

Дорошенко Ю.М., канд. техн. наук, проф.

Дорошенко О.Ю., канд. техн. наук, доц.

Чистяков В.В., д-р техн. наук, проф.

ВПЛИВ ВІДХОДІВ І ПОПУТНИХ ПРОДУКТІВ ПРОМИСЛОВИХ ВИРОБНИЦТВ НА ВЛАСТИВОСТІ БЕТОНУ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД

Анотація. Запропоновані результати досліджень свідчать про те, що добавка ТСВ і бішофіту поліпшують фізичні властивості бетону (міцність та коефіцієнт морозостійкості зростає, а водопоглинання, капілярне підсмоктування зменшуються), що дає змогу прогнозувати більшу стійкість та довговічність дорожнього бетону.

Ключові слова: міцності бетону, морозостійкість, добавки.

Аннотация. Предложенные результаты исследований свидетельствуют о том, что добавка ТСВ и бишофота улучшают физические свойства бетона (прочность и коэффициент морозостойкости растет, а водопоглощение, капиллярный подсос уменьшаются), что дает возможность прогнозировать высокую стойкость и долговечность дорожного бетона.

Ключевые слова: прочности бетона, морозостойкость, добавки.

Annotation. The method of setting and repair of concrete bedplates of access doors is offered in the article, that considerably improves quality and longevity of the repaired concrete flags and allows substantially to shorten time of self-control of concrete to beginning of exploitation of the repaired objects on the road, due to considerable reduction of time of editing of planking and rapid set of durability of concrete.

Keywords: flags of access doors, quickly hardening astringent, to durability of concrete.

Вступ

Обсяги виробництва доріг і аеродромів з різним типом покриття, в тому числі і на основі мінеральних в'язучих з кожним роком збільшується.

Використання цементного бетону для дорожнього будівництва пов'язано з рядом вимог технологічного та експлуатаційного характеру, таких як:

- забезпечення належної рухомості бетонної суміші;
- забезпечення достатньої міцності бетону в найкоротші строки;

- забезпечення проектної міцності бетону необхідних експлуатаційних показників (довговічності, морозо-зносо-водостійкості).

Забезпечення цих вимог можливо досягти шляхом модифікації бетону за рахунок застосування хімічних добавок під час приготування цементно-бетонної суміші, які впливають на фазовий склад продуктів гідратації в'язучого, а також на макро- та мікроструктуру цементного каменю і бетону на його основі.

У роботі розглядаються питання їх виготовлення, яке можливо за рахунок використання хімічних домішок (пластифікаторів, прискорювачів твердіння, комплексних добавок на їх основі).

Основна частина

У дорожньому будівництві останнім часом використовуються суперпластифікатори із значним пластифікуючим ефектом (С-3, НІЛ-20, Дофен, Мельмент та інші). Ці суперпластифікатори мають значну вартість, дефіцитні, а також не мають достатньої сировинної бази для широкого застосування. Тому стає актуальним питання заміни дорогих дефіцитних добавок деякими відходами або попутними продуктами промислових виробництв, які на даний час майже не утилізуються.

Застосування відходів у дорожньому будівництві може бути доцільним при виконанні таких умов: кількість відходів є достатня для задоволення потреби в них при використанні в технології виробництва цементного бетону; відходи не є потенційно – шкідливими, як під час виробництва цементного бетону так і під час його експлуатації, дальність транспортування відходів на бетонний завод незначна.

Під час мікробіологічної обробки відходу цукрової промисловості (післядріжжевої барди) утворюється новий продукт – відхід (метанова бражка «МБ»). Вона відрізняється зменшеною кількістю гліцерину, кальцію та відсутністю бетаїну молочної та гліколієвої кислот, а також збільшеним вмістом азотних та хлоридних солей.

У Національному транспортному університеті авторами були проведені дослідження по визначенню впливу домішки «МБ» на строки твердіння (тужавлення), водовідділення цементної пасти, рухомість цементно-пісчаної суміші та міцність цементного каменю. Було встановлено, що оптимальна кількість домішки «МБ» становить 0,3% від маси цементу, при цьому значно підвищується рухомість цементно-пісчаної суміші та міцність зразків в порівнянні з контрольними (без домішки). При збільшенні кількості домішки «МБ» підвищується ефект пластифікації але міцність трохи знижується. Для порівняння також випробовувались зразки цементного каменю з відомою

домішкою меласної упареної післядріжжевої барди (УПБ) в комплексі з повітрявтягуючою домішкою смоли (СНВ).

Домішка «МБ» легко розчиняється у воді, не токсична. Ефективність дії домішки «МБ» можливо пояснити зменшенням молекулярної ваги, а також наявністю довгомірних розгалужених ланцюгів, вміщуючи значну кількість гідрофільних груп, які і визначають більш пластифікуючу дію в порівнянні з домішкою «УПБ». Це сприяє гомогенізації розчинної частини бетонної суміші та структурі цементного каменю в бетоні. Застосування домішки «МБ» дозволяє збільшити рухомість суміші на 40%, знизити кількість води зачнення до 12%, підвищити міцність до 40% в порівнянні з контрольними зразками.

Результати досліджень наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Фізико-механічні показники цементного каменю з домішками.

Тип та кількість домішки	Нормаль на густина, %	Кількість води зачненням, л	Роз-плив конуса, мм	Строки тужавлен-ня		Водовідділення у часі, хв			Міцність при стиску, МПа через діб		
				поча-ток	кі-нець	30	60	90	7	28	60
-	26,25	105	148	375	555	20	20	20	51	65	67
МБ-0,1	25,25	101	177	410	560	15	15	15	71	85	92
МБ-0,3	23,25	93	207	400	620	16	16	16	90	95	99
МБ-0,6	20,25	81	225	373	640	18	18	18	58	72	93
УПБ+СНВ 0,1+0,05	25,25	102	170	420	380	13	13	13	61	75	81
УПБ+СНВ 0,3+0,05	23,25	95	200	440	630	15	15	15	76	79	82
УПБ+СНВ 0,6+0,05	21,25	89	210	460	560	20	20	20	55	68	81

Виробництво домішки «МБ» організовано на деяких спиртових заводах України, а її застосування дозволить підвищити міцність та довговічність бетону, зменшити витрати цементу в дорожньому будівництві, одержати значний ефект, отримати задану морозостійкість (300 циклів заморожування та відтавання) при збільшеному об'ємі втягування повітря ($V_{\text{пов}}=4,0\%$).

В якості прискорювачів твердіння бетону і з метою підвищення ранньої та марочної міцності, довговічності та морозостійкості цементобетонного покриття доріг і аеродромів запропоновані та досліджені природній солевий мінералізований розчин (бішофіт) та твердий солевмісткий відход (ТСВ) виробництва епоксидних смол (м. Донецьк).

Бішофіт є мінеральний продукт в вигляді рідкого солевого розчину, який має темно-коричневий колір, щільність – 1,29...1,32 г/см³, рН=5,7...6.

Хімічний склад: $MgCl_2$ – 90,0...96,0%; $Mg(Br)_2$ – 2,0...5,0%; $CaCl_2$ – 1,0...2,0%; KCl – 0,5...2,0%; $CaSO_4$ – 0,2...0,4%; $CaCO_3$ – 0,2...0,4%; $Ca(HCO_3)_2$ – 0,1...0,2%. Крім того бімофіт вміщує в незначних кількостях мікроелементи: Cu, Fe, Al, Ca, B, Sr, Ba, Zn та інші.

Головний вплив на процеси структуроутворення та твердіння в'язучого мають $MgCl_2$ і $Mg(Br)_2$. В зв'язку з тим, що домішка бішофіту знаходиться в незначній кількості (0,1...1,5% від маси цементу) вона не викликає корозії арматури.

Під час технологічного процесу переробки бракованої епоксидної смоли утворюються рідкі солевмісткі відходи, як після додаткової обробки з метою нейтралізації та детоксикації, стають твердими у вигляді грудок розмірами від 5 до 60см у діаметрі. На даний час ці відходи не утилізуються.

Хімічний склад твердих солевмістких відходів (ТСВ) такий: хлорид натрію – 95...97% та органічна складова (частки багатоатомних спиртів 3...5%).

З літературних джерел відомо про застосування хлориду натрію як прискорювача твердіння цементного бетону, а також про пластифікуючу та кольматуючу (ущільнюючу) дію багатоатомних спиртів на властивості цементно-бетонної суміші.[1]

Метою дослідницької роботи було встановлення доцільності використання цих відходів в дорожньому будівництві для підвищення технологічних та експлуатаційних показників якості цементного бетону, вивчення впливу відходу ТСВ на властивості цементного бетону у часі. Результати роботи захищені патентом України.[2]

В ході проведення роботи визначалась міцність цементного бетону при тиску на зразках – кубах розміром $10 \times 10 \times 10$ см у віці 1,28,60,120 діб нормального твердіння. Корозійна стійкість сталеві арматури визначалась на зразках арматури (Ст.3), які закладались в середину цементно-піщаних зразків – балочок розміром $4 \times 4 \times 16$ см з добавкою ТСВ, з добавкою хлористого натрію (хімічний реактив) та без добавки (контрольний). «Живучість» цементно-бетонної суміші з добавкою ТСВ моделювалась на цементно-піщаній суміші протягом 3 годин з моменту її приготування. Водопоглинання та капілярне підсмоктування визначались на зразках – балочках розміром $4 \times 4 \times 16$ см. Морозостійкість ($F=200$) визначалась на зразках бетону ($M=200$), розміром $10 \times 10 \times 10$ см [3], [4].

Після попереднього подрібнення твердих грудок відходу до порошкоподібного стану готувався водний 15% розчин добавки ТСВ розчиненням порошку у воді при температурі $40^\circ C$. Водний розчин добавки ТСВ додавався до води зачинення в процесі приготування цементно-піщаної та цементно-бетонної сумішей.

Дослідження проводились на зразках цементного бетону класу В15(М-200), Р-1 (ОК–1...4см) наступного складу: (цемент – 265кг, щебінь – 1294кг, пісок – 580кг, вода – 180л). В дослідженнях використовувались: портландцемент Амвросієвського цементного заводу (ПЦ-1-500); щебінь фракції 20...40 мм Торезького кар'єру; пісок Луганського кар'єру (Мкр –1,3).

Попередніми дослідженнями було встановлено, що максимальне значення міцності при стиску на згині цементно – піщаних зразках (4×4×16; В/Ц=0,4; склад 1:3) спостерігається при кількості добавки ТСВ (сухої речовини) – 1,7% від ваги цементу. [5]

Оптимальна кількість бішофіту – 0,5% від ваги цементу.

Паралельно готувались зразки без добавок, з добавками MgCl₂ (0,5%) та NaCl (1,7%).

В зв'язку з тим, що головними компонентами у складі добавки ТСВ є хлорид натрію, а в бішофіті є хлорид магнію, які впливають на прискорення фізико-хімічних процесів твердіння цементного бетону, тому при використанні добавки ТСВ і бішофіту в дорожньому будівництві повстає питання «живучості» цементно-бетонної суміші з добавками на протязі певного часу, особливо при її транспортуванні та укладанні на віддаленому дорожньо-будівельному об'єкті. Результати досліджень приведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Вплив добавок на «живучість» цементно-піщаної суміші у часі

Вид та кількість добавки, % від маси цементу	Рухомість цементно-піщаної суміші у часі, в % від початкової		
	відразу після приготування	після 1 години	після 3 годин
1	2	3	4
Еталон	100,0	53,0	43,0
ТСВ – 1,7	100,0	57,0	51,0
Хлорид натрію – 1,7	100,0	57,0	39,0
Бішофіт – 0,5	100,0	56,0	44,0
Хлорид магнію – 0,5	100,0	56,0	40,0

З таблиці 2 бачимо, що зміна рухомості суміші з добавками ТСВ і ішофіту у порівнянні з контрольною та з сумішшю з добавками хлориду натрію та магнію йде трохи повільніше. Це можливо пояснити деякою екрануючою дією органічної складової добавки ТСВ на зерна цементу в процесі твердіння, що є сприятливим для збереження рухомості бетонної суміші в умовах дорожнього будівництва.

Вплив добавок на міцності показники зразків бетону класу В15 визначався на протязі 3, 28, 60, 120 діб твердіння в нормальних умовах. Результати випробувань приведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Вплив добавок на міцності показники зразків цементного бетону.

Вид та кількість добавки, % від маси цементу	Міцність при стиску при твердінні в нормальних умовах, МПа / %, через діб			
	3	28	60	120
Контрольний	7,1/100,0	21,5/100,0	24,6/100,0	25,5/100,0
ТСВ – 1,7	9,9/139,0	26,9/125,0	29,8/121,0	30,1/118,0
Хлорид натрію-1,7	9,7/137,0	26,4/123,0	29,5/120,0	30,3/119,0
Бішофіт – 0,5	11,5/162,0	31,8/148,0	34,4/140,0	34,7/135,0
Хлорид магнію – 0,5	9,9/140,0	28,2/131,0	30,7/125	30,9/121,0

Результати випробувань на міцність при стиску свідчать, що добавка ТСВ прискорює набір міцності зразків бетону в ранні строки твердіння (3 доби) по відношенню до контрольних. В подальшому (на 60, 120 діб) цей процес сповільнюється, але приріст міцності по відношенню до контрольних через 120 діб становить 18%.

Добавка бішофіту більш ефективна у порівнянні з ТСВ, що можна пояснити наявністю в її складі активних мікроелементів, які каталізують процес твердіння цементу, а також незначною кількістю відомих прискорювачів твердіння CaCl_2 і KCl . Результати досліджень корозійної стійкості зразків сталеві арматури приведені в таблиці 4.

Таблиця 4 – Вплив добавок на корозію сталеві арматури

Вид та кількість добавки, % від маси цементу	Корозія арматури, г/см ² /%, через	
	30 діб	180 діб
Еталон	0,81/100,0	0,85/105,0
ТСВ – 1,7	0,95/100,0	0,90/95,0
Хлористий натрій –1,7	0,97/100,0	0,95/98,0
1	2	3
Бішофіт – 0,5	0,87/100,0	0,83/
Хлористий магній –0,5	0,95/100,0	0,90/

З результатів досліджень, приведених в таблиці 4 бачимо, що у зразках арматури, які були закладені в зразки-балочки з добавкою ТСВ і бішофіту, через 30 діб спостерігалось деяке збільшення корозії по відношенню до контрольних зразків. Через 180 діб було встановлено, що у зразках арматури (з добавкою ТСВ) процес корозії уповільнився, тоді, як у контрольних цей процес мав незначну тенденцію росту.

Результати досліджень по визначенню впливу добавки ТСВ на фізичні властивості цементного бетону (коефіцієнт морозостійкості, водопроникливість, водопоглинання, капілярне підсмоктування) – показники щільності структури цементного каменю, а також його довговічності приведені в таблиці 5.

Таблиця 5 – Вплив добавок на фізичні властивості цементного бетону

Вид та кількість добавки, % від маси цементу	Показники			
	Водопроникливість, МПа	Коефіцієнт морозостійкості	Водопоглинання, %	Капілярне підсмоктування, %
1	2	3	4	5
Еталон	4,5	0,82	4,35	2,09
ТСВ – 1,7	9,0	0,98	1,86	0,72
Хлористий натрій – 1,7	6,0	0,98	1,95	0,80
Бішофіт – 0,5	9,0	0,97	1,90	0,73
Хлористий магній – 0,5	6,0	0,98	1,95	0,79

Результати досліджень приведені в таблиці 5 свідчать про те, що добавка ТСВ і бішофіту поліпшують фізичні показники зразків цементного бетону, так коефіцієнт морозостійкості зростає, а водопоглинання, капілярне підсмоктування зменшуються, що дає змогу прогнозувати більшу стійкість та довговічність дорожнього цементобетону.

Зменшення водопоглинання та капілярного підсмоктування, підвищення водопроникливості і морозостійкості свідчать про ущільнення структури цементного бетону. Це підтверджується результатами досліджень корозії арматури, зв'язування частини хлорид – іонів з утворенням гідрохлоралюмінату кальцію (за результатами ДТА), утворенням дрібнозернистої структури цементного каменю (за результатами оптико – структурних досліджень), кольматації пор і утворення структури цементного каменю з умовно – замкнутими порами меншого діаметру у порівнянні з еталоном (ртутна порометрія).

Висновок

У результаті проведених досліджень встановлено, що застосування добавок дозволяє поліпшити міцності та експлуатаційні характеристики цементного бетону: збільшити міцність при стиску на 40...60%, (ранні строки твердіння), морозостійкість на 20%, зменшити водопоглинання в 2,3 рази, капілярне підсмоктування в 2,6 разів.

Література

1. ДСТУ-Н Б В.2.7-175:2008 Будівельні матеріали. Правила застосування хімічних добавок у бетонах, будівельних розчинах.
2. Патент України №19275. Дорошенко Ю.М., Борковський П.П., Гуріна Л.І., та ін. «В'яжуче» Бюл.№6 від 25.12.97.
3. ДСТУ Б В.2.7-214:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками.
4. ДСТУ Б.В. 2.7-42-97 Будівельні матеріали. Методи визначення водопоглинання, густини і морозостійкості будівельних матеріалів і виробів.
5. Борковський П.П. Модифікатор дорожнього цементобетону на основі відходу // Вісник ТАУ і НТУ. – 2001. Вип. 5. – С. 123-27.

Рецензенти

В.О. Золотарьов, д-р техн. наук, ХНАДУ (Харків)
А.В. Мішутін, д-р техн. наук, ОДАБА (Одеса)

Reviewers

V.O. Zolotarev, Dr.Tech.Sci., KhNAHU (Kharkiv)
A.V. Mishutin, Dr.Tech.Sci., OSACEA (Odesa)