

УДК 625.7/8

Терещенко Т. А., канд. хім. наук, <https://orcid.org/0000-0001-7584-9031>Ілляш С. І., <https://orcid.org/0000-0002-3001-8012>*Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНД»), м. Київ, Україна*

---

## **ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ МЕТОДІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗРАЗКІВ СУМІШЕЙ НА ОСНОВІ ГІДРАВЛІЧНИХ В'ЯЖУЧИХ**

### ***Анотація***

**Вступ.** До виокремленої групи дорожньо-будівельних матеріалів, які застосовуються за спорідненими технологіями, належать суміші, укріплені гідравлічними в'язучим, укочувані цементобетони та суміші холодного ресайклінгу, укріплені цементом. Відомо, що склад та технологія застосування дорожньо-будівельних матеріалів впливають на вибір методів виготовлення зразків. У вітчизняній дорожньо-будівельній галузі впроваджено один метод виготовлення зразків зазначених видів матеріалів, проте у світовій практиці існує розвинута диференціація відповідних методів із урахуванням багатьох факторів. Статтю спрямовано на аналіз та вирішення питань з цього напрямку.

**Загальна класифікація, аналіз та критерії вибору стандартних методів виготовлення зразків сумішей на основі гідравлічних в'язучих.** Запропоновано класифікацію методів виготовлення зразків зазначених видів сумішей із урахуванням методів ущільнення, застосованих в різних системах стандартизації. Виконано порівняльний аналіз методів виготовлення зразків із урахуванням вимог до зразків, особливостей процедури добирання складу сумішей, умов виготовлення зразків та гранулометричного складу сумішей. Особливу увагу приділено вибору критеріїв виготовлення зразків сумішей холодного ресайклінгу, які, згідно зі світовою практикою дорожнього будівництва, підлягають випробуванням з визначення показників реологічних властивостей.

**Висновки.** Ураховуючи світовий досвід дорожнього будівництва, усталені в вітчизняній практиці методи виготовлення зразків сумішей на основі гідравлічних в'язучих, що характеризуються спорідненими технологіями застосування, потребують удосконалення з метою:

- забезпечення селективного підходу до процедури добирання складу сумішей;
- реалізації можливості виготовлення зразків на будівельному об'єкті;
- забезпечення виконання випробувань за розширеними вимогами до показників фізико-механічних властивостей сумішей.

**Ключові слова:** суміші, укріплені гідравлічним в'язучим; укочуваний цементобетон; суміш холодного ресайклінгу; методи виготовлення зразків, методи ущільнення.

### **Вступ**

Найбільш широко застосовуваними матеріалами, які можуть бути використані практично в кожному шарі дорожнього одягу, є суміші на основі гідравлічних в'язучих: цементобетони, кам'яні матеріали та ґрунти, укріплені гідравлічним в'язучим, а також суміші холодного ресайклінгу, укріплені цементом [1]. Згідно з положеннями [1] зазначені види матеріалів умовно поділяються на дві групи: такі, що ущільнюються котками та матеріали, що ущільнюються виключно прикладанням вібрації. До першої групи матеріалів, які, у разі виготовлення в установці, укладаються асфальтоукладачами (у окремих випадках можливо застосування щебенерозподільвачів), належать суміші, укріплені гідравлічним в'язучим [2], суміші холодного ресайклінгу, укріплені цементом

[3, 4], а також укочувані цементобетони [5], які за технологією застосування суттєво відрізняються від «традиційних» важких цементобетонів.

Відомо, що склад і особливості технології укладання та ущільнення дорожньо-будівельних матеріалів впливають на вибір методу виготовлення зразків. У вітчизняній дорожньо-будівельній галузі стандартні методи виготовлення зразків для визначання показників механічних властивостей зазначених видів матеріалів обмежено ущільненням шляхом одноосьового двобічного стискання<sup>1/</sup>. Станом на сьогодні цей метод дозволяє отримувати зразки форми та розмірів, необхідних та достатніх для перевіряння показників механічних властивостей матеріалів на відповідність вимогам національних нормативних документів.

У світовій практиці дорожнього будівництва важливим питанням є диференціація методів виготовлення зразків зазначених матеріалів.

Ураховуючи високу актуальність питання, колективом ДП «ДерждорНДІ» на даний час виконується та запланований великий обсяг робіт з адаптації міжнародних стандартів та європейських норм для застосування в дорожньо-будівельній галузі України з впровадженням, зокрема, нових методів виготовлення зразків. Відповідно до викладеного вище у запропонованій статті, із урахуванням світового досвіду дорожнього будівництва, виконано порівняльний аналіз та розглянуто критерії селективного вибору стандартних методів виготовлення зразків для визначання показників механічних властивостей зазначених вище видів дорожньо-будівельних матеріалів, застосування яких регламентується спорідненими технологіями.

### **Загальна класифікація стандартних методів виготовлення зразків сумішей на основі гідравлічних в'язучих за способом ущільнення**

Для сумішей на основі гідравлічних в'язучих розроблено низку нормативних документів стосовно методів виготовлення зразків для визначання показників механічних властивостей, які ураховують технологію укладання та ущільнення сумішей на об'єкті, а також особливості складу сумішей (рис. 1).

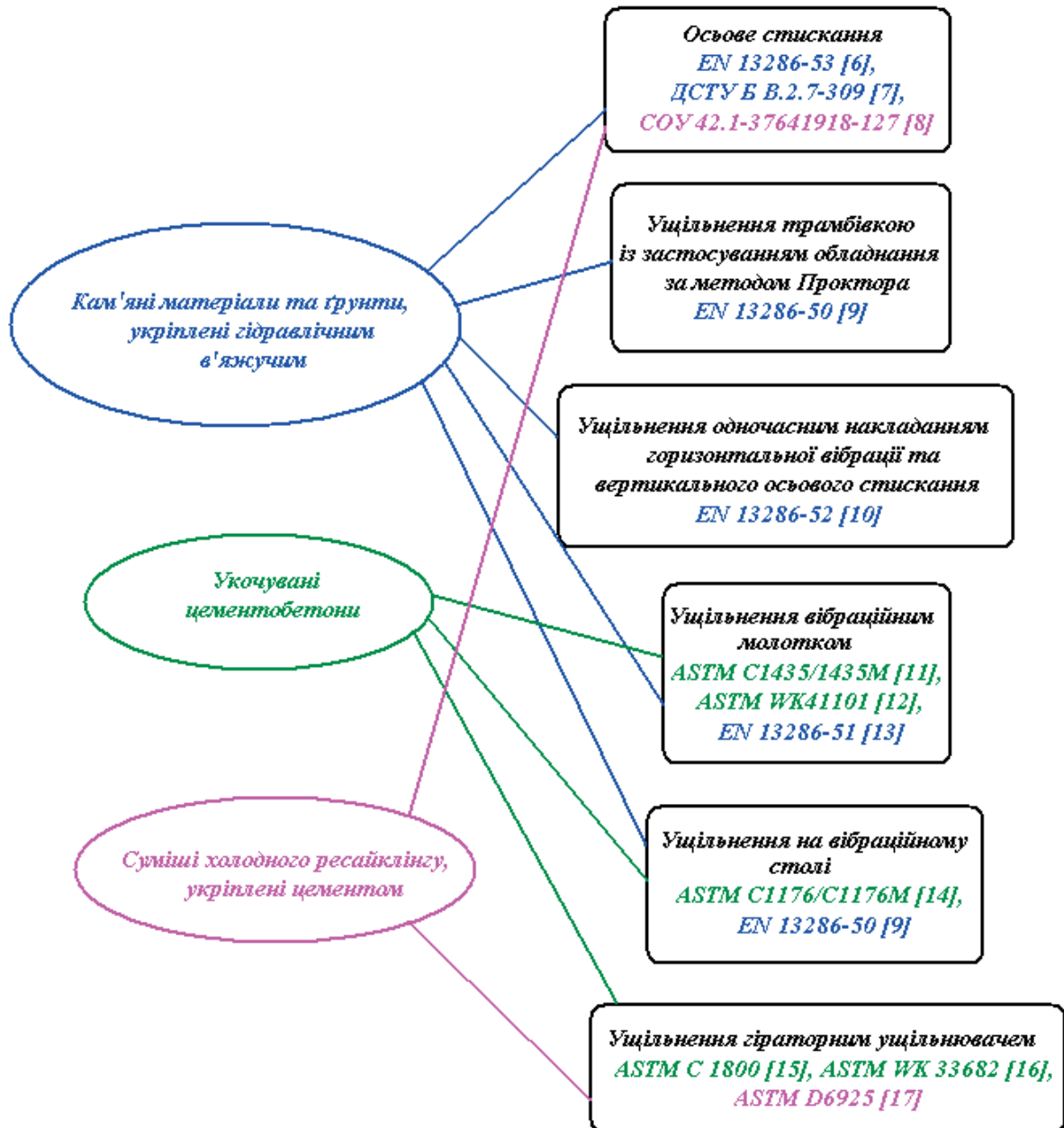
### **Аналіз та критерії вибору методів виготовлення зразків сумішей, укріплених гідравлічним в'язучим**

Ущільнення осьовим стисканням згідно з [6] дозволяє отримувати зразки циліндричної форми, а також, згідно з національним стандартом [7] — прямокутної форми, прямокутного поперечного перерізу (зразки-балочки). Серед розбіжностей у процесах виготовлення та загальних вимог до циліндричних зразків сумішей, укріплених гідравлічним в'язучим, згідно з національними стандартами та стандартами *EN* потрібно зазначити наступне.

Ущільнення зразків згідно зі стандартом *EN* [6], на відміну від національного стандарту [7], відбувається у декілька прийомів, з використанням набору накладних напівманжет, які забезпечують поступове накладання навантаження по висоті зразка. Окрему роль відіграє навантаження на остаточному етапі ущільнення; у разі неможливості забезпечити ущільнення розрахункової маси суміші без перевищення певної величини навантаження рекомендовано змінювати — порівняно з отриманою за процедурою добираючи складу — густину ущільненого матеріалу або його вологість, тобто значення оптимальної вологості та максимальної щільності можуть бути не забезпечені. Якщо досвідом виготовлення зразків доведено рівномірність структури зразка по висоті, процедуру ущільнення (у частині поступовості накладання навантаження) може бути змінено.

Згідно з національним стандартом [7] для виготовлення зразків використовують форми з двома вкладишами, що забезпечує двобічне прикладання навантаження. Навантаження (тиск) добирають у рекомендованих межах таким чином, щоб забезпечити максимальну щільність за

оптимальної вологості суміші; залежно від розміру форми та складу суміші фактичне значення тиску, яке забезпечує дотримання цих вимог, варіюється.



**Рисунок 1** — Застосовність методів ущільнення при виготовленні зразків згідно з різними системами стандартизації

**Примітка.** Стандарти *ASTM* Американського товариства з випробувань та матеріалів (*ASTM International, American Society for Testing and Materials International*), позначені “*WK*”, знаходяться на стадії розгляду.

Важливо, що зразки-циліндри, отримані відповідно до стандартних методів різних систем стандартизації, характеризуються різними коефіцієнтами гнучкості (відношенням висоти зразка  $h$  до його діаметру  $d$ ) — згідно з національним стандартом [7]  $h/d = 1$ , згідно зі стандартами EN [6, 9, 10, 13] це значення варіюється від  $h/d = 0,8$  до максимального значення  $h/d = 2$ .

Інші методи ущільнення (виготовлення зразків), наведені на схемі рис. 1 та описані нижче, плануються до стандартизації в Україні як результат розроблення національних стандартів, ідентичних наведеним стандартам системи EN, в подальшому – також ASTM.

*Ущільнення трамбівкою* із застосуванням обладнання за методом Проктора згідно з [9] призначене для виготовлення циліндричних зразків заданої щільності та зазвичай потребує попередніх випробувань з визначення кількості ударів трамбівки, яка забезпечує потрібну щільність матеріалу по всій висоті зразка.

*Ущільнення на вібраційному столі* [9] практикується при виготовленні зразків циліндричної форми та потребує додаткового привантажування вкладишем, який утримують на поверхні зразка під час роботи вібраційного стола. Маса такого вкладиша, залежно від розміру зразка та складу суміші, може сягати 12 кг. Метод згідно з [9] призначений для виготовлення зразків заданої щільності та передбачає ущільнення визначеної кількості суміші до досягнення потрібної висоти зразка. При цьому значення щільності зразка та вмісту води можуть варіюватися залежно від досвіду та практики. Наприклад, значення можуть відповідати значенню щільності, визначеної за методом Проктора, та оптимальному вмісту води або оптимальному вмісту води мінус 1 %.

*Ущільнення вібраційним молотком* застосовують згідно з [13] для виготовлення зразків циліндричної або прямокутної форми, використовуючи електричний вібраційний молоток, споряджений ударником потрібної форми та розміру. Стандарт [13] передбачає виготовлення зразків-циліндрів чи зразків-кубів. Згідно з методом [13] виконують пошарове ущільнення невизначеної кількості суміші у формі відомого об'єму з застосуванням вібраційного молотка до моменту, коли подальше ущільнення є неможливим (т. зв. «ущільнення до відмови»).

*Ущільнення одночасним накладанням горизонтальної вібрації та вертикального осьового стискання* (метод вібростискання) згідно зі стандартом [10] є застосовним для виготовлення зразків циліндричної форми або зразків-«вісімок» круглого поперечного перерізу. Метод призначений для отримання зразків заданої щільності, із заданим умістом води. Для виготовлення зразків-«вісімок» використовують форми, роз'ємні за двома протилежними твірними. Ущільнення виконують за допомогою горизонтального вібратора із частотою 100 Гц і низькою амплітудою (до 1 мм) та поршня для прикладання до суміші вертикального імпульсного тиску не вище ніж 0,5 МПа.

У разі застосування вібраційного молотка чи горизонтального вібратора максимальна тривалість дії вібрації є обмеженою та становить близько 1 хв для кожного шару суміші у разі ущільнення вібраційним молотком та 1,5 хв для методу вібростискання.

Для виготовлення зразків згідно з переліченими стандартами EN можуть бути використані метали або, у певних випадках, пластикові форми, за потреби — розсічені (пластикові) чи роз'ємні; форми повинні бути достатньо міцними для запобігання деформації під час ущільнення.

Використання пластикових форм має суттєві переваги у разі виготовлення зразків сумішей, які, для запобігання ушкодженню під час видалення, потрібно тривалий час зберігати в формі, а також у разі наявності в складі сумішей (в'язучого) матеріалів, що можуть призвести до корозії металу.

На підставі аналізу положень стандартів EN з відповідного напрямку метод виготовлення зразків потрібно вибирати із урахуванням таких чинників:

- максимальний розмір зерен суміші;
- відносний уміст (чи наявність) окремих фракцій;
- умови виготовлення зразків;
- потрібний метод випробувань.

У частині вимог до максимального розміру зерен  $D$  стандарти  $EN$  передбачають вибір розміру форми у залежності від значення  $D$ , але існують загальні вимоги, які встановлено у сфері застосування кожного із стандартів; також у сфері застосування за потреби наведено вимоги щодо вмісту окремих фракцій.

Так, стандартний метод виготовлення зразків осьовим стисканням [6] є застосовним щодо сумішей чи такої частини суміші, що містять заповнювач із значенням  $D \leq 22,4$  мм, та які характеризуються вмістом дрібнозернистої складової чи когезією, достатніми для витискування зразка без руйнування безпосередньо після ущільнення. Стандартні методи виготовлення зразків ущільненням трамбівкою, на вібраційному столі, а також ущільненням вібраційним молотком чи вібростисканням [9, 10, 13] є придатними для сумішей, чи такої частини суміші, що містять заповнювач із значенням  $D \leq 31,5$  мм, але метод вібростискання не придатний для виготовлення зразків сумішей із високим умістом дрібнозернистих фракцій.

Потрібно підкреслити таку особливість розглянутих стандартів  $EN$ : не зважаючи на широкий спектр вимог до гранулометричного складу сумішей, у тому числі вимог до максимального розміру зерен (для окремих видів сумішей значення  $D$  становлять понад 45 мм до 63 мм), стандартні методи виготовлення зразків передбачають використання лише тієї частини суміші, що пройшла крізь сито відповідно до вказаних вище значень  $D$ , тобто не більше ніж 31,5 мм.

У частині умов виготовлення зразків доцільно виділити метод ущільнення вібраційним молотком – цей метод ущільнення, на відміну від інших методів, може бути застосований для виготовлення зразків у лабораторії і на об'єкті.

Окремі стандартні методи ущільнення прив'язані до методів випробувань; наприклад, зразки-«вісімки», які виготовляють ущільненням вібростисканням, використовують виключно для випробування прямим розтягненням з метою визначання міцності та модуля пружності.

Найбільш «універсальними» з точки зору придатності для різних методів випробувань згідно з європейськими стандартами є зразки-циліндри. Для зразків-циліндрів та зразків-керна, відібраних з покриття та призначених для визначання показників механічних властивостей сумішей, встановлено ідентичні вимоги — як загальні, так і в частині розмірів.

У частині вимог до зразків важливо підкреслити наступне. Стандарти системи  $EN$  встановлюють показники міцності під час стискання ( $R_c$ ) із урахуванням форми, а також коефіцієнта гнучкості зразків у разі випробування зразків-циліндрів. Нормованими є значення  $R_c$  для зразків-кубів та зразків-циліндрів з коефіцієнтом гнучкості 1 чи 2; у разі випробування зразків-циліндрів з іншими значеннями коефіцієнта гнучкості потрібно встановити кореляцію зі зразками-циліндрами з коефіцієнтом гнучкості 1 чи 2. Винятком є зразки ґрунтів, укріплених гідравлічним в'язучим, виготовлені з застосуванням обладнання (циліндричних форм) за методом Проктора з коефіцієнтами гнучкості 1,2 та 0,83. Для таких зразків приймають значення  $R_c$  для коефіцієнта гнучкості 1.

### **Аналіз та критерії вибору методів виготовлення зразків укочуваних цементобетонів**

Не зважаючи на те, що впровадження технології укочуваних цементобетонів розпочалося у 1970-х роках (США, Канада), методи виготовлення зразків, які дозволили би більш адекватно відтворити ущільнення зазначених матеріалів на об'єктах, постійно досліджуються та удосконалюються [18]. З цієї точки зору найбільш репрезентативними є методи виготовлення зразків ущільненням вібраційним молотком чи на вібраційному столі [5].

Стандартні методи виготовлення зразків укочуваних бетонів Американського товариства з випробувань та матеріалівта, згідно зі схемою на рис. 1, передбачають ущільнення на вібраційному столі, ущільнення вібраційним молотком та гіраторним ущільнювачем.

Ущільнення на вібраційному столі [14] практикується для виготовлення зразків циліндричної форми та є застосовним для цементобетонів визначеної консистенції, зі значенням  $D \leq 50$  мм. У окремих випадках для виготовлення зразків використовують лише частину суміші, що пройшла крізь сито відповідного розміру. Для виготовлення зразків можуть бути використані металеві форми чи одноразові пластикові форми, які розміщують у металевих гільзах. Положення міжнародного стандарту [14] є застосовними також для виготовлення зразків кам'яних матеріалів та ґрунтів, укріплених цементом.

