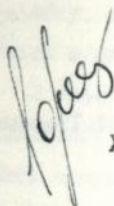


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

На правах рукопису



ХОРЖЕВСЬКИЙ ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ

ВЛАСИВОСТІ І ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СІРЧАНОГО БЕТОНУ
НА ОСНОВІ ВІДХОДІВ ПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА, ЯКІ МІСТЯТЬ СІРКУ

05.23.05 - Будівельні матеріали і виробн

Автореферат на здобуття наукового ступеня кандидата
технічних наук

Одеса - 1995



Дисертація являється рукописом

Робота виконана в Українському науково-дослідному і проектно-конструкторському інституті будівельних матеріалів і виробів

Науковий керівник: д.т.н.,с.н.с.Орловський Юрій Ігорович

Офіційні опоненти:

1. д.т.н.,проф. Чернявський Вячеслав Леонідович
2. к.т.н.,доц. Коваль Сергій Володимирович

Ведуча організація: Державний інститут гірничо-хімічної промисловості, м.Львів

Захист відбудеться "14" "11" 1995 р. в "11" год. на засіданні спеціалізованої ради Д.05.09.02 Одеської Державної Академії будівництва і архітектури за адресою: 270029, м.Одеса, вул. Дідрихсона, 4, ауд.210.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Одеської Державної Академії будівництва і архітектури за адресою: вул.Дідрихсона, 4.

Автореферат розіслано "11" "10" 1995 р.

Вчений секретар спеціалізованої ради *Малахова* Малахова Н.О.

ЛННБ ім. В. Стефаніка
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Природною сировиною для одержання сірки являються сірчані вапнякові руди. Вміст елементарної сірки в руді, яка поступає на переробку, складає біля 20 %, тобто на кожен тону сірки, що добувається з руди, приходяться 4 т відходів.

В теперішній час на підприємствах сірчаної промисловості скопичилась значна кількість відходів, утилізація яких набирає досить актуального значення з ряду причин.

Основними причинами необхідності утилізації відходів являються наступні: під накоплювачами відходів зайняті родючі землі; транспортування відходів до накоплювачів обходиться дуже дорого; будівництво накоплювачів потребує великих капітальних затрат; зростають вимоги екології і охорони навколишнього середовища.

В зв'язку з цим ведуться інтенсивні пошуки оптимального використання відходів, що містять сірку, в народному господарстві. Одним із реальних напрямків їх використання являється промисловість будівельних матеріалів.

За останні роки в технології бетонів з'явився новий напрямок використання технічної елементарної сірки для виробництва бетонів спеціального призначення і різних композиційних матеріалів на основі сірчаного в'язучого.

Дослідженнями проведеними в цьому напрямку показано, що на основі сірки можна отримати цілу гаму високоефективних композицій будівельного призначення: мастик, бетонів, захисних покриттів, просочувальних складів. Це дозволяє припустити, що відходи, які містять сірку, можуть служити також цінною сировиною для цих цілей. Для України використання відходів, які містять сірку, набирає особливо важливого значення, зокрема в західному регіоні, де зосереджена основна частина добутку природної сірки. В теперішній час на підприємствах, які випускають мінеральні добрива, сірчану

кислоту і інших виробництвах, зв'язаних з переробкою сірки, накопичилась велика кількість відходів, які містять від 3 до 60 % і більше елементарної сірки.

Тема дослідження являється складовою частиною комплексу робіт, які передбачені "Координаційним планом науково-дослідних робіт і дослідно-промислового впровадження сірчаних бетонів і цементних бетонів, просочених сіркою на 1986 рік і 1986-1990 рр.", затвердженим Держбудом СРСР 13.05.1985 р., № І5-683 / шифр програми І.І.І5.3 Держзамовлення № 05-0074-87 /.

Ціллю роботи являється наукове обґрунтування використання відходів, які містять сірку, Передкарпатських підприємств для виробництва сірчаних бетонів і виробів на їх основі.

Об'єктом досліджень являлися багатотонажні відходи двох підприємств Львівської обл. по видобутку сірки з сірчаних вапнякових руд - Роздоцького і Яворівського.

Наукова гіпотеза. Аналіз хімічного, мінералогічного і гранулометричного складу відходів, які містять сірку, дозволяє сформулювати наступну наукову гіпотезу наших досліджень.

Використання для виготовлення сірчаних бетонів відходів, які містять сірку, замість технічної сірки дозволяє в широкому інтервалі направлено регулювати його фізико-механічні властивості. В процесі приготування бетону сірка, яка міститься в відходах, плавиться і виконує роль самостійного в'язучого, рівномірно розподіляючись між мінеральними компонентами, окутуючи їх, створює структурні зв'язки кристалізаційного типу. Мінеральна частина відходів відіграє роль наповнювача і заповнювача.

Оскільки основну частину відходів складає вапняк, слід чекати, що сірчаний бетон на їх основі буде характеризуватися більш сприятливим коефіцієнтом лінійного температурного розширення, ніж з використанням кварцевої муки і піску з більш високими коефіцієнтами.

Крім того відомо, що вапняк являється хорошим адсорбентом і в системі сірка - вапняк буде сприяти нейтралізації токсичних сполук, які виділяються в процесі виготовлення сірчаного бетону, що сприяє зниженню корозії обладнання і підвищенню безпеки виробництва виробів із сірчаного бетону.

А в т о р з а х и щ а є:

- склади сірчаного бетону на основі відходів, які містять сірку;
- результати досліджень міцнісних і деформативних властивостей розроблених складів;
- експериментально-статистичні моделі /ЕСМ/, які відображають закономірності впливу рецептурних факторів на основні фізико-механічні характеристики бетону;
- результати досліджень зчеплення сталльної арматури гладкого і періодичного профілю з бетоном;
- результати досліджень коефіцієнта лінійного температурного розширення /КЛТР/ та оцінки сумісної роботи арматури з бетоном;
- результати досліджень пасивуючої здатності сірчаного бетону в повітряно-сухих умовах і в воді;
- рекомендації з технології виготовлення сірчаного бетону і номенклатуру виробів на його основі.

Н а у к о в у н о в и з н у р о б о т и с к л а д а ю т ь:

- оптимізований і науково обгрунтований склад сірчаного бетону на основі двох видів відходів: золи відстою і "хвостів" флотатії, які утворюються при виробництві сірки на підприємствах Передкарпаття;
- фізико-механічні характеристики бетону, необхідні для проектування і розрахунку елементів і конструкцій;
- результати оцінки пасивуючих властивостей бетону і його сумісності зі сталлююю арматурою.

Практичне значення і реалізація
результатів досліджень.

Науково обґрунтовані принципи оптимізації складів і структури дозволяють проектувати робочі склади бетону з використанням відходів, які містять сірку, для виготовлення будівельних виробів і конструкцій різноманітного призначення.

На основі результатів досліджень властивостей бетону розроблений технологічний регламент, використаний при проектуванні та монтажі трьох технологічних ліній з виробництва сірчаного бетону.

За безпосередньою участю автора розроблені наступні документи: "Рекомендації по изготовлению стеклофибробетона на основе серного связующего", 1993; "Руководство по применению и технологии изготовления серных и полимерсерных мастик и бетонов в строительстве", 1994; "Рекомендації по виготовленню склофібробетону на основі сірчаного в'язучого", 1994; "Инструкция по изготовлению и применению столбиков направляющих сигнальных из серного бетона", 1994; "Рекомендації по технологии изготовления серных бетонов на основе серосодержащих отходов", 1995.

В 1989...1990 рр. на дослідно-промисловій установці агрофірми "Зоря" /Городоцький р-н, Львівська обл./ була відпрацьована дослідна і дослідно-промислова технологія виготовлення тротуарних плит розміром 50x50x5 см і бордюрного каменю із сірчаного бетону з використанням відходів, які містять сірку.

В 1990 р. в м.Ново-Яворівську / Львівська обл./ на збагачувальній фабриці Яворівського ВО "Сірка" був побудований цех з виготовлення крупнорозмірних конструкцій із сірчаного бетону. Проектна документація і монтаж обладнання були здійснені Львівським інженерним центром "Будівельник" за участю автора. Продукція освоєна цехом - дорожні плити розміром 1,75x1,0 і 1,75x1,5 м під навантаження НК-80 і плити розміром 50x50x5 і 75x75x7,5 см для підлог і тротуарів.

В 1989 р. інститутом Львівдіпрокомунбуд була розроблена проектно-кошторисна документація на реконструкцію вул. Жовтневої в м. Львові. В якості основи під мозаїчну бруківку використані збірні плити із сірчаного бетону з використанням відходів. Розрахунок плит був виконаний з використанням ЕВМ за програмою, розробленою з безпосередньою участю автора. Відрекомендовані матеріали дозволили запроєктувати дорожнє покриття і закласти його в якості основного конструктивного рішення в проект.

Виробництво дорожніх і тротуарних плит було організоване в цеху Яворівського ВО "Сірка", де на протязі 1990...1993 рр. було виготовлено 3,2 тис. м³ бетону з використанням відходів, які містять сірку.

Апробація роботи. За матеріалами дисертації опубліковано 7 друкованих робіт, в тому числі "Рекомендації по технології виготовлення серних бетонів на основі серосодержащих отходов".

Результати досліджень доповідались на XXXII Українському семінарі "Експериментально-статистическое моделирование в компьютерном материаловедении", Одеса, 1993; Міждержавному семінарі "Анализ и оптимизация грубогетерогенных композиционных материалов", Одеса, 1993; I Міждержавному семінарі "Проблеми огнезащиты строительных материалов и конструкций", Львів, 1994; XXXIII Міждержавному семінарі "Принятие рецептурно-технологических решений по экспериментально-статистическим моделям", Одеса, 1994; Міждержавному семінарі "Теория и практика строительства и строительных материалов", Сумы, 1994; XXXIV Міждержавному семінарі "Моделирование в материаловедении", Одеса, 1995.

Об'єм і структура дисертації. Дисертація містить 170 сторінок в тому числі 40 малюнків і фотографій, 40 таблиць; складається із вступу, 5 глав, загальних висновків, списку літератури із 106 найменувань і додатків.

Автор приносить щиро подяку проф. ,д.т.н.О.С.Семченкову /НДІЗБ, Москва/ за цінні поради та постійну увагу до роботи, а також директору НВП "Громада", к.т.н.Б.П.Івашкевичу за сприяння при впровадженні досліджень в практику будівельної індустрії України.

КОРОТКИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

В першому розділі розглянуто стан питання, наукова гіпотеза та завдання дослідження.

На території України розташований один із найбільших районів з видобутку природної сірки - Передкарпатський, який займає частину Львівської, Івано-Франківської і Чернівецької областей.

Підприємства з видобутку сірки, в першу чергу Ново-Яворівське і Роздольське, мають велику кількість відходів, які утворюються при видобуванні сірки як методом підземної виплавки, так і відкритим способом. Другим джерелом одержання відходів являються підприємства які переробляють сірку: комбінати хімічної промисловості, заводи органічного синтезу і мінеральних добрив, сірчаної кислоти.

Відходи, які утворюються після плавки сірки в топильниках в вигляді шламів і золи, а також при фільтрації розплаву сірки, містять 50 і вище процентів елементарної сірки. Поряд з сіркою вони містять мінеральні тонкодисперсні домішки, які складаються, в основному, з карбонатів. Найбільш крупнотонажними відходами являються відходи - "хвости" флотатії сірчаної руди, які утворюються на сірчаних підприємствах при збагаченні сірчаних руд з отриманням концентрата, який містить біля 70 % сірки. Отриманий після флотатії сірчаний концентрат спрямовується на виплавку сірки, а відходи флотатії - на місце зберігання.

Дослідженнями, проведеними в 1987...1990 рр. у Львівському інженерному центрі "Будівельник" встановлено, що відходи, які містять сірку, такі як зола відстою, головки плавок, сірчаний шлам, "хвости" флотатії сірчаних руд, можуть бути використані для вигото-

влення сірчаного в'язучого, композиційних матеріалів і виробів. "Хвості" флотатії з вмістом сірки 5...10 % потребують або додаткового збагачення сірком, або можуть використовуватися в суміші з відходами з більш високим вмістом сірки.

Окремі питання використання відходів, які містять сірку, в технології сірчанних мастик і бетонів розглядалися в роботі А.Б. Нікітіна, виконаній в НДІЗБ під керівництвом д.т.н.В.В.Патурова і Б.П.Івашкевича, виконаній у Львівському філіалі НДІБМІВ під керівництвом д.т.н.Д.І.Орловського. Однак, комплексних досліджень не проводилось і ряд питань до теперішнього часу залишаються зовсім не вивченими. Зокрема, це відноситься до такого важливого питання як можливість армування сірчанних бетонів сталеною арматурою.

На основі аналізу характеристик і властивостей відходів, які містять сірку, а також робіт, присвячених використанню їх в будівництві, були зроблені наступні висновки.

Елементарна сірка, яка міститься в відходах, являється в'язучим, здатним утворювати в системі бетону зв'язки кристалізаційного типу.

Мінеральна частина відходів Передкарпатських підприємств являє собою в основному вапняк с частинками менше і більше 0,14 мм, що дозволяє використовувати їх як наповнювач і дрібний заповнювач в структурі сірчаного бетону.

В дорожньому будівництві відходи, які містять сірку, використовують як мінеральний порошок і піщану добавку в асфальтобетонні суміші, а також в ролі наповнювача або каталізатора при низькотемпературному окисненні малов'язких органічних в'язучих.

Найбільш перспективними відходами для використання в технології виготовлення сірчанних бетонів являється зола відстою, що утворюється при очищенні виплавленої рідкої сірки методом відстоювання і "хвостів" флотатії сірчаных руд.

Досліджень можливості використання відходів, які містять сірку, в технології бетону проведено недостатньо. Відомі в цьому напрямку роботи носять фрагментарний характер і не являються комплексними закінченими дослідженнями.

Питання армування сірчаного бетону сталлююю арматурою являється практично не вивченим. Відомі дані суперечливі і потребують детальної експериментальної перевірки. Повністю відсутні дані про витривалість, тріщиностійкість, тривалу міцність і температуростійкість, що в значній мірі стримує практичне використання відходів, які містять сірку, в практиці будівництва.

Для досягнення поставленої мети в дисертаційній роботі послідовно вирішувались наступні задачі.

Систематизувати і вивчити властивості відходів, які містять сірку, Передкарпатських підприємств як сировини для виготовлення сірчаного бетону і виробів на його основі.

Вивчити стан питання використання відходів в будівництві і можливості армування сірчаного бетону сталлююю арматурою.

Підібрати і науково обґрунтувати оптимальний склад бетону з використанням відходів методами експериментально-статистичного моделювання і аналізу імовірних показників якості при його структуроутворенні. Вивчити основні фізико-механічні властивості бетону: статичну і ударну міцність, деформативність, тріщиностійкість, витривалість, стирання і морозостійкість. Вивчити питання сумісної роботи сталлююю арматури і бетону та оцінити його пасивуючу здатність.

Вивчити особливості технології виготовлення сірчанних бетонів на основі відходів і розробити рекомендації з виготовлення виробів і конструкцій на їх основі. Здійснити розробку і дослідне впровадження дорожніх плит і плит для збірних підлог, тротуарів і площ, оцінити їх експлуатаційні якості.

В другому розділі приводиться характеристика вихідних матеріалів, підбір складу бетону і технологія виготовлення дослідних зразків, а також

методики дослідження.

В якості в'язучого, наповнювача і дрібного заповнювача для бетону застосовувались два види відходів: зола відстою, відібрана з відстійників Яворівської ГЗФ і "хвості" флотатії Роздольського ВО "Сірка". В роботі приведені гранулометричні, мінералогічні і хімічні склади відходів, а також їх характеристики.

При вивченні окремих питань в дослідженнях, крім відходів, в якості в'язучого застосовувались: сірка технічна елементарна підземної виплавки сорту 9920, що відповідає ГОСТ І27-76^x, хімічно чиста сірка сорту ОСЧ І6-5 і технічна сірка, модифікована 5 % дихлорпентадієну, який випускається Баглейським коксохімічним комбінатом /Україна/ і являється ефективним стабілізатором сірки в полімерному стані.

В якості наповнювачів для співставлення застосовувались: кварцева мука і зола виносу Бурштинської ТЕЦ з питомою поверхнею відповідно 3500 і 3200 см²/г. При дослідженні коефіцієнта лінійного температурного розширення застосовувалась вапнякова мука, отримана шляхом помолу природного вапняку до питомої поверхні 3920 см²/г.

В якості мінеральних заповнювачів застосовувались: дрібно-пісок кварцевий Ясінецького кар'єру Львівської обл., крупного - гранітний щебінь Віровського родовища Рівеньської обл.

Для дослідження зчеплення арматури з бетоном застосовувалась стальна арматура діаметром 10 мм класів А-І і А-У; для корозійних випробувань - стержні діаметром 8 мм, виточені з сталі марки Ст.5.

Підбір робочого складу бетону на основі відходів проводився способом коректування їх гранулометричного складу шляхом приведення складу бетону до еталонного. Сутність методики такого підбору полягає в наступному. На основі елементарної сірки підбирається оптимальний склад бетону, з урахуванням характеристик його компонентів, який приймається за еталон. Значчя грансклад і вміст сірки в відходах, задаємося умовою, що кількість сірки в відходах

за абсолютним значення повинно відповідати кількості сірки в оптимальному складі. До відходу додається відсутня кількість компонентів. Оптимальний склад сірчаного бетону / еталон / в т/м³ був наступний: сірка технічна - 0,3, квацева мука - 0,3, кварцевий пісок з модулем крупності 1,9 - 0,6, гранітний щебінь фракції 5...10 мм - 1,3; робочий склад бетону на основі відходів в т/м³: зола відстов - 0,571; відходи флотатії фракція більш 0,14 мм - 0,161, менш 0,14 мм - 0,468, гранітний щебінь - 1,3.

Виготовлення бетону проводилось за двохетапною технологією. На першому етапі виготовлялася сірчана мастика, на другому - сірчаний бетон. Модифікування сірки проводилося в реакторі з вертикальною лопатевою мішалкою; приготування бетонної суміші - в гарячому бетонозмішувачі примусового перемішування. В якості теплоносія використовувалось трансформаторне масло.

При дослідженнях застосовувались наступні методики. Фізико-механічні характеристики бетону вивчалися з використанням гідравлічного преса і розривної машини РМ-5 з записом діаграм "нагрузка-деформація". Деформації бетону заміряли тензодатчиками опору і індикаторами годинникового типу з реєстрацією показників тензодатчиків приладом АИД-ІМ. Ударну міцність оцінювали за методикою ЦНДІБ шляхом випробування кубів на копрі,

Для проведення випробувань при багатократно-повторній дії навантаження була використана віброустановка в якій змінні зусилля створювались 4 ексцентриками на двох валах, що обертались синхронно в протилежних напрямках. Випробування проводились при характеристиці циклу напруг 0,5 і частоті 50 гц.

Методика визначення границі витривалості бетону на базі 2 млн циклів, з метою зменшення кількості дослідних зразків, була прийнята наступною. Зразок навантажувался з відносним рівнем навантаження, який був свідомо нижче коефіцієнта витривалості, рівного 0,25,

і випробовувався до 100000 циклів. Після цього, якщо зразок не руйнувався, наступний навантажувався попереднім рівнем навантаження та прикладався 1 млн циклів. Якщо і після цього зразок не руйнувався, відносний рівень навантаження підвищувався на 0,02 ізнову прикладався 1 млн циклів. Далі крок прикладання навантаження не змінювався, але решта зразків випробовувались повною базовою кількістю циклів, рівною 2 млн. Такий підхід дозволив швидко визначити орієнтовний рівень відносної границі витривалості бетону, використовуючи 2...3 зразки, і у дальшому тільки його уточнювати.

Здатність бетону до стирання визначалася за методикою ГОСТ І3087 на приладі ДКУ-2 і виражалася коефіцієнтом стирання як відношення втрати маси зразка, віднесенної до одиниці площі стирання.

Морозостійкість бетону встановлювалася відповідно прискореній методиці НДІЗБ шляхом насичення зразків 5 % розчином хлористого натрію і випробовування в морозильній камері.

Зміни в структурі бетону при дії стискуючих зусиль вивчалися за допомогою приладу УКБ-ІМ. Дослідження параметричних рівнів - нижньої і верхньої границь мікротріщиноутворення проводилося з використанням методики О.Я.Берга з врахуванням результатів ультразвукових і тензометричних вимірювань.

Дослідження температурних деформацій проводили на ділатометрі ДКВ-2 та спеціальній установці, зібраній на базі сушильної термошафи. Температура контролювалася термоелектричними перетворювачами і потенціометром.

Зчеплення арматури з бетоном вивчалася методом висмикування стержнів, забетонуваних в центрі поперечного сечення бетонних призм розміром 15х15х10 см. Випробування проводилися на розривній машині РМ-5. Момент початку зміщення кінця стержня відносно бетону фіксувався мікроіндикатором ПМ з ціною поділки 0,001 мм.

Швидкість корозії сталльної арматури вивчалася на зразках роз-

міром 4x4x16 см з забетонованими арматурними шліфованими до 7 класу чистоти стержнями. Критерієм корозійних процесів являлась втрата маси стержнів, віднесена до площі поверхні стержня.

Стійкість арматурної сталі в бетоні вивчали електрохімічним методом шляхом побудови поляризаційних кривих, які знімали за допомогою потенціостата П-584М при швидкості накладання потенціалу 0,6 мВ/с, визначаючи при цьому величину струму. Дослідження проводили на циліндричних зразках діаметром 50 і висотою 80 мм. В якості арматури були використані стержні з термічно зміцненої сталі класу А_т-УІ. За степенню зміщення потенціалу в залежності від щільності струму оцінювався стан арматури, захищеної бетоном.

Науковою базою проведених випробувань явилися праці вітчизняних вчених в області бетонознавства І.Н.Ахвердова, В.І.Бабушкіна, Ю.М.Баженова, П.І.Боженова, О.Я.Берга, В.А.Вознесенського, В.М.Вирового, Г.І.Горчакова, І.М.Грушко, П.В.Кривенко, О.П.Мчедлова-Петросяна, Б.Г.Скрамтаєва, О.Є.Шейкіна, О.В.Ушєрова-Маршака, В.Л.Чернявського та ін., в області бетонів, модифікованих сіркою Ю.І.Орловського, В.В.Патурова, Д.О.Угінчуса, В.М.Хрульова та ін.

Третій розділ дисертації присвячений питанням оптимізації складу і дослідженню фізико-механічних властивостей сірчаного бетону на основі відходів, які містять сірку.

На основі вибраного способу підбору складу бетону побудовані експериментально-статистичні моделі, які відображають закономірності впливу трьох факторів рецептури суміші: вмісту наповнювача, піску і щебеню на міцність бетону при стиску, на розтяг при згині і початковий модуль пружності.

Аналіз експериментально-статистичних моделей показав, що найбільш інтенсивно на міцність бетону впливає дозування піску, причому його перевищення на 30...32 % веде до швидкого зниження міцності.

Оцінка однорідності розробленого складу бетону, проведена статистичними методами, показала, що склад характеризується високим коефіцієнтом однорідності, рівним 0,87.

Коефіцієнт призмової міцності для робочого складу становить 0,87, що вкладається в уявлення про кореляційну залежність для високоміцних бетонів, яка описується рівнянням $R_b = 0,738 R_c$.

Аналіз відношень R/R_{bt} і R/R_{btb} показав, що бетон з використанням відходів, вміщувачів сірки, по якості структури не відрізняється від бетону на технічній сірці. Вищевказані відношення для еталонного складу становили 22,7 і 5,9, для робочого – 20,7 і 6,0.

Результати випробувань бетону на ударну міцність показали, що використання відходів знижує цей показник у відношенні до еталону в середньому на 9 %.

Модифікування сірки 5 % дициклопентадену підвищує ударну міцність на 28,3, еталонного – на 21,2 %, що зв'язано з підвищенням енергії руйнування та збільшенням частки пружно-пластичних деформацій при деформуванні бетону під дією стискувальних зусиль.

Вивчення деформативності бетону на відходах, які містять сірку, показало, що він відноситься до бетонів з крихким характером руйнування. Початковий модуль пружності такого бетону складає $4,3 \pm 0,1 / \times 10^4$ МПа при призмовій міцності $38,3 \pm 3$ МПа.

Дослідження параметричних рівнів – нижньої і верхньої межі мікротріщиноутворення методом ультразвукової дефектоскопії і тензометрії показало, що для робочого складу параметричні рівні мають понижене значення в порівнянні з еталонним. Це слід пояснити пониженими адгезійними зв'язками компонентів і їх меншою міцністю, що приводить до більш раннього мікротріщиноутворення структури бетону при дії стискувального навантаження.

Розрахунок параметричних рівнів за залежностями, запропоновани-

Встановлено, що на величину коефіцієнта лінійного температурного розширення /КЛТР/ розробленого складу бетону значний вплив чинить вапнякова мінеральна складова відходів, яка знижує КЛТР у порівнянні з сірчанним бетоном на кварцевому наповнювачі і заповнювачі до 10 %. Це пояснюється тим, що карбонатні породи характеризуються мінімальною, а силікатні - максимальною величиною КЛТР. Величина КЛТР для розробленого складу бетону може прийматися рівною $13...13,5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Всі склади сірчанних бетонів у порівнянні з цементними характеризуються підвищеними величинами КЛТР, що зв'язано з високими їх значеннями для сірки, яка являється термочутливим матеріалом.

Що стосується сумісності КЛТР бетонів зі сталлюю арматурою, КЛТР якої складає $12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, то цементні характеризуються величинами меншими або дуже близькими, а сірчані бетони, навпаки, мають КЛТР на 5...18 % вище. Ця різниця утворює при підвищеній температурі різні за знаком напруження, що слід враховувати при розрахунку конструкцій на температурну дію. Критерієм сумісності КЛТР бетону і арматури пропонується співвідношення $\alpha_{st}/\alpha_{st} = 1$.

Дослідження пасивуючої здатності розробленого складу бетону дозволяє зробити висновок, що визначальне значення на корозійну стійкість сталі чинить наявність в сірці сірководню, а в відходах, які містять сірку, крім того, водорозчинних сульфатів.

Забезпечення надійності пасивуючої дії сірчаного бетону на сталю арматуру досягається обмеженням вмісту сірководню, органічних домішок і кислот / в перерахунку на сірчану / величинами, установленними ГОСТом 127-76^к на технічну сірку відповідно мас.доля, %: 0,004, 0,5 і 0,02.

Зола вивису, яка використовується в якості наповнювача, і зола відстою, яка використовується в якості в'язучого і наповнювача, крім вищезазначеного, повинні містити водорозчинних сульфатів / перераху-

ЛІБ ім. В. Стефаника
АН України

нок на SO_2 не більше 3 %.

З метою підвищення захисних властивостей сірчаного бетону оптимальної щільності виготовлення бетону і виробів на його основі повинно проводитися при суворому дотриманні технологічного регламенту з метою уникнення можливих дефектів при структуроутворенні бетону – термоусадочних мікротріщин, пор і капілярів, які сполучаються між собою.

Якщо експлуатація конструкцій із сірчаного бетону передбачає постійну дію води, такі конструкції слід проектувати з збільшеною товщиною захисного шару, які працюють тільки в пружній стадії без тріщин.

П'ятий розділ дисертації присвячений технології виготовлення бетонів і виробів з використанням відходів, які містять сірку, і впровадженню результатів досліджень в практику будівництва.

Особливістю технології виробництва сірчанних бетонів з використанням відходів, які містять сірку, Передкарпатських підприємств "хвостів" флотатії і золи відстою, в порівнянні з виробництвом сірчаного бетону з використанням технічної сірки і традиційних мінеральних заповнювачів, являється те, що необхідна організація засіву і складування "хвостів" на дві фракції / частинки менше і більше 0,14 мм / і коректування гранулометрії золи відстою з доповненням необхідних фракцій відходами флотатії і крупним заповнювачем. Решта технологічних операцій практично не відрізняється від тих, які прийняті при виробництві сірчаного бетону.

Модифікація сірки, що входить в склад відходів, дозволила значно покращити якість бетону і його фізико-механічні характеристики, розширити номенклатуру виробів також як і використання дисперсного армування бетону скловолокном алумоборосилікатного складу. Оскільки ці питання в завдання даного дослідження не входили, конкретних рекомендацій робота не містить.

На основі досвіду виготовлення промислових партій дорожніх і тротуарних плит в заводських умовах можна константувати ефективність запропонованої технології, а надійність конструкцій підтверджується розрахунковими даними і заводськими випробуваннями натурних зразків плит.

Потенціальна техніко-економічна ефективність розробленого виду бетону і виробів на його основі полягає, перш за все, в більш низькій вартості вихідної сировини в порівнянні з технічною сіркою і утилізації промислових відходів, що дозволяє вирішити деякі регіональні питання з екології України.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розроблені оптимальні склади сірчаного бетону з використанням відходів, які містять сірку, методом коректування гранулометрії золи відстою у відношенні до складу сірчаного бетону, прийнятого за еталон, шляхом доповнення відсутніх фракцій відходами флотатії сірчаної вапнякової руди.

2. Вивчені і установлені основні фізико-механічні характеристики розроблених складів. Установлено, що, комбінуючи гранулометричний склад відходів підприємств сірковидобувної промисловості Передкарпаття, можна отримати сірчаний бетон з високими фізико-механічними характеристиками.

3. Отримані експериментально-статистичні моделі, які відображають вплив співвідношення кількості компонентів бетонної суміші на основні міцнісні і деформативні характеристики бетону: міцність при стиску, міцність на розтяг при згині і початковий модуль пружності.

4. Встановлено, що з витривалості, тріщиностійкості, здатності до стирання і морозостійкості робочий склад сірчаного бетону забезпечує вимоги, які ставлять до цементних бетонів, і може рекоменду-

ватися для виготовлення цілого ряду виробів і конструкцій різного призначення, в тому числі плит дорожнього і тротуарного покриття, для улаштування збірних і монолітних підлог, фундаментів і ін.

5. Дослідження сумісної роботи сталльної арматури з бетоном показало достатньо надійну анкеровку, яка не поступається анкеровці в цементних бетонах. При цьому, підвищений на 5...18 % у порівнянні з цементним бетоном, коефіцієнт лінійного температурного розширення слід враховувати при розрахунку конструкцій на температурні впливи.

6. Встановлено, що забезпечення надійної пасивуючої дії бетону розробленого складу на сталну арматуру досягається обмеженням вмістом сірководню, органічних домішок і кислот / в перерахунку на сірчану / величинами відповідно, мас доля %: 0,004, 0,5 і 0,02.

7. Розроблені рекомендації з технології виготовлення сірчаних бетонів на основі відходів, які містять сірку.

Запропонована номенклатура будівельних виробів і конструкцій. Показана потенціальна техніко-економічна ефективність розробленого сірчаного бетону.

8. Результати досліджень використані при розробці дослідно-промислових ліній виробництва виробів і конструкцій на основі відходів, які містять сірку, та інструктивно-нормативної і технологічної документації.

9. Результати досліджень впроваджені при проектуванні і дослідному будівництві збірних дорожніх і тротуарних покриттів і при улаштуванні хімічностійких підлог.

Основні положення дисертації опубліковані в наступних роботах.

1. Орловский Ю.И., Маргаль И.В., Хоржевский В.И. Оптимизация свойств и составов дисперсно-армированных серных мастик и бетонов. - Киев: Об-во "Знание Украины", 1993.
2. Хоржевский В.И. Вопросы техники безопасности при производстве серных бетонов. / Проблемы огнезащиты строительных материалов и конструкций. - Львов: МП "Украина", 1994. - С.207-208.
3. Хоржевский В.И. Плиты сборные серобетонные для оснований под дорожные одежды. / Проблемы огнезащиты строительных материалов и конструкций. - Львов: МП "Украина", 1994. - С.238-242.
4. Орловский Ю.И., Хоржевский В.И. Об условиях длительности пассивирующего действия серного бетона на стальную арматуру. //Бетон и железобетон. - 1994. - № 1. - С.28-31.
5. Орловский Ю.И., Семченков А.С., Хоржевский В.И. Бетон и изделия на основе серосодержащих отходов. // Бетон и железобетон. - 1995. - № 3. - С.21-24.
6. Рекомендации по технологии изготовления серных бетонов на основе серосодержащих отходов. - Львов: "Атлас", 1995. - II с.
7. Орловский Ю.И., Семченков А.С., Ливша Р.Я., Романский И.Г., Бигун Г.Г., Хоржевский В.И. Оценка напряженного состояния бетона дорожных плит. //Бетон и железобетон. - 1995. - №5. - С.27-30.

Основні фізико-механічні характеристики бетону на
відходах, які містять сірку

Показник	Сірчаний бетон / еталон /	Сірчаний бетон на відходах
Щільність, кг/м ³	2400	2300
Короткочасна міцність, МПа		
- при стиску, кубікова	59 ± 4,7	49 ± 3,8
- теж саме, призмове	44,3 ± 3,7	38,3 ± 3,0
- при осьовому розтязі	2,6 ± 0,5	2,37 ± 0,45
- розтязі при згині	10 ± 0,6	8,1 ± 0,70
Коефіцієнт призмової міцності	0,75	0,78
Ударна міцність, кгс·см	506,7	460,7
Модуль пружності при стиску, МПа	(4,6 ± 0,1)·10 ⁴	(4,3 ± 0,1)·10 ⁴
Коефіцієнт Пуассона, ν	0,19	0,20
Відносні граничні тимчасові деформації, $\varepsilon \cdot 10^{-5}$		
- при стиску	175 ± 8,4	168 ± 9,2
- при розтязі	15 ± 1,6	14,5 ± 2,5
Параметричні рівні мікротріщино- утворення	0,61...0,68	0,55...0,61
- нижній, $R_{сгс}^0$		
- верхній, $R_{сгс}$	0,80...0,85	0,73...0,78
Коефіцієнт витривалості, K_{end}	0,40	0,44
Коефіцієнт чутливості до стирання	0,45...0,47	0,46...0,50
Коефіцієнт лінійного температурно- го розширення, $\alpha_{\text{л}} \cdot 10^{-6}, \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	14,8	13,3
Морозостійкість не нижче, цикли		250

Хоржевський В.І. Властивості і технологія виготовлення сірчаного бетону на основі відходів промислового виробництва, що містять сірку. Дисертація у вигляді рукопису на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.05 - будівельні матеріали і вироби. Одеська державна академія будівництва і архітектури, Одеса, 1995.

Дисертація містить експериментально-теоретичне дослідження властивостей і технології виготовлення сірчанних бетонів з використанням відходів сірчаної промисловості. Вивчені і встановлені основні фізико-механічні характеристики розроблених складів. Отримані закономірності впливу рецептурно-технологічних факторів на властивості. Здійснено дослідно-промислове впровадження запропонованої технології. Потенційна економічна ефективність може бути отримана за рахунок зниження вартості виробів і утилізації відходів сірчаної промисловості.

Ключові слова: сірчаний бетон, відходи, що містять сірку, властивості, технологія.

Horgewski V.I. Properties and technology of production of Sulphur concrete on the base of sulphur containing wastes.

The dissertation for getting degree of Candidate of Technical science speciality 05.23.05 "Building materials and articles". Odessa State Academy of Building and Architecture, Odessa, 1995.

The dissertation contain the results of experimental and theoretical investigations of properties and technology of production sulphur concrete on the base of sulphur containing wastes are presented. The main physical-mechanical characteristics of designing mix compositions material are researching and determinating. The relationship of influence of technological factors and mix compositions for properties of sulphur concrete are obtained. The results

of technological investigations are introducing in the building industry. Potential economic effects may be receiving by reduction prize of articles and by utilization wastes products of sulphur production.

Key words: sulphur concrete, sulphur containing wastes, wastes products of sulphur production, properties, technology.

100000

Підп. до друку 28.09.95 . Формат 60x84^I/16
 Папір друк. № 2. Офс. друк. Умовн. друк. арк. 1.5
 Умовн. фарб.-відб. 1.5 Умовн. видав. арк. 1.32
 Тираж 40 прим. Зам. 160 . Безплатно

ДУЛП 290646 Львів-13, Ст.Бандери, 12

Діляниця оперативного друку ДУЛП
 Львів, вул. Городоцька, 286