

Findings. Two methods have been developed for imparting permissible properties to emulsion explosives by introducing into the emulsion base of emulsion explosives: 1—a pair of ion-exchange salts NaNO_3 and NH_4Cl ; 2 – the three-component complex NaNO_3 , NH_4ClO_4 and the addition of KCl . Thermochemical characteristics were calculated for two formulations of permissible emulsion explosives. It has been established that in comparison with similar parameters of a TNT-containing explosive, heat and explosion temperature, oxygen balance is lower for permissible emulsion explosives, which indicates the best permissible properties and a greater degree of environmental safety. The formulation of permissible emulsion explosive with a pair of NaNO_3 and NH_4Cl ion-exchange salts was selected and prototypes were made. Tests of their explosive and permissible properties were carried out. These tests showed that prototypes of permissible emulsion explosives belong to class IV.

Originality. The ratio of components, providing permissible properties at the level of class IV, is established. Introducing of a pair of ion-exchange salts (NaNO_3 and NH_4Cl) into the composition of permissible emulsion explosive promoted the formation of the required amount of flame arrester.

Practical value. The obtained results can be used in the production of domestic permissible emulsion explosives of class IV.

Keywords: *emulsion, emulsion explosives, permissible properties, thermochemical characteristics.*

УДК 691.175:622.271

© Н.П. Мельниченко

УДОСКОНАЛЕННЯ БЕТОНУ З ВМІСТОМ ВІДХОДІВ ГІРНИЧОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ДЛЯ ГІРНИЧО-КАПІТАЛЬНИХ РОБІТ У ПЕРІОД ЗНАКОЗМІННИХ ТЕМПЕРАТУР

© N. Melnychenko

IMPROVEMENT OF THE CONCRETE CONTAINING MINERAL WASTES FOR MINE-CAPITAL WORKS IN THE PERIOD OF ALTERNATING TEMPERATURE

Мета. Основною метою дослідження є поліпшення структури бетону для гірничо-будівельних робіт, що дозволить продовжити протягом року якісне укладання бетону в кар'єрі, а також отримати бетон із заданими властивостями. Крім того, – зменшити використання цементу за рахунок чого знизити вартість бетону. При цьому здешевлення бетону передбачено за рахунок використання в ньому мінеральних відходів, які вилучаються в кар'єрах при видобуванні руди, і переробці її на збагачувальних фабриках.

Методи досліджень. Вимірювання нормальної щільності цементного тіста і його реологічних властивостей проводилися відповідно до стандартної методики. Пластична міцність суміші цементного тіста і розчину визначалася й вимірювалася за допомогою конусу БудЦНДЛ по глибині занурення в розчин суміші сталевого конуса. Зразки призматичних блоків $40 \times 40 \times 160$ мм були виготовлені з напівфабрикату цементного тіста і розчинних сумішей, які були випробувані на вигин і стиск. Під час формування зображення були сконденсовані

на лабораторній віброплатформі. Щоб отримати оптимальний склад бетону, були проведені дослідження з різними добавками.

Результати дослідження. Використання комплексних добавок збільшує міцність бетону, як при стисненні, так і при розтягуванні на 10 ... 15% і знижує втрати їх міцності при зміні температури навколишнього середовища. Використання відходів гірничо-збагачувального комплексу знижує витрату цементу на 25% і знижує вартість бетону. Це, в свою чергу, знижує обсяги мінеральних відходів рудників, а також зменшує необхідні для розміщення цих відходів відповідні території.

Наукова новизна та оригінальність полягає в дослідженні можливості управління структуроутворення бетону із заданими властивостями за рахунок модернізації його складу з використанням залізовмісного мінеральної речовини разом з силікатом натрію і олеатом натрію.

Практична значимість. Використання бетонів з комплексною добавкою на основі заліза дозволить обробляти всі види бетону на відкритому майданчику протягом періоду знакозмінних коливань температури і дозволить виконувати бетонні роботи не тільки в приміщенні, але і в умовах кар'єру, коли температура падає до $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, що дозволить продовжити протягом року можливість виконання бетонних робіт мінімум на 30 днів.

Ключові слова: кар'єр, бетон, розчин, цемент, міцність, вигин, стиснення, мінеральні відходи.

Вступ. Використання бетону як конструктивного матеріалу є досить тривалим, але він залишається одним з найменше вивчених та найбільш вартісним. Пов'язане це з тим, що прогнозування його експлуатаційних характеристик залежить від багатьох факторів, які ще вивчені не достатньо і не завжди приймаються до уваги. Особливо жорсткі вимоги щодо якості бетонів висуваються при застосуванні їх в умовах кар'єрів для спорудження об'єктів самого різного призначення, за складних кліматичних впливів та дії надвисоких динамічних навантажень. За цих умов також набуває особливого значення фактор наявності на кожному ГЗК альтернативної сировинної бази у вигляді відходів видобутку та збагачення руд.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день термін виконання будівельних робіт в умовах відкритих розробок обмежується тільки теплим періодом року, так як на бетон, що твердіє, негативно впливають низькі температури. Виконання робіт можна продовжити за рахунок удосконалення складу бетону. Бетон, який застосовується, повинен володіти цілою низкою специфічних властивостей, таких, знижена деформативність, як власна, так і під дією навантаження, підвищеними міцностями при стисненні. Важливе значення має міцність зчеплення бетону і з арматурою, але вплив негативних і знакозмінних температур на сьогоднішній день **вивчено не достатньо**. Тому завдання модернізації складу бетону з метою отримання заданих властивостей є **актуальним**.

Аналіз останніх досліджень показує, що, відповідно до визначення [1], бетон є поліструктурною системою «матриця – заповнювач – поверхня поділу між ними», в якій матрицею є цементний камінь. У той же час цементний камінь є продуктом гідратації дисперсної системи «дисперсна фаза - дисперсійне середовище», в якій дисперсною фазою є частки в'язучого гідратаційного твердіння, а дисперсійним середовищем – вода або водяні розчини хімічних речовин. Структура ж цементного каменю, відповідно до [2, 3], визначається видом

і вмістом гідратних з'єднань і зерен, що не прореагували, обсягом і розміром пор, у тому числі й технологічних тріщин, що утворюються при гідратації вихідних часток цементу [1], а також взаємним розташуванням усіх елементів структури.

Одержання бетонів із заданими властивостями забезпечується керуванням його структуроутворення. Відповідно до [2], керування процесами структуроутворення в цементному камені припускає:

- створення таких умов твердіння, при яких його структура набуває максимальної міцності;

- використання наповнювачів із вторинних дрібнозернистих продуктів промисловості, які зменшують використання води введенням сучасних пластифікаторів.

Міцність структури цементного каменю, відповідно до [2], визначається насамперед ступенем гідратації вихідних клінкерних мінералів, а також кількістю й типом кристалічних зростків між ними.

Виходячи з того, що до складу бетону входить, як цементний камінь, так і заповнювачі [1,3,5], його структура визначається не тільки структурою цементного каменю, а й вмістом усіх структурних елементів: цементного каменю і заповнювачів, а також їхнім взаємним розташуванням і співвідношенням. Отже, за аналогією з цементним каменем, керування процесами структуроутворення бетону полягає в створенні в ньому таких умов твердіння, за яких він набуває необхідних фізико-механічних властивостей.

У зв'язку із тим, що бетон як дисперсна система існує в нерозривному зв'язку з навколишнім зовнішнім середовищем, очевидно, що кінетика його структуроутворення визначається багатьма факторами. До них насамперед належать: мінералогічний склад в'язучого, його вологоутримання і питома поверхня, склад бетону, а також термодинамічні умови протікання реакцій гідратації, що характеризуються здебільшого температурою й вологістю.

Сучасні світові тенденції технології бетону характеризуються використанням в них об'ємів наповнювачів із вторинних дрібнозернистих продуктів промисловості, які зменшують використання води введенням сучасних пластифікаторів. Для України цей напрямок розвитку є особливо актуальним у зв'язку з тим, що у відвалах ГЗКів знаходиться значна кількість вторинних дрібнозернистих продуктів промисловості, використання яких дозволяє вирішувати важливі економічні, енергетичні й екологічні проблеми. Крім того, що бетони повинні мати високі технологічні властивості, бетонна суміш повинна, перш за все, мати усі установлені технологічні властивості, відповідати установленим характеристикам твердіння бетонної суміші, а витрати цементу – найбільш вартісного та енергоємного компонента – повинні бути мінімальними [4].

Практично усі методики, рекомендації та пропозиції щодо підбору складових бетону однією із перших задач ставлять максимально зменшити використання цементу, але його питома вага при досягненні необхідної міцності до цих пір залишається необґрунтовано великою.

Актуальними залишаються задачі раціонального використання енергоресурсів, цементу та різних наповнювачів. Особливе значення в сучасних умовах для підвищення ефективності капітального будівництва у гірничій промисловості має використання економічних залізобетонних конструкцій із високоміцного бетону.

В роботах [2,4] проводилися дослідження можливості використання відходів гірничо-збагачувального комплексу для виготовлення бетонів, призначених для оздоблення та виконання ремонтних робіт по відновленню експлуатаційних властивостей будівельних конструкцій. Оскільки повний капітальний ремонт та реконструкція будівель практично не проводиться.

В результаті тривалої експлуатації все частіше виникає необхідність у виконанні ремонтних робіт по відновленню експлуатаційних властивостей будівель та конструкцій ГЗКів. При чому виникає така необхідність незалежно від пори року. Крім того, актуальною є тема розробки складу бетону із заданими властивостями, який би дозволив продовжити виконувати бетонні роботи в період дії знакозмінних температур. Клімат України постійно змінюється, кількість днів, коли температурні позначки коливаються, значно збільшується.

Одним із основних показників якості бетону, відповідно до [1 – 4], є його міцність. Крім міцності при стисненні, до характеристик бетону належать міцність при розтягуванні й вигинанні. Це обумовлюється особливостями експлуатації бетону під навантаженням і вимогами норм проектування будівельних конструкцій.

У зв'язку з цим в дослідження закладалась ідея розроблення оптимальної технології та складу бетону із заданими властивостями, призначеного для виготовлення бетонних і залізобетонних будівельних конструкцій, що твердіє в умовах знакозмінних температурних впливів навколишнього середовища, шляхом удосконалювання його структури.

Задачі досліджень формувались відповідно до потреб промисловості. А саме: розробка технології та оптимального складу бетону з метою зменшення використання цементу за рахунок уведення комплексної добавки, удосконалення його структури та властивостей, а також зменшення обсягів відходів гірничо-видобувної промисловості.

Властивості дисперсної системи «портландцемент – вода», як і всіх в'язучих матеріалів, залежать від її структури і визначаються, відповідно до [2], ступенем гідратації цементу, видом і кількістю гідратних утворень.

Значна кількість робіт присвячена питанням дослідження властивостей бетонів при їхньому ранньому заморожуванні. У дослідженнях [1] доведено, що вода, яка при замерзанні збільшується в об'ємі, суттєво впливає на властивості бетону при ранньому заморожуванні. Проте ступінь збільшення об'єму води при замерзанні залежить від стану останньої, що не випаровується, збільшується з продовженням гідратації, а вміст води, що випаровується, зменшується при зменшенні капілярних пор [2]. За даними [1], заморожування бетонної суміші або укладеного бетону малої міцності призводить до порушення контакту між цементним розчином і зернами заповнювачів. Негативна дія води при ранньому

заморожуванні бетону на його кінцеві фізико-механічні властивості пов'язана з її міграцією в об'ємі бетону й розширенням.

Зменшення дії негативних температур, відповідно до [5], можна забезпечити введенням до складу бетону електролітів. Це дозволяє не тільки зменшити температурне розширення, але й знизити температуру замерзання води. Крім цього, введення таких речовин, як нітрит натрію, поташу або хлористого кальцію, за даними [1,2], приводить до збільшення міцності бетону, що твердіє при дії негативних температур.

Результатами досліджень установлено, що введення в бетон пластифікуючих добавок, які являють собою гідрофільні поверхнево-активні речовини (ПАР), призводить до зниження негативного впливу негативних температур на остаточну міцність бетону. Відомо [2,4], що у якості добавок, які позитивно впливають на властивості бетону, зокрема, морозостійкість, можуть використовуватись з'єднання заліза.

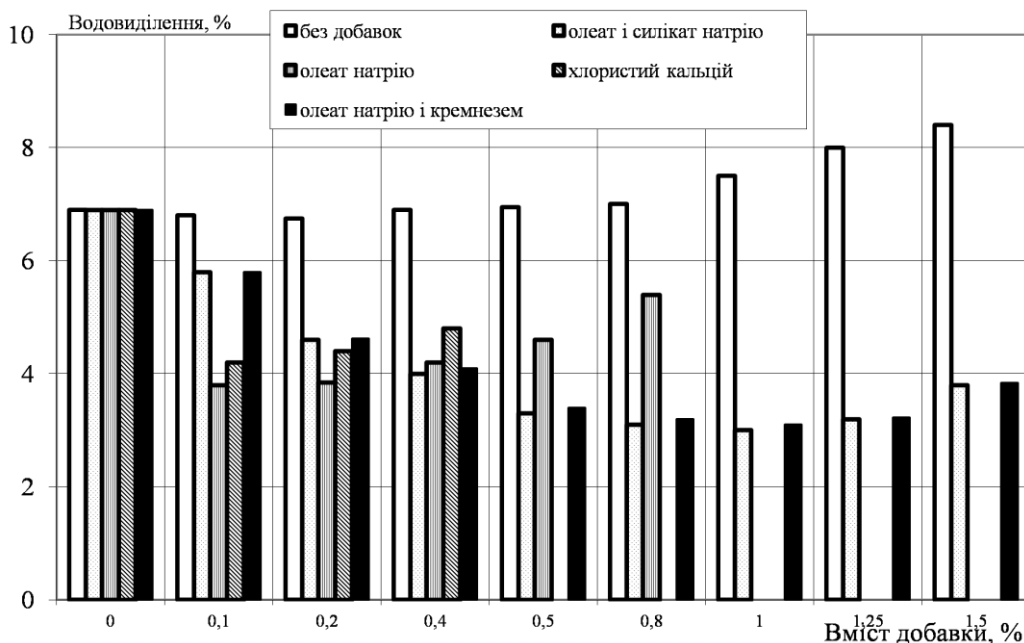


Рис. 1. Водовиділення цементного тіста з вмістом добавок при В/Ц=0,42, через 3 години після виготовлення й збереження при постійній температурі $(18 \pm 2)^\circ$

В роботах [2,4] теоретично й експериментально доведено доцільність введення в бетон, призначений для будівництва в умовах дії негативних і знакозмінних температур, комплексної мінерально-органічної добавки, що становить систему «залізовмісна мінеральна речовина – натрієва сіль вищої жирної кислоти – натрієва сіль кремнієвої кислоти». Така комплексна добавка має вищу водоутримуючу можливість у порівнянні з відомими добавками та практично не призводить до зменшення температури, при якій цементне тісто втрачає свою рухливість (рис. 2).

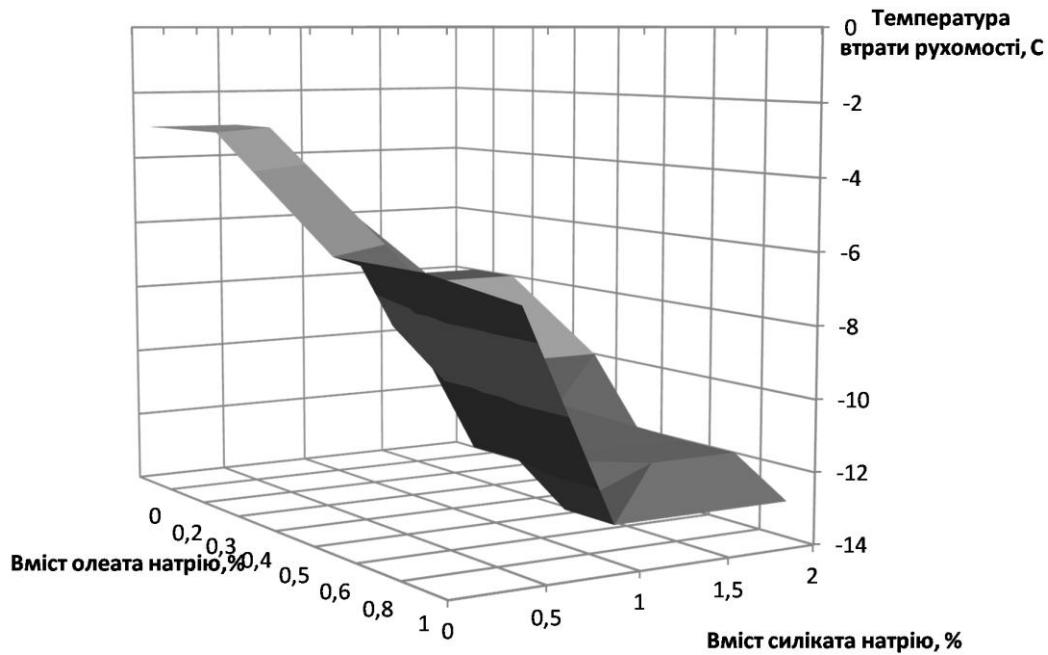


Рис. 2. Температура втрати рухливості цементним тістом, яке містить добавку «ЗОН» (вміст залізовмісної речовини – 19% від маси цементу)

Аналіз зміни пластичної міцності в часі (рис. 3) показує, що вона достатньо чітко фіксує терміни початку й закінчення тужавлення. Крім цього слід зазначити, що використані комплексні добавки приводять до збільшення терміну початку тужавлення системи, проте введення до складу комплексної добавки силікатів натрію, практично не впливаючи на швидкість збільшення пластичної міцності системи до початку її тужавлення, різко збільшує її після початку тужавлення системи і скорочує час між його початком і кінцем.

Після закінчення тужавлення відбувається різке збільшення пластичної міцності системи. При цьому система, яка містить комплексні добавки «ЗОН» і «ЗОН», набирає міцність навіть швидше, ніж системи з хлористим кальцієм.

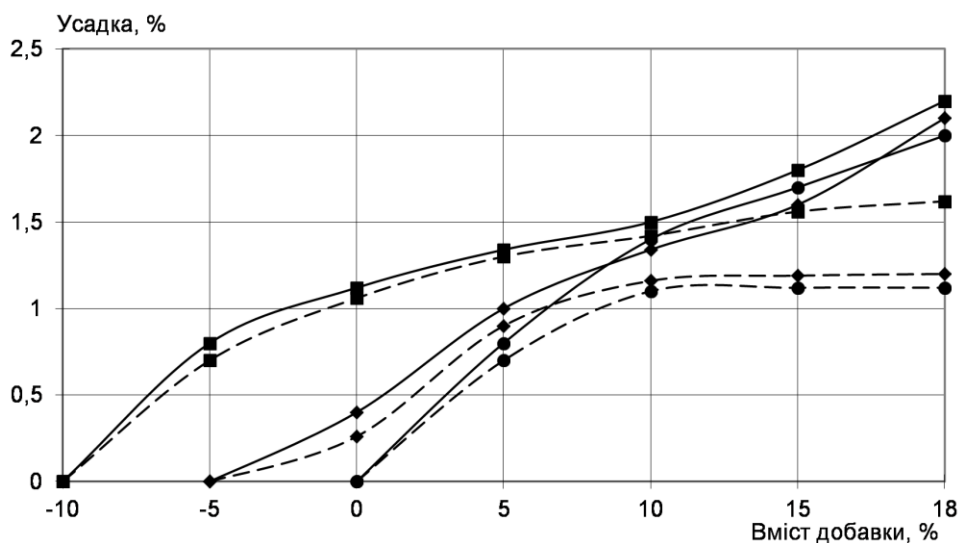


Рис. 3. Зміна в часі пластичної міцності дисперсної системи «портландцемент – добавка – вода» при постійній температурі навколишнього середовища

Після закінчення тужавлення відбувається різке збільшення пластичної міцності системи. При цьому система, яка містить комплексну добавку «ЗОСН», набирає міцність навіть швидше, ніж системи з хлористим кальцієм та приводить до збільшення його адгезії (рис. 4) при будь-якій температурі системи в межах експерименту.

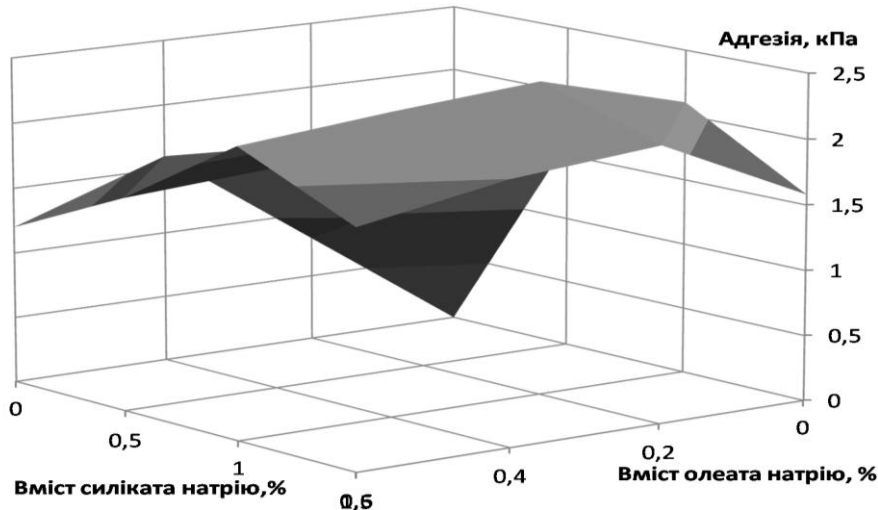


Рис.4. Адгезія цементного тіста при температурі системи $(-5\pm 2)^{\circ}\text{C}$ (вміст залізиної речовини – 19% від маси системи)

Як органічний компонент комплексної добавки, базуючись на даних роботи [5], використовується олеат натрію. Як силікатний компонент комплексної добавки застосовано силікат натрію, що характеризується розміром силікатного модуля 2,8.

В умовах експерименту зменшення часу від моменту виготовлення цементного тіста до початку зниження температури й збільшення швидкості її зниження призводить до зниження міцності цементного каменю (рис. 5). При цьому найбільші втрати міцності спостерігаються, коли час початку охолодження не перевищує часу початку тужавлення цементного тіста.

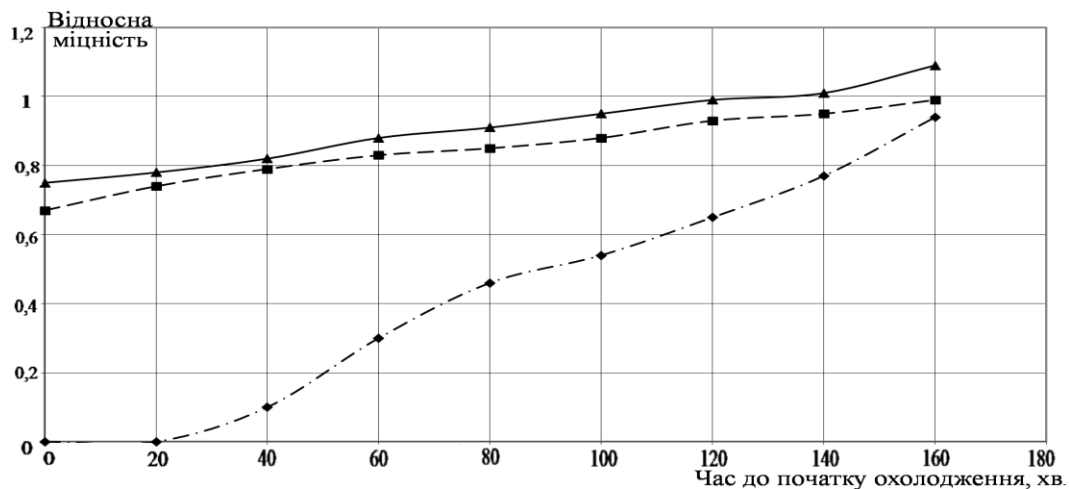


Рис. 5. Вплив часу до початку охолодження дисперсної системи «портландцемент – добавка – вода» до температури -10°C на міцність цементного каменю, що утвориться

Як заповнювачі використовувалися матеріали, що застосовуються для виробництва бетону: дніпровський річковий пісок та відходи Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату (ІнГЗК) (табл. 1).

Таблиця 1

Властивості дрібного заповнювача

Вид заповнювача	Істинна щільність, кг/м ³	Насипна щільність, кг/м ³	Часткові залишки на ситах, %				
			2,5	1,25	0,63	0,315	0,16
Класифіковані відходи ГЗК	2650	1520	16,1	22,9	52,7	7,8	0,5
Пісок річковий дніпровський	2600	1490	-	12,1	26,9	32,6	28,4

Як залізовмісні компоненти комплексної добавки застосовувалися: закис заліза –FeO, і гірські породи Криворізького залізорудного родовища, що переважно складаються з кварцу –SiO₂, сидериту –FeCO₃ і магнетиту –Fe³⁺₂Fe²⁺O₄ (табл. 2).

Таблиця 2

Хімічний склад гірських порід Криворізького родовища

Вміст основних компонентів, %				
SiO ₂	Fe·O·Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeCO ₃	CaO
58,0	20,8	17,5	10,0	1,0

Вибір у якості залізовмісного компонента комплексної добавки гірських порід Криворізького залізорудного родовища зумовлено висновками, зробленими в роботах [2, 4] про те, що вони можуть бути використані в бетонах, призначених для підсилення будівельних конструкцій.

Висновки. Результатами дослідження встановлено оптимальний склад комплексної мінерально-органічної добавки і її вміст у дисперсній системі «портландцемент – комплексна добавка – вода», що забезпечує максимальне зниження впливу знакозмінних температур на міцнісні й деформативні властивості цієї системи. Насамперед це позначається на реологічних властивостях цементного тіста, міцності й величині адгезії до поверхні металевого каркасу. Оптимальний склад комплексної мінерально-органічної добавки характеризується співвідношенням «залізовмісна мінеральна речовина: силікат натрію: олеат натрію» – 100 : 5 : 1. Оптимальний вміст добавки в системі складає 25% від маси цементу, що сприяє зменшенню вартості бетону та економії електроенергії.

На основі досліджень впливу температурно-вологісного режиму навколишнього середовища і складу бетонних сумішей на їхні реологічні властивості доведено, що застосування комплексної добавки приводить до зниження втрати зручноукладності бетонною сумішшю й зниженню до 50% водовиділення з неї

в умовах дії знакозмінних температур за рахунок підвищення водоутримуючої спроможності.

Установлено, що введення комплексної добавки в оптимальній кількості за рахунок зменшення міграції вологи в бетоні й ступеня водовиділення бетоном підвищує міцність бетону при стисненні та зчеплення з бетоном конструкції на 10...15% і знижує втрати їхньої міцності при твердінні в умовах дії негативних і знакозмінних температур.

Удосконалено метод проектування складу бетону з урахуванням його використання в умовах дії негативних і знакозмінних температур, що полягає в урахуванні вмісту твердих компонентів добавки, модуля відкритої поверхні бетонного елемента та величини втрат води бетонною сумішшю.

Використання такої бетонної суміші дозволить продовжити тривалість виконання бетонних робіт різного призначення протягом року майже на 30 днів, що дозволить зменшити термін уведення об'єктів в експлуатацію та прискорить отримання економічного ефекту.

Перелік посилань

1. Баженов Ю.М. (2003). Технология бетона: учебник. М.: Изд-во АСВ. 500 с.
2. Сизов В.Н. (1951). Строительные работы в зимних условиях. М.: Госстройиздат. 512 с.
3. Шишкин А.А. (2001). Поле составов бетона. Сб. научн. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение, (14), 23-28.
4. Глинка И.Л. (1979). Общая химия. - Л.: Химия. 720 с.
5. Мельниченко Н.П. (2018). Використання відходів гірничо-збагачувального комплексу для виробництва бетонів, призначених для ремонту будівельних конструкцій. Збірник наукових праць національного гірничого університету, (53), 68-77.
6. Пунагин В.Н. (1983). Влияние массивности элементов на некоторые свойства бетона. Труды ТИИИМСХ, (52), 106-110.
7. Миронов С.А., Глазырина Е.Г. (1975). Влияние раннего замораживания на прочностные и деформативные характеристики бетона. М.: Стройиздат. 226 с.
8. Новиков В.Н. (1971). Метод определения оптимальных сроков укладки растворов и бетонов в конструкцию. Строительная промышленность, (6), 23-24.
9. Пашенко А.А., Чистяков В.В., Мясникова Е.А., Сысоев П.Т. (1989). Механизм индукционного периода при гидратации вяжущих веществ. ДАН УССР. Сер. Б., (10), С.50-55.

АННОТАЦИЯ

Цель. Основной целью исследования является улучшение структуры бетона для горно-строительных работ, что позволит продлить на протяжении года качественную укладку бетона в карьере, а также получить бетон с заданными свойствами. Кроме того, – уменьшить использование цемента за счет чего снизится стоимость бетона. При этом удешевление бетона предусмотрено за счет (путем) использования в нем минеральных отходов, которые извлекаются в карьерах при добыче руды, и переработке ее на обогатительных фабриках.

Методы исследований. Измерения нормальной плотности цементного теста и его реологических свойств проводились в соответствии со стандартной методикой. Пластическая прочность смеси цементного теста и раствора определялась и измерялась с помощью конуса СтройЦНИИЛ по глубине погружения в раствор смеси стального конуса. Образцы призматических балок 40×40×160 мм были изготовлены из полуфабриката цементного теста и растворов смесей, которые были испытаны на изгиб и сжатие. Во время формирования изо-

бражения были сконденсированы на лабораторной виброплатформе. Чтобы получить оптимальный состав бетона, были проведены исследования с различными добавками.

Результаты исследования. Использование комплексных добавок увеличивает прочность бетона, как при сжатии, так и при растяжении на 10 ... 15% и снижает потери их прочности при изменении температуры окружающей среды. Использование отходов горно-обогатительного комплекса снижает расход цемента на 25% и снижает стоимость бетона. Это, в свою очередь, снижает объемы минеральных отходов рудников, а также уменьшает необходимые для размещения этих отходов соответствующие территории.

Научная новизна и оригинальность заключается в исследовании возможности управления структурообразованием бетона с заданными свойствами за счет модернизации его состава с использованием железосодержащего минерального вещества вместе с силикатом натрия и олеатом натрия.

Практическая значимость. Использование бетонов с комплексной добавкой на основе железа позволит обрабатывать все виды бетона на открытой площадке в течение периода значительных колебаний температуры и позволит выполнять бетонные работы не только в помещении, но и в условиях карьера, когда температура падает до $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, что позволит продлить на протяжении года возможность выполнения бетонных работ минимум на 30 дней.

Ключевые слова: карьер, бетон, раствор, цемент, прочность, изгиб, сжатие, минеральные отходы.

ABSTRACT

Purpose. The main objective of the study is to improve the structure of concrete, which will help extend the time of concrete work, as well as to obtain concrete with desired properties. In addition, to reduce the use of cement to reduce the cost of concrete. At the same time, the reduction in the cost of concrete is provided by through the use of mineral waste in it, which is extracted in open pit during ore mining and processing of ore at the concentrating mill.

Methods. Measurements of the normal density of the cement paste and its rheological properties were carried out in accordance with the standard procedure. The plastic strength of the cement paste and mortar mixture was determined using and meas cone StroyTsNIL ured by the depth of immersion in the solution of a mixture of steel cone. Prismatic beams samples 40 x 40 x 160 mm were made from the semi-finished cement paste and mortar mixes, which were tested for bending and compression. During the formation of the image were condensed on a laboratory vibroplatform. To obtain the optimal composition of the concrete, research were performed with various additives.

Findings. The use of complex additives increases the strength of concrete both in compression and in tension by 10 ... 15% and reduces the loss of their strength when the ambient temperature changes. Using waste from the mining and processing complex, it reduces cement consumption by 25% and reduces the cost of concrete. This, in turn, reduces the volumes of mineral waste from mines, as well as decreases those necessary for the disposal of these wastes of the respective territories.

Originality. The originality consists in determining the optimal composition of concrete with iron-based additives, which will allow Ukraine to increase the time for performing concrete work by at least 30 days.

Practical implications. The use of concretes with an iron-based complex additive will allow all types of concrete to be worked on in an open area during a temperature fluctuation period, and will allow you to perform concrete work not only indoors but also outdoors when the temperature drops to -5°C .

Keywords: *open pit, concrete, mortar, cement, strength, bending, compression, mineral waste.*

УДК 622.272.6(477)

© И.А.Садовенко, А.В. Инкин, Н.И. Деревягина, Ю.В. Хрипливец

ОБОСНОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОГО РЕСУРСА УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УКРАИНЫ

© I. Sadovenko, A. Inkin, N. Dereviahina, Yu. Hriplivec

SUBSTANTIATING OF THE PROSPECTS RATIONALE TO USING OF NATURAL AND TECHNOGENIC RESOURCE OF COAL DEPOSITS IN UKRAINE

Цель. Теоретическое и технологическое обоснование параметров и схем использования природно-техногенного ресурса отработанных угольных месторождений.

Методика исследования. Для достижения цели применен комплексный подход, включающий сбор, систематизацию и анализ фактических данных о фильтрационных и физико-механических свойствах вмещающих пород и горнотехнических условиях разработки пластов, которые влияют на формирование природно-техногенного ресурса угольных месторождений.

Результаты. Установлено, что двухвековая интенсивная разработка угля и ликвидация шахт в Украине привела к формированию на территории угледобывающих регионов техногенно-измененного породного массива, содержащего значительные запасы энергии в твердом, жидком и газообразном состоянии. К этим энергоносителям относятся оставленные после отработки шахтного поля остаточные запасы угля, находящиеся в затопленных горных выработках подземные воды и заключенные в слабопроницаемых углевмещающих породах горючие газы. Анализ мирового научно-практического опыта разработки таких энергоносителей свидетельствует о ее высокой рентабельности, а также о неэффективности используемых для этого в Украине геотехнологий. Предложенный в статье комплекс технологических решений позволит вести экологически безопасную разработку природно-техногенных ресурсов с согласованием стадии и интенсивности разработки энергоносителей с необходимыми объемами их потребления и хранения.

Научная новизна. Путем исследования протекающих в нарушенном породном массиве газодинамических, фильтрационных и тепловых процессов установлен механизм формирования природно-техногенных ресурсов в затопленном горном массиве ликвидированной шахты.

Практическое значение. Обоснованные в статье геотехнологии соответствуют мировым нормативам их рационального применения и обеспечат добычу энергоносителей в едином цикле с их сезонным хранением в природных коллекторах, что будет способствовать укреплению энергетической безопасности Украины.