



## CHAPTER 2 / РОЗДІЛ 2

### ROAD MARKINGS AS ONE OF THE MOST IMPORTANT ELEMENTS OF ROAD INFRASTRUCTURE

Дорожня розмітка – невід’ємна частина сучасної транспортної інфраструктури та відіграє важливу роль в забезпеченні безпеки дорожнього руху. В даний час кількість автомобілів зростає у всьому світі, навантаження на дорожнє покриття збільшується з кожним днем, і якість дорожньої розмітки відіграє важливу роль у підвищенні безпеки дорожнього руху. Дорожня розмітка являє собою систему ліній, знаків певних кольорів, розмірів, форми, які нанесені на дорожнє покриття та елементи облаштування доріг і призначена для регулювання руху транспортних засобів та пішоходів на дорозі у будь-який час доби та робить рух більш безпечним та зручним.

Виникнення дорожньої розмітки відбулося в давні часи, коли будувалися перші дороги у Греції та Римі, у стародавньому Мехіко та інших містах.

Дороги як засіб регулярних сполучень і перевезень на далекі відстані виникли в рабовласницьких державах Стародавнього світу – Ассирії, Вавілоні, Персії і набули найбільшого розвитку в Римській імперії. У Стародавньому Римі почали будувати дороги з бруківки для громадського транспорту, які надалі поширилися на Італію та її провінції. Зі збільшенням території римської держави збільшувалася довжина доріг і надалі римляни стали розділяти дороги у великих містах на проїзну частину та тротуари для пішоходів. Ще на вулицях давньоримських міст, по осі доріг викладені білим каменем лінії, які розділяли смуги зустрічного руху (рисунок 1). Центральна лінія, викладена вапняком, була присутня і на дорогах, побудованих ацтеками в XVI столітті (на території стародавнього Мехіко).

Історія поздовжньої розмітки (розділової лінії) починається з появи асфальтобетонних автомобільних доріг. Вперше біла смуга посеред дороги з’явилась у США. До автомобільного буму, спричиненого появою відносно доступних широкому загалу машин компанії Ford, кількість автомобілей у Європі (де їх на той час було найбільше) та США була мізерною, порівняно з



гужовим транспортом. За одне десятиліття (1907-1917 р.р.) індустрія здійснила колосальний стрибок вперед, кількість автомобілів на дорогах перевищила кількість карет та діліжансів. У 1910 році на 1000 американців припадало лише 5 автомобілів. Вже у 1920 році на кожну тисячу жителів у країні було 86 автомобілів. Разом з кількістю, росли і швидкості, на яких пересувались автомобілі, що створювало все більшу небезпеку для учасників нерегульованого дорожнього руху. Протягом другої декади ХХ століття у США щороку відбувалось більше 10 тисяч смертельних аварій за участю автомобілів.



**Рисунок 1 – Розділова лінія, викладена білим каменем, на вулицях давньоримських міст**

Також поперечна розмітка (пішохідний перехід) почала своє існування в епоху Римської імперії. Коли дорогами ще їздили колісниці, запряжені кіньми, постала необхідність створення пішохідного переходу, але не через потребу в безпечному перетині дороги.

Незважаючи на відкриття античних вчених у більшості сфер життя – від будівництва до науки і мистецтва, перед ними все ще гостро стояла проблема антисанітарії. Тому непривабливою реалією життя стародавніх римлян була ситуація, коли вулиці були забруднені стікаючими каналізаційними відходами, нечистотами та брудом. Коли місцеві жителі перетинали дорогу, взуття та ноги переставали бути чистими та сухими.



У Стародавньому Римі для зручності пішоходів викладали на вулицях перпендикулярно тротуару великі плоскі камені на невеликій відстані один від одного. Причиною такого рішення стала всюди завалена кінським гноєм проїзна частина.

На той момент таке рішення вважалося посправжньому революційним, адже таким нестандартним шляхом чітко було позначено місця для переходів з одного боку вулиці до іншого. При цьому проміжки між каменями були передбачені такої ширини, щоб і переступати було неважко, і колісниці могли вільно проходити (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Пішохідний перехід у Стародавньому Римі**

Так як на початку ХХ століття стали з'являтися бюджетні та популярні транспортні засоби, то в США вперше виникли конфлікти між тими, хто керував машинами, та тими, хто просто йшов дорогою.

Численні аварії за участю пішоходів відзначалися у США вже у 1920 роках, коли спостерігалось зростання кількості автомобілів. Винуватцями майже завжди визнавали водіїв. Ці випадки завжди описували в газетах, щоб викликати резонанс у суспільстві. Найбільш популістським рішенням у 1920 роках було обмеження швидкості до 25 миль/год або 40 км/год.

Але виробники вирішили завдати удару у відповідь і ввести обмеження не для автомобілістів, а для пішоходів. Це була перша спроба урегулювання руху. Тоді було видано закон, який отримав назву Model Municipal Traffic Ordinance.



Він обмежував вільний рух людей і зобов'язував їх перетинати дорогу під прямим кутом. До справи швидко підключилися газетярі та автомобільні концерни. Вони викривали порушників-пішоходів, а у разі ДТП перекладали провину на останніх.

Тому безпосереднє виникнення пішохідних переходів у звичному нам вигляді сталося порівняно недавно – у тридцятих роках минулого сторіччя. І пов'язано це було з розвитком автомобільної промисловості у всьому світі та, відповідно, значного збільшення кількості машин на дорогах. Так найбільш розвиненим країнам довелося замислитись про регулювання руху на дорогах.

У Британії придумали позначати місця для переходів за допомогою спеціальних металевих шпильок, які буквально встромлялися в асфальтобетонне покриття. Пізніше міністр транспорту Британії Хор-Беліш запропонував установлювати уздовж доріг жовто-помаранчові кулі на смугастих стовпах. Конструкція була схожа на маяк і була помітна водіям та пішоходам як вдень, так і в темний час доби. Ці кулі на смугастих опорах стали справжніми символами дорожнього руху у Великій Британії (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Сигнальні стовпи Беліша (Велика Британія)**

Перша «зебра» з'явилася 31 жовтня 1951 року в англійському місті Слоу – саме тоді пішохідний перехід через вулицю було оформлено у вигляді чергування чорних та білих смуг (рисунок 4).



**Рисунок 4 – Первая «зебра» в английском городе Слоу**

Смуги на пішохідному переході стандартизовані, мають ширину півметра. Крім того, згідно із Законом про дорожній рух (StVO), розмітку смуги руху прийнято офіційно називати пішохідним переходом.

Згідно з повідомленням телекомпанії WDR, походження терміна «зебра» сягає глибоко корінням у роки після Другої світової війни. На той час кількість автомобілів у Західній Німеччині зростала надзвичайно швидко, через що почастишали аварії за участю пішоходів.

У 1953 році пішохідні переходи були включені до складу StVO. Згідно з наявною інформацією, смуги на той час називалися офіційною німецькою мовою «Dickstrichkette». Трохи згодом у результаті рішучих дій з боку уряду, з'явилося поняття «зебра» (рисунок 5).

Сталося це через те, що автомобілісти часто не надавали належного значення дорожній розмітці та періодично її ігнорували. Акція боротьби з такими водіями стартувала 24 квітня 1954 року. Ініціатором заходу стала поліція Гамбурга.



**Рисунок 5 – Пішохідний перехід 50-х років, Берлін**

Суть акції полягала в тому, що автомобілісти, які поводитися добре на пішохідному переході, отримували наклейку у вигляді зебри на лобове скло. Зебра розшифровувалась як аббревіатура: «Знак особливо уважного водія».

Навіть після проведеної масштабної акції по всій країні пішохідні переходи все ще залишалися небезпечними. За наявними даними, у Північному Рейні-Вестфалії на пішохідних переходах 1955 року загинуло майже 4000 осіб. Тоді за законом автомобілісти ще не були зобов'язані зупинятися тут.

Відповідне рішення про необхідність пропускати пішоходів у виділених місцях з'явилося лише 1964 року. З того часу автомобілістам доводиться чекати і пропускати перехожих у цьому місці, а альтернативна назва так і закріпилася серед громадськості, успішно доживши до сучасності.

Дорожня розмітка з'явилася на початку ХХ століття саме з такою метою, щоб полегшити для водіїв орієнтацію на дорозі і зробити рух більш упорядкованим і, як наслідок, безпечнішим.

Винахідником дорожньої розмітки вважається Едвард Н. Хайнз, член дорожньої комісії Wayne County у штаті США Мічиган. Він у 1911 році запропонував нанести на першу бетонну дорогу світу, Woodward Avenue у Детройті, центральну лінію для поділу смуг руху.



Розмітка завжди знаходиться у полі зору водіїв і пішоходів, дає їм необхідну інформацію про порядок руху, тому умови її нанесення (технології і матеріали) та експлуатаційний стан автомобільної дороги повинні забезпечувати її постійну наявність і хорошу видимість. Для забезпечення цих вимог розробляються нові види розмітки, які вимагають якісних нових матеріалів.

Одним з напрямів підвищення ефективності горизонтальної дорожньої розмітки є застосування нових маркувальних матеріалів і технологій.

Сьогодні використовують для нанесення дорожньої розмітки наступні матеріалами: фарби, спреї-пластики, пластики гарячого та холодного нанесення та полімерні стрічки [1, 2, 3, 4].

Фарба для розмітки доріг є суспензією тонкодисперсних пігментів, наповнювачів і функціональних добавок в розчині плівкоутворювача в органічних розчинниках, або у воді.

Фарби повинні мати такі властивості:

- стійкість до механічних навантажень;
- стійкість до впливу навколишнього середовища (опади, УФ-випромінювання, перепади температури);
- відсутність реакції на сольові суміші та хімічні реагенти, які використовуються для безпечного транспортного руху в зимовий період);
- швидке висихання в природних умовах і мінімальна залежність від рівня вологості в момент нанесення;
- яскравий, добре помітний навіть здалеку, колір;
- світловідбиваючі властивості, що дозволяють водієві побачити розмітку автомобільної дороги навіть в темний час доби.

Перевагами дорожніх фарб є низька вартість як самого матеріалу так і технологічного устаткування для його нанесення, швидке висихання, можливість нанесення зображень за допомогою трафарету. Основним недоліком є короткий термін служби [1].



Термопластик є композиційним матеріалом, до складу якого входить полімерна термопластична смола і мінеральний наповнювач з максимальним розміром часток близько 1 мм.

До переваг термопластиків відносять: більш тривалий термін служби, оскільки товщина шару, що наноситься, складає від 1 до 4 мм та тривалий термін зберігання на складах. До недоліків термопластиків відносять: складність технологічного устаткування, обмежений технологічний діапазон нанесення.

Холодний пластик є композиційним матеріалом, що містить: акрилові смоли, пігмент, світлі наповнювачі [1]. Пластичні маси укладають на сухе, чисте дорожнє покриття в холодному стані при температурі навколишнього середовища більше плюс 5 °С. Твердіння відбувається внаслідок додавання затверджувача на останній робочій стадії, тобто безпосередньо перед потраплянням пластику на дорожнє покриття. Після нанесення пластику на дорожнє покриття дорожній рух може бути відкрито вже через 20-25 хв. (при температурі навколишнього повітря 18-25 °С).

Переваги холодних пластиків полягають в можливості нанесення їх при нижчих температурах, ніж термопластиків, що розширює сезонність робіт; відсутність необхідності в нагріванні і плавленні початкової суміші; завдяки утворенню тривимірної сітки при твердінні матеріалу, холодний пластик має високу стійкість до дії атмосферних факторів, характеризується хімічною стійкістю, стійкістю до перепадів температур і зносостійкістю. Довговічність розмітки з холодних пластиків в середньому в 2 рази перевищує довговічність термопластиків при однаковій товщині лінії.

Недоліки пов'язані з особливостями нанесення холодних пластиків. Оскільки це двокомпонентні матеріали і хімічне сполучення починається відразу після змішування компонентів, то матеріал необхідно використовувати за час що називається життєздатністю композиції, і складає в середньому 15 хвилин, що досить мало для роботи з великим об'ємом матеріалу (потрібна висока кваліфікація робітників). Якість розмітки у значній мірі залежить від





температури і концентрації затверджувача. За вартістю холодні пластики є одними з найбільших за вартістю розмічальних матеріалів.