Ущільнення вібраційним молотком виконують з використанням електричного вібраційного молотка та застосовують для виготовлення зразків цементобетонів визначеної консистенції, циліндричної форми [11], чи зразків-балочок прямокутного поперечного перерізу [12]. Цей метод ущільнення, на відміну від інших методів, може бути застосований для виготовлення зразків укочуваних цементобетонів у лабораторії і на об'єкті.

Ущільнення гіраторним ущільнювачем [15, 16] використовують для виготовлення зразків і визначання густини ущільненого матеріалу. Проте метод [15], який призначений для сумішей з  $D \leq 37,5$  мм, не рекомендований для виготовлення зразків, що підлягають випробуванню з визначання міцності. Метод [16] є сучасною модифікацією методу [15].

### Аналіз та критерії вибору методів виготовлення зразків сумішей холодного ресайклінгу

Згідно зі світовою практикою дорожнього будівництва, для сумішей холодного ресайклінгу<sup>2)</sup> найбільш поширеним об'єктом досліджень, а також об'єктом нормування є вплив вторинного бітуму (бітум в складі асфальтогрануляту) на властивості матеріалів. Цей чинник ураховується при добиранні складу сумішей холодного ресайклінгу ще на етапі вибору методу виготовлення зразків: у більшості практик зразки виготовляють відповідно до вимог міжнародних стандартів системи *ASTM* для виготовлення зразків асфальтобетону. Так, у Посібнику з ресайклінгу асфальтобетону [19] зазначено, що ущільнення (добирання складу) сумішей потрібно виконувати з використанням гіраторного ущільнювача, на приладі *Marshall* або на приладі *Hveem* відповідно до стандартів системи *ASTM* [15], *AASHTO* для виготовлення і випробування зразків асфальтобетонів із коригуванням відповідного ущільнювального навантажування. Поряд з ущільненням гіраторним ущільнювачем згідно з [17] використовують також ущільнення за модифікованим методом Проктора; обидва методи ущільнення дозволяють наблизитися до структури та властивостей матеріалів, ущільнених на об'єкті [4]. Відповідні методи випробувань сумішей холодного ресайклінгу передбачають визначання показників реологічних властивостей.

Зазначені вище підходи до методів виготовлення і випробування зразків забезпечують успішність застосування сумішей холодного ресайклінгу при реконструкції та ремонтах не тільки місцевих автомобільних доріг, але й транспортних магістралей з високим транспортним навантаженням [19].

Згідно з національними нормативними документами, вимоги до сумішей холодного ресайклінгу, укріплених цементом, ураховують вплив вторинного бітуму на механічні властивості матеріалу переважно шляхом нормування міцності на стиск за температури 50 °С. Відповідно до цього форма, розмір та метод виготовлення зразків (осьове стискання з двобічним прикладанням навантаження) приймаються достатніми.

Проте, урахувавши світовий досвід дорожнього будівництва, доцільно розширити перелік методів добирання складу та виготовлення зразків сумішей холодного ресайклінгу — не тільки укріплених цементом, але й іншими видами в'язучих. Найбільш суттєвим чинником, який на даний час не ураховується вимогами нормативних документів у вітчизняній галузі дорожнього будівництва, є вплив вторинного бітуму на реологічні властивості сумішей холодного ресайклінгу і на лінійність реологічних характеристик. Цей вплив може бути визначальним для успішної

експлуатації дорожнього одягу за певних кліматичних умов та транспортних навантажень. Ретельного вивчення потребує, наприклад, дослідження повзучості (*creep*) сумішей холодного ресайклінгу, яка може призводити до втрати — у тому числі раптової — несної здатності конструкції дорожнього одягу [20].

### Висновки

Ураховуючи світовий досвід дорожнього будівництва, усталені в вітчизняній практиці методи виготовлення зразків сумішей на основі гідравлічних в'язучих, що характеризуються спорідненими технологіями застосування, потребують удосконалення з метою:

- забезпечення селективного підходу до процедури добирання складу сумішей;
- реалізації можливості виготовлення зразків на будівельному об'єкті;
- забезпечення виконання випробувань за розширеними вимогами до показників фізико-механічних властивостей сумішей.

Достатньою умовою удосконалення методів виготовлення зразків сумішей, укріплених гідравлічним в'язучим, а також укочуваних цементобетонів є опрацювання розширеного переліку методів ущільнення.

Удосконалення процедур виготовлення зразків сумішей холодного ресайклінгу може потребувати принципово іншого підходу, який дозволить ураховувати реологічні властивості вторинного бітуму при добиранні складу таких сумішей.

### Список літератури

1. Garber S., Rasmussen R.O., Harrington D. Guide to Cement-Based Integrated Pavement Solutions. *Portland Cement Association*. Skokie, 2011, 82 p. URL: <http://www.concrete.org> (дата звернення: 27.01.2021).
2. Buczyński P., Lech M. The Impact of one-, two- and three-component hydraulic road binder on the properties of the hydraulically bound mixture. *Procedia Engineering*. 2015, 108. P. 116–123. URL: <https://www.sciencedirect.com> (дата звернення 27.01.2021).
3. Жданюк В., Сибільський Д. Всесвітня дорожня асоціація. Технічний комітет C7/8 «Дорожні покриття». Рециклювання дорожніх одягів. Частина 1. Посібник з холодного рециклювання дорожніх одягів безпосередньо на дорозі з використанням цементу. Харків, 2005. 76 с.
4. Tataranni P., Sangiorgi C., Simone A., Vignali V., Lantieri C., Dondi G. A laboratory and field study on 100 % recycled cement bound mixture for base layers. *International Journal on Pavement Research and Technology*. 2018, 11. P. 427–434. URL: <https://www.sciencedirect.com> (дата звернення 27.01.2021, стаття у вільному доступі).
5. Report on roller-compacted concrete pavements ACI 325.10R-95. *American Concrete Institute (ACI)*. Committee 325, Farmington Hills, Michigan, 2001. 32 p. URL: [http://civilwares.free.fr/ACI/MCP04/32510r\\_95.pdf](http://civilwares.free.fr/ACI/MCP04/32510r_95.pdf) (дата звернення: 27.01.2021).
6. EN 13286-53:2004 Unbound and hydraulically bound mixtures – Part 53: Methods for the manufacture of test specimens of hydraulically bound mixtures using axial compression. Brussels, 2004. 10 p. (Інформація та документація).
7. ДСТУ Б В.2.7-309:2016 Ґрунти, укріплені в'язучим. Методи випробувань. Київ, 2016. 30 с. (Інформація та документація).
8. СОУ 42.1-37641918-127:2014 Матеріали органо-мінеральні дорожні з фрезерованих матеріалів дорожніх одягів, виготовлені методом холодного ресайклінгу. Методи випробувань. Київ, 2014. 22 с. (Інформація та документація).
9. EN 13286-50:2004 Unbound and hydraulically bound mixtures – Part 50: Method for the manufacture of test specimens of hydraulically bound mixtures using Proctor equipment or vibrating table compaction. European

Committee for Standardization. Rue de Stassart, 36, B-1005 Brussels, 2004. 8 p.

10. EN 13286-52:2004 Unbound and hydraulically bound mixtures – Part 52: Method for the manufacture of test specimens of hydraulically bound mixtures using vibrocompression. European Committee for Standardization. Rue de Stassart, 36, B-1005 Brussels, 2004. 8 p.

11. ASTM C1435/C1435M-20 Standard Practice for Molding Roller-Compacted Concrete in Cylinder Molds Using a Vibrating Hammer. West Conshohocken, PA, 2020. URL: <https://www.astm.org> (дата звернення: 27.01.2021).

12. ASTM WK41101 New Practice for Molding Roller-Compacted Concrete Specimens in Rectangular Molds Using a Vibrating Hammer. West Conshohocken. URL: <https://www.astm.org> (дата звернення: 27.01.2021).

13. EN 13286-51:2004 Unbound and hydraulically bound mixtures – Part 51: Method for the manufacture of test specimens of hydraulically bound mixtures using vibrating hammer compaction. European Committee for Standardization. Rue de Stassart, 36, B-1005 Brussels, 2004. 8 p.

14. ASTM C1176/C1176M-20 Standard Practice for Making Roller-Compacted Concrete in Cylinder Molds Using a Vibrating Table. West Conshohocken, PA, 2020. URL: <https://www.astm.org> (дата звернення: 27.01.2021).

15. ASTM C1800/C1800M-16, Standard Test Method for Determining Density of Roller-Compacted Concrete Specimens Using the Gyrotory Compactor. West Conshohocken, PA, 2016. URL: <https://www.astm.org> (дата звернення: 27.01.2021).

16. ASTM 33682 New Test Method for Determining Density of Roller-Compacted Concrete Specimens Using the Gyrotory Compactor, ASTM International, West Conshohocken. URL: <https://www.astm.org> (дата звернення: 27.01.2021).

17. ASTM D6925-15 Standard Test Method for Preparation and Determination of the Relative Density of Asphalt Mix Specimens by Means of the Superpave Gyrotory Compactor. West Conshohocken, PA, 2015. URL: <https://www.astm.org> (дата звернення 27.01.2021).

