

УДК 625.825

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2019.86.2.69

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОЗРАХУНКОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ З УРАХУВАННЯМ РІВНОСТІ ПОКРИТТЯ

Саркісян Г.С.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**Анотація.** У цій статті розглянуто вплив рівності покриття автомобільної дороги на параметри розрахункового навантаження. Установлено закономірності розподілу показників рівності на еталонних ділянках завдовжки 200 м для прогнозування рівності покриття різної ймовірності. Визначено залежність коефіцієнта динамічності від рівності покриття.

**Ключові слова:** дорожній одяг, навантаження, рівність покриття, коефіцієнт динамічності, імовірність.

### Вступ

Рівність покриття є однією з основних транспортно-експлуатаційних характеристик автомобільної дороги. З погіршенням рівності змінюється процес контакту колеса транспортного засобу й покриття, унаслідок чого змінюються параметри розрахункового навантаження на дорожній одяг. А знаючи розрахункове навантаження, можна визначити потрібну міцність та деформативність дорожнього одягу. Виходячи із сучасної практики проектування дорожніх одягів зрозуміло, що значну перспективу мають методи проектування дорожніх одягів, що основані на врахуванні потрібної рівності покриття.

### Аналіз публікацій

Дослідженням методів проектування дорожнього одягу з урахуванням рівності покриття займалися багато вітчизняних і зарубіжних учених. Аналіз робіт А.К. Біруля, В.Ф. Бабкова, А.П. Васильєва, Н.Я. Говорущенко, О.В. Смірнова, В.Ф. Демішкана, С.А. Архіна, Дж.Р. Прасада, К.Л. Сміт, Н. Абулзі, Й. Шаха та ін. [1–11] показав, що в процесі експлуатації дорожнього одягу під впливом транспортних навантажень і кліматичних чинників відбувається зниження її міцності, що супроводжується погіршенням рівності покриття та збільшенням розрахункового навантаження на дорожній одяг. Збільшення розрахункового навантаження на дорожній одяг характеризується коефіцієнтом динамічності

Усе це дає підстави стверджувати, що доцільним є проведення дослідження зв'язку між рівністю покриття та коефіцієнтом динамічності навантаження.

### Мета й визначення завдання

Метою дослідження є обґрунтування параметрів розрахункового навантаження з урахуванням рівності покриття.

Для досягнення поставленої мети необхідно встановити зв'язок між рівністю покриття та коефіцієнтом динамічності навантаження.

### Установлення зв'язку рівності покриття та коефіцієнта динамічності

За критерій рівності було прийнято міжнародний індекс рівності (International Roughness Index – IRI) [12]. Він має розмірність м/км або мм/м. Для визначення IRI на 150–200-метрових ділянках доріг М-03 Київ–Харків–Довжанський, М-20 Харків – Щербаківка, М-29 Харків – Красноград – Перещепине, Т-21-04 Харків – Вовчанськ – Чугунівка, Т-21-03 Харків – Золочів – Олександрівка було використано електронно-оптичний нівелір Leica SPRINTER 100M та нівелірну рейку. Також були залучені дані ДП «Укрдіпродор», отримані за допомогою обладнання ЛВС-3 на ділянках доріг Н-07 Київ – Суми – Юнаківка та М-02 Кіпті – Глухів – Бачівськ.

Проведені дослідження показників рівності IRI на різних дорогах України дозволили встановити закономірності розподілу показників рівності на ділянках завдовжки 200 м. За шкалою Чеддака коефіцієнти кореляції від 0,79 до 0,97 свідчать про високу і дуже високу силу зв'язку змінних за нормальним законом розподілу. Установлення закону розподілу показників рівності на еталонних ділянках у 200 м дає вагомий підстави для прогнозування в кожному діапазоні (з кроком IRI 1 м/км) рівності різної ймовірності (5, 8 та 10 % імовірності), табл. 1.

Таблиця 1 – Показники рівності різної ймовірності на еталонних ділянках

Інтервал IRI <sub>200</sub> , м/км		Середній IRI <sub>200</sub> , м/км	IRI <sub>10</sub> 5 % імовірності, м/км	IRI <sub>10</sub> 8 % імовірності, м/км	IRI <sub>10</sub> 10 % імовірності, м/км	IRI <sub>10</sub> 5 % / IRI <sub>200</sub>	IRI <sub>10</sub> 8 % / IRI <sub>200</sub>	IRI <sub>10</sub> 10 % / IRI <sub>200</sub>	Кореляція розподілу	Авто-мобільна дорога
від	до									
1	2	1,83	4,19	4,09	4,09	2,29	2,23	2,23	0,90	Н-07
2	3	2,58	4,64	4,33	3,94	1,80	1,68	1,53	0,95	
3	4	3,54	6,90	6,13	5,82	1,95	1,73	1,64	0,99	
4	5	4,54	8,39	7,59	7,25	1,85	1,67	1,60	1,00	
5	6	5,50	9,98	8,87	8,43	1,81	1,61	1,53	1,00	
6	7	6,54	11,29	10,30	9,85	1,73	1,57	1,51	1,00	
7	8	7,47	12,96	11,85	11,17	1,73	1,59	1,50	1,00	
8	9	8,50	14,26	12,93	12,37	1,68	1,52	1,46	0,99	
9	10	9,36	17,41	15,12	14,25	1,86	1,62	1,52	1,00	
10	11	10,44	18,35	16,51	15,83	1,76	1,58	1,52	0,99	
11	12	11,35	21,50	19,17	18,16	1,89	1,69	1,60	0,99	
12	13	12,48	20,68	18,93	18,32	1,66	1,52	1,47	0,98	
13	14	13,23	36,62	27,07	22,18	2,77	2,05	1,68	0,98	
14	15	14,66	31,96	22,96	22,96	2,18	1,57	1,57	0,97	
15	30	20,05	38,56	36,89	35,00	1,92	1,84	1,75	0,79	
1	2	1,90	2,78	2,48	2,47	1,46	1,31	1,30	0,85	М-02
2	3	2,65	4,04	3,80	3,67	1,52	1,43	1,38	1,00	
3	4	3,30	5,11	4,65	4,42	1,55	1,41	1,34	0,99	
4	5	4,33	6,88	5,89	5,59	1,59	1,36	1,29	0,98	
5	6	5,42	13,60	9,23	7,92	2,51	1,70	1,46	0,96	
6	7	6,08	15,70	8,32	8,32	2,58	1,37	1,37	0,90	

На рис. 1–3 представлені апроксимуючі залежності для визначення очікуваної рівності на ділянках за різною ймовірністю.

Ці залежності мають майже лінійний характер, але краще описуються степеневою функцією  $A \cdot x^b$ .

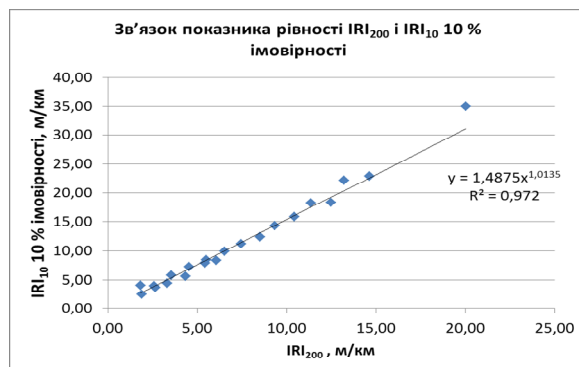


Рис. 1. Зв'язок показника рівності IRI<sub>200</sub> і IRI<sub>10</sub> 10 % імовірності

Між середньою рівністю ділянки й очікуваною рівністю різної ймовірності є чітка залежність. У середньому: IRI<sub>10</sub> 5 % імовірності в 1,8 раза більше за середній IRI<sub>200</sub>;

IRI<sub>10</sub> 8 % імовірності – в 1,6 раза; IRI<sub>10</sub> 10 % імовірності – в 1,52 раза.

Друге завдання, яке було вирішено в цьому дослідженні – установлення залежності коефіцієнта динамічності (середній) від рівності покриття (середньої) на ділянці, (табл. 2, рис. 4).

Зв'язок між рівністю покриття (IRI) і коефіцієнтом динамічності високий ( $R = 0,7915$ ) за шкалою Чеддака.

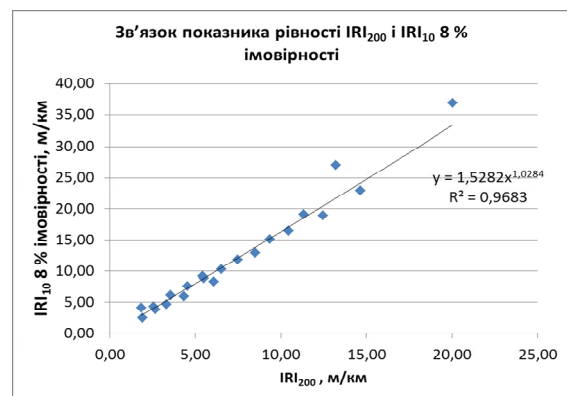


Рис. 2. Зв'язок показника рівності IRI<sub>200</sub> і IRI<sub>10</sub> 8 % імовірності

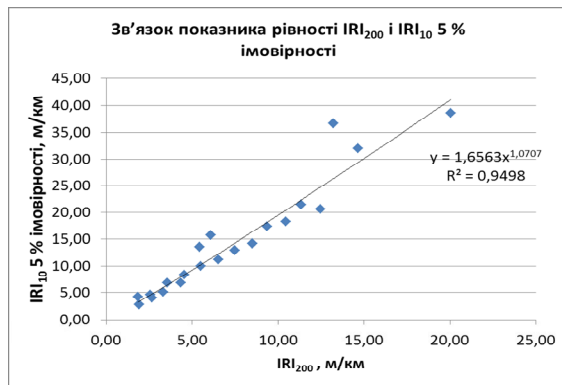


Рис. 3. Зв'язок показника рівності  $IRI_{200}$  і  $IRI_{10}$  5 % імовірності

Таким чином, стає можливим передбачення для ділянок дороги з різною середньою рівністю за IRI за прогнозованими показниками рівності різної ймовірності (5, 8 і 10 %) на різних за довжиною ділянках очікуваний коефіцієнт динамічності та інтенсивність руйнування.

Таблиця 2 – Залежність коефіцієнта динамічності (середнього) від рівності покриття ( $IRI_{200}$ )

$IRI_{200}$ , м/км	$K_{д\text{ ср}}$	$IRI_{200}$ , м/км	$K_{д\text{ ср}}$	$IRI_{200}$ , м/км	$K_{д\text{ ср}}$
2,00	1,62	4,50	2,26	7,25	2,37
2,25	1,45	4,75	2,50	7,50	2,96
2,50	1,61	5,00	1,93	7,75	2,19
2,75	1,70	5,25	2,46	8,00	2,48
3,00	1,73	5,50	2,31	8,25	2,45
3,25	1,84	5,75	2,24	8,75	2,53
3,50	1,86	6,00	2,13	9,25	2,68
3,75	2,41	6,25	2,02	9,75	2,97
4,00	2,16	6,50	3,02	12,50	3,30
4,25	1,66	7,00	2,52	20,00	3,85

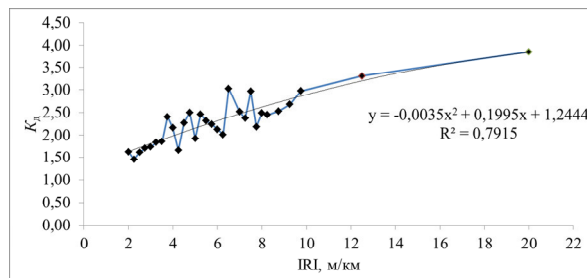


Рис. 4. Апроксимація значення коефіцієнта динамічності (середнє) за рівністю покриття

### Висновки

Унаслідок проведеного дослідження були зібрані з різних джерел і статистично оброб-

лені, узагальнені та проаналізовані дані рівності покриття автомобільних доріг. Установлено:

– з урахуванням очікуваної інтенсивності деградації покриття на ділянках дороги коефіцієнт динамічності слід приймати залежно від середнього показника рівності;

– апроксимуючі залежності для визначення очікуваної рівності на ділянках за різною ймовірністю. У середньому:  $IRI_{10}$  5 % імовірності в 1,8 раза більше за середній  $IRI_{200}$ ;  $IRI_{10}$  8 % імовірності – в 1,6 раза;  $IRI_{10}$  10 % імовірності – в 1,52 раза;

– залежності коефіцієнта динамічності від рівності покриття на ділянці, що дозволять визначати прогнозоване розрахункове навантаження на дорожній одяг у різні роки експлуатації автомобільної дороги.

### Література

1. Бируля А.К. Конструирование и расчет нежестких одежд автомобильных дорог. Москва, 1971. 167 с.
2. Бабков В.Ф., Орнатский Н.В., Маслов Н.Н. Расчет дорожных конструкций и несущая способность грунтов. *Вопросы дорожного строительства на V Междунар. конгрессе по механике грунтов и фундаментостроению*. Москва, 1963. С. 102–123.
3. Васильев А.П., Яковлев Ю.М., Коганзон М.С. Принципы прогнозирования транспортно-эксплуатационного состояния дорог. *Автомобильные дороги*. Москва, 1993. № 1. С. 8–10.
4. Говорущенко Н.Я. Основы теории эксплуатации автомобилей: учеб. пособие для вузов. Киев, 1971. 232 с.
5. Смирнов А.В., Александров А.С. Механика дорожных конструкций: учебное пособие. Омск, 2009. 212 с.
6. Демішкан В.Ф. Удосконалення управління станом автомобільних доріг за умов обмежених ресурсів: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.11. Харків: ХДАДТУ, 2000. 17 с.
7. Prasad J.R., Kanuganti Sh., Bhanegaonkar P.N., Sarkar A. Kumar, Arkatkar Shr. Development of Relationship between Roughness (IRI) and Visible Surface Distresses: A Study on PMGSY Roads *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2013. Vol. 104. P. 322–331.
8. Arhin S.A., Noell E.C., Lakew M. Establishing International Roughness Indices for a dense urban area – case study in Washington, DC. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, Vol 129. Ohio, 2010. 108 p.
9. Kelly L. Smith, Leslie Titus-Glover, Lynn D. Evans. Pavement smoothness index relationships. *Technical Report Documentation*. Ohio, 2017. 108 p.
10. Nueraihemaitijiang Abulizi. Efficient Road Roughness Monitoring using Mobile Profiler and

GIS in Establishing Pavement Management System 2013. Vol. 104. 102 p.

11. Yogesh U. Shaha, Jainb S.S., Tiwaric Devesh, Jain M.K. Development of Overall Pavement Condition Index for Urban Road Network. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2013. Vol. 104. P. 332–341.
12. Sayers M., Characteristic Power Spectral Density Functions for Vertical and Roll Components of Road Roughness, Symposium on Simulation and Control of Ground Vehicles and Transportation Systems. Proceedings., L. Segel, J. Y. Wong, E. H. Law and D. Hrovat ed., American Society of Mechanical Engineers, New York, (1986). P. 113–139.

### References

1. Birulya A.K. Konstruirovaniye i raschet nezhes-tkih odezhd avtomobilnyih dorog [Design and calculation of non-rigid clothes for roads.]. Moscow, 1971. 167. [in Russian].
2. Babkov V.F., Ornatskiy N.V., Maslov H.H. Raschet dorozhnyih konstruksiy i nesuschaya sposobnost gruntov [Calculation of road structures and soil bearing capacity]. *Voprosy dorozhnogo stro-itelstva na V Mezhdunar. kongresse po mehanike gruntov i fundamentostroeni-yu. – Questions of road construction on the V Intern. congress on soil mechanics and foundation engineering*. Moscow, 1963. 102–123. [in Russian].
3. Vasilev A.P., Yakovlev Yu.M., Koganzon M.S. Printsipyi prognozirovaniya transportno-ekspluatatsionnogo sostoyaniya dorog. [The principles of forecasting the transport and operational condition of roads]. *Avtomobilnyie dorogi – Highways*. Moskva, 1993. № 1. 8–10. [in Russian].
4. Govoruschenko N.Ya. Osnovy teorii ekspluatatsii avtomobiley: ucheb. posobie dlya vuzov. [Fundamentals of the theory of car operation: textbook. manual for universities]. Kyiv, 1971. 232. [in Russian].
5. Smirnov A.V., Aleksandrov A.S. Mehanika dorozhnyih konstruksiy: uchebnoe posobie. [Mechanics of Road Structures: A Training Manual] Omsk, 2009. 212. [in Russian].
6. Demishkan V.F. Udoskonalennya upravlnnya stanom avtomobilnih dorlg za umov obmezhenih resursiv [Improvement of the management of the state of roads in conditions of limited resources]: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.22.11. Kharkiv: HDADTU, 2000. 17. [in Ukrainian].
7. Prasad J.R., Kanuganti Sh., Bhanegaonkar P.N., Sarkar A. Kumar, Arkatkar Shr. Development of Relationship between Roughness (IRI) and Visible Surface Distresses: A Study on PMGSY Roads *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2013. Vol. 104 P. 322–331.
8. Arhin S.A., Noell E.C., Lakew M. Establishing International Roughness Indices for a dense urban area – case study in Washington, DC. *WIT*

*Transactions on Ecology and the Environment*, Vol 129. Ohio, 2010. 108 p.

9. Kelly L. Smith, Leslie Titus-Glover, Lynn D. Evans. Pavement smoothness index relationships. *Technical Report Documentation*. Ohio, 2017. 108 p.
10. Nueraihemaitijiang Abulizi. Efficient Road Roughness Monitoring using Mobile Profiler and GIS in Establishing Pavement Management System 2013. Vol. 104. 102 p.
11. Yogesh U. Shaha, Jainb S.S., Tiwaric Devesh, Jain M.K. Development of Overall Pavement Condition Index for Urban Road Network. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2013. Vol. 104. P. 332–341.
12. Sayers M., Characteristic Power Spectral Density Functions for Vertical and Roll Components of Road Roughness, Symposium on Simulation and Control of Ground Vehicles and Transportation Systems. Proceedings., L. Segel, J. Y. Wong, E. H. Law and D. Hrovat ed., American Society of Mechanical Engineers, New York, (1986). P. 113–139.

**Саркісян Гор Саркісович**, асист. каф. проектування доріг, геодезії і землеустрою, gorsar14@gmail.com, тел. 0501487355, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

### Обоснование параметров расчетного нагружения с учетом ровности покрытия

**Аннотация.** В данной статье рассмотрено влияние ровности покрытия автомобильной дороги на параметры расчетной нагрузки. Установлены закономерности распределения показателей ровности на эталонных участках длиной 200 м для прогнозирования ровности покрытия различной вероятности. Установлена зависимость коэффициента динамичности от ровности покрытия.

**Ключевые слова:** дорожная одежда, нагрузка, ровность покрытия, коэффициент динамичности, вероятность.

**Саркісян Гор Саркісович**, асс. каф. проектирования дорог, геодезии и землеустройства, gorsar14@gmail.com, тел. 0501487355, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 61002, Украина, г. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

### Validation of the design load parameters taking into account the road roughness.

**Problem.** Flatness of the coating is one of the main transport and operational characteristics of the road. With the deterioration of flatness, the contact process of the vehicle wheel and the coating changes, as a result of which the parameters of the calculated load on the pavement change. Knowing the design load,

you can determine the desired strength and deformability of the pavement. **Goal.** The aim of the study is to substantiate the design load parameters taking into account the evenness of the coating. To achieve this goal, it is necessary to establish a relationship between the evenness of the coating and the dynamic coefficient of the load. **Methodology.** The methods of system analysis, statistical processing and mathematical modeling were used. **Results.** As a result of the study, the data were collected from various sources and statistically processed, summarized and analyzed data on the evenness of the surface of roads. It has been established that, taking into account the expected intensity of pavement degradation in road sections, the dynamic coefficient should be taken depending on the average equality indicator. Approximating dependencies are obtained to determine the expected evenness in areas with different probabilities. On average:  $IRI_{10}$  5% probability of 1.8 times the average  $IRI_{200}$ ;  $IRI_{10}$  8% probability - 1.6 times;

$IRI_{10}$  10% probability - 1.52 times. The dependences of the dynamic coefficient on the evenness of the pavement on the road section are established. **Originality.** The results of the study will determine the predicted estimated load on the pavement in different years of operation of the road; they will determine the residual life of the coating taking into account changes in evenness over time. **Practical value.** The results of the study were used in the development of guidelines for the design of non-rigid pavement under the design load of group  $A_1$ .

**Key words:** pavement, load, road roughness, dynamic coefficient, probability.

**Sarkisian Hor**, assistant professor at the Department of Highway Design, Geodesy and Land Management, gorsar14@gmail.com, tel. 0501487355, Kharkiv National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudroho str., Kharkiv, 61002, Ukraine.

---