Лінії горизонтальної розмітки наносять на покриття дороги за допомогою маркувальних машин. В інших випадках розмітку виконують вручну за допомогою пістолета-фарборозпилювача, ручного термоукладача або пензлика (за шаблонами).

Маркувальні машини класифікують за такими ознаками: функціональним призначенням, типом ходової частини, матеріалом що використовують і способом нанесення лінії.

Функціональне призначення машини залежить від місця, де вона використовується (міські вулиці, автомагістралі, аеродроми). За ходовою частиною машини поділяються: на ручні механізми, ручні самохідні машини, самохідні машини на оригінальних або автомобільних шасі, причіпні агрегати, навісне обладнання і т. д. Існують машини для нанесення ліній фарбами або термопластичними матеріалами, машини й устаткування для укладання плівки, установки кнопок, плит і т. п. Спосіб механізованого нанесення ліній розмітки також залежить від матеріалу що застосовують.

Фарбу наносять безкомпресорним, пневматичним або кінетичним (безповітряним) способом, термопластик – пневматичним, кінетичним або гравітаційним [5].

При безкомпресорному способі фарба з бака надходить до фарборозпилювача під тиском і, руйнуючись в насадці фарборозпилювача, виходить з вихідного отвору однофазним струменем. Тиск в системі створюється, як правило, стисненим повітрям (з балона) або ручним насосом.

При пневматичному способі передбачається використання компресора, який подає повітря під тиском (0,2-0,6) МПа в резервуар для фарби, в бак для розчинника і до фарборозпилювача. Фарба або розплавлений термопластик надходить під тиском до фарборозпилювача і через отвір в насадці стікає двофазна диспергована суміш.



Кінетичний спосіб полягає в тому, що матеріал, який поступає в фарборозпилювач під високим тиском (3-12) МПа за допомогою насоса поршневого типу, надходить в атмосферу через отвір малого перетину. В результаті різкого перепаду тисків матеріал дробиться на дрібні частинки.

При гравітаційному способі термопластичний матеріал, розігрітий до текучого стану, впливає на покриття через спеціальний отвір під дією власної ваги. Контур лінії розмітки формується за рахунок високої консистенції матеріалу і форми вихідного отвору.

Найбільшого поширення набули пневматичний та гравітаційний способи, перший – завдяки високій продуктивності (5-6) км/год, надійності обладнання, легкого управління, другий – завдяки простоті обладнання.

Технологічне обладнання для нанесення ліній термопластиком включає в себе: один або два котли для розігрівання порошкоподібного термопластика до робочого стану; робочий орган (маркер) для нанесення лінії розмітки; колектор, агрегат для подачі термопластика від котлів до маркера; гідросистему для приводу робочих механізмів; шафи з балонами для газу; систему електронного програмного управління роботою маркера в автоматичному режимі, компресор для подачі стисненого повітря в пристрій для очищення проїзної частини від пилу і бруду.

Якщо застосовуються два котли, то вони використовуються по черзі: з одного матеріал надходить до робочого органу, в іншому йде підготовки матеріалу.

Сьогодні в Україні застосовуються машини для розмітки доріг фарбою: Graco, серія LineLazer, машини HVBAN; універсальні машини Hofmann; Dino-Power; СТiM, серії Контур і Джміль; Taitek (FILTERMEDIA), серія GEA.

Характеристики машини "Джміль-11А": бак для склокульок – 150 л, бак для фарби – 375 л, тиск робочий – до 13 МПа, максимальна ширина ліній 2×200 мм, швидкість розмітки – 12 км/год. Зовнішній вигляд машини "Джміль-11А" для нанесення розмітки фарбою наведено на рисунку 6.



**Рисунок 6 – Машина "Джміль-11А" для нанесення дорожньої розмітки фарбою**

Технологія нанесення дорожньої розмітки фарбою: огороження місця виконання робіт, підготовка фарби та завантаження її в розмічальну машину, підготовка до роботи розмічальної машини, завантаження склокульок, нанесення фарби та склокульок на дорожнє покриття, догляд за нанесеною розміткою до повного її висихання та зняття тимчасового огороження [5].

Також в Україні найчастіше застосовують маркувальні машини для розмітки доріг термопластиком: Graco, серія ThermoLazer; Hofmann. Зовнішній вигляд машини Hofmann H26-4 для нанесення термопластику наведено на рисунку 7.



**Рисунок 7 – Машина Hofmann H26-4 для нанесення термопластику**



Характеристики машини Hofmann H26-4 для нанесення термопластику: напірний бак під склокульки – 2 штуки об'ємом по 160 л, об'єм контейнерів під термопластик – до 500 л, ширина лінії від 100 мм до 1 000 мм, швидкість до 24,5 км/год, маса від 2400 кг до 4200 кг.

Технологія механізованого влаштування розмітки пластиком гарячого нанесення включає наступні операції: підготовка пересувного котла для розплавлення пластику і котла розмічальної машини, завантаження і плавлення пластику, підготовка розмічальної машини, завантаження склокульок, огороження ділянки робіт, нанесення пластику на дорожнє покриття, зняття тимчасового огороження та напрямних конусів [5].

Технологія нанесення холодного пластику не вимагає попереднього розігрівання матеріалу, завдяки чому нанесення розмітки потребує менше часу. Перед нанесенням холодного пластику його компоненти поєднуються, отриманий матеріал необхідно використати в обмежений термін. Наносити на попередньо очищене дорожнє покриття холодний пластик можна як ручним способом, так і за допомогою ручної машини або машинним способом [5]. Нанесення холодного пластику на дорожнє покриття машинним способом представлено на рисунку 8.



**Рисунок 8 – Нанесення холодного пластику на дорожнє покриття машинним способом**



Для покращення видимості розмітки в темний час доби скляні мікрокульки додають в котли з розплавленим термопластиком (до 15 % від загальної маси матеріалу) або засипають у спеціальний бункер машини, з якого по трубопроводу кульки потрапляють на гарячу поверхню укладеного на дорожнє покриття термопластика.

Склокульки для дорожньої розмітки – невід'ємний компонент в системі сучасної дорожньої розмітки [6]. Світловідбиваючі властивості скляних мікрокульок в рази покращують видимість дорожньої розмітки, подовжують термін експлуатації дорожньої розмітки і є екологічно безпечним продуктом.

Основні переваги використання склокульок для розмітки доріг:

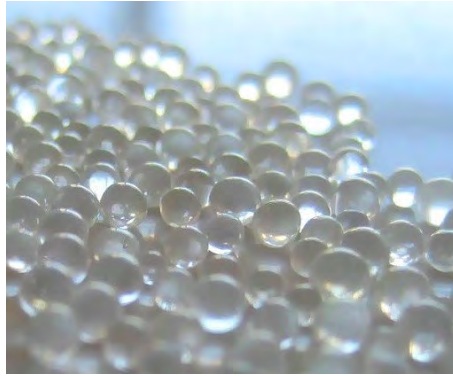
– покращена видимість (склокульки мають високу відбивну здатність, що значно покращує видимість розмітки дороги, особливо в нічний час або при поганих погодних умовах. Вони можуть відбивати світло фар автомобілів на великі відстані, роблячи розмітку більш помітною і чіткою для водіїв);

– довговічність (склокульки мають високу зносостійкість і довговічність, що дозволяє їм залишатися на місці протягом тривалого часу без втрати своїх властивостей. Вони стійкі до впливу погодних умов, ультрафіолетового випромінювання і механічного впливу, такого як рух автомобілів і шин);

– стійкість до хімічних речовин (склокульки мають високу стійкість до хімічних речовин, таких як сіль, кислоти і луги, які можуть використовуватися при утриманні дороги. Завдяки цьому, склокульки зберігають свою яскравість і відбивні властивості протягом тривалого часу);

– екологічна безпека (склокульки є екологічно безпечним матеріалом для використання в дорожній розмітці. Вони не містять важких металів або інших шкідливих речовин, що робить їх безпечними для довкілля та здоров'я людей [6]).

Скляна мікросфера має прозору кулясту форму розміром 100-600, 125-600, 400-840 (мкм). Зовнішній вигляд склокульок наведено на рисунку 9.



**Рисунок 9 – Зовнішній вигляд склокульок**

Гранули рівномірно розподіляються по всій поверхні розмічального матеріалу, а занурення, в ідеальному варіанті повинно бути 50 %. Такий спосіб нанесення дає максимальний ефект світловідбивання (рисунок 10).



**Рисунок 10 – Нанесення дорожньої фарби та склокульок на дорожнє покриття**

Існує три способи нанесення мікрокульок:

- введенням всередину розмічального матеріалу в кількості 10-20 %;
- посипанням поверх свіжнанесеної розмітки в кількості 200-300 г/м<sup>2</sup>;
- поєднанням цих двох способів одночасно [4].

В Україні пропонується, на дорогах вищої категорії (I-II) передбачати влаштування фрезерованих шумових смуг (ШС). Шумова дорожня розмітка – це недорогий та дієвий спосіб підвищення безпеки руху та зменшення кількості



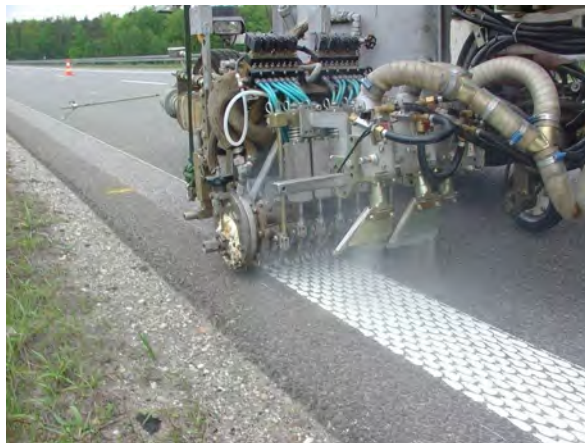
автомобілів, які потрапляють у дорожньо-транспортні аварії, так як при наїзді на неї водій стає уважнішим та знижує швидкість.

Вперше шумові смуги з'явилися в США всередині 50-х років минулого століття і за принципом своєї дії нагадують «лежачих поліцейських». Вони являють собою штучні нерівності, які залежно від призначення влаштовуються вздовж або поперек дороги. Під час наїзду на неї водій автомобіля починає відчувати суттєву вібраційну та шумову дію, що сприяє підвищенню його уваги на дорозі з метою запобігання зіткнень або з'їзду на узбіччя, тротуар та ін.

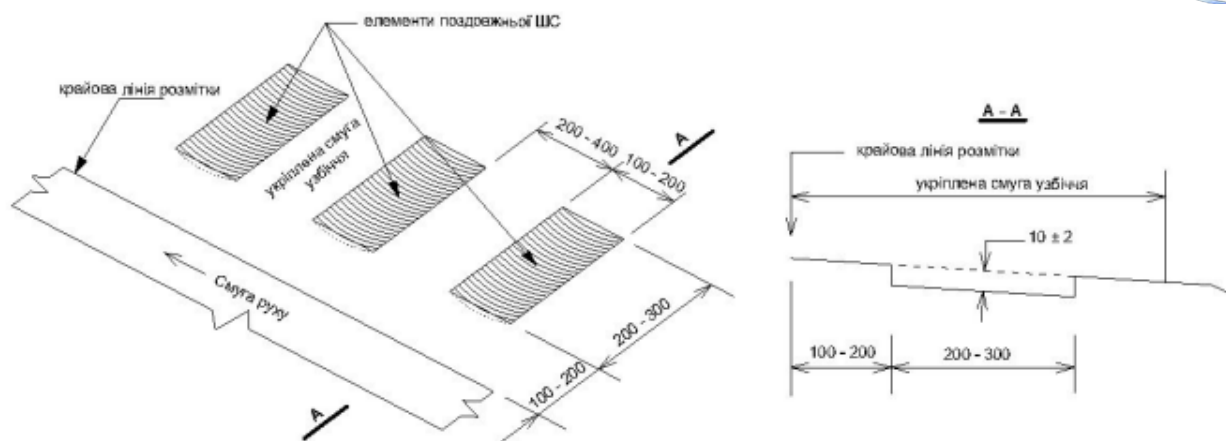
Також шумові розмітки широко застосовуються у Німеччині, Канаді, Фінляндії, Данії, Швеції, Норвегії та у багатьох з цих країн є обов'язковими під час проєктування нових доріг. Застосування шумових смуг дозволяє досягти значного зниження рівня аварійності на дорогах, щонайменше удвічі.

Значну роль у попередженні аварійних ситуацій відіграють поздовжні шумові смуги, які за рахунок вібрації і створення шуму попереджають водія про те, що він виїхав за межі смуги руху, що особливо актуально в умовах недостатньої видимості, а також знижують ризик аварій, які спричинені втому чи недосипанням водіїв.

Поздовжні шумові смуги влаштовуються із пластику холодного бо гарячого нанесення для дорожньої розмітки (рисунок 11), а також методом фрезерування [7] (рисунок 12-14).



**Рисунок 11 – Нанесення поздовжньої шумової розмітки пластичними матеріалами**



**Рисунок 12 – Параметри елементів поздовжньої (крайової) ШС, виконаної способом фрезерування [7]**



**Рисунок 13 – Поздовжня шумова розмітка по осі та вздовж краю проїзної частини за методом фрезерування**



**Рисунок 14 – Поздовжня шумова розмітка вздовж краю проїзної частини за методом фрезерування**





Також на дорожньому покритті влаштовують поперечні шумові смуги – поперечні червоні лінії, які виступають над покриттям на 5-7 мм [7] (рисунок 15). Вони розташовуються перед небезпечними ділянками та переходами.



**Рисунок 15 – Поперечна шумова розмітка виконана пластичними матеріалами**

Порівняння вартості та терміну служби влаштування шумових смуг різними методами показало, що шумові смуги які виконані способом фрезерування є дешевшими і мають більший термін служби. Шумові смуги із пластичних матеріалів для дорожньої розмітки є значно дорожчими і недовговічними. Окрім того, під час очищення дорожнього покриття від снігу, як показує світова практика, лезо снігоочисної техніки часто зрізає сферичні кульки на поверхні шумових смуг, виконаних із пластичних матеріалів для дорожньої розмітки.

Зарубіжний досвід показує, що використання шумових смуг ефективно працює як профілактика аварійних ситуацій.

Так само існує горизонтальна розмітка, яка дублює дорожні знаки: «Обмеження максимальної швидкості», «Нерегульований пішохідний перехід», «Інша небезпека» (аварійно-небезпечна ділянка дороги) і «Місце для стоянки».



Подібні дублі великого розміру, які розташовані прямо на проїзній частині, призначені для того, щоб водій встиг підготуватися до змін на ділянках дороги, які вимагають особливої уваги.

Дублюючі знаки можуть наноситися на покриття фарбами, а також готовими термопластичними формами (рисунки 16, 17).\



**Рисунок 16 – Дублювання на покритті знака «Обмеження максимальної швидкості»**



**Рисунок 17 – Дублювання на покритті знака «Пішохідний перехід»**

Технологія нанесення даної розмітки наступна: перед нанесенням знаку поверхню дорожнього покриття необхідно очистити від бруду, пилу і прибрати залишки вологи шляхом просушування дорожнього покриття. Просушування



може виконуватися газовим пальником, необхідним потім для закріплення знаку на покритті. Спочатку наноситься ґрунтовка. Після її повного висихання на покритті розміщується готова форма. Як правило, вона складається з декількох частин, які викладаються на покриття впритул одна до одної. Проміжок між частинами не повинен складати більше 5 мм. За допомогою газового пальника термопластикова форма прогрівається, спочатку по усій поверхні для з'єднання частин, потім кожна окрема частина доводиться до необхідної температури плавлення. Полум'я має бути наближене до штучної форми так, щоб термопластик, що розплавляється, мав однакову температуру по всій товщині. Після закінчення процесу плавлення на поверхню гарячої форми наносяться додатково склокульки. Такі ж склокульки є в наявності в готовій формі. Додані склокульки забезпечують світлоповертальні властивості розмітки, а також підвищують її зносостійкість. Етапи нанесення дублюючого знаку «Пішохідний перехід» готовими термопластичними формами наведено на рисунку 18.



**Рисунок 18 – Етапи нанесення дублюючого знаку «Пішохідний перехід» готовими термопластичними формами**

Застосовуються також полімерні світлоповертальні стрічки для горизонтальної дорожньої розмітки. Період функціональної довговічності полімерних стрічок залежить від місця та способу її нанесення, умов дорожнього руху та інтенсивності транспортного потоку, технології снігоприбирання, зовнішніх кліматичних факторів у момент нанесення, кількості важких вантажівок, кількості смуг руху та інших факторів.



Полімерні стрічки виготовляють на заводі і застосовуються при виготовленні ліній, символів і написів горизонтальної поздовжньої і поперечної дорожньої розмітки проїзної частини доріг і вулиць. Полімерні стрічки поставляються у вигляді рулонів шириною 100, 150, 200 і 400 мм. Стрічка складається з декількох шарів. Її поверхня має рельєфну структуру. Верхній шар стрічок містить шар звичайних склокульок, а також керамічних часток з великою стійкістю до стирання і високим коефіцієнтом заломлення. Міцність керамічних часток, їх стійкість до роздавлювання і стирання значно вища, ніж у склокульок. Крім того, за рахунок керамічних часток забезпечується краще зчеплення шини з поверхнею полімерної стрічки. Верхній поліуритановий шар підвищує зносостійкість і довговічність матеріалу. Нижній клейовий шар спрощує процес нанесення стрічки і забезпечує її міцніше зчеплення з покриттям дороги.

Високоєфективна рельєфна полімерна стрічка 3M™ Stamark™ білого кольору A380IES – це виріб (матеріал) повного заводського виготовлення та призначений для постійної горизонтальної дорожньої розмітки (рисунок 19).



**Рисунок 19 – Зовнішній вигляд полімерної стрічки 3M™ Stamark™**

Стрічка A380IES додатково армована (посилена) поліефірною сіткою для більш високої зносостійкості та довговічності в процесі експлуатації.

Полімерна стрічка поставляється у вигляді готових рулонів (рисунок 20).



**Рисунок 20 – Зовнішній вигляд готового рулону полімерної стрічки 3M™ Stamark™**

Основні технічні характеристики полімерної стрічки 3M™ Stamark™:

- високі значення коефіцієнта світловідображення та яскравості;
- висока зносостійкість (до 5-6 млн. «наїздів шин»);
- функціональна довговічність до трьох років [3];
- високий коефіцієнт зчеплення за рахунок рельєфної структури стрічки;
- збереження «видимості» розмітки протягом усього терміну експлуатації за рахунок багат шарового розташування світлоповертаючих елементів у рельєфному верхньому шарі;
- чудова «видимість у дощ» за рахунок спеціальної конструкції верхнього шару;
- підвищена міцність стрічки за рахунок наявності спеціальної армуючої сітки;
- екологічна: не містить важких металів, барвників та інших матеріалів, що містять свинець;
- зручне нанесення на дорогу.

Стрічка M™ Stamark™ має такий склад:

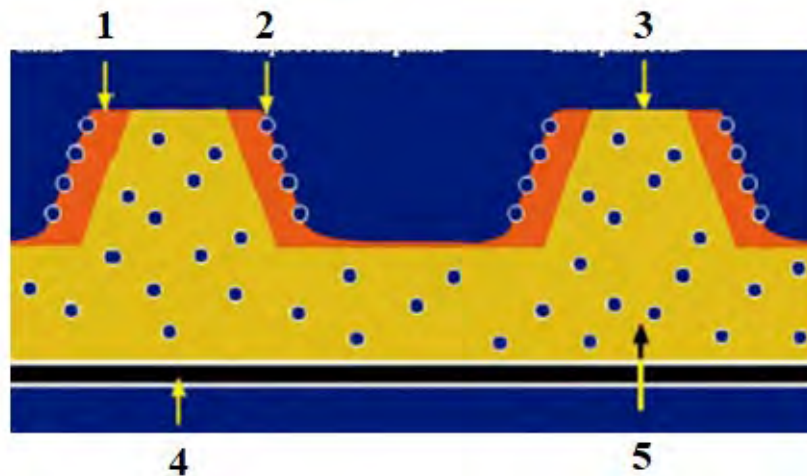
- полімерний верхній шар (поліуретан) – 0,4 мм;
- еластичний шар (вуглеводнева та фенольна смоли) – 1 мм/2,2 мм (у місцях виступів);
- чутливий до тиску клей (синтетичний каучук) – 0,4 мм;



– світлоповертаючі скляні кульки розташовані по всьому об'єму стрічки (крім клейового шару) з максимальною концентрацією на поверхні (в поліуретановому шарі).

– в еластичному шарі розташована поліефірна сітка.

Товщина стрічки – близько 3 мм. Конструкція полімерної стрічки M<sup>TM</sup> Stamark<sup>TM</sup> наведена на рисунку 21.



1 – захисний поліуретановий шар; 2 – світлоповертаючі скляні мікрокульки;  
3 – рельєфна шорстка поверхня; 4 – чутливий до тиску клей; 5 – еластична основа з поліефірною сіткою

**Рисунок 21 – Конструкція полімерної стрічки M<sup>TM</sup> Stamark<sup>TM</sup>**

Полімерна стрічка A380IES наноситься методом «втоплювання» в свіжоукладений гарячий асфальтобетон, після чого дорога може бути відразу відкрита для руху.

Для нанесення полімерних стрічок на існуюче дорожнє покриття використовуються спеціальні клейові суміші:

– бітумний термоплавкий клей Viguma<sup>TM</sup>, що застосовується для нанесення розмітки стрічками на ділянках доріг із ЩМА та цементобетонних покриттях;

– спеціальна ґрунтовка (праймер) 3M<sup>TM</sup> Stamark<sup>TM</sup> P50, яка застосовується для нанесення розмітки стрічками на покриттях, які знаходяться в хорошому стані та влаштовані порівняно недавно.



Дана стрічка має посилений чутливий до тиску нижній клейовий шар, що додатково підвищує адгезію стрічки при нанесенні на існуючі покриття з використанням клейових сумішей.

Полімерна стрічка A380IES повинна зберігатись у прохолодному, сухому приміщенні. Використовувати її можна протягом року після отримання. Транспортування рулонів зі стрічкою проводиться в критих транспортних засобах, де забезпечені умови захисту упаковки від механічних пошкоджень, вологи і нагрівання.

Полімерну стрічку добре видно як в суху погоду, так і під час дощу, оскільки в її структуру входять керамічні елементи з різним коефіцієнтами заломлення.

Способи нанесення – вдавлювання у свіжоукладений асфальтобетон, нанесення на спеціальний клей або дорожнє покриття полімерної стрічки, на якій вже є клейовий шар.

Встановлення рулону в ручний візок-аплікатор наведено на рисунку 22.



**Рисунок 22 – Встановлення рулону в ручний візок-аплікатор**

Нанесення на покриття полімерної стрічки, на якій вже є клейовий шар, ручним візком-аплікатором наведено на рисунку 23.



**Рисунок 23 – Нанесення на покриття полімерної стрічки, на якій вже є клейовий шар ручним візком-аплікатором**

Технологія наклеювання полімерних стрічок включає наступні операції: огороження ділянки, при використанні бітумного клейового складу розігрівання його до необхідної температури у котлі; нанесення на дорожнє покриття клейової суміші і її технологічне витримування, укладання на підготовлену поверхню полімерної стрічки, підкочування полімерної стрічки ручним котком масою від 25 кг до 50 кг, зняття огороження [5].

Люмінесцентні (або фосфоресційні) матеріали тривалий час використовувалися в різних областях, починаючи від годинникових стрілок і закінчуючи обладнанням безпеки. Однак ідея застосування цих матеріалів у дорожній розмітці з'явилася відносно недавно.

Вночі погіршується видимість, і деякі ділянки, наприклад круті повороти і пішохідні переходи, стають особливо небезпечними місцями аварій. Багато міст намагалися зробити нічний час більш безпечним, встановлюючи більше вуличних ліхтарів, покращуючи дорожню розмітку та модернізуючи світлофори. Там, де недостатньо освітлення, нещасні випадки трапляються набагато частіше (більше 40 % аварій відбувається у місцях з недостатнім освітленням).

Дорожня розмітка, що світиться, в першу чергу служить візуальним попередженням, а не освітлює шляхи, як традиційне освітлення. У даному маркуванні використовуються фотолюмінесцентні матеріали, що поглинають світло в денний час а вночі випромінюють блідо-жовто-зелене світіння. Це м'яке





світіння особливо необхідне у темний час доби на тротуарах, крутих поворотах та інших місцях з високим рівнем аварійності, підвищуючи безпеку за рахунок візуальних сигналів.

Заряджаючись від сонячних променів протягом дня, фотолюмінесцентні матеріали дозволяють підвищувати безпеку дорожнього руху в різних умовах, особливо там, де електричні освітлення непрактичні.

Перші експерименти з використанням люмінесцентної фарби для дорожньої розмітки розпочалися у 2000-х роках. Їх основна мета була покращити видимість розмітки в темний час доби, особливо в умовах поганої видимості через туман або дощ.

Переваги люмінесцентної фарби:

1. Видимість у темний час доби. Головна перевага цієї фарби – її здатність випромінювати світло за умов недостатнього освітлення. Особливо актуальною є така розмітка на ділянках, де відсутнє освітлення. Це значно покращує видимість дорожньої розмітки вночі.

2. Економія енергії. Така розмітка не вимагає постійного джерела живлення, наприклад, світлодіодні лампи. Фарба здатна накопичувати світлову енергію протягом дня, а потім світитися протягом 8 годин вночі.

3. Довговічність. Сучасні люмінесцентні фарби можуть зберігати свої властивості до 10 років, що робить їх економічно вигідними у довгостроковій перспективі.

4. Безпека. Покращена видимість дорожньої розмітки допомагає знизити кількість аварій через погану видимість.

Недоліки люмінесцентної фарби:

1. Висока ціна. Початкова вартість матеріалу та робіт з нанесення може бути вищою, ніж у традиційних фарб.

2. Втрата якостей. Під впливом ультрафіолету та зносу, фарба може з часом втрачати свої світловипромінюючі властивості.



3. Залежність від погодних умов. Для акумуляції світла потрібна достатня кількість сонячного світла, що у похмурі чи дощові дні може погіршувати її світловіддачу.

Люмінесцентна фарба для розмітки доріг являє собою інноваційне рішення, яке може значно поліпшити безпеку дорожнього руху. Однак, як і будь-яка технологія, вона має свої переваги та недоліки. При прийнятті рішення щодо її використання необхідно враховувати багато факторів, включаючи клімат, інтенсивність дорожнього руху та економічну ефективність.

Люмінесцентна фарба вже успішно застосовується в деяких країнах, де інфраструктура та бюджет дозволяють впроваджувати новітні технології. Практика показала, що деякі дороги з такою розміткою значно безпечніші вночі, особливо в регіонах із тривалим темним часом доби або частими метеорологічними ускладненнями.

Ця інновація вимагає додаткових витрат як на впровадження, так і на обслуговування і відновлення. На даний момент існує потреба в додаткових дослідженнях ефективності та довговічності люмінесцентних матеріалів у різних кліматичних умовах.

Враховуючи всі ці фактори, можна стверджувати, що люмінесцентна фарба має велике майбутнє у сфері дорожньої безпеки. Зростання техно-логічних можливостей і зниження вартості матеріалів у майбутньому, без сумніву, зроблять її ще більш доступною та популярною. Дорожня розмітка, що світиться вночі наведена на рисунках 24, 25.



**Рисунок 24 – Дорожня розмітка, що світиться вночі**



**Рисунок 25 – Лінії, що світяться в темряві при низьких температурах (динамічна фарба)**

Сьогодні для підвищення безпеки руху на дорогах застосовується 3D розмітка (розумна оптична ілюзія) змушуючи водіїв знижувати швидкість. Завдяки яскравим кольорам її важко не помітити. Це допомагає зменшити кількість аварій на цій ділянці. Крім того, це красиво і незвичайно, тому привабливо також і для туристів.

Дивлячись на рисунок з певного кута, водій сприймає її як об'ємну. Псевдооб'ємна розмітка виконується звичайною фарбою білого, жовтого і червоного кольорів, але наноситься під певним кутом. Коли водій наближається до ділянки з такою розміткою, йому здається, що вона не намальована, а виконана з окремих блоків. Саме цей ефект примушує водія знизити швидкість і бути більш уважним. Приклад застосування 3D розмітки на дорожньому покритті наведено на рисунку 25 та на пішохідних переходах в різних країнах світу наведено на рисунках 26-32.

Метод нанесення такої розмітки наступний: на дорогу наклеюється спеціальна плівка з алюмінієвою основою. Верхня поверхня цієї плівки має шорстку поверхню для того, щоб при гальмуванні на такій розмітці було добре зчеплення коліс автомобіля з покриттям.

Планується застосовувати таку розмітку на нерегульованих пішохідних перехрестях, позначати ними острівці безпеки.



**Рисунок 26 – 3D розмітка на дорожньому покритті**



**Рисунок 27 – 3D-розмітка пішохідного переходу в Ісландії**



**Рисунок 28 – 3D-розмітка пішохідного переходу в Англії**



Рисунок 29 – 3D-розмітка пішохідного переходу у Китаї



Рисунок 30 – 3D-розмітка пішохідного переходу в Індії



Рисунок 31 – 3D-розмітка пішохідного переходу у Києві



**Рисунок 32 – 3D-розмітка пішохідного переходу у Молдові**

Кольорова розмітка здійснюється фарбами, пластиками гарячого та холодного нанесення. Вибір кольору залежить від основного критерію – його контрастність по відношенню до кольору дорожнього покриття. Так, у Німеччині 1930-х років для нанесення розмітки використовували чорну фарбу з однієї причини – німецькі автобани мали цементобетонне покриття та були світлими.

Сфери застосування кольорової розмітки: пішохідні переходи і зони гальмування, автобусні зупинки, елементи безпеки на вулицях і дорогах, мости, шляхопроводи, тунелі, пішохідні і велосипедні доріжки, вокзали і перони, аеропорти, зони відпочинку, парки і так далі.

До переваг кольорової розмітки відносять: підвищення безпеки дорожнього руху, збільшення інформативності дорожньої розмітки, естетичне сприйняття кольорової дорожньої розмітки.

З 2013 року з'явилися нові кольори дорожньої розмітки. Сьогодні дорожня розмітка може бути п'яти різних кольорів: білого, жовтого, синього, червоно-білого і помаранчевого.

Суцільною лінією синього кольору позначаються місця паркувальних майданчиків, розміщених на проїзній частині. Дана лінія наноситься на проїзну частину вздовж тротуарів (рисунок 33).



**Рисунок 33 – Дорожня розмітка синього кольору**

Червоно-білими – «зебра» на нерегульованих пішохідних переходах з високою вірогідністю виникнення дорожньо-транспортних пригод (аварійно-небезпечний перехід), а також переходах, призначених для сліпих пішоходів (рисунок 34).



**Рисунок 34 – Дорожня розмітка червоно-білого кольору на пішохідному переході**

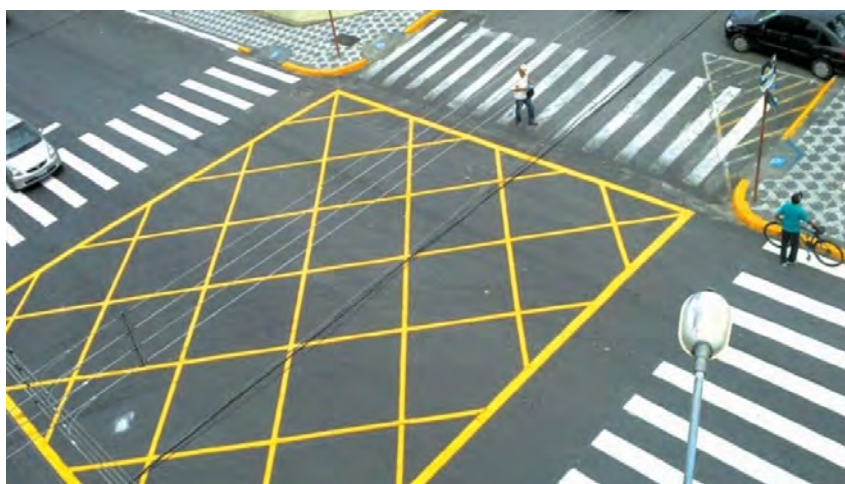
На вулицях міста Кишинів на найжвавіших перехрестях з'явилася також кольорова червона дорожня розмітка. Це широкі смуги, нанесені фарбою по обидва боки пішохідних переходів. Розмітка покликана попереджати водіїв про те, що вони наближаються до пішохідного переходу і повинні починати знижувати швидкість. «Червоні доріжки» повинні повідомляти водіям, що на цій ділянці дороги зазвичай є великий потік пішоходів (рисунок 35).



**Рисунок 35 – Широкі червоні смуги для підвищення безпеки пішоходів у місті Кишинів**

Жовта розмітка на дорогах має особливе значення і вказує на специфічні зони та обмеження. Вона привертає додаткову увагу водіїв до ділянок, де діють особливі правила або обмеження.

Коробчаста розмітка жовтого кольору наноситься на проїзну частину в зоні перехрестя для попередження про заборону в'їзду на перехрестя у разі виникнення затору (рисунок 36), та розмітка жовтого кольору біля зупинок громадського транспорту (рисунок 37).



**Рисунок 36 – Коробчаста розмітка жовтого кольору**





**Рисунок 37 – Розмітка жовтого кольору біля зупинок громадського транспорту**

Помаранчева розмітка дороги – це спеціальні маркувальні лінії, що застосовуються на дорогах для позначення різних ділянок та об'єктів, які відрізняються від решти розмітки. Вони мають свої специфічні значення і є важливим інструментом для забезпечення безпеки дорожнього руху (рисунок 38).



**Рисунок 38 – Помаранчева розмітка дороги у Києві**

Одним із основних призначень помаранчевої розмітки є позначення небезпечних ділянок дороги або наявності ризику для учасників руху. Помаранчеві маркувальні лінії можуть означати місце проведення робіт, а також обмеження руху або наявності непередбачених перешкод на дорозі. Помаранчева розмітка також використовується для впозначення доріг, які ведуть до



спеціалізованих установ, таких як лікарні, поліцейські установи або пожежні депо.

Помаранчева розмітка дороги часто застосовується і у випадках, коли потрібне тимчасове маркування ділянки дороги, під час проведення ремонтних робіт чи організації масових заходів. У таких випадках помаранчева розмітка допомагає учасникам руху орієнтуватися та уникати можливих небезпек на дорозі.

У різних країнах існують свої кольори для дорожньої розмітки. У США використовуються яскраві кольори, такі як червоний, жовтий, зелений і синій, тоді як у Європі та Японії віддають перевагу більш спокійним кольорам, таким як білий, чорний і сірий.

Здебільшого у Європі використовують білу розмітку. Однак бувають винятки. Так в Норвегії на дорогах використовують жовті розділові лінії. Іноді ця лінія може бути червоною або помаранчевою (найчастіше на ділянках ремонтних робіт). На перехрестях є «вафельна» розмітка жовтого кольору.

Різним кольором можуть бути позначені парковки. Майже скрізь у Європі безкоштовні паркомісця позначають білим, а синій колір означає, що вони платні. В Іспанії, наприклад, паркування можуть бути ще зеленими та помаранчевими, і призначені вони в основному для резидентів. Жовта ламана лінія майже скрізь у Європі забороняє паркування або позначає зупинки громадського транспорту.

Застосування сучасних матеріалів і технологій для дорожньої розмітки повинне забезпечувати активну безпеку доріг, яка спрямована на зниження рівня аварійності та тяжкості наслідків дорожньо-транспортних пригод.