

УДК 693.1

М.О.КОЧЕВИХ, Г.Р.БЛАЖИС, О.А.ГОНЧАР, Д.О.ВЯЛІН
Київський національний університет будівництва і архітектури

ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ ФАКТУРНИХ БЕТОННИХ ВИРОБІВ ДЛЯ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Розглянуто особливості отримання декоративних бетонних виробів скельної фактури для огороджувальних конструкцій при застосуванні спліттерної установки розколювання. Це може бути досягнуто шляхом отримання штучного каменю з високими фізико-механічними властивостями (міцність при стиску не менше 25 МПа) і достатньою однорідністю, що забезпечує крихкий характер руйнування при розколюванні виробу і отримання необхідного рельєфу поверхні, який характеризується висотою більше 2 мм. Певна міцність, морозостійкість та довговічність фактурних виробів досягається застосуванням технології вібропресування жорстких бетонних сумішей, ретельним підбором складу бетону із застосуванням модифікуючих добавок, в тому числі комплексу, що містить пластифікатор та наповнювач у вигляді мікродоломіту. Введення доломітового заповнювача та мікродоломіту надає можливість також отримати вироби з певною світлотою тону без використання білого цементу. Стінові бетонні вироби скельної фактури, що нагадує природний камінь, отримані за наведеною технологією, характеризуються певною довговічністю, тому їх доцільно застосовувати для оздоблення фасадів, влаштування парканів, колон та інших конструкційно-архітектурних елементів будівель і споруд.

Ключові слова: вібропресований бетон, декоративні стінові бетонні вироби, міцність, фактура, доломітовий заповнювач, мікродоломіт.

М.А.КОЧЕВЫХ, А.Р.БЛАЖИС, О.А.ГОНЧАР, Д.А.ВЯЛИН
Киевский национальный университет строительства и архитектуры

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ФАКТУРНЫХ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Рассмотрены особенности получения декоративных бетонных изделий скальной фактуры для ограждающих конструкций при применении сплиттерной установки раскалывания. Это может быть достигнуто путем получения искусственного камня с высокими физико-механическими свойствами (прочность при сжатии не менее 25 МПа) и достаточной однородностью, которая обеспечивает хрупкий характер разрушения при раскалывании изделия и получения необходимого рельефа поверхности, который характеризуется высотой больше 2 мм. Достаточная прочность, морозостойкость и долговечность фактурных изделий достигается применением технологии вибропрессования жестких бетонных смесей, тщательным подбором состава бетона с применением модифицирующих добавок, в том числе комплекса, содержащего пластификатор и наполнитель в виде микродоломита. Введение доломитового заполнителя и микродоломита позволяет также получить изделия с определенной светлотой тона без использования белого цемента. Стеновые бетонные изделия скальной фактуры, которая напоминает природный камень, полученные по приведенной технологии, характеризуются достаточной долговечностью, потому их целесообразно применять для облицовки фасадов, устройства заборов, колонн и других конструкционно-архитектурных элементов зданий и сооружений.

Ключевые слова: вибропрессованный бетон, декоративные стеновые бетонные изделия, прочность, фактура, доломитовый заполнитель, микродоломит.

М.КОЧЕВУКН, Н.БЛАЗХИС, О.ГОНЧАР, Д.ВЯЛИН
Kyiv National University of Construction and Architecture

FEATURES OF TEXTURE CONCRETE PRODUCTS RECEIPT FOR NON-LOAD-BEARING CONSTRUCTIONS

Features obtain decorative rock texture concrete products for walling in the application settings splitter cracking. This can be achieved by obtaining artificial stone with high physical and mechanical properties (compressive strength at least 25 MPa) and sufficient uniformity, providing a fragile fracture splitting at the product and the required topography, characterized by a height greater than 2 mm. A certain strength, frost-resistance and durability of textural products is achieved by using technology vibropressing hard concrete, careful selection of concrete using modifiers, including the complex containing the plasticizer and

mikrodolomite filler. Introduction dolomite aggregate and mikrodolomite provides also get products from certain lightness of tone without the use of white cement. Wall concrete products rock texture that resembles natural stone, obtained by the above technology characterized by sufficient durability, so they are useful for facades, , installation of fences, columns and other structural and architectural elements of buildings and structures.

Keywords: vibropressed concrete, decorative wall concrete, strength, texture, dolomite aggregate, mikrodolomite.

Постановка проблеми

Архітектурна виразність сучасного міста значною мірою визначається формою і кольоровою гамою будівель і споруд, характером ландшафтного дизайну – екстер'єром вулиць й майданів, парків, скверів, присадибних територій. Важливим компонентом створення архітектурного середовища є елементи ландшафтного дизайну – паркани, огорожі, фасади будівель, сходи і сходові майданчики, а також малі архітектурні форми. Різноманіття сучасного дизайну міста, а також довговічність і надійність елементів архітектурного середовища суттєво залежать від виду використаних будівельних матеріалів та виробів, які в свою чергу, можуть бути отримані за допомогою ресурсозберігаючих технологій.

Актуальність досліджень зумовлена зростаючою потребою у сучасних якісних матеріалах для огорожувальних конструкцій, які сприяють створенню комфортних та безпечних умов існування людини. Часто для отримання довговічних огорожувальних конструкцій, які характеризуються додатково й декоративними властивостями, застосовують природні кам'яні матеріали, що вимагає вирішення низки екологічних і економічних питань. Вирішення таких завдань є можливим за рахунок застосування бетонних елементів у вигляді лицьових блоків, каменів та цегли для зведення парканів та влаштування фасадів будівель, які виконують одночасно конструкційну та облицювальну функції, і при забезпеченні достатньої надійності та довговічності не потребують декоративного штукатурення і додаткового догляду. Тому до виробів такого призначення висувають вимоги не тільки щодо функціональності, але й певних естетичних властивостей.

Завданням досліджень є аналіз останніх досліджень та вивчення можливості отримання лицьових бетонних виробів для огорожувальних конструкцій скельної фактури з необхідними фізико-механічними властивостями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Отримання певної декоративної виразності бетонних виробів для огорожувальних конструкцій можна досягти шляхом надання ним різноманітних форм, кольорів і фактур. Надання характерної фактури бетонних виробів, в тому числі такої, що нагадує природний камінь, здійснюється за допомогою наступних методів [1]: розколювання (за допомогою спліттерної установки); дробострумінна обробка (після дозрівання піщано-цементних виробів протягом доби їх поверхня відбивається дробом, відкриваючи колір та фактуру гранітного дрібного щебеню); фрезерування; ударно-молоткова обробка; відмивання і обробка бетонних виробів щітками безпосередньо після їх формування.

Сучасним методом отримання відкритої фактури бетонних виробів, що характеризується нерівномірною шорсткою поверхнею з глибиною рельєфу до 1 мм, є обробка сталевим дробом виробів після набору ними необхідної міцності. Зазвичай таку технологію застосовують для надання фактури тротуарним бетонним виробам, які характеризуються міцністю не менше 30 МПа.

Найбільш розповсюдженим способом отримання скельної фактури бетонних виробів з рельєфом висотою більше 2 мм є розколювання за допомогою спліттерного обладнання. Таким способом надають фактуру лицьовим бетонним стіновим виробам – блокам та фасадній цеглі. Саме на цей спосіб звертається увага у наведеній роботі.

Аналіз інформації щодо надання певного кольору та фактури лицьовим бетонним виробам свідчить про наступне. Так, за даними [2] для отримання бетонних виробів світлих тонів та більш яскравих кольорів до складу бетонної суміші можна використовувати не тільки білий цемент, але й карбонатний наповнювач та заповнювач. Так, додавання до складу бетону карбонатного наповнювача замість 10% портландцементу, а заміна гранітного піску фракції 2,5...5 мм (40%) доломітовим фракції 2,5...3 мм сприяє підвищенню міцності бетону на 6,5% без зменшення його водостійкості і морозостійкості.

Дослідження можливості заміни частини портландцементу мікрокальцитом МК100 із збереженням фізико-механічних властивостей бетону показали наступне [3]. Мікрокальцит характеризується середнім розміром частинок 100 мкм, є неактивним до дії води, внаслідок чого заміна частини портландцементу мікрокальцитом не призводить до зміни водопотреби бетонної суміші. Заміна портландцементу мікрокальцитом в кількості від 0 до 40% від маси цементу при визначенні міцності бетонів через 7, 14, 21 і 28 діб показала, що введення мікрокальцита МК100 в кількості 20% сприяє підвищенню міцності на всіх етапах твердіння. Введення 30% МК 100 дозволяє отримати марочну

міцність, що дорівнює міцності бетону на чистому портландцементі. Причому спостерігається покращення однорідності пор та зменшення їх розмірів.

Таким чином, введення карбонатного наповнювача до складу цементного бетону позитивно впливає на показники міцності і сприяє ущільненню і зменшенню пористості цементного каменю, підвищуючи фізико-механічні властивості бетону. При цьому підвищується міцність бетону при одночасному зниженні витрати портландцементу, що дозволяє вирішити питання ресурсозбереження та екологічного стану навколишнього середовища. Наповнювачі вводять також з метою коригування фракційного складу заповнювача, надання бетонним сумішам певної легкоукладальності, зниження деформацій усадки. Як наповнювачі також можна вводити мікродоломіт МД-100 (аналог МИДОЛ®) з розмірами частинок 100 мкм – це фракціонована марка дрібнодисперсного доломіту, який у сполученні з білим кольором і мінімальним рівнем жовтизни дозволяє економити білі пігменти та в'язучі речовини [4].

Дослідженнями [5] показана достатня міцність зчеплення цементного тіста з карбонатними породами, що пов'язане з тим, що з одного боку наповнювач підвищує щільність отриманого каменю, з іншого – утворюються гідрокарбоалюмінати кальцію або магнію, які є достатньо міцними і стійкими. Можна очікувати деякий негативний вплив карбонатних компонентів на довговічність і міцність бетонів внаслідок можливого протікання реакцій лужно-карбонатного розширення або утворення мінералу таумаситу, який приводить до корозії бетону. Але показано, що карбонатні породи, які можуть викликати небезпечне розширення, присутні у складі доломітових порід у відносно безпечному вигляді (з певними структурою і мінералогічним складом) і характеризуються наявністю дуже дрібних ромбовидних кристалів доломіту, які вкраплені в тонкозернисту матрицю з мікрокальциту (в більшій кількості) та глини (до 25%).

Розвитку же можливої лужно-карбонатної корозії реакції сприяє наявність у цементі лугів, кількість яких у складі цементу має обмежуватись 0,6%. Показано, що лужно-карбонатна корозія відноситься до лужно-кремневої, що реалізується при наявності приховано кристалічного кварцу, який міститься у карбонатній породі. Дедоломітизація, яка може протікати паралельно, не відноситься до реакцій, що приводять до розширення і тому суттєво не впливає на формування міцності матеріалу і характеру руйнування матеріалу, в тому числі при отриманні скельної фактури лицьової поверхні [6].

Таким чином, наведені дані підтверджують можливість застосування карбонатного заповнювача і наповнювача у складі вібропресованих бетонів з необхідними властивостями з можливістю економії портландцементу.

Відомо, що отримання якісної поверхні з колотою фактурою пов'язана з в першу чергу з отриманням бетону підвищеної міцності та однорідності. Бетон, який має достатню міцність, характеризується певною крихкістю і тільки в такому стані його можна піддавати розколюванню з отриманням якісної фактури і відсутністю браку. При розколюванні бетонного виробу спочатку створюється стискальні напруження у локальній зоні між верхнім і нижнім ножем установки, потім створюються розтягувальні напруження клином верхнього ножа. Теоретично розлом повинен проходити по концентрації напружень, тобто по площині, утвореній лініями двох ножів, але практично він йде по точках найменшого опору розтягувальним напруженням. Якщо бетон неоднорідний або не набрав необхідної міцності, то можливе руйнування виробу у непередбачених областях. Якщо бетон має низьку міцність, то між ножами створюється не площина концентрації напружень, а об'ємна область напружень. Це сприяє тому, що бетон почне розколюватись раніше, ніж почнеться приведення поверхні розколювання до площини. Таким чином, для правильного розколювання виробу і отримання гарної поверхні, потрібна в першу чергу однорідна структура матеріалу. Однорідність бетону визначається не тільки певним складом бетону, але й якісним перемішуванням бетонної суміші, що запобігає утворенню розколу бетонного каменю по концентрації напружень у точках найменшого опору зусиллю на розрив [7].

Новим напрямком робіт з виготовлення якісного забарвленого бетону є використання «преміксу» - заздалегідь виготовленої гомогенної суміші білого або сірого цементу та пігментів (від 1 до 3 кольорів), інколи – також вводять частину води для замішування та добавки. Для цього використовують ротаційно-пульсаційні змішувальні апарати, в яких суміш піддають динамічному впливу, що сприяє змішуванню диспергованих частинок і високій гомогенізації суміші [8]. Останнє може чинити вплив на отримання якісної колотої фактури бетону.

Викладення основного матеріалу дослідження

Для отримання декоративних бетонних виробів як вихідні компоненти зазвичай застосовують портландцемент ПЦІ-500, щебінь гранітний фракції 5...10 мм, відсів м'яких порід (вапняк, доломіт, мармур) та твердих порід (граніт, базальт), а також вторинні продукти (наприклад, золошлакова суміш, доменний гранульований шлак), воду, пігменти та добавки-модифікатори для покращення процесу ущільнення (пресування) та надання необхідних властивостей готовому продукту.

За нормативно-технічною документацією до лицьових (фактурних) бетонних виробів висувають наступні вимоги: міцність при стиску не менше 25 МПа, морозостійкість не менше F25, водопоглинання у межах 6...10%, рівномірність забарвлення і фактури поверхні серії виробів.

Для отримання бетонних виробів з необхідними властивостями в даних дослідженнях застосовували жорстку бетонну суміш (Ж1) наступного базового складу: Цемент : Пісок кварцовий : Відсів гранітний : Щебінь гранітний = 1:1,9:2,45:1,1 при В/Ц=0,34, вміст залізооксидного пігменту Bayferrox® 110 фірми LANXESS Deutschland GmbH - 3 %.

Для поліпшення властивостей бетонної суміші та вібропресованого бетону використовували комплексну добавку багатофункціонального призначення Murasan BWA 14 («МС-Bauchemia») в кількості 0,2...0,6 % від маси портландцементу. Введення такої добавки сприяє підвищенню зв'язності бетонної суміші, її формувальній здатності та здатності до ущільнення, зменшує налипання суміші на формувальні елементи під час пресування виробу та знижує внутрішнє тертя, що сприяє також і зменшенню зношування обладнання. При цьому також зменшуються витрати енергії на процес формування штучного каменю, прискорюється набір ним міцності особливо у ранні терміни, підвищується щільність та однорідність бетонних виробів, якість їх поверхні.

Показано, що використання вказаної добавки в кількості 0,4...0,6% від маси цементу дозволяє отримати кольорові бетони класу В25 з достатньою морозостійкістю (не менше 25 циклів) і певним водопоглинанням (менше 10%). Слід також відмітити можливість отримання бетону необхідної міцності без використання ТВО (тепло-вологої обробки) для прискорення набору міцності. Виключення з технологічного процесу етапу пропарювання бетону сприяє не тільки зменшенню енерговитрат, але покращує його механічні властивості бетону за рахунок створення бездефектної мікроструктури і таким чином й підвищення кінцевої міцності. Введення до складу бетонної суміші комплексу Murasan BWA 14 в кількості 0,4...0,6% від маси цементу дозволяє підвищити міцність через 1 добу твердіння на 38...45%, а на 28 добу – на 25...35% відповідно (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив добавки Murasan BWA 14 на міцність вібропресованого бетону

Показник	Одиниці виміру	Кількість добавки, % від маси цементу		
		0,2	0,4	0,6
Водоцементе відношення	-	0,35	0,32	0,30
Міцність при стиску:	МПа			
відразу після формування		1,0	2,5	3,5
через 1 добу		3,5	4,0	6,5
через 7 діб		15,5	20,0	25,0
через 28 діб		22,5	30,0	35,0
Міцність при стиску після ТВО	МПа	20,5	25,0	29,0

Формування виробів з жорстких бетонних сумішей здійснювали вібропресуванням на спеціальній лінії з використанням пресу серії Multimat (RH 1500-2VA) (HESS-Group). Отримання якісних бетонних виробів з колотою поверхнею пов'язане з необхідністю набору бетоном міцності (не менше 25 МПа), що передбачає витримування виробів після формування при відповідній вологості протягом певного часу. Крихкий характер руйнування матеріалу без пластичних деформацій забезпечується також й за рахунок досягнення однорідності матеріалу шляхом підбору певного складу та інтенсивного перемішування бетонної суміші.

Надання лицьовим бетонним виробам (блокам та фасадній цеглі) колотої скельної фактури проводилося за допомогою лінії розколювання фірми SCHINDLER. (SR-SchindlerMaschinen-AnlagenbauGmbH) з використанням спліттерної установки SR SPLIT 1200-1). Розколювання відбувалося під тиском 120 т (максимальна висота виробу становить 350 мм) за принципом щипців при здійсненні руху зверху вниз.

З урахуванням вищенаведених даних досліджено вплив карбонатного наповнювача (до 25%) та карбонатного заповнювача для заміни частини дрібного заповнювача (гранітного відсіву) (до 40%) у складі жорстких бетонних сумішей на міцність бетону (табл. 2).

Таблиця 2

Залежність міцності при стиску бетону від вмісту карбонатного заповнювача та наповнювача

Витрата компонентів, кг на 1 м ³						Міцність при стиску бетону, МПа
Цемент	Мікро-доломіт	Щебінь гранітний	Пісок кварцовий	Пісок гранітний	Пісок доломітовий	
1	2	3	4	5	6	7
350	0	350	660	840	0	28,8

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7
320	30	350	660	690	150	32,3
290	60	350	660	540	300	36,5
260	90	350	660	390	450	40,1

Часткова заміна портландцементу карбонатним наповнювачем (мікродоломітом) (10%) і частини гранітного відсіву карбонатним заповнювачем до 30% дозволяє отримати бетони міцністю при стиску від 30 до 40 МПа. Підвищення міцності при стиску корелюється з підвищенням міцності при згині від 3,6 до 5,7 МПа зі збереженням необхідної морозостійкості (вище 35 циклів). Водостійкість таких бетонів становить 0,98...1. Наведені дані свідчать про можливість отримання лицьових бетонних виробів скельної фактури за рахунок забезпечення крихкого характеру руйнування штучного каменю. Разом з цим такі вироби характеризуються достатньою міцністю і довговічністю, що дозволяє їх застосовувати в ландшафтному дизайні і фасадних роботах.

Результати досліджень когезійної міцності (за міцністю при розтягу) цементного каменю з карбонатним заповнювачем, які фіксують достатньо високі значення цього показника – 7,4 МПа у віці 3 місяців і 8,7 МПа через 6 місяців, що значно перевищує такий показник при використанні таких інертних порід, як граніт і діабаз.

Важливим фактором створення декоративних виробів для підвищення архітектурної виразності будівель і споруд є надання ним забарвлення певної інтенсивності, в тому числі як для отримання рівномірного забарвлення, так й створення градієнту кольору по поверхні конструкції. Відомо, що інтенсивність забарвлення бетонних виробів підвищується зі збільшенням вмісту у складі бетону витрати тонкодисперсної фракції – цементу, а також сірий колір звичайного портландцементу приглушує кольори бетону, тому для досягнення чистих яскравих тонів та відтінків бетонних виробів використовують тільки білий цемент, особливо це відноситься до отримання виробів світлих тонів, зеленого і блакитного відтінків. Сіро-чорна гама кольорів бетонів не залежить від типу цементу – білого чи сірого, але насичений чорний колір можна отримати тільки на білому цементі. Зміна виду або постачальника цементу також впливає на відхилення в забарвленні поверхні виробів та конструкції в цілому. В зв'язку з цим були проведені дослідження зміни відносної інтенсивності забарвлення залежно від вмісту мікродоломітового наповнювача та доломітового піску у складі бетону, а також вмісту залізооксидного пігменту (табл. 3). Відносну міцність визначали у відношенні до міцності бездобавочного бетону, а відносну інтенсивність забарвлення – візуально, порівнюючи з найбільш інтенсивно забарвленим бетоном, який містить максимальну кількість карбонатних добавок. Отримані результати свідчать про те, що введення карбонатних компонентів білого кольору до складу бетону за наявності залізооксидного пігменту (в обмеженій кількості) разом з пластифікуючою добавкою сприяє підвищенню інтенсивності його забарвлення і не чинить суттєвий вплив на показники міцності. Разом з тим, спостерігається деяке зниження міцності бетону з підвищенням вмісту карбонатних добавок до відповідної кількості (мікро доломіту – більше 8%, доломітового піску – більше 40%).

Таблиця 3

Залежність відносної інтенсивності забарвлення і відносної міцності бетону від вмісту мікродоломіту та доломітового заповнювача

Витрата компонентів, % від маси цементу			Витрата доломітового піску, % від маси гранвідсіву	Водоцементне відношення	Відносна міцність	Відносна інтенсивність забарвлення
Портландцемент	Мікродоломіт	Пігмент Bayferrox® 110				
100	0	3	0	0,31	1,0	0,2
96	4	3	20	0,32	1,1	0,4
92	8	3	40	0,34	1,2	0,7
88	12	3	60	0,36	0,8	1,0

Наведені результати досліджень корелюють з даними, наведеними в розглянутих вище літературних джерелах, що дозволяє зробити наступне узагальнення. Отримання довговічних та міцних лицьових фактурних виробів може досягатись вібропресуванням жорстких бетонних сумішей, модифікованих пластифікуючими добавками та додаванням доломітових наповнювачів та заповнювачів, які дозволяють вирішити проблеми ресурсозбереження не тільки за рахунок економії цементу, але й отримання міцних, довговічних та надійних виробів, лицьова поверхня яких нагадує природний камінь за рахунок створення скельної фактури поверхні виробів при застосуванні спліттерної установки розколювання. Такі вироби можна застосовувати для оздоблення стін, облицювання підпорних стінок, влаштування парканів, колон та інших конструкційних та архітектурних елементів будівель і споруд,

Залежно від виду матеріалу несучої конструкції споруди облицювання можна здійснити як паралельно зі зведенням стін, так й вже існуючої конструкції.

Висновки

1. Отримання бетонних виробів для огорожувальних конструкцій скельної фактури, аналогічної фактурі поверхні, що утворюється при обробці гірських порід, є можливим при створенні умов для крихкого характеру руйнування без пластичних деформацій. Такі умови пов'язані з необхідністю набору бетоном міцності (не менше 25 МПа), що забезпечується такими технологічними параметрами, як визначений склад бетонної суміші, параметри пресування виробів та їх дозрівання при певній вологості. Важливим фактором є забезпечення однорідності матеріалу не тільки за рахунок ретельного підбору певного складу, але й інтенсивного перемішування бетонної суміші.

2. Введення наповнювача у вигляді мікродоломіту замість частини звичайного портландцементу (в кількості до 8%) та доломітового заповнювача (до 40%) фракції 2,5...3 мм на заміну частини гранітного відсіву фракції 2,5...5 мм забезпечує не тільки підвищення інтенсивності забарвлення виробів, але й зростання міцності бетону при стиску та згині без зменшення водостійкості і морозостійкості. Отримання таких виробів надає можливість обмеженого застосування природних ресурсів для отримання довговічних і надійних виробів при створенні огорожувальних конструкцій певної естетичності, суттєво впливає на ресурсозбереження і екологію навколишнього середовища.

Список використаної літератури

1. Bennett D.F.H. Innovations in Concrete / D.F.H. Bennett London: Thomas Telford, 2002, 369 p.
2. Зозуля П.В. Карбонатные породы как заполнители и наполнители в цементах, цементных растворах и бетонах //Статьи – Гипроцемент- Наука: / ЗАО «НИЦ «Гипроцемент-Наука» - электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.giprocement.ru/about/articles.html/p+25> (6.10.2009).
3. Кононова О.В., Черепов В.Д., Солдатова Е.А. О комплексном использовании местных сырьевых ресурсов / Тезисы докладов 62-й Респ. конф. по проблемам арх-ры и стр-ва. – Казань: КГАСУ, 2010. - С. 144.
4. Малакаускас М.Ю., Шпокас А.А. Применение доломитов для высокопрочных бетонов /Материалы Республ. конференции «Комплексное использование доломитов». Вильнюс, ВИСИ, 1980, с.54.
5. Шелихов Н.С., Рахимов Р.З. Комплексное использование карбонатного сырья для производства строительных материалов /Строительные материалы. - 2006. - № 9. - С. 42-44
6. Йохен Штарк. Щелочная коррозия бетона /Перевод с нем. А.Тулаганова, под ред. П.Кривенко. – Киев, 2010.-166с.
7. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. С. 86.
8. Соломатов В.И. Интенсивная технология бетонов. – М.: Стройиздат, 1988 – 312с.