

**ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ  
ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ ІНСТИТУТ**

**УДК 666.973**

**АБРАМОВА Ірина Іванівна**

**ВИКОРИСТАННЯ ЗОЛИ ВІДНЕСЕННЯ ТЕС  
З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ НЕЗГОРІЛИХ  
ВУГЛЕЦЕВИХ ЧАСТОК У ЗОЛОЦЕМЕНТНИХ  
БЕТОНАХ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО  
БУДІВНИЦТВА**

**Спеціальність 05.23.05 - Будівельні матеріали та вироби**

**Автореферат**

**дисертації на здобуття вченого ступеня**

**кандидата технічних наук**

**Дніпропетровськ 1994**



Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Дніпропетровському інженерно-будівельному інституті.

Наукові керівники доктор технічних наук,  
професор Казанський В.М.  
кандидат фізико-математичних наук,  
доцент Дикарев Б.М.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук,  
професор Сергєєв А.М.  
кандидат технічних наук,  
доцент Шишкін А.А.

Провідна установа: Дочірнє оренднє підприємство  
Науково-дослідного інституту будівельного виробництва.

Захист дисертації відбудеться 23 червня 1994 року о 15  
годині на засіданні спеціалізованої ради К 068.32.02 "Будівельні  
матеріали та вироби" Дніпропетровського інженерно-  
будівельного інституту за адресою: 320600, м. Дніпропетровськ,  
вул. Чернишевського, 24а, ДІБІ (к. 202).

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотечі ДІБІ.

Автореферат розісланий "23" травня 1994 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої ради,

к.т.н., доцент

ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

А.К. Карпучіна

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Необхідність здешевлення будівництва і розширення сировинної бази за рахунок місцевої сировини та відходів виробництва примушує дослідити можливість ширшого використання золи віднесення ТЕС у виробництві будівельних матеріалів як дешевої сировини, запаси якої практично необмежені. Одним із шляхів розширення меж застосування зол віднесення є використання зол з підвищеним вмістом незгорілих вуглецевих часток (НВЧ). В теперішній час, у відповідності з ГОСТ 25818-91, вміст НВЧ (який оцінюється по втратах при прожаренні) у золі віднесення для бетонів не повинен перевищувати 3-25 % (залежно від виду вугілля та золи). Але на багатьох ТЕС України у відвалах накопичена велика кількість золи, яка не відповідає цим вимогам.

Науково обгрунтоване отримання будівельних розчинів та бетонів з заданими властивостями при використанні золи віднесення з підвищеним вмістом НВЧ дозволила б, з одного боку, збільшити ефективність будівництва за рахунок скорочення витрати цементу та піску, з іншого боку, сприяло б розв'язанню важливих екологічних проблем, бо дало б змогу вивільнити з-під відвалів значну кількість цінної орної землі та зменшити забруднення навколишнього середовища. Таким чином, дослідження можливості використання золи віднесення ТЕС з підвищеним вмістом незгорілих вуглецевих часток у виробництві будівельних розчинів та бетонів є актуальним завданням.

Метою роботи є розробка сумішей ефективних звичайних та низькоміцних золоцементних бетонів, які містять в собі антрацитову

кислу золу ТЕС з підвищеним вмістом незгорілих вуглецевих часток (НВЧ).

Виходячи з поставленої мети, визначені такі основні завдання роботи:

- розробити методику застосування методу ТС для дослідження зол винесення;
- розробити методику застосування методу капілярного просічення для оцінки анізотропії та неоднорідності структури бетону;
- визначити вплив вмісту НВЧ у золі винесення на її властивості;
- використовуючи комплекс тонких фізичних методів, визначити вплив концентрації НВЧ за масою у золі, у золоцементному в'язучому та у золоцементному камені на процеси структуроутворення у золоцементних композиціях;
- визначити вплив концентрації НВЧ за масою та за об'ємом у золі, у золоцементному в'язучому та в золоцементному камені на фізико-механічні, теплофізичні та масопереносні властивості золоцементного каменю;
- визначити вплив підвищеного вмісту НВЧ у золі винесення на агресивність золоцементного бетону по відношенню до сталевий арматури;
- урахувавши знайдені закономірності, розробити суміші золоцементних бетонів із заданими властивостями на основі портландцементу М400 та антрацитової золи винесення з підвищеним вмістом НВЧ;
- дослідити фізико-механічні та теплофізичні характеристики золобетонів з підвищеним вмістом НВЧ;

- запровадити розроблені суміші у промисловому виробництві будівельних матеріалів.

*Автор захищає* нове розв'язання важливого науково-технічного завдання, що полягає в розробці ефективних сумішей звичайних та низькомісних золоцементних бетонів для сільськогосподарського будівництва з використанням антрацитової кислоти золи виносення ТЕС з підвищеним вмістом незгорілих вуглецевих часток на підставі визначених закономірностей впливу НВЧ на структуру та властивості бетонів, що дозволило забезпечити зниження витрати цементу, піску та щебеню, утилізацію некондиційних зол і дало значний економічний ефект.

#### *Наукова новизна роботи:*

- вперше виявлені особливості та механізми процесів структуроутворення у золоцементному камені з золою віднесення, яка містить НВЧ у підвищеній концентрації (до 45 % за масою); показана роль НВЧ у цих процесах;
- вперше визначено вплив незгорілих вуглецевих часток у золі виносення на формування системи твердих фаз, системи поржнин та фазу рідини золоцементного каменю;
- вперше визначено вплив підвищеної концентрації НВЧ (за масою) у золі, у золоцементному в'язучому та у золоцементному бетоні на основні фізико-механічні та теплофізичні властивості золоцементного бетону;
- вперше визначено вплив підвищеної концентрації НВЧ (за масою) у золі віднесення, у золоцементному в'язучому та у золоцементному бетоні на проникність золобетону відносно до рідин та відносно іонів та на корозійну витривалість сталевих арматур та у золобетоні;

вперше теоретично та експериментально обгрунтована можливість одержання при використанні антрацитових кислих зол винесення ТЕС, які використовують вугілля Донецького басейну, з підвищеним вмістом (до 45 % за масою) незгорілих вуглецевих часток сульфатовитривалих золоцементних бетонів для сільськогосподарського будівництва таких марок: за міцністю - М25...М400; за водонепроникністю - W2...W8; за морозостійкістю - F50...F200, які мають високі захисні якості відносно до корозії сталевій арматурі.

*Практичне значення роботи.* Розроблено ефективні суміші звичайних та низькоміцних золоцементних бетонів та розчинів для сільськогосподарського будівництва з використанням антрацитових кислих зол винесення ТЕС, які містять до 45 % НВЧ (за масою), з високими будівельно-технічними та експлуатаційними якостями, і які дозволяють знизити витрати цементу та піску на 1 м<sup>3</sup> на 10...40 % та 15...30 % відповідно.

*Апробація роботи.* Основні положення роботи були викладені та обговорені на науково-технічних конференціях Київського інженерно-будівельного інституту 1984, 1985, 1986, 1987, р.р.; на науково-практичних конференціях Дніпропетровського інженерно-будівельного інституту 1991, 1992, 1993 р.р.; II Всесоюзній науково-практичній конференції “Шлаколузні цементи, бетони та конструкції”, Київ, 1984 р.; I Міжнародній науково-технічній конференції “Матеріали для будівельних конструкцій ХХІ віку”, Дніпропетровськ, 1992 р.; II Міжнародній конференції “Матеріали для будівництва”, м.Дніпропетровськ, 1993 р.

*Публікації.* По темі дисертації опубліковано 9 друкованих робіт.

*Обсяг роботи.* Дисертаційна робота складається з вступу, семи глав, висновків, списку використаної літератури (184 найменування, з них 66 зарубіжних) та додатків і містить 144 сторінки тексту; 40 малюнків та 48 таблиць.

## ЗМІСТ РОБОТИ

*У вступі* обґрунтована актуальність проблеми, визначені мета роботи, наукова новизна роботи та її практичне значення.

*У першій главі* проведено аналіз друкованих робіт у нашій країні та за рубежем з питань використання золи виносення ТЕС у технології цементу та бетону, дослідження властивостей наповнених цементів; на базі літературних джерел дається критична оцінка сучасного стану застосування високовуглецевих зол виносення в технології бетону.

Сучасні уявлення про формування структури та властивостей цементних композицій з дисперсними наповнювачами склались на підвалинах наукових праць І.П. Александріна, Ю.М. Бутта, А.В. Волженського, О.П. Мчедлова-Петросяна, А.С. Пантелеєва, В.І. Соломатова та ін. Дисперсні наповнювачі, залежно від розмірів, форми, активності можуть підсилювати або зменшувати якості основного компоненту суміші - портландцементу, впливаючи на швидкість і повноту гідратації, тобто на структуру і

властивості цементного каменю. Правильний добір наповнювачів, який урахує їх природу, властивості та кількість у суміші, дозволяє значно зменшити витрати цементу, при збереженні заданих характеристик бетону. Науковими підвалинами оптимального наповнення є теорія композиційних будівельних матеріалів, яка виділяє два характерних рівня загальної структури бетону: мікроструктуру, яка утворюється при суміщенні цементу, дисперсного наповнювача та води, та макроструктуру, яка утворюється при перемішуванні наповненого зв'язуючого з заповнювачем.

З досліджень Ю.М. Баженова, Б.М. Виноградова, А.В. Волженського, І.О. Іванова, А.М. Сергєєва та ін. відомо, що частки незгорілого вугільного палива - це коксові або напівкоксіві залишки, які утворюються внаслідок високотемпературної обробки часток вугілля. НВЧ дуже поризовані, тому підвищений вміст вуглецевих часток у золи винесення, яку використовують у бетоні, збільшує водопотребу золобетонних сумішей і зменшує щільність матеріалів. Максимальна кількість НВЧ у золах винесення для бетону за ГОСТ 25818-91 не повинна перебільшувати, залежно від виду вугілля та золи, 3...25 % (за масою).

Поширеною точкою зору є поганий вплив НВЧ на якість бетону, хоча є і деякі роботи, в яких висловлюється припущення щодо неоднозначного впливу НВЧ на характеристики бетону. Але немає жодної роботи, в якій розглядався би вплив НВЧ на формування структури та властивостей золоцементного каменю або бетону. Це, мабуть, пояснюється тим, що внаслідок негативного відношення багатьох дослідників до НВЧ, вони не вважають їх предметом досліджень. Аналіз опублікованих праць

показав, що результати, які є зараз, не достатні для вирішення завдання оптимізації високоефективних композиційних будівельних матеріалів з підвищеним вмістом НВЧ (>25 % за масою).

Нечисленність праць, присвячених НВЧ, відсутність праць, які припускали б можливість використання золи винесення зі збільшеним у порівнянні з ГОСТ 25818-91 вмістом НВЧ, а також відсутність робіт, у яких аналізувався б вплив НВЧ на характеристики золоцементного каменю та бетону дозволяють зробити висновок про необхідність спеціального вивчення цього питання. Для обґрунтованої відповіді про можливість та межі застосування золи винесення з підвищеним вмістом НВЧ для отримання ефективних золобетонів необхідно вивчити вплив НВЧ на структуру та властивості цементного каменю та золобетону.

У другій главі наведена характеристика вихідних матеріалів та методів досліджень.

При проведенні досліджень використовували такі матеріали: портландцемент М400 Миколаївського та Кам'янець-Подільського цементних заводів та сульфатовитривалий портландцемент М400 Амвросіївського цементного заводу; антрацитові кислі золи винесення Трипільської ГРЕС (пит. пов. 280 м<sup>2</sup>/кг), Ладжінської ГРЕС (пит. пов. 310 м<sup>2</sup>/кг), Кураховської ГРЕС (пит. пов. 375 м<sup>2</sup>/кг), Придніпровської ГРЕС (пит. пов. 340 м<sup>2</sup>/кг), Чернігівської ТЕС (пит. пов. 328 м<sup>2</sup>/кг) та кам'яновугільну золу Бурштинської ГРЕС (пит. пов. 338 м<sup>2</sup>/кг) з різним вмістом НВЧ (від 0,73 до 46 % за масою); пісок річковий дніпровський з  $M_{кр}=1,4$ ; щебінь Гніванського кар'єру фракції 10-20 мм; кокс

промисловий, молотий у кульовому млині до питомої поверхні 480 м<sup>2</sup>/кг.

Визначення хімічного та фазового складу вихідних матеріалів та продуктів гідратації, дослідження модельних систем виконували комплексом стандартних фізико-хімічних методів: рентгено-фазового аналізу, ІК-спектроскопії, лазерного емісійного мікроаналізу, електрофізичного методу, методу термограм сушки, методу капілярного просичення, - та методик, розроблених спеціально для цих досліджень: методики вивчення мікроструктури зол винесення за допомогою методу ТС та методики оцінки анізотропії та однорідності бетону методом КП. Мікроструктуру зразків вивчали за допомогою растрового мікроскопу при збільшенні x21...x1420.

У третій главі вивчені властивості НВЧ та їх вплив на властивості золи винесення; запропоновано модель для вивчення впливу НВЧ на структуру та властивості золоцементного каменю.

Реакційна здатність НВЧ великою мірою залежить від виду та мінералогічного складу вихідного вугілля. Антрацитове вугілля - порода, яка складається з мінералів-моцералів: вітрена, кларена, дюрена, фюзена - та домішок, які вміщують глинисті речовини, карбонати та пірит. Найлегше окислюється вітриніт. Групи вітриніта характеризує невисока мікротвердість, мала питома вага, менш щільна молекулярна структура та довгі бокові ланцюги, які і спричиняють найбільшу сорбційну здатність вітриніту по відношенню до кисню. Фюзиніт - речовина, первинно окислена, тому значно менше реакційноздатна. Групи фюзиніта мають пористу структуру, яка сорбірує багато кисню, котрий через пори подається до вітриніту; вони мають більш конденсоване ароматичне ядро та короткі бокові ланцюги. За елементарним

складом групи вітриніту мають більше вуглецю і менше кисню та водню. Фюзиніт не змінюється навіть при температурі 1200° С.

Найбільше реакційноздатні мінерали вугілля в першу чергу окислюються в процесі згоряння вугільного пилу на ТЕС, тим більше, що цьому сприяє велика площа питомої поверхні вугільного пилу, вільний доступ до неї кисню та висока температура топкового процесу. Продуктом згоряння є зола та шлак, до складу яких входять кристалічна, скловидна та органічна фази. Незгорілі частки антрацитового вугілля, які дуже відрізняються від вихідного стану, і є переважно метаморфізованою речовиною групи фюзиніту, в той час як НВЧ кам'яновугільного, а ще більше - бурого вугілля складаються також і з метаморфізованого вітриніту. Цим зумовлені специфічні якості НВЧ антрацитових зол - пористість та хімічна інертність у тому інтервалі температур, у якому виробляються та експлуатуються золобетони. Хімічна інертність НВЧ підтверджується також тим, що хімічний аналіз газу, що витискується рідинною фазою золоцементного тіста з вуглецевих часток, показав відсутність водню, тобто при взаємодії НВЧ з лужними розчинами не має місця окислення вуглецю по рівнянню реакції



НВЧ містяться переважно у великих фракціях золи (60...180 мкм), хоча можуть бути і менш, і більш дрібні; НВЧ можуть складати органомінеральні агрегати і бути вплавлені в частки склофази. Порівняння характеристик органічної частини золи Чернігівської ТЕС, виділеної центрофугуванням у бромформі (щільність 2,89 г/см<sup>3</sup>), з вихідним вугіллям, прожареним при температурі 1000° С, та молотим промисловим коксом показує,

що близький вміст вуглецю та водню, а також аналогічні показники мікротвердості та відображаючої здатності часток дозволяють використати молотий промисловий кокс (пит. пов. 480 м<sup>2</sup>/кг) у ролі НВЧ у золі винесення ТЕС.

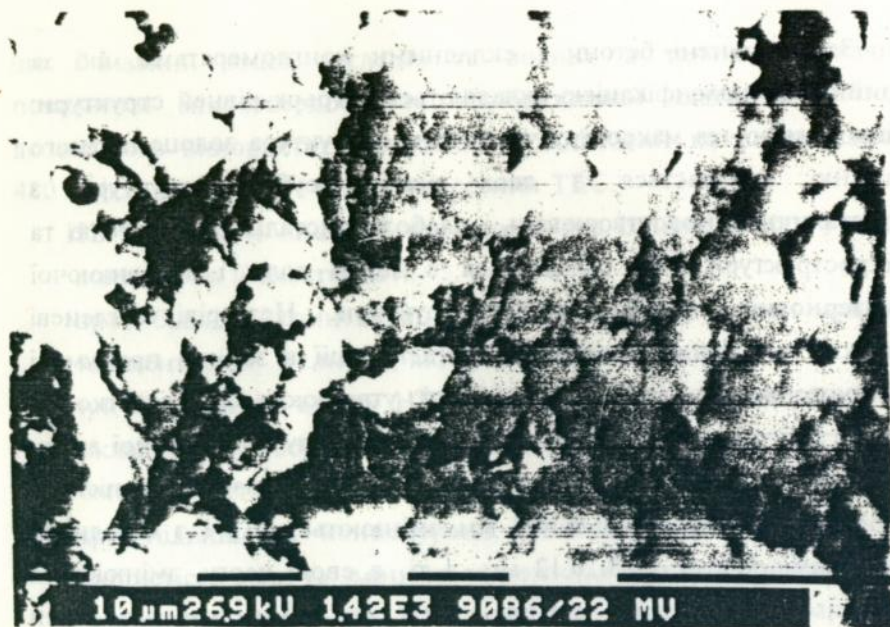
- НВЧ не мають хімічної активності, але їх присутність у золі впливає на її властивості:
- чим більше концентрація НВЧ в золі, тим менше концентрація з'єднань, які зумовлюють її активність
- при підвищенні вмісту НВЧ погіршується гранулометричний склад золи, посуваючись в бік великих фракцій, що також зменшує активність золи;
- при підвищенні концентрації НВЧ збільшується загальна пористість золи та змінюється розподіл пор за розмірами.

Зважаючи на те, що НВЧ можна розглядати як пористий дисперсний наповнювач, доцільним для вивчення впливу НВЧ на структуру та властивості золоцементного каменю та бетону є використання моделі, в якій стала за масою та складом частина золи винесення розглядається як мінеральна добавка до цементу, а змінна за масою частина, яка складається з НВЧ, розглядається як наповнювач; при цьому концентрація розраховується в суміші (зола + НВЧ). В роботі також використовувались модельні зразки, в яких роль НВЧ виконували частки молотого промислового коксу.

У четвертій главі показано місце НВЧ у конгломератній системі золобетону; визначена роль НВЧ у формуванні структури та властивостей золоцементного бетону; показано вплив підвищеної концентрації НВЧ у золі, у золоцементному в'язучому та у золоцементному камені на структуру золоцементного каменю та його характеристики.

Золоцементні бетони є складними конгломератами, які за прийнятою класифікацією складаються з трьох рівней структури: мікро-, мезо- та макроструктури. Мікроструктура золоцементного каменю складається з двох рівнів: субмікроструктури з кристаличних новоутворювань і слабозакристалізованого гелю та мікроструктури, яка складається з зерен золи і заповнюючої міжзерновий простір субмікроструктури. Незгорілі вуглецеві частки, при умові підвищеної концентрації в золі та при умові великого вмісту самої золи у бетоні, утворюють свій додатковий ранг структури, що добре відповідає принципу оптимальної зміни розмірів структурних елементів, бо в такому разі зерна піску з середніми розмірами 0,6...0,9 мм змінюються НВЧ з середніми розмірами часток 0,08...0,12 мм, а ті, в свою чергу, змінюються частками неорганічної частини золи з середніми розмірами зерен 0,02...0,06 мм. Тому доцільним є сумісне використання золи та піску. При цьому підвищується стабільність мікроструктури бетону, оскільки самі НВЧ не мають хімічних змін з часом. Таким чином, золобетон з великим вмістом НВЧ у золі пропонується розглядати складеним з п'яти рівнів.

Незгорілі вуглецеві частки, які самі не мають хімічної активності, значно впливають на процеси гідратації клінкера та пуцолани внаслідок великої пористості, а також змінюють загальну пористість золоцементного каменю та бетону та розподіл пор за розмірами. При цьому макропористість зменшується, а мікро- та мезопористість збільшується. Дослідження структури НВЧ за допомогою растрового електронного мікроскопа показують, що новоутворення не тільки щільно покривають поверхню НВЧ, але і цементують її (рис. 1). Це підтверджує і лазерний емесійний



Мал. 1. Мікроструктура поверхні НВЧ; збільшення  $\times 1420$

мікроаналіз, який показує, що всі елементи цементної матриці є не тільки в контактній зоні, але і всередині вуглецевої частки, відрізняючись концентрацією (табл. 1).

Цементация пор НВЧ, впливаючи на розподіл пор за розмірами у золоцементному камені, впливає також на такі характеристики

Таблиця 1

Результати лазерного спектрального мікроаналізу двох незгорілих вуглецевих часток у цементному камені

Лінії спектра, Å	Оцінка почорніння ліній в спектрограмах об'єктів					
	центр зерна	край зерна	за зерном	центр зерна	край зерна	за зерном
Si 2506,90	++	++	+++	+++	+++	++++
2516,12	++++	++++	+++++	+++	+++	++++
Ca 3181,98	+++	++	++++	+++	++	++++
3179,33	++++	++++	+++++	+++++	++++	+++++
2997,31	+	+	+	+	+	++
Al 3082,16	+++	++	+++	+++	+++	++++
3092,71	+++	+++	+++	++++	++++	+++++
2652,49	+	c	+	+	+	+
2660,39	++	+	+	++	++	++
Fe 3020,64	++	++	++	++	++	+++
3021,07	+	+	+	+	+	++
Mg 2795,53	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++
2802,70	++++	++++	++++	++++	++++	++++
Cu 3247,54	++	++	+	++	++	+
3273,96	++	++	+	++	++	+
Ag 3280,68	+	+	+	+	+	+
3382,89	+	+	+	+	+	+
Na 3302,32	+	c	c	+	c	+
Ti 3349,04	++	++	++	++	++	+++
3372,80	++	++	++	++	++	+++

Додаток: кількість знаків "+" відповідає інтенсивності аналітичної лінії; "c" відповідає малоінтенсивній (слабкій) лінії.

золоцементного каменю, котрі зв'язані з розподілом пор за розмірами: міцність, яка немонотонно залежить від концентрації НВЧ; проникливість по відношенню до іонів, що зменшується внаслідок зменшення об'єму макропор та збільшення об'єму замкнених пор, пов'язаного з цементацією пор НВЧ. Формування щільної структури сприяє низькій карбонізації золобетонів з НВЧ. При цементації пор НВЧ залишається об'єм пор, куди може розширяться вторинний еттрінгіт; це сприяє високій тріщиновитривалості золоцементного каменю та бетону з НВЧ.

Незгорілі вуглецеві частки в золоцементному тісті впливають на рідинну фазу, сприяючи підвищенню показника рН; рН змінюється залежно від вмісту НВЧ нелінійно і набуває значень, які розташовані вище межі пасивації арматури (11,7) при вмісті НВЧ більше, ніж 15 % по об'єму в золобетоні. Високе значення рН разом зі щільною структурою каменю сприяє добрим захисним властивостям золоцементного каменю щодо корозії арматури, незважаючи на підвищення електропровідності з підвищенням вмісту НВЧ. Функція залежності електропровідності від об'ємного вмісту НВЧ у суміші не є монотонною і за формою збігається з функцією залежності водопотреби суміші від того ж аргументу.

Міцність золоцементного каменю теж немонотонно залежить від вмісту НВЧ, що пояснюється тим, що на міцність діють кілька факторів, але значення міцності золоцементного та вуглецево-цементного каменів досить високі: композит, що містив в собі цемент ПЦМ400 та молотий кокс в об'ємному співвідношенні 1:3, мав міцність на стискання 9 МПа; а композит, що містив цемент, золу, кокс та пісок у об'ємному співвідношенні 1:2:2:0,5, мав міцність на стискання 31 МПа.

Золоцементні камені з підвищеним вмістом НВЧ показали високу хімічну витривалість до розчинів амміачної селітри, суперфосфату, аммофоскі та сульфату магнія. Лише до нітроаммофоскі зразкі на сульфатовитривкому цементі виявилися більше витривалими.

У п'ятій главі подана методика проектування сумішей золоцементних бетонів з заданими властивостями на основі виявлених закономірностей.

Вміст піску в суміші "пісок зола" залежно від концентрації НВЧ в золі було визначено методом математичного планування експерименту; вміст золи, цементу, щебеню та води визначали методом оптимальних співвідношень за допомогою ПЕОМ "GATEWAY 2000".

Були спроектовані звичайні важкі золобетони марок М100...М400 та низькоміцні легкі бетони марок М25...М150 з використанням різних зол винесення з різним вмістом НВЧ (0,73...44 %)

У шостій главі наведені результати випробувань спроектованих золоцементних бетонів.

Результати випробувань показали, що всі спроектовані золобетони мають досить добрі фізико-механічні та теплофізичні властивості та відповідають всім вимогам, які ставляться до бетонів аналогічних марок; деякі показники (теплопровідність, морозостійкість та хімічна витривалість) перевищують нормативні вимоги.

У сьомій главі наведено запровадження розроблених золобетонів та розрахунки економічної ефективності.

незгорілі вуглецеві частки впливають на інтегральну та диференціальну пористість золоцементного каменю, посуваючи розподіл пористості в бік збільшення частки мікро- та мезопористості і сприяючи утворенню додаткової замкнутої пористості внаслідок глибокої цементації пор новоутвореннями, що зумовлює поліпшення морозостійкості, теплопровідності та водонепроникності золобетону, а також високі захисні якості бетону відносно корозії сталеві арматури.

6. Визначено вплив концентрації незгорілих вуглецевих часток за масою та об'ємом у золі, у золоцементному в'язучому та в золоцементному камені на фізико-механічні, теплофізичні та масопереносні характеристики золоцементного каменю.

7. Розроблена методика, яка враховує концентрацію НВЧ у золі винесення, що дозволяє методом оптимальних відношень отримати рядові та низькомішні золоцементні бетони на базі цементу ПЦ М400 та антрацитової кислої золи винесення вугілля Донецького басейну з вмістом незгорілих вуглецевих часток до 45 % за масою, які відповідають усім вимогам ГОСТ.

8. Випробування спроектованих золоцементних бетонів з підвищеним вмістом НВЧ у золі показали їхні добрі фізико-механічні та теплофізичні властивості:

- кубикова міцність зразків при стисканні, відповідаючи у 28-добовому віці марочній, за 3 роки збільшилась на 36...41 %;

- призмenna міцність зразків варіювалася у межах 9...27,5 ; коефіцієнт Пуассона набрав значення в межах 0,171...0,185%
- сумарні відносні деформації усадки та повзучості становили від 0,190...0,203 у 60-добовому віці до 0,616...0,666 у віці 540 діб.
- водонепроникність зразків відповідала маркам W2...W8;
- морозостійкість відповідала маркам F50...F200;
- теплопровідність зразків набувала значення 0,33...0,39 Вт/м×К;
- глибина карбонізації поверхневого шару зразків становила 0,5...1 мм за 3 роки зберігання зразків у природних умовах під відкритим небом;
- корозії сталевій арматури у зразках розчинної частини золоцементних бетонів після 3 років зберігання в природних умовах під відкритим небом не спостерігалось;
- водневий показник рН порової рідини зразків набував значення від 11,99...12,26 у 28-добовому віці до 11,67...11,98 у віці 3 років;
- коефіцієнт хімічної витривалості зразків відносно насичених розчинів мінеральних добрив (окрім нітроаммофоски) становив 0,8...0,89;
- довговічність зразків відповідала 50...200 циклам випробувань без втрати міцності.

9. Суміші запроваджені на кількох підприємствах Української кооперативно-державної корпорації по агропромислового

Розроблені бетони були запроваджені на підприємствах Укграгробуду та Будіндустрії Української кооперативно-державної корпорації по агропромислому будівництву "Укграгропромбуд".

В результаті запровадження спроектованих бетонів знижено витрати цементу, піску та щебеню на 10...25 %, 15...20 % и 15...30 % відповідно.

Реальний економічний ефект у 1988-1989 р.р. склав 136,3 тис. крб.

У додатках наведені довідки про запровадження розроблених бетонів та економічний ефект.

## ВИСНОВКИ

1. Розроблено методику застосування методу ТС для дослідження зол винесення; показана нестабільність системи "зола-вода" внаслідок власної хімічної активності золи винесення; досліджені процеси початкового структуроутворення в золах при взаємодії з водою; запропоновані критерії ефективного використання цього методу з урахуванням структуроутворення в золах.

2. Розроблено методику кількісної оцінки анізотропії та неоднорідності структури будівельних матеріалів; показано зв'язок анізотропії структури матеріалу з його міцнісними властивостями.

3. Показано, що власні характеристики незгорілих вуглецевих часток (НВЧ) антрацитових кислих зол винесення - хімічна

інертність та пористість - зумовлюють їхній вплив на процеси структуроутворення та формування властивостей золоцементної матриці; цей вплив неоднозначний, але негативно виявляє себе лише при нещільній структурі. Особливо важливою властивістю НВЧ є пористість.

4. Незгорілі вуглецеві частки, при умові великої концентрації їх у золі та великого вмісту самої золи у бетоні, утворюють свій додатковий ранг структури та виступають як стабілізуючий компонент, що поліпшує мікроструктуру бетону.

5. За допомогою тонких фізико-хімічних методів визначені закономірності впливу вмісту незгорілих вуглецевих часток на зміни у твердій та рідинній фазах та на фазу порожнин:

- НВЧ впливають на склад і морфологію новоутворень, сприяючи утворенню низькокристалічних форм, що зумовлює високі міцнісні характеристики золоцементного каменю та бетону;
- адсорбуючи рідинну фазу у порах, НВЧ сприяють збільшенню ступеню гідратації клінкера в ранні та віддалені терміни, що зумовлює збільшення міцності та ущільнення структури з часом;
- НВЧ впливають на лужність порової рідини, збільшуючи значення рН, що, незважаючи на деяке підвищення електропровідності, разом з щільною структурою зумовлює високу корозійну витривалість сталеві арматури в золобетоні;

будівництву “Укргропромбуд”; внаслідок впровадження знижено витрати на 1 м<sup>3</sup> бетону: цементу - на 10...25 %, піску - на 15...30 %, щебеню - на 15...20 %.

Основні засади дисертації опубліковано в роботах:

1. Кошелева И.Д., Алиев А.Г., Абрамова И.И., Ткачева Л.И. Массопереносные и физико-механические характеристики мелкозернистых бетонов на барханных песках //Шлакощелочные цементы, бетоны и конструкции /Сб. тез. докл. II Всесоюзн. научн.-практ. конф., Киев, 1984 г. - Киев, 1984.- С. 204-205.
2. Казанский В.М., Абрамова И.И. Анизотропия пористой структуры строительных материалов //Депонир. во ВНИИИС.- 1986.- № 6485.
3. Бетоны с использованием золы гидроудаления Черниговской ТЭЦ: Технология приготовления и правила применения //Стандарт предприятия: № СТП 01-88.- Киев.- 1988.- 16 с.
4. Бетон легкий монолитный на основе гранулированного шлака силикомарганца Никопольского завода ферросплавов и золы гидроудаления Приднепровской ГРЭС для сельских жилых и общественных зданий: Технология приготовления и правила применения //Стандарт предприятия: № СТП 01-89.- Киев.- 1989. 17 с.
5. Григораш Ю.И., Абрамова И.И., Гасан Ю.Г. Свойства композиционного материала на основе гипса с мелкодисперсным минеральным наполнителем

//Рекомендации по освоению новых и усовершенствованных технологий строительных материалов и изделий /ГНИИиПКИСМИ.- Киев.- 1989.- С. 265-267.

6. Казанский В.М., Красильникова З.С., Абрамова И.И., Бондарев Г.Н. Использование зол ТЭС с повышенным содержанием несгоревшего топлива //Строит. материалы и конструкции.- 1989.- № 3, С. 14-15.

7. Казанский В.М., Абрамова И.И., Бондарев Г.Н. и др. Использование в бетонах зол ТЭС, содержащих несгоревшие частицы топлива //Энергетич. строительство. 1990.- № 9.- С. 35-37.

8. Kazansky V.M., Abramova I.I., Dikarev B.N. Utilisation des cendres des centrales thermiques a teneur elevee des particules non brulees aux betons de ciment a cendre //Материалы для строительных конструкций XXI века /Тез. докл. I Междунар. научн.-техн. конф., Днепропетровск, 2-4 сентября 1992 г.- Днепропетровск, 1992.- С. 103.

9. Абрамова И.И., Дикарев Б.Н., Казанский В.М. Влияние повышенной концентрации несгоревших угольных частиц в золе ТЭС на пористую структуру золоцементного камня //Материалы для строительства / Тез. докл. II Междунар. Конф., Днепропетровск, 7-10 сентября 1993 г.- Днепропетровск, 1993.- С. 128-129.



АВ 30.466

АВ 30.466

Ученый институт "Укринформ" Харьков  
Харьковская область, Харьков, ул. Шевченко, 10  
Индекс: 61000

Основы теории и практики...  
И. Кошелев И.Д. Харьков, 1989. - 100 с.

И. Кошелев И.Д. Харьков, 1989. - 100 с.

И. Кошелев И.Д. Харьков, 1989. - 100 с.

И. Кошелев И.Д. Харьков, 1989. - 100 с.

И. Кошелев И.Д. Харьков, 1989. - 100 с.

И. Кошелев И.Д. Харьков, 1989. - 100 с.

*[Handwritten signature]*