

*Шейніч Л.О., доктор техн.наук,  
зав. відділу технології виготовлення ЗБК;  
Іонов Д.С, м.н.с., аспірант,  
Державне підприємство «Державний науково-  
дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ*

## ВПЛИВ ДОБАВКИ ПОЛІЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ НА ВЛАСТИВОСТІ БЕТОНУ

На сучасному етапі розвитку технології будівництва проблеми підвищення якості, довговічності, економічності бетону і залізобетону вдало вирішуються шляхом хімізації цієї галузі [1].

Одним з найбільш перспективних і ефективних напрямків хімізації в сучасному будівництві є широке використання різних органічних з'єднань в якості спеціальних добавок для бетону. Вводячи їх у незначній кількості, по відношенню до маси цементу, можна досягти різноманітних технологічних ефектів.

Серед великої кількості добавок, що застосовуються в технології бетону, найбільше значення мають суперпластифікуючі добавки, які дозволяють на 15-30 % знизити водопотребу бетонної суміші при збереженні необхідної її рухливості.

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.

В даній роботі вирішуються такі питання:

- дослідження проблеми сумісності різних хімічних добавок схожого органічного походження та структури;
- оцінка впливу комплексних хімічних добавок на міцність бетону і легкоукладальність бетонної суміші;
- дослідження впливу кількості води замішування на пластифікований бетон і побудова кінетики набору міцності;
- підбір складу бетону, з найбільш швидкою кінетикою набору міцності і найвищим показником міцності на 28 добу, для подальших досліджень.

В складі бетону були використані наступні компоненти :

- портландцемент ПЦ-ІІ Б/Ш 400. Виробник «Бальцем» м. Балаклея, 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].

Характеристика суперпластифікатора SKY 593 (надана німецькою компанією-виробником BASF) - пластифікатор бетону та засіб для підвищення текучості згідно з нормою [6]. Відповідає вимогам норми DIN-V-18998. Відповідно до норми DIN V 20000-100:2002-11, розділ 4.4, придатний для бетону для попередньо-напружених несучих конструкцій. Також згідно з нормою DIN V 20000-100:2002-11, розділ 6. Використання в бетоні із заповнювачем, чутливим до дії луку, відповідно до норми DIN V 20000-100, 8.2 (вміст луку < 8,5 % маси), відповідає вимогам норм ZTV-ING та ZTV-StB 01.

Технічні дані суперпластифікатора SKY 593 наведені у таблиці 1.

Принциповий вигляд структури GLENIUM® SKY 593 (FM)/(BV) наведено на рис.1.

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

Таблиця 1 - Технічні дані суперпластифікатора SKY 593

Характеристика	Показник
Сировина	Ефір полікарбоксилату
Колір та форма поставки	Коричнева рідина
Густина (при 20°C)	1,05 ± 0,02 г/см <sup>3</sup>
Значення рН (при 20°C)	6,5 ± 1,0 після виготовлення
Максимальний вміст хлориду	0,10 % маси
Максимальний вміст лугу	1,2 % маси, в якості еквіваленту Na <sub>2</sub> O



Рисунок 1 - Принциповий вигляд структури GLENIUM® SKY 593

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.

Характеристика поліетиленгліколю (ПЕГ) надана виробником і наведена у таблиці 2.

Таблиця 2 – Технічна характеристика поліетиленгліколю

№	Показник	Норматив	Випробування
1	Зовнішній вигляд	Пластинчасті частинки білого кольору	Відповідає
2	Зовнішній вигляд 25% розчину	Прозора рідина	Відповідає
3	Кольоровість за платино-кобальтовою шкалою, не більше	25	10
4	Гідроксильне число, mgKOH/g	65-75	67
5	pH 5% розчину препарату	4-7	5,65
6	Зола, %, не більше	0,5	0,049
7	Залізо (Fe), %, не більше	0,001	0,0003
8	Вода, %, не більше	0,5	0,4
9	Температура кристалізації, °C	40-46	46

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:



де  $n$  — кількість  $m + 1$  і визначає ступінь полімеризації, яка більше або дорівнює 4. Зустрічається інша емпірична формула ПЕГ:  $(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_n + \text{H}_2\text{O}$ .

Структурна формула ПЕГ має вигляд  $\text{HOCH}_2-(\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2)_n-\text{CH}_2\text{OH}$  і наведена графічно на рисунку 2.

Дослідження проблеми сумісності хімічних добавок проводилося за стандартизованими методиками згідно з [8,10,11].

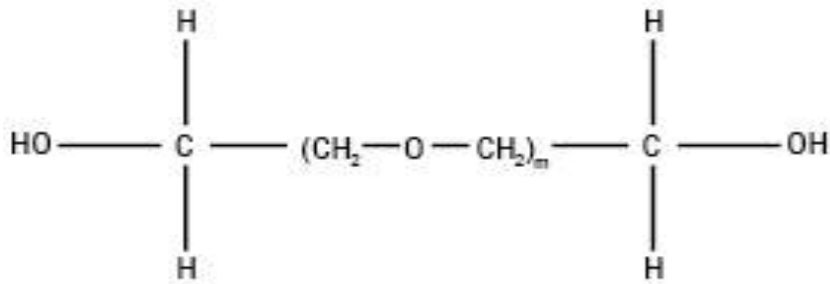


Рисунок 2 – Структурна формула поліетиленгліколю

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

ІК-спектрограму поліетиленгліколю наведено на рисунку 3.

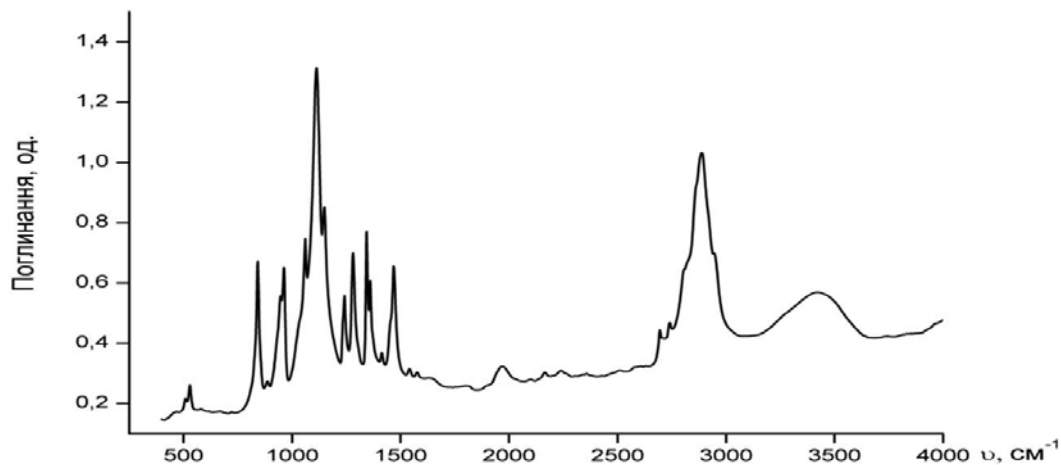


Рисунок 3 – ІКС поліетиленгліколю

Було висунуто припущення про можливість виготовлення і випробування комплексної модифікованої добавки на основі поліетиленгліколю і суперпластифікатора SKY 593, оскільки привиті речовини, що містяться в суперпластифікаторі SKY 593 можуть позитивно впливати на властивості ПЕГ і підвищувати його технічні характеристики.

Склади бетонів були підібрані згідно з [8], оптимальну кількість додавання суперпластифікатора SKY 593 було визначено у попередніх роботах і дослідях, також згідно рекомендацій наданих виробником. Склади бетонів наведено у таблиці 3. Зразки - куби виготовлені згідно з [8], у формах розміром 7,07x7,07x7,07 мм, випробовувалися на стиск на пресі з навантаженням 200 кН згідно з [11].

Склади бетонів мали однакову кількість всіх компонентів, окрім води та хімічних добавок.

На першому етапі роботи були виконані формовки складів з В/Ц = 0,54 (склади №1 - №7), виходячи з того, що контрольний склад (склад №1) мав осадку конуса при даному В/Ц – П1. Потім до контрольного складу були додані різні кількості хімічних добавок (склади №2-№7). Кількість хімічних добавок була 0,7 % та 1,5 % від маси цементу, в перерахунку на суху речовину. Також було визначено середню густину бетонної суміші, бетону та його міцність на 3, 7 та 28 добу.

На другому етапі, склади №1 - №7 були заформовані так, щоб отримати осадку конуса (ОК = 1...4 см) П-1 з В/Ц = 0,42...0,46 (склади бетонів № 8 - №14). Це дозволило визначити пластифікуючий ефект хімічних добавок, зменшення кількості води замішування та оцінити кінетику набору міцності бетонів за однакової осадки конуса.

Результати випробувань складів бетонів наведено у таблиці 4.

Таблиця 3 – Склади бетонів, що випробовувалися

№ складу	Цемент, кг	Пісок, кг	Щебінь, кг		Вода, л	Добавка, %/кг	
			5-10 мм	10-20 мм		SKY 593	ПЕГ
1	350	727	361	731	190	-	-
2	350	727	361	731	190	-	0,7/2,45
3	350	727	361	731	190	-	1,5/5,25
4	350	727	361	731	190	0,7/2,45	-
5	350	727	361	731	190	1,5/5,25	-
6	350	727	361	731	190	0,35/1,225	0,35/1,225
7	350	727	361	731	190	0,53/1,855	0,17/0,595
8	350	727	361	731	160	0,7/2,45	
9	350	727	361	731	150	1,5/5,25	
10	350	727	361	731	180		1,5/5,25
11	350	727	361	731	170	0,35/1,225	0,35/1,225
12	350	727	361	731	160	0,53/1,855	0,17/0,595
13	350	727	361	731	160	0,75/2,63	0,75/2,63
14	350	727	361	731	160	1,125/3,94	0,375/1,3

Таблиця 4 – Міцність і густина складів бетону, що випробовувалися

№ складу	$\rho_{б.г}$ , кг/м <sup>3</sup>	$\rho_{б.с.г}$ , кг/м <sup>3</sup>	В/Ц	ОК, см	Міцність, доба/МПа		
					3	7	28
1	2387	2415	0,54	1	11,14	17,60	19,61
2	2402	2425	0,54	3	9,0	14,46	25,08
3	2474	2335	0,54	5	5,63	15,07	25,93
4	2391	2385	0,54	18	10,46	14,14	17,56
5	2457	2470	0,54	19	8,05	21,86	23,5
6	2289	2335	0,54	15	8,03	15,86	17,44
7	2357	2335	0,54	16	11	16,86	22,99
8	2336	2415	0,46	1	13,55	21,37	33,0
9	2393	2350	0,43	1	15,71	25,76	33,61
10	2384	2305	0,51	3	8,65	15,3	21,84
11	2383	2295	0,49	4	10,07	19,54	25,0
12	2463	2295	0,46	1	11,98	19,44	31,5
13	2398	2470	0,46	1	12,75	24,2	28,8
14	2415	2415	0,46	1	14,05	24,98	29,11

Згідно даних таблиці 4, можна відмітити, що склади з додаванням ПЕГ №2 і №3 мали незначну осадку конуса 3-5 см в порівнянні з контрольним складом №1, що мав осадку конуса 1 см. Це дозволяє відмітити, що пластифікуючий ефект добавки ПЕГ майже відсутній.

Навідміну від ПЕГ, при додаванні у склади №4 і №5 добавки SKY 593 проявляється її сильно виражений пластифікуючий ефект, осадка конуса становить 18-19 см, тобто змінюється з марки П-1 до марки П-4, в порівнянні з контрольним складом.

При додаванні у склади №6 і №7 комплексної добавки, що складається зі SKY 593 (50%-75%) і ПЕГ (50% - 25%) можна відмітити сильний пластифікуючий ефект у порівнянні з контрольним складом і складами з додаванням окремо ПЕГ, осадка конуса становить 15-16 см, що

майже не поступається складам №4 і №5 (оскільки це все марка за осадкою конуса П-4).

Також згідно даних таблиці 4, можна відмітити, що контрольний склад мав найнижчу міцність на 28 добу в порівнянні з іншими складами.

Цікаво, що склади №2, №3 і №10 з додаванням добавки ПЕГ мали менший показник міцності на 3 і 7 добу ніж контрольний склад, але перевищували його показник міцності на 28 добу. Ці дані дозволяють відмітити, що добавка ПЕГ дозволяє підвищити міцність на 28 добу.

Склади №2, №8, №11 та №12 з кількістю добавок 0,7% від маси цементу та осадкою конуса П-1 мали чітко виражений ефект залежності спадання показників міцності на 3,7 і 28 добу тверднення від збільшення кількості заміни SKY 593 на ПЕГ.

Склади №9, №10, №13 та №14 з кількістю добавок 1,5% від маси цементу та осадкою конуса П-1 мали чітко виражений ефект залежності спадання показників міцності на 3,7 і 28 добу тверднення від збільшення кількості заміни SKY 593 на ПЕГ.

### **Висновок:**

Таким чином, в результаті проведених досліджень встановлено, що поліетиленгліколь може використовуватися в складі бетонних сумішей, оскільки підвищує міцність на 28 добу на 10-20 % при додаванні у кількості 0,7%-1,5% від маси цементу. При цьому він має слабкий ефект пластифікації бетонної суміші (осадка конуса може змінюватися з П-1 до П-2).

Поліетиленгліколь, як окрема добавка та комплексна хімічна добавка, що складається з поліетиленгліколю та полікарбоксилатного суперпластифікатора SKY 593 за показниками міцності на 3, 7 та 28 добу і показниками осадки конуса незначно зменшує показники у порівнянні з чистою добавкою SKY 593. Тому їх використання доцільне для економії витрат полікарбоксилатного суперпластифікатора.

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Батраков В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика», изд.2,-Москва, 1998.
2. ДСТУ Б В.2.7-46-2010 «Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного 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.27-75-98 «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. ДСТУ Б В.2.7-170:2008 «Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності».
11. ДСТУ Б В.2.7-214:2009 «Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками».