

**ДОВГОВІЧНІСТЬ ДЕКОРАТИВНИХ КЕРАМЗИТОБЕТОНІВ ДЛЯ
ТОНКОСТІННИХ КОНСТРУКЦІЙ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД**

**DURABILITY OF DECORATIVE EXPANDED CLAY LIGHTWEIGHT
CONCRETE FOR THIN-WALLED CONSTRUCTIONS OF HYDRAULIC
STRUCTURES**

**Кривяков С.О., д.т.н., доц., ORCID 0000-0002-0800-0123, Дудник Л.В., асп.,
ORCID 0000-0002-9969-8941, Петричко С.М., к.т.н., доц., ORCID 0000-
0003-3956-0382 (Одеська державна академія будівництва та архітектури)**

**Kroviakov S.O., Dr. Sci., assistant professor, ORCID 0000-0002-0800-0123,
Dudnik L.V., graduate student, ORCID 0000-0002-9969-8941, Petrychko S.M.,
PhD., assistant professor, ORCID 0000-0003-3956-0382 (Odessa state academy
of civil engineering and architecture)**

**Встановлено, що міцність, морозостійкість і водонепроникність
декоративних керамзитобетонів із залізоокісними пігментами практично
не відрізняються від рівня даних показників якості контрольних бетонів
для тонкостінних споруд. За цифровими фото досліджено зміну кольору
декоративних керамзитобетонів під впливом сонячного світла.**

**Mechanical properties, durability and color range of decorative expanded clay
lightweight concrete were investigated. Red and yellow iron-oxide synthetic
pigments were applied. Lightweight concrete was manufactured using two
technologies. The first series was manufactured using traditional technology.
The second series was produced using technology of treatment porous gravel
with cement slurry. The slurry was prepared by introducing 30% cement into
water.**

**It is established that the strength, frost resistance and water tightness of
expanded clay lightweight concretes with iron oxide pigments practically does
not differ from strength, frost resistance and water tightness of control
concretes. The compressive strength of expanded clay lightweight concrete is
increased by 1-1,5 MPa by treating the porous gravel with cement slurry. The
density of lightweight concrete is also increased by 10-20 kg/m³ when treating
porous gravel.**

**The color range of decorative expanded clay lightweight concrete was
analyzed using digital photos in the RGB color scheme. Concretes at the age of
2 years have been investigated. It is established that the decorative properties
of lightweight concrete with iron oxide pigments during their operation in**

sunlight are reduced. Concrete with a yellow pigment is more resistant to sunlight. Thus, modified decorative expanded clay lightweight concretes have sufficient durability and can be used in thin-walled constructions of hydraulic structures, including floating reinforced concrete structures (floating docks, hotels, houses).

Ключові слова: керамзитобетон, пігмент, пластифікатор, обробка гравію, довговічність, морозостійкість, водонепроникність.
Expanded clay concrete, pigment, plasticizer, gravel treatment, durability, frost resistance, water tightness.

Вступ. Керамзитобетони та інші легкі бетони на пористих заповнювачах достатньо широко використовуються в сучасному гідротехнічному будівництві, зокрема у конструкціях тонкостінних плавучих залізобетонних споруд. Основними типами таких споруд є нафто- і газовидобувні платформи, плавучі доки та їх аналоги, плавучі дома і готелі. Для частини подібних споруд, в першу чергу готелів і домів, важливим є їх естетичний вигляд, покращити який можливо за рахунок використання декоративних кольорових бетонів. Обов'язковою умовою ефективності застосування декоративних керамзитобетонів у тонкостінних конструкціях гідротехнічних споруд є забезпечення їх довговічності в типових для даних споруд умовах експлуатації. Як показує накопичений досвід [1], основними показниками якості, що забезпечують довговічність бетону в тонкостінних конструкціях гідротехнічних споруд, є водонепроникність і морозостійкість (за умови забезпечення сульфатостійкості). Для декоративних бетонів важливим показником також є збереження кольору в часі. Відповідно, задача підвищення довговічності декоративних керамзитобетонів є актуальною і може бути вирішена за рахунок застосування ефективних рецептурно-технологічних методів впливу на структуру композиту.

Аналіз останніх досліджень. На сучасному етапі розвитку матеріалознавства одним з найперспективніших напрямків застосування бетонів на пористих заповнювачах у гідротехнічному будівництві є залізобетонне суднобудування. За рахунок зменшення маси конструкцій підвищується вантажопідйомність залізобетонних плавучих споруд [2]. Також при використанні легкого бетону замість важкого покращуються умови перебування людей та роботи технологічного обладнання на споруді [3]. За рахунок меншої різниці між середньою густиною легкого бетону і води у порівнянні з різницею густини важкого бетону і води конструкції з легкого бетону є більш ефективними за показником співвідношення міцності матеріалу до його ваги [4].

З легкого і важкого бетону сьогодні будуються переважно великогабаритні стоянкові плавучі споруди, для яких є важливою довговічність та ремонтпридатність. Це газо-нафтовидобувні платформи та інші споруди для освоєння ресурсів континентального шельфу, плавучі доки, готелі, ресторани, будинки, причали [1,5]. Наприклад для понтонів і головного прогону плавучого мосту Nordhordland Bridge (Норвегія, 1994 р.) був використаний легкий бетон класу LC55 [6]. Для плавучої нафтової платформи Heidrun (Норвегія, 1996 р.) використовувався легкий бетон класу LC60 з середньою густиною 1950 кг/м³. [7]. З 1998 року в США для потреб військово-морських сил використовуються залізобетонні плавучі пірси з легкого бетону міцністю 48 МПа. Задана довговічність бетонних пірсів – 100 років, що вдвічі більше в порівнянні з металевими плавучими пірсами [8]. З легкого бетону міцністю 35 МПа та з середньою густиною близько 2000 кг/м³ збудовані плавучі ворота дамби Braddock (США, 2000 р.) [9]. На завершальній стадії будівництва знаходиться плавучий спуско-підйомний комплекс MPU Heavy Lifter (Німеччина). Для даної споруди використано легкий бетон класу LC35/38 з середньою густиною 1600 кг/м³. Зниження густини бетону досягнуто за рахунок застосування крупного пористого заповнювача і частково пористого піску [2].

Залізобетонне суднобудування розвинуто і в Україні. На Херсонському заводі «Паллада» вже більше 80 років будуються плавучі доки та інші бетонні плавучі споруди. Накопичено певний досвід застосування суднобудівного керамзитобетону, який показав високу довговічність при експлуатації в Баренцовому і Каспійському морях [10].

Поліпшення декоративних властивостей суднобудівного бетону шляхом зміни його кольорової гама при забезпеченні довговічності матеріалу в типових для плавучих залізобетонних споруд умовах експлуатації підвищує конкурентоспроможність цих споруд на світовому ринку. Є певний досвід експериментального застосування важких декоративних суднобудівних бетонів [11]. Проте дослідження, присвячені використанню декоративних легких бетонів для тонкостінних гідротехнічних споруд, зокрема залізобетонних плавучих, практично відсутні. Тобто задача забезпечення довговічності декоративних керамзитобетонів для тонкостінних конструкцій гідротехнічних споруд є актуальною.

Мета досліджень. Метою досліджень є забезпечення довговічності, механічних і декоративних властивостей керамзитобетонів із залізоокисними пігментами для тонкостінних конструкцій гідротехнічних споруд, зокрема плавучих залізобетонних, за рахунок застосування пластифікаторів і технологічного прийому обробки керамзитового гравію цементною суспензією.

Методика досліджень. В якості компонентів легкого бетону використовувалися: сульфатостійкий портландцемент ССПЦ 400-Д0 виробництва ПАТ «Івано-Франківськцемент»; керамзит марки П125 виробництва Одеського керамзитового заводу фракції 5-10 мм з насипною густиною 660 кг/м^3 ; митий кварцовий пісок з $M_{кр}=2,4$; добавка суперпластифікатор С-3.

Для зміни кольорової гама бетону застосовувалися неорганічні залізоокисні синтетичні пігменти торгової марки Baufarbox: червоний пігмент IOX R03, основна речовина цього пігменту – Fe_2O_3 , а також жовтий пігмент IOX Y02, основна речовина даного пігменту – $\text{FeO}(\text{OH})$.

Дослідження властивостей декоративних конструкційних керамзитобетонів проводилися на двох паралельних серіях зразків.

Перша серія виготовлялася за «традиційною» для керамзитобетонів технологією. Тобто у змішувач послідовно подавалася вода з розчиною в ній добавкою-пластифікатором і керамзитовий гравій. Далі, після 30..45 секунд перемішування (насичення гравію водою), подавався цемент і пісок. Залізоокисні пігменти розміщувалися з цементом в сухому стані завчасно, що було необхідно для забезпечення рівномірності їх розподілу в матеріалі. Таким чином, пористий керамзитовий гравій насичувався переважно водою, а загальна тривалість перемішування складала в середньому п'ять хвилин.

Друга серія виготовлялася з застосуванням технологічного прийому обробки пористого гравію цементною суспензією. Для цього у змішувач послідовно подавалося 90% від необхідної на заміс кількості води з розчиненими в ній 50% добавки-пластифікатору та 30% від необхідної кількості цементу і ця суспензія перемішувалася приблизно одну хвилину. Далі у змішувач, де знаходилася суспензія, подавався керамзитовий гравій і перемішування продовжувалося ще одну хвилину. Після цього подавалася решта цементу, пісок і решта води з розчиною добавкою (теж 50%). В даному випадку залізоокисні пігменти розміщувалися завчасно з 70% цементу в сухому стані, тобто у суспензію, яка використовувалася для насичення гравію, пігмент не вводився. Розділення введення добавки-пластифікатору на дві порції було обумовлено тим, що цементна суспензія виготовлялася не зі всією кількістю необхідного цементу для розподілу пігменту в його решті. Таким чином пористий керамзитовий гравій насичувався цементною суспензією, а загальна тривалість перемішування складала в середньому шість хвилин, тобто на хвилину довше, ніж для «традиційної» технології.

У кожній серії виготовлялося по п'ять партій зразків з різними видами та кількістю пігменту. Всі досліджені бетони мали рівну кількість портландцементу (500 кг/м^3), керамзитового гравію (670 л/м^3) і добавки С-3 (0,8% від маси цементу). Для забезпечення рівного розрахункового об'єму суміші кількість піску корегувалася в залежності від застосування у складі легкого бетону пігменту. Один склад у кожній серії був контрольним (№1),

тобто без пігменту. Склади №2 і №3 включали червоний пігмент, 10 і 20 кг/м³ відповідно, склади №4 і №5 – жовтий пігмент, також відповідно 10 і 20 кг/м³. Склади всіх досліджених керамзитобетонів наведені в таблиці 1.

Результати досліджень. Фізико-механічні та декоративні властивості досліджених керамзитобетонів, а також В/Ц сумішей наведені у таблиці 2.

Таблиця 1

Склади досліджених керамзитобетонів

№ партії в кожній з серій	№1, контроль	№2, червоний	№3, червоний	№4, жовтий	№5, жовтий
Цемент	500 кг/м ³				
Керамзит	670 л/м ³				
Пісок	665 кг/м ³	655 кг/м ³	645 кг/м ³	653 кг/м ³	641 кг/м ³
С-3	4 кг/м ³				
Пігмент	-	Fe ₂ O ₃ 10 кг/м ³	Fe ₂ O ₃ 20 кг/м ³	FeO(OH) 10 кг/м ³	FeO(OH) 20 кг/м ³
Вода	174/177 л/м ³	184/179 л/м ³	184/180 л/м ³	177/179 л/м ³	183/183 л/м ³

* у чисельнику кількість води при приготуванні суміші за традиційною технологією, у знаменнику – при застосуванні обробки керамзиту суспензією

Таблиця 2

Фізико-механічні та декоративні властивості досліджених декоративних і контрольних керамзитобетонів

Показник	склад №1	склад №2	склад №3	склад №4	склад №5
В/Ц	0,347 / 0,354	0,368 / 0,358	0,367 / 0,360	0,354 / 0,358	0,366 / 0,366
Міцність при стиску, МПа	31,3 / 32,0	31,6 / 32,3	27,9 / 28,5	32,1 / 33,6	29,4 / 31,3
Міцність на розтяг при згині, МПа	6,14 / 6,11	5,94 / 6,14	6,07 / 6,13	6,31 / 6,36	6,13 / 6,17
Середня густина при рівноважній вологості, кг/м ³	1790 / 1810	1770 / 1785	1770 / 1780	1770 / 1780	1770 / 1780
Морозостійкість	F500				F450
Водонепроникність	W8/ W10	W10/ W10	W8/ W10	W10/ W10	W8/ W10

* у чисельнику значення показника при приготуванні суміші за традиційною технологією, у знаменнику – при застосуванні обробки керамзиту суспензією

Встановлено, що зміна технології приготування легкобетонної суміші з традиційної на технологію з обробкою гравію цементною суспензією не вплинула на В/Ц. По окремих складах різниця у значеннях В/Ц сумішей між

серіями не перевищує 2%. Введення пігменту викликає необхідність підвищення В/Ц суміші на 2..6% через додаткову водопотребу цього дрібнодисперсного компоненту, що є відомим у бетонознавстві ефектом [12].

При введенні як червоного, так і жовтого залізоокісного пігменту в кількості 10 кг/м^3 міцність при стиску досліджених керамзитобетонів практично не змінюється не зважаючи на деяке підвищення В/Ц. При введенні пігменту у кількості 20 кг/м^3 міцність при стиску декоративних керамзитобетонів знижується приблизно на 8% у порівнянні з міцністю контрольних складів.

За рахунок обробки керамзиту цементною суспензією міцність при стиску досліджених керамзитобетонів зростала на 1..1,5 МПа, що знаходиться в межах від 4 до 7%, тобто лише дещо вище точності визначення показника. Це можна пояснити тим, що завдяки необхідності введення пігменту з цементом для обробки гравію використовувалася суспензія з відносно невеликою кількістю в'язучого, а також тим, що в бетонах використовувався гравій фракції 5-10 мм, тобто доволі дрібний. Відомо, що у міру зменшення розміру часток відносно маломіцного пористого заповнювача вплив його міцності на міцність легкого бетону знижується [13]. Відповідно попередня обробка керамзиту цементною суспензією, яка підвищує міцність заповнювача, несуттєво впливає на міцність композиту, але незначна позитивна тенденція спостерігається для всіх складів.

Міцність на розтяг при згині декоративних керамзитобетонів практично не відрізнялася від міцності контрольних складів. Це можна пояснити тим, що В/Ц суміші мало впливає на величину міцності на розтяг, а також властивістю пігментів частково виконувати роль мікронаповнювачів [11,14].

Середня густина досліджених декоративних керамзитобетонів на $20\text{-}30 \text{ кг/м}^3$ нижче густини аналогічних контрольних складів, що пояснюється різним В/Ц сумішей. Бетони на обробленому суспензією гравії мали на $10\text{-}15 \text{ кг/м}^3$ більшу середню густину завдяки кращому насиченню контактної зони керамзиту в'язучим.

Також визначалася морозостійкість і водонепроникність керамзитобетонів як основні показники, що забезпечують довговічність матеріалів у тонкостінних конструкціях гідротехнічних споруд, зокрема плавучих. Встановлено, що майже всі досліджені бетони мають високу морозостійкість – F500. Морозостійкість на рівні F450, що теж можна вважати високим рівнем даного показника, зафіксована лише для складу №5, тобто при введенні жовтого пігменту в кількості 20 кг/м^3 . При цьому технологічна операція попередньої обробки керамзиту цементною суспензією не впливає на морозостійкість досліджених легких бетонів.

Водонепроникність контрольних і декоративних керамзитобетонів знаходилася в одному діапазоні – W8..W10, що можна пояснити здатністю пігменту виконувати роль мікронаповнювача, який також сприяє

підвищенню водонепроникності бетону [11, 14]. За рахунок технологічної операції обробки керамзиту цементною суспензією водонепроникність контрольних складів, а також декоративних бетонів з максимальною кількістю залізоокисного пігменту підвищувалася на одну марку. Для декоративних бетонів з кількістю пігменту 10 кг/м^3 вплив обробки гравію на рівень W з досяжною для методики «мокрої плями» точністю не виявлено.

Для декоративних бетонів важливою характеристикою є не лише їх фізико-механічні властивості, а і кольорова гама, яка в значній мірі визначає якість і функціональну придатність даних матеріалів. Для уникнення ефекту суб'єктивності при аналізі декоративних властивостей використовувалася така методика. Зразки фотографувалися при однаковому освітленні і на цифровій фотографії відокремлювалася область верхньої при фотографуванні грані зразку. У даній області проводилося усереднення кольору завдяки застосуванню фільтру «average» програми Photoshop. Для цього усередненого кольору визначалося його значення за схемою RGB. Насиченість червоним кольором оцінювалася через відсоток червоної складової (Red) у сумі трьох складових кольорів схеми R+G+B. Насиченість жовтим кольором у схемі RGB оцінювалася через відсоток суми червоної і зеленої складової (Red+Green) за умови що $R \approx G$. Для кожного складу аналізувалося по шість зразків, після чого вираховувалися середні значення показників кольору.

«Початкова» кольорова гама керамзитобетонів аналізувалася у віці 28 діб. Встановлено, що при підвищенні кількості пігменту насиченість відповідного кольору в бетоні (червоного або жовтого) прогнозовано зростає. Також встановлено, що використання технології обробки керамзиту цементною суспензією дозволяє досягнути дещо кращих показників кольору для декоративних керамзитобетонів [15]. Це можна пояснити більшим вмістом пігменту у цементно-піщаній матриці керамзитобетону, тому що насичення гравію проводилося суспензією без пігменту. При традиційній технології приготування суміші частина пігменту залишається в порожнинах і контактній зоні заповнювача. А саме цементно-піщана матриця визначає колір бетону.

Як відомо, для всіх видів декоративних бетонів важливим є питання стійкості кольору в часі під впливом сонячного світла та інших впливів [12]. Цю стійкість також можна вважати показником довговічності для даних бетонів. Для оцінки стійкості декоративних властивостей керамзитобетонів у часі проводилося порівняння кольору зразків, що перебували 2 роки під впливом сонячного випромінювання, та кольору аналогічних зразків, що зберігалися без доступу світла. Порівняння з «початковою» кольоровою гамою за цифровими фото не є коректним через фактичну неможливість забезпечення однакового освітлення зразків в різний період. Зразки фотографувалися у мокрому стані, що відповідає умовам експлуатації гідротехнічних споруд. Слід зазначити, що кольорова гама зразків у сухому стані є природно світлішою за гаму мокрих зразків, але загальна тенденція

зміни кольору у бетонах в мокрому та сухому стані є аналогічною. Значення кольорів поверхні зразків декоративних керамзитобетонів (у мокрому стані) за схемою RGB після 2-х років зберігання наведені у таблиці 3.

Аналіз наведених у таблиці 3 даних показує, що після 2-х років експонування на відкритому сонцю просторі кольорова гама декоративних бетонів стала відчутно світлішою. Сума R+G+B, яка характеризує загальну ступінь відбивної здатності поверхні, для бетонів з червоним пігментом підвищилася на 12-16% (у порівнянні зі зразками, які зберігалися у темноті), а для бетонів з жовтим пігментом – на 22-25%. Але для «жовтих» складів №4 і №5 загальний рівень жовтого кольору (Red+Green) у зразках, що зберігалися у темноті та під відкритим природним сонячним світлом є близьким – 83-84% для бетонів з кількістю FeO(OH) 10 кг/м³ та 86-87% для бетонів з кількістю FeO(OH) 20 кг/м³. Для «червоних» складів №2 і №3 насиченість червоним кольором зразків, що зберігалися під відкритим природним сонячним світлом, є на 3-4% меншою в порівнянні з насиченістю зразків бетонів, що зберігалися у темноті.

Таблиця 3

Значення кольорів поверхні зразків декоративних керамзитобетонів за схемою RGB після 2-х років зберігання

Показник	склад №1	склад №2	склад №3	склад №4	склад №5
зберігання у темноті					
складова Red	71/70	102/103	119/118	82/84	85/83
складова Green	67/66	39/39	39/40	65/67	66/73
складова Blue	53/51	31/29	31/27	30/30	24/25
сума R+G+B	191/187	172/171	188/185	177/181	175/181
зберігання під відкритим природним сонячним світлом					
складова Red	75/76	114/108	137/130	101/100	102/102
складова Green	73/72	50/45	50/45	83/87	84/85
складова Blue	54/53	34/32	35/34	37/38	31/30
сума R+G+B	202/201	198/185	222/209	221/225	217/217

* у чисельнику значення показника при приготуванні суміші за традиційною технологією, у знаменнику – при застосуванні обробки керамзиту суспензією

Таким чином, декоративні властивості керамзитобетонів з залізоокисними пігментами при їх експлуатації під сонячним світлом знижуються, що в першу чергу проявляється у «вицвітання» їх поверхні. Але для початково

більш світлих бетонів з жовтим пігментом рівень жовтого кольору зберігається краще, ніж рівень червоного кольору у початково темніших бетонах з червоним пігментом.

Висновки. Міцність, морозостійкість і водонепроникність декоративних керамзитобетонів з залізоокисними пігментами практично не відрізняються від рівня даних показників якості контрольних бетонів аналогічних складів. За рахунок технологічного прийому обробки керамзиту цементною суспензією як методу покращення сумісної роботи заповнювача і матриці дещо зростає міцність при стиску досліджених керамзитобетонів, а також на величину до однієї марки зростає їх водонепроникність. Також за рахунок обробки гравію дещо покращується насиченість кольору декоративних бетонів, яка аналізувалася за цифровими фото. При цьому обробка не впливає на величину В/Ц сумішей рівної рухомості, на міцність керамзитобетонів на розтяг при згині, а також на їх морозостійкість.

Модифіковані декоративні керамзитобетони, приготовані з використанням технологічного прийому обробки пористого гравію, мають достатню довговічність, за рахунок чого можуть бути використані в тонкостінних конструкціях гідротехнічних споруд, для яких існує потреба придання певного кольору для отримання необхідної архітектурної виразності, зокрема в конструкціях залізобетонних плавучих споруд.

При експлуатації під сонячним світлом декоративні властивості досліджених керамзитобетонів знижуються, що в першу чергу проявляється у «вицвітанні» їх поверхні. Для більш світлих бетонів з жовтим пігментом рівень жовтого кольору під сонцем зберігається краще, ніж рівень червоного кольору у початково темніших бетонах з червоним пігментом.

1. Кровяков С.О. Наукові та практичні основи підвищення довговічності модифікованих бетонів на легких заповнювачах для тонкостінних гідротехнічних споруд. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, 2018, №73, С.73-80.
2. Liu G., Li H. Offshore platform integration and floatover technology. Science press, Beijing, China, 2017. 280 p.
3. Мішутін А.В., Кровяков С.О. Досвід і перспективи застосування бетонів на легких заповнювачах для конструкцій тонкостінних гідротехнічних і транспортних споруд. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, 2016, №61. С.278-284.
4. Проектирование, технология и организация строительства композитных плавучих доков. А.С. Рашковский, Н.Г. Слуцкий, В.Н. Конов и др. Николаев: НУК, РАЛ-полиграция, 2008. 614 с.
5. Harmon K.S. Recent research projects to investigate mechanical properties of high-performance lightweight concrete. Theodore Bremner Symposium on High Performance Lightweight Concrete. Thessalonika, Greece: 2003. pp. 131-150.

6. Johnsen H., Helland S., Hemdal E. Construction of Stovset Free Cantilever Bridge and the Nordhordland Cable Stayer Bridge. Proceedings of International symposium on structural lightweight aggregate concrete. Sandefjord, 1995. pp. 373-379.
 7. Helland S., Aarstein R., Maage M. In-field performance of North Sea offshore platforms with regard to chloride resistance. Structural Concrete (J. of fib). 2010, Vol. 11, No.1. pp. 15-24.
 8. LaNier M.W., Wernli M., Easley R., Springston P.S. New technologies proven in precast concrete modular floating pier for US Navy. PCI journal, 2005, July-August, Vol.50. Iss. 4. pp. 76-99.
 9. Mindess S. Developments in the formulation and reinforcement of concrete. Woodhead publishing, 2019. 442 p.
 10. Мишутин А.В., Мишутин Н.В. Повышение долговечности бетонов морских железобетонных плавучих и стационарных сооружений. Одесса: Эвен, 2011. 292 с.
 11. Петричко С.Н., Мишутин А.В. Состав и свойства декоративных судостроительных бетонов. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, 2012, №48, частина 2, С. 37-42.
 12. Huber J. Decorative Concrete. Menlo Park, Calif.: Sunset Pub. Co., 2007. 192 p.
 13. Ицкович С.М., Чумаков Л.Д., Баженов Ю.М. Технология заполнителей бетона. М.: Высшая школа, 1991. 272 с.
 14. Лейдерман Л.П. Свойства декоративных бетонов с использованием железоокисных пигментов Челябинского завода ЖБИ №1. Автореф. дис. канд. тех. наук 05.23.05. Челябинск, 2003. 19 с.
 15. Кровяков С.О., Петричко С.М., Дудник Л.В., Ткаченко Г.Г. Декоративный конструкционный керамзитобетон на обрешеченном цементно-суспензией гравии. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, 2017, №66, С.66-71.
-
1. Krovnyakov S.O. Naukovi ta praktychni osnovy pidvyshchennya dovhovichnosti modyfikovanykh betoniv na lehkykh zapovnyuvachakh dlya tonkostinnykh hidrotekhnichnykh sporud. Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury, 2018, №73, S.73-80.
 2. Liu G., Li H. Offshore platform integration and floatover technology. Science press, Beijing, China, 2017. 280 p.
 3. Mishutin A.V., Krovnyakov S.O. Dosvid i perspektyvy zastosuvannya betoniv na lehkykh zapovnyuvachakh dlya konstruktsiy tonkostinnykh hidrotekhnichnykh i transportnykh sporud. Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury, 2016, №61. S.278-284.
 4. Proektirovanie, tekhnologiya i organizatsiya stroitelstva kompozitnykh plavuchikh dokov. A.S. Rashkovskiy, N.G. Slutskiy, V.N. Konov i dr. Nikolayev: NUK, RAL-poligratsiya, 2008. 614 s.
 5. Harmon K.S. Recent research projects to investigate mechanical properties of high-performance lightweight concrete. Theodore Bremner Symposium on High Performance Lightweight Concrete. Thessalonika, Greece: 2003. pp. 131-150.
 6. Johnsen H., Helland S., Hemdal E. Construction of Stovset Free Cantilever Bridge and the Nordhordland Cable Stayer Bridge. Proceedings of International symposium on structural lightweight aggregate concrete. Sandefjord, 1995. pp. 373-379.
 7. Helland S., Aarstein R., Maage M. In-field performance of North Sea offshore platforms with regard to chloride resistance. Structural Concrete (J. of fib). 2010, Vol. 11, No.1. pp.15-24.

8. LaNier M.W., Wernli M., Easley R., Springston P.S. New technologies proven in precast concrete modular floating pier for US Navy. PCI journal, 2005, July-August, Vol.50.Iss. 4. pp. 76-99.
9. Mindess S. Developments in the formulation and reinforcement of concrete. Woodheadpublishing, 2019. 442 p.
10. Mishutin A.V., Mishutin N.V. Povyshenie dolgovechnosti betonov morskikh zhelezobetonnykh plavuchikh i statsionarnykh sooruzheniy. Odessa: Even, 2011. 292 s.
11. Petrychko S.N., Mishutin A.V. Sostav i svoystva dekoratyvnykh sudostroytelnykh betonov. Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury, 2012, №48, chastyna 2, S. 37-42.
12. HuberJ. Decorative Concrete. Menlo Park, Calif.: Sunset Pub. Co., 2007.192 p.
13. Itskovich S.M., Chumakov L.D., Bazhenov YU.M. Tekhnologiya zapolniteley betona. M.: Vysshaya shkola, 1991. 272 s.
14. Leyderman L.P. Svoystva dekorativnykh betonov s ispolzovaniyem zhelezookisnykh pigmentov Chelyabinskogo zavoda ZHBI №1. Avtoref. dis. kand. tekh. nauk 05.23.05. Chelyabinsk, 2003. 19 s.
15. Krovyakov S.O., Petrychko S.M., Dudnyk L.V., Tkachenko H.H. Dekorativnyy konstruktsiyyny keramzytobeton na obroblenom tsementnoyu suspenziyeyu hraviyi. Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury, 2017, №66, S.66-71.