

А.В. Мазурак, Я.А. Балабух\*

Львівський національний аграрний університет,  
кафедра технології та організації будівництва,

\*Львівський регіональний науково-технічний центр ДерждорНДІ

## ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА МІЦНІСТЬ ТОРКРЕТ-БЕТОНУ

© Мазурак А.В., Балабух Я.А., 2009

**Представлено результати дослідження впливу технологічних чинників, таких як водоцементне відношення, відстань торкрет-сопла від робочої поверхні, також швидкість виходу торкрет-суміші, на міцність торкрет-бетону і втрату матеріалу під час відскоку.**

**The results of experimental research of influence of technological factors are presented in this article, as a water-cement ratio, distance of shotcrete sprayer from a working , also speeds of output of shotcrete mixtures, on durability of shotcrete cement and loss of material at rebound.**

**Постановка проблеми.** Технологія торкретування у будівельній практиці використовується понад 100 років, наслідуючи загальний прогрес науки і техніки, постійно змінюючись і вдосконалюючись [1; 2]. Процес торкретування в минулому використовувався вузькоспеціалізовано і обмежувався рівнем знань самого процесу виконання і малоефективним обладнанням.

Сьогодні на будівельному ринку широко представлене ефективне обладнання різних виробників для використання в технології торкретування AC-1 (Україна), ALIVA, MEYCO, Putzmeister (Швейцарія), REED (США), Werner Mador (Німеччина) тощо. Тому процес торкретування став одним з ефективних і надійних способів нанесення захисних покриттів на бетонні поверхні, що піддані впливу агресивних середовищ і низьких температур, виправлення дефектів в бетоні, підсилення бетонних та залізобетонних конструкцій тощо.

Торкрет-бетонування під час капітального ремонту чи реконструкції дає змогу максимально зберегти існуючі конструкції та забезпечити їх ефективну роботу у складі конструкцій, що реконструюються, а також забезпечує мінімальну тривалість періоду реконструкції [3].

Сучасне будівельне виробництво вимагає пошуку нових прогресивних технологій. До однієї з таких технологій сьогодні належить процес торкретування, доцільність і ефективність якого підтверджена вітчизняною і, особливо, закордонною практикою будівництва. Ця технологія не є новою, вона щоразу привертає увагу в цивільному і промисловому будівництві завдяки своїй простоті і достатньо високій ефективності [3; 4; 5].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Розвиток питань теорії і практики методу торкрет-бетонування (набризк-бетону) розглядалися в роботах вітчизняних і зарубіжних вчених. У них роботах вперше були розглянуті питання тверднення бетонів, застосування поверхнево-активних речовин, регулювання товщини шару і вплив вихідних матеріалів на міцність торкрет-бетону.

Ростовцев Д.С. [2] виконав багато польових експериментів і встановив залежність кількості відскоку від швидкості виходу струменя. Вченими Ленінградського політехнічного інституту під керівництвом професора С.І. Дружиніна були виконані роботи з дослідження залежності міцності торкрет-бетону від складу розчину.

У 1930-ті роки закордонні винахідники працюють над розробками добавок до бетонів, які уможливають прискорити процеси схоплення і тверднення цементного каменю. Ведуться також роботи щодо збільшення сили зчеплення шару торкрет-бетону з бетонною поверхнею, досліджуються процеси регулювання реологічних властивостей бетонних сумішей. Проте рівень

цих досліджень, з точки зору фізико-хімічних процесів, був недостатньо високим і не давав уявлення про закономірності формування структури торкрет-бетону.

Подальшим розвитком теорії і практики торкрет-бетону були роботи радянських учених Н.А. Агрізкова, Е.Б. Кузякіна, А.П. Шепилова та ін., в яких вони приступають до досліджень процесів з використанням сучасних положень теоретичної механіки, хімії цементів і теорії пружності [6].

На цьому етапі розвитку теоретичні і практичні дослідження охоплювали велику кількість технологічних параметрів процесу, проте вони не поєднували разом засоби, матеріали, технології і експлуатаційні властивості вкладеного бетону.

Питанням теорії і практики торкрет-бетонування присв'ятили свої роботи В.М. Мостков, І.І. Воллер, Е.Б. Кузякіна, М.А. Лев, Б.Г. Грязнов, Л.М. Голіцинський, М.Г. Ложенко, Б.К. Чукан, І.Р. Райгородський, С.А. Атманськіх, В.І. Шаврін, А.К. Карасев, В.В. Кузін та ін., а також зарубіжні автори [6; 7].

У цих роботах добре досліджені технологічні параметри торкрету, його фізико-механічні характеристики, виділені раціональні області застосування у будівництві.

Аналіз літературних джерел свідчить, що на міцнісні характеристики торкрет-бетону і втрати матеріалу у вигляді відскоку значний вплив мають такі технологічні чинники, як водоцементне відношення, кут нахилу і відстань від сопла до поверхні, яка бетонується, і швидкість виходу струменя тощо.

Однак отримані дані здебільшого носять суперечливий характер, оскільки виготовлення зразків і оцінка фізико-механічних показників торкрет-бетону виконувались не за однією методикою і технологією, а використовувались індивідуальні рішення і підходи.

**Мета та завдання досліджень.** Дослідження ефективності використання нового модернізованого обладнання різних виробників на будівельному ринку, проблемних питань технології торкретування і властивостей торкрет-бетону, можливостей якісно і кількісно впливати на технологічні і експлуатаційні властивості торкрет-бетону.

Було поставлено завдання проведення теоретико-експериментальних досліджень впливу технологічних чинників на міцність торкрет-бетону і кількість відскоку.

**Експериментальні дослідження** проводились у Львівському регіональному науково-технічному центрі ДерждорНДІ. Виготовлялись дослідні зразки-куби (100x100x100), призми (100x100x400), а для виготовлення торкрет-бетонних плит використовувались форми (опалубки із багат шарової фанери завтовшки 20 мм), розмірами відкритої поверхні 600 x 600 мм. Товщина монолітної торкрет-бетонної плити виготовлялась завтовшки не менше 100 мм, тому висота опалубки становила 120–150 мм у різних зразках. З метою запобігання виникненню неоднорідностей в структурі торкрет-бетонної плити під час нанесення суміші всередині опалубки на її стінках вирізались пази, через які на початку операції торкретування відскок видалявся за її межі (рис. 1) [4].



Рис. 1. Форма для виготовлення дослідних зразків торкрет-бетону

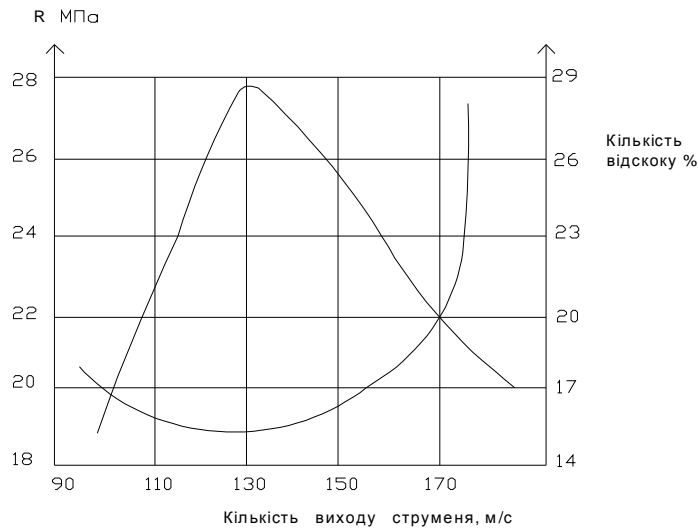


Рис. 2. Залежність міцності торкрет-бетону і кількості відскоку від швидкості виходу струменя

Для визначення залежностей між міцністю отриманого торкрет-бетону та кількістю відскоку від швидкості виходу струменя були проведені дослідження, за яких змінювались тільки параметри швидкості. Інші параметри мали незмінний стан, при цьому відстань від сопла до бетонної поверхні становила 0,7 м. Результати проведених досліджень показано на рис. 2.

Аналіз даних показує, що оптимальною для отримання високої міцності бетону є швидкість виходу струменя з торкрет-машини, що дорівнює 130 м/с. За зміни швидкості виходу струменя до 90 чи 180 м/с міцність бетону на стиск зменшується більше ніж на 30 %. Значення втрати матеріалу у відскок отримані теж за оптимальних значень швидкості (рис. 2).

Під час визначення впливу відстані сопла до торкрет-бетонної плити за сталих значень В/Ц=0,4 і швидкості виходу суміші із сопла 130 м/с параметри змінювались від 0,9 до 1,5 м. Результати досліджень подано у табл. 1.

Таблиця 1

**Залежність міцності торкретбетону і кількості відскоку від відстані сопла до робочої поверхні**

Відстань від бетоної поверхні, м								
	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
R, МПа	21,7	24,3	24,9	25,9	27,8	26,4	23,0	19,4
Кількість відскоку, %	26,5	21,0	17,3	14,1	12,0	13,9	16,9	12,1

Як бачимо з поданих результатів, оптимальною за показниками міцності і втрати через відскок є відстань від сопла до бетонної поверхні, що дорівнює 1,2 м. Це можна пояснити тим, що за великої відстані від сопла до бетонної поверхні суміш недоушільнюється, а за малої відстані – розрихлюється.

Оцінка впливу В/Ц на міцність і втрати через відскок проводилась на серії дослідних зразків, де сталою до робочої поверхні була відстань у 1,2 м, а також швидкість виходу суміші із сопла – 130 м/с. Результати досліджень наведено в табл. 2.

Таблиця 2

**Залежність міцності торкрет-бетону і кількості відскоку від В/Ц**

Водоцементне відношення (В/Ц)	0,35	0,4	0,45	0,5
R, МПа	26,4	28,5	25,4	2,1
Кількість відскоку, %	19,1	13,1	12,0	11,2

Отримані результати свідчать про те, що оптимальним водоцементним відношенням для використаних матеріалів є співвідношення В/Ц = 0,4. За значень В/Ц = 0,35 спостерігається розбіжність значень показників міцності, а на зруйнованих зразках можна побачити пошарову структуру і неоднорідність поверхні. Це пояснюється тим, що за низького В/Ц і затворення суміші водою в камері, розміщеній біля сопла, рівномірність зволоження є недостатньою. Під час нанесення суміші залишаються сухі плями на бетонній поверхні, значна частина матеріалу відходить у відскок, про що свідчать дані кількості відскоку (табл. 2).

Аналогічно, як і в даних за звичайного бетону, за збільшення В/Ц торкрет-бетонні зразки теж втрачали міцність.

**Висновки.** Як показали результати досліджень, процес торкретування дає можливість забезпечити приріст міцності вже під час виконання робіт. Торкрет-бетон дає змогу розширити область використання технології бетонування, оскільки при цьому покращуються фізико-механічні властивості бетону: міцність на згин – на 40 % і більше; міцність на стиск – на 15 % і більше.

Сьогодні назріла необхідність у зміні стереотипів щодо використання нових прогресивних технологій торкретування, а також розробки та випуску вітчизняних нормативів, які б регламентували проектування і виконання цих робіт.

Проведені дослідження дали можливість вивчити технологічний процес виконання, виявити чинники, які на нього впливають, а також проектувати і аналітично розраховувати технологічні параметри виконання залежно від експлуатаційних вимог торкрет-бетону.

У сучасній технології бетону створено велику кількість комплексних додатків і модифікаторів різних видів і призначень, що дає змогу спрямовано впливати на властивості цементного каменю і затверділого бетону та підвищувати їх якість. На нашу думку, для повнішого вивчення проблем технологічних характеристик торкрет-бетону доцільно глибше дослідити вплив модифікаторів на властивості бетону.

1. George D. Yoggy «The history of shotcrete» 2005. 2. Ростовцев Л.С. Торкрет-бетонные работы в Щербиновском рудоуправлении Донугля / «Инженерный работник». – 1926. – №10, 11. – С. 23–26. 3. Артюх В.Г., Санников І.В. Торкрет-бетон у цивільних будинках, що реконструюються // Будівництво України. – 2007. – №3. – С.11–13. 4. Торкрет-бетон ТУ 5745-001-16216892-06. – М.: ЗАО «Служба защиты сооружений». – 2006. – 10 с. 5. Технология «мокрого» торкретирования. Бетон. – 2008. – № 2. – С. 14–16. 6. Научно-технический отчет «Разработка технологического процесса ремонта цементобетонных покрытий с использованием экспериментального оборудования по пневмонабрызгу». – К.: ГОСДОРНИИ, 1984. – 51 с. 7. Набрызг-бетонные работы в строительстве / М.Г. Дюженко, А.Я. Кацман, А.С. Барчук, А.П. Павлов; Под науч. ред. д-ра техн. наук, проф. О.П. Мчелдова-Петросяна. – К.: Будівельник, 1980. – 120 с.