

ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

На правах рукопису
УДК 666.972.16

Горленко Анжеліка Анатоліївна

ЦЕМЕНТНИЙ БЕТОН ПІДВИЩЕНОЇ МІЦНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ
З КОМПЛЕКСНИМИ ХІМІЧНИМИ ДОМІШКАМИ НА ОСНОВІ ХЛОРИДІВ

Спеціальність 05.23.05 - Будівельні матеріали та вироби



А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 1996

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00753752 (Т)

AB-35.952

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі дорожньо-будівельних матеріалів та хімії Українського транспортного університету.

Науковий керівник - кандидат технічних наук, доцент
Дорошенко Юрій Михайлович

Офіційні опоненти - доктор технічних наук,
Чистяков В.В.
кандидат технічних наук,
Бесараб А.Н.

Провідна організація - "Мостобудівельне управління - 5",
м.Запоріжжя

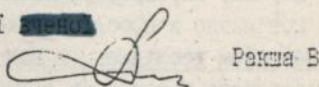
Захист відбудеться "27" листопада 1996 р. у 13⁰⁰ годин
на засіданні спеціалізованої ради К 01.18.08 "Будівельні матеріа-
ли та вироби" у Державному технічному університеті будівництва та
архітектури за адресою:

252037, м.Київ-37, Повітрянофлотський проспект, 31

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного
технічного університету будівництва та архітектури.

Автореферат розісланий "25" травня 1996 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, к.т.н., доцент



Рашка В.О.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

AB 35.952

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Останнім часом зросли потреби у цементних та бетонних, які відповідають наступним вимогам: підвищеній міцності, морозостійкості, стійкості до різних агресивних середовищ, водонепроникності та ін. Однією з головних задач будівельної індустрії є збільшення асортименту нових будівельних матеріалів, зниження енерго- та матеріалоємкості виробництва, забезпечення економії цементу.

Найбільш простим та ефективним шляхом рішення цієї задачі у виробництві бетонних та залізобетонних виробів є використання хімічних домішок. Це пояснюється тим, що отримання заданої міцності бетону у мінімально короткі строки є важливою проблемою виробництва збірного та монолітного залізобетону. Зменшення строку твердіння бетону, підвищення його міцнісних характеристик дає можливість скоротити витрати цементу, режим термообробки, час обороту форм та ін. Прискорювачі твердіння дозволяють ліквідувати сезонність будівельних робіт.

Однак, відомі у цей час прискорювачі твердіння бетону не завжди у повному обсязі володіють ознаками, які необхідні для широкого впровадження їх у будівництві. Наприклад, іноді стримувачами факторами є незначний позитивний ефект або висока вартість домішки, агресивність по відношенню до арматури залізобетону та ін. Тому питання розробки більш ефективних прискорювачів твердіння бетону є актуальною проблемою виробництва бетонних та залізобетонних виробів.

При розробленні прискорювачів твердіння необхідно урахувати не тільки реальну промислову базу виробництва хімічної продукції, а й досліджувати можливість використання у якості домішок відходи та попутні продукти різних виробництв. При цьому досягається зниження собівартості домішок та бетону за рахунок економії в'язучих, вирішується питання утилізації відходів, яке нерозривно пов'язано з проблемою охорони навколишнього середовища.

Об'єктом досліджень є вплив домішок $\text{CaCl}_2 + \text{Al}(\text{NO}_3)_3$ та мінералізованого розсолу на фізико-хімічні та фізико-механічні властивості цементобетону.

Мета роботи. теоретично обґрунтувати механізм і закономірності твердіння та структуроутворення цементного каменю з домішками у виробництві бетонів, розробити на основі цього технології отримання більш міцних та довговічних бетонних виробів.

Завдання роботи. Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

- дослідити можливість використання у якості домішки мінералізованого розсолу, який би забезпечив отримання бетону з поліпшеними властивостями;
- розробити нову комплексну хімічну домішку у такій оптимальній кількості, яка б забезпечила можливість спрямованого структуроутворення клінкерного в'язучого цементобетону з підвищеним зростанням міцності на протязі усіх випробувань;
- виявити оптимальну кількість домішок у цементній композиції;
- обґрунтувати механізм твердіння цементу та бетону з домішками;
- дослідити основні фактори, які впливають на фізико-хімічні процеси твердіння цементу з домішками;
- визначити вплив домішок на фізико-механічні властивості бетону;
- виявити вплив домішок на збереження арматури у залізобетоні;
- розробити технологію приготування бетонних виробів з домішками з підвищеною міцністю та довговічністю та перевірити їх ефективність у виробництві.

Методологія досліджень: аналіз літературних даних, формування завдання, складання робочої програми, вирішення завдання, проведення теоретичних досліджень, виконання класичних та планових експериментів, статистична обробка результатів досліджень, знаходження емпіричних формул та побудова математичних моделей, визначення збіжності теоретичних та експериментальних даних, формулювання висновків та розробка рекомендацій.

Наукова новизна роботи:

- теоретично обґрунтована, експериментально та практично підтверджена можливість значного підвищення міцності та

довговічності бетону при різних умовах твердіння з домішками мінералізованого розсолу та $\text{CaCl}_2 + \text{Al}(\text{NO}_3)_3$ (патенти України N°9646 А, N°9645 А від 18.05.94 р.);

- доведено, що використання домішок сприяє формуванню більш тонкодисперсної структури та прискоренню процесів твердіння клінічного в'язучого, підвищенню міцності та довговічності бетону;

- визначена оптимальна кількість домішок;

- розроблені рекомендації по вживанню домішки - прискорювача твердіння бетону при виробництві бетонних та залізобетонних виробів та конструкцій.

Достовірність наукових положень роботи обумовлюється численними експериментальними дослідженнями, які виконувалися у спеціальних лабораторіях, їх дублювання, аналізом даних різних авторів з використанням статистичних методів, застосування сучасної виміральної апаратури, точних приладів, комп'ютерної техніки, використання при обробці результатів дослідів методів математичної статистики, розробка програм для розрахунку оптимальної кількості комплексної домішки та усадочних деформацій бетону. Запропоновані формули і моделі мають достовірну статистичну забезпеченість.

Практична цінність роботи полягає у розробці ефективних домішок - $\text{CaCl}_2 + \text{Al}(\text{NO}_3)_3$ та мінералізованого розсолу, які дозволяють отримати бетони підвищеної міцності та довговічності. З метою зниження вартості комплексної домішки розглянута можливість її заміни попутними продуктами та відходами виробництва хімічної промисловості.

Виявлено, що розроблені домішки не викликають корозії арматури у залізобетоні. Використання цих домішок дозволяє зменшити витрати цементу до 18% без зниження фізико-механічних властивостей бетону або скоротити на 30-40% цикл термообробки.

Впровадження результатів роботи. Виробнича перевірка та впровадження результатів досліджень з запропонованими домішками здійснювалася у 1994-1995 рр. на:

- базі МЗ-2 м. Києва при виробництві бетонних та залізобетонних виробів (блоки фундаментні, конструкції драбинних сходів пішохідних мостів);

- промбазі ЗАТ "МБУ - 5" при виробництві бетонних та залізобетонних виробів (шафні стінки, відкритки, насадки типу "ЕН" та "НО", косоури, перехідні плити П-1-4);

- виробничій базі АТ "Київавтотранссервіс" при виробництві бетонних та залізобетонних конструкцій та виробів (борт бетонний, поребрик, залізобетонні кільця діаметром 1,5м);

Виявлено, що з використанням запропонованих домішок є можливість економії цементу до 30-45кг на 1м^3 бетонної суміші.

Апробація роботи. Основні положення роботи доповідалися:

1. На 49-й, 50-й, 51-й, 52-й наукових конференціях професорсько-викладацького складу та студентів інституту, КАДІ, Київ: 1993, 1994, 1995, 1996 рр.

2. На російській науково-технічній конференції "Современные технологии и материалы при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог", Суздаль: 1994 р.

3. На науково-технічній конференції, присвяченій 50-річчю Київського автомобільно - дорожнього інституту, КАДІ, Київ: 4-6 жовтня 1994 р.

4. На міжнародній науково-технічній конференції "Ресурсосбережения и экология промышленного региона", Макіївка: 5-8 вересня 1995 р.

5. На науково-технічній конференції "Проблеми будівництва автомобільних доріг з використанням цементу в конструктивних шарах дорожніх одягів", Київ: 1996 р.

Публікації. Основні положення дисертації викладені у дев'яти роботах. Отримані патенти України N°9645 А, N°9646 А від 18.05.94 р.

На захист вноситься:

- обґрунтування складу та оптимального дозування домішок;
- встановлення закономірностей впливу домішок на процеси гідратації та структуроутворення в'язучого;
- вплив домішок на фізико-механічні властивості бетону;
- результати досвідно-виробничої перевірки та упровадження розроблених домішок у будівництві.

Обсяг роботи. Дисертація складається з передмови, шести глав, основних висновків, списку літератури та п'яти додатків.

Загальний обсяг роботи складає 189 стор., у тому числі 91 стор. основного тексту, 20 рис. на 19 стор., 30 табл. на 30 стор., списку літератури з 128 назв на 10 стор., 39 стор. додатків.

ЗМІСТ РОБОТИ

У передмові обгрунтована актуальність проблеми та завдання наукових рішень, їх практичне цінність.

У першій главі доведено, що значний внесок у розвиток технології зробили відомі вчені та спеціалісти: І.А.Кирєєнко, Я.З.Столяров, Ю.Є.Корнілович, О.Л.Калішук, М.С.Хуторянський, І.В.Вольф, М.К.Цілуйк, Г.В.Пухальський, О.І.Конюшенко, В.Д.Глуховський, І.О.Пашков, М.М.Круглицький, І.Г.Гранковський та багато інших.

Хімічні домішки - як засіб регулювання властивостей бетону відомі багато років. Широкому практичному використанню хімічних домішок у нашій країні сприяли роботи таких вчених: С.М.Алексєєва, У.С.Аяпова, В.Г.Батракова, Ю.М.Бутта, Г.І.Горчакова, Т.Ю.Лобанової, І.М.Грушко, Ф.М.Іванова, В.М.Малиніна, О.П.Малиніної, С.О.Міронова, В.М.Москвіна, О.П.Мчедлов-Петросяна, О.В.Саталкіна, Є.Є.Сєгалолової, Г.М.Сиверцева, М.М.Сичова, М.І.Хигєровіча, С.В.Шестєєрова, В.М.Кінга та ін.

Було виявлено, що уведення хімічних домішок до розчину та бетонів дозволяє керувати процесами структуроутворення та твердіння цементного каменю та бетону.

У якості прискорювачів твердіння бетону найбільше поширення одержали легко розчинні у воді домішки неорганічних солей, при цьому особливе значення здобувають комплексні домішки. У основі створення комплексних прискорювачів твердіння полягає принцип сполучення індивідуальних домішок з різними механізмами дії. Саме цей принцип розробки домішок є найбільш виправданим як з боку наукового підходу до цього питання, так й з боку досягаемого результату. На основі літературних даних про хімічні домішки, які використовуюються у бетоні, була проведена робота з метою знайти оптимальні компоненти комплексної домішки, які б відповідали

умовам, що пред'являють до бетонних і залізобетонних виробів.

Друга глава: Після проведення численних експериментів, було вперше виявлено, що комплексна домішка $\text{CaCl}_2 + \text{Al}(\text{NO}_3)_3$ прискорює ранню, збільшує марочну міцність бетону, не викликає корозії арматури, появи плям висолів на бетонній поверхні. Виявлено, що оптимальна кількість домішки знаходиться у межах 0,08-0,10% в'ї маси цементу у відношенні 1:1. Також вперше було вивчено та досліджено мінералізований розсіл (МР) у якості домішки, який являє собою прозору або жовтого кольору - густу рідину. Питома вага $1,33 \text{ г/см}^3$. Сумарна концентрація солей - 303,8 г/л. МР містить наступні солі: хлориди магнію, калію, натрію; сульфати магнію і калію; бромид магнію і карбонат магнію. Результати випробувань МР виявили можливість використання цього продукту як домішку у бетон. Оптимальна кількість домішки складає 0,5 - 1,0% від маси цементу у перерахунку на суху речовину.

Оптимальна кількість компонентів домішки $\text{CaCl}_2 + \text{Al}(\text{NO}_3)_3$ визначалася за допомогою метода ротабельного центрального композиційного планування (РЦКП) експериментів.

Для визначення оптимальної кількості МР було проведено багато експериментів. Кількість добавки знаходилася у межах 0,05-2,0% від маси цементу.

Вплив домішок на структуроутворення цементного каменю вивчався по зміні кінетики гідратації цементу, строків тужвлення, нормальної густини та пластичної міцності цементного тіста.

Для вивчення досліджених домішок на структуру цементного каменю використовувалися: методи оптичної мікроскопії та ртутної порометрії.

При дослідженні впливу запропонованих домішок на і процесі твердіння та новоутворення цементного каменю використовувалися фізико-хімічні методи, які склалися з рентгенофазового, термічного (ДТА, ДТГ, ТГ), електронно-мікроскопічного аналізів.

Досліджувався вплив домішок на зріст міцності бетону з портландцементом різного хімічного та мінералогічного складу та марок. Основні дослідження виконувалися на портландцементі М500.

Вплив витрат цементу на зріст міцності бетону з домішками досліджувався при різних витратах цементу ($360 - 288 \text{ кг/м}^3$).

Зменшення витрат цементу компенсувалося уведенням такої ж по об'єму кількості дрібного заповнювача (піску).

Дослідження впливу кількості води замішування на міцність бетону з домішками виконувалися з різним водоцементним відношенням (0,35; 0,39; 0,45).

Вплив вистоквання бетонної суміші з домішками до її укладання на міцність бетону визначався після 20, 40, 60 хвил. вистоквання у повітряно-сухих умовах ($t=20\pm 2^{\circ}\text{C}$, $W=60\%$).

Вплив температури твердіння на зріст міцності бетону, з домішками визначався при температурах $t=5\pm 2^{\circ}\text{C}$, $t=20\pm 2^{\circ}\text{C}$, $t=35\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Дослідження можливості скорочення режиму термообробки та температури прогріву бетону з розробленими домішками.

Визначення впливу домішок на зріст міцності цементного каменю, розчину, бетону у часі. Далі встановлювався вплив домішок на кінетику зростання міцності бетону у різних умовах твердіння.

Визначення міцностних характеристик бетону з домішками на розтягання при розколюванні; на розтягання при вигині та призмава міцність.

Дослідження стійкості та довговічності бетону з домішками.

Домішки уводилися у бетонну суміш разом з водою замішування.

У дослідженнях був прийнят бетон класу В30. Витрати матеріалів на м^3 бетонної суміші склали: Ц=360кг, П=623кг, Щ=1199кг, В=140л, В/Ц=0,39. Жорсткість суміші - 30+45 сек. Витрати домішок дорівнювали оптимальній кількості: $\text{CaCl}_2 + \text{Al}(\text{NO}_3)_3 = (0,288 + 0,416) + (0,360 + 0,520)$ кг, що дорівнює $(0,06\% + 0,06\%) + (0,10\% + 0,10\%)$; МР - $(6,92 + 13,85)$ л, що дорівнює $(0,5\% + 1,0\%)$ від маси цементу у перерахунку на суху речовину.

У якості крупного заповнювача використовувався щебінь Малинського каменедробильного заводу крупності 5-20 мм, який поділявся на дві фракції: 5-10 мм - 480 кг, 10-20 мм - 719 кг. У якості дрібного заповнювача використовувався річний дніпровський дрібний кварцевий пісок.

У третій главі наведені дані впливу домішок на структурутворення в'язучого. Використання домішок дозволяє прискорити кінетику гідратації цементу та спрямовано впливати на процеси структурутворення.

Максимально ступінь гідратації збільшується після 12 год. (у 1,42-1,46 рази) та мінімально після 28 діб (у 1,09-1,14 рази) у зразках цементного каменю з домішками у порівнянні з еталоном.

Запропоновані домішки слабо впливають на розмір пластичної міцності цементного тіста у ранній період його твердіння (до 2 год.) та швидко збільшують її подальше (до 5 год.) у порівнянні з еталоном.

Дослідженні домішки прискорюють початок схоплювання на 29 - 42% та кінець - на 60-115% у порівнянні з еталоном. Нормальна крутість цементного тіста практично залишається незмінною у порівнянні з цементом без домішок. Запропоновані домішки не змінюють початкову рухомість бетонної суміші.

Домішки сприяють розвитку ультрамікропор при приблизно однаковій загальній пористості (загальна пористість бетонних зразків без домішок складає 5,7%, з домішкою $CaCl_2 + Al(NO_3)_3$ - 4,5%, з мінералізованим розсолон - 3,5%).

Ці випробування погоджуються з дослідженнями впливу домішок на фізико-хімічні процеси твердіння цементу.

Результати рентгенофазового аналізу підтвердили, що домішки активують процеси розчинення клінкерних мінералів та сприяють більш повній гідратації в'язучого. При цьому кристалізація новоутворень зсувається у бік збільшення кількості гідросилікатів кальцію та низькоосновної форми гідросульфаталюміната (рис.1).

Дослідженнями термічного аналізу встановлено, що основна частина зв'язаної води втрачається при нагріванні до $t = 500^\circ C$. У цементного каменю без домішок у інтервалі $t = 473-505^\circ C$, який відповідає розкладанню $Ca(OH)_2$, втрачається 9,4% загальної кількості втрат маси при нагріванні до $t = 1000^\circ C$. З домішкою $CaCl_2 + Al(NO_3)_3$, відповідно, 8,4%, з домішкою МР - 6,8%. Втрата маси зразків з домішками знижується по відношенню до еталону. Таким чином, у присутності домішок підвищується інтенсивність процесів гідратації, а менша кількість $Ca(OH)_2$ показує на підвищену кількість гідросилікатів кальцію (рис.2).

Дослідження мікроструктури цементного каменю за допомогою електронного мікроскопу виявили, що цементний камінь з домішками характеризується більшою однорідністю, закристалізованістю,

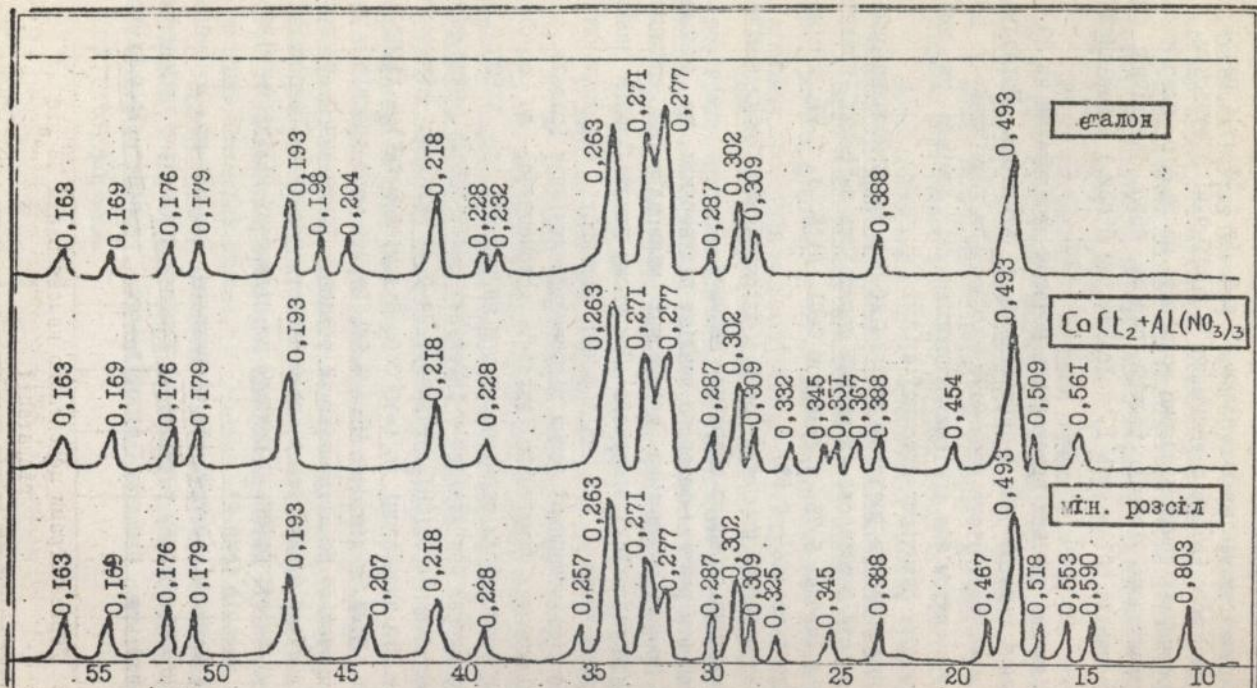


Рис. Рентгенограми цементного каменя після 28 діб гідратації

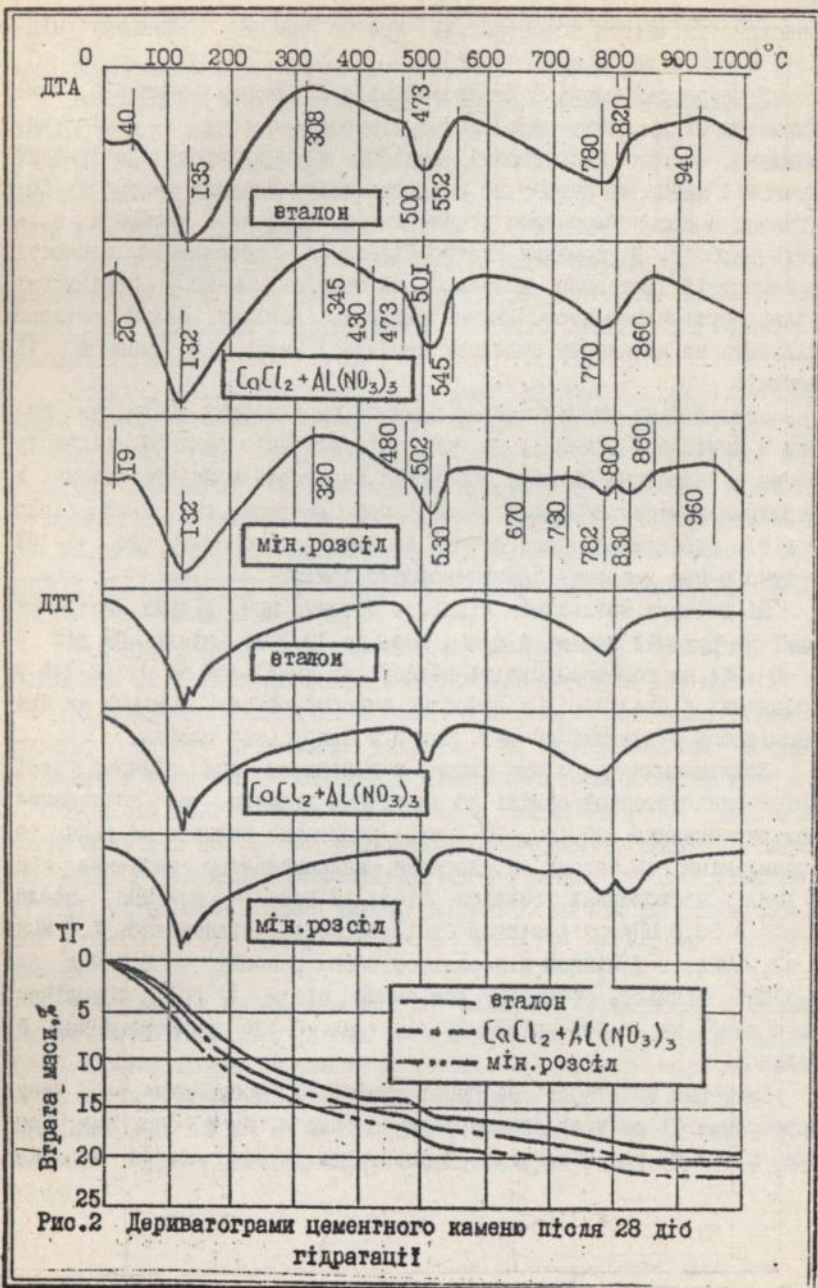


Рис.2 Дериватограми цементного каменю після 28 днів гідратації

тонкокристалічністю новоутворень. Усе це пояснює підвищену міцність цементного каменю та бетону.

У четвертій главі були проведені дослідження факторів, які впливають на кінетику зростання міцності бетону з домішками. Виявлено, що при використанні домішок є можливість досягнення однакової міцності бетону на цементах більш низьких марок у порівнянні з високомарочними цементами, що дозволяє зменшити вартість виробів. Ці домішки значно більше, по абсолютній міцності та темпам її зростання, впливають на портландцемент у порівнянні з шлакопортландцементом. Іншими словами, домішки більш активно впливають на клінкерну складову цементу і менш - на шлакову її частину.

Дослідження впливу витрат цементу на кінетику твердіння бетону з домішками виявили, що при використанні домішок міцність бетону з витратами цементу 306 кг/м^3 перевищує міцність бетону з витратами цементу 360 кг/м^3 , але без домішок (на 2-4% після 28 діб). Здійснювані дослідження дозволяють економити до 15-18% в'язучого при уведенні запропонованих домішок.

Ці добавки збільшують міцність бетону при різних витратах води: на рухомій суміші після 1 доб. на 19-29%, після 28 діб - на 10-13%; на жорсткій суміші відповідно на 31-42% та на 18-21% у порівнянні з еталоном. Це дозволяє використовувати домішки як при монолітному будівництві споруд, так й у заводських умовах.

Дослідження твердіння бетону з домішками при різному часі вистоявання бетонної суміші до укладання виявили, що збільшення часу вистоявання (20, 40, 60 хвил.) позитивно впливає на ранню та марочну міцність бетону й досягає максимального значення при 60 хвил. вистоявання (еталон після 12 год. - 6,4 МПа, після 28 діб - 38,0 МПа, з домішкою $\text{CaCl}_2 + \text{Al}(\text{NO}_3)_3$, відповідно, 7,6 МПа та 42,9 МПа, з домішкою мінералізованого розсолу - 8,3 МПа та 44,5 МПа. Міцність бетону з домішками після 12 год. твердіння підвищилася на 18-30%, після 28 діб - на 10-13% у порівнянні з еталоном.

Змінення жорсткості бетонної суміші з добавками від часу вистоявання її до укладання практично така ж, як й без них, що дуже важливо у заводських умовах, де треба деякий час на

транспортування й укладання бетонної суміші у форми.

Дослідження впливу температури твердіння на зріст міцності бетону з домішками виявили, що максимальний ефект спостерігається у бетоні, який твердів при температурі $t=20\pm 2^\circ\text{C}$ (після 28 діб). Максимальна міцність у ранні строки (1-3 доб.) твердіння відзначена у бетоні з домішками при $t=35\pm 2^\circ\text{C}$. Найбільше збільшення міцності відзначено у бетоні з домішками, який твердів при $t=5\pm 2^\circ\text{C}$. Виявлено, що при відсутності температурних факторів, найбільш виразно спостерігається прискорюючий хімічний ефект від уведення домішок у бетон.

Дослідження впливу домішок на режим та температуру пропарювання бетону дозволили виявити, що оптимальним режимом гідротермальної обробки бетону з домішками є режим $1+2,5+3,5+1,5$ при температурі $t=60-80^\circ\text{C}$. Запропоновані домішки збільшують міцність пропарюваного бетону, тому з'являється можливість використання їх для заводів збірного залізобетону. Їх впровадження дозволяє скоротити цикл термообробки на 30-40% та понизити температуру прогріву з $t=90-95^\circ\text{C}$ до $t=60-80^\circ\text{C}$.

У п'ятій главі були проведені дослідження факторів, які впливають на фізико-механічні властивості бетону з домішками.

Дослідження кінетики зростання міцності цементного каменю, розчину, бетону дозволили виявити, що запропоновані домішки збільшують міцність на стиснення цементного каменю та розчину на 10-13% після 28 діб твердіння. Бетон з домішками у цей час підвищує міцність на 15-18%. Максимальне значення збільшення міцності бетону з домішками спостерігається у ранні строки твердіння (1 доб. на 25-35%). Таким чином, виявлено, що використання домішок у бетон ефективно при збереганні його у нормально-вологіх умовах.

Дослідження впливу домішок на кінетику зростання міцності бетону, який твердів у різних умовах виявили, що домішки дозволяють швидко підвищити ранню на 17-45%, збільшити марочну міцність бетону на 10-21%, зберегти стабільне збільшення міцності у часі (до двох років) на 4-11% (при різних умовах твердіння), що є важливим пунктом для практичного застосування домішок у будівництві.

Дослідження міцностних характеристик бетону на розтягання при розколюванні, на розтягання при вигині та призмове міцність виявили, що при усіх випробуваннях ефект присутності домішок виявляється стабільно. Це свідчить про універсальність їх дії.

Дослідження порової структури цементного каменю, які здійснювалися методом ртутної порометрії, виявили ущільнюючу роль цих домішок. Внаслідок цього, цементні розчини (Ц:П=1:3) з домішками володіють зниженим капілярним підсмоктуванням та водовибиранням. Такі результати дозволяють припустити, що ці добавки сприяють формуванню більш стійкої та непроникної структури цементного каменю.

Це підтвердили дослідження стійкості та довговічності бетону з запрс онованими домішками (табл.1), які виявили: збільшення морозостійкості після 200 циклів випробування на 2-4%; збільшення водонепроникності у 1,5 рази; втрати маси бетону з домішками на 22-26% менш, ніж у бетоні без домішок.

Корозійні випробування зразків у 5%-х розчинах Na_2SO_4 та КОН виявили, що стійкість зразків з домішками не поступається еталону. При цьому найбільш агресивним середовищем є Na_2SO_4 . Зменшення міцності у сульфатному розчині максимально для зразків з домішками та без них. Коефіцієнт стійкості бетону з домішками збільшується після 100 циклів випробування на 8-12% у лужному середовищу.

Дослідження деформативних властивостей бетону виявили, що інтенсивність проходження процесів усадки у перший час твердіння (до 15 діб) більш у бетоні з домішками, але подальше настає стабілізація зростання усадочних деформацій. На кінець року вони чисельно дорівнювали усадочним деформаціям бетону без домішок. Застосування домішок не виявляє суттєвого відхилення величин початкових модулів пружності бетону від відповідного показника бетону без домішок.

Важливим питанням практичного застосування домішок є їх відношення до сталеної арматури залізобетону. Випробуваннями виявлено, що використання домішки $\text{CaCl}_2 + \text{Al}(\text{NO}_3)_3$ не викликає збільшення корозії арматури. У віці 2 років у всіх зразках бетону з домішкою та без неї арматурні стержні практично не пошкоджені корозією.

Таблиця 1

Вплив домішок на властивості бетону у нормально-вологих умовах

Дослідження	Випробування	Домішка		
		еталон	$\text{CaCl}_2 + \text{Al}(\text{NO}_3)_3$	мінерал. розсіл
Вплив домішок на зростання міцності	1 доб.	12,1	15,5	16,6
	3 доб.	19,1	21,8	22,7
	7 д10	28,9	32,7	33,5
	28 д10	36,9	42,4	43,5
	90 д10	40,1	45,0	45,5
	180 д10	43,3	46,5	47,5
	360 д10	46,0	48,0	48,5
	720 д10	47,5	48,8	49,5
Вплив домішок на морозостійкість бетону після 200 циклів	R перед випробуванням, МПа	36,9	42,4	43,5
	R^0 основних зразків, МПа	36,1	43,1	45,0
	R^k контрольних зразків, МПа	37,6	43,5	45,3
	коефіцієнт морозостійкості, K_m	0,96	0,98	0,99
Вплив домішок на водонепроникність бетону	опір бетону прониканню повітря, $\frac{\text{с}}{\text{см}^3}$	12,9	28,7	28,9
	марка бетону	W8	W12	W12
Вплив домішок на корозійну стійкість бетону після 100 циклів	$R_{и}^k$ контрольних зразків, МПа	5,7	6,6	7,0
	$R_{и}$ після випробування, МПа	середовище $\text{Na}_2\text{SO}_4 - 5\%$		
		5,2	5,7	6,3
	коефіцієнт стійкості, K_c	0,91	0,87	0,90
	$R_{и}$ після випробування, МПа	середовище $\text{KOH} - 5\%$		
	5,8	7,2	7,9	
	коефіцієнт стійкості, K_c	1,01	1,09	1,13

Кінетика вагових втрат та глибина пошкодження стержнів приблизно у 4,5 рази менше, ніж у бетоні з домішкою CaCl_2 (2%). Результати випробування підтвердили, що $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ є інгібітором корозії арматури та може використовуватися з агресивними солями.

Дослідження бетону з домішкою МР виявили, що арматура у бетоні з цією домішкою має повне зберігання на протязі усіх випробувань (до 2 років) у різних умовах твердіння. У присутності МР підвищується інтенсивність процесів гідратації силікатних фаз цементу, прискоренні та поглибленні процесів адсорбційного диспергування мінералів цементу. Це погоджується з результатами дослідження рентгенофазового та термічного аналізів.

Виявлено, що домішки не викликають з'явлення плям висолів, вицвітів на бетонній поверхні й тому не можуть погіршувати декоративних властивостей бетону.

При розробці домішки $\text{CaCl}_2 + \text{Al}(\text{NO}_3)_3$ враховувалася реальна промислова база виробництва хімреактивів, а також розглядалася можливість використання у якості домішки відходів та попутних продуктів хімічних виробництв. У результаті пошукових робіт виявлено у значній кількості відходи, які містять CaCl_2 . Другий компонент домішки $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ має декілька більшу вартість, ніж хлорид кальцію та він є менш доступною хімічною речовиною. Але його використання у дослідженнях разом з CaCl_2 дає найбільший ефект при отриманні максимальних результатів (збільшення міцності та довговічності бетону), ніж просто CaCl_2 . Крім того, треба враховувати розвиток хімічної промисловості й те, що домішка $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ використовується у малій кількості. Тому необхідно вважати її використання перспективним напрямком.

У шостій главі наведені дані виробничої перевірки та впровадження результатів роботи з запропонованими домішками.

Виробнича перевірка та впровадження домішок у 1994-1995 рр. виконувалася на промбазі ЗАТ "МБУ-5, на виробничій базі АТ "Київ-автотранссервіс", на базі МЗ-2 м. Києва при виробництві бетонних та залізобетонних виробів.

Виявлено, що з використанням домішок є можливість економії цементу до 30-45 кг на m^3 бетонної суміші.

На основі узагальнення зроблених досліджень й виробничого

досвіду впровадження домішки мінералізованого розсолу розроблено "Проект рекомендацій по використанню домішки - прискорювача твердіння при виробництві бетонних та залізобетонних виробів та конструкцій".

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Вперше виявлена можливість використання ефективних домішок $\text{CaCl}_2 + \text{Al}(\text{NO}_3)_3$ та мінералізованого розсолу (патенти України N°9645 А, N°9646 А від 18 травня 1994 р.).

2. Виявлена можливість спрямованого впливу на кінетику процесів формування структури цементного каменю з домішками з метою їх прискорення. Дослідження фізико-хімічного аналізу, методів оптичної мікроскопії та ртутної порометрії виявили, що запропоновані домішки сприяють інтенсифікації клінкерних мінералів. Підвищення ступеня гідратації цементу характеризується зменшенням кількості та розміру негідратованих клінкерних зернин, збільшенням кількості гідратних новоутворень, формуванні більш тонкодисперсної та однорідної структури цементного каменю.

3. Використання домішок дозволяє економити цементу до 10-15% у монолітному будівництві й до 15-18% при виробництві збірного залізобетону. Підвищити активність низькомаро лих цементів.

4. Розроблені домішки підвищують міцність бетону після термообробки. Їх впровадження дає можливість скоротити цикл термообробки на 30-40% та температуру прогріву з $t=90-95^\circ\text{C}$ до $t=60-80^\circ\text{C}$, що дає можливість збільшити оборотність пропарювальних камер і форм, зменшити енерговитрати та собівартість виробів.

5. Запропоновані домішки збільшують ранню міцність бетону на 17-45%, марочну - на 10-21%, зберігають стабільне збільшення міцності у часі (до двох років) на 4-11%.

6. Розроблені домішки дозволяють зменшити капілярне підсмоктування та водовибирання у 2-2,5 рази; підвищити морозостійкість після 200 циклів випробування у 1,02-1,04 рази та водонепроникність у 1,5 рази. А також підвищити інші експлуатаційні характеристики бетону.

7. Запропонована домішка $\text{CaCl}_2 + \text{Al}(\text{NO}_3)_3$ не викликає збільшення корозії арматури у залізобетоні у порівнянні з бетоном без домішки. З домішкою мінералізованого розсолу корозії арматури не виявлено. Відсутність корозії у залізобетоні з домішками пояснюється: малою кількістю домішок; лужність цементного тісту майже не змінюється ($\text{pH}=12,60$ для еталону, $\text{pH}=12,45$ з домішкою $\text{CaCl}_2 + \text{Al}(\text{NO}_3)_3$, $\text{pH}=12,53$ - з мінералізованим розсолом); домішки сприяють більш мікропористій структурі, що забезпечує надійний шар для арматури (це підтверджується випробуваннями на водонепроникність, капілярне підсмоктування та водовбирання, дослідженнями структури порового простіру); фізико-хімічний аналіз виявив, що хлориди не знаходяться у вільному стані, а зв'язані у новоутворення $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

8. Виробниче впровадження бетону з домішками при виробництві збірних бетонних та залізобетонних конструкцій та виробів в умовах заводів виявили високі експлуатаційні якості бетону. Використання бетону з домішками не вимагає істотних змін технологічної схеми виробництва. На основі технологічних досліджень розроблені рекомендації по впровадженню домішки - прискорювача твердіння при виробництві бетонних та залізобетонних виробів та конструкцій.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛКОВАНІ У НАСТУПНИХ РОБОТАХ:

1. Дорошенко Ю.М., Горленко А.А., Борковский П.П. Отходы химической промышленности как добавки в дорожные цементобетоны // Автошляховик України, 1993, №4, с.26-27
2. Дорошенко Ю.М., Горленко А.А. Відходи хімічної промисловості як домішки в цементобетон // Тези доповідей "Шляхи підвищення ефективності дорожнього господарства України в нових умовах господарювання" науково - технічній конференції, присвяченій 50 - річчю Київського автомобільно-дорожнього інституту, К.:1994, с.86
3. Дорошенко Ю.М., Горленко А.А. Отходы химической промышленности как добавки в цементобетон // Тезиси російської науко -

технической конференции "Современные технологии и материалы при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог" / Под ред. Семенова В.А., Суздаль, 1994, с.99-101

4.Горленко А.А., Дорошенко Ю.М. Патент України №9645 А від 18 травня 1994 р. бюлетень "Промислова власність" Держпатенту України

5.Горленко А.А., Дорошенко Ю.М., Борковський П.П., Комаровський В.Ю. Патент України №9646 А від 18 травня 1994 р. бюлетень "Промислова власність" Держпатенту України

6.Дорошенко Ю.М., Горленко А.А. Минерализованный раствор как добавка в бетон // Международная научно-техническая конференция "Ресурсосбережение и экология промышленного региона". Сб. трудов, т.1: "Ресурсосберегающие технологии в производстве строительных материалов", Мakiївка, 1995, с.56

7.Дорошенко Ю.М., Горленко А.А. Исследование влияния комплексной добавки $\text{CaCl}_2 + \text{Al}(\text{NO}_3)_3$ на физико-механические свойства бетона // Международная научно-техническая конференция "Ресурсосбережение и экология промышленного региона". Сб. трудов, т.1: "Ресурсосберегающие технологии в производстве строительных материалов", Мakiївка, 1995, с.58

8.Дорошенко Ю.М., Горленко А.А. Использование хлорсодержащих отходов химической промышленности как добавки в бетон // Международная научно-техническая конференция "Ресурсосбережение и экология промышленного региона". Сб. трудов, т.1: "Ресурсосберегающие технологии в производстве строительных материалов", Мakiївка, 1995, с.62

9.Дорошенко Ю.М., Горленко А.А. Двухкомпонентная химическая добавка для бетона // Автошляховик України, 1996, №2, с.37-38

10.Горленко А.А. Прискорювач твердіння дорожнього цементобетону // Наукова-практична конференція "Проблеми будівництва автомобільних доріг з використанням цементу в конструктивних шарах дорожніх одягів", тези доповідей, К.: 1996, с.15-16

11.Дорошенко Ю.М., Горленко А.А. Отходы и попутные продукты химических производств в качестве добавок в цементобетон // Автошляховик України, 1996, №3, с.40-41

Gorlenko A.A. Cement Concrete of Increased Strength and Durability, with Complex Chloride-Based Admixtures. Candidate of Science (Technology) dissertation, 05.23.05 Construction Materials and Products. State Technological University for Construction and Architecture, Kyiv, 1996.

Relying on theoretical and experimental studies, the author establishes the effect of complex chloride-based admixtures on the physical and mechanical properties of concrete, and offers recommendations on use of an admixture to expedite the hardening of concrete and ferroconcrete elements and structures.

Горленко А.А. Цементный бетон повышенной прочности и долговечности с комплексными химическими добавками на основе хлоридов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 Строительные материалы и изделия. Рукопись. Государственный технический университет строительства и архитектуры, Киев, 1996.

На основании теоретических и экспериментальных исследований установлено влияние комплексных химических добавок на основе хлоридов на физико-механические свойства бетона и разработаны рекомендации по применению добавки-ускорителя твердения при изготовлении бетонных и железобетонных изделий и конструкций.

Ключові слова: бетон, залізобетонні вироби, зміна міцнісних характеристик, довговічність, домішки, структура, умови твердіння, цемент, термообробка.

УВКП ОВПР, зак. 38/96,
Формат 60 x 84 1/16, офсетная
печать, бум. типограф. № 2,
тираж 100 экз.

4/1/96

AB 35.952

AB 35.952