участков автомобильных дорог. *International Journal of Advanced Studies*, 15(2), 252–269. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-2-369>

Original article | Transportation Process Management

ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF OPERATED SECTIONS OF HIGHWAYS

*Yu. V. Burtyl, D. V. Kapski,
N. A. Filippova, A. A. Neretin*

Abstract

Background. The main objective of this study is to develop a methodology for checking the actual reliability of road surfaces based on the

dynamics of changes in pavement smoothness, estimated vehicle speed, and estimated service life. The study introduces proprietary quantitative criteria, such as the road structure operational reliability coefficient and the road surface service life coefficient. The study is related to observing changes in road surface smoothness and its impact on performance characteristics. Assessing the wear and tear that occurs during operation is especially important for determining repair periods and the required amount of work. The article provides examples of smoothness measurements on road sections with varying traffic intensities, which allows us to draw a conclusion about the different rates of pavement condition deterioration and identify areas that are most susceptible to deformation.

Purpose. Consists in developing and testing a methodology for assessing the condition of road surfaces, with an emphasis on analyzing the evenness and performance characteristics of road structures. The main task is to integrate quantitative indicators and mathematical models that will allow more accurate determination of the timing and volume of necessary repairs.

Materials and methods. The article presents a methodology for assessing the actual reliability of road surfaces, developed on the basis of the dynamics of changes in the smoothness of the pavement, the estimated speed of the vehicle and the estimated service life. The methodology includes the author's developed quantitative assessment criteria, which include the coefficient of operational reliability of the road structure, the operational service life of the pavement and the coefficient of the service life of the road pavement.

Results. Based on the results of the study, reliability assessment criteria have been developed that can be useful for road management bodies and for repair planning. These criteria allow not only to identify areas requiring repair, but also to optimize the resources spent on its implementation. The study proves that the use of mathematical models and quantitative indicators can significantly improve the road surface management system, increasing safety and comfort for users.

Keywords: road; pavement; condition assessment; research; service life; reliability

For citation. Burtyl, Yu. V., Kapski, D. V., Filippova, N. A., & Neretin, A. A. (2025). Assessment of the reliability of operated sections of high-

ways. *International Journal of Advanced Studies*, 15(2), 252–269. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-2-369>

Участки дорог, вводимые в эксплуатацию после ремонта. В дорожных конструкциях прирост деформаций и неровностей происходит с различной скоростью, которая определяется приростом показателя ровности *IRI* за год. Чем большие объемы деформаций формируются в слоях дорожной конструкции, тем интенсивнее ухудшается ровность, и тем ниже эксплуатационный уровень надежности. Эксплуатационный срок службы принимается как время эксплуатации автомобильной дороги после проведения капитального ремонта или после строительства и начинается после ввода дороги в эксплуатацию [1; 2].

На примере опытных участков дорог с интенсивностью в пределах 3-4 тыс. автомобилей в сутки зафиксировано достижение предельного значения ровности по безопасности движения ($IRI = 4,5$ м/км) за различный срок службы (рисунок 1).

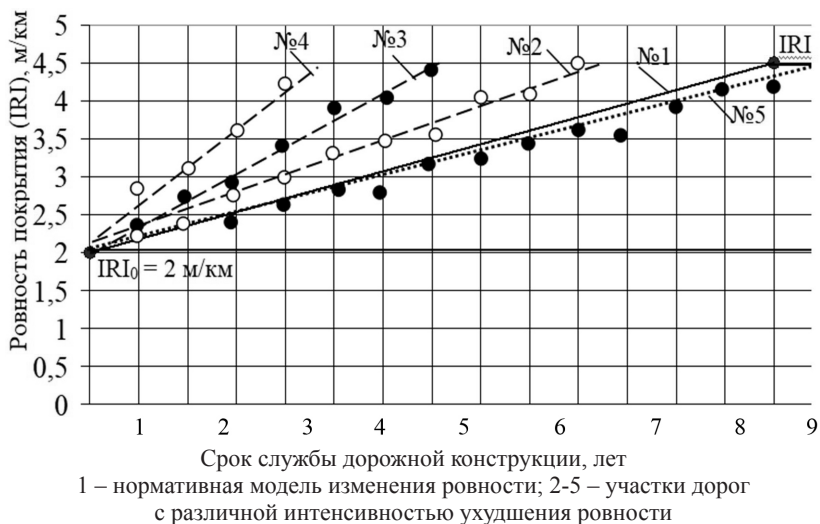


Рис. 1. Пример ухудшения ровности покрытия за различное время на 4-х участках дорог с интенсивностью 2-3 тыс. авт./сут

Действующая система назначения ремонтов и оценки эксплуатационного состояния дорог определяет участки как требующие устройства выравнивающих слоев.

Инженерными системами выполняется сравнение фактической ровности покрытия на текущий год эксплуатации с нормативным значением, но дорожные конструкции, которые достигшие предельно допустимого значения по ровности за более короткий промежуток времени требуют более детального изучения причин накопления деформаций [3].

Возникает вероятность того, что неровности на таких участках формируются уже не только за счет деформации покрытия, но и за счет деформации нижележащих слоев конструкции.

Такая ситуация возможна в случае снижения общей жесткости и несущей способности конструкции, разрушения и разуплотнения материалов, в том числе по причине превышения количества фактических транспортных нагрузок над допустимыми, проектными [4].

Для участка № 5 на рисунке 2.7 прирост деформаций фиксируется в пределах нормативного, участок № 4 определен как участок с наименьшим коэффициентом надежности по причине интенсивного ухудшения ровности за короткий промежуток времени.

Коэффициент эксплуатационной надежности будет зависеть в том числе и от фактического ежегодного прироста неровностей (R_{Φ}) (2)

$$K_{н.р.} = f(R_{н.}, T_t, R_{\Phi}). \quad (2)$$

Предварительно принимая за основу линейную модель изменения ровности во времени для каждого участка дороги устанавливаем параметры модели по результатам ежегодных измерений по (3)

$$IRI_t = R_{\Phi} \cdot T_t + B, \quad (3)$$

где IRI_t – фактическое значение ровности в расчетный год, м/км;

R_{Φ} , B – эмпирические коэффициенты линейной регрессии, определяемые на основании расчета по методу наименьших квадратов по формулам (4) и (5) [5];

T_t – расчетный год.

$$R_{\Phi} = \frac{T_p \cdot \sum_{t=1}^{T_p} IRI_t \cdot T_t - \sum_{t=1}^{T_p} T_t \cdot \sum_{t=1}^{T_p} IRI_t}{T_p \cdot \sum_{t=1}^{T_p} T_t^2 - \left(\sum_{t=1}^{T_p} T_t\right)^2}, \quad (4)$$

где T_p – расчетный срок службы, по таблице 2.14, лет;

IRI_t – значение ровности в расчетный год, м/км;

$$B = \frac{\sum_{t=1}^{T_p} IRI_t - R_{\Phi} \cdot \sum_{t=1}^{T_p} T_t}{T_p} \quad (5)$$

Коэффициент эксплуатационной надежности дорожной конструкции ($K_{H.P.}$) рассчитываем по формуле (6)

$$K_{H.P.} = \frac{R_H}{R_{\Phi}}, \quad (6)$$

где R_H – нормативное значение ежегодного прироста неровностей, м/(км·год);

R_{Φ} – фактическое значение ежегодного прироста неровностей (далее коэффициент регрессии ровности) по (4), м/(км·год).

При значении $K_{H.P.}$ больше единицы эксплуатационная надежность дорожной конструкции обеспечена. Применение предлагаемой методики расчета эксплуатационного уровня надежности рассмотрим на примере одной дороги. При назначении ремонтов на участках дороги М-1/Е30 Брест – Минск – граница Российской Федерации необходимо обосновать назначение и выбор первоочередных ремонтируемых участков. Выбор участка в ремонт при прочих равных условиях режима эксплуатации (интенсивность, тип дорожной одежды, категория) определяем по расчету коэффициента эксплуатационной надежности (таблица 1).

Таблица 1.

Пример расчета коэффициента эксплуатационной надежности и назначения ремонта на участках автомобильной дороги М-1/Е30

Начало участка	Конец участка	Эксплуатационный срок службы, лет	R_H	R_{Φ}	$K_{H.P.}$	Очередность ремонта
44	48	11	0,11	0,08	1,38	не требуется
446	448	11	0,11	0,12	0,91	2
48	52	11	0,11	0,09	1,22	не требуется
573	575	11	0,11	0,13	0,85	1

В Республике Беларусь участок дороги вводится в эксплуатацию, в том числе и на основании измерения ровности покрытия по *IRI*. Расчет коэффициента эксплуатационной надежности по (5) выполняется для дорог с начальным известным годом ремонта (строительства) и начальным значением ровности.

Эксплуатируемые участки дорог. Для эксплуатируемых дорог на произвольно выбранном участке нормативное требование ежегодного прироста неровностей (R_{Ht}) может быть не определено по причинам:

- год последнего ремонта не установлен;
- участок состоит из участков с различным сроком службы;
- межремонтный срок службы превышает проектный;
- сочетание вышеуказанных причин.

Последовательность действий определения (R_{Ht}), следующая:

1) определить категорию рассматриваемого участка протяженностью не менее 1 км и если участок разбит на несколько категорий, то принимается для расчета более высокая категория;

2) на сети республиканских дорог [11] выбираются дороги с категорией, соответствующей для выбранного участка, каждый с протяженностью первоначального участка;

3) устанавливается период сбора данных, соответствующий рекомендуемому сроку службы, принимая в качестве конечного текущий расчетный год;

4) за установленный период (T_p) на каждом участке производится выборка данных по ровности, по *IRI*, по годам;

5) по формуле (4) определяется коэффициент регрессии ровности (R_{ϕ}) для каждой дороги на выбранной сети и составляется матрица по категориям в виде;

$$\begin{pmatrix} R_{\phi,I} \\ \dots \\ R_{\phi,V} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_{11} & \dots & R_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ R_{51} & \dots & R_{5n} \end{pmatrix}, \quad (7)$$

где $R_{\phi,I}$ – значение коэффициента регрессии ровности покрытия для дорог I категории, м/(км·год);

$R_{\phi,V}$ – значение коэффициента регрессии ровности покрытия для дорог V категории, м/(км·год);

$R_{11}, R_{1n}, R_{51}, R_{5n}$ – значение коэффициента регрессии ровности на участках сети республиканских дорог для соответствующей категории, м/(км·год);

1, n – номер участка.

б) Для нормального закона распределения по полученному ряду из матрицы (7) определяем коэффициент регрессии для каждой категории (рисунок 2) при заданном уровне надежности из условия (8)

$$P = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{R_{\Phi}(i)} \exp\left(-\frac{R_{\Phi}(i) - \overline{R_{\Phi}(i)}}{2\sigma}\right) dR_{\Phi}(i), \quad (8)$$

где P – уровень надежности, вероятность отказа покрытия по критерию коэффициента регрессии, $P = 0,8$ или упрощая по (9);

σ – дисперсия параметра;

$R_{\Phi}(i)$ – фактическое значение коэффициента регрессии ровности при заданном уровне надежности, м/(км·год);

$\overline{R_{\Phi}(i)}$ – среднее значение коэффициента регрессии ровности, м/(км·год)

$$P = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{R_{\Phi}(i) - \overline{R_{\Phi}(i)}}{\sigma}\right), \quad (9)$$

где Φ – функционал Лапласа.

7) Нормативное значение ежегодного прироста неровностей для эксплуатируемых дорог при отсутствии данных о времени последнего ремонта (R_H) определяем по (9)

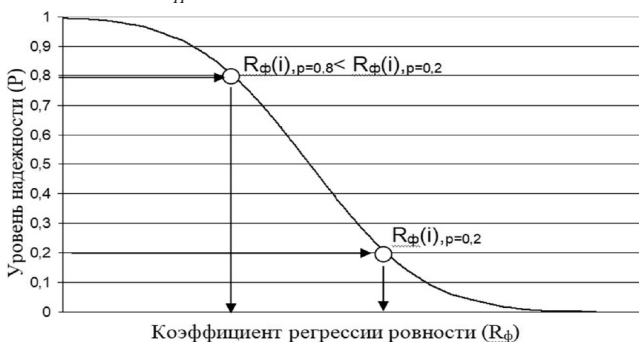


Рис. 2. Определение нормативного значения регрессии ровности для эксплуатируемых дорог на кумулятивной кривой [6]

$$R_H = R_\Phi(i)_{p=0,8},$$

где $R_\Phi(i)_{p=0,8}$ – значение ровности на кумулятивной кривой для уровня надежности 0,8;

8) В случае отсутствия данных многолетних измерений по ровности, по *IRI* принимается следующее:

- проводить измерения другим средствами, измерения с приведением к значению *IRI* по устойчивой корреляционной зависимости;

- если измерения отсутствуют, то следует принимать нормативное значение прироста неровностей.

9) Расчет коэффициента эксплуатационной надежности выполняем по формуле (7) с учетом полученного значения (R_H). Предварительно устанавливаем:

- при достижении значения $R_H = 0,5$ конструкция нуждается в немедленном ремонте или реконструкции;

- выполнение текущего ремонта при минимально допустимом уровне надежности для эксплуатируемых дорог $R_H = 0,8$ [7].

При одинаковых темпах снижения ровности с коэффициентом регрессии для разных участков дорог [10] надежность дорожного покрытия может существенно отличаться. В течении расчетного периода на участке дороги изменение ровности может быть незначительное, но зафиксировано изменение в пределах значений, существенно превышающих допустимые нормативные условия (рисунок 3).

При одинаковой регрессии ровности у каждого из участков различные сроки службы, но не в прямой зависимости от максимального значения ровности. Из графика на рисунке 3: участок дороги №1 превышает по эксплуатационному состоянию допустимые значения ровности (4,5 м/км) за весь расчетный срок службы (11 лет), участок № 2 - за последние 7 лет и участок № 3 не превысил допустимые значения. Но все три участка имеют близкий по значению коэффициент регрессии, выражаемый линейным коэффициентом уравнения, равным 0,12-0,13 м/(км год).

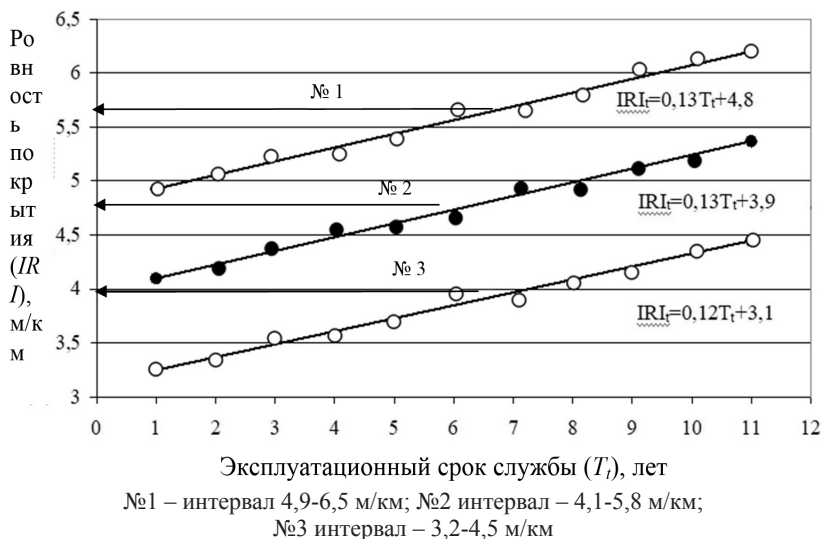


Рис. 3. Изменение ровности в различных интервалах при равной интенсивности изменения ровности на опытных участках

Для определения эксплуатационного срока службы участка в целом необходимо установить время достижения допустимых предельных значений ровности по нормативной модели. Обязательным условием поиска решения является условие $R_\Phi < R_H$.

Решая систему линейных уравнений (10) и (11) определим время, когда значение фактической ровности на участке достигает нормативного значения

$$\begin{cases} \text{IRI}_t = R_\Phi \cdot T_t + B_\Phi & (10) \\ \text{IRI}_t = R_H \cdot T_t + B_H, & (11) \end{cases}$$

где IRI_t – значение IRI в расчетный год, м/км;

R_Φ – коэффициент регрессии ровности по (4), м/(км·год);

T_t – эксплуатационный срок службы, лет;

R_H – нормативный прирост неровностей, м/(км·год);

B_Φ – коэффициент корреляции по (7), м/км;

B_H – минимальное значение ровности принимается как начальное.

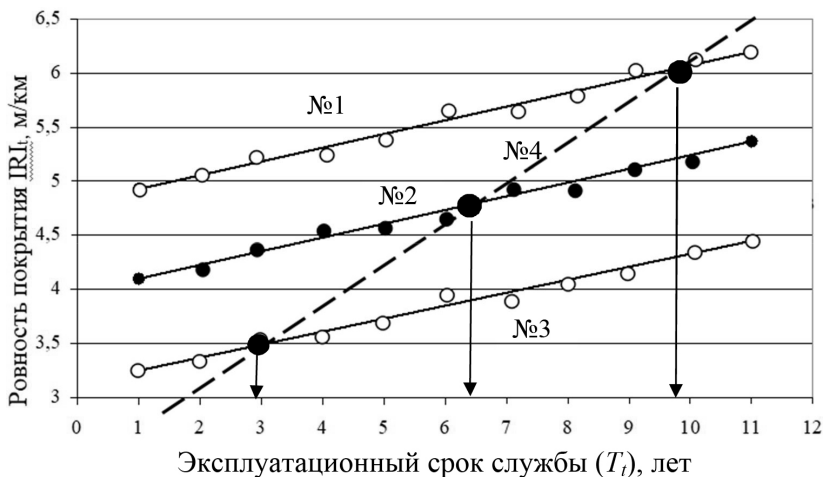
Точка пересечения графиков двух уравнений устанавливает эксплуатационный срок службы T_t для участка дороги и для решения системы уравнений запишем в виде (12)

$$T_t \cdot R_H + B_H = T_t \cdot R_\Phi + B_\Phi. \quad (12)$$

Окончательно эксплуатационный срок службы определим по (13)

$$T_t = \frac{B_\Phi - B_H}{R_H - R_\Phi}. \quad (13)$$

Графическое отображение методики определения эксплуатационного срока службы отражена на примере на рисунке 4.



№ 1-3 участки дорог для определения эксплуатационного срока службы;
 № 4 - нормативная модель изменения ровности

Рис. 4. Определение эксплуатационного срока службы [12-А, с. 29]

Из графика на рисунке 4: для трех дорог 4 категории с расчетным сроком службы 10 лет устанавливаем эксплуатационный срок службы при максимальном допустимом значении $IRI = 6,5$ м/км. По результатам расчета эксплуатационный срок службы: участок № 1 - 9,8 года; № 2 - 6,3 года, № 3 - 2,9 года для расчетного срока службы 10 лет.

Введем понятие коэффициента срока службы ($K_{H,t}$), расчет которого выполняется по формуле (14)

$$K_{\text{н.т.}} = \frac{T_p}{T_t}, \quad (14)$$

где T_p – расчетный срок службы, лет;

T_t – эксплуатационный срок службы покрытия по (6).

Окончательно коэффициент эксплуатационной надежности на основании (14) с учетом эксплуатационного срока службы для эксплуатируемых участков дорог рассчитывается по (15) и (16)

$$K_{\text{н.р.}} = \frac{R_{\text{н}}}{R_{\phi}} \cdot K_{\text{н.т.}} \quad (15)$$

$$K_{\text{н.р.}} = \frac{R_{\text{н}}}{R_{\phi}} \text{ при } K_{\text{н.т.}} > 1 \quad (16)$$

Условия назначения ремонтных мероприятий следует определять исходя из расчета частных коэффициентов эксплуатационной надежности [8,9].

Выполнено экспериментальное подтверждение разработанных в настоящей главе выкладок и вычислений в части формирования модели изменения ровности во времени, влияния нагрузки на формирование деформаций в слоях покрытия.

Выводы

На основании анализа существующих системы оценки и прогнозирования ровности дорожных покрытий в качестве параметра для исследований принят международный индекс ровности *IRI*. Введено понятие эксплуатационный коэффициент надежности дорожной конструкции. На основании собственных исследований сформулирована методика расчета коэффициента эксплуатационной надежности.

По результатам исследования изменения ровности покрытия, скорости движения транспортных потоков и расчетного срока службы дороги, разработана система оценочных критериев надежности дорожных одежд, применение которых позволяет оптимизировать назначение ремонтных мероприятий по повышению качества дорожного покрытия с учетом оптимизации расхода материальных и трудовых ресурсов.

Список литературы

1. Буртыль, Ю. В., & Капский, Д. В. (2022). Моделирование взаимосвязи ровности и прочности нежестких дорожных одежд на основании теоретическо-практических исследований. *Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета*, 19(4), 570–583. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-4-570-583> EDN: <https://elibrary.ru/MGXUAY>
2. Буртыль, Ю. В., Капский, Д. В., & Ларин, О. Н. (2022). Моделирование продольной ровности покрытий при изменении прочности дорожных конструкций. *Транспорт: наука, техника, управление*, (11), 36–39. <https://doi.org/10.36535/0236-1914-2022-11-6> EDN: <https://elibrary.ru/NYDTOW>
3. Герцог, В. Н., Долгих, Г. В., & Кузин, Н. В. (2015). Расчет дорожных одежд по критериям ровности. Часть 1. Обоснование норм ровности асфальтобетонных покрытий. *Инженерно-строительный журнал*, (5), 45–57. <https://doi.org/10.5862/MCE.57.4> EDN: <https://elibrary.ru/UHLIHB>
4. Саркісян, Г. С. (2021). *Обґрунтування потрібної міцності нежорсткого дорожнього одягу за критерієм граничної рівності* (диссертация кандидата технических наук). Харьков: Харківський національний автомоб.-дорожній ун-т. 285 с.
5. Рассел, Дж. (2013). *Обобщённый метод наименьших квадратов* (258 с.). Москва: VSD.
6. Щеколдин, В. Ю., & Лысенко, М. Ю. (2018). Развитие методов классификации на основе анализа кумулятивных кривых. В сборнике: *Актуальные проблемы электронного приборостроения АПЭП - 2018: материалы междунар. научно-техн. конф., Новосибирск 2-6 окт. 2018 г.: в 8 т.* (с. 97–100). Новосибирск: Новосибирский гос. техн. ун-т. EDN: <https://elibrary.ru/LRLUGS>
7. Любченко, А. С. (2010). *Оценка и прогнозирование надежности дорожных одежд нежесткого типа (на основе краткосрочных наблюдений)* (автореферат диссертации кандидата технических наук). Волгоград: Волгог. гос. архит.-строит. ун-т. 19 с. EDN: <https://elibrary.ru/QHENCR>

8. Буртыль, Ю. В., & Капский, Д. В. (2022). Результаты георадиолокационных исследований дорожных одежд в Республике Казахстан. В сборнике: *Модернизация аэропортов и развитие авиатранспорта: Сборник материалов IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 28-29 апреля 2022 года* (с. 39–44). Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации. EDN: <https://elibrary.ru/ULIUHL>
9. Капский, Д. В., Богданович, С. В., & Буртыль, Ю. В. (2022). Влияние климата на транспортную отрасль Беларуси. В сборнике: *Проектирование автомобильных дорог: Сборник докладов 80-й Международной научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ, Москва, 24-28 января 2022 года* (с. 293–303). Москва: Общество с ограниченной ответственностью «А-проджект». EDN: <https://elibrary.ru/VFSGYN>
10. Филиппова, Н. А., Иванова, А. Е., Ишков, А. М., & Власов, В. М. (2023). Цифровая технология, как один из методов повышения эффективности работы автозимников Арктических районов Республики Саха (Якутия). *Мир транспорта и технологических машин*, (3-2), 137–143. [https://doi.org/10.33979/2073-7432-2023-3-2\(82\)-137-143](https://doi.org/10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-137-143) EDN: <https://elibrary.ru/XBNAFS>
11. Филиппова, Н. А. (2024). Научные пути решения проблем организации и планирования перевозок грузов в районы Крайнего Севера и Арктической зоны России. *Интеллект. Инновации. Инвестиции*, (2), 11–22. <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2024-2-11> EDN: <https://elibrary.ru/NWBZUF>

References

1. Burtyl', Yu. V., & Kapskii, D. V. (2022). Modeling the relationship between smoothness and strength of flexible pavements based on theoretical and practical studies. *Vestnik Siberian State Automobile and Highway University*, 19(4), 570–583. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-4-570-583> EDN: <https://elibrary.ru/MGXUAY>

2. Burtyl', Yu. V., Kapskii, D. V., & Larin, O. N. (2022). Modeling longitudinal smoothness of pavements with changes in road construction strength. *Transport: Science, Engineering, Management*, (11), 36–39. <https://doi.org/10.36535/0236-1914-2022-11-6> EDN: <https://elibrary.ru/NYDTOW>
3. Gertsog, V. N., Dolgikh, G. V., & Kuzin, N. V. (2015). Calculation of road pavements according to smoothness criteria. Part 1. Justification of smoothness standards for asphalt concrete pavements. *Engineering and Construction Journal*, (5), 45–57. <https://doi.org/10.5862/MCE.57.4> EDN: <https://elibrary.ru/UHLIHB>
4. Sarkisyan, G. S. (2021). *Obgruntuvannya potribnoi miunosti nezhorstkogo dorozhnogo odiyahu za kryteriyem hranichnoi rivnosti* [Justification of the required strength of flexible road pavement based on the limiting smoothness criterion] (dissertation). Kharkiv: Kharkiv National Automobile and Highway University. 285 p.
5. Russell, J. (2013). *Generalized least squares method* (258 p.). Moscow: VSD.
6. Shchekoldin, V. Yu., & Lysenko, M. Yu. (2018). Development of classification methods based on cumulative curve analysis. In *Proceedings of the International Scientific and Technical Conference “Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEPE-2018)”*, Novosibirsk, October 2-6, 2018 (Vol. 8, pp. 97–100). Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University. EDN: <https://elibrary.ru/LRLUGS>
7. Lyubchenko, A. S. (2010). *Otsenka i prognozirovaniye nadezhnosti dorozhnykh odezhd nezhestkogo tipa (na osnove kratkosrochnykh nablyudeniy)* [Assessment and prediction of the reliability of flexible pavements (based on short-term observations)] (abstract of dissertation). Volgograd: Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. 19 p. EDN: <https://elibrary.ru/QHENCR>
8. Burtyl', Yu. V., & Kapskii, D. V. (2022). Results of ground-penetrating radar studies of road pavements in the Republic of Kazakhstan. In *Proceedings of the IV All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation “Modernization of Airports and De-*

- velopment of Air Transport*”, Saint Petersburg, April 28-29, 2022 (pp. 39–44). Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Civil Aviation. EDN: <https://elibrary.ru/ULIUHL>
9. Kapskii, D. V., Bogdanovich, S. V., & Burtyl', Yu. V. (2022). Impact of climate on the transport industry in Belarus. In *Proceedings of the 80th International Scientific and Methodological Conference “Design of Highways”*, Moscow, January 24-28, 2022 (pp. 293–303). Moscow: A-project LLC. EDN: <https://elibrary.ru/VFSGYN>
 10. Filippova, N. A., Ivanova, A. E., Ishkov, A. M., & Vlasov, V. M. (2023). Digital technology as one of the methods to improve the efficiency of winter roads in the Arctic regions of the Republic of Sakha (Yakutia). *World of Transport and Technological Machines*, (3-2), 137–143. [https://doi.org/10.33979/2073-7432-2023-3-2\(82\)-137-143](https://doi.org/10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-137-143) EDN: <https://elibrary.ru/XBNAFS>
 11. Filippova, N. A. (2024). Scientific ways to solve the problems of organization and planning of cargo transportation to the Far North and Arctic zone of Russia. *Intellect. Innovations. Investments*, (2), 11–22. <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2024-2-11> EDN: <https://elibrary.ru/NWBZUF>

ДАНИЕ ОБ АВТОРАХ

Буртыль Юрий Валерьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортные системы и технологии»
*Белорусский национальный технический университет
пр. Независимости, 65, г. Минск, Беларусь
burtyl76@mail.ru*

Капский Денис Васильевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Транспортные системы и технологии»
*Белорусский национальный технический университет
пр. Независимости, 65, г. Минск, Беларусь
d.kapsky@gmail.com*

Филиппова Надежда Анатольевна, доктор технических наук, профессор
ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова»; ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»; Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук (ФИЦ ЯНЦ СО РАН)
ул. Белинского, 58, г. Якутск, Республика Саха (Якутия), 677000, Российская Федерация; Ленинградский проспект, 64, г. Москва, 125319, Российская Федерация; ул. Петровского, 2, г. Якутск, Республика Саха (Якутия), 677027, Российская Федерация
umen@bk.ru

Неретин Александр Андреевич, кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»
Ленинградский проспект, 64, г. Москва, 125319, Российская Федерация
neretin.sasha@gmail.com

DATA ABOUT THE AUTHORS

Yuri V. Burtyl, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of “Transport Systems and Technologies”
Belarusian National Technical University
65, Nezavisimosti Ave., Minsk, Belarus
burtyl76@mail.ru
SPIN-code: 4386-2676

Denis V. Kapski, Doctor of Science, Professor, Professor, Department of “Transport Systems and Technologies”
Belarusian National Technical University
65, Nezavisimosti Ave., Minsk, Belarus

d.kapsky@gmail.com
SPIN-code: 5383-4582

Nadezhda A. Filippova, Doctor of Science, Professor

*North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov;
Moscow Automobile and Road State Technical University
(MADI); Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the
Russian Academy of Sciences
58, Belinskogo Str., Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia),
677000, Russian Federation; 64, Leningradsky prospect,
Moscow, 125319, Russian Federation; 2, Petrovsky Str., Yakutsk,
Republic of Sakha (Yakutia), 677027, Russian Federation
umen@bk.ru
SPIN-code: 3782-8051*

Alexander A. Neretin, Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor

*Moscow Automobile and Road State Technical University
(MADI)
64, Leningradsky prospect, Moscow, 125319, Russian Federation
neretin.sasha@gmail.com
SPIN-code: 3474-3633*

Поступила 12.05.2025
После рецензирования 24.05.2025
Принята 02.06.2025

Received 12.05.2025
Revised 24.05.2025
Accepted 02.06.2025