

УДК 625.746.5

Гостєв Ю. Г., <https://orcid.org/0000-0002-0351-9591>

Кострульова Т. Є., <https://orcid.org/0000-0002-9554-1285>

Румянцев Л. Ю., <https://orcid.org/0000-0001-5785-3600>

*Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»)*

---

## МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВЛАШТУВАННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ ДОРОЖНЬОЇ РОЗМІТКИ: АНАЛІЗ І ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ

### *Анотація*

**Вступ.** На сучасному етапі розвитку дорожньої галузі посилюються вимоги до дорожньої розмітки. Функціональна довговічність розмітки залежить від якості матеріалів, від технології нанесення розмітки, умов її експлуатації. Для влаштування розмітки використовують різні матеріали: фарби, пластики холодного нанесення, термопластики, спрей-пластики, готові штучні форми тощо.

**Проблематика.** Асортимент матеріалів, технологій, а також нових методів нанесення дорожньої розмітки з метою підвищення безпеки дорожнього руху постійно розширюється. Вибір оптимальних рішень є складним завданням, що вимагає як урахування технічних, так і економічних факторів. Аналіз результатів застосування різних матеріалів і технологій стає все більш важливим з точки зору продовження строку служби дорожньої розмітки, підвищення її ефективності.

**Мета.** Виконати аналіз сучасних матеріалів для горизонтальної дорожньої розмітки та визначити переваги і недоліки у застосуванні кожного з них.

**Матеріали та методи.** Аналіз інформаційних джерел, у т.ч. зарубіжних, щодо технічних характеристик, властивостей, складу, застосування різних матеріалів для розмітки та технологій їх нанесення.

**Результати.** Надано характеристики матеріалів: фарб, пластиків, штучних форм, мікрокульок скляних світлоповертальних, полімерних стрічок тощо. Визначено їх основні недоліки та переваги.

**Висновки.** За результатами проведеного аналізу можна зробити висновки, що асортимент матеріалів для дорожньої розмітки постійно зростає, розроблені нові експериментальні матеріали (наприклад, люмінесцентні фарби), виробники працюють над удосконаленням рецептур вже існуючих матеріалів, вводять нові компоненти та наповнювачі, також пропонуються нові технології та методи нанесення для покращення ефективності дорожньої розмітки. В Україні найбільш поширеними матеріалами є фарби через низьку вартість порівняно з іншими матеріалами, також популярності набуває пластик холодного нанесення та полімерні стрічки. Для забезпечення необхідного світлоповертання дорожньої розмітки використовують мікрокульки скляні світлоповертальні.

**Ключові слова:** дорожня розмітка, мікрокульки, пластик холодного нанесення, термопластик, фарба.

## Вступ

Одним з важливих засобів організації дорожнього руху є горизонтальна дорожня розмітка. Розмітка служить орієнтиром для водіїв, визначаючи межі їх руху по автомобільній дорозі [1–3], особливо це важливо у нічний час [4, 5].

Сьогодні розмітку влаштовують різними матеріалами: фарбою, пластиками холодного нанесення, термопластиками, полімерними стрічками, штучними формами, а в окремих спеціальних випадках використовують керамічну і клінкерну бруківку, порцелянову крихту тощо [6–12]. При цьому застосовують різні сучасні технології та високоякісне обладнання [13]. Для надання розмітці властивостей світлоповертання використовують мікрокульки скляні світлоповертальні.

У [14] пропонується модель дорожньої розмітки у вигляді шару з білого, світлоповертального, застигаючого матеріалу, що заливається (укладається) в попередньо виготовлені заглиблення в асфальтобетонному полотні, при цьому на дорожньому полотні формується рівна поверхня. Інші науковці пропонують виконувати розмітку з тактильним профілем, яка є високоефективним засобом проти втоми та відволікання уваги водіїв. Використання такої дорожньої розмітки на краю смуги руху на автомагістралях скорочує кількість нещасних випадків на 31–45 % [15].

У Європі проводились дослідження щодо покращення видимості дорожньої розмітки вночі за рахунок використання люмінесцентної фарби [16]. Однак, такий матеріал має досить високу вартість і, наразі, не використовується.

Метою статті є аналіз найбільш використовуваних сучасних матеріалів для горизонтальної розмітки та доцільність їх застосування.

## Основна частина

Матеріали для дорожньої розмітки можна розділити на дві групи за технологією нанесення:

1. Матеріали, що наносяться на дорожнє полотно в холодному стані. У даному випадку — за температури навколишнього середовища. До таких матеріалів відносять пластик холодного нанесення, фарбу, емаль на органічному розчиннику та водно-дисперсійні фарби.

2. Матеріали з попереднім нагріванням до температури 180–220 °С перед нанесенням. До таких матеріалів відносять термопластик, спрей-пластик, термопластичну полімерну стрічку, штучні вироби. Умовою нанесення дорожньої розмітки даного типу є різниця температур навколишнього повітря та матеріалу на 5–35 °С.

Фахівці ДП «ДерждорНД» постійно проводять обстеження стану горизонтальної дорожньої розмітки на автомобільних дорогах України, аналіз результатів за останні роки свідчать, що найчастіше на українських дорогах розмітку влаштовують фарбою, причому використовують весь їх спектр:

- однокомпонентні на водній основі;
- однокомпонентні на основі розчинників;
- двокомпонентні;
- фарби на основі епоксидних смол;
- фарби на основі поліефірних смол.

### ***Однокомпонентні фарби на водній основі***

Як говорить назва, вода є одним з базових складових фарб на водній основі, що робить

їх найбільш доступними серед всіх фарб для дорожньої розмітки. Такі фарби можна наносити швидше, ніж більшість інших матеріалів, і в ідеальних умовах така фарба висихає дуже швидко. Одним великим недоліком фарб на водній основі є їх чутливість до температури. Для захисту від замерзання або високих температур необхідно вживати відповідних заходів. Під час нанесення фарба дуже чутлива до високої вологості, що може сильно збільшити час висихання. Також ця фарба є найменш зносостійким матеріалом дорожньої розмітки, тому не рекомендується використовувати її для автомобільних доріг з високою інтенсивністю руху.

### ***Однокомпонентні фарби на основі розчинників***

До складу таких фарб входять вуглеводневі розчинники, що представляють основу для твердих компонентів (сполучні матеріали, пігменти і добавки). Якщо роботи виконують у більш холодному кліматі, то фарби на основі розчинників можуть бути більш кращі, так як вони не замерзають. Вологість в цілому не представляє проблем для фарб на основі розчинників. Для очищення потрібні спеціальні розчинники, наприклад, мінеральні спирти.

### ***Двокомпонентні фарби***

Двокомпонентні фарби в основному складаються з двох компонентів: матеріалу основи і затверджувача. Компоненти зберігають окремо і змішують тільки під час нанесення фарби. Такі типи матеріалів дорожньої розмітки особливо зносостійкі і мають гарне співвідношення «ціна-якість». Вони міцніші, ніж однокомпонентні фарби, що робить їх ідеальним матеріалом для нанесення розмітки на покриттях під відкритим небом.

### ***Фарби на основі епоксидних смол***

Епоксидна смола — це зносостійкий двокомпонентний матеріал для дорожньої розмітки, який складається з пігментованої смоли, що представляє основу, і затверджувача. Перед нанесенням обидва компоненти змішуються в пропорції «2 частини смоли: 1 частина затверджувача». Цей матеріал часто комбінують з мікрокульками скляними світлоповертальними для забезпечення світлоповертальних властивостей у нічний час. Фарби на основі епоксидних смол можна наносити при більш низьких температурах без втрати характеристик механічного зчеплення з дорожнім покриттям. Необхідно звертати увагу на пропорції змішування, так як вони надзвичайно важливі для забезпечення якості матеріалу.

### ***Фарба на основі поліефірних смол***

Матеріал на основі поліефірних смол є трикомпонентним матеріалом. Під час нанесення для початку реакції додається каталізатор. Після цього матеріал наносять на дорожнє покриття. Мікрокульки скляні світлоповертальні додаються за допомогою окремого розпилювача, розташованого безпосередньо за розпилювачем фарби. Поліефірна смола має тривалий строк експлуатації та високу зносостійкість, вона не вицвітає і відносно недорога. Добре наноситься на бетонне покриття. Як і у випадку з епоксидними матеріалами, пропорції при змішуванні надзвичайно важливі.

Основним недоліком цих фарб є низька зносостійкість і, як наслідок, функціональна довговічність розмітки — 6 місяців. Високий вміст розчинників у фарбах (25–30 %) є екологічно несприятливим чинником. Крім того, наявність такої кількості розчинників може призводити до зміни кольору розмітки та появи жовтих і сірих відтінків, погіршення видимості.

Перевагою є їх зручна технологія застосування та відносно низька вартість порівняно з іншими матеріалами.

Основні технічні вимоги до фарб представлені у таблиці 1.

*Таблиця 1*

*Основні вимоги до фарб*

Показник	Технічні вимоги
Колір	Білий, жовтий, чорний, червоний, синій, сірий
Густина, г/см <sup>3</sup> , не менше ніж	1,5
Масова доля нелетких речовин, % не менше ніж	75
Умовна в'язкість по віскозиметру типу ВЗ-246 з діаметром сопла 6 мм за температури (20 ± 2) °С	20–50
Ступінь перетиру, мкм, не більше ніж	90
Еластичність плівки при вигинанні, мм, не більше ніж	20
Час висихання покриття до ступеня 3 за температури (20 ± 2) °С, хв	10–30
Стійкість плівки до удару за приладом У-1А, см, не менше ніж	50
Витрата, г/м <sup>2</sup>	400–600
Гарантійний строк зберігання, місяців, не менше ніж	12
Срок експлуатації, місяців, не менше ніж	6

Пластики холодного нанесення представляють собою суспензії пігментів і наповнювачів у розчині акрилових сополімерів в акриловому мономері. Пластики тверднуть за рахунок реакції полімеризації в присутності ініціаторів — перекисних сполук. Час затвердіння можна регулювати, змінюючи кількість ініціатора. Однією з головних переваг холодного пластику — висока зносостійкість, тому їх використовують для нанесення розмітки в місцях найбільшого зношування (наприклад, пішохідні переходи, стоп-лінії тощо) та на ділянках з інтенсивним рухом, функціональна довговічність розмітки, влаштованої холодним пластиком, може досягати трьох років. Він еластичний і має високу адгезію до основи. Пластик не боїться перепадів температури, що дозволяє йому зберігати свої експлуатаційні якості протягом декількох років. Це істотно знижує витрати на нанесення й оновлення дорожньої розмітки. Матеріал стійкий до атмосферних впливів і сонячного ультрафіолетового випромінювання, не руйнується при контакті з агресивними середовищами. Також пластик холодного нанесення застосовують для влаштування структурної та профільованої розмітки, що значно покращує видимість розмітки, навіть у несприятливих умовах (в умовах зволоження або дощу).

Основні вимоги до пластиків холодного нанесення наведені в таблиці 2.

*Таблиця 2*

*Вимоги до пластиків холодного нанесення*

Показник	Технічні вимоги
Основа	Акрилати
Затверджувач	Рідкий або у вигляді порошку (залежно від типу розмічальної машини)
Кількість затверджувача, %	1–4 (залежно від способу нанесення, типу розмічальної машини та температури повітря)

Показник	Технічні вимоги
Коефіцієнт яскравості, %, не менше ніж	
– для білого кольору	80
– для жовтого кольору	45
Живучість, хв	10–15
Час затвердіння за температури 20 °С, не більше ніж, хв	30
Щільність, г/см <sup>3</sup> :	
– для білого кольору	1,98
– для жовтого кольору	1,92
– для червоного кольору	1,87
В'язкість за приладом Данієля (за 60 с)	13–16
Допустима температура поверхневого полотна при нанесенні, °С	
– для асфальтобетона	5–45
– для цементобетона	10–35
Вологість покриття, не більше ніж, %	4
Витрата пластику при товщині нанесення 3–4 мм, кг/м <sup>2</sup>	6–8
Гарантійний строк зберігання, місяців, не менше ніж	12
Гарантійний строк експлуатації (за умови виконання вимог щодо нанесення розмітки та інструкції виробника із застосування), місяців, не менше ніж	12

Термопластики представляють собою сухі суміші смол, пігментів, наповнювачів і пластифікаторів. Як смоли використовують нафтополімерні, епоксидні та інші смоли. Пігмент — діоксид титану, наповнювачі — мікрокульки, кварцовий пісок, карбонат кальцію. Термопластики наносять за температури 180–200 °С. Нанесений пластик застигає за 18–20 хв.

Основні вимоги до термопластиків наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

*Вимоги до термопластиків*

Показник	Технічні вимоги
Щільність (сформованого матеріалу), т/м <sup>3</sup>	2,14 ± 0,1
Температура розм'якшення по КіШ, °С	97
Коефіцієнт яскравості, %	84
Робоча температура приготування, °С	185 ± 5
Адгезійна міцність, кг/см <sup>2</sup> , не менше ніж	30
Товщина шару нанесення, мм	2–5
Стійкість до знакозмінних коливань, циклів, не менше ніж	200

Показник	Технічні вимоги
Водопоглинання, %	0,02
Час затвердіння, хв	10
Вміст мікро кульок, %	20
Гарантійний строк зберігання, місяців, не менше ніж	12
Гарантійний строк експлуатації (за умови виконання вимог щодо нанесення розмітки та інструкції виробника із застосування), місяців, не менше ніж	12

Перевагою термопластиків над пластиками холодного нанесення є повний механізований спосіб нанесення. Однак при роботі з термопластиками необхідно приділяти велику увагу бездоганній роботі термометрів, що контролюють температуру в котлах розмічальних машин, оскільки перевищення температури вище допустимої призводить до термодеструкції полімеру і погіршення якості термопластика.

У теперішній час термопластики мають обмежене застосування через велику трудомісткість нанесення.

Ще одним видом матеріалу для дорожньої розмітки є спрей-пластик. Спрей-пластик можна використовувати для оновлення вже існуючої дорожньої розмітки цементобетонного або асфальтобетонного покриття. Даний розмічальний матеріал можна наносити як вручну, так і з використанням спеціальних маркувальників, які розпилюють речовину при температурі не нижче 210 °С. Розрізняють гарячий і холодний спрей-пластик. У першому випадку доводиться мати справу з порошковою сумішшю термопластичної смоли, пігментів, наповнювача й інших компонентів. А в другому — з в'язкою рідиною білого кольору, яка характеризується різким запахом. У разі правильного нанесення спрей-пластика на дорожнє покриття можна домогтися підвищення зносостійкості розмітки порівняно з розміткою, нанесеною за допомогою фарби.

Серед основних технічних характеристик спрей-пластиків необхідно виділити наступні:

- час затвердіння — не більше 5 хвилин;
- товщина нанесеної лінії — від 0,8 мм до 1,5 мм;
- витрата матеріалу при товщині лінії 1 мм: гарячого — 1,8 кг/м<sup>2</sup>, холодного – 2–3 кг/м<sup>2</sup>;
- міцність зчеплення з поверхнею — 30 кг/см<sup>2</sup>.

Однією з головних властивостей дорожньої розмітки є її практичність, яка виражається у забезпеченні безпеки дорожнього руху для водіїв транспортних засобів в будь-яку погоду, час доби і року. З метою забезпечення даного чинника при виготовленні матеріалу для дорожньої розмітки використовують світлоповертальні компоненти. Прикладом в даному випадку можуть бути скляні мікрокульки, які є додатковим елементом матеріалу дорожньої розмітки, так як мікрокульки виконують тільки світлоповертальну функцію дорожньої розмітки. Укладені на поверхню дорожньої розмітки мікрокульки заломлюють світло фар і дозволяють відбити його під необхідним кутом, для того, щоб промінь світла був направлений чітко на рівень очей водія транспортного засобу. Найбільш оптимальним варіантом нанесення є, коли мікрокульки розміщені у верхньому шарі розмічального матеріалу і, відповідно, наполовину свого діаметра перевищують поверхню розмітки. Враховувати варто також і те, що матеріал дорожньої розмітки повинен знаходитися у щільній взаємодії з мікрокульками.

Основні вимоги до мікрокульок наведені в таблиці 4.

*Таблиця 4*

**Вимоги до мікрокульок**

Показник	Технічні вимоги
Хімічний склад, %	SiO <sub>2</sub> — 70–74 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> — 0,5–2 CaO — 7–11 MgO — 3–5 Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O — 13–15 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> — не більше ніж 0,1 TiO <sub>2</sub> — не більше ніж 0,1
Коефіцієнт заломлення	≥ 1,5
Стійкість до води, соляної кислоти, хлориду кальцію, сульфиду натрію	є
Питома вага, кг/дм <sup>3</sup>	2,4–2,6
Твердість по Моосу	5,5–6,5
Твердість по Роквелу	42–44 ХРЦ

**Полімерна стрічка для дорожньої розмітки**

Стрічка для дорожньої розмітки складається з пігментів, смол і світлоповертальних матеріалів (мікрокульки або світловідбиваючі елементи), може містити протиковзні частки. Вона готова до використання відразу. Стрічки подібні до інших матеріалів для розмітки: пігменти використовуються для надання кольору, смоли — для забезпечення потрібних характеристик зносостійкості. Цей матеріал використовують для нанесення розділової розмітки смуг руху, позначень, символів та поперечної розмітки, більш високостійкий до стирання і витримує більшу кількість наїздів колесами на нього, порівняно зі звичайною розмічальною фарбою, яку потрібно оновлювати вже через півроку. Стрічку можна класти прямо на свіжий шар гарячого асфальтобетону, це означає, що дорога буде покрита розміткою з першого дня її роботи без зайвого зволікання. Це є однією з переваг полімерної стрічки, що позитивно впливає на створення безпечних умов для руху транспортних засобів і пішоходів, без зайвого зволікання. Для підвищення характеристик зчеплення з дорожнім покриттям такий матеріал може бути нанесений на додатковий скріплюючий шар (грунтовку).

Основними перевагами стрічки є:

- високі значення коефіцієнта світлоповертання — 500–800 мкд·лк<sup>-1</sup>·м<sup>-2</sup>;
- підвищена зносостійкість;
- високий коефіцієнт зчеплення з колесом автомобіля за рахунок спеціальних часток;
- висока екологічність;
- гарна видимість в умовах зволоження та дощу.

Готові штучні форми — це сформована, готова до нанесення термопластикова дорожня розмітка, яка може наноситися на дорожнє покриття у будь-який сезон. Нанесення дорожньої розмітки дозволяє підвищити безпеку дорожнього руху без значних ресурсних витрат. Нанесення — просте і швидке, виконується однією людиною, що має щітку і газовий пальник. Завдяки високій якості і здатності зчеплення з асфальтом, має строк служби у 6–8 разів вище, ніж будь-який матеріал, який використовують для дорожньої розмітки. Асортимент форм охоплює

весь спектр символів і знаків, потрібних для регулювання дорожнього руху: дорожні знаки, лінії, стрілки, малюнки і літери, а також інші форми.

Перевагами готових форм є:

- точне розташування розмітки перед установкою;
- мінімальний час зупинки дорожнього руху завдяки швидкому нанесенню;
- мінімальна кількість обладнання, немає необхідності в чищенні, відходи відсутні;
- екологічність;
- великий строк служби.

### Висновки

Аналіз показав, що асортимент матеріалів для дорожньої розмітки постійно зростає, розробляються нові експериментальні матеріали (наприклад, люмінесцентні фарби), виробники працюють над удосконаленням рецептур вже існуючих матеріалів, вводять нові компоненти та наповнювачі, також пропонуються нові технології та методи нанесення для покращення ефективності дорожньої розмітки. Матеріалом, який найбільше використовують в Україні є фарби через низьку їх вартість порівняно з іншими матеріалами, а також популярності набуває пластик холодного нанесення та полімерні стрічки, які мають високу зносостійкість і дозволяють забезпечити функціональну довговічність дорожньої розмітки в декілька років. Для забезпечення необхідного світлоповертання дорожньої розмітки, наразі, використовують лише мікрокульки скляні світлоповертальні, хоча проводяться експериментальні дослідження щодо застосування інноваційних матеріалів в цьому напрямку (наприклад, використання люмінофорів у складі фарб).

### Список літератури

1. Calvi A. A study on driving performance along horizontal curves of rural roads. *Journal of transportation safety & security*. London, 2015. N 7 (3), P. 243–267. DOI: <https://doi.org/10.1080/19439962.2014.952468> (дата звернення: 20.04.2020).
2. de Waard D., Steyvers F. J., Brookhuis K. A. How much visual road information is needed to drive safely and comfortably. *Safety Science*. Netherlands, 2004. N 42 (7), P. 639–655. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2003.09.002> (дата звернення: 20.04.2020).
3. Steyvers F. J., de Waard D. Road-edge delineation in rural areas: Effects on driving behaviour. *Ergonomics*. London, 2000. N 43 (2), P. 223–238. DOI: <https://doi.org/10.1080/001401300184576> (дата звернення: 20.04.2020).
4. Burghardt T., Pashkevich A. Materials selection for structured horizontal road markings: financial and environmental case studies. *European Transport Research Review*. Germany, 2020. N 12, 11. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12544-020-0397-x> (дата звернення: 20.04.2020).
5. Burghardt T., 2018. High durability - high retroreflectivity solution for a structured road marking system. *Conference: International Conference on Traffic and Transport Engineering (ICTTE 2018)*. Belgrade, 2018. P. 1096-1102. URL: [https://www.researchgate.net/publication/328065486\\_HIGH\\_DURABILITY-HIGH\\_RETROREFLECTIVITY\\_SOLUTION\\_FOR\\_A\\_STRUCTURED\\_ROAD\\_MARKING\\_SYSTEM](https://www.researchgate.net/publication/328065486_HIGH_DURABILITY-HIGH_RETROREFLECTIVITY_SOLUTION_FOR_A_STRUCTURED_ROAD_MARKING_SYSTEM) (дата звернення: 20.04.2020).
6. Быковская Н. Е., Разумов М. С. Дорожная разметка с применением инновационного материала. Молодые ученые – основа будущего машиностроения и строительства. *Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции*. Курск, 2014. С. 69-72.



7. Яковец А.В. Использование современных материалов для нанесения дорожной разметки с целью повышения безопасности дорожного движения. Инновационное лидерство строительной и транспортной отрасли глазами молодых ученых. *Сборник научных трудов молодых ученых по материалам Международной научно-практической конференции. Сибирская государственная автомобильнодорожная академия (СибАДИ)*. Омск, 2014. С. 173-175.
8. Babić D., Burghardt T. Application and characteristics of waterborne road marking paint. *IJTTE. International Journal for Traffic and Transport Engineering*. Serbia, 2015. N 5. P. 150-169. DOI: [https://doi.org/10.7708/ijtte.2015.5\(2\).06](https://doi.org/10.7708/ijtte.2015.5(2).06) (дата звернення: 20.04.2020).
9. Гостев Ю.Г., Румянцев Л.Ю., Фощ І.В., Кострульова Т.Є. Функціональна довговічність дорожньої розмітки та якість розмічального матеріалу. *Дорожня галузь України*. Київ, 2011. N 3. С. 72-74.
10. Гостев Ю.Г., Румянцев Л.Ю., Фощ І.В., Кострульова Т.Є. Сучасні вимоги щодо застосування пластиків, полімерних стрічок, мікрокульок скляних світлоповертальних для горизонтальної розмітки автомобільних доріг. *Автошляховик України*. Київ, 2012. N 5. С. 42-48.
11. Свежинский В.Н., Малышкин С.А., Бессонова Л.П. Материалы и микростеклошарики для дорожной разметки – проблемы и тенденции. *Строительные материалы*. Москва, 2018. N 7. С. 28–30.
12. Свежинский В.Н., Малышкин С.А. Материалы и изделия для дорожной разметки. *Мир дорог*. Санкт-Петербург, 2016. N 88. С. 22–23.
13. Юшков Б.С., Бургонутдинов А.М., Юшков В.С. Современные подходы по нанесению дорожной горизонтальной разметки. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности*. Пермь, 2011. N 1. С. 136–141.
14. Разумов М.С., Быковская Н.Е. Повышение безопасности дорожного движения за счет применения дорожной разметки, интегрированной в асфальтобетонное полотно. *Известия Юго-Западного государственного университета*. Курск, 2015. N 2 (15). С. 53-57.
15. Юшков В.С., Овчинников И.Г., Пугин К.Г. Значение искусственных неровностей для обеспечения безопасности движения автомобильного транспорта. *Транспортные сооружения*. 2018. N 1. DOI: <https://doi.org/10.15862/07SATS118>.
16. Гостев Ю.Г., Кострульова Т.Є., Фощ І.В. Аналіз світового досвіду використання люмінесцентної фарби або люмінесцентних композицій. *Дороги і мости*. Київ, 2017. N 17. С. 54-60. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2017.17.054> (дата звернення: 20.04.2020).

### References

1. Calvi A. A study on driving performance along horizontal curves of rural roads. *Journal of transportation safety & security*. 2015. N 7 (3), P. 243–267. DOI: <https://doi.org/10.1080/19439962.2014.952468> (Last accessed: 20.04.2020) [in English].
2. de Waard D., Steyvers F. J., Brookhuis K. A. How much visual road information is needed to drive safely and comfortably. *Safety Science*. Netherlands, 2004. N 42 (7). P. 639–655. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2003.09.00> (Last accessed: 20.04.2020) [in English].
3. Steyvers F. J., de Waard D. Road-edge delineation in rural areas: Effects on driving behaviour. *Ergonomics*. London, 2000. N 43 (2), P. 223–238. DOI: <https://doi.org/10.1080/001401300184576> (Last accessed: 20.04.2020) [in English].
4. Burghardt T., Pashkevich A. Materials selection for structured horizontal road markings:

financial and environmental case studies. *European Transport Research Review*. Germany, 2020. N 12, 11. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12544-020-0397-x> (Last accessed: 20.04.2020) [in English].

5. Burghardt T. High durability – high retroreflectivity solution for a structured road marking system. In Conference: International Conference on Traffic and Transport Engineering (ICTTE 2018). Belgrade, 2018. P. 1096-1102. URL: [https://www.researchgate.net/publication/328065486\\_HIGH\\_DURABILITY-HIGH\\_RETROREFLECTIVITY\\_SOLUTION\\_FOR\\_A\\_STRUCTURED\\_ROAD\\_MARKING\\_SYSTEM](https://www.researchgate.net/publication/328065486_HIGH_DURABILITY-HIGH_RETROREFLECTIVITY_SOLUTION_FOR_A_STRUCTURED_ROAD_MARKING_SYSTEM) (Last accessed: 20.04.2020) [in English].

6. Bykovskaia N. E., Razumov M.S. Dorozhnaia razmetka s pryemenenyem ynnovatsyonnoho materyala. Molodye uchenye – osnova budushcheho mashynostroeniya y stroytelstva (Road marking using innovative material. Young scientists are the foundation of the future engineering and construction). *Collection of scientific papers of the International scientific and technical conference*. Kursk, 2014. P. 69-72. [in Russian].

7. Yakovets A. V. Yspolzovanye sovremennykh materyalov dlia naneseniya dorozhnoi razmetky s tseliu povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvyzheniya. Ynnovatsyonnoe lyderstvo stroytelnoi y transportnoi otrasly hlazamy molodykh uchenykh (The use of up-to-date materials for applying the road marking in order to improve road safety. Innovative leadership in the construction and transport industry as viewed by the young scientists) *Collection of scientific papers of young scientists based on the materials of the International scientific-practical conference. Siberian State Automobile and Road Academy (SibADI)*. Omsk, 2014. P. 173-175 [in Russian].

8. Babić D., Burghardt T. Application and characteristics of waterborne road marking paint. *IJTTE. International Journal for Traffic and Transport Engineering*. Serbia, 2015. N 5. P. 150–169. <https://doi.org/10.7708/ijtte> (Last accessed: 20.04.2020) [in English].

9. Hostev Yu. H., Rumiantsev L. Yu., Foshch I. V., Kostrulova T. Ye. Funktsionalna dovgovichnist dorozhnoi rozmitki ta yakist rozmichalnogo materialu. Dorozhnya galuz Ukrayini (The functionality of the road markings and the quality of the marking material) *Road industry of Ukraine*. Kyiv, 2011. N 3. P. 72-74. [in Ukrainian].

10. Hostev Yu. H., Rumiantsev L. Yu., Foshch I. V., Kostrulova T. Ye. Suchasni vimogi schodo zastosuvannya plastikiv, polimernih strichok, mikrokulok sklyanih svitlopovertalnih dlya gorizontanoi rozmitki avtomobilnih dorog (Modern requirements for the use of plastics, polymer tapes, retroreflective microglass beads for horizontal marking of roads). *Avtošljachovyk Ukraïny*. Kyiv, 2012. N 5. P. 42-48. [in Ukrainian].

11. Svezhinsky V.N., Malyshkin S.A., Bessonova L.P. Materialy i mikrostekloshariki dlya dorozhnoj razmetki – problemy i tendencii (Materials and Micro-Glass Beads for Road Surface Marking - Problems and Trends). *Stroitel'nye materialy*. Moscow, 2018. N 7. P. 28–30. [in Russian].

12. Svezhynskiy V. N., Malyshkin S. A. Materialy i izdeliya dlya dorozhnoj razmetki (Materials and products for road marking). *The world of road*. St. Petersburg, 2016. N 88. P. 22–23. [in Russian].

13. Yushkov B. S., Burgonutdinov A. M., Yushkov V. S. Sovremennye podkhody po naneseniyu dorozhnoi horizontalnoi razmetky (Modern approaches for horizontal road marking application). *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehničeskogo universiteta. Ohrana okružaúšej sredy, transport, bezopasnost' žiznedatel'nosti*. Perm, 2011. N 1. P. 136–141. [in Russian].

14. Razumov M. S., Bykovskaya N. E. Povyszenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya za schet primeneniya dorozhnoj razmetki, integrirovanoj v asfaltobetonnoe polotno (Improving road safety through the use of pre-goad markup embedded in the asphalt fabric and stitch the interfaces between materials). *Izvestiâ Ūgo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*. Kursk, 2015. N 2 (15). P. 53-57. [in Russian].

15. Yushkov V. S., Ovchinnikov I. H., Pugin K. H. Znachenye yskusstvennykh nerovnostei dlia obespecheniya bezopasnosti dvyzheniya avtomobylnoho transporta (The importance of artificial unevenness to ensure the safety of motor transport traffic). *Transportnye sooruzheniâ*. Moscow, 2018. N 1. DOI: <https://doi.org/10.15862/07SATS118> (Last accessed: 20.04.2020) [in Russian].

16. Hostev Yu. H., Kostrulova T. Ye., Foshch I. V. Analiz svitovoho dosvidu vykorystannia liuminestsentnoi farby abo liuminestsentnykh kompozytsii (Analysis of world experience in the use of fluorescent paint or fluorescent compositions). *Dorogi i mosti*. Kyiv, 2017. N 17. P. 54-60. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2017.17.054> (Last accessed: 20.04.2020) [in Ukrainian].

---

**Yuriy Gostev**, <https://orcid.org/0000-0002-0351-9591>

**Lev Rumyantsev**, <https://orcid.org/0000-0001-5785-3600>

**Tetyana Kostrulova**, <https://orcid.org/0000-0002-9554-1285>

*M.P. Shulgin State Road Research Institute State Enterprise - DerzhdorNDI SE, Kyiv, Ukraine*

### MATERIALS FOR HORIZONTAL ROAD MARKING ARRANGEMENT: ANALYSIS AND EXPEDIENCY OF APPLICATION

#### **Abstract**

**Introduction.** At the present stage of development of the road industry, the requirements for road marking are increasing. Functional durability of road marking depends on the quality of materials, on the technology of road marking arrangement, the conditions of its operation. Different materials are used for the road markings arrangement: paints, cold-applied plastics, thermoplastics, spray-plastics, finished artificial forms, etc.

**Issues statement.** The range of materials, technologies, as well as new road marking arrangement techniques to increase road safety is constantly expanding. Choosing the best solutions is a complex task that requires both technical and economic factors considerations. The analysis of the results of using different materials and technologies is becoming increasingly important in terms of extending the service life of road marking and improving its effectiveness.

**Purpose.** Analyze up-to-date materials for horizontal road marking to determine the advantages and disadvantages of each application.

**Materials and methods.** Analysis of information sources, including foreign, regarding technical characteristics, properties, composition, and application of various marking materials and technologies of their application.

**Results.** Characteristics of the following materials are given: paints, plastics, artificial forms, retroreflective micro glass beads, polymeric tapes, etc. Their main disadvantages and advantages are identified.

**Conclusions.** According to the results of the analysis, it can be concluded that the range of materials for road marking is constantly increasing, new experimental materials (e.g. fluorescent paints) are developed, manufacturers are working on improving the composition of existing materials, introducing new components and fillers, and also proposing new technologies and methods to improve road marking performance. In Ukraine, the most widely used materials are paints because of their low cost compared to other materials, as well as the popularity of cold-applied plastic and polymer tapes. To provide the necessary retroreflection of the road marking, retroreflective micro glass beads are used.

**Key words:** road marking, micro glass beads, cold-applied plastic, thermoplastic, paint.