

УДК 666.972.162

Стьожка В. В., канд. техн. наук., доц., <https://orcid.org/0000-0002-5039-9852>

Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

**ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЦЕМЕНТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ ДОРІГ
ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОФОБНИХ ХІМІЧНИХ ДОБАВОК****Анотація**

Вступ. Вітчизняний і закордонний досвід будівництва доріг із одягом жорсткого типу підтверджує перспективність широкого впровадження цементних бетонів для забезпечення надійної та безвідмовної їх експлуатації протягом тривалого періоду при незначних витратах на утримання. Закордоном розрахунковий період експлуатації покриттів жорсткого типу становить 35–50 років, в Україні — 25–40. Жорсткі дорожні одяги мають ряд переваг, проте і недоліки такі, як висока ймовірність утворення тріщин у бетонних плитах та їх відображення з шарів основи на шари покриття, високі капітальні витрати на будівництво, неможливість відкриття руху відразу після будівництва — необхідність витримування 14 діб до набору від 70 % до 75 % міцності та 28 діб до отримання марочної міцності, високий рівень шуму і вібрації при проїзді транспортного засобу, необхідність влаштування температурних і робочих швів, нетехнологічність при ремонті стримують впровадження цементних бетонів у практику дорожнього будівництва. Більшість перерахованих недоліків можна усунути використовуючи сучасні матеріали та технології.

Проблематика. Цементобетонне покриття автомобільних доріг працює в умовах складного напруженого стану під впливом повторних навантажень від автомобілів і змінних температурно-вологісних параметрів. Крім того, для конгломератних матеріалів типу цементобетона характерні внутрішні напруження, які обумовлені неоднорідністю їх структури, а також постійними процесами структуроутворення та деструкції. Одним із напрямків підвищення довговічності цементобетону для покриття доріг є застосування хімічних добавок, які здатні кольматувати пори, надавати поверхні бетону гідрофобізуючі властивості. Базуючись на сучасних уявленнях фізико-хімічних поверхневих процесів, можна зробити висновок, що введення в бетонну суміш малої кількості кремнійорганічних речовин разом з водою зачинення, дасть можливість значно покращити довговічність і стійкість проти одночасно діючих на бетон агресивних факторів і зовнішнього навантаження. На морозостійкість, корозійну стійкість і довговічність цементобетону дорожнього покриття великий вплив має характер загальної пористості бетону, розмір окремих пор, форма і взаємний зв'язок між ними. Ці фактори змінюються в процесі твердіння цементобетону та його експлуатації. Впливати на ці характеристики можна хімічними та фізичними методами.

Мета. Мета роботи полягає у покращенні довговічності цементобетону для покриття автомобільних доріг за рахунок використання гідрофобних добавок.

Матеріали та методи. Аналіз наукових видань, технічної та нормативної літератури щодо підвищення довговічності цементобетонів покриття автомобільних доріг.

Результати. Визначено перспективи напрямку підвищення довговічності цементобетону автомобільних доріг за рахунок використання гідрофобних хімічних добавок. Результатом проведених досліджень є встановлення високої ефективності гідрофобних добавок у технології виготовлення дорожнього цементобетону.

Висновки. Таким чином, у результаті проведення досліджень встановлено, що гідрофобізуюча добавка позитивно сприяє проходженню фізико-хімічних процесів гідратації

цементу порівняно з еталомом, встановлено оптимальну кількість добавки, яка знаходиться в межах від 0,10 % до 0,15 % від ваги цементу; застосування гідрофобізуючої добавки дозволяє за рахунок газоутворення зменшити В/Ц при заданій легкоукладальності; підвищити фізико-механічні властивості, тріщиностійкість та довговічність цементобетону покриття автомобільних доріг.

Ключові слова: водонепроникність, гідрофобна добавка, довговічність, міцність, морозостійкість, цементобетонне покриття.

Вступ

Вітчизняний і закордонний досвід будівництва доріг із одягом жорсткого типу підтверджує перспективність широкого впровадження цементних бетонів, як матеріалу покриття, для забезпечення надійної та безвідмовної їх експлуатації протягом тривалого періоду при незначних витратах на утримання. Закордоном розрахунковий період експлуатації покриттів жорсткого типу становить 35–50 років, в Україні — 25–40.

До переваг жорстких дорожніх одягів можна віднести:

- високу міцність цементобетону (у 5–7 разів) і загальну жорсткість покриття порівняно з асфальтобетоном;
- значну довговічність цементобетону;
- зростання міцності цементобетону у часі за рахунок поглиблення гідратації цементу;
- високу корозійну стійкість, морозостійкість і водонепроникність при застосуванні сучасних хімічних добавок;
- доступне обладнання для швидкісного будівництва бетонного покриття з високими показниками рівності;
- досить стабільний показник коефіцієнта зчеплення цементобетонного покриття з колесами автомобіля і слабкою залежністю його від ступеня зволоження;
- більш низькі витрати на експлуатацію (покриття майже не потребує утримання, крім догляду за швами);
- здатність бетонної плити розподіляти навантаження від транспортних засобів на велику площу дозволяє використовувати її при будівництві на слабких ґрунтах, на дорогах, матеріал основи яких має незначний модуль деформації, на високих насипах;
- підвищена безпека руху за рахунок кращих кольорових показників видимості поверхні під час поганих умов проїзду (число ДТП на 32 % менше порівняно з асфальтобетоном).

Проте, такі недоліки, як висока ймовірність утворення тріщин у бетонних плитах та їх відображення з шарів основи на шари покриття, високі капітальні витрати на будівництво, неможливість відкриття руху відразу після будівництва — необхідність витримування 14 діб до набору від 70 % до 75 % міцності та 28 діб до отримання марочної міцності, високий рівень шуму і вібрації при проїзді транспортного засобу, необхідність влаштування температурних і робочих швів, нетехнологічність при ремонті стримують впровадження цементних бетонів у практику дорожнього будівництва. Більшість перерахованих недоліків можна усунути використовуючи сучасні матеріали та технології.

Постановка проблеми. Цементобетонне покриття автомобільних доріг працює в умовах складного напруженого стану під впливом повторних навантажень від автомобілів і змінних температурно-вологісних параметрів. Крім того, для конгломератних матеріалів типу цементобетонна характерні внутрішні напруження, які обумовлені неоднорідністю їх структури, а також постійними процесами структуроутворення та деструкції. Одним із напрямків підвищення

довговічності цементобетону для покриття дорі є застосування хімічних добавок, які здатні кольматувати пори, надавати поверхні бетону гідрофобізуючі властивості. Базуючись на сучасних уявленнях фізико-хімічних поверхневих процесів, можна зробити висновок, що введення у бетонну суміш малої кількості кремнійорганічних речовин разом із водою зачинення, дасть можливість значно покращити довговічність і стійкість проти одночасно діючих на бетон агресивних факторів і зовнішнього навантаження. На морозостійкість, корозійну стійкість і довговічність цементобетону дорожнього покриття великий вплив має характер загальної пористості бетону, розмір окремих пор, їх форма та взаємний зв'язок між ними. Ці фактори змінюються в процесі твердіння цементобетону та його експлуатації. Впливати на ці характеристики можна хімічним і фізичним методами.

Добавки, що модифікують цементний бетон покриття доріг, повинні задовольняти певним вимогам:

- хімічні добавки, що підвищують водостійкість, морозостійкість і корозійну стійкість, повинні бути досить ефективними для того, щоб при малих дозах вони знижували капілярне підсмоктування, водопоглинання і підвищували водонепроникність бетонів дорожніх покриттів;
- дія добавок повинна бути довготривалою;
- добавки, в оптимальній кількості і концентрації, не повинні негативно впливати на інші властивості цементобетонного покриття доріг;
- добавки повинні бути нетоксичними, доступними та економічно доцільними, а їх використання в дорожньому будівництві має бути простим, технологічним і обґрунтованим [1, 2].

Добавки, що підвищують водостійкість, морозостійкість і корозійну стійкість цементобетонних покриттів можна розділити таким чином: тонкомолоті, з гідралічними властивостями або властивостями колоїдних речовин; добавки, що підвищують гідрофобність бетонів дорожніх покриттів; полімерні і добавки, що полімеризуються в бетоні; солі неорганічних кислот, що прискорюють процеси гідратації і структуроутворення цементного каменю дорожніх бетонів [3, 4]. Для підвищення стійкості і витривалості цементобетону покриття доріг за кордоном і в Україні широко використовують модифіковані поверхнево-активні домішки (СНВ, ССБ, СДБ, КБМ та інші). Деякі з них є досить ефективними при втягуванні в бетонну суміш додаткової кількості повітря (3–5 %). Однак кожен відсоток втягнутого в бетон повітря знижує міцність бетону при стиску на (4–6) %, на розтягання при вигині — на (2–4) %, що призводить до зниження несної здатності покриття доріг.

Виникла потреба в таких добавках для бетонного покриття доріг, що не знижують його фізико-механічних властивостей, підвищують стійкість проти агресивного впливу розчинів хлористих солей, а також морозу, висихання і зволоження. Дослідження, виконані в останні роки показують, що добавки кремнійорганічних сполук (КОС) дуже ефективні, дозволяють істотно підвищити водостійкість і водонепроникність, морозо- і корозійну стійкість бетону при багаторазовому заморожуванні і відтаванні в агресивних розчинах без зниження фізико-механічних властивостей. Найширше застосування в дорожньому будівництві знайшли добавки КОС поліетилгідроксиліоксанового типу (ГКЖ-94); метилілікокат натрію (ГКЖ-10); етилілікокат натрію (ГКЖ-11). На практиці застосовувана кількість КОС у вигляді добавок коливається в дуже широких межах: від (0,01–1) % до (1–5) %, що вимагає уточнення їх оптимальної витрати. До загальних недоліків КОС відносять їх порівняно високу вартість, дефіцитність для будівельної індустрії України. У той же час, аналіз стану виробництва КОС показав, що при їх одержанні утворюються побічні продукти, що не знаходять практичного застосування в дорожньому будівництві. Являє науковий і практичний інтерес проведення дослідницьких робіт, спрямованих на виявлення та використання суміші кремнійорганічних речовин. Орієнтовні розрахунки показують, що їх вартість може бути дешевше, ніж чистих кремнійорганічних сполук. Їх застосування в

дорожньому будівництві дозволить розширити асортимент КОС; сприяти одержанню ефективних, довговічних цементобетонних покриттів доріг; вирішувати актуальні проблеми поліпшення екологічного стану в регіонах промислового виробництва КОС в Україні (Дніпропетровська та Запорізька області).

Мета роботи. Мета роботи полягає у покращенні довговічності цементобетону для покриття автомобільних доріг за рахунок використання гідрофобних добавок.

Об'єктом дослідження є цементний бетон для покриття автомобільних доріг (класу за міцністю при стиску В35 (М 450); при згині — $B_{\text{ч}} 4,4$; морозостійкість бетону F 200.

Основна частина

Із метою покращення фізико-механічних показників цементобетонного покриття доріг (підвищення міцності, морозостійкості, зниження водонепроникності) в даній роботі досліджувалася вплив гідрофобізуючих добавок на властивості бетону. У дослідженнях використовували три види КОС: поліетилгідросилоксан ГКЖ-94 (газоутворююча) /ДСТ 10834/; етилсилікат натрію ГКЖ-10 (повітрявтягуюча) /МРТУ 6-02-271/; поліметилгідридсилоксан 136-157М (газоутворюючий та повітрявтягуючий полімер) /ТУ 6-02-6/. Перші дві КОС широко відомі, як добавки в бетон, тоді як третя — 136-157М лише недавно була використана для модифікації в'язучих. До цього ця кремнійорганічна сполука застосовувалася лише для поверхневої обробки керамічних, ситалових, шлакоситалових і цементобетонних матеріалів. Вона відзначається тим, що її проникність в щільні матеріали вище (до 5 мм у бетон), гідрофобність зберігається довше, ефект від її застосування більший за рахунок газоутворення і повітрявтягування в бетонну суміш при перемішуванні.

В якості в'язучого для проведення досліджень використовували цемент ПЦ-1-500 Н Здолбунівського цементного заводу. В якості крупного заповнювача використовували гранітний щебінь Малинського КДЗ, крупністю від 10 мм до 20 мм. В якості дрібного заповнювача використовували пісок річковий, дніпровський. Ефективність дії добавки визначали на зразках (4 см × 4 см × 16 см) дрібнозернистого бетону складу 1:3. Результати досліджень ефективності дії добавок наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Результати досліджень ефективності дії гідрофобних добавок

Вид добавки	Кількість добавки, % від ваги цементу	Міцність при стиску $R_{\text{ст}}$, МПа				Водонепроникність,		
		через діб			KE_{ϕ}	МПа через діб		
		1	3	28		28	90	KE_{ϕ}
				ΔR^*				ΔW^*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Без добавки	—	5,0	11,0	20,3	—	0,4	0,8	—
ГКЖ-10	0,10	4,7	11,1	20,8	2,46	1,0	1,4	150
	0,15	4,8	11,2	20,9	2,96	1,0	1,4	150
	0,20	4,8	11,1	20,9	2,96	1,0	1,4	150

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ГКЖ-94	0,10	4,6	11,3	21,0	3,45	1,0	1,4	150
	0,15	4,9	11,3	21,0	3,45	1,0	1,4	150
	0,20	4,9	11,3	21,1	3,94	1,0	1,4	150
136-157М	0,10	5,1	12,1	23,6	16,27	1,1	1,5	175
	0,15	5,2	12,3	23,6	16,27	1,1	1,5	175
	0,20	5,2	12,2	23,7	16,76	1,1	1,5	175

Із даних, наведених у табл. 1, видно, що кількість гідрофобізатора в межах (0,1–0,2) % майже не змінює міцність при стиску і водопроникність. Тому рекомендується при майже однаковому результаті вибирати мінімальну кількість добавки. У подальших дослідях прийнята кількість добавки — 0,1 % від ваги цементу з врахуванням 100 % гідрофобної добавки.

Дослідження проводились на цементобетоні складу: цемент — 500 кг/м³; пісок — 650 кг/м³; щебінь — 1 100 кг/м³; водоцементне співвідношення (В/Ц) — 0,43. Визначали можливість зменшення В/Ц при заданій легкоукладальності; міцність при стиску (R_{ct}); міцність на розтяг при згині (R_{zt}); міцність на осьовий розтяг (R_{op}); морозостійкість (200 циклів); водонепроникність, МПа; стираність, г/см²; міцність при ударі, Дж/см³. Дані про вплив гідрофобізуючих добавок на зменшення В/Ц при заданій легкоукладальності наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Вплив гідрофобної добавки на легкоукладальність бетонної суміші

Наявність добавки	Склад бетону, кг/м ³				Осідання конуса, см
	Ц	П	Щ	В/Ц	
–	500	650	1 100	0,43	5–7
136-157М (0,1)	500	650	1 100	0,41	5–7
–	550	600	900	0,47	15–18
136-157М (0,1)	550	600	900	0,43	15–18

Із табл. 2 видно, що застосування гідрофобізуючої добавки 136-157М дозволяє зменшити В/Ц на 5 % при заданій легкоукладальності для малорухливих сумішей. Під час використання більш пластичних сумішей (ОК = 15–18) процент зменшення В/Ц досягає 9 %. Це дає можливість прогнозувати підвищену морозостійкість та водонепроникливість. Результати досліджень впливу добавки 136-157М на міцність при стиску та розтяг при згині наведені на рис. 1, а). Міцність при стиску (R_{ct}) та осьовому розтягу (R_{op}) (рис.1, б) підвищується після 28 діб на (11–15) %.

Дані дослідження морозостійкості, водонепроникливості, стираності та міцності на удар наведені у табл. 3. Морозостійкість досліджувалась при заморожуванні при $t = (-20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ і відтаюванні у 5%-му розчині NaCl. Водонепроникність визначали за стандартною методикою до появи “мокрої плями” на зразках. Стираність визначали в г/см² після 840 та 1120 обертів на кругу ЛКІ-3, міцність на удар — на копрі Пейджа. За даними, наведеними у табл. 4, видно, що добавки

КОС підвищують морозостійкість на (30–45) %, водонепроникність у 2,5–3,0 рази, міцність на удар на (26–30) % та зменшують стираність на (50–58) %, що зумовлюється впливом домішок на процеси структуроутворення бетону.

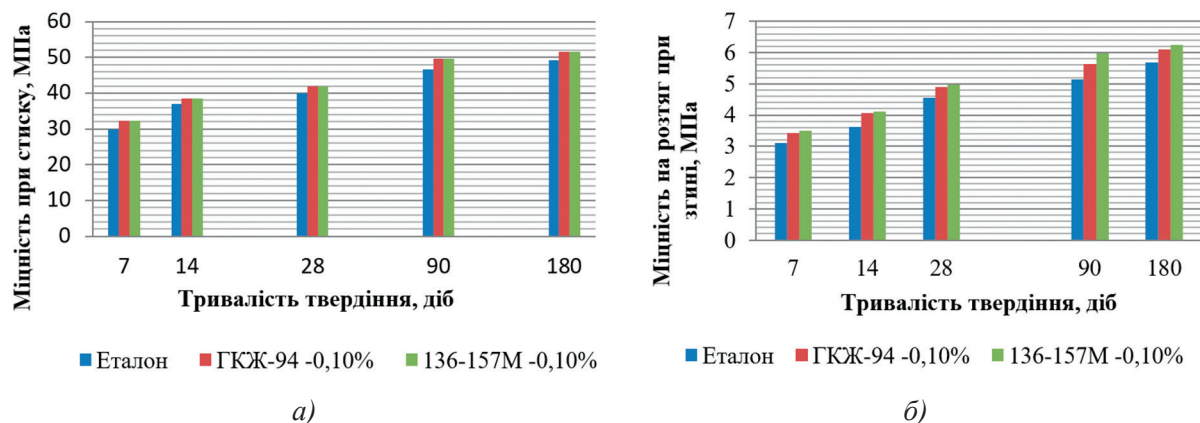


Рисунок 1 — Вплив гідрофобних добавок на міцність при стиску (а) та міцність на розтяг при згині (б) цементобетону

Таблиця 3

Вплив хімічних добавок на фізичні властивості цементобетону покриття доріг

Наявність домішок КОС	Морозостійкість (200 циклів)		Водонепроникність, МПа після діб		Міцність при ударі, Дж/см ³	Стираність, г/см ² , після обертів	
	R_{ct} , МПа	Середовище відтаювання					
		H ₂ O	5 % NaCl	28	90		
Без добавок	57,5	R_{ct}/K_m , МПа	R_{ct}/K_m , МПа	0,4	0,8	2,50	840 / 1 120
ГКЖ-94	61,2	50,5/0,89	42,0/0,33	1,0	1,4	2,95	0,26 / 0,32
136-157M	61,8	64,3/1,00	55,1/0,90	1,2	1,4	3,15	0,16 / 0,19
		66,4/1,00	60,8/0,98				0,11 / 0,17

Таким чином, встановлено, що добавки КОС дозволяють одержати цементобетонні покриття доріг з підвищеними фізико-механічними властивостями та значною довговічністю. Наведені дані дозволяють прогнозувати підвищену тріщиностійкість цементобетонного покриття.

Тріщиностійкість безпосередньо визначали за допомогою відомого методу «кільце Лерміта». Суть методу полягає в тому, що цементний камінь у середині кільця обтискує сталевий стержень, який не деформується, а тому в зразку виникають тріщини. Цей метод дозволяє оцінити вплив добавок на такі властивості: усадка, повзучість, розтяжність, модуль пружності та міцність цементного каменю. Поряд із цим методом тріщиностійкість оцінювали на зразках-призмах 4 см × 4 см × 16 см, виготовлених із цементного розчину з металевим стержнем.

Досліджувався вплив гідрофобізуючих добавок на цементний камінь нормальної густини та розчин (1:3 з В/Ц = 0,4). Час, коли з'явилися перші тріщини, визначався візуально. На зразках цементного каменю без добавок вже через 2,5 год з'явилася перша прямолінійна тріщина з розкриттям (0,5–0,8) мм. У зразках із гідрофобізуючими добавками тріщини з'явилися після 13–16 год, при цьому вони розгалужувалися, перетворюючись на систему дрібних тріщин із розкриттям

(0,1–0,3) мм. У цементному розчині без добавок поява тріщини зафіксована після 28 год і через 120 год у зразках із гідрофобізуючими добавками. Зменшення тріщиноутворення досягається за рахунок зниження деформації усадки; зменшення концентрації внутрішніх напружень, що гальмує зростання тріщин, їх кількість і ступінь розкриття.

Гідрофобізуючі добавки дозволяють частково перерозподілити концентрацію напружень не лише в процесі структуроутворення бетону, але і під час його навантаження, що добре підтверджується даними міцності цементного бетону на стиск і осьовий розтяг та при згині, що дозволяє прогнозувати підвищене зчеплення розчину із заповнювачем, арматурою та старим бетоном.

У зв'язку з тим, що цементобетонне покриття доріг твердіє в природних умовах, були проведені дослідження механічних властивостей цементного розчину, який тверднув в умовах відносної вологості 65...70 % та $t = 20$ °С. Фіксувалася усадка призм, час утворення тріщин кільцевим методом, випробувалися зразки-вісімки на осьовий розтяг. З результатів досліджень видно, що без добавок тріщиноутворення почалося через 5 год, з добавкою 0,1 % ГКЖ-94 – через 30 год, з добавкою 0,1 % 136-157М — через 82 год.

Дані випробування деформативності бетону під час осьового розтягу показують, що зниження дефектності кристалоутворень і контактів їх зрощування за рахунок застосування гідрофобних добавок веде до значного підвищення деформативності при осьовому розтягу на 20 % при незначному підвищенні міцності на стиск. Завдяки зміні характеру структури і розподілу пор вдалося підвищити щільність і однорідність, розтяжність та міцність на осьовий розтяг, зменшити усадку, що зумовлює підвищення тріщиностійкості та довговічності цементобетону покриття доріг модифікованих кремнійорганічними добавками.

Межі внутрішнього мікротріщиноутворення в бетоні без добавок і з гідрофобізуючими добавками в процесі навантаження зразків визначали за методикою О. Я. Берга (показники меж мікроруйнувань і меж мікротріщиноутворень). Одним із шляхів визначення цих показників є метод ультразвукових вимірів. Розвиток мікроруйнувань у структурі бетону призводить до зниження швидкості ультразвукових коливань, які розвиваються поперек лінії дії стискаючого напруження. Таким чином, навантаження R_0 відповідає початку зменшення швидкості ультразвуку та візуально фіксуються появою мікротріщин на поверхні зразка. Областю умовної пружної роботи бетону є час від початку навантаження до напружень, при яких утворюються перші мікротріщини по поверхні зчеплення цементного каменю із заповнювачем. При цьому межа пружної роботи відповідає найбільшому скороченню часу проходження ультразвуку. При подальшому підвищенні навантаження мікротріщини утворюються в цементному камені з появою пластичних деформацій. Верхня межа області розвитку пластичних деформацій відповідає підвищенню коефіцієнта поперечної деформації, тобто максимального значення теоретично можливого для суцільного тіла. Крива прирощення швидкості проходження ультразвукового імпульсу проходить через екстремум і наближується до початкового значення, характерного для ненавантаженого бетону і прийнятого за умовний нуль. Підвищення верхньої межі тріщиноутворення (R_{vT}) дозволяє прогнозувати більш високу витривалість і довговічність цементного бетону дорожнього покриття під дією багаторазового прикладання навантажень [5]. Таким чином, проведеними дослідями встановлена висока ефективність застосування КОС у технології дорожнього цементобетону, зростання фізико-механічних властивостей, довговічності і тріщиностійкості цементобетонного покриття доріг. У зв'язку з тим, що бетонна суміш для влаштування цементобетонного покриття транспортується деякий час, необхідно перевіряти, як впливає витримка бетонної суміші на кінетику набору міцності при стиску. Для цього з тільки що приготовленої бетонної суміші з гідрофобною добавкою і без неї виготовляли зразки, які досліджували через 3, 5, 8, 12 год та 1, 3, 7 і 28 діб. Частину бетонної суміші

витримували 20 і 40 хвилин, після чого з неї також формували зразки. Результати цих досліджень наведені у табл. 4.

Згідно даних наведених у табл. 5 видно, що цементобетон з добавкою КОС має міцність вищу порівняно з еталоном під час досліджень кінетики набору міцності, тобто таку суміш можна транспортувати до місця укладання без зменшення міцності.

Таблиця 4

Вплив часу витримування бетонної суміші з гідрофобними добавками та міцність при стиску

Час витримування суміші, хв	Наявність добавки	Міцність при стиску, МПа							
		год				діб			
		3	5	8	12	1	3	7	28
–	еталон	0,2	0,5	1,7	3,9	9,7	19,3	29,1	34,1
	136-157М	0,2	0,4	1,6	3,8	9,8	20,4	30,3	36,0
20	еталон	0,3	0,6	1,7	4,2	9,9	22,4	31,0	34,8
	136-157М	0,3	0,6	1,9	4,8	10,5	23,8	33,7	38,9
40	еталон	0,4	0,7	1,9	4,8	11,2	24,4	34,9	35,0
	136-157М	0,4	0,8	2,2	5,4	12,6	26,9	37,8	41,1

Висновки

У результаті проведення досліджень встановлено:

- гідрофобізуюча добавка 136-157М позитивно впливає на фізико-хімічні процеси гідратації цементу у порівнянні з еталоном і добавкою ГКЖ-94;
- оптимальна кількість добавки знаходиться в межах (0,10–0,15) % від ваги цементу;
- застосування гідрофобізуючої добавки 136 – 157М дозволяє за рахунок газоутворення зменшити В/Ц при заданій легкоукладальності;
- гідрофобізуюча добавка 136-157М дозволяє підвищити механічні властивості бетону (через 28 діб міцність при стиску на 5 %; міцність на розтяг при згині — на 9 %; міцність на осьовий розтяг — на 11,7 %);
- водонепроникність бетону з гідрофобізуючою добавкою через 28 діб підвищилася майже у 2 рази, а морозостійкість — на 40 %;
- водопоглинання зменшилось на 70 %; тріщиноутворення зменшилось у 5 разів.

Список літератури

1. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Москва, 1990. 400 с.
2. Дорошенко Ю.М., Дорошенко О.Ю. Кремнийорганические добавки – эффективные модификаторы цементного бетона покрытия дорог. *Бетон и железобетон*. Москва, 2013. Вып. 1 (18). С. 56-60.
3. Чистяков В.В., Шургая А.Г., Дорошенко Ю.М., Чиженов Н.П., Сербин В.П., Дулевич Я.О. Вплив комплексної добавки на особливості твердіння і властивості цементобетону для покриття доріг. *Будівельні матеріали, виробництва та санітарна техніка*. Київ, 2011. №39. С.115-122.

4. Дорошенко Ю.М., Дорошенко О. Ю., Борковський П.П., Чиженко Н.П., Куцоконь О., Наконешна Я. Технологічні методи регулювання властивостей бетону. *Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка*. Київ, 2014. №51. С.50-54.

5. Хигерович М.И., Байер В.В. Гидрофобно-пластифицирующие добавки для цементов, растворов и бетонов. Москва, 1979. 126 с.

References

1. Batrakov V.G. Modifitsirovannyye betony (Modified concretes). Moscow, 1990. 400 p. [in Russian].

2. Doroshenko Yu.M., Doroshenko O.Yu. Kremniyorganicheskiye dobavki – effektivnyye modifikatory tsementnogo betona pokrytiya dorog (Organosilicon additives are effective modifiers of cement concrete of a road covering). *Beton i zhelezobeton*. Moscow, 2013. Vol. 1 (18). P. 56-60 [in Russian].

3. Chistyakov V.V, Shurgaya A.G, Doroshenko Yu.M, Chizhenko N.P., Serbin V.P., Dulevich Ya.O. Vplyv kompleksnoi dobavky na osoblyvosti tverdinna i vlastyosti tsementobetonu dlia pokryttia dorih (Influence of complex additive on features of hardening and properties of cement concrete for a covering of roads). *Budivsel'ni materialy, virobi ta sanitarna tehnik*. Kyiv, 2011. Vol. 39. P. 115 - 122 [in Ukrainian].

4. Doroshenko Yu.M., Doroshenko O.Yu., Borkovsky P.P., Chizhenko N.P., Kutsokon O., Nakoneshna Ya. Tekhnolohichni metody rehuliuвання vlastyvoetei betonu (Technological methods of regulating the properties of concrete). *Budivsel'ni materialy, virobi ta sanitarna tehnik*. Kyiv, 2014. 51. P. 50 - 54 [in Ukrainian].

5. Higerovich M.I., Bayer V.V. Gidrofobno-plastifitsiruyushchiye dobavki dlya tsementov, rastvorov i betonov (Hydrophobe-plasticizing additives for cements, solutions and concrete). Moscow, 1979. 126 p. [in Russian].

Vitalii Stozhka, Ph.D., Associate Prof., <https://orcid.org/0000-0002-5039-9852>

National Transport University, Kyiv, Ukraine

INCREASING THE DURABILITY OF CEMENT CONCRETE PAVEMENT DUE TO THE APPLICATION OF HYDROPHOBIC CHEMICAL ADDITIVES

Abstract

Introduction. Domestic and foreign experience in the construction of roads with rigid type clothing confirms the prospects for the widespread introduction of cement concrete to ensure their reliable and trouble-free operation for a long period with low maintenance costs. Abroad, the estimated period of operation of hard coatings is 35-50 years, in Ukraine — 25–40. installation of temperature and working seams, non-technological repair prevent the introduction of cement concrete in the practice of road construction. Most of these shortcomings can be eliminated using modern materials and technologies. Rigid pavements have a number of advantages, but also disadvantages such as high probability of cracking in concrete slabs and their reflection from the base layers to the coating layers, high capital construction costs, inability to open traffic immediately after construction — the need to withstand 14 days before set 70–75 % of strength and 28 days to obtain vintage strength, high noise and vibration when driving a vehicle, the need for temperature and working seams, non-technological repair hinders the introduction of

cement concrete in the practice of road construction. Most of these shortcomings can be eliminated using modern materials and technologies.

Problem Statement. The cement-concrete covering of highways works in the conditions of a difficult stressful condition under the influence of repeated loadings from cars and variable temperature-humid parameters. In addition, conglomerate materials such as cement concrete are characterized by internal stresses due to the heterogeneity of their structure, as well as the ongoing processes of structure formation and destruction. One of the ways to increase the durability of cement concrete to cover the floor is the use of chemical additives that can clog pores, give the concrete surface hydrophobic properties. Based on modern ideas of physics and chemistry of surface processes, we can conclude that the introduction of a small amount of organosilicon substances together with the sealing water into the concrete mix will make it possible to significantly improve the durability and resistance to aggressive loading and aggressive factors acting on concrete. Frost resistance, corrosion resistance and durability of cement concrete pavement are greatly influenced by the nature of the total porosity of concrete, the size of individual pores, their shape and the relationship between them. These factors change during the hardening of cement concrete and its operation. These characteristics can be influenced by chemical and physical methods.

Purpose. The purpose of the work is to improve the durability of cement concrete for paving roads by using hydrophobic additives.

Materials and methods. Analysis of scientific publications, technical and regulatory literature to increase the durability of cement concrete pavements.

Conclusions. Thus, as a result of research it was found that the water-repellent additive positively promotes the passage of physico-chemical processes of hydration of cement in comparison with the standard, the optimal amount of additive is in the range of 0.10–1.15 % by weight of cement; the use of a water-repellent additive allows to reduce the W / C at a given ease of laying due to gas formation; to increase the physical and mechanical properties, crack resistance and durability of cement concrete pavement.

Key words: water resistance, hydrophobic additives, durability, strength, frost resistance, cement concrete pavement.