

**АДГЕЗІЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЧАСТКОВОГО ТОРКРЕТУВАННЯ
МОБІЛЬНОЮ УСТАНОВКОЮ**

¹**Кирилюк С.В.**, к.т.н., доцент,
kirilstani@ukr.net, ORCID: 0000-0002-8871-8302

¹**Чернов І.С.**, к.т.н., ст. викладач,
chernov.i.s@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8787-1006

¹**Кирилюк А.В.**, магістрант,
kyryliukart@gmail.com, ORCID: 0009-0002-7209-2998

¹*Одеська державна академія будівництва та архітектури*
вул. Дідріхсона, 4, м. Одеса, 65029, Україна

Анотація. В статті проаналізовані сучасні методи та матеріали, що застосовуються для ремонту та відновлення бетонних і залізобетонних елементів конструкцій будівель та споруд. Одним з таких є розглянутий метод торкретування, використання мокрого способу торкретування, його переваги та недоліки. Приведені дефекти, які виникають при виготовленні, зберіганні, транспортуванні, монтажу та при експлуатації бетонних і залізобетонних конструкцій. Розглянуте утворення різних типів тріщин, що виникають до процесу експлуатації та виникнення тріщин під час експлуатації конструкцій при центральному розтягу та вздовж однієї поверхні при ексцентричному розтягу. В роботі представлено регулювання технічних властивостей ремонтних сумішей. Воно досягається використанням спеціальних видів цементу, добавок і заповнювачів, особливих методів укладання та умов твердіння, а також відповідної підготовки поверхні старого бетону.

Дослідження спрямоване на визначення адгезії ремонтних сумішей, нанесених методом торкретування. Використовувалось часткове нанесення ремонтної суміші, за допомогою мобільної установки в лабораторних умовах, з метою визначення оптимальних технологічних параметрів набризку. Розроблено методику експериментальних досліджень визначення адгезії дрібнозернистого торкретбетону з використанням стандартизованих форм з модернізованими перегородками. Використовувались підготовлені половинки балочок з кутом поверхні 20°, як старий бетон, для збільшення площі контакту та зменшення завихрення при торкретуванні. Розроблено двухфакторний, дев'ятиточковий план експерименту, в якому варіювались: товщина шару дрібнозернистого торкретбетону (1 см, 2 см, 3 см) часткового нанесення та швидкість набризку торкретфіробетонної суміші (0 м/с, 35 м/с, 70 м/с). Проведено експериментальне дослідження та приведені його результати.

Ключові слова: ремонтні суміші, мобільна установка, адгезія, часткове торкретбетонування, планування експерименту.

Вступ. Безупинно розвивається сучасне будівництво: зведення, ремонт і реконструкція будівель та споруд. Роботи, які виконуються при ремонті та реконструкції, є складним завданням, що вимагає відповідних знань і навичок в області архітектури, будівництва та мережі інженерних комунікацій. Реконструкція будівельних об'єктів здійснюється за допомогою бетону та спеціальних бетонних сумішей.

За «часткове торкретування» в роботі прийнято не фінішне покриття, а лише шар для підвищення адгезії ремонтного бетону. Для поліпшення властивостей бетонних сумішей використовуються спеціальні добавки, які відповідають за стійкість матеріалу до різних впливів, у тому числі в роботі, за адгезію самого бетону, від чого залежить довговічність служби бетону.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Метод торкретування добре підходить для ремонту і реконструкції всіх бетонних і залізобетонних виробів (несучих колон, фундаментів, резервуарів, цегляних стін та балок). Метод торкретування зручний тим, що значно скорочує

трудомісткість, вартість і час виконання робіт, у порівнянні з традиційним методом бетонування та використання опалубки. Завдяки торкретуванню підвищується водонепроникність, механічна міцність і морозостійкість конструкцій. Технологія торкретування компактною мобільною установкою (рис. 1) ефективна при невеликих об'ємах робіт або при обмеженні робочого простору, де використання великогабаритного торкрет-обладнання технічно неможливе або економічно недоцільне.

Якщо традиційні, методи бетонування будівництва технічно неможливі або економічно недоцільні, слід використовувати спеціальні методи бетонування виконання робіт. Одним з таких методів є торкретування.

Торкретування – це нанесення шару бетону на поверхню залізобетонної конструкції під тиском стисненого повітря зі швидкістю 70-140 м/с, так званий спосіб безформового бетонування. Будівництво будівель і споруд – не тільки нове будівництво, але й комплекс будівельних робіт і організаційно-технічних заходів щодо зміни і поліпшення стану будівель і споруд, а також усунення недоліків.

Для розтягнутих залізобетонних елементів пошкодження, спричинене силою, – це звичайне розтріскування вздовж усіх сторін профілю при центральному розтягу та вздовж однієї поверхні при ексцентричному розтягу. Однак слід зазначити, що в елементах, які розтягуються, особливо в ненапружених елементах, при низьких навантаженнях спостерігаються тріщини, які є ознакою майбутнього руйнування. Якщо ширина розкриття тріщини перевищує гранично допустиме значення, тріщина вважається небезпечною для експлуатації. Ця умова також стосується елементів, що піддаються вигину. Також слід звернути увагу на попереднє напруження залізобетонних елементів. У практиці виготовлення та використання попередньо напружених конструкцій часто спостерігається, що зусилля попереднього напруження можуть пошкодити самі попередньо напружені конструкції [1].

До тріщин, що виникають до початку експлуатації, відносяться усадочні тріщини внаслідок порушення технологічного режиму твердіння бетону, технологічні тріщини в збірних залізобетонних елементах в процесі виробництва, технологічні тріщини в збірних залізобетонних елементах внаслідок порушення умов зберігання, транспортування та монтажу. Кількість дефектів з цих причини набагато більше і становить близько 60%. До причин виникнення тріщин під час експлуатації відносяться: температурні деформації, неправильне влаштування або відсутність температурних або компенсаційних швів, нерівномірне осідання фундаментів, холодні шви, аварійне просочування ґрунту, виїмка біля фундаменту, динамічні навантаження, пов'язані із забиванням паль, ущільнення ґрунту, близькість до доріг тощо, а також силові фактори на фундаменти, що перевищують гранично допустимі навантаження. Останнє зумовлено вищими навантаженнями при надбудові [2].

Технологія монолітного бетонування передбачає укладання при пластичності нижнього шару в момент заливки верхнього, що гарантує хорошу адгезію, рівномірний набір міцності і монолітність. Але реалізувати таку технологію вдається далеко не завжди. У випадках, коли уникнути цього неможливо, шви бетонування і місця їх розташування продумують заздалегідь. Бажано уникати можливості появи холодних швів, дотримуватися технології. Заборонено виконання таких стиків в конструкціях, де є зусилля на розтяг [3].

Мета представленої статті полягає у дослідженні адгезії ремонтних сумішей, нанесених мокрим способом торкретування, при використанні мобільної установки.

Задачами дослідження є виконання аналізу сучасних методів та матеріалів, що застосовуються для ремонту бетонних та залізобетонних елементів конструкцій будівель та споруд, для боротьби з холодними швами (у перспективі). Проведення експерименту з визначення адгезії дрібнозернистого торкретбетону при частковому торкретуванні.

Матеріали та методика дослідження. Найпопулярнішим способом зміцнення конструкцій є використання залізобетонних або металевих елементів. Основними передумовами для посилення є: пошкодження внаслідок воєнних дій, підвищені навантаження під час експлуатації (наприклад, зміна вантажопідйомності крана, нові матеріали або пофарбовані конструкції), помилки в проектуванні, виготовленні та монтажі

конструкції.

При зовнішньому армуванні колон використання двокомпонентних епоксидних клеїв має недоліки: високу вартість компонентів епоксидного клею, велику і нестабільну витрату клею, низьку термо- і морозостійкість і високу робочу міцність обладнання. Крім того, використання фібробетону та фіброармованих пластиків (так звані ФАП) для зовнішнього армування колон є дорогим і трудомістким для встановлення [4].

Недоліками цементних матеріалів є висока в'язкість, тривалий час схоплювання, низька міцність, низька адгезія до старого бетону і неможливість примусового ремонту тріщин. Вищевказані матеріали використовуються для закладення великих зовнішніх дефектів, а внутрішні дефекти (раковини, порожнечі) вимагають їх перетворення в зовнішні шляхом вирізання спеціальних отворів.

