

**ВПЛИВ ЗАЛІЗОВМІЩУЮЧИХ РЕЧОВИН НА
ВЛАСТИВОСТІ ГАЗОБЕТОНУ**

**INFLUENCE OF IRON-CONTAINING SUBSTANCES ON
PROPERTIES OF AERATED CONCRETE**

**Бровко Д.В., д.т.н., професор, Герасимова К.В., к.т.н., доцент,
Настич О.Б., к.т.н., доцент (Криворізький національний університет,
м. Кривий Ріг)**

**Brovko D.V., Doctor of Engineering, Professor, Gerasimova K.V.,
Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Nastych O.B., Ph.D. in
Engineering, Associate Professor (Kryvyi Rih National University, Kryvyi
Rih)**

Розглянуто особливості впливу залізовміщуючих речовин на властивості бетонної суміші та газобетону, отриманого на основі гідропериту, залежно від його складу

The results of the experiments in which the properties of the dispersed system, which consists of a complex pore former, which includes perhydrol and iron oxide, and the hydrophobic surface-active substance that was used, were investigated. as calcium oleate, in the presence of sodium hydroxide and aggregates that were used as unground waste from mining and processing plants. The ease of placement of the concrete mixture was determined on mixtures of different mobility. In the experiments, ground ferrous rocks were used as a filler, and uncrushed ferrous rocks were used as an aggregate. The analysis of the research results allowed us to conclude that the complex foaming agent performs the role of a plasticizing additive. Based on the results of these experiments, it can be concluded that the intensity of the change in the mobility of the concrete mixture depends on its storage conditions. The intensity of the change in the mobility of the concrete mixture decreases with the introduction of a complex pore former. Thus, the introduction of a complex pore former reduces the loss of mobility of the concrete mixture at plus temperature. Under the conditions of the experiment, the optimal content of the complex pore former for the compressive strength of concrete was 10...15% of the mass of cement, which was adopted in further studies. Mathematical processing of the results of these experiments established the mathematical modulus of concrete compressive strength depending on the amount of foaming agent. According to the results of the experiments, the following conclusion can be drawn: an increase in the content of the complex mineral-organic pore former by more than 10% of the mass of the "cement - mineral part of the complex pore former" system practically does not lead to a noticeable change in the density of porous concrete. Therefore, it is advisable to limit the

content of the complex mineral-organic pore former to within (10...15) % of the mass of the "cement - mineral part of the complex pore former" system.

Ключові слова: бетон, відходи гірничо-збагачувальних комбінатів, поверхнево-активна речовина

Keywords: concrete, waste from mining and beneficiation plants, surfactant

Постановка проблеми та аналіз останніх публікацій. Проведеними раніше дослідженнями [1-3] встановлено, що газобетони мають підвищені деформації усадки та невелику міцність, обмеження яких регламентується нормативними документами [4]. Згідно ж [2], введення до складу газобетону заповнювачів (наповнювачів) знижує власні деформації отриманого матеріалу. При плануванні даної групи досліджень було враховано, що, відповідно до визначення [5], бетон являє собою систему «матриця - поверхня розділу - мінеральні вclusions», у якій, для даного випадку, матрицею є пористий цементний камінь (цементне тісто), а мінеральними вclusions – частки мінеральних речовин, які в процесі структуроутворення даної системи зазнають зміни лише на своїй поверхні.

У початковій стадії структуроутворення, до тужавіння, дана система має переважно пластичні деформації. Тому, у цьому випадку, основною характеристикою процесів формування її структури є її пластичні властивості, які визначаються, згідно з [6], рухливістю й твердістю. На даному етапі структуроутворення цю дисперсну систему прийнято називати «бетонна суміш» [6], цей термін і був використаний у роботі.

У процесі твердіння розглянутої системи утворюється композиційний матеріал, пружні деформації якого, при дії зовнішнього навантаження, переважають надпластичними.

Метою даної роботи є визначення можливості підвищення міцності газобетону. Для досягнення даної мети були поставлені задачі визначити вплив на міцність при стиску газобетону комплексної добавки, яка основана на відходах гірничозбагачувальних комбінатів. На даному етапі структуроутворення дану дисперсну систему прийнято називати «бетон» [6], цей термін і був використаний у роботі.

Виклад основного матеріалу

У даній групі експериментів досліджувалися властивості дисперсної системи «в'язуча речовина – комплексний поризатор – заповнювач». Комплексний поризатор складався із пергідролу, мелених відходів гірничо-збагачувальних комбінатів і гідрофобної поверхнево-активної речовини (ПАР), у якості якої використали олеат кальцію. В якості

заповнювача використовували немелені відходи гірничо-збагачувальних комбінатів.

У зв'язку з цим, визначення оптимального, за ступенем поризації системи «гідрравлічне в'язуче – комплексний поризатор – заповнювач», складу даного поризатора полягало у визначенні співвідношень між його компонентами (табл. 1).

Таблиця 1

Змінні параметри

Найменування змінного параметра	Позначення змінного параметра
співвідношення між компонентами газотворювача	X_1
співвідношення вихідних компонентів при одержанні гідрофобної ПАР	X_2
співвідношення між гідрофобною ПАР і газотворювачем	X_3
співвідношення між заповнювачем і цементом	X_4

Дослідження проводили на портландцементі ПЦ П/Б-Ш-400 (виробник ПрАТ «Хайдельберг Кривий Ріг цемент») із вмістом у ньому доменного гранульованого шлаку у кількості 35% від його маси та ШПЦ П/А-400 (виробник ПрАТ «Хайдельберг Кривий Ріг цемент») із вмістом у ньому доменного гранульованого шлаку у кількості 65% від його маси. Величина водов'язучого відношення при одержанні системи «цемент – комплексний поризатор – заповнювач» у всіх випадках була прийнята рівною 0,4.

Легкоукладність бетонної суміші, яка, для даного випадку, характеризується її текучістю, визначалася на сумішах різної рухливості. В дослідях у якості наповнювача використовували мелені залізовмісні гірські породи, а у якості заповнювача – немелені залізовмісні гірські породи.

Для приготування даного бетону застосовувалися системи, як без комплексного мінерально-органічного поризатора (КМОП), так із ним. Нормальна густина цементного тіста складала $[B/C]=0,25$. Щільність портландцементного клінкера – 3000 кг/м^3 . Щільність цементу з добавкою залізовмісних гірських порід коливалася від 3005 кг/м^3 до 3100 кг/м^3 , залежно від вмісту останнього. Питома поверхня заповнювача – F_{1mz} (немелених залізовмісних гірських порід) визначалася за формулою Ладинського [6] і складала 2258 умовних одиниць.

При проведенні експериментів змінювали склади бетонної суміші за витратою цементу, вмістом наповнювача, який входив до складу КМОП, та заповнювача (рис.1)

Обробка результатів експериментів (рис. 1), при опису складу бетонної суміші через наведену товщину шару цементного тіста – N і розрідження цементного тіста – Z , дозволила одержати математичну модель показника її текучості, яка має вигляд:

$$G=6.71+8,44 \cdot N+25 \cdot Z-298,7 \cdot N \cdot Z+628,5 \cdot N^2 \cdot Z+590,9 \cdot N \cdot Z^2-41.1 \cdot N^2-78,4 \cdot Z^2-1250,8 \cdot N^2 \cdot Z^2 \quad (1)$$

(вірогідність 95%)

де N - наведена товщина шару цементного тіста,
 Z – розрідження цементного тіста.

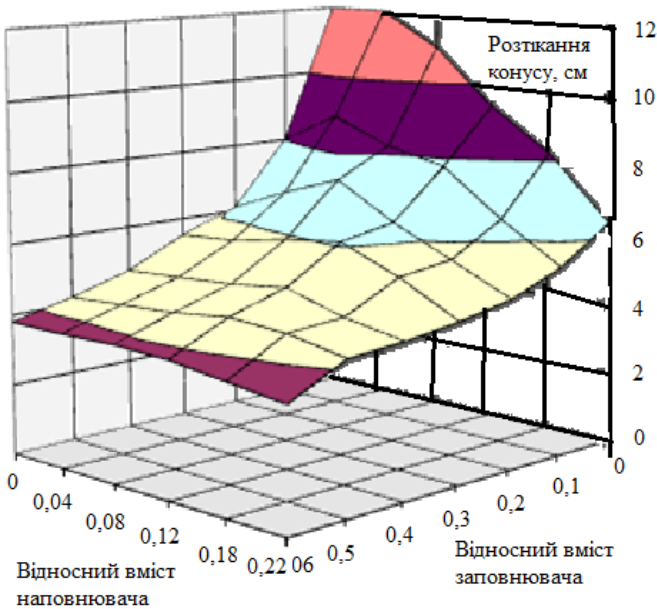


Рис. 1. Текучість бетонної суміші залежно від вмісту наповнювача та заповнювача

Аналіз результатів даних досліджень дозволяє зробити висновок про те, що наповнювач здійснює більший вплив на реологічні властивості бетонної суміші, ніж заповнювач, а комплексний поризатор виконує роль пластифікуючої добавки.

Життєздатність бетонних сумішей. Технологічні властивості бетонної суміші в значній мірі визначаються її життєздатністю, тобто

здатністю зберігати свої технологічні властивості протягом певного проміжку часу.

Життєздатність бетонної суміші визначалася шляхом виміру осадки конуса бетонної суміші – ОК на протязі певного часу її існування при температурі навколишнього середовища (290 ± 2)К.

В умовах експерименту спостерігається помітне зменшення текучості суміші через одну хвилину після її виготовлення як з КМОП, так і без нього (рис. 2). Вочевидь, це є наслідком початку газоутворення, що тягне за собою підвищення температури суміші, яке й викликає зменшення її текучості.

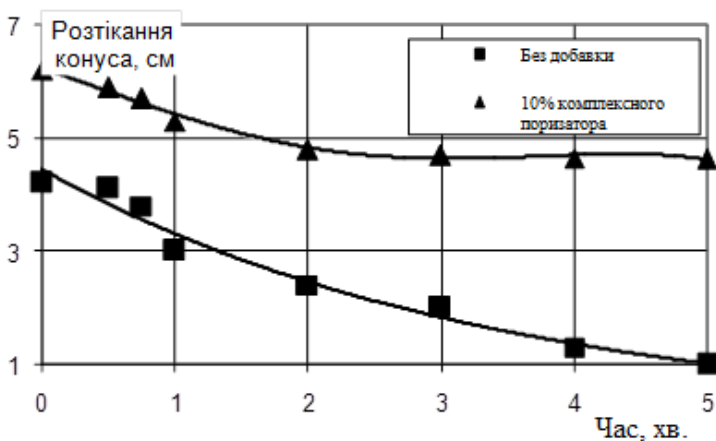


Рис. 2. Зміна в часі текучості бетонної суміші, що зберігалася при температурі (290 ± 2)К

(склад бетону – $1:0,57:0,28=C:V:Зап.$ Ц – витрата цементу; В – витрата води; Зап. – витрата заповнювача)

На підставі результатів даних експериментів можна зробити висновок, що інтенсивність зміни рухомості бетонної суміші залежить від умов, у яких вона зберігається. Інтенсивність зміни рухомості бетонної суміші зменшується при введенні комплексного поризатора (рис. 2).

Таким чином, введення комплексного поризатора знижує втрату рухливості бетонною сумішшю при додатній температурі.

Це можна пояснити тим, що компоненти комплексного поризатора переводять воду у зв'язаний стан, що зменшує вплив на її властивості температури, крім цього, даний комплексний поризатор гальмує

гідратацію мінералів портландцементу в початковий період, що також сприяє уповільненню втрати рухливості бетонною сумішшю.

Обробка результатів експериментів дозволила одержати математичну модель зміни текучості бетонної суміші в часі, яка має вигляд:

$$G = G_0(1 - 0.236 \cdot \tau + 0.015 \cdot \tau^2) \quad (2)$$

де τ – вік бетонної суміші,

G_0 – показник текучості бетонної суміші при температурі $(290 \pm 2) \text{K}$ відразу після її готування.

Міцність бетону, згідно з [5,6], є одним із основних показників його якості.

Як відомо [7-9], оптимальний склад і вміст комплексних добавок за міцністю цементного каменю й міцністю бетону може відрізнитися, що й зумовило необхідність проведення даної групи експериментів, у якій досліджувалася залежність міцності бетону при стиску від складу комплексного поризатора.

Визначення оптимального складу комплексного поризатора та його вмісту в бетоні здійснювалося методом однофакторного експерименту. При проведенні досліджень було поставлено дві групи експериментів: у першій групі визначалося оптимальне співвідношення між мінеральними компонентами поризатора – X_1 (див. табл. 1), у другій – вміст даного поризатора в бетоні.

У всіх групах експериментів за параметр оптимізації (функцію відгуку) приймалася міцність бетону при стиску. Випробування здійснювали на стандартних зразках-кубах з розміром сторін 150 мм за стандартними методиками після витримування зразків протягом 28 доби в нормальних умовах.

Дослідження були проведені на портландцементі при різних складах бетону при вмісті гідрофобної ПАР - олеату кальцію в кількості 0,05% від маси цементу.

Обробка результатів досліджень даної групи експериментів на ЕОМ з використанням програми «Excel» дозволила одержати математичну модель міцності бетону залежно від співвідношення мінеральних складових у комплексному поризаторі

$$R = 560 + 510 \cdot X_1 + 295 \cdot X_1^2 - 75 \cdot X_1^3 \quad (3)$$

де X_1 – за табл. 1,

при цьому оптимальна величина параметра, що змінюється, становить $X_{opt} = 35$.

В умовах експерименту оптимальний вміст комплексного поризатора за міцністю бетону при стиску (рис. 3) склав 10...15% від маси цементу, що й було прийнято в подальших дослідженнях.

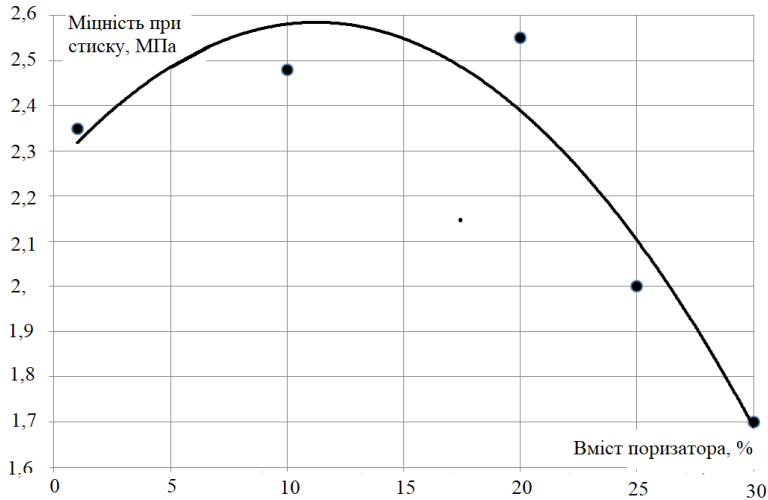


Рис. 3. Вплив кількості поризатора на міцність бетону складу 1:0,15:0,28 (цемент – наповнювач – заповнювач) за нормальних умов твердіння при В/Ц=0,55

Математичною обробкою результатів експериментів встановлена математична залежність міцності бетону, що містить комплексний поризатор, при стиску від розрідження цементного тіста – Z , що має вигляд:

$$R_{\sigma\sigma} = R_{\sigma\sigma} \cdot \exp(0,08 - 1,34 \cdot Z^2), \quad (4)$$

де $R_{\sigma\sigma}$ – міцність цементного каменю, що містить комплексний поризатор.

Математичною обробкою результатів даних експериментів встановлена математична модель міцності бетону при стиску від кількості поризатора:

$$R = 0,0108 \cdot X^4 - 0,1465 \cdot X^3 + 0,5647 \cdot X^2 - 0,5237 \cdot X + 1,1033.$$

Зміна вмісту цементного каменю – m у бетоні неоднозначно позначається на зміні його міцності. Обробкою результатів експериментів

(рис. 4.) встановлено, що при вмісті цементного каменю в кількості 32% від його об'єму забезпечується максимальна міцність бетону.

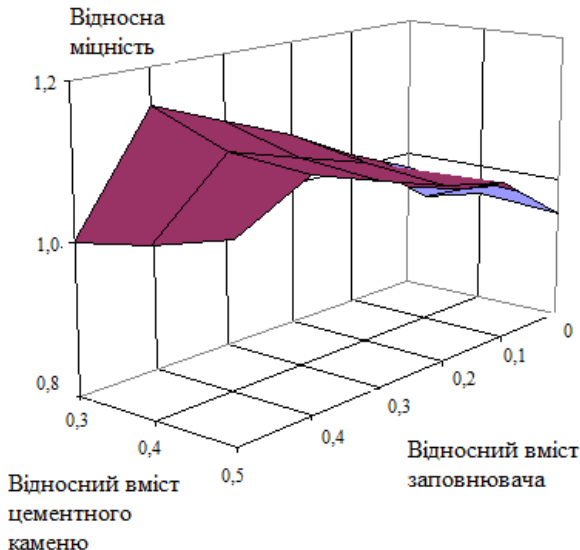


Рис. 4. Відносна міцність бетону при витраті КМОП 10%

З результатів даних експериментів можна зробити такий **висновок**: збільшення вмісту комплексного мінерально-органічного поризатора понад 10% від маси системи «цемент - мінеральна частина комплексного поризатора» практично не призводить до помітної зміни щільності ніздрюватого бетону. Тому доцільно обмежити вміст комплексного мінерально-органічного поризатора в межах (10...15)% від маси системи «цемент - мінеральна частина комплексного поризатора».

References

1. Symonov M.Z. Osnovy tekhnolohyy lehkykh betonov. M.: Stroiyzdat, 1973. 584 s.
2. Borodskaya R.M. Danylov B.P. Bezavtoklavnyy hazozoloshlakobeton. K.: Hosstroiyzdat USSR, 1964. – 78 s.
3. Kevesh P.D.. Эршлер Іа Hazobeton na perhydrole. M.: Hosstroiyzdat, 1961. – 86 s.
4. Budivelni materialy. Betony nizdriuvati. Zahalni tekhnichni umovy: DSTU B V.2.7-45:2010 [chynnyi vid 2010-11-01]. – K.: Minreghyonbud Ukrainy, 2010. – 41 s.
5. Solomatov V.Y. Virovoi V.N., Dorofeev V.S., Syrenko A.V. Kompozytsyonnye stroitelnye materialy u konstruksyy ponyzhennoi materialoemkosti. – K. : Budyvelnik, 1991. – 144 s.

6. Bazhenov Yu.M. Tekhnolohiya betona. - M.: Vissh. shk., 1978. - 449 s.

7. Shyshkin A.A. Spetsyalnye betony dlia usyleniya stroytelnykh konstrukttsyi, ekspluatyruuiushchykhsia v uslovyakh deistviya ahressyvnnykh sred: dys..... dokt. tekhn. nauk: 05.23.05. - Kryvoi Roh, 2003. - 336 s.

8. Nabyl Abdulla Akhmed Al-Vasaby Tekhnolohiya y svoistva dorozhnoho tsementobetona v uslovyakh suchoho zharkoho klymata: dys.....kand. tekhn. nauk: 05.23.05 «Stroytelnie materialy y yzdelyi». – Kryvoi Roh, 2002. – 166 s.

9. Nastych O.B. Vlasyvosti i tekhnolohiia hazobetonu, modyfikovanoho oksydamy zaliza: dys.....kand. tekhn. nauk: 05.23.05. – Kryvyi Rih, 2008.

Література

1. Симонов М.З. Основы технологии легких бетонов / М.З. Симонов. - М.: Стройиздат, 1973. – 584 с.

2. Бородская Р.М. Безавтоклавный газозолошлакобетон / Р.М. Бородская, Б.П. Данилов. К.: Госстройиздат УССР, 1964. – 78 с.

3. Кевеш П.Д. Газобетон на пергидроле / П.Д. Кевеш, Э.Я. Эршлер. М.: Госстройиздат, 1961. – 86 с.

4. Будівельні матеріали. Бетони ніздрюваті. Загальні технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-45:2010 [чинний від 2010-11-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 41 с.

5. Соломатов В.И. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости / В.И. Соломатов, В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, А.В. Сиренко. – К. : Будивельник, 1991. – 144 с.

6. Баженов Ю.М. Технология бетона / Ю.М. Баженов. - М.: Высш. шк., 1978. - 449 с.

7. Шишкин А.А. Специальные бетоны для усиления строительных конструкций, эксплуатирующихся в условиях действия агрессивных сред: дис..... докт. техн. наук: 05.23.05 / Шишкин Александр Алексеевич. - Кривой Рог, 2003. - 336 с.

8. Набиль Абдулла Ахмед Аль-Васаби Технология и свойства дорожного цементобетона в условиях сухого жаркого климата: дис.....канд. техн. наук: 05.23.05 «Строительные материалы и изделий» / Абдулла Ахмед Аль-Васаби Набиль. – Кривой Рог, 2002. – 166 с.

9. Настич О.Б. Властивості і технологія газобетону, модифікованого оксидами заліза: дис.....канд. техн. наук: 05.23.05 «Будівельні матеріали та вироби» / Настич Олег Борисович. – Кривий Ріг, 2008.