

УДК 666.972.162

*Дорошенко Ю.М.<sup>1</sup>, кандидат технічних наук, професор кафедри будівельних матеріалів і хімії*

*Сербін В.П.<sup>2</sup>, доктор технічних наук, професор кафедри технології неорганічних речовин та загальної хімічної технології*

*Дорошенко О.Ю.<sup>3</sup>, кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних конструкцій і споруд*

*<sup>1</sup>Національний транспортний університет, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010, тел. +38(044) 285-95-28*

*<sup>2</sup>Національний технічний університет України «КПІ», вул. Політехнічна, 14, м. Київ-56, 03056, тел. +38(044) 454-97-35,*

*e-mail: tnrtazht@xtf.ntu-kpi.kiev.ua;*

*<sup>3</sup>Державний економіко-технологічний університет транспорту, вул. М. Лукашевича, 19, м. Київ-49, 03049, тел.: +38(044) 465-42-80, e-mail: detut@detut.edu.ua,*

## МОДИФІКАЦІЯ ЦЕМЕНТОБЕТОНУ ПОКРИТТЯ ДОРІГ ГІДРОФОБНИМИ ДОБАВКАМИ

У статті розглядаються властивості цементобетонного покриття з ефективними гідрофобними добавками. Встановлено, що добавка 136-157М дозволяє зменшити В/Ц на 5% для малорухливих сумішей. При використанні більш пластичних сумішей процент зменшення В/Ц досягає 9%. Гідрофобні добавки підвищують морозостійкість (на 30...45%), водонепроникність (в 2,5...3,0 рази), міцність на удар (на 26...30%) та зменшують стирання (на 50...58%).

**Ключові слова:** цементобетонне покриття, гідрофобні добавки, морозостійкість, водонепроникність, міцність.

Враховуючи постійний ріст навантажень і швидкості, загальної вантажопідйомності автомобілів і їх кількості виникає потреба побудувати нові дороги і забезпечити зберігання існуючих доріг. Осьові навантаження (11,5 – 13,0 т) стають фактично стандартами, тоді як раніш побудовані дороги були спроектовані в розрахунку на 6 - 10 т. Пропуск машин з більш високою вантажопідйомністю призводить до підвищеного зносу і руйнування доріг. Вирішувати ці проблеми можливо за рахунок будівництва доріг з цементобетонним покриттям, які мають переваги:

- високу міцність цементобетону (в 5-7 разів) і загальну жорсткість покриття у порівнянні з асфальтобетоном;
- значну довговічність цементобетону (строки роботи до капремонту – 40 - 50 років);
- нарощування міцності цементобетону у часі за рахунок поглиблення гідратації цементу;
- високу корозійну стійкість, морозостійкість і водонепроникність при застосуванні сучасних хімічних добавок;
- стабільність деформативних властивостей при дії температури навколишнього середовища;
- здатність суттєво полегшити роботу ґрунтового шару дорожнього одягу при проїзді важкого транспорту;
- необхідність досить доступного обладнання для швидкісного будівництва бетонного покриття з високими показниками рівності;

## БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

---

- 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 у порівнянні з асфальтобетоном);

- нові технологічні рішення забезпечують зменшенні ціни цементобетонного покриття, що довгий час було аргументом на користь асфальтобетону.

До основних дефектів цементобетонного покриття відносять: лущення; необхідність герметизації швів; руйнування кромки; зміщення по висоті плит, що знаходяться поряд. Але ці дефекти не вказують на недоліки цементобетону, як будівельного матеріалу для дорожнього покриття. Головними причинами появи дефектів є відставання в області матеріалів, технологій, методів проектування, культури виробництва. Досвід Франції, Німеччини, Бельгії, Великобританії, Австрії та інших держав показав, що якщо вартість бетонних покриттів трохи вище або дорівнює асфальтобетонним, то з точки зору довговічності та експлуатації більш економічними є цементобетонні покриття доріг.

Особливий вплив на властивості цементобетонного покриття має застосування спеціальних цементів. В Україні майже відсутні необхідні види і марки дорожнього цементу, тому дослідження і застосування існуючих в'яжучих з ефективними добавками є актуальною проблемою, рішення якої дозволить розширити номенклатуру цементних в'яжучих для дорожнього будівництва, підвищити довговічність і стійкість цементобетонного покриття доріг, мостів і аеродромів, а також вирішувати питання безпеки руху. Для цього можливо використовувати хімічні добавки, що колюматують пори, надають поверхні бетону гідрофобізуючі властивості, втягують в бетонну суміш повітря. Базуючись на сучасних уявленнях фізико-хімії 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, їхня форма і 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, віддозовані 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.

Добавки, що підвищують водостійкість, морозостійкість і корозійну стійкість цементобетонних покриттів можна розділити таким чином: тонкомолоті, з гідравлічними властивостями або властивостями колоїдних речовин; добавки, що підвищують гідрофобність бетонів дорожніх покриттів; полімерні добавки, що полімеризуються в бетоні; солі неорганічних кислот, що прискорюють процеси гідратації і структуроутворення цементного каменю дорожніх

бетонів. Для підвищення стійкості і витривалості цементобетону покриття доріг і аеродромів за кордоном, в країнах СНД і 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 несучої 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 поліетилгідроксилосанового типу (ГКЖ-94); метилсиліконат натрію (ГКЖ-10); етилсиліконат 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 їхні 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 і використання суміші кремнійорганічних речовин. Орієнтовні розрахунки показують, що їх вартість може буде дешевше, ніж чистих кремнійорганічних сполук. Їхнє застосування в дорожньому будівництві дозволить розширити асортимент КОС; сприяти одержанню ефективних, довговічних модифікованих цементобетонних покриттів доріг і аеродромів; вирішувати актуальні проблеми поліпшення екологічного стану в регіонах промислового виробництва КОС в Україні (Дніпропетровська і Запорізька області).

Відповідно ДБН В.2.3–4 об'єктом досліджень є цементний бетон класу за міцністю при стиску В 35 (М 450); при згині -  $V_{cb}$  4,4 ( $V_{cb}$  60); морозостійкість бетону одношарового або верхнього шару двошарового цементобетонного покриття автомобільних доріг загального користування повинна бути не менше F 150. В якості в'язучого використовувався цемент ПЦ-1-500 Н Здолбунівського цементного заводу. В якості крупного заповнювача використовувався гранітний щебінь Малинського КДЗ, крупністю від 10 до 20 мм. В якості дрібного заповнювача використовувався пісок річковий, дніпровський.

З метою покращення фізико-механічних показників цементобетонного покриття доріг (підвищення міцності, морозостійкості, зниження водонепроникності) в даній роботі досліджувався вплив гідрофобізуючих добавок на властивості бетону. У дослідженнях використовували три види (КОС): поліетилгідроксилосан ГКЖ-94 (газоутворююча) /ДСТ 10834/; етилсиліконат натрію ГКЖ-10 (повітрявтягуюча) /МРТУ 6-02-271/; поліметилгідроксилосан 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. Ефективність дії добавки визначалась на зразках (4x4x16 см) дрібнозернистого бетону складу 1:3. Результати досліджень ефективності дії добавок приведені в табл. 1.

# БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

**Таблиця 1**

Ефективність дії добавок на міцність при стиску

Вид добавки	Кількість добавки, % від ваги цементу	Міцність при стиску $R_{ст}$ , МПа через діб				Водонепроникність, МПа через діб		
		1	3	28	$KE_{\phi} \Delta R^*$	28	90	$KE_{\phi} \Delta W^*$
Без добавки	-	5,0	11,0	20,3	-	0,4	0,8	-
ГКЖ-10	0,1	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
ГКЖ-94	0,1	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	0,1	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

Примітка:  $* \Delta R = \frac{R_{\phi} - R_k}{R_k} \cdot 100$

З даних, наведених в табл. 1 видно, що кількість гідрофобізатора в межах 0,1-0,2% майже не змінює  $R_{ст}$  і водонепроникність. Тому рекомендується при майже однаковому результаті вибирати мінімальну кількість добавки. В подальших дослідях прийнята кількість добавки – 0,1% від ваги цементу з врахуванням 100% гідрофобної добавки.

Дослідження проводились на бетоні складу: цемент - 500 кг/м<sup>3</sup>; пісок - 650 кг/м<sup>3</sup>; щебінь - 1100 кг/м<sup>3</sup>; водоцементне співвідношення (В/Ц) – 0,43. Визначали можливість зменшення В/Ц при заданій легкоукладальності; міцність при стиску  $R_{ст}$ ; міцність на розтяг при згині  $R_{зг}$ ; міцність на осьовий розтяг  $R_{ор}$ ; морозостійкість (200 ц); водонепроникність, МПа; стиранисть, г/см<sup>2</sup>; міцність при ударі, Дж/см<sup>3</sup>. Дані про вплив гідрофобізуючих добавок на зменшення В/Ц при заданій легкоукладальності наведені в табл. 2.

**Таблиця 2**

Вплив гідрофобної добавки на легкоукладальність бетонної суміші

Наявність добавки	Склад бетону, кг/м <sup>3</sup>				Осадка конусу, см
	Ц	П	Щ	В/Ц	
-	500	650	1100	0,43	5-7
136-157М (0,1)	500	650	1100	0,41	5-7
-	550	600	900	0,47	15-18
136-157М (0,1)	550	600	900	0,43	15-18

З табл. 2 видно, що застосування гідрофобізуючої добавки 136-157М дозволяє зменшити В/Ц на 5% при заданій легкоукладальності для малорухливих сумішей. При використанні 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 механічні властивості наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Вплив добавки 136-157М на механічні властивості бетону

Назва показника	Час твердіння, діб	Еталон	ГКЖ-94 (0,1%)	136-157М (0,1%)
Міцність при стиску $R_{ct}$ , МПа	7	30,00	32,20	32,60
	14	36,90	38,40	39,60
	28	40,00	42,00	42,30
	90	46,70	49,70	51,90
	180	49,10	51,50	54,70
Міцність на розтяг при згині $R_{zp}$ , МПа	7	3,10	3,42	3,49
	14	3,63	4,05	4,10
	28	4,55	4,90	4,98
	90	5,14	5,62	5,98
	180	5,68	6,10	6,25
Міцність на осьовий розтяг $R_{o.p.}$ , МПа	7	2,00	2,91	2,92
	14	2,60	2,80	2,89
	28	2,81	3,02	3,14
	90	3,29	3,86	3,88
	180	3,45	3,93	3,98

З наведених у табл. 3 даних видно, що міцність при стиску ( $R_{ct}$ ) та осьовому розтягу ( $R_{o.p.}$ ) підвищується після 28 діб на 11%...15%. Поряд з основними показниками визначались співвідношення цих характеристик, що дозволяє зробити висновки щодо якості структури бетону. Такими показниками є співвідношення  $R_{ct}/R_{o.p.}$  (чим більше значення даного співвідношення, тим нижча однорідність та якість бетону). Для еталону цей показник – 14,23/100%, для добавки ГКЖ-94 – 13,9/98% і для добавки 136-157М відповідно на 13,47/95%.

Дані дослідження морозостійкості, водонепроникливості, стиранисті та міцності на удар наведені в табл. 4. Морозостійкість досліджувалась при заморожуванні при  $t = (-20 \pm 5)^\circ\text{C}$  і відтаюванні у 5%-му розчині NaCl. Водонепроникність визначалась за стандартною методикою до появи “мокрої плями” на зразках. Стираність визначалась в  $\text{г}/\text{см}^2$  після 840 та 1120 обертів на кругу ЛКІ-3, міцність на удар – на копрі Пейджа. За даними, наведеними в табл. 4, видно, що добавки КОС підвищують морозостійкість (на 30...45%), водонепроникність (в 2,5...3,0 рази), міцність на удар (на 26...30%) та зменшують стиранисті (на 50...58%), що зумовлюється впливом домішок на процеси структуроутворення бетону.

Таблиця 4

Вплив добавок КОС на морозостійкість, водонепроникність, стиранисті та міцність на удар цементобетону

Наявність домішок КОС	Морозостійкість (200 циклів)			Водонепроникність, МПа після діб		Міцність при ударі, Дж/см <sup>3</sup>	Стираність, г/см <sup>2</sup> , після обертів
	$R_{ct}$ , МПа	Середовище відтаювання					
		$R_{ct}/K_M$ , МПа	H <sub>2</sub> O	5%NaCl	28	90	840 / 1120
Без добавок	57,5	50,5/0,89	42,0/0,33	0,4	0,8	2,50	0,26 / 0,32
ГКЖ-94	61,2	64,3/1,00	55,1/0,90	1,0	1,4	2,95	0,16 / 0,19
136-157М	61,8	66,4/1,00	60,8/0,98	1,2	1,4	3,15	0,11 / 0,17



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

Тріщиностійкість безпосередньо визначалася 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 і міцність цементного каменю. Поряд з цим методом тріщиностійкість оцінювалася на зразках-призмах 4x4x16 см, виготовлених з 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 з гідрофобізуючими добавками тріщини з'явилися після 13 – 16 год., при цьому вони розгалужувалися, перетворюючись на систему дрібних тріщин з розкриттям 0,1–0,3 мм. У цементному розчині без добавок поява тріщини зафіксована після 28 год. і через 100–150 год. у зразках з гідрофобізуючими добавками. Зменшення тріщиноутворення досягається за рахунок зниження деформації усадки; зменшення концентрації внутрішніх напружень, що гальмує зростання тріщин, їхню 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 розтяг осьовий та при згині, що дозволяє прогнозувати підвищене зчеплення розчину з 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  $t=20^{\circ}\text{C}$ . 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 годин, з добавкою 0,1% ГКЖ-94 – через 30 год., з добавкою 0,1% 136-157М – через 82 год.

Дані по випробуванню деформативності бетону при осьовому розтягу показують, що підвищення однорідності бетону та 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 визначалися 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 приводить до зниження швидкості ультразвукових коливань, які розширюються поперек лінії дії стискаючого напруження. Таким чином, навантаження  $R^0$  відповідає початку зменшення швидкості ультразвуку, і 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 з 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 ( $R^v$ ) дозволяє прогнозувати більш високу витривалість і довговічність цементного бетону дорожнього покриття під дією багаторазового прикладання навантажень. Таким чином, проведеними дослідями встановлена висока ефективність застосування КОС у технології дорожнього цементобетона, зростання фізико-механічних властивостей, довговічності і тріщиностійкості цементобетонного покриття доріг. В 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 добавкою КОС і без неї виготовляють зразки, які досліджували через 3, 5, 8, 12 годин та 1, 3, 7 і 28 діб. Частина бетонної суміші витримувалась 20 і 40 хвилин, після чого з неї також готувалися зразки. Результати цих досліджень наведені в табл. 5.

Таблиця 5

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

Час витримування суміші в хв.	Наявність добавки	Міцність при стиску, МПа через							
		годин				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

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

### Висновки

Таким чином, в результаті проведення досліджень встановлено:

- гідрофобізуюча добавка 136-157М позитивно сприяє проходженню фізико-хімічних процесів гідратації цементу у порівнянні з еталоном і добавкою ГКЖ-94;
- оптимальна кількість добавки знаходиться в межах 0,1-0,15% від ваги цементу;
- застосування гідрофобізуючої добавки 136-157М дозволяє за рахунок повітрявтягування і газоутворення зменшити В/Ц при заданій легкоукладальності;
- гідрофобізуюча добавка 136-157М дозволяє підвищити механічні властивості бетону (через 28 діб  $R_{ct}$  на 5%;  $R_{зг}$  на 9%;  $R_{op}$  на 11,7%);
- водонепроникність бетону з гідрофобізуючою добавкою через 28 діб підвищилася майже в 2 рази, а морозостійкість на 40 %;
- водопоглинання зменшилось на 70 %, а капілярне підсмоктування на 90 %;
- тріщиноутворення зменшилось в 5 разів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. – Москва: Стройиздат. – 1990. – 400 с.
2. Хигерович М.И., Байер В.В. Гидрофобно-пластифицирующие добавки для цементов, растворов и бетонов. – Москва: Стройиздат. – 1979. – 126 с.
3. Карибаев К.К. Поверхностно-активные вещества в производстве вяжущих материалов. – Алма-Ата: Наука. – 1980. – 336 с.
4. Пащенко А.А., Свидерский В.А. Кремнийорганические покрытия для защиты от биокоррозии. – Киев: Техника. – 1988. – 136 с.
5. Зацепин А.Н., Янбых Н.Н. Рекомендации по применению кремнийорганических добавок при строительстве цементобетонных покрытий дорог и аэродромов. – Союздорнии.Балашиха – 6. – Московская обл. – 1970. – 20 с.

УДК 666.972.162

### МОДИФИКАЦИЯ ЦЕМЕНТОБЕТОНА ПОКРЫТИЯ ДОРОГ ГИДРОФОБНЫМИ ДОБАВКАМИ

© Дорошенко Ю.М., Сербин В.П., Дорошенко О.Ю.

В статье рассматриваются свойства цементобетонного покрытия с эффективными гидрофобными добавками. Установлено, что добавка 136-157М позволяет уменьшить В/Ц на 5% для малоподвижных смесей. При использовании более пластичных смесей процент уменьшения В/Ц достигает 9%. Гидрофобные добавки повышают морозоустойчивость (на 30...45%), водонепроницаемость (в 2,5...3,0 раза), прочность на удар (на 26...30 %) и уменьшают стирания (на 50...58 %).

**Ключевые слова:** цементобетонное покрытия, гидрофобные добавки, морозостойкость, водонепроницаемость, прочность.

UDC 666.972.162

### MODIFICATION CEMENT-CONCRETE PAVEMENT HYDROPHOBIC ADDITIVES

© Doroshenko Y.M., Serbin V.P., Doroshenko A.Y.

The paper discusses the properties of concrete pavement with effective hydrophobic additives. Found that the addition of 136-157M can reduce the W/C by 5% for low-mobility mixtures. Using a plastic mixtures percent reduction in W/C is 9%. Hydrophobic additives increase the frost resistance (30...45%), water resistance (2,5...3,0 times), the strength of the blow (26...30%) and reduce abrasion (50...58%).

**Keywords:** concrete pavement, hydrophobic additives, frost resistance, water resistance, strength.