18. Sengun E., Aykutlu M.A., Shabani R., Alam B., Yaman I.O. Comparison of laboratory practices for roller compacted concrete pavements. *13<sup>th</sup> International Symposium on Concrete Roads (19 – 22 June 2018)*. Berlin, 2018. URL: [https://www.researchgate.net/publication/339851320\\_COMPARISON\\_OF\\_LABORATORY\\_PRACTICES\\_FOR\\_ROLLER\\_COMPACTED\\_CONCRETE\\_PAVEMENTS](https://www.researchgate.net/publication/339851320_COMPARISON_OF_LABORATORY_PRACTICES_FOR_ROLLER_COMPACTED_CONCRETE_PAVEMENTS) (дата звернення: 27.01.2021).

19. Basic Asphalt Recycling Manual. *2nd Edition. Asphalt Recycling & Reclaiming Association (ARRA)*. Annapolis, Maryland, 2014. 269 p. URL: <http://www.dot.state.mn.us/materials/pvmtdesign/docs/BasicAsphaltRecyclingManual.pdf> (дата звернення: 27.01.2021).ARRA, 2014. ,

20. Buczyński P., Iwański M. Complex modulus change within the linear viscoelastic region of the mineral-cement mixture with foamed bitumen. *Construction and Building Materials*. 2018, Vol. 172, P. 52–62. URL: <https://www.sciencedirect.com> (дата звернення: 27.01.2021).

### References

1. Garber S., Rasmussen R.O., Harrington D. Guide to Cement-Based Integrated Pavement Solutions. *Portland Cement Association*. Skokie, 2011, 82 p. URL: <http://www.concrete.org> (Last accessed 27.01.2021) [in English].

2. Buczyński P., Lech M. The Impact of one-, two- and three-component hydraulic road binder on the properties of the hydraulically bound mixture. *Procedia Engineering*. 2015, 108. P. 116–123. URL: <https://www.sciencedirect.com> (Last accessed: 27.01.2021) [in English].

3. Zhdaniuk V., Sybilskyi D. Vsesvitnia dorozhnia asotsiatsiia. Tekhnichniy komitet S7/8 «Dorozhni pokryttia». Retsykliuvannia dorozhnikh odiahiv. Chastyna 1. Posibnyk z kholodnoho retsykliuvannia dorozhnikh odiahiv bezposeredno na dorozhni z vykorystanniam tsementu [PIARC World Road Association. PIARC Committee on C7/8 “Road Pavements”. Pavement recycling guidelines. Part 1. Cold in place recycling of pavements with cement]. Kharkiv, 2005. 76 p. [in English].



4. Tataranni P., Sangiorgi C., Simone A., Vignali V., Lantieri C., Dondi G. A laboratory and field study on 100 % recycled cement bound mixture for base layers. *International Journal on Pavement Research and Technology*. 2018, 11. P. 427–434. URL: <https://www.sciencedirect.com> (Last accessed: 27.01.2021) [in English].
5. Report on roller-compacted concrete pavements ACI 325.10R-95. *American Concrete Institute (ACI)*. Committee 325, Farmington Hills, Michigan, 2001. 32 p. URL: [http://civilwares.free.fr/ACI/MCP04/32510r\\_95.pdf](http://civilwares.free.fr/ACI/MCP04/32510r_95.pdf) (Last accessed: 27.01.2021) [in English].
6. EN 13286-53:2004 Unbound and hydraulically bound mixtures – Part 53: Methods for the manufacture of test specimens of hydraulically bound mixtures using axial compression. Brussels, 2004. 10 p. (Information and documentation) [in English].
7. DSTU B V.2.7-309:2016 Grunty, ukripleni vyazhuchym. Metody vyprobuvan [State Standard of Ukraine (DSTU B V.2.7-309:2016) Binder-strengthened soils. Test methods]. Kyiv, 2016. 30 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].
8. SOU 42.1-37641918-127:2014 Materialy orhano-mineral'ni dorozhni z frezerovanykh materialiv dorozhnikh odyahiv, vyhotovleni metodom kholodnoho resayklinhu. Metody vyprobuvan' [Standard of Organization of Ukraine (SOU 42.1-37641918-127:2014) Organo-mineral road materials from milled materials of road pavements, made by the method of cold recycling. Test methods]. Kyiv, 2014. 22 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].
9. EN 13286-50:2004 Unbound and hydraulically bound mixtures – Part 50: Method for the manufacture of test specimens of hydraulically bound mixtures using Proctor equipment or vibrating table compaction. Brussels, 2004. 8 p. (Information and documentation) [in English].
10. EN 13286-52:2004 Unbound and hydraulically bound mixtures – Part 52: Method for the manufacture of test specimens of hydraulically bound mixtures using vibrocompression. Brussels, 2004. 8 p. (Information and documentation) [in English].
11. ASTM C1435/C1435M-20 Standard Practice for Molding Roller-Compacted Concrete in Cylinder Molds Using a Vibrating Hammer. West Conshohocken, PA, 2020. URL: <https://www.astm.org> (Last accessed: 27.01.2021) (Information and documentation) [in English].
12. ASTM WK41101 New Practice for Molding Roller-Compacted Concrete Specimens in Rectangular Molds Using a Vibrating Hammer. West Conshohocken. URL: <https://www.astm.org> (Last accessed: 27.01.2021) (Information and documentation) [in English].
13. EN 13286-51:2004 Unbound and hydraulically bound mixtures – Part 51: Method for the manufacture of test specimens of hydraulically bound mixtures using vibrating hammer compaction. Brussels, 2004. 8 p. (Information and documentation) [in English].
14. ASTM C1176/C1176M-20 Standard Practice for Making Roller-Compacted Concrete in Cylinder Molds Using a Vibrating Table. West Conshohocken, PA, 2020. URL: <https://www.astm.org> (Last accessed: 27.01.2021) (Information and documentation) [in English].
15. ASTM C1800/C1800M-16 Standard Test Method for Determining Density of Roller-Compacted Concrete Specimens Using the Gyrotory Compactor. West Conshohocken, PA, 2016. URL: <https://www.astm.org> (Last accessed: 27.01.2021) (Information and documentation) [in English].
16. ASTM 33682 New Test Method for Determining Density of Roller-Compacted Concrete Specimens Using the Gyrotory Compactor, ASTM International, West Conshohocken. URL: <https://www.astm.org> (Last accessed: 27.01.2021) (Information and documentation) [in English].
17. ASTM D6925-15 Standard Test Method for Preparation and Determination of the Relative Density of Asphalt Mix Specimens by Means of the Superpave Gyrotory Compactor. West Conshohocken, PA, 2015. URL: <https://www.astm.org> (Last accessed: 27.01.2021) (Information and documentation) [in English].
18. Sengun E., Aykutlu M.A., Shabani R., Alam B., Yaman I.O. Comparison of laboratory practices for roller compacted concrete pavements. *13<sup>th</sup> International Symposium on Concrete Roads (19 – 22 June 2018)*. Berlin, 2018. URL: [https://www.researchgate.net/publication/339851320\\_COMPARISON\\_OF\\_LABORATORY\\_PRACTICES\\_FOR\\_ROLLER\\_COMPACTED\\_CONCRETE\\_PAVEMENTS](https://www.researchgate.net/publication/339851320_COMPARISON_OF_LABORATORY_PRACTICES_FOR_ROLLER_COMPACTED_CONCRETE_PAVEMENTS) (Last accessed: 27.01.2021) [in English].

19. Basic Asphalt Recycling Manual. 2nd Edition. Asphalt Recycling & Reclaiming Association (ARRA). Annapolis, Maryland, 2014. 269 p. URL: <http://www.dot.state.mn.us/materials/pvmtdesign/docs/BasicAsphaltRecyclingManual.pdf> (Last accessed: 27.01.2021) [in English].

20. Buczyński P., Iwański M. Complex modulus change within the linear viscoelastic region of the mineral-cement mixture with foamed bitumen. *Construction and Building Materials*. 2018. Vol. 172, P. 52–62. URL: <https://www.sciencedirect.com> (Last accessed: 27.01.2021).

---

**Tatyana Tereshchenko**, Ph.D., <https://orcid.org/0000-0001-7584-9031>

**Sergii Illiash**, <https://orcid.org/0000-0002-3001-8012>

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

### DIFFERENTIATION OF METHODS FOR MANUFACTURING THE SPECIMENS OF MIXTURES BASED ON HYDRAULIC BINDERS

#### **Abstract**

**Introduction.** To the particular group of road materials that are applied by close technologies belong hydraulically bound mixtures, roller-compacted concrete and cold recycled cement bound mixtures. As it is known, the composition and also the technology of application of road materials both affect the choice of method for their specimens manufacturing. For the Ukrainian road building industry, only one method for such specimens manufacturing was implemented, but in the world-wide practices there exist a developed differentiation of said methods which considers a lot of factors. The paper is aimed on the analysis and issues to be resolved in that direction.

**General classification, analysis and criteria for selecting the standard methods for manufacturing the specimens of mixtures based on hydraulic binders.** Taking into consideration the methods of compaction applied in various systems of standardization, the classification of methods of manufacturing of specimens of the specified types of mixtures was offered. A comparative analysis of methods of specimens manufacturing is performed taking into account the requirements for specimens, features of the procedure of selection of the mixture composition, conditions of specimens manufacturing and also mixture grading. Particular attention was paid to the choice of criteria for the manufacture of specimens of cold recycled mixtures, which, according to world practice of road construction, shall be subjected to the rheological properties testing.

**Conclusions.** Accounting for the world-wide experience in road building industry, established in Ukrainian practice methods of manufacturing specimens of mixtures based on hydraulic binders used by close technologies need to be improved in order to:

- provide a selective approach to the procedure for selecting the mixture composition;
- realize the possibility for making specimens on the construction area;
- ensure performing of tests accounting for the extended requirements for said mixtures.

**Keywords:** hydraulically bound mixture; roller-compacted concrete; cold recycled mixtures; methods of specimens manufacturing; compaction methods.