

МОДИФІКОВАНІ БЕТОНИ З ПОЛІПШЕНИМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

© Марків Т.Є., Новосад П.В., Новосад О.П., Саїв І.В., 2010

Показано, що системний підхід до вибору органо-мінеральних добавок та оптимізація їх вмісту в складі бетону дає змогу напрямлено регулювати параметри як бетонних сумішей, так і бетонів. Розроблені бетонні суміші характеризуються поліпшеними технологічними властивостями, а бетони – експлуатаційними характеристиками.

Ключові слова: бетон, мінеральна добавка, модифікатори, зола-винесення

It is shown that systematic approach to the choice of organic admixtures and mineral additives and optimization of their maintenance in composition of concrete allows directionally to regulate parameters of both concrete mixtures and concretes. Developed concrete mixtures are characterized by improving technological properties, and concretes – by operating features.

Keywords: concrete, mineral additive, modifiers, fly ash

Постановка проблеми. Одержання бетонів із заданими властивостями має важливе значення в їх технології, яка інтенсивно розвивається. Розширюється комплекс нормативних властивостей під час проектування складів, зумовлений як технологічними вимогами, так і необхідністю підвищення експлуатаційної надійності бетону. Змінюються вимоги до проектування, властивостей бетонних сумішей і бетонів з урахуванням впливу найрізноманітніших технологічних і кліматичних чинників.

У сучасному будівництві перевага віддається матеріалам, які забезпечують міцність і довговічність об'єктів, що відповідає, розробленій на Світовому Самміті 179 країн в Ріо-де-Жанейро (1992 р.), стратегії сталого розвитку (The strategy of sustainable development (SoSD)). Передусім, це стосується бетонних конструкцій різних інженерних споруд, для яких все частіше висувають підвищені вимоги до експлуатаційних властивостей. Виготовлення таких бетонів вимагає використання різних органо-мінеральних добавок. З практики видно високу рентабельність застосування таких добавок для забезпечення підвищених проектних показників бетону [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Під час будівництва нових і ремонту старих конструкцій відмінно зарекомендували себе добавки-суперпластифікатори. Їх можна застосовувати для бетонів різних класів міцності в цивільному, промисловому, гідротехнічному, дорожньому і мостовому будівництві. За необхідності суперпластифікатори можна застосовувати в комбінації з іншими добавками. Доволі часто їх використовують в комбінації з мінеральною добавкою. Ці добавки необхідні для забезпечення високої міцності, щільності, водонепроникності конструкцій [2]. Використання модифікаторів бетону на органо-мінеральній основі відкриває широкі можливості, зокрема, отримання на портландцементі марки 400 або 500 і звичайних заповнювачах з твердих порід:

- високоміцних і надвисокоміцних бетонів, зокрема дрібнозернистих;
- бетонів з високою ранньою міцністю за тверднення в нормальних умовах;
- бетонів низької проникності для води і газів;
- високорухомих бетонних сумішей підвищеної в'язкості, тобто нерозшаровуваних;
- бетонів підвищеної довговічності (стійкість до сульфатної і хлоридної агресії, дії слабких кислот, морської води, підвищених до 400°C і від`ємних температурах).

Значний практичний інтерес становить використання мінеральної добавки пуцоланової групи з особливими властивостями, багатотоннажного відходу промисловості – золи-винесення ТЕС. Оскільки проблема накопичення промислових відходів є дуже актуальною в Україні. Нині у відвалах промислових підприємств перебуває 7 – 7,6 млрд. м³ різноманітних відходів, серед яких і зола-винесення ТЕС. Щорічно обсяг забруднення, що припадає на 1 кв. км площі території України, навіть без врахування рівня утилізації, в 6,5 разів вищий, ніж в США і в 3,2 раза вищий, ніж у країнах Європейського економічного співтовариства (ЄЕС). Кожного року в Україні накопичується більше відходів промисловості ніж в 12 країнах ЄЕС разом взятих. Можливості застосування золи різноманітні. Вони розвиваються переважно в двох напрямках: використання пуцоланових властивостей золи під час виробництва портландцементів та на підприємствах будівельної індустрії під час виробництва бетонів різного призначення [3].

Метою роботи є розроблення модифікованих бетонів з поліпшеними експлуатаційними властивостями.

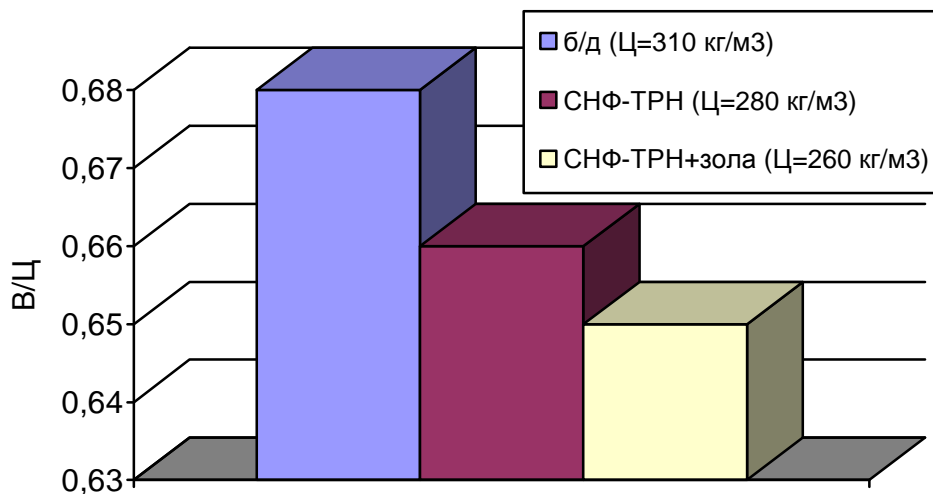
Методи досліджень і матеріали. У дослідженнях використано портландцемент загальнобудівельного призначення ПЦ І-500-Н ДСТУ Б В.2.7.46-96 ВАТ “Івано-Франківськцемент” та як мікронаповнювач зола-винесення Бурштинської ТЕС. Зола-винесення являє собою склоподібні частинки сферичної форми. Основним компонентом золи-винесення є склоподібна алюмосилікатна фаза в формі кульок до 100 мкм. Ця зола належить до алюмосилікатної з незначною кількістю малоактивних мінеральних складових (кварцу, муліту, гематиту). Активність золи-винесення Бурштинської ТЕС за поглинанням СаО з насичених розчинів протягом 28 діб становить 77,6 мг/г. Як водоредукуючу добавку використано комплексний модифікатор пластифікуючо-прискорювальної дії на нафталінформальдегідній основі СНФ-ТРН. Як дрібний заповнювач до бетону використовували кварцовий пісок Ясинецького родовища з модулем крупності $M_{кр}=1,4$, насипною густиною – 1485 кг/м³, пустотністю – 42,9 %, істинною густиною – 2,6 г/см³, вмістом пилюватих та глинистих домішок – 1,0 мас.%. Як крупний заповнювач було застосовано гранітний щебінь Віровського родовища фракції 5–20 мм з насипною густиною – 1440 кг/м³, пустотністю – 46%, істинною густиною – 2,7 г/см³, з вмістом пилюватих та глинистих домішок – 0,3%, маркою за морозостійкістю F300, маркою за дробимістю 1400, вмістом 12 мас.% зерен пластинчастої (лещадної) та голчатої форм.

Випробування проводили згідно з методиками, описаних у нормативних документах на методи випробувань матеріалів.

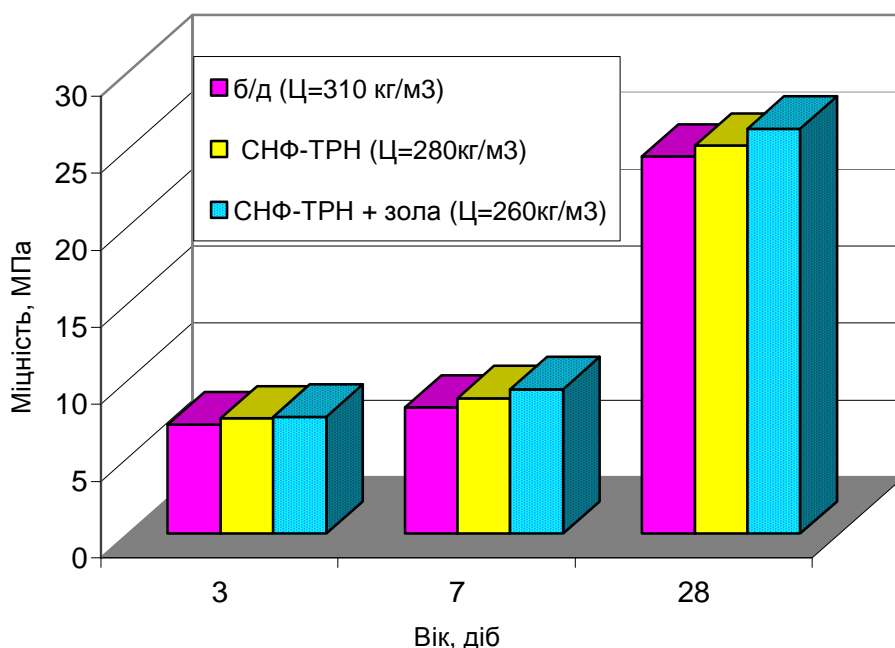
Результати досліджень. Застосування добавок модифікаторів дає змогу покращити процеси перемішування і укладання бетонної суміші в форму або опалубку, а проектування складу бетону з певними співвідношеннями компонентів, підвищує якість цього матеріалу, його водонепроникність, морозостійкість.

Як видно з рис. 1, а, введення модифікатора СНФ-ТРН дозволяє дещо знизити водоцементне відношення та витрату портландцементу на 10% при досягненні запроєктованих параметрів бетонної суміші та бетону порівняно з бетоном без добавок ($Ц=310$ кг/м³). При введенні золи-винесення та добавки СНФ-ТРН В/Ц відношення знижується на 3%, а вміст цементу на 16% порівняно з бетоном на основі портландцементу ПЦ І-500-Н без органо-мінеральних добавок. Досягається запроєктована марка за легкоукладальністю Р4. При введенні золи-винесення збільшується рухливість бетонної суміші, а це дає змогу ще дещо знизити В/Ц для досягнення запроєктованої марки за легкоукладальністю. Зростання рухливості можна пояснити проявом ефекту „роліко-підшипника”. Застосування золи-винесення разом з хімічними модифікаторами в бетонній суміші дозволяє одержати ще більший пластифікуючий ефект, механізм дії такого комплексного поєднання мінеральних та хімічних добавок пояснюється дією їх окремих компонентів, які доповнюючи один одного, дозволяють отримати синергічний ефект. При цьому міцність бетону з добавкою СНФ-ТРН вища у всі терміни тверднення при нижчій на 10% витраті

портландцементу ПЦ I-500-Н ДСТУ Б В.2.7-46-96 порівняно з бетоном без хімічної добавки (рис. 1, б). Введення разом з добавкою СНФ-ТРН золи-винесення призводить до зростання міцності бетону при нижчій витраті портландцементу ($\rho_c=260$ кг/м³).



а



б

Рис. 1. Вплив органо-мінеральних добавок на В/Ц бетонної суміші БСГ В15 Р4 F150 W4 ДСТУ Б В.2.7-96-2000 (а) та міцність затверділого бетону (б)

З метою забезпечення найоптимальнішого співвідношення між хімічною та мінеральною добавками для отримання найщільнішої структури бетону з поліпшеними експлуатаційними властивостями проведено оптимізацію бетону в заданому інтервалі зміни кількісного співвідношення золи-винесення X1 (10 – 30 мас.%) та добавки СНФ-ТРН X2 (1,5 – 2,5 мас.%) за методом статистичного математичного оброблення результатів, а саме за методом ортогонально центрально-композиційного планування (ОЦКП).

Аналіз отриманих математичних залежностей, а також їхня графічна інтерпретація (рис. 2), дозволяють визначити оптимальні кількості мікронаповнювача (золи-винесення) та хімічної

добавки – СНФ-ТРН, які становлять відповідно 20 мас. % золи-винесення та 2,0 мас.% добавки СНФ-ТРН, що забезпечує високу ранню і марочну міцність у разі підвищеної рухливості бетонної суміші (марка за легкоукладальністю Р4).

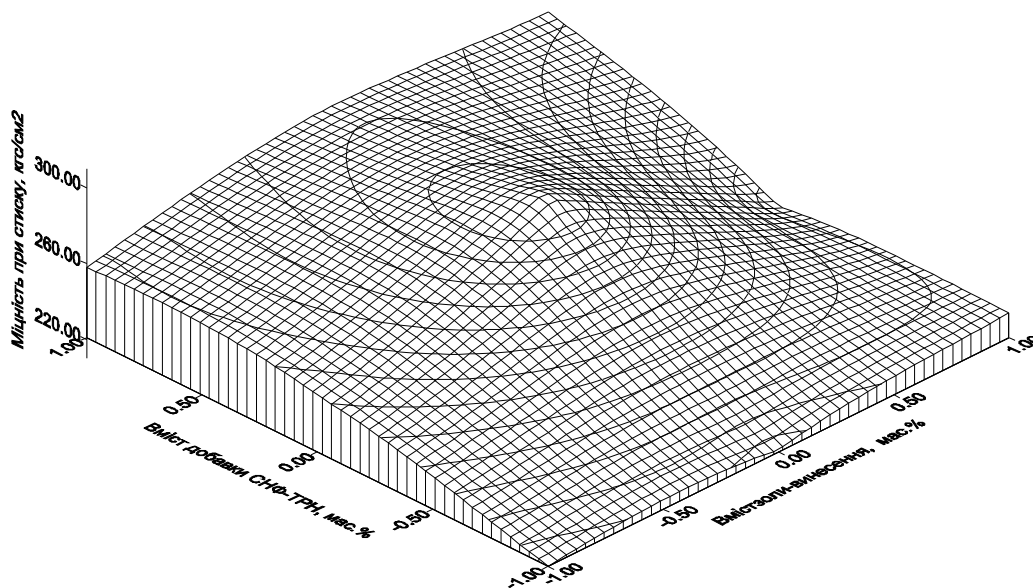


Рис. 2. Ізолінії рівної міцності бетону у віці 28 діб

Варто відзначити, що сучасні технології бетонування вимагають застосування високо-рухливих (литих) бетонних сумішей з часом використання до 2–4 год. Як правило, бетонна суміш без спеціальних добавок з заданою рухливістю протягом часу, більшого, ніж годину, стає практично непридатною до вкладання у відповідні конструкції, що обумовлено термінами тужавіння портландцементу. Тому в умовах централізованого приготування бетонних сумішей однією з найважливіших характеристик є їхня здатність до збереження властивостей в часі. Встановлено, що бетонні суміші з добавкою золи-винесення та комплексного модифікатора характеризуються підвищеною здатністю до збереження рухливості. Так, запроєктована марка за легкоукладальністю бетонної суміші з оптимальною кількістю золи-винесення та модифікатора пластифікуючо-прискорювальної дії зберігається протягом 1,5 год (рис. 3).

При твердненні бетону з органічно-мінеральними добавками в умовах від'ємних температур $T = -8 \div -10^{\circ}\text{C}$ не спостерігається деструктивних процесів. Проте кінетика набору міцності істотно сповільнюється (рис. 4), тоді як бетон без добавок зруйнувався.

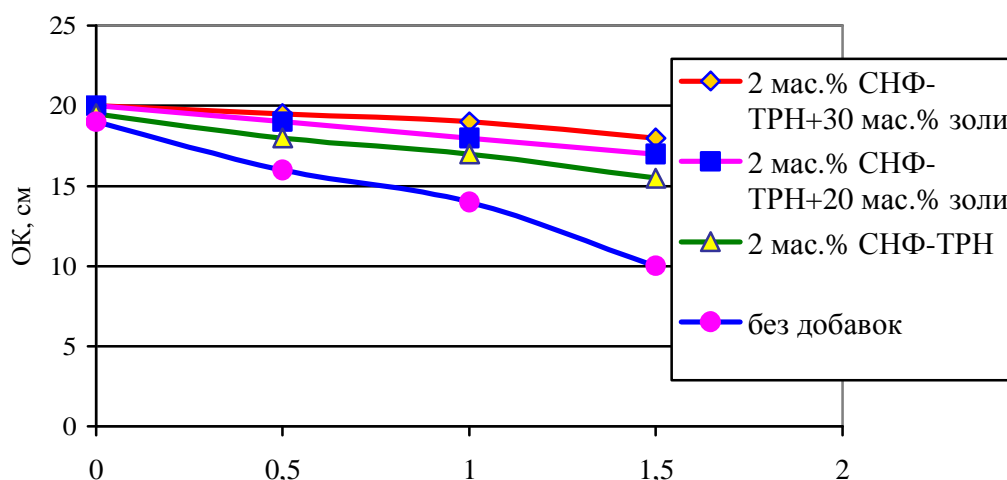


Рис. 3. Зміна рухливості в часі бетонних сумішей БСГ В15 Р4 F150 W4 ДСТУ Б В.2.7-96-2000

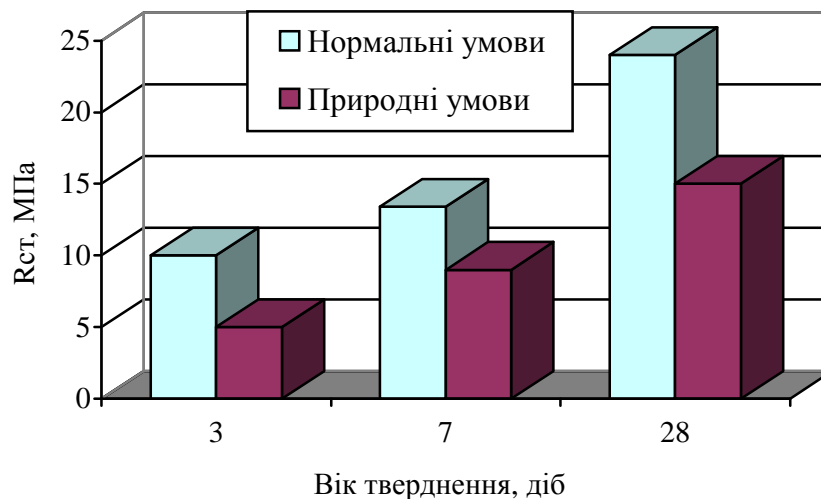


Рис. 4. Міцність модифікованого бетону в різних умовах тверднення

Дослідженнями будівельно-технічних властивостей бетонів класу за міцністю на стиск В15 та марки за легкоукладальністю Р4 встановлено, що застосування золи-винесення та модифікаторів пластифікуючо-прискорювальної дії дає змогу одержати бетони, які характеризуються вищими марками за морозостійкістю (F200), водонепроникністю (W8-W12) та низьким водопоглинанням (W=1,9 мас.%) порівняно з традиційними бетонами.

Висновки. У результаті виконаних досліджень встановлено, що важливе значення під час формування міцності та експлуатаційних властивостей бетону має оптимізація вмісту мікронаповнювача та хімічної добавки. Використання органо-мінеральних добавок дозволяє значно понизити водоцементне відношення, збільшити рухливість і однорідність бетонної суміші, покращити якість бетонних поверхонь, а також значно прискорити темпи будівництва (збільшити оборотність опалубки, скоротити трудовитрати під час бетонування), зокрема у разі понижених додатних та від'ємних температур. Модифіковані бетони мають високі технологічні і експлуатаційні характеристики, що дають змогу зводити довговічні споруди естетичного вигляду. Модифіковані бетони можна використовувати під час бетонування колекторів для інженерних комунікацій, шляхопроводів тунельного типу і каналізаційних колекторів, що дає можливість за рахунок отримання бетону високої водонепроникності вирішити проблему корозії і довговічності конструкцій. Застосування під час виробництва бетонів золи-винесення дає змогу зменшити додаткові матеріальні витрати на створення нових золовідвалів, які, своєю чергою, займають значні площі родючих земель та забруднюють навколишнє середовище.

1. Концепція застосування модифікаторів для підвищення якості та довговічності залізобетону / М.А. Саницький, У.Д. Маруцак, О.Т. Мазурак, М.М. Чемерис // Міжвід. наук.-техн. зб. наук. пр. „Будівельні конструкції” – Вип. 59. – К.: НДІБК, 2003. – С. 448 – 455. 2. Гоц В.І. Бетони і будівельні розчини. – К.: ТОВ УВПК “ЕксОб”, 2003. – 468 с. 3. Конструкційні матеріали нового покоління та технології їх впровадження у будівництво / Р.Ф. Рунова, В.І. Гоц, І.І.Назаренко, В.Й. Сівко, П.С. Шилюк, В.Н. Старчук, В.І. Братчун, А.М. Пругін, М.А. Саницький – К.: УВПК «ЕксОб», 2008. – 360 с.