

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКА ДЕРЖАВНА ІНЖЕНЕРНА АКАДЕМІЯ
Факультет будівництва та цивільної інженерії
Кафедра промислового та цивільного будівництва
Промислове та цивільне будівництво

Козлов Максим Викторович

УДК 691.32.043

**Технологія модифікованого бетону для труб
каналізаційних колекторів**

Спеціальність – 8.06010101 “Будівництво”

Автореферат
до наукової роботи на здобуття ступеня магістра

Запоріжжя – 2017 р.

Реферат

Науково-дослідна робота містить 113 сторінку машинописного тексту, 18 рисунків та 12 таблиць.

Метою роботи є теоретичне та експериментальне обґрунтування технології виробництва модифікованих і довговічних цементних бетонів із застосуванням віброімпульсного способу ущільнення шляхом встановлення закономірностей формування цементної матриці та контактної зони.

Науково-дослідна робота складається із вступу, 4 розділів, загальних висновків, переліку використаних джерел, що включає 136 найменувань.

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету й задачі досліджень, наукову новизну, практичну цінність, положення, що виносяться на захист.

В першому розділі магістерської НДР наведено аналіз існуючого стану щодо уявлень про корозію бетонів на мінеральних в'язучих речовинах та шляхів підвищення їх довговічності у системах каналізації.

У другому розділі викладено характеристики вихідних матеріалів та методи досліджень.

У третьому розділі наведене теоретичне обґрунтування удосконалення нових в'язучих композицій та бетонів підвищеної стійкості до сірчаноокислотної корозії.

У четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень в'язучих композицій та бетонів підвищеної стійкості до біогенної сірчаноокислотної корозії.

Виконані загальні висновки щодо результатів дослідження, вказано перелік використаних джерел та додатки.

МОДИФІКОВАНИЙ БЕТОН, КОРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ, ГІПЕРУЩІЛЬНЕННЯ, ТЕХНОЛОГІЯ, МІЦНІСТЬ.

Реферат

Научно-исследовательская работа содержит 113 страницу машинописного текста, 18 рисунков и 12 таблиц.

Целью работы является теоретическое и экспериментальное обоснование технологии производства модифицированных и долговечных цементных бетонов с применением виброимпульсного способа уплотнения путем установления закономерностей формирования цементной матрицы и контактной зоны.

Научно-исследовательская работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованных источников, включающего 136 наименований.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цели и задачи исследований, научная новизна, практическая ценность, положения, выносимые на защиту.

В первом разделе магистерской ГДР приведен анализ существующего состояния по представлений о коррозии бетонов на минеральных вяжущих веществах и путей повышения их долговечности в системах канализации.

Во втором разделе изложены характеристики исходных материалов и методы исследований.

В третьем разделе приведено теоретическое обоснование совершенствования новых вяжущих композиций и бетонов повышенной устойчивости к сернокислотного коррозии.

В четвертом разделе приведены результаты экспериментальных исследований вяжущих композиций и бетонов повышенной устойчивости к биогенной сернокислотного коррозии.

Выполнены общие выводы по результатам исследования, указан перечень использованных источников и приложения.

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ БЕТОН, КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ, ГИПЕРУПЛОТНЕНИЕ, ТЕХНОЛОГИЯ, ПРОЧНОСТЬ.

Abstract

Research work contains 113 pages of typewritten text, 18 figures and 12 tables.

The aim is theoretical and experimental substantiation modified production technology and durable cement concrete using the compaction method vibroimpulsnoho by establishing patterns of the cement matrix and the contact zone.

Research work consists of an introduction, four chapters, general conclusions, list of references that includes 136 names.

The introduction of justified urgency, formulated objectives and tasks of research, scientific novelty, practical value, provisions are made for protection.

In the first section of master research provides an analysis of the existing situation regarding perceptions of corrosion of concrete on mineral binders and ways to increase their longevity in the sewage system.

The second section outlines the characteristics of source materials and research methods.

The third section provides a theoretical justification improvement of new binders and formulations concrete increased resistance to sulfuric acid corrosion.

The fourth section presents the results of experimental studies of binding compositions and concrete increased resistance to biogenic sulfuric acid corrosion.

Performed general conclusions on the results of the study, given a list of sources and applications.

**MODIFIED CONCRETE, CORROSION RESISTANCE,
HIPERUSCHILNENNYA, TECHNOLOGY, STRENGTH.**

Вступ

У вступі обгрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету й задачі досліджень, наукову новизну, практичну цінність, положення, що виносяться на захист.

В першому розділі дисертації наведено аналіз існуючого стану щодо уявлень про корозію бетонів на мінеральних в'язучих речовинах та шляхів підвищення їх довговічності у системах каналізації. Розглянуто види корозійних середовищ та їх агресивність відносно бетону. Літературні дані свідчать про те, що стійкість цементного каменю та бетону визначається в основному видом в'язучого, мінеральним складом і проникністю. Найбільш перспективними матеріалами для каналізаційних колекторів є бетони на шлаколужному і кислототривкому в'язучому. Кислототривкі бетони (роботи В.М.Москвіна, М.І. Субботкіна та ін.) мають задовільну міцність, високу стійкість у кислотах, але швидко руйнуються у слабких розчинах кислот, воді та розчинах лугів. Шлаколужні бетони (роботи В.Д.Глуховського, П.В.Кривенка, І.О.Пашкова та ін.) мають високу міцність та водостійкість. Спільним для шлаколужних та кислототривких бетонів є те, що замішувачем для них може бути рідке скло. У даній роботі за рахунок оптимізації складу в одному матеріалі поєднано високу кислотостійкість кислототривких та високу міцність та водостійкість шлаколужних бетонів.

У другому розділі викладено характеристики вихідних матеріалів та методи досліджень. При проведенні експериментів використовували: портландцемент М400; шлак доменний гранульований мелений з модулем основності $M_o=1,1$; рідке скло натрієве з силікатним модулем $M_c=2,8$; натрій кремнійфтористий технічний; діабазове та кварцове борошно; пісок кварцовий; відсів дроблення гранітного щебеню.

Імовірність утворення агресивних речовин при біохімічних процесах і мінералів при твердінні в'язучих оцінювали термодинамічним методом за

допомогою аналізу значень вільної енергії Гіббса реакцій, а також рівнянь хімічних рівноваг.

Дослідження фазового складу вихідних речовин та новоутворень виконували за допомогою комплексу фізико-хімічних методів, що включали ІЧС та РФА. ІЧ-спектри зняті на установці “Specord-75”, рентгенофазовий аналіз виконували на установці ДРОН-0,5.

Дослідження фізико-механічних, гідрофізичних та корозійних властивостей в'язучих композицій виконували на віброущільнених стандартних зразках-балочках 16×4×4 см, бетонів - на зразках кільцевого перерізу із внутрішнім діаметром 100 мм, товщиною стінки 17,5 мм та довжиною 200 мм. Для досліджень бетону, що застосовувався для виготовлення труб, на дослідно-промисловій установці осьового пошарового пресування ОПФ-100 виготовлювали зразки кільцевого перерізу у вигляді труб. Зразки з цементного та шлаколужного бетонів піддавали пропарюванню, потім твердненню у повітряно-вологових умовах, зразки з кислототривкого бетону тверднули у повітряно-сухих умовах. Зразки випробовували через 28 діб.

Зчеплення кислототривкого в'язучого з цементно-піщаним розчином та бетоном досліджували на зразках-вісімках, зклеюючи їх половинки досліджуваним складом, а після тверднення границю міцності при розтяганні визначали на приладі Міхаеліса.

Визначення лінійної повітряної усадки штучного каменю з в'язучої композиції з алюмосилікатною добавкою (як контрольне бралось кислототривке в'язуче), проводили на зразках-балочках 16×4×4 см, грані котрих були ізольовані від стінок форми шаром в'язкого мастила, що не перешкоджало зсіданню. Лінійні переміщення фіксували індикаторами ІЧ 10.

Кислотостійкість зразків визначали на фрагментах зразків з досліджуваного складу. Її оцінювали коефіцієнтом кислотостійкості $K_{кс}$ - відношенням маси зразків після кип'ятіння у розчині сірчаної кислоти концентрацією 10 г/л при температурі 1000 С впродовж 50 годин до їх вихідної маси.

Корозійну стійкість кожного виду бетону досліджували в натурних умовах. Партію зразків підвішували в газоповітряному середовищі надводної частини каналізаційного колектора. Кожні 3 місяці зразки оглядали, а щорічно - промивали, висушували до постійної маси в кімнатно-сухих умовах, зважували, одну серію зразків випробовували із визначенням границі міцності на розтягнення R_p . Корозійну стійкість оцінювали по зміні маси зразка, зміні R_p , а також за результатами огляду зразків. Після цього зразки, що залишилися, знову поміщали в колектор для подальших випробувань. Випробування зразків триває вже 4 роки й продовжується далі.

У третьому розділі наведено теоретичне обґрунтування удосконалення нових в'язучих композицій та бетонів підвищеної стійкості до сірчаноокислотної корозії. Натурні дослідження стану систем каналізації показали, що корозійному руйнуванню піддаються переважно елементи конструкцій, які розташовані вище рівня стічної води та контактують з газоповітряним середовищем. Руйнування переважно обумовлено дією біогенної сірчаноокислотної корозії, що є наслідком життєдіяльності бактерій циклу сірки. Внаслідок термодинамічного аналізу встановлено, що окислювально-відновна реакція сульфатредукції, а також реакції утворення сірчаної кислоти з сірководню та вугільної кислоти з вуглекислого газу визначають корозійну небезпеку середовища систем каналізації. В результаті конденсатна волога на поверхнях каналізаційних споруд має рН 1 і менш і за СНиП 2.03.11-85 має сильно агресивний ступінь дії на бетон будь-якої густини з будь-якого портландцементного в'язучого, що призводить до швидкого руйнування бетону. В таких умовах найбільш придатним в'язучим

для виготовлення бетонів уявляється кислототривкий кварцово-кремнійфтористий цемент. Цей цемент має високу стійкість у концентрованих кислотах, але є неводостійким.

На основі існуючих уявлень було висунуто гіпотезу про підвищення водостійкості і адгезійної здатності в'язучих композицій та бетонів на основі висококремнеземистого наповнювача, кремнійфтористого натрію та рідкого скла за рахунок заміни частини наповнювача меленим доменним гранульованим шлаком, що призводить до появи окрім гелю кремнекислоти характерних для шлаколузних в'язучих відносно кислотостійких висококремнеземистих цеолітоподібних гідратних новоутворень.

Виконано термодинамічний аналіз можливості утворення цеолітоподібних кальцієво-натрієвих гідроалюмосилікатів при введенні шлакових мінералів до системи, що включає сполуки натрію - силікати і кремнійфторид, гідроксид, фторид. Можливі реакції між шлаковими мінералами і сполуками лужних металів з утворенням лужних гідроалюмосилікатів та інших сполук наведено в узагальненому вигляді у табл.1. Аналіз значень енергій Гіббса наведених реакцій показує, що за відсутності шлакових мінералів з силікатів і кремнійфториду натрію найбільш імовірним є утворення кремнійкислоти та фториду натрію. У присутності шлакових мінералів в результаті їх взаємодії з продуктами реакції між силікатами і кремнійфторидом натрію, а також з ними самими, є вірогідним утворення лужних гідроалюмосилікатів. Активність шлакових мінералів суттєво відрізняється (див. табл.1). З наведених мінералів активність C2S є настільки високою, що його спільна з CA і CA2 взаємодія з силікатами та кремнійфторидом натрію може стати більш імовірною, ніж їх взаємодія між собою, що для в'язучих, що розглядаються, може бути небажаним явищем. Імовірним є утворення фториду кальцію. Фторид кальцію, що утворився, є малорозчинним у воді (0,016 г/л), може

кольматувати поровий простір затверділого в'язучого, знижуючи його проникність і перешкоджаючи обводненню контактів у гелі.

У четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень в'язучих композицій та бетонів підвищеної стійкості до біогенної сірчано-кислотної корозії. Продукти тверднення модифікованої кислототривкої композиції досліджували за допомогою інфрачервоної спектроскопії та рентгенофазового аналізу у порівнянні з іншими аналогічними в'язучими/

Для перевірки гіпотези про підвищення водостійкості та адгезійної здатності композицій на основі висококремнеземистого наповнювача, кремнійфтористого натрію та натрієвого рідкого скла за рахунок заміни частини наповнювача активним алюмосилікатним компонентом у вигляді меленого доменного гранульованого шлаку, дослідили властивості каменю, отриманого з цих компонентів. У відповідності до плану експерименту частину діабазового борошна заміняли тонкомеленим доменним гранульованим основним шлаком (від 0 до 100%) та змінювали вміст кремнійфтористого натрію (від 0 до 30%) від маси рідкого скла. Кількість рідкого скла приймали постійним - 25% від маси твердих компонентів. В результаті досліджень отримані залежності властивостей затверділого каменю міцності при стиску і згині у сухому і водонасиченому стані (рис.2), середньої густини, водовбирання, кислотостійкості від вмісту шлаку в діабазово-шлаковій суміші Ш/(Д+Ш) та від вмісту кремнійфтористого натрію від маси рідкого скла КФН/РС.

Аналіз експериментальних даних показує, що кислототривкі цементи з дуже малим вмістом кремнійфтористого натрію (до 5%) є абсолютно неводостійкими. Підвищення вмісту кремнійфтористого натрію понад 5% суттєво не змінює міцносних показників композиції, але підвищує її водостійкість, доводячи її до 100% при КФН/РС=0,2-0,3. Таким чином, є доцільним призначення вмісту кремнійфтористого натрію у кислотостійких

бетонах, розчинах та замазках на рівні 20% від маси рідкого скла (при силікатному модулі $M_c = 2,7$ та густині $\rho = 1340$ кг/м³).

Заміна частини кислотостійкого висококремнеземистого наповнювача доменним гранульованим шлаком призведе до суттєвого підвищення водостійкості та зчеплення з поверхнею цементного розчину (максимальне значення при заміні 50% діабазового наповнювача шлаком Ш/(Д+Ш)=0,5 та вмісті кремнійфтористого натрію КФН/РС=0,1) практично без зниження кислотостійкості (в умовах 50-годинного кип'ятіння у 10% розчині H₂SO₄). Характеристики складу, близького до традиційних, та складу, що має максимальну водостійкість та зчеплення з портландцементним розчином співставлені у табл. 2. Даний склад може бути рекомендованим як в'язуче для бетонів та розчинів або безпосередньо у вигляді захисної замазки, що застосовуються при зведенні нових та ремонті діючих каналізаційних мереж.

Вимірювання усадки кислототривкої в'язучої композиції з алюмосилікатною добавкою показало, що вона дещо перевищує усадку кислототривкого цементу без добавки, але за даними дворічного нагляду за покриттями з цих складів це не знижує якості експериментальної композиції відносно традиційної як захисної замазки та в'язучого.

На основі запропонованої в'язучої композиції з урахуванням оптимальних значень коефіцієнтів розсуву частинок гранвідсіву розчинною складовою α_{opt} та частинок піску каменем в'язучої композиції μ_{opt} розроблено оптимальні склади дрібнозернистого бетону. Експериментальні дослідження показали, що для ущільнення способом осьового пошарового пресування та отримання бетону максимальної щільності за своїми реологічними характеристиками найбільш прийнятними є склади бетонів, у яких зернини піску заповнюють міжзернинні порожнини між зернинами гранвідсіву, а у прошарку між зернинами піску розташовується тільки один ряд зернин в'язучого - $\mu_{пв} = 0$, $\mu_{пк} = 1$ ($\alpha_{opt} = 1,12$; $\mu_{opt} = 1,96$). Для порівняння властивостей розроблено аналогічні склади на основі портландцементу,

кислототривкого в'язучого без шлаку і шлаколужного в'язучого. З цих складів виготовлено зразки труб та зразки-балочки. Їх експериментальні та лабораторні дослідження показали, що бетони мають такі міцносні показники при осьовому розтягу, стиску і згині, водовбирання та кислотостійкість: $R_p=2,3-3,1$ МПа, $R_{зг}=6,8-7,2$ МПа, $R_{ст}=42-49$ МПа, $W_m=4,2-5,4\%$, $K_{кс}=0,95-0,98$ - на портландцементі, $R_p=3,4-4,6$ МПа, $R_{зг}=7,0-8,7$ МПа, $R_{ст}=42$ МПа, $W_m=2,4-5,5\%$, $K_{кс}=0,97-0,98$ - на шлаколужному і $R_p=5,6-7,1$ МПа, $R_{зг}=7,0-10,9$ МПа, $R_{ст}=31-38$ МПа, $W_m=4,3-5,6\%$, $K_{кс}=0,98-1,01$ - на модифікованому шлаком кислототривкому в'язучому.

Висновок

Встановлено, що найбільша міцність бетону забезпечується при В/Ц близькому до нормальної густоти цементного тіста і використанні складів бетонної суміші з витратою цементу, що на 10...12% перевищує мінімальну витрату в'язучого, що забезпечує оптимальні умови деформування, гіперущільнення і модифікації суміші.

Запропонований комплексний спосіб гіперущільнення і модифікації бетонної суміші дозволяє збільшити міцність бетону 2...2,2 рази у порівнянні з міцністю віброущільненого бетону з однаковим початковим значенням В/Ц.