

Були проведені дослідження тільки однієї складової запропонованої системи: ефективності роботи інфрачервоного нагрівача. Для цього було змонтовано експериментальну установку, зображену на рис. 2, яка складається з інфрачервоного нагрівача 4, повітропроводу 2, зонта 3 і приєднаного до нього вентилятора 1. За допомогою зонта видаляється повітря разом з конвективною складовою теплової енергії від інфрачервоного нагрівача. Кількість витяжного повітря регулювалась за допомогою шибера, який встановлювався на повітропроводі на виході з вентилятора. За допомогою термоанемометра 6 вимірювалась швидкість і температура витяжного повітря. Утилізація конвективної складової дає можливість заощадити частину тепла, яка в подальшому може використовуватися для догрівання теплоносія.

В результаті експериментальних досліджень була отримана залежність для визначення частки конвективного тепла інфрачервоного нагрівача з врахуванням теплопродуктивності випромінювача і кількості витяжного повітря:

$$\Delta Q = 12,5 - 78,12 \cdot (Q - 0,8)^2 + L \cdot (0,5 \cdot Q - 0,18), \text{ Вт.}$$

Висновки. Запропоновано систему опалення для підтримання параметрів мікроклімату у цеху поросят і свиноматки. Отримано залежність, яка уможливує визначити конвективну складову теплової енергії від інфрачервоного нагрівача, при цьому враховується теплова потужність нагрівача і кількість витяжного повітря.

1. Захаров А.А. *Применение тепла в сельском хозяйстве.* – М.: Колос, 1980. – 310 с. 2. ДБН В.2.2-1– 95. *Будівлі і споруди для тваринництва.* 3. Макаруха О.І., Сподинок Н.А., Желих В.М. *Енергоощадні технології в опалювальних системах сільськогосподарських комплексів // Науковий вісник НЛТУ України.* – 2007. – Вип. 17.8. – 103–106 с.

УДК 666. 943

Т.Є. Марків, У.Д. Марущак, М.А. Саницький, Х.С. Соболев, Ю.Л. Новицький
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автомобільних шляхів

КОНЦЕПЦІЯ ОДЕРЖАННЯ НИЗЬКОЕНЕРГОМІСТКИХ ЦЕМЕНТІВ

© Марків Т.Є., Марущак У.Д., Саницький М.А., Соболев Х.С., Новицький Ю.Л., 2009

Показано, що системне вирішення проблеми зниження енергомощності цементів та бетонів, а також зменшення їх негативного впливу на навколишнє середовище досягається за рахунок використання альтернативних видів палива та одержання модифікованих низькоенергомістких цементів з підвищеним вмістом активних мінеральних добавок.

It was shown, that systematically resolving of problems of cements and concretes energy capacity decreasing and negative influence on environment as well is attained due to using of alternative fuel and obtaining of modifying low-energy cement with higher mineral additives content.

Постановка проблеми. Цементна промисловість є важливою галуззю народного господарства і за темпами росту посідає одне із основних місць. Світове виробництво цементу, викликане потребами розвитку економіки та індустріального виробництва, сьогодні перевищує

2 млрд. т на рік, а до 2010 року потреба у ньому зросте до 2,5 млрд. т на рік. Разом з цим цементна промисловість є однією з найенергомісткіших галузей промисловості (близько 60 % коштів становлять паливо і електроенергія). Особливу актуальність ця проблема має для України, оскільки частка мокрої технології виробництва цементу становить 85 %, а витрата умовного палива досягає в середньому 220–230 кг/т клінкеру. У той самий час у світі переважає суха технологія випалу клінкеру, при цьому витрата умовного палива на сучасних закордонних заводах становить 100–110 кг/т клінкеру [1].

В умовах зростання вартості енергоносіїв, вичерпування запасів викопного палива та природних ресурсів, зміни структури будівельного комплексу пріоритетним напрямком у будівництві є розроблення та впровадження енерго- та ресурсощадних технологій як виробництва, так і застосування цементів. Розширення ресурсних можливостей за рахунок відходів (вторинне ресурсовикористання) під час виробництва цементу, енергетичне використання горючих відходів як технологічного палива під час випалу клінкеру, а також застосування відходів промисловості як мінеральних добавок для цементу є довготривалою стратегією розвитку будівельної індустрії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема зниження енергомісткості виробництва цементу – це одне з головних завдань цементної промисловості, яка є одним з найбільших споживачів як природної сировини, так і енергії. Враховуючи основні принципи концепції сталого розвитку, подальший поступ цементної промисловості можливий за рахунок зниження витрат сировинних матеріалів та енергії, утилізації вторинних матеріалів під час виготовлення портландцементу та підвищення довговічності виробів на його основі.

На сучасному етапі розвитку цементної промисловості випал клінкеру залишається найбільш енергомістким процесом під час виготовлення портландцементу. За „мокрим” способом виробництва потреба в енергії палива становить щонайменше 5500 кДж/кг клінкеру, тоді як для сучасних цементних печей, що працюють за сухою технологією, – близько 3100 кДж/кг клінкеру. Основним технологічним паливом під час випалу портландцементного клінкеру в Україні є природний газ, високі ціни на який змушують цементні заводи освоювати джерела дешевших альтернативних видів палива [2–4]. У країні працює 15 цементних заводів загальною потужністю близько 15 млн. т у 2008 р. При цьому на виробництво 1 млн. т цементу в Україні витрачається у середньому 178 млн. м³ природного газу. У разі використання альтернативного до природного газу палива – кам'яного вугілля та його нетрадиційних видів (відпрацьовані шини, відходи деревини, залишкові матеріали сортувальних установок побутових відходів, відпрацьовані нафтопродукти, шлами очисних споруд, відходи вугільної промисловості, інші енергомісткі побутові та сільськогосподарські відходи) у виробництві цементу економія природного газу для України становитиме до 2,5 млрд. м³ на рік.

У багатьох країнах ЄС за рахунок енергетичного використання горючих відходів покривається до 20–40 % від загальної потреби палива в цементній промисловості (понад 6 млн. т альтернативного палива). За розрахунками фахівців альтернативні паливно-енергетичні ресурси зможуть забезпечити більше 50 % світової потреби в енергії до 2060 року [3]. В Україні використання альтернативних паливно-енергетичних ресурсів становить менше ніж 0,5 % від загального споживання енергоресурсів. Враховуючи недостатнє забезпечення країни власними паливними ресурсами (30–40 %), невеликий термін окупності вкладень у альтернативне паливо, тенденцію до істотного зростання ціни на природний газ та збільшення кількості промислових та побутових відходів, планується використання вторинних паливних матеріалів на цементних заводах України, зокрема ВАТ “Миколаївцемент”, ВАТ “Івано-Франківськцемент”, ВАТ “Кривий-Рігцемент”, ВАТ “Дніпроцемент”.

Інший шлях заощадження паливно-енергетичних ресурсів – це випуск багатоконпонентних цементів, що містять у своєму складі, крім клінкеру, доменний гранульований шлак, природні пуцолани, золу-виносу, вапняк тощо [1; 5]. У світі зберігається стійка тенденція до зменшення клінкерного фактора, тобто вмісту клінкеру в цементі. Так, у 2003 році він становив близько 0,85, а до 2010 року він знизиться до 0,7, при цьому чистоклінкерні цементи повинні розглядатися як

цементи спеціального призначення. У державному стандарті на цементі загальнобудівельного призначення ДСТУ Б В.2.7-46-96 та в європейському стандарті EN 197 композиційні цементі виділені як окремий тип і повинні містити не менше ніж два види мінеральних добавок різної природи активності (гідралічної та пуцоланічної дії) в кількості 36–80 %.

Разом з тим зменшення клінкерної складової цементу, як правило, призводить до погіршення його фізико-механічних характеристик. У зв'язку з цим виникає необхідність пошуку нових технічних рішень для підвищення ефективності низькоенергомістких цементів. Аналіз даних в області синтезу цементів з підвищеним вмістом мінеральних добавок, а також відомих закономірностей структуроутворення багатокомпонентних в'язучих систем показує, що розроблення низькоенергомістких цементів з поліпшеними будівельно-технічними властивостями можливе раціональним добором мінеральних додатків гідралічної та пуцоланічної природи активності в поєднанні з комплексними хімічними добавками поліфункціональної дії. Комплексні хімічні добавки пластифікуючо-прискорювальної дії забезпечують ефективність сульфатно-лужної активації доменного гранульованого шлаку, а також зростання рухливості та марочної міцності в'язучих.

Мета роботи – розробити модифіковані низькоенергомісткі багатокомпонентні цементі на основі клінкеру, одержаного з використанням вугілля та альтернативних видів палива.

Результати досліджень. За мокрого способу виробництва більше 40 % енергії палива (1670–2720 кДж/кг клінкеру) йде на випаровування вологи, а близько 30–35 % теплоти використовується безпосередньо на випал клінкеру. Вологість сировинних цементних шлаків, що зумовлює їх основну властивість – плинність, – коливається в межах від 35 до 45 %. Тому одним із основних джерел економії палива під час виробництва цементу є зменшення вологовмісту сировинної цