

**ПРОГНОЗУВАННЯ ЗНОШУВАННЯ ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ
КЛІМАТИЧНИХ УМОВ І ТРАНСПОРТНОГО НАВАНТАЖЕННЯ**

**PREDICTION OF PAVEMENT WEAR BASED ON THE ANALYSIS OF CLIMATIC
CONDITIONS AND TRAFFIC LOAD**



Соколова Наталія Михайлівна, кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри транспортного будівництва та управління майном, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: nata_ns@ukr.net, тел. +380675872662.

<https://orcid.org/0000-0003-0678-8882>



Конча Павло Андрійович, аспірант кафедри транспортного будівництва та управління майном, Національний транспортний університет, Київ, Україна e-mail: Pashakoncha80@gmail.com, тел: +380503537308

<https://orcid.org/0000-0001-6867-0172>

Анотація. В роботі розглядається проблема зношування дорожнього покриття в Україні, що є актуальною з огляду на високий рівень зносу доріг у багатьох регіонах країни. Аналізується вплив різних факторів на стан доріг, зокрема кліматичних умов і транспортного навантаження. За результатами досліджень було встановлено, що такі кліматичні фактори, як середньорічна температура повітря, кількість опадів та інтенсивність сонячної радіації, мають значний вплив на зношування дорожнього покриття. Окрім цього, різні типи транспортних засобів, їх інтенсивність, а також параметри транспортного потоку також суттєво впливають на стан доріг.

Економетричний аналіз показав, що залежність частки доріг у критичному стані від кількості транспортних засобів, таких як автобуси, вантажні та легкові автомобілі, є слабкою, що підтверджується низьким коефіцієнтом детермінації ($R^2 = 0,10$) та недостовірністю моделі. Водночас, кліматичні фактори виявилися значущими, і модель залежності частки доріг у критичному стані від кліматичних умов має кращі показники ($R^2 = 0,36$), що свідчить про достовірність моделі. Однак, навіть поліноміальна модель третього ступеня, яка враховує нелінійний характер впливу річної суми опадів на стан доріг, не дає достатньо точних прогнозів через обмежену здатність пояснювати варіації залежної змінної.

Результати дослідження вказують на необхідність розробки більш комплексних моделей, які включатимуть ширший спектр факторів. Такий підхід дозволить підвищити точність прогнозів щодо стану дорожнього покриття та сприятиме ефективнішому плануванню ремонтних робіт. У перспективі необхідно враховувати додаткові змінні, такі як типи матеріалів, з яких виготовлені дороги, особливості їх експлуатації, а також інші чинники, що можуть впливати на зношування покриття.

Дослідження має важливе значення для розробки стратегій підтримання дорожньої інфраструктури, адже дозволяє не лише виявити основні причини зношування доріг, але й розробити підходи для зменшення негативних наслідків цих факторів. Використання отриманих результатів може сприяти більш раціональному використанню ресурсів, необхідних для ремонту доріг, та підвищенню їхньої якості та довговічності в умовах інтенсивного кліматичного навантаження та транспортної експлуатації.

Ключові слова: дорожня інфраструктура, зношування дорожнього покриття, кліматичні фактори, транспортне навантаження, частка доріг у критичному стані, економетрична модель, температура повітря, кількість опадів.

Вступ. Зношування дорожнього покриття є однією з головних причин погіршення якості доріг і збільшення витрат на їх ремонт. Цей процес має комплексний характер і залежить від багатьох факторів, серед яких важливу роль відіграють як кліматичні умови, так і транспортне навантаження. Зміна клімату зумовлює зростання частоти та інтенсивності опадів, підвищення температурних коливань, що впливає на структурну цілісність дорожнього покриття. У свою чергу, збільшення інтенсивності руху, особливо важких транспортних засобів, прискорює процеси зношування. Важливою науковою та практичною задачею є визначення впливу цих факторів на довговічність покриття, що дозволить прогнозувати та оптимізувати витрати на його обслуговування. Актуальність цієї проблеми також зумовлена зростанням інтенсивності руху в умовах сучасних транспортних коридорів. Наукові дослідження у цій сфері допомагають розробити ефективні стратегії управління дорожнім господарством. Постановка завдання з прогнозування зношування покриття є важливою для підвищення надійності транспортної інфраструктури. Зважаючи на складність взаємодії різних факторів, необхідно комплексно підходити до вирішення цієї проблеми, а врахування усіх важливих аспектів дозволить підвищити якість доріг і зменшити експлуатаційні витрати.

Аналіз останніх досліджень і публікацій на тему прогнозування зношування дорожнього покриття на основі аналізу кліматичних умов і транспортного навантаження свідчить про значний науковий інтерес до цієї проблеми. Різні автори розглядають дану тему з різних кутів зору, що дозволяє створити комплексне уявлення про процеси зношування доріг та можливі шляхи їх попередження. Робота Аринушкіної Н. С. зосереджена на аналізі сучасних способів регенерації дорожніх покриттів, що є важливим аспектом підтримання доріг у належному стані [1]. Гайдайчук В. В. у своїй роботі досліджує вплив параметрів пружності дорожнього покриття на його напружено-деформований стан під дією транспортного навантаження [2]. Кочеригін Л. Ю. розглядає водовідведення як один із ключових факторів, що впливає на руйнування дорожніх покриттів [3]. Кровяков С. О. у своєму дослідженні фокусується на властивостях фібробетонів, які використовуються для створення жорстких дорожніх покриттів [4]. Лужицький О. Ф. акцентує увагу на різних методах відновлення дорожнього покриття залежно від ступеня його руйнування [5]. Солоненко І. П. досліджує вплив добавок і наповнювачів на якість жорсткого дорожнього покриття [6]. Терещенко Т. А. вивчає аспекти

прогнозування температурних режимів асфальтобетонного покриття, що є важливим для попередження його деформацій в умовах змін клімату [7]. Шевчук Л. В. у двох своїх роботах досліджує розшарування конструкції дорожнього покриття та концентрацію напружень в околі тріщини при дії транспортних навантажень [8, 9]. Шимчук О. П. розглядає вплив технології будівництва автомобільних доріг та використання екологічно чистих протиожеледних матеріалів на експлуатаційні властивості покриття [10]. Узагальнюючи, можна сказати, що існуючі дослідження охоплюють широкий спектр питань, пов'язаних із зношуванням дорожнього покриття, включаючи вплив кліматичних факторів, транспортного навантаження, властивостей матеріалів та технологій будівництва. Однак, недостатньо уваги приділяється комплексному аналізу та моделюванню взаємодії цих факторів, що є важливим для точного прогнозування зношування та розробки ефективних стратегій збереження доріг у належному стані.

Метою статті є визначення основних факторів, що впливають на зношування дорожнього покриття, та розробка моделей для прогнозування їхнього впливу.

Завдання дослідження:

- провести аналіз впливу кліматичних факторів на зношування дорожнього покриття;
- оцінити вплив транспортного навантаження на стан доріг;
- побудувати економетричні моделі для прогнозування частки доріг у критичному стані на основі кліматичних та транспортних факторів;
- визначити кореляцію між кількістю опадів і станом доріг на регіональному рівні;
- здійснити оцінку прогностичної сили моделей та визначення необхідності вдосконалення методик аналізу зношування доріг.

Виклад основного матеріалу дослідження. Зношування дорожнього покриття є важливою проблемою, яка впливає на безпеку та економічну ефективність дорожнього транспорту. Ця проблема стає особливо актуальною в умовах інтенсивного руху та зміни кліматичних умов. Зниження якості дорожнього покриття може призводити до збільшення витрат на його ремонт і обслуговування, а також до погіршення умов руху. Тому прогнозування зношування покриття є ключовим аспектом для забезпечення довговічності доріг.

Фактори, що впливають на зношування дорожнього покриття наведені на рис. 1.

Кліматичні характеристики є одним із найважливіших факторів, що впливають на довговічність дорожнього покриття. Наприклад, снігові опади створюють додаткове навантаження на дороги, що може призводити до появи тріщин і вибоїн. Дощові опади викликають накопичення води на поверхні покриття, що зменшує його стійкість до механічних впливів. Сонячна радіація сприяє термічному розширенню матеріалів, що може призводити до їх деформації. Вплив кліматичних факторів пов'язаний також із сезонними коливаннями температур, які прискорюють процеси старіння матеріалів. Усі ці характеристики разом можуть суттєво впливати на швидкість зношування покриття.

Склад потоку транспорту відіграє важливу роль у зношуванні дорожнього покриття. Вантажні автомобілі та автобуси створюють значне навантаження на дороги через свою вагу, що може призводити до деформацій покриття. Легкові автомобілі мають менший вплив, але їх кількість в транспортному потоці також не можна ігнорувати. Інтенсивність руху напряму впливає на швидкість зношування, оскільки більше транспортних засобів означає більше циклів навантаження на покриття. Швидкість руху може також сприяти зношуванню, оскільки на високих швидкостях утворюється більший динамічний вплив. Щільність потоку, або кількість автомобілів на одиницю площі, визначає тиск на дорожнє покриття, що також є суттєвим фактором у процесі зношування.



Рисунок 1 – Фактори, що впливають на зношування дорожнього покриття

Figure 1 – Factors affecting pavement wear

Джерело: сформовано автором

Параметри транспортного потоку, як-от інтенсивність, швидкість і щільність руху, мають значний вплив на стан дорожнього покриття. Висока інтенсивність руху, особливо важких транспортних засобів, може призводити до швидкого зношування поверхні дороги. Зі збільшенням швидкості руху зростає й динамічний вплив на дорожнє покриття, що може спричинити мікротріщини та деформації. Щільність транспортного потоку визначає кількість циклів навантаження на одиницю площі дороги, що підвищує ризик пошкоджень. Врахування цих параметрів є критично важливим для прогнозування та управління зношуванням дорожнього покриття.

Характеристика коліс транспортних засобів також впливає на зношування покриття. Вага коліс, тип покришок, а також тиск у шинах можуть визначати ступінь механічного впливу на дорогу. Наприклад, вузькі колеса можуть створювати більше точкове навантаження, що призводить до більшої концентрації тиску. Широкі колеса розподіляють тиск на більшу площу, знижуючи ризик пошкоджень. Тип покришок також має значення – агресивний малюнок протектора може спричинити більший знос поверхні. Тиск у шинах впливає на жорсткість колеса і, відповідно, на ступінь навантаження на покриття. Всі ці характеристики потребують ретельного врахування при розрахунках довговічності доріг.

Матеріал покриття також є важливим фактором у процесі зношування. Склад і якість матеріалів визначають стійкість до механічних і кліматичних впливів. Асфальт і бетон мають різні властивості зношування: асфальт є більш гнучким, але менш стійким до високих температур, тоді як бетон є більш жорстким, але схильний до розтріскування. Сучасні матеріали, які включають полімерні добавки або армовані волокна, можуть значно підвищити довговічність покриття. Вибір правильного матеріалу для

конкретних умов експлуатації є ключовим для мінімізації зношування. Крім того, технології укладання покриття також впливають на його міцність і стійкість до зношування.

Зношування дорожнього покриття є комплексним процесом, що залежить від різноманітних факторів, включаючи кліматичні умови, склад транспортного потоку, характеристики коліс та матеріал покриття. Всі ці фактори взаємодіють між собою, що ускладнює процес прогнозування та управління зношуванням. Врахування кожного з них є важливим для забезпечення довговічності дорожньої інфраструктури. Комплексний підхід до аналізу цих факторів дозволить зменшити витрати на ремонт і обслуговування доріг.

Частка доріг у критичному стані наведена на рис.2.

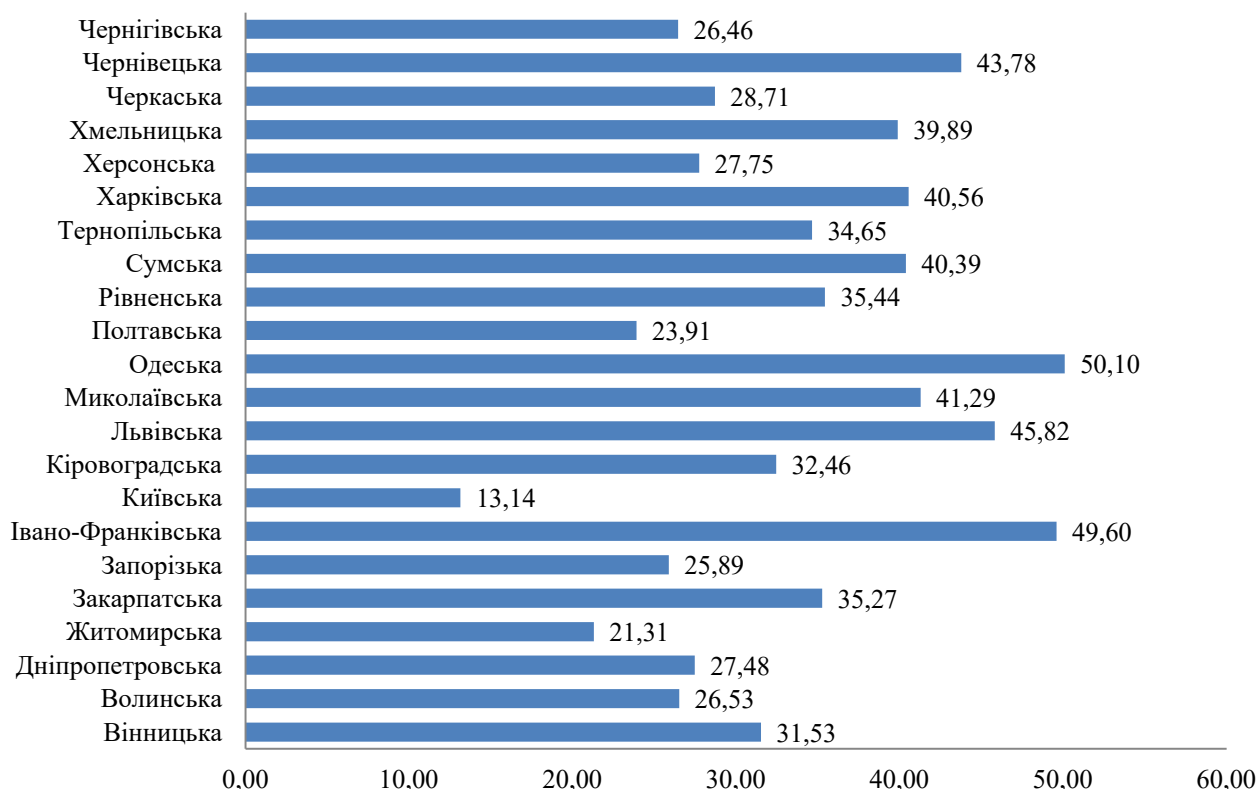


Рисунок 2 – Частка доріг у критичному стані в Україні в 2023 р.

Figure 2 – Share of roads in critical condition in Ukraine in 2023.

Джерело: сформовано на основі [11]

Найбільшу частку доріг у критичному стані зафіксовано в Одеській області (50,10%), що пов'язано як із кліматичними умовами, так і з інтенсивністю транспортного руху. Серед інших областей з високою часткою доріг у критичному стані виділяються Івано-Франківська (49,60%) та Львівська (45,82%), що свідчить про серйозні проблеми з утриманням доріг у західному регіоні України. Найменший показник зафіксовано в Київській області (13,14%), що свідчить про більш розвинену інфраструктуру та краще фінансування дорожніх робіт у цьому регіоні. Важливо також зазначити, що середня частка доріг у критичному стані в більшості областей коливається в межах 20-40%, що вказує на загальну проблему з дорожнім покриттям на національному рівні. Виявлені регіональні диспропорції зумовлені як економічними факторами, так і особливостями клімату та транспортного

навантаження. Регіони з високою часткою доріг у критичному стані потребують негайного втручання та додаткового фінансування для поліпшення дорожньої мережі.

Економетрична модель залежності частки доріг у критичному стані від кількості транспортних засобів наведена в табл.1. Модель побудована за допомогою функції ЛІНЕЙН.

Таблиця 1 – Економетрична модель залежності частки доріг у критичному стані від кількості транспортних засобів в Україні в 2023 р.

Table 1 – Econometric model of the dependence of the share of roads in critical condition on the number of vehicles in Ukraine in 2023.

Найменування областей	Частка доріг у критичному стані, %	Кількість транспортних засобів		
		автобуси	вантажні автомобілі	легкові автомобілі
Вінницька	31,53	3558	40146	200807
Волинська	26,53	2069	23138	113730
Дніпропетровська	27,48	19233	134843	900486
Житомирська	21,31	6594	58581	257971
Закарпатська	35,27	5699	48758	232281
Запорізька	25,89	8922	68051	415971
Івано-Франківська	49,60	6619	54025	274844
Київська	13,14	14028	114270	587186
Кіровоградська	32,46	7209	52115	221954
Львівська	45,82	14415	101825	635506
Миколаївська	41,29	8245	52560	245898
Одеська	50,10	21374	156576	777838
Полтавська	23,91	8025	71515	350543
Рівненська	35,44	6984	65915	264338
Сумська	40,39	5402	45483	212887
Тернопільська	34,65	4837	46541	226844
Харківська	40,56	13395	112535	629124
Херсонська	27,75	7248	49241	222045
Хмельницька	39,89	5982	52747	286893
Черкаська	28,71	7705	73875	359969
Чернівецька	43,78	5500	44391	197985
Чернігівська	26,46	5795	47793	210568

	a3	a2	a1	a0
	0,0000	-0,0002	0,0031	33,79
R ²	0,00	0,00	0,00	5,73
F	0,10	9,77	#Н/Д	#Н/Д
	0,66	18	#Н/Д	#Н/Д
	189,79	1716,73	#Н/Д	#Н/Д

Джерело: сформовано на основі [11, 12]

Отримуємо модель:

$$Y=33,79+0,0031X1-0,0002X2+0,0000X3,$$

де Y – Частка доріг у критичному стані, %;

X1 – Кількість автобусів, од;

X2 – Кількість вантажних автомобілів, од;

X3 – Кількість легкових автомобілів, од.

Аналіз показує, що кількість автобусів, вантажних та легкових автомобілів по-різному впливає на частку доріг у критичному стані. Зокрема, кількість автобусів має позитивний вплив на зношування доріг, тоді як кількість вантажних автомобілів має незначний негативний вплив, а вплив легкових автомобілів практично відсутній. Це може бути пояснено тим, що автобуси, як важкий транспорт, створюють значне навантаження на дорожнє покриття, що призводить до його зношування. Водночас, вантажні автомобілі, хоча і створюють значне навантаження, можуть бути більш рівномірно розподілені по різних маршрутах, що знижує їхній негативний вплив. Незначний вплив легкових автомобілів може свідчити про те, що їх кількість значно перевищує кількість важкого транспорту, але вони мають меншу вагу, що не створює критичного навантаження на дороги. Однак, загальна модель має низький коефіцієнт детермінації ($R^2 = 0,10$) та недостовірна, що свідчить про те, що інші фактори, не включені в модель, можуть мати більший вплив на стан доріг. Це підкреслює необхідність розширення аналізу для врахування додаткових змінних, таких як кліматичні умови та якість дорожніх матеріалів. Важливо також зазначити, що неефективність цієї моделі може бути пов'язана з високою кореляцією між кількістю транспортних засобів і іншими факторами, що впливають на зношування доріг.

Економетрична модель залежності частки доріг у критичному стані від кліматичних умов наведена в табл.2. Модель побудована за допомогою функції ЛІНЕЙН.

Отримуємо модель:

$$Y=73,22-8,82X_1+2,27X_2+2,13X_3+0,01X_4$$

- де Y – Частка доріг у критичному стані, %;
X₁ – Середньорічна температура повітря, гр;
X₂ – Максимальна температура повітря, гр;
X₃ – Мінімальна температура повітря, гр;
X₄ – Річна сума опадів, мм.

Аналіз показує, що кліматичні умови мають помітний вплив на стан доріг. Модель має середній коефіцієнт детермінації ($R^2 = 0,36$), що свідчить про те, що вона пояснює приблизно 36% варіації частки доріг у критичному стані. Це вказує на те, що кліматичні умови є важливим, але не єдиним фактором, що впливає на зношування доріг. Підвищення точності моделі може вимагати врахування інших змінних, таких як інтенсивність руху або якість дорожнього покриття.

Окремо визначимо вплив річної суми опадів на частку доріг в критичному стані (рис.3).

Аналіз економетричної моделі залежності частки доріг у критичному стані від річної суми опадів в Україні у 2023 році показує, що вплив цього фактору на стан дорожнього покриття є значущим, проте модель має певні обмеження. Лнійна регресія демонструє, що з кожним збільшенням річної суми опадів на один міліметр частка доріг у критичному стані зростає на 0,0319%. Проте, низький коефіцієнт детермінації ($R^2 = 0,1022$) вказує на те, що лише близько 10% варіації частки доріг у критичному стані можна пояснити зміною річної суми опадів. Це означає, що в моделі не враховано інші важливі фактори, які також впливають на стан доріг.

Таблиця 2 – Економетрична модель залежності частки доріг у критичному стані від кліматичних умов в Україні в 2023 р.

Table 2 – Econometric model of the dependence of the share of roads in critical condition on climatic conditions in Ukraine in 2023.

Найменування областей	Частка доріг у критичному стані, %	Температура повітря, гр			Річна сума опадів, мм
		Середньорічна	максимальна	мінімальна	
Вінницька	31,53	9,9	37,8	-21,6	503,5
Волинська	26,53	9,5	36,6	-20,3	513,6
Дніпропетровська	27,48	11,3	37,6	-14,7	492,4
Житомирська	21,31	9,3	37,3	-22,5	528,6
Закарпатська	35,27	10,9	38,7	-14,8	865,9
Запорізька	25,89	11,9	39,1	-13,8	448,2
Івано-Франківська	49,60	9,5	37	-17,3	669,1
Київська	13,14	9,7	37,4	-24,4	456,3
Кіровоградська	32,46	10,7	37,9	-14,9	515,7
Львівська	45,82	9,3	36,2	-21,8	642,5
Миколаївська	41,29	11,7	38,2	-12,8	502,9
Одеська	50,10	12	40,9	-12,9	493,8
Полтавська	23,91	10,2	37,8	-24,3	469,4
Рівненська	35,44	9,4	36,7	-21,8	511
Сумська	40,39	9,4	37,8	-26,2	489,4
Тернопільська	34,65	9,4	35,7	-21,1	562,6
Харківська	40,56	10,5	38,9	-16,4	446,1
Херсонська	27,75	12,4	38,6	-13,2	421,9
Хмельницька	39,89	9,5	36,9	-21,2	504,3
Черкаська	28,71	10,1	38,1	-22,2	484,4
Чернівецька	43,78	10	36,8	-14,4	489,2
Чернігівська	26,46	9,3	39,4	-24,9	509,1

	a3	a2	a1	a0	
	0,01	2,13	2,27	-8,82	73,22
	0,02	0,84	2,23	4,52	73,12
R ²	0,36	8,49	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д
F	2,36	17	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д
	680,74	1225,78	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д

Джерело: сформовано на основі [11, 13]

Поліноміальна модель третього ступеня дає дещо кращий результат з коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,2338$, що вказує на те, що ця модель пояснює близько 23% варіації частки доріг у критичному стані. Використання поліноміальної регресії дозволяє краще врахувати нелінійний характер впливу річної суми опадів на стан доріг, проте результат все одно залишається відносно слабким. Це підкреслює складність проблеми та вказує на необхідність врахування інших змінних, таких як якість дорожнього покриття, інтенсивність транспортного руху та особливості кліматичних умов у різних регіонах.

Незважаючи на те, що поліноміальна модель третього ступеня демонструє покращення у порівнянні з лінійною регресією, обидві моделі мають низькі значення коефіцієнта детермінації, що свідчить про їх обмежену здатність точно прогнозувати частку доріг у критичному стані лише на основі річної суми опадів. Отже, для більш точного аналізу та прогнозування необхідно розробити більш комплексні моделі, які включають додаткові фактори. Такий підхід дозволить краще зрозуміти взаємозв'язок між річною сумою опадів та станом доріг і сприятиме ефективнішому плануванню та утриманню дорожньої інфраструктури в Україні.

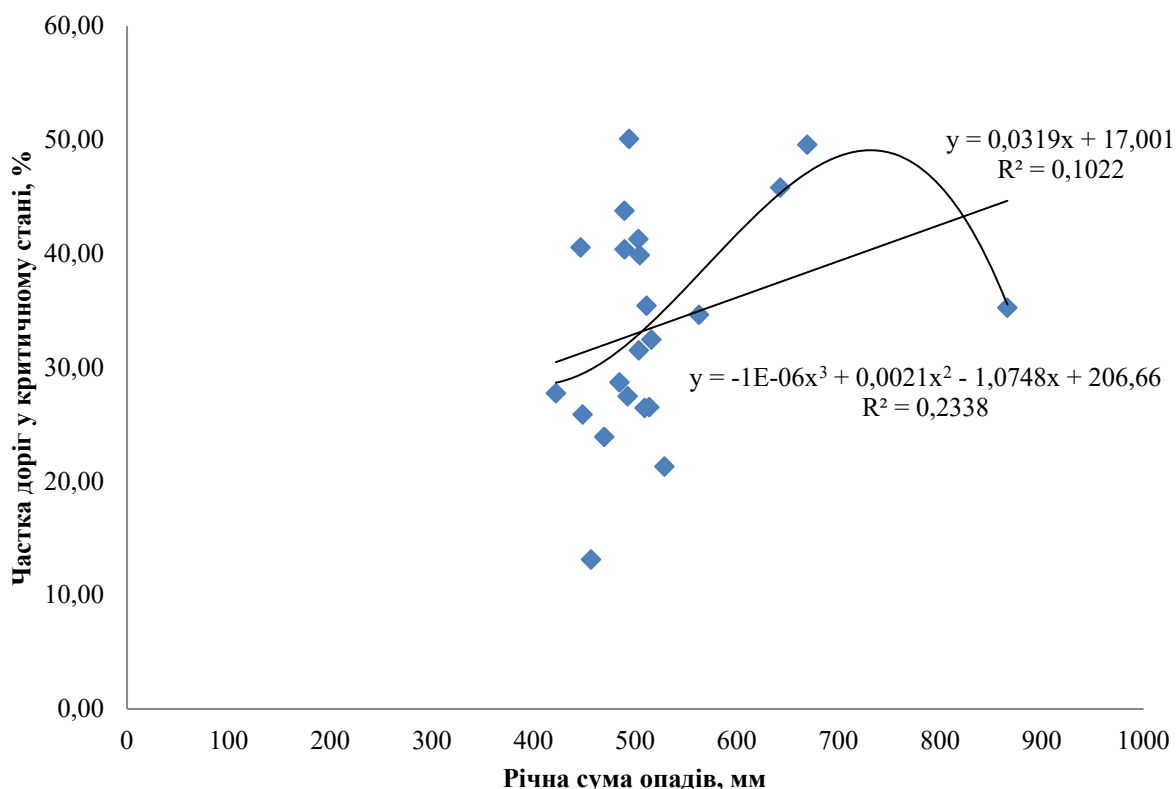


Рисунок 3 – Економетрична модель залежності частки доріг у критичному стані від річної суми опадів в Україні в 2023 р.

Figure 3 – Econometric model of the dependence of the share of roads in critical condition on the annual amount of precipitation in Ukraine in 2023.

Джерело: сформовано на основі [11, 13]

Аналіз показує, що стан доріг в Україні значною мірою залежить від багатьох факторів, включаючи кількість транспортних засобів і кліматичні умови. Хоча економетричні моделі виявляють певні закономірності, вони не можуть повністю пояснити всі варіації у частці доріг у критичному стані. Це підкреслює необхідність подальших досліджень та розширення аналізу для врахування додаткових факторів. Комплексний підхід до управління дорожньою інфраструктурою, що включає як транспортні, так і кліматичні аспекти, є ключем до підвищення довговічності доріг в Україні. Також важливо враховувати регіональні особливості та потреби при плануванні ремонтних робіт.

Висновки. Проведений аналіз демонструє, що стан дорожнього покриття в Україні у значній мірі залежить як від кліматичних умов, так і від транспортного навантаження. Кліматичні фактори, такі як температура повітря, кількість опадів та інтенсивність сонячної радіації, мають значний вплив на зношування дорожнього покриття. Транспортні фактори, зокрема типи транспортних засобів і інтенсивність руху, також суттєво впливають на стан доріг. Водночас, матеріали, з яких виготовлені дороги, а також їхній стан, також є важливими чинниками, які визначають тривалість експлуатації доріг.

На підставі представлених економетричних моделей можна зробити висновок, що кліматичні та транспортні фактори мають значний вплив на зношування дорожнього покриття, але моделі, які враховують лише ці фактори, мають обмежену прогностичну силу. Це свідчить про необхідність включення додаткових змінних для більш точного прогнозування. Лінійна регресія виявила низьку кореляцію між річною кількістю опадів та станом доріг, тоді як поліноміальна модель третього ступеня показала трохи кращий результат, але все ще недостатньо сильний. Отже, необхідно розробляти більш складні та комплексні моделі для прогнозування стану доріг. Це дозволить підвищити точність прогнозів та ефективніше планувати ремонтно-будівельні роботи.

Враховуючи складність проблеми, наступні дослідження повинні бути спрямовані на включення більшої кількості факторів та детальніший аналіз впливу кожного з них. Перспективи подальших досліджень полягають у розробці комплексних економетричних моделей з урахуванням ширшого спектру змінних.

Перелік посилань

1. Аринушкіна Н. С. Аналіз сучасних способів регенерації дорожніх покриттів. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського*. 2022. № 6. С. 270-275.
2. Гайдайчук В. В. Вплив параметрів пружності дорожнього покриття на його напружено-деформований стан під дією транспортного навантаження. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. 2018. № 103. С. 66-74.
3. Кочеригін Л. Ю. Водовідведення як один із основних факторів, що впливає на руйнування дорожніх покриттів. *Містобудування та територіальне планування*. 2021. № 77. С. 253-265
4. Кривяков С. О. Міцність, зносостійкість і морозостійкість фібробетонів жорстких дорожніх покриттів з базальтовою фіброю та повітровтягуючою добавкою. *Дороги і мости*. 2023. № 28. С. 144-158.
5. Лужицький О. Ф. Відновлення дорожнього покриття залежно від ступеня руйнування автомобільної дороги. *Наука та прогрес транспорту*. 2023. № 2. С. 29-44.
6. Солоненко І. П. Вплив на якість жорсткого дорожнього покриття добавок і наповнювачів. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. 2016. № 98. С. 265-275.
7. Терещенко Т. А. Аспекти прогнозування температурних режимів асфальтобетонного покриття в цілях проектування нежорсткого дорожнього одягу. *Дороги і мости*. 2023. № 27. С. 158-167.
8. Шевчук Л. В. Вплив розшарування конструкції дорожнього покриття на його напружено-деформований стан. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. 2018. № 103. С. 52-60.
9. Шевчук Л. В. Концентрація напружень в околі тріщини в дорожньому покритті при дії транспортних навантажень. *Вісник Національного транспортного університету*. 2020. № 1. С. 437-445.
10. Шимчук О. П. Вплив технології будівництва автомобільних доріг та екологічно чистих протижелезних матеріалів на експлуатаційні властивості дорожнього покриття та безпеку дорожнього руху. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2022. № 18. С. 192-198.
11. Рейтинг областей із найгіршими дорогами. URL: https://ipress.ua/news/reytyng_oblastey_iz_naygirshymy_dorogamy_145702.html
12. Кількість транспортних засобів за областями. URL: https://dostup.org.ua/request/84463/response/238537/attach/2/31.217.pdf?cookie_passthrough=1
13. Аналіз погодних умов в Україні. URL: <https://superagronom.com/blog/871-analiz-pogodnih-umov-v-ukrayini-v-2021-rotsi>

PREDICTION OF PAVEMENT WEAR BASED ON THE ANALYSIS OF CLIMATIC CONDITIONS AND TRAFFIC LOAD

Sokolova Natalia M., PhD (Candidate of Economic Sciences) , Associate Professor, Associate Professor of Transport Construction and Property Management, Associate Professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: nata_ns@ukr.net, tel.+380675872662, <https://orcid.org/0000-0003-0678-8882>

Koncha Pavlo A., graduate student of the Department of Transport Construction and Property Management, National Transport University, Kyiv, Ukraine e-mail: Pashakoncha80@gmail.com, tel: +380503537308, <https://orcid.org/0000-0001-6867-0172>

Summary. The article discusses the problem of road pavement wear in Ukraine, which is relevant given the high level of road wear in many regions of the country. The article analyzes the impact of various factors on the condition of roads, including climatic conditions and traffic load. The study found that climatic factors such as average annual air temperature, precipitation, and solar radiation intensity have a significant impact on road surface wear. In addition, different types of vehicles, their intensity, and traffic flow parameters also have a significant impact on road conditions.

The econometric analysis showed that the dependence of the share of roads in critical condition on the number of vehicles, such as buses, trucks, and cars, is weak, as evidenced by the low coefficient of determination ($R^2 = 0.10$) and the unreliability of the model. At the same time, climatic factors turned out to be significant, and the model of dependence of the share of roads in critical condition on climatic conditions has better indicators ($R^2 = 0.36$), which indicates the reliability of the model. However, even the third-degree polynomial model, which takes into account the nonlinear nature of the impact of annual precipitation on road conditions, does not provide sufficiently accurate forecasts due to its limited ability to explain variations in the dependent variable.

The results of the study indicate the need to develop more comprehensive models that include a wider range of factors. This approach will improve the accuracy of forecasts of pavement condition and contribute to more efficient planning of repair work. In the future, additional variables should be taken into account, such as the types of materials used to make the roads, the specifics of their operation, and other factors that may affect pavement wear.

The study is important for developing strategies for maintaining road infrastructure, as it allows not only to identify the main causes of road wear, but also to develop approaches to reduce the negative effects of these factors. The use of the results obtained can contribute to a more rational use of resources required for road repairs and improve their quality and durability in conditions of intense climatic load and transport operation.

Keywords: road infrastructure, pavement wear, climatic factors, traffic load, share of roads in critical condition, econometric model, air temperature, precipitation.

References

1. Arinushkina, N.S. (2022), "Analysis of modern methods for road surface regeneration", *Uchenei zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu imeni V. I. Vernadskoho*, no. 6, pp. 270-275.
2. Gaidaichuk, V.V. (2018), "Influence of road surface elasticity parameters on its stress-strain state under traffic load", *Avtomobilni doroho i dorozhne budivnytstvo*, no. 103, pp. 66-74.

3. Kocherihin, L.Yu. (2021), "Drainage as one of the main factors influencing road surface destruction", *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*, no. 77, pp. 253-265.
 4. Krovyakov, S.O. (2023), "Strength, wear resistance, and frost resistance of fiber-reinforced concrete for rigid road surfaces with basalt fiber and air-entraining additive", *Dorohy i mosty*, no. 28, pp. 144-158.
 5. Luhyskyi, O.F. (2023), "Road surface restoration depending on the degree of destruction of the highway", *Nauka ta prohres transportu*, no. 2, pp. 29-44.
 6. Solonenko, I.P. (2016), "Influence of additives and fillers on the quality of rigid road surface", *Avtomobilni doroho i dorozhne budivnytstvo*, no. 98, pp. 265-275.
 7. Tereshchenko, T.A. (2023), "Aspects of forecasting temperature regimes of asphalt concrete pavement for the design of flexible road structures", *Dorohy i mosty*, no. 27, pp. 158-167.
 8. Shevchuk, L.V. (2018), "Influence of pavement layer separation on its stress-strain state", *Avtomobilni doroho i dorozhne budivnytstvo*, no. 103, pp. 52-60.
 9. Shevchuk, L.V. (2020), "Stress concentration around cracks in road surface under traffic loads", *Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu*, no. 1, pp. 437-445.
 10. Shymchuk, O.P. (2022), "Influence of road construction technology and environmentally friendly anti-icing materials on the operational properties of road surface and road safety", *Suchasni tekhnolohii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi*, no. 18, pp. 192-198.
 11. Rating of regions with the worst roads, available at: https://ipress.ua/news/rejting_oblastey_iz_naygirshymy_dorogamy_145702.html (Accessed 1 Sept 2024)
 12. Number of vehicles by regions, available at: https://dostup.org.ua/request/84463/response/238537/attach/2/31.217.pdf?cookie_passthrough=1 (Accessed 1 Sept 2024)
- Analysis of weather conditions in Ukraine, available at: <https://superagronom.com/blog/871-analiz-pogodnih-umov-v-ukrayini-v-2021-rotsi> (Accessed 1 Sept 2024)