При виконанні ремонту цементними розчинами і бетонами в залежності від конкретних умов до них пред'являються специфічні вимоги: прискорення швидкості твердіння, уповільнення процесу схоплювання, можливість розрідження бетонної суміші (до 10 см ОК і більше), без усадки або розширення, висока щільність і хімічна стійкість, хороша адгезія до «старого» бетону. Регулювання технічних властивостей бетону досягається використанням спеціальних видів цементу, добавок і заповнювачів, особливих методів укладання та умов твердіння, а також відповідної підготовки поверхні старого бетону [5, 6].

Мокрий спосіб торкретування здійснювався мобільною торкрет-установкою (рис. 1), яка працює стисненим повітрям від пересувної компресорної станції необхідної потужності. Роботу установки малої потужності можна ефективно використовувати для влаштування та ремонту тонкостінних елементів будівель з бетону або залізобетону. Бункер-пістолет (так званий хопер) сконструйований за принципом компресорної форсунки і має об'єм бункера 6 дм³. При товщині покриття 10 мм, двома шарами, продуктивність пістолета становить близько 10 м²/год [7].



Рис. 1. Комплект мобільного торкретбетонування:

1 – бункер-пістолет; 2 – пересувний компресор; 3 – пневматичний шланг

Спосіб мокрого торкретування має багато переваг, у порівнянні з сухим способом, і є найсучаснішим високоефективним методом торкретування. Переваги мокрого методу торкретування полягають у наступному:

- відскок свіжого бетону може бути зменшений більш ніж вдвічі (до чотирьох разів);
- при торкретуванні не утворюється пил, що значно покращує умови праці оператора, який виконує операцію торкретування;
- при накачуванні свіжої бетонної суміші гідравлічним способом витрачається менше стисненого повітря;

– покращення якості торкретбетону, оскільки бетонна суміш є однорідною за складом і постійним водоцементним відношенням;

– можливість остаточної герметизації поверхні свіжого бетону.

Порівняно з сухим методом, мокрий метод торкретування бетону вимагає більшої роботи на початку (приготування та подача суміші в насос) і на завершенні (очищення обладнання). Крім того, метод мокрого торкретування має обмежений час використання підготовленої суміші, і якщо бетонну суміш не нанести протягом цього часу, суміш не можна використовувати.

Склад суміші для мокрого методу торкретування містить: цемент, інертні матеріали, добавки, рідину, волокна (металеві або базальтові волокна). До торкрет-бетонних сумішей у будівництві пред'являються такі ж вимоги, як і до звичайних бетонних сумішей. Показники придатності мокрих торкретбетонних сумішей:

- мінімальний вміст води;
- низьке водоцементне співвідношення;
- низький вміст цементу;
- рухливість суміші.

Набагато складніше досягти всіх вищевказаних вимог при мокрому торкретуванні. Особливо на відкритих будівельних майданчиках. Раніше це було абсолютно непрактично, а сьогодні наблизитися до ідеального складу суміші можна за допомогою спеціальних добавок і пластифікаторів.

Для суміші дуже важлива якість заповнювача. Важливу роль відіграє гранулометричний склад. Дуже важливим критерієм для торкретбетонних сумішей є кількість дрібних частинок, що складають основну масу складу, і характеристики міцності.

Не можна говорити про торкрет-бетонну суміш універсального складу, яка за своїм складом може використовуватися повсюдно. Це неможливо. У кожній місцевості свій склад торкретбетону з інертними матеріалами та різними характеристиками міцності. І набагато вигідніше використовувати місцеві заповнювачі, ніж доставляти їх з одного кар'єру по всій країні.

Існують добавки, які знижують водоцементне співвідношення, вони значно підвищують міцність шару. Поширеною практикою є використання прискорювачів тужавіння, особливо для великих шарів бетонних робіт. Введення таких добавок сприяє зниженню спікання суміші. При методі мокрого торкретування, добавка потрапляє в сопло і суміш перемішується під час польоту до поверхні для досягнення хорошого зчеплення з поверхнею. Однак для використання затверджувача необхідний додатковий пристрій – насос-дозатор. Це забезпечує регламентовану подачу добавок в суміш. Коштує таке обладнання недешево, але воно з лишком компенсує це за рахунок зменшення товщини шару покриття і відскоку матеріалу. Однак введення таких добавок призводить до зниження міцності суміші.

Слід звести до мінімуму використання прискорювачів тужавіння, а використання таких добавок повинно бути встановлено розробником проекту. Вартість розчину залежить від ряду факторів:

- вартість інертних заповнювачів;
- вартість доставки заповнювача на місце робіт;
- вартість використаних добавок і волокон;
- вартість виготовлення суміші [8].

Бетонні основи мають високу абсорбцію і поглинають більшу частину вологи з ремонтної суміші. Щоб штукатурка, плитка або ремонтна суміш не відшарувалися в перший рік, слід використовувати проникаючу ґрунтовку. Для прикладу розглянемо використання таких складів: Кнауф Бетоконтакт. В якості підготовки для якісної обробки бетонних і пінобетонних поверхонь використовується цей розчин. Такий розчин не проникає глибоко в основу і в більшості випадків проникає в поверхню на рівні 4-5 мм. Однак головною перевагою цього складу є те, що він створює високу адгезію на пористих поверхнях. Як тільки рідина висохне (12 годин), утворюється шорсткий шар, оздоблювальні матеріали відмінно зчіплюються [9].

Планування експерименту з визначення адгезії ремонтної суміші. Для перевірки адгезії дрібнозернистого торкретбетону використовували форму для балкових зразків 4×4×16 см і готових напівзразків у вигляді старого бетону. Ця форма є найбільш придатною для створення зразків дрібнозернистого торкретбетону для попередніх експериментів. Торці готових половин виконуються під кутом 20 градусів з урахуванням особливостей поведінки повітряного потоку в технології торкретування та збільшення площі контакту.

Для запобігання модифіковані вставки використовувалися для запобігання дефектам виготовлення в нижніх кутах, спричинених завихреннями стисненого повітря при торкретуванні.

Експериментальне укладання торкретбетону проводилось за допомогою компактною мобільної установки, яка складається з компресора та бункера. Мобільна установка дозволяє укладати з інтенсивним ущільненням торкрет-бетону в порожнину випробувальних форм шляхом мокрого торкретування.

Результати досліджень. Експериментальний план і рівні змінних параметрів [10] товщини дрібнозернистого торкрет-бетону підсумовані в таблиці 1. Зміни варіюються від 1 до 3 см торкрет-бетону та дрібнозернистого бетону, а швидкість течії торкрет-бетону суміші від 0 до 70 м/с.

Таблиця 1 – План експерименту та рівні параметрів показників міцності дрібнозернистого бетону

№	x ₁	x ₂	X ₁	X ₂	Y ₁
			Товщина, см	Швидкість, м/с	Міцність на розтяг при вигині, кг/см ²
1	-1	-1	1	0	46,2
2	-1	0	1	35	62,6
3	-1	1	1	70	72,3
4	0	-1	2	0	47,8
5	0	0	2	35	63,7
6	0	1	2	70	73,4
7	1	-1	3	0	48,1
8	1	0	3	35	64,2
9	1	1	3	70	74,1

В якості добавки використовувався пластифікатор на основі BauGut BauPLAST. Даний пластифікатор дозволяє підвищити рухливість бетону на кілька пунктів без зміни водоцементного співвідношення на користь води, що полегшує роботу з укладання дрібнозернистого бетону.

До складу дрібнозернистої торкретбетонної суміші додають фібру з базальтового волокна для підвищення її міцнісних властивостей. Для застосування базальтового волокна для мобільного торкретбетону, в якому використовувався бункерний пістолет з діаметром сопла 8 мм, його волокна розрізали на шматки 3-4 мм.

Випробувальні зразки виготовляли в стандартних формах для виготовлення зразків балок з дрібнозернистого бетону розмірами 40×40×160 мм (рис. 2). Форма для виготовлення зразків балок з дрібнозернистого бетону має наступні характеристики: тип форми – форма балки (ББ); кількість зразків – 3; ширина – 40 мм; довжина – 160 мм; висота – 40 мм [11].

Для випробувань дрібнозернистого торкретбетону в якості старого бетону, який ремонтують, використовували зразки напівбалок 4×4×16 см з торцем під кутом 20° до вертикалі. Також ця форма модифікована виготовленими перегородками з перфорацією для створення

зразків дрібнозернистого торкретбетону в лабораторних умовах з урахуванням використовуваного мобільного торкретбетонного обладнання.



Рис. 2. Форма з половинками зразка

Випробування міцності зразків на розтяг при вигині проводилося на установці МП-100. Коли зразок ламається, значення навантаження фіксується на циферблаті і його тільки залишається переписати і середнє значення в загальну таблицю 1.

Мінімальні значення міцності на розтяг при вигині вийшли у зразків з мінімальною товщиною і мінімальною швидкістю торкретування. Далі зі збільшенням швидкості торкретування збільшується міцність зразків на розтяг при згині. Збільшення товщині торкретування міцність зразків на розтяг при згині змінюється не значно, в межах похибки.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

1. Описана в роботі підготовка поверхні старого бетону та використання ґрунтовок дає змогу покращити адгезію при ремонтних роботах.

2. Мобільну компактну установку для мокрого торкретбетону можливо використовувати для ремонтних робіт та створення адгезійного шару між старим на новим бетоном.

3. Використання теорії планування експерименту дозволило отримати адекватні результати дослідження, а саме визначити міцність на розтяг при вигині. Вона змінюється від 46,2 до 74,1 кг/см².

Перспективним напрямком дослідження є використання часткового торкретування компактною мобільною установкою при влаштуванні холодних швів бетону.

Література

1. ДСТУ-Н Б В. 1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. [Чинний від 2017-04-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 44 с. (Національний стандарт України).

2. Парфентєва І.О., Верешко О.В. *Основи та фундаменти* : навчальний посібник. Луцьк: ЛНТУ, 2017. 296 с.

3. Qusay Ali Q., Erdil B., Mohammed Jassam T. Critical cold joint angle in concrete. *Construction and Building Materials*, 409, 133881, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133881>.

4. ДСТУ Б В.2.6-145:2010. Конструкції будинків і споруд. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги (ГОСТ 31384-2008, NEQ), 2010. 56 с. (Національний стандарт України).

5. Бабич Є.М., Караван В.В., Бабіч В.Є. *Діагностика, паспортизація та відновлення будівель і інженерних споруд* : підручник. Рівне. Волинські обереги, 2018. 176 с.
6. Gungor A.G., Sengun E., Yilmaz Y., Yaman I.O. Enhancing bonding performance in two-layer roller-compacted concrete pavements: Bridging laboratory insights with field performance. *Construction and Building Materials*, 418, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135469>.
7. Кирилюк С.В., Піддубний О.О. Ефективні технології та мобільне обладнання для виготовлення фібробетонних фасадів. “*Ефективні технології в будівництві*”: II Міжнародна науково-технічна конференція. Київ, КНУБА, 2017. С. 77.
8. Суміші для торкретування. URL: <https://ceramax.in.ua/sumishi-dlya-torkretuvannya/> (дата звернення: 10.05.2024).
9. Кнауф Бетоконтат. URL: <https://knauf.kiev.ua/gruntovka/knauf-betokontakt-20-kg>. (дата звернення: 10.05.2024).
10. ДСТУ EN 196-1:2019. Методи випробування цементу. Частина 1. Визначення міцності (EN 196-1:2016, IDT), 2019. (Національний стандарт України).
11. ДСТУ Б EN 12504-1:2013. Випробування бетону в конструкціях. Частина 1. Зразки керні. Відбір, перевірка і випробування на стиснення (EN 12504-1:2009, IDT), 01.01.2014. (Національний стандарт України).

References

- [1] DSTU-N B V. 1.2-18:2016. Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsinky yikh tekhnichnoho stanu. Kyiv: DP «UkrNDNTs», 2017.
- [2] I.O. Parfentieva, O.V. Vereshko, *Osnovy ta fundamenty: navchalnyi posibnyk*. Lutsk: LNTU, 2017.
- [3] Qusay Ali Q., Erdil B., Mohammed Jassam T., "Critical cold joint angle in concrete", *Construction and Building Materials*, 409, 133881, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133881>.
- [4] DSTU B V.2.6-145:2010. Konstruktsii budynkiv i sporud. Zakhyst betonnykh i zalizobetonnykh konstruktsii vid korozii. Zahalni tekhnichni vymohy (HOST 31384-2008, NEQ), 2010.
- [5] Ye.M. Babych, V.V., Karavan, V.Ie. Babich, *Diahnostyka, pasportyzatsiia ta vidnovlennia budivel i inzhenernykh sporud*: pidruchnyk. Rivne. Volynski oberehy, 2018.
- [6] A.G. Gungor, E. Sengun, Y. Yilmaz, I.O. Yaman, "Enhancing bonding performance in two-layer roller-compacted concrete pavements: Bridging laboratory insights with field performance", *Construction and Building Materials*, 418, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135469>. Accessed on: May 10, 2024.
- [7] S.V., Kyryliuk, O.O. Piddubnyi, "Efektyvni tekhnolohii ta mobilne obladnannia dlia vyhotovlennia fibrobetonnykh fasadiv. *Efektyvni tekhnolohii v budivnytstvi: II Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiia*. Kyiv, KNUBA, 2017. P. 77.
- [8] Sumishi dlia torkretuvannia. [Online]. Available: <https://ceramax.in.ua/sumishi-dlya-torkretuvannya/> Accessed on: May 10, 2024.
- [9] Knauf Betokontakt. [Online]. Available: <https://knauf.kiev.ua/gruntovka/knauf-betokontakt-20-kg>. Accessed on: May 10, 2024.
- [10] DSTU EN 196-1:2019. Metody vyprobuvannia tsementu. Chastyna 1. Vyznachennia mitsnosti (EN 196-1:2016, IDT), 2019.
- [11] DSTU B EN 12504-1:2013. Vyprobuvannia betonu v konstruktsiiakh. Chastyna 1. Zrazky kerni. Vidbir, perevirka i vyprobuvannia na stysnennia (EN 12504-1:2009, IDT), 2014.

ADHESION WHEN USING PARTIAL SHOTCRETE WITH MOBILE EQUIPMENT

¹**Kyryliuk S.V.**, Ph.D., Assistant Professor,
kirilstani@ukr.net, ORCID: 0000-0002-8871-8302

¹**Chernov I.S.**, Ph.D., Assistant Professor,
chernov.i.s@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8787-1006

¹**Kyryliuk A.V.**, master's student,
kyryliukart@gmail.com, ORCID: 0009-0002-7209-2998

¹*Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture*
4, Didrikhson str., Odessa, 65029, Ukraine

Abstract. The current methods have been analyzed and materials that are used for the repair and renovation of concrete and reinforced concrete elements of the construction of the future. One of these is the considered method of shotcrete, the use of wet shotcrete, its advantages and disadvantages. Defects that occur during the manufacture, storage, transportation, installation and operation of concrete and reinforced concrete structures are given. The formation of different types of cracks that occur before the operation process and the appearance of cracks during the operation of structures under central tension and along one surface during eccentric tension are considered. The work presents regulation of the technical properties of repair mixtures achieved by the use of special types of cement, additives and aggregates, special laying methods and hardening conditions, as well as appropriate preparation of the surface of old concrete. The study is aimed at determining the adhesion of repair mixtures applied by the shotcreting method. Partial application of the repair mixture was used, using a mobile installation in laboratory conditions, in order to determine the optimal technological parameters of spraying. The methodology of experimental studies for determining the adhesion of fine-grained shotcreting using standardized forms with modernized partitions has been developed. Prepared beam halves with a surface angle of 20°, like old concrete, were used to increase the contact area and reduce swirl during shotcrete. A two-factor, nine-point plan of the experiment was developed, in which the thickness of the layer of fine-grained shotcrete (1 cm, 2 cm, 3 cm) of partial application and the speed of spraying of the shotcrete fiber concrete mixture (0 m/s, 35 m/s, 70 m/s) were varied. An experimental study was conducted and the results of the studies were presented.

Keywords: repair mixtures, mobile equipment, adhesion, partial shotcrete concreting, planning of the experiment.

Стаття надійшла до редакції 24.05.2024