

4. Сертифікація «зеленого» будівництва по стандарту BREEAM [Електронний ресурс] // Сайт компанії Management, Consulting and Legal – Режим доступу до ресурсу: <http://www.mcl.kiev.ua/en/services/#service-1>

5. LEED Interior Design and Construction credits, prerequisites and points. [Електронний ресурс] // U.S. Green Building Council – Режим доступу до ресурсу: <http://www.usgbc.org/articles/leed-idc-credits-and-points>

6. «Зелене будівництво» та сертифікат LEED [Електронний ресурс] // Сайт Екологія та соціальний захист – Режим доступу до ресурсу: <http://www.esz.org.ua/?p=10096>

7. Стандарт организации «Зеленое строительство». Здания жилые и общественные. Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания. СТО НОСТРОЙ 2.35.4 – Москва. – 2011. – 57с.

8. To accelerate Energy Efficiency in Poland's Building Market [Електронний ресурс] // World business Council for Sustainable Development – Режим доступу до ресурсу: <http://www.wbcsd.org/home.aspx>.

#### АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрен зарубежный опыт сертификации в области «зеленого» строительства, выделены главные преимущества наиболее известных в мире «зеленых» стандартов. Проведен анализ критериев рейтинговой оценки объектов, подлежащих сертификации. Определена необходимость введения официальной методологии сертификации зданий и сооружений по «зеленым» стандартам в Украине.

**Ключевые слова:** зеленые стандарты, энергетическая эффективность, зеленое строительство.

#### ANNOTATION

The work presents foreign experience of certification in the field of "green building". The main advantage of the most famous of «green» standards in the world is analyzed. The main criteria rating of facilities subject to certification is defined. Also the necessity of introduction of official methodology for the certification of buildings according to "green" standards in Ukraine is investigated.

**Keywords:** green standards, energy efficiency, green building.

#### УДК 666.972.12

**Толмачов С.М., д.т.н., проф., ХНАДУ, м. Харків**

**Бєліченко О.А., к.т.н, с.н.с., ХНАДУ, м. Харків**

**Захаров Д.С., асп., ХНАДУ, м. Харків**

**Чорногал Р.Ю., студ., ХНАДУ, м. Харків**

#### ВПЛИВ ЛЕЩАДНИХ ЧАСТИНОК НА МІЦНІСТЬ ПРИ ЗГІНІ ДОРОЖНІХ ЦЕМЕНТНИХ БЕТОНІВ

У статті розглянуто вплив кількості лещадних частинок в щебені на властивості дорожніх цементних бетонів. Показано, що при збільшенні кількості лещадних частинок в щебені до 15 % спостерігається незначне зниження міцності бетонів при стисканні. Проведено оптико-мікроскопічні дослідження структури бетону з різною кількістю лещадних частинок у щебені. Показано, що структура бетону з 5 % лещадних частинок має більш щільну зону контакту та меншу пористість у порівнянні зі структурою бетону, який містить 15 % і 25 % лещадних частинок у щебені.

**Ключові слова:** дорожній цементний бетон, міцність, структура бетону, лещадні частинки, водопоглинання бетону, коефіцієнт дефектності структури.

**Актуальність.** Основною причиною руйнування дорожніх цементних бетонів при дії різних агресивних чинників є їх низька міцність на розтяг. Руйнування, викликані статичними і динамічними навантаженнями, тиском води або льодом, що кристалізується, осмосом або дифузєю, зносом покриття, міграційними явищами, термічними явищами та ін. – всі вони обумовлені виникненням значних розтягуючих напруг, що призводять до утворення тріщин і подальшого руйнування бетону. На сьогодні дослідження, пов'язані з цілеспрямованим підвищенням міцності на розтяг, а точніше, розтяг при згині, уривчасті. Відсутнє систематичне дослідження причин низької міцності на розтяг, не виділені фактори, які можуть впливати на цей показник. Не виявлені основні фактори, що впливають на

міцність бетонів при згині. Це призвело до того, що у вітчизняній літературі не відображені способи підвищення міцності дорожніх бетонів на розтяг при згині.

Тому **актуальними** є дослідження, спрямовані на аналіз факторів, що впливають на підвищення міцності бетонів при згині, оцінку причин зниження цього показника і розробку способів його підвищення.

**Стан питання.** У дослідженнях багатьох авторів показано, що покращувати якість структури бетону, а, значить, підвищувати міцність і інші його характеристики можна за рахунок регулювання характеристик порової структури [1-5]. В першу чергу це стосується відкритої і капілярної пористості. Як показав І.М. Грушко, регулюючи цей вид пористості можна отримувати бетони не тільки високої щільності, водонепроникності, зносостійкості, а й високої міцності на розтяг. Основним при цьому вважається застосування якісних заповнювачів.

В.П. Сичов відзначав, що підвищення морозостійкості бетону залежить від якості щебеню і його кількості в складі бетонної суміші. Обов'язковою умовою цього є зменшення крупності зерен щебеню (крупність щебеню не повинна перевищувати 20 мм) і збільшення міцності його зчеплення з розчином, тобто поліпшення якості (міцності) зони контакту. Необхідність поліпшення якості зони контакту також зазначалася в дослідженнях О.Г. Ольгінського [6].

Необхідність поліпшення якості крупних заповнювачів, що застосовуються, зазначалося в роботах Б.Н. Віноградова [7], С.С. Гордона [8], С.М. Іцковича [9]. У цих та інших роботах під якістю щебеню розумівся ряд фізико-механічних показників, однак, впливу зерен голчастої (лещадної) форми не було приділено належної уваги.

Якщо виходити з припущення про те, що поліпшення властивостей бетону, в тому числі підвищення його міцності при згині, залежить також від підвищення щільності упаковки наповнювачів [10], то особливу роль набуває форма частинок. У цьому випадку очевидно, що наявність у

щебені зерен голчастої (лещадної) форми буде призводити до зміни щільності упаковки. Не менш важливим стає облік тих особливостей, які притаманні лещадним частинкам. До них відноситься, наприклад, здатність зерен голчастої (лещадної) форми розташовуватися в бетоні, як балка на двох опорах (при тому, що вона спирається на дві сусідні частинки).

По-перше, в разі застосування зовнішнього навантаження посередині прольоту, що утворився, таке розташування зерен голчастої (лещадної) форми призведе до їх руйнування. При цьому оголюються нові поверхні частинок щебеню, не покриті цементним тістом, що призведе до виникнення вогнищ руйнування саме в цих місцях. По-друге, при такому розташуванні зерен голчастої (лещадної) форми під ними можуть утворюватися повітряні порожнини. Вони також будуть небезпечними зонами, в яких, при попаданні в них води або розчинів солей, може виникати небезпека морозного або корозійного руйнування. Важливо й те, що будь-які порожнечі знижують щільність і міцність бетону. Особливо це стосується зони контакту «затверділе цементне тісто - заповнювач», яка визначає міцність при згині. Іншими словами, наявність лещадних частинок в будь-якій кількості повинна призводити до погіршення міцності бетону на розтяг при згині. Але, з іншого боку, лещадні частки можуть грати і позитивну роль, якщо розглядати їх як армуючі елементи структури.

Нормативні документи України визначають вміст лещадних частинок в бетонах для верхніх шарів покриттів - не більше 25 %, для нижніх шарів - не більше 35 %. Вважається, що більша їх кількість призводить до різкого погіршення показників бетонів. Однак, дані щодо впливу лещадних частинок в зазначеному кількісному інтервалі на міцність бетону при згині відсутні. Слід врахувати, що вміст лещадних частинок в Європейських нормативах не вказано, оскільки там апіорі вважається, що каменедробильні заводи виробляють щебін з вмістом таких

частинок не більше 5 %.

З огляду на вищевикладене, представляє інтерес оцінити характер впливу лещадних частинок, в першу чергу, на міцність бетонів при їх вмісті від 5 до 25 %. Тому **метою цієї роботи** є дослідження впливу зерен голчастої (лещадної) форми на міцність бетонів при стиску та згині.

**Матеріали.** У дослідженнях застосовували портландцемент Івано-Франківського заводу ПЦ І – 500 Н, щебінь гранітний фракції 5-10 мм Кіровоградського кар'єру, пісок кварцовий з  $M_{кр} = 1,3$ . Хімічні та мінеральні добавки до складу бетону не вводили. Для контрольного складу використовували щебінь, що містить 5 % лещадних частинок. У склади бетону, що досліджували в щебінь, який не містить лещадних частинок, додавали необхідну їх кількість. Бетони з різною кількістю лещадних частинок тверділи в нормальних умовах протягом 28 діб, після чого зразки випробовували на стиск і розтяг при згині. Виготовляли зразки-балочки розміром 4x4x16 см, а також зразки-куби розміром 7x7x7 см.

**Експериментальні дослідження.** Дослідження показали (рис. 1), що міцність

при стиску зразків-балочок незначно знижується (на 5 %), в подальшому при збільшенні вмісту лещадних частинок в щебені від 5 до 15 % міцність не змінюється. Аналогічні дані отримані при випробуванні на стиск зразків-кубів (рис. 2). Незначне (до 6 %) зниження міцності спостерігається у зразків бетону, в яких вміст лещадних частинок становить 15 і 24 %. Можливо, це обумовлено деяким розуцільненням макроструктури бетону при збільшенні кількості лещадних частинок. Однак, на щільності зразків бетону це не відбивається.

Дослідження впливу лещадних частинок на міцність бетону при згині показали, що зі збільшенням їх кількості у щебені відбувається зниження цього показника (рис. 3). В даному випадку залежність також криволінійна, однак при збільшенні кількості зерен голчастої (лещадної) форми до 15 % міцність при згині знижується на 14 %, а при вмісті таких частинок 24 % – на 20 %. Таке значне зниження міцності при згині може свідчити не тільки про розуцільнення структури бетону, але і про погіршення якості зони контакту «цементний розчин - щебінь».

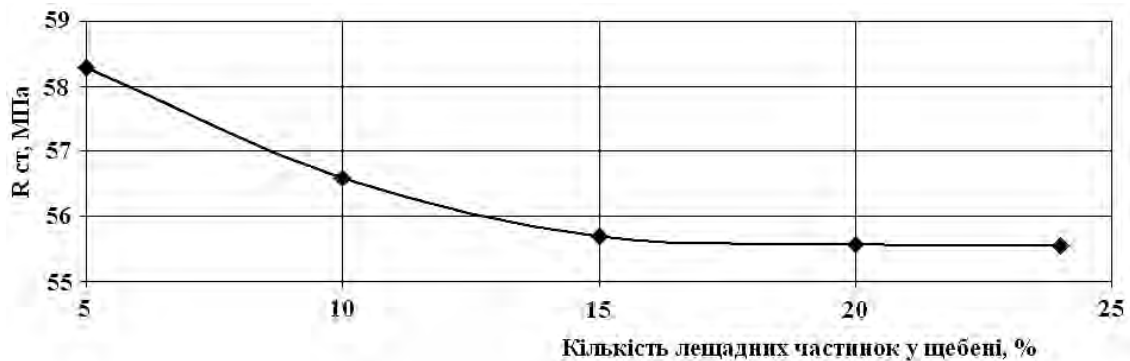


Рис. 1. Міцність при стиску зразків-балочок з різним вмістом лещадних частинок

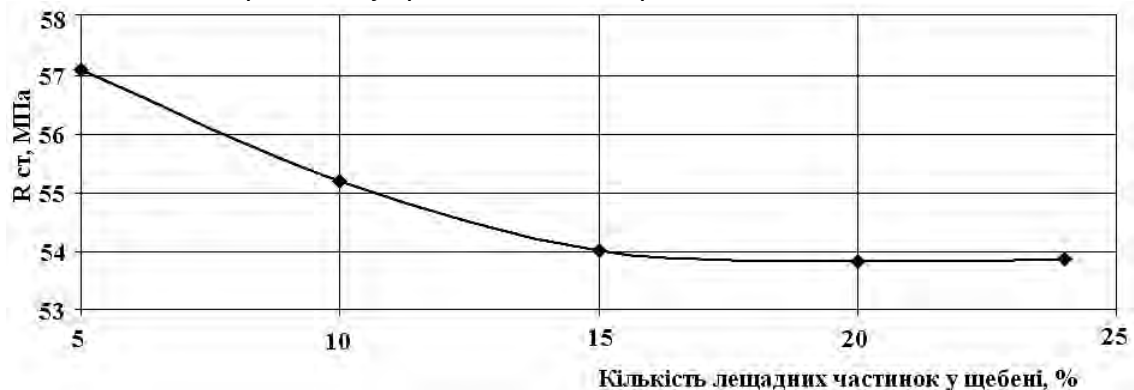


Рис. 2. Міцність при стиску зразків-кубів з різним вмістом лещадних частинок

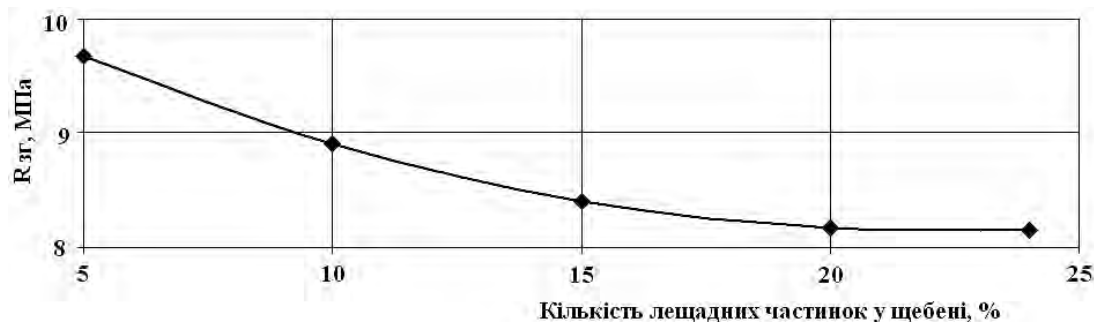


Рис. 3. Міцність при згині зразків-балочок з різним вмістом лещадних частинок

Дослідження водопоглинання бетонів показали, що для зразків з різним вмістом зерен голчастої (лещадної) форми ці показники приблизно однакові (табл. 1). Це свідчить про те, що відкрита пористість бетонів в діапазоні вмісту лещадних частинок 5...24 % практично не змінюється.

**Таблиця 1**

Водопоглинання бетону з різним вмістом зерен голчастої (лещадної) форми

Зразки	Водопоглинання бетону, W, %, при різному вмісті лещадних частинок		
	при 5 % лещадних частинок	при 15 % лещадних частинок	при 24 % лещадних частинок
кубики	1,76	1,71	1,74
балочки	2,00	1,98	2,10

Для оцінки впливу активності і марки цементу на другому етапі досліджень використовували цемент іншого типу і

меншої активності. Застосовували цемент - ПЦ І А / Ш - 400 Балаклійського заводу. Щебінь і пісок в цих дослідженнях залишалися ті ж самі.

Експеримент показав, що для зразків-кубів зниження міцності бетону при стиску більш істотніше, ніж в першому випадку (рис. 4). При збільшенні кількості лещадних частинок з 5 % до 15 % міцність при стиску у віці 28 днів знижується на 13 %. При подальшому збільшенні лещадних частинок міцність, також, як і в першому випадку, не змінюється. Такий характер зниження міцності спостерігається і в віці 7 днів.

Ще більше зменшення міцності при стиску можна спостерігати для зразків-балочок (рис. 5). Для них зниження міцності при збільшенні кількості лещадних частинок з 5 % до 15 % становить 20 %. Надалі зміни цього показника також не відбувається.

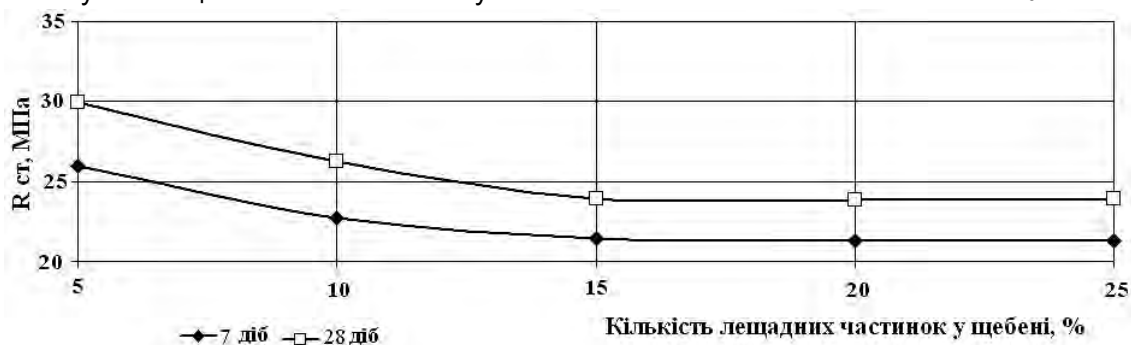


Рис. 4. Міцність зразків-кубів при стиску з різним вмістом лещадних частинок

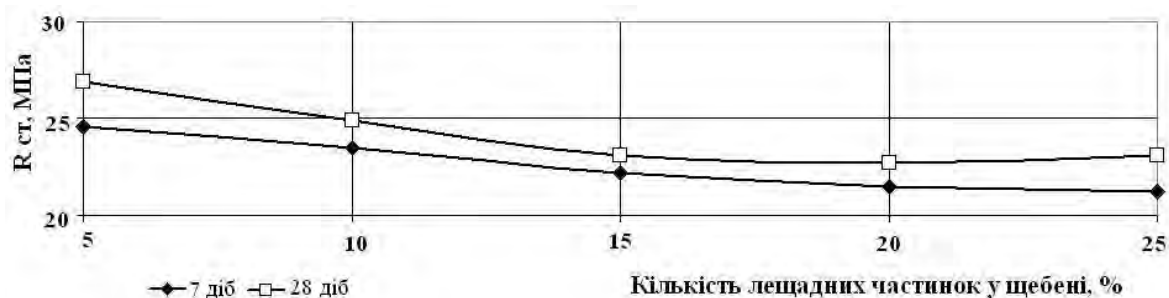


Рис. 5. Міцність зразків-балочок при стиску з різним вмістом лещадних частинок

Аналогічні дані отримані для міцності бетонів при згині (рис. 6). Зміна кількості лещадних частинок з 5 % до 15 % призводить до зниження міцності бетонів на 20 %.

Посередньо оцінити якість структури можна за зміною коефіцієнта дефектності структури, запропонованого І.М. Грушко, який є відношенням міцності бетону при стиску до міцності бетону на розтяг при згині:  $K_{\text{деф}} = R_{\text{ст}}/R_{\text{зг}}$ . Чим менше буде цей показник, тим більш однорідна структура бетону.

Аналіз коефіцієнта дефектності структури показав, що найменше його значення, як у віці 7 діб, так і в марочному віці відповідає бетонам з вмістом лещадних частинок 5 % (табл. 2).

**Таблиця 2**

*Коефіцієнт дефектності структури бетонів з різним вмістом лещадних частинок*

Кількість лещадних частинок, %	Коефіцієнт дефектності структури бетонів, $K_{\text{деф}}$ , у віці, діб	
	7	28
5	5,57	7,73
15	5,77	5,88
25	5,65	5,88

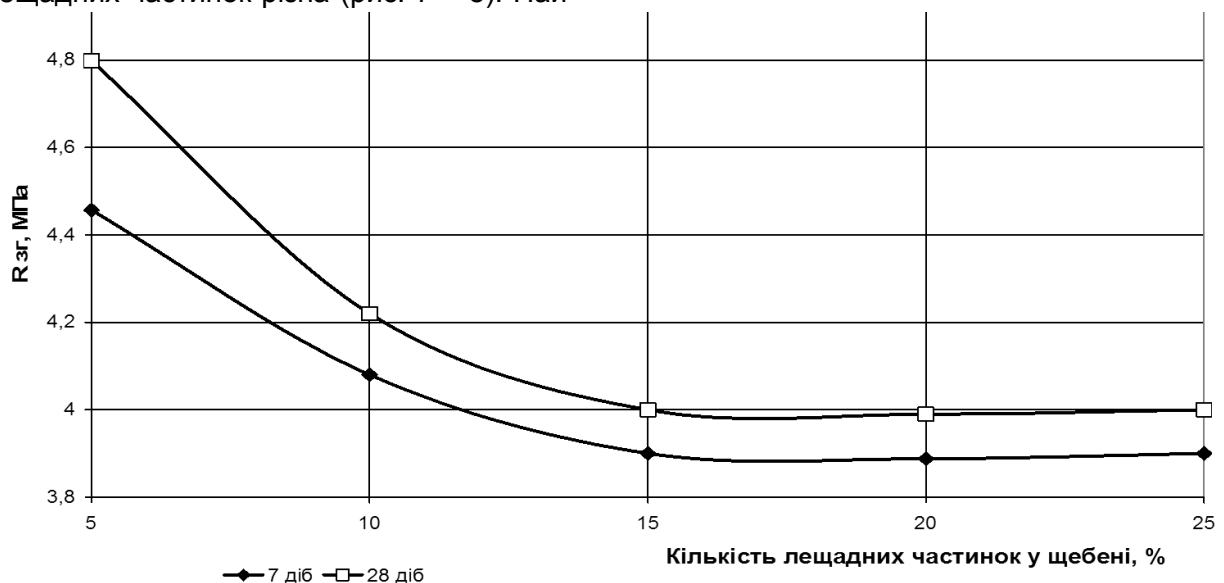
Цікаво, що зі збільшенням віку зразків  $K_{\text{деф}}$  зростає, тобто міцність бетону при стиску збільшується в більшому ступені, ніж міцність при згині. Це може свідчити про те, що бетони з віком краще сприймають стискаючи напруги, ніж розтягуючи.

Проведені нами оптико-мікроскопічні дослідження показали, що мезоструктура розчинної частини бетонів з різним вмістом лещадних частинок різна (рис. 7 – 8). Най-

більш щільною, з відсутністю макродефектів, є структура бетонів, що містять 5 % лещадних зерен (рис. 7, а). У ній переважають пори і порожнечі різного діаметру, але не перевищують  $10^{-4}$  м. Зі збільшенням вмісту лещадних частинок до 15 % кількість пор і пустот зростає, з'являються дефекти розміром до  $5 \cdot 10^{-4}$  м. Збільшується середній радіус пор (рис. 7, б). Ще більш крихкою є мезоструктура бетону, в якому міститься 25 % лещадних частинок (рис. 8). На сколах зразків-кубів і зразків-балочок можна спостерігати дефекти розміром більше  $10^{-3}$  м, що особливо видно на фото зразка балочки (рис. 8, б). Кількість пор і пустот також збільшено у порівнянні із зразками, в яких міститься 5 % лещадних частинок (рис. 8, а). Однак, за винятком великих порожнеч, загальна і середня пористість цих зразків порівнянна з пористістю зразків з 15 % лещадних частинок.

Аналіз макроструктури бетонів показав, що зона контакту «лещадна частинка-розчин» в зразках з 5 % лещадних зерен найбільш щільна (рис. 9, а).

Пористість розчинної частини незначна. Під лещадною частинкою відсутні порожнечі і порожнини. У той же час в зразку з 15 % лещадних частинок розчинна частина більш рихла, є несплошності в зоні контакту «лещадна частинка-розчин», у розчинній частині можна бачити порожнечі (рис. 9, б).



**Рис. 6.** Міцність зразків-балочок при згині з різним вмістом лещадних частинок

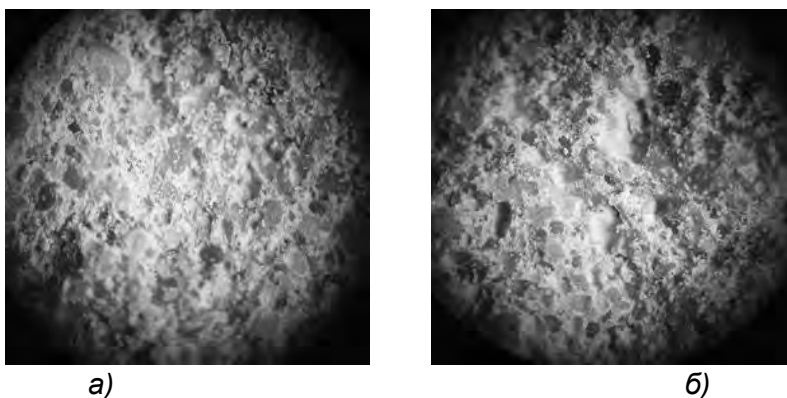


Рис. 7. Структура розчинної частини бетону з різною кількістю лещадних частинок:  
а) з 5 % лещадних частинок; б) з 15 % лещадних частинок

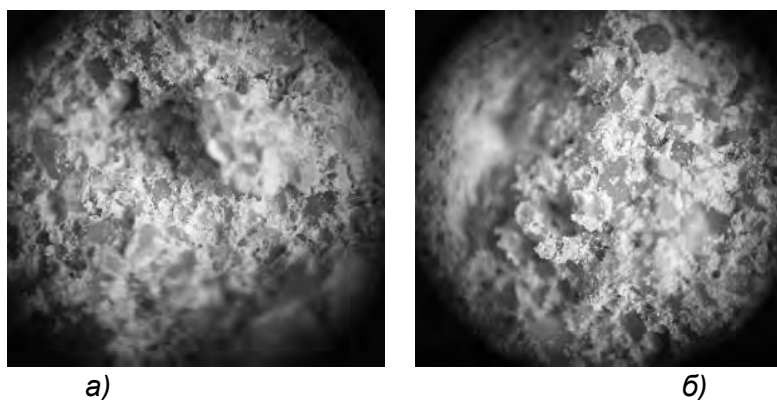


Рис. 8. Структура розчинної частини бетону з 25 % лещадних частинок:  
а) зразок-куб; б) зразок-балочка

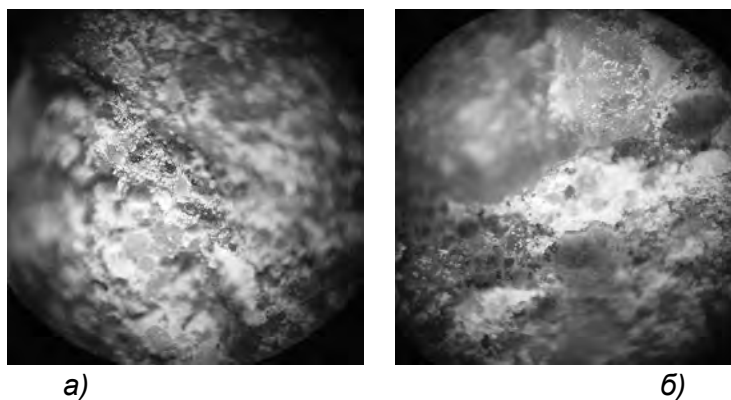


Рис. 9. Структура зразків-кубів бетону з різним вмістом лещадних частинок:  
а) з 5 % лещадних частинок; б) з 15 % лещадних частинок

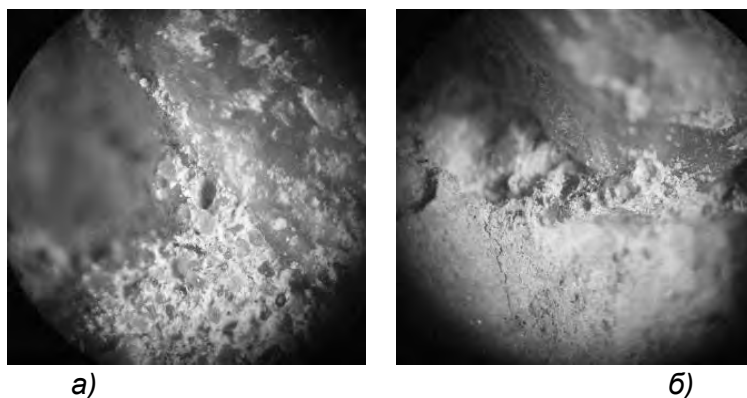


Рис. 10. Структура зразків бетону з 25 % лещадних частинок:  
а) зразок-куб; б) зразок-балочка

Найбільшою мірою пошкодженою є макроструктура зразків бетону, що містять 25 % лещадних частинок (рис. 10). Очевидно, що і в зразках-кубах і в зразках-балочках зона контакту «лещадна частинка-розчин» порушена практично наполовину. В самій зоні контакту є пори розміром до  $10^{-4}$  м. У той же час, мезоструктура бетону під зоною контакту досить щільна і порівняна зі структурою зразків бетонів з 5 % лещадних частинок.

#### Висновки.

1. Встановлено, що при збільшенні кількості лещадних частинок в щебені з 5 до 15 % відбувається зниження міцності бетонів при стиску. При цьому для високомарочних цементів це зниження не перевищує 6 %, а з пониженням активності цементів різниця в міцності бетонів з різною кількістю лещадних частинок зростає до 20 %. Подальше збільшення кількості лещадних частинок в щебені до 25 % не впливає на міцність бетонів при стиску.

2. Показано, що збільшення вмісту лещадних частинок з 5 % до 15 % і, далі, 25 % призводить до зниження міцності бетонів при стиску на 20 % незалежно від активності цементу.

3. Встановлено, що структура бетонів з 5 % лещадних частинок відрізняється мінімальним коефіцієнтом дефектності (по І.М. Грушко), має більш щільну зону контакту, меншу загальну і диференціальну пористість в порівнянні зі структурою бетонів, що містять 15 % і 25 % лещадних частинок в щебені.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Usharov-Marshak A.V. DSK investigation and analysis of ice formation in capillary-porous materials / A.V. Usharov-Marshak, V.P. Sopov, O.A. Zlatkovski // Proc. ESTAC-7. - Balatonfurd. Hungary. - 1998. - P. 158.
2. Грушко І.М. Довговічність бетону при спільній дії середовища та механічного

навантаження / І.М. Грушко, Е.Б. Кирєєва // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 1978. – № 23. - С. 64 – 68.

3. Грушко І.М. Прочність бетонів на растяжение / І.М. Грушко, А.Г. Ильин, С.Т. Рашевский. - Х.: изд-во ХГУ, 1973. - 156 с.

4. Мощанский Н.А. Плотность и стойкость бетонів / Н.А. Мощанский. - М.: Госстройиздат, 1951. – 210 с.

5. Сычов В.П. Исследование морозостойкости цементобетона применительно к суровым климатическим условиям Якутии: дисс. канд. техн. наук: 05.23.05 / Сычов Виктор Петрович. – Харьков, 1977. – 189 с.

6. Ольгинский А.Г. Оценка и регулирование структуры зоны контакта цементного камня с минералами заполнителя: автореф. дисс. на соиск. ученой степени доктора техн. наук: спец. 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» / Александр Георгиевич Ольгинский. – Харьков, 1994. – 398 с.

7. Виноградов Б.Н. Влияние заполнителей на свойства бетона / Б.Н. Виноградов. – М.: Стройиздат, 1979. – 224 с.

8. Гордон С.С. Структура и свойства тяжелых бетонів на различных заполнителях / С.С. Гордон. – М.: Стройиздат, 1969. – 151 с.

9. Ицкович С.М. Заполнители для бетона / С.М. Ицкович. – Минск: Высш. школа, 1983. – 214 с.

10. Толмачев С.Н. Некоторые особенности подбора состава бетонів по методу прерывистой гранулометрии / [С.Н. Толмачев, И.Г. Кондратьева, Ю.А. Костенко и др.] // Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель і споруд: матеріали міжнародної конференції, Харків, ХДТУБА / Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА. – 2003. – № 23. – С. 251 – 254.

## АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрено влияния количества лежачих частиц в щебне на свойства дорожных цементных бетонов. Показано, что при увеличении количества лежачих частиц в щебне до 15 % наблюдается незначительное снижение прочности бетонов при сжатии. Проведены оптико-микроскопические исследования структуры бетона с разным количеством лежачих частиц в щебне. Показано, что структура бетона с 5 % лежачих частиц имеет более плотную зону контакта и меньшую пористость по сравнению со структурой бетона, который содержит 15 % и 25 % лежачих частиц в щебне.

**Ключевые слова:** дорожный цементный бетон, прочность, структура бетона, лежачие частицы, водопоглощение бетона, коэффициент дефектности структуры

## ANNOTATION

The article discusses the influence of the number of bream particles in gravel on the properties of road cement concretes. It is shown that when the amount of bream particles in the gravel is increased to 15 %, a slight decrease in the strength of concrete during compression is observed. Optical-microscopic studies of the structure of concrete with a different number of bream particles in the gravel have been carried out. It is shown that the structure of concrete with 5 % bush particles has a denser contact zone and a lower porosity than the concrete structure, which contains 15 % and 25 % of the crustal particles in the crushed stone.

**Keywords:** road cement concrete, strength, concrete structure, flaky particles, water absorption of concrete, structural defect factor

## УДК 628.511

**Довгалюк В.Б., к.т.н., проф., КНУБА, м. Київ**

**Пефтьєва І.О., асп., КНУБА, м. Київ**

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УЛОВЛЕННЯ РІДИННО-ПИЛОВИХ УТВОРЕНЬ З ГАЗОВОГО ПОТОКУ СКРУБЕРАМИ ВЕНТУРІ

Ступінь очищення газів від пилу залежить не тільки від уловлювання пилюнок краплями в трубі Вентурі, а й від ефективності сепарації рідинно-пилових утворень з газового потоку. Для сепарації крапель застосовують різні, як за принципом дії, так і по конструкції краплєвловлювачі. Їх ефективність може бути визначена з використанням ймовірного методу моделювання. Процес краплєвловлення розділяється на елементарні події, описується відомими фізичними закономірностями та входить у загальну формулу ефективності пилоочищення газів в скруберах Вентурі.

**Ключові слова:** очистка газів, скрубер Вентурі, крапля, пилюнка, газорідинний потік, краплєвловлювач, ефективність пиловловлення.

**Вступ.** Для очищення газів, що відходять від пилу в металургії, теплоенергетиці, хімії та інших галузях набули широкого поширення і підтвердили високу ефективність скруберні установки мокрого очищення з трубами Вентурі. Процес пиловловлювання в них заснований на поглинанні пилюнок краплями розпорошеної рідини і утворенні більших за розміром і масою конгломератів. Уловлювання нових утворень «крапля-пилюнка» і, можливо вільних крапель та пилюнок, що не зустрілися після їх виходу з труби Вентурі є обов'язковою умовою завершення процесу пилоочищення. На якісні та економічні показники процесу впливає не тільки ефективна робота труби Вентурі, але й робота краплєвловлювача. Від його ефективності залежить загальний ступінь очищення в скруберах Вентурі, який