

**Висновки**

1. Основа визначення міцності бетону в конструкціях за допомогою методів неруйнівного контролю – наявність відповідної кореляційної характеристики.
2. За діючими стандартами побудова кореляційної характеристики для ультразвукових методів має бути тільки на основі випробувань зразків бетону з досить великою їх кількістю. Для багатьох конкретних випадків це взагалі унеможливило застосування методів неруйнівного контролю визначення міцності бетону.
3. Автори підтверджують можливість застосування методу відриву зі сколюванням для побудови кореляційних характеристик і пропонують власну, перевірену досвідом методику.

**Література:**

1. ДБН В.1.2-5:2007. СНББ. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів
2. ДСТУ Б В.2.7-226:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Правила контролю міцності
3. ДСТУ Б В.2.7-220:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю.
4. ДСТУ Б В.2.7-226:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності (ГОСТ 17624-87).
5. Ярас В.І., Ловейкін С.О. З досвіду визначення міцності бетону в конструкціях. Питання і помилки. – «Строительные материалы и изделия» №4 (69), стор. 23...25, Київ, 2011.

**УДК 65.005.5**

Корнило І. М.



Гапшенко В. С.

**Корнило І. М.**, к.е.н., доцент,  
доцент кафедри організації будівництва та охорони праці,  
Одеська державна академія будівництва та архітектури,  
65029 м. Одеса, вул. Дидрихсона, 4,  
тел.: 0486865409, e-mail: irina\_kornylo@mail.ru

**Гапшенко В. С.**, к.т.н., доцент,  
доцент кафедри організації будівництва та охорони праці,  
Одеська державна академія будівництва та архітектури,  
65029 м. Одеса, вул. Дидрихсона, 4,  
тел.: 0486865409, e-mail: gapshenko.com@mail.ru

**I. Kornilo**, PhD, Economics, Associate Professor  
at the Department of organization of construction and safety,  
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture,  
4, Didrihsona st., Odessa, 65029, Ukraine,  
tel.: 0486865409, e-mail: irina\_kornylo@mail.ru

**V. Gpshenko**, Ph.D, Engineering Sciences, Associate Professor  
at the Department of organization of construction and safety,  
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture,  
4, Didrihsona st., Odessa, 65029, Ukraine,  
tel.: 0486865409, e-mail: gapshenko.com@mail.ru

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ КРЕМНЕБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ

### ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ КРЕМНЕБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ FEASIBILITY STUDY OF COATINGS KREMNEBETONA

**Анотація.** У статті наведені результати дослідження про доцільність використання кремнебетону в автодорожньому будівництві. Представлений розрахунок економічної ефективності впровадження кремнебетонних плит замість залізобетонних плит в автодорожньому будівництві. Зроблені порівняльні розрахунки.

**Ключові слова:** кремнебетон; високий показник міцності; хімічна стійкість; кислотостійкість; морозостійкість; висока водонепроникність; вогнестійкість; висока опірність до стирання і удару.

**Анотация.** В статье приведены результаты исследования о целесообразности использования кремнебетона в автодорожном строительстве. Представлен расчет экономической эффективности внедрения кремнебетонных плит вместо железобетонных плит в автодорожном строительстве. Представлены сравнительные расчеты.

**Ключевые слова:** кремнебетон; высокий показатель прочности; химическая стойкость; кислотостойкость; морозостойкость; высокая водонепроницаемость; огнестойкость; высокая сопротивляемость к истиранию и удару.

**Annotation.** The article presents the results of a study on the feasibility of using kremnebetona in road construction. The calculations of the economic efficiency of kremnebetonnyh plates instead of concrete slabs in road construction. The comparative calculations.

**Keywords:** kremnebeton; high strength; chemical resistance; acid resistance; frost; High water resistance; fire; high resistance to abrasion and impact.

**Постановка проблеми**

В даний час для дорожнього покриття застосовують асфальтобетон, збірні залізобетонні плити. Більшість дорожніх будівельних організацій із-за неякісних будівельних матеріалів, відчувають ряд труднощів в поточному ремонті доріг і в будівництві нових.

Зокрема, стан автодоріг в Одеській області перебуває у край незадовільному стані, внаслідок чого Одеська область знаходиться на одному з останніх місць в Україні. Влада вказує на рішучі заходи з реконструкції та будівництва автодоріг в Одеській області. Однак слід вказувати на ряд інших факторів, крім обмежень на цемент і ас-

фальт. Довговічність дорожнього одягу в значній мірі залежить від якості застосовуваних будівельних матеріалів.

### Аналіз досліджень і публікацій

Слід зазначити, що в даний час багато питань доцільного використання кремнебетону розроблені ще недостатньо. Слабо вивчені зони поширення, основні властивості цього будівельного матеріалу, недостатньо розроблені й обґрунтовані раціональні шляхи і методи використання в конструкціях дорожніх одягів.

Відомо, що звичайному (цементному) бетону властиві недоліки, що обмежують його застосування в умовах агресивного середовища, високих температур, високою опірністю до стирання і динамічних дій тощо.

Причиною недовговічності цементного бетону є його склад і структура. Зміст в цементному камені гідратів і гідроалюмінатів кальцію, наскрізна пористість і слабкі структурні зв'язки в деяких випадках призводять до корозії, до тріщин і навіть до виходу з робочого стану окремих елементів конструкцій, або всієї споруди.

Виведення з експлуатації, частий і дорогий малоефективний ремонт дорожніх споруд призводять до значних збитків. Все це свідчить про те, що для дорожніх споруд потрібен новий, більш надійний довговічний конструкційний матеріал.

Таким матеріалом, більш надійним і довговічним для будівельних організацій є будівельний матеріал – кремнебетон.

Кремнебетон, на думку Волкова Е.П., як всякий будівельний матеріал володіє капілярною системою, здатною переміщати сконденсовану рідину всередину свого тіла. Таке переміщення, якщо воно можливе в кремнебетоні, викликає побоювання за надійність конструкцій через дві причини: якщо кремнебетонна плита армована, то це може привести до корозії арматури і ослаблення міцності плити; вихід же конденсату на зовнішню поверхню плити може спричинити за собою корозію металоконструкцій.

Роботами С.Н.Алексєєва встановлено, що стальна арматура не підлягає корозії при рН 11,3-11,8. Дослідження Сєдих Ю.Р. показали, що рН кремнебетона дорівнює 11,92 і не змінюється протягом тривалого часу його перебування на повітрі. Таким чином, стверджуючи, що корозія арматури в кремнебетоні неможлива. В дослідженнях Кирилішина В.П. стверджується, що кварцовий кремнебетон призначений для виготовлення великорозмірних елементів і будівельних конструкцій, армованих звичайною (кислотостійкою) сталлю та експлуатованих в кислотних та інших сильно агресивних для традиційних конструкційних матеріалах середовищ (за винятком фтористих сполучень, гарячої фосфорної кислоти та їдких лугів) без влаштування трудомісткого, дорогого і малоефек-

Таблиця 1.

### Економія металу на автодорозі шириною 6 м

Одиниця виміру автодоріг	Кількість арматури, кг	Вартість 1 кг, грн.	Сумарна вартість арматури, грн.
1 залізобетонна плита 1,5x1,75	40	13,75	550
1 погонний метр дороги	91,5	13,75	1258,12
1 км дороги	91500	13,75	1258125
100 км дороги	9150000	13,75	125812500

Таблиця 2.

### Розрахунок економічної ефективності впровадження кремнебетонних плит замість залізобетонних плит в автодорожньому будівництві

№	Найменування показників	Од. вим.	Варианти конструкцій		
			1	2	3
			з/б плити	Кремнебетон на склі	кремнебетон на т-к в'язкому
1	2	3	4	5	6
1	Загальний термін експлуатації	роки	50	50	100
2	Періодичність капітального ремонту	роки	25	50	50
3	Вартість плит «В деле» на 1 м <sup>3</sup>	грн.	688	1600	700
4	Наведені витрати до експлуатації – 1 м <sup>3</sup>	грн.	791,2	1714	751
5	Наведені витрати експлуатаційні – 1 м <sup>3</sup>	грн.	85	12	17,2
6	Наведені сумарні витрати на 1 м <sup>3</sup>	грн.	867	1731,2	768
7	Витрати на 1 м дороги шириною 7 м	грн.	1077	2129	942
8	Наведені сумарні витрати на 1 км дороги шириною 7 м	тис.грн.	1077	3129	944
9	Втрати через ремонтно-будівельні роботи на 1 км дороги	тис.грн.	20	-	-
10	Наведені сумарні витрати на 1 км дороги за 100 років	тис.грн.	2154	2129	942
11	Наведені сумарні витрати на 2 км дороги за 100 років з урахуванням втрат	тис.грн.	2174	-	-
12	Наведені сумарні витрати на 100 км дороги за 100 років з урахуванням втрат	млн.грн.	217,4	212,9	94,4
13	Економічна ефективність на 1 км	тис.грн.	-	44	1230
14	Економічна ефективність на 100 км	млн.грн.	-	4,4	123

тивного протикорозійного захисту із свинцю, полімерних матеріалів, кислотостійкої кераміки та тощо.

*Основні відомості про кремнебетон. Кремнебетон – це безцементний бетон автоклавного твердіння, який володіє унікальними універсальними властивостями:*

- високим показником міцності (М – 1000 та вище);
- хімічною стійкістю (кислотостійкість щонайменше 99%);
- морозостійкістю (МРЗ щонайменше 1000);
- високою водонепроникністю (В – 12 та вище, а саме при  $P=1,76$  МПа);
- вогнестійкістю (температура 1400 °С та вище);
- високою опірністю до стирання і удару (відповідно – в 2 і 10 разів більше, ніж для цементного бетону).

За своєю природою кремнебетон – це штучний кварцит, який за хімічним складом і структурою подібний до природного кварциту – одним з найбільш міцних, твердих і хімічно стійких матеріалів, де зерна кварцового піску пов'язані кристалами кремнезему.

Технологія приготування виробів з кремнебетону. Відкритий спосіб використання природного кварцового піску для отримання кремнеземистого (тридиміта-кристобаліта) в'язучого і на його основі – кремнебетона. В'язучий отримується попереднім випалюванням кварцового піску при температурі 1200 °С.

У процесі випалювання кварцовий пісок переходить в хімічно активну тридиміта-кристобалітову форму – т-к в'язучий. Вихідними компонентами є однорідна суміш із природного кварцового піску або кварцевих відходів та технічною кальцинованої соди ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), каустичної соди ( $\text{NaOH}$ ), поташа ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ), їдкого калію ( $\text{KOH}$ ), бікарбонату натрію ( $\text{NaHCO}_3$ ) або побічних продуктів та очищених відходів різноманітних виробництв. Кварцовий пісок рекомендується використовувати невеликий типу скляного або формувального. Технологія виготовлення т-к в'язучого ґрунтується на використанні звичайного технологічного обладнання.

У автоклавних умовах т-к в'язучий розчиняється і тут же кристалізується, зрощуючи всі компоненти суміші в єдиний моноліт, у якого, як і в природному кварциті, заповнювач пов'язаний кристалами кремнезему – високоміцним, хімічно стійким і твердим матеріалом.

*Відформована з даного складу суміш при подальшій автоклавній обробці ( $t=190$  °С,  $P=1,76$  МПа) через 24 години дає готовий до застосування конструкційний матеріал – кремнебетон.*

Зразковий склад кремнебетону на  $1\text{ м}^3$ , кг:

- тридиміто-кристобалітове в'язуче, 330
- мелений пісок (з питомою поверхнею до 4000  $\text{см}^2/\text{г}$ ), 270
- рядовий пісок, 350
- щебінь, фракції 5-10 мм, 1350
- вода, 125

За сировинних ресурсів кремнебетон – більш доступний матеріал, ніж цементний бетон, так як для його виготовлення можна застосовувати дрібні і дуже дрібні піски, які не доцільно використовувати в цементних бетонах.

Технологія приготування кремнебетонної суміші, укладання в форми, ущільнення і армування виробів така ж, як і при виготовленні цементно-бетонних виробів з використанням того ж обладнання – бетономішалок, бетоноукладачів і вібраторів. Відмінність є тільки в умовах твердіння – в автоклавах, застосовуваних у виробництві силікатних виробів і випускаються довжиною 27 м і ді-

метром 3,6 м.

Для випалу і помолу піску використовується устаткування: печі, які обертаються для випалення клінкеру портландцементу або керамзиту і вібро- або кульові млини. Виробництво кремнебетонних виробів може бути організовано при заводах збірного залізобетону або силікатних виробів. У першому випадку потрібно додатково організувати автоклавні відділення, в другому – бетонозмешувальні.

Розрахунок економічної ефективності впровадження кремнебетонних плит замість залізобетонних плит в автодорожньому будівництві. На підставі вищевикладених переваг виробів з кремнебетона були зроблені порівняльні розрахунки. Порівнювалися автодорожні плити розміром  $1,5 \times 1,75$  і товщиною 18 см, які виготовлялися зі звичайного залізобетону та із кремнебетону. Виявилось, що плити з кремнебетону без арматури по міцності і тріщиностійкості не поступаються плитам із залізобетону.

Внаслідок чого економиться метал. Так, як дороги мають сотні кілометрів протяжності, то як показали розрахунки, тільки за рахунок відсутності металу економиться мільйони гривень. Всі дані розрахунків зводяться в табл.1 і табл.2. Економічна ефективність від застосування кремнебетонних плит покриття визначається на підставі порівняння таких показників, як довговічність, періодичність капітального ремонту і приведених витрат.

#### Висновки

Загальна економічна ефективність тільки на 100 км дороги від застосування в якості дорожнього одягу плити з кремнебетона – 123 млн. грн. А це чимала сума, яка необхідна для виконання найважливіших завдань. Довговічність, зносостійкість – найважливіші чинники, які повинні сприяти застосуванню кремнебетонних плит в автодорожньому будівництві.

Важливим завданням є подальша розробка ефективних методів оцінки якості та можливого поліпшення будівельних матеріалів, а також узагальнення досвіду їх застосування в дорожньому будівництві.

При використанні різноміцних кам'яних матеріалів в ряді випадків доцільно організувати їх збагачення за міцністю, під яким мається на увазі комплекс виробничих операцій, які забезпечують отримання матеріалу необхідної міцності і довговічності.

#### Література:

1. Волков Э.П. Газоотводящие трубы ТЭС и АЭС / Э.П. Волков, Е. И. Гаврилов, Ф. П. Дужих. – Москва: Энергоатомиздат, 1987. – 280 с.
2. Алексеев С.Н. Коррозия и защита арматуры в бетоне / С.Н. Алексеев. – Москва: Стройиздат, 1968. – 22 с.
3. Седых Ю.Р. Кремнебетон повышенной стойкости к действию сернокислых сред / Ю.Р. Седых. – Москва: Стройиздат, 1984. – 151 с.
4. Кирилишин В.П. Кремнебетон / В.П. Кирилишин. – Киев: Будивельник, 1975. – 112 с.
5. Кирилишин В.П. Деформативность и длительное сопротивление кремнебетона при нагрузках близких к разрушающим / В.П. Кирилишин, В.И. Половец, В.С. Гапшенко. . – Казань, 1991. – С. 79-83.
6. Половец В.И. Влияние водонасыщения кремнебетона на деформативность и прочность / Половец, В.С. Гапшенко. – Одеса: Вісник ОДАБА: зб. наук. пр. – 2009. – № 39. – С. 484-486.