

**ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОЇ ДОБАВКИ НА ОСНОВІ
ПОЛІЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ НА КІНЕТИКУ НАБОРУ
МІЦНОСТІ БЕТОНІВ**

Ионов Д.С., м.н.с.

*Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій,
Київ, Україна*

Серед великої кількості добавок, що застосовуються в технології бетону, найбільше значення мають суперпластифікуючі добавки.

З усіх пластифікуючих добавок найбільш сильний ефект розрідження суміші мають полікарбоксилатні суперпластифікатори (РС), але вони є досить дорогими у порівнянні з іншими видами пластифікаторів. Для скорочення витрат на виготовлення пластифікованої бетонної суміші можливе розроблення комплексної хімічної добавки на основі полікарбоксилатів з іншими органічними речовинами, подібними до них за походженням.

В даній роботі вирішуються такі питання:

- дослідження проблеми сумісності різних хімічних добавок подібного органічного походження та структури;
- оцінка впливу комплексних хімічних добавок на міцність бетону і легкоукладальність бетонної суміші;
- дослідження впливу від'ємних температур навколишнього середовища на кінетику набору міцності бетонів з комплексною органо-мінеральною добавкою.

В складі бетону були використані наступні компоненти:

- портландцемент ПЦ/П Б-Ш-400, виробник «Балцем», згідно з [2];
- пісок річковий Дніпровський згідно з [3];
- щебінь гранітний фракцій 5-10 мм та 10-20 мм згідно з [4];
- вода питна згідно з [5];
- полікарбоксилатний суперпластифікатор SKY 593 німецької компанії BASF, що відповідає вимогам [6, 7, 8];
- поліетиленгліколь згідно з [7, 8, 9];
- зола-виносу Ладиженської ТЕЦ згідно з [10].

Технічна характеристика SKY 593:

Принциповий вигляд структури SKY 593 наведено на рис.1.

Головною ознакою полікарбоксилатів є полімерний ланцюг, з'єднаний з ненасиченими карбоновими кислотами. Відношення між

кислотними і багато ефірними групами, наявність чи відсутність додаткових функціональних груп в полікарбоксилатах - визначає ступінь різниці в хімічному складі і обумовлює різницю в досягнутих технологічних ефектах.

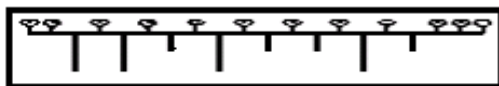
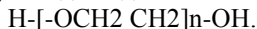


Рисунок 1 - Принциповий вигляд структури SKY 593

Згідно даних рис.1 можна відмітити, що полікарбоксилатний суперпластифікатор SKY 593 має довгий основний ланцюг і велику кількість коротких бічних ланцюгів молекул.

Технічна характеристика поліетиленгліколю:

Поліетиленгліколь (ПЕГ) - загальна назва поліконденсованих полімерів етиленгліколю або полімеризованих полімерів окису етилену і води, представлених емпіричною формулою $\text{HOCH}_2(\text{CH}_2\text{OCH}_2)_m\text{CH}_2\text{OH}$, де m — середнє число оксіетиленових груп. Відповідно загальна формула ПЕГ:



Структурна формула ПЕГ наведена графічно на рисунку 2.

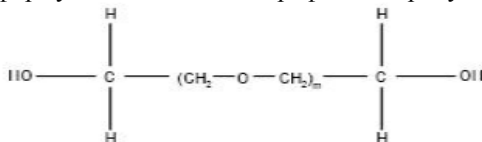


Рисунок 2 – Структурна формула поліетиленгліколю

ПЕГ одержують шляхом полімеризації окису етилену за наявності води та каталізатора під тиском.

ІЧ-спектрограму поліетиленгліколю наведено на рисунку 3.

Дослідження проблеми сумісності хімічних добавок проводилося за стандартизованими методиками згідно з [8,11].

Було висунуто припущення про можливість покращення технологічних властивостей бетонних сумішей та фізико-механічних показників бетонів при застосуванні комплексної хімічної добавки на основі SKY593 і поліетиленгліколю, який проявляє як кислотні, так і основні властивості.

Склади бетонів були підібрані згідно з [8], оптимальну кількість додавання суперпластифікатора SKY 593 та золи-виносу було визначено у [12].

Склади бетонів наведено у таблиці 1. Зразки - куби виготовлені згідно з [8], у формах розміром 7,07x7,07x7,07 мм, зберігались у повітряно-сухих умовах і випробовувались на стиск згідно з [13].

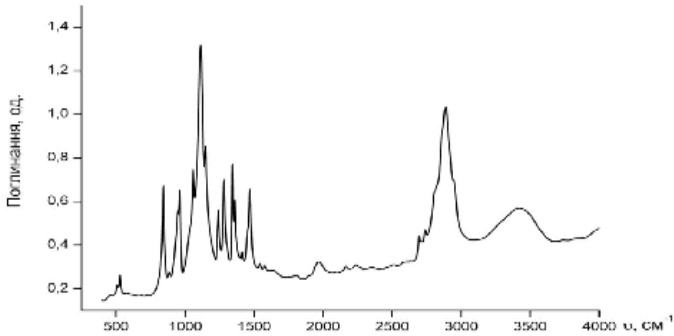


Рисунок 3 – ІЧС полі етиленгліколю

Таблиця 1 – Склади бетонів, що випробовувалися

№	Цемент, кг	В/Ц	Добавка, %/кг		
			SKY 593	ПЕГ	Зола
1	350	0,54	-	-	-
2	350	0,54	-	0,7/2,45	-
3	350	0,54	-	1,5/5,25	-
4	350	0,54	0,7/2,45	-	-
5	350	0,54	1,5/5,25	-	-
6	350	0,54	0,35/1,225	0,35/1,225	-
7	350	0,54	0,53/1,855	0,17/0,595	-
8	350	0,46	0,7/2,45	-	-
9	350	0,43	1,5/5,25	-	-
10	350	0,51	-	1,5/5,25	-
11	350	0,49	0,35/1,225	0,35/1,225	-
12	350	0,46	0,53/1,855	0,17/0,595	-
13	350	0,46	0,75/2,63	0,75/2,63	-
14	350	0,46	1,125/3,94	0,375/1,3	-
15	350	0,46	0,63/1,855	0,07/0,595	-
16	308	0,46	0,7/2,45	-	12/42
17	308	0,46	0,63/1,855	0,07/0,595	12/42
18	308	0,46	0,35/1,225	0,35/1,225	12/42
19	308	0,46	0,53/1,855	0,17/0,595	12/42

Можна відмітити, що розроблені склади (№1 - №7) з В/Ц=0,54 показали пластифікуючу дію хімічних добавок на бетон, виходячи з того, що контрольний склад (№1) мав осадку конуса при даному В/Ц – ПІ.

До контрольного складу були додані різні кількості хімічних добавок (№2-№7). Кількість хімічних добавок становила 0,7% - 1,5% від маси цементу, в перерахунку на суху речовину.

Після цього, розроблені склади № 8 - №19 (які дублювали склади №2-№7) були заформовані так, щоб отримати осадку конуса П-1 (ОК = 1...4 см) з В/Ц = 0,43...0,51 і дослідити на них кінетику набору міцності та вплив хімічних добавок на міцність бетонів.

Потім, додатково було додано 12% золи-виносу для підвищення технічних характеристик бетону (№16-№19) і зменшення частки портландцементного клінкеру. Це дозволило визначити пластифікуючий ефект комплексної органо-мінеральної добавки та оцінити кінетику набору міцності бетонів при однаковій марці за легкоукладальністю.

Результати випробувань складів бетонів наведено у таблиці 2.

Таблиця 2 – Міцність і середня густина бетону

№	ρ б., кг/м ³	ρ б.с., кг/м ³	В/Ц	ОК, см	Міцність, доба/МПа		
					3	7	28
1	2387	2415	0,54	1	12	18	20
2	2402	2425	0,54	3	9	15	25
3	2474	2335	0,54	5	6	15	26
4	2391	2385	0,54	18	11	14	18
5	2457	2470	0,54	19	8	22	24
6	2289	2335	0,54	15	8	16	18
7	2357	2335	0,54	16	11	17	23
8	2336	2415	0,46	1	14	22	33
9	2393	2350	0,43	1	16	26	34
10	2384	2305	0,51	3	9	16	22
11	2383	2295	0,49	4	10	20	25
12	2463	2295	0,46	1	12	20	32
13	2398	2470	0,46	1	13	25	29
14	2415	2415	0,46	1	14	25	29
15	2387	2398	0,46	1	10	20	24
16	2402	2444	0,46	1	7	19	25
17	2336	2407	0,46	1	8	17	28
18	2402	2468	0,46	1	7	13	23
19	2398	2465	0,46	1	6	15	23

Згідно даних наведених у таблиці 2, можна відмітити, що найбільшу міцність на 28 добу мали склади №8 і 9. Ці склади бетонів були заформовані на чистому полікарбоксилатному суперпластифікаторі з кількістю додавання 0,7% та 1,5% від маси цементу.

Дещо нижчу міцність у порівнянні зі складами бетонів №8 і 9 показав склад бетону №12. Він мав у своєму складі комплексну хімічну добавку SKY 593+поліетиленгліколь у співвідношенні 3:1, у загальній кількості 0,7 % від маси цементу.

При додаванні комплексної органо-мінеральної добавки SKY 593+поліетиленгліколь+зола, найвищу міцність показав склад №17. Його міцність майже на 30 % перевищує міцність контрольного складу.

Отриманий позитивний ефект від введення поліетиленгліколю в склад композиційної добавки можна пояснити як наявністю подібної структури до структури SKY593 та спроможністю взаємодіяти із основною складовою цементу та кислотою складовою золи з утворенням додаткових структуроутворюючих елементів.

На другому етапі досліджень були підібрані склади бетонів для проведення випробувань на твердіння при від'ємних температурах і дослідження протиморозних властивостей комплексної органо-мінеральної добавки.

Для підсилення ефекту протиморозної дії комплексної хімічної добавки було введено її у кількості 1,5 % від маси цементу.

Всі склади бетонів мали осадку конуса П1. Для контрольного складу В/Ц=0,54, для основних складів В/Ц=0,46.

Склади бетонів наведено у таблиці 3.

Таблиця 3 – Склади бетонів для твердіння при від'ємних температурах

№	Цемент, кг	Вода, л	Добавка, кг	Умови зберігання
1	350	190	-	A*
				B**
				C***
2	350	160	SKY593-1,5% 5,25	A*
				B**
				C***
3	308	160	Зола-12% - 42 SKY593-1,35% 4,73 ПЕГ-0,15% 0,52	A*
				B**
				C***
4	308	160	Зола-12% - 42 SKY593-1,50% 5,25	A*
				B**
				C***
5	350	160	SKY593-1,35% 4,73 ПЕГ-0,15% - 0,52	A*
				B**
				C***

*Умови зберігання 28 діб в камері для нормального зберігання.

**Умови зберігання 28 діб в морозильній камері при $T=-5^{\circ}\text{C}$ ($\pm 2^{\circ}\text{C}$).

*** Умови зберігання 28 діб в морозильній камері при $T=-5^{\circ}\text{C}$ ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) + 28 діб в камері для нормального зберігання.

Отримані результати випробувань наведені у таблиці 4.

Таблиця 4 – Результати випробувань бетонів з протиморозною добавкою

№	В/Ц	$\rho_{\text{б.г.}}$ кг/м ³	$R_{\text{ст.}}$ МПа	Приріст міцності бетону	
				Кількість, %	Формула розрахунку
1	0,54	2385	30	100	A
			3	10	(B/A)×100
			18	60	(C/A)×100
2	0,46	2447	35	100	A
			5	15	(B/A)×100
			18	52	(C/A)×100
3	0,46	2448	28	100	A
			4	15	(B/A)×100
			15	54	(C/A)×100
4	0,46	2382	32	100	A
			3	10	(B/A)×100
			14	44	(C/A)×100
5	0,46	2358	33	100	A
			6	18	(B/A)×100
			16	49	(C/A)×100

Згідно даних, наведених у таблиці 4, можна відмітити, що міцність на 28 добу нормального тверднення майже не відрізняється для всіх складів і становить 28-34 МПа.

Приріст міцності бетону при твердінні 28 діб на морозі при -5°C свідчить про підвищення міцності при додаванні поліетиленгліколю. Так складі №2 має приріст міцності 14,58 %, а при додаванні ПЕГ склад №5 має 17,6 %. Склади з додаванням золи мають таку ж тенденцію, склад №4 має приріст міцності 9,92%, а склад №3 з додаванням ПЕГ має 13,42%.

Це свідчить про властивість слабого протиморозного ефекту поліетиленгліколю у складі комплексної добавки з полікарбоксилатним суперпластифікатором і золою-винесення.

Відмінність результатів міцності для контрольних складів в таблиці 2 і таблиці 4 пояснюється використанням малоактивного цементу при виконанні першої частини роботи і складанні таблиць 1 і 2.

Висновок

Бетони з оптимально підбраною кількістю комплексної органо-мінеральної добавки на основі SKY, ПЕГ і золи-винесення мають підвищену міцність бетону на 28 добу тверднення і зменшену витрату портландцементного клінкеру у порівнянні з бездобавочними бетонами на основі ПЦ ІІ/Б-Ш 400.

Комплексна органо-мінеральна добавка дещо підвищує міцність бетону при твердненні в умовах від'ємних температур. Розроблені бетони можуть застосовуватись при бетонуванні масивних конструкцій в умовах знижених температур.

Summary

In this article describes the influence of additives polyethyleneglycol on technological properties of concrete mix and concrete. Investigate the joint action of polyethyleneglycol and polycarboxylate additives SKY 593 on concrete.

1) Батраков В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика, изд.2,- Москва, 1998.

2) ДСТУ Б В.2.7-46-2010 «Будівельні матеріали. Цементи загально-будівельного призначення. Технічні умови».

3) ДСТУ Б В.2.7-32-95 «Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови».

4) ДСТУ Б В.2.7-75-98 «Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови ».

5) ГОСТ 23732-79 «Вода для бетонов и растворов. Технические условия (Вода для бетонів та розчинів. Технічні умови)».

6) DIN EN 934-2: ч. 2.

7) ДСТУ Б В.2.7-171:2008 «Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Загальні технічні умови».

8) ДСТУ Б В.2.7-69-98 (ГОСТ 30459-96) «Добавки до бетонів. Методи визначення ефективності».

9) ТУ 6-00205601.08-2000.

10)ГОСТ 25818-91 «Золы-уноса тепловых станций для бетонов. Технические условия».

11)ДСТУ Б В.2.7-170:2008 «Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності».

12)Шейніч Л.О. Керування енергоємністю виробництва бетонів, їх складом та структурою суперпластифікаторів / Шейніч Л.О., Попруга П.В., Іонов Д.С. // Зб.наук.праць.- О.:Вісник, вип. № 39.- ч.2-2010.

13)ДСТУ Б В.2.7-214:2009 «Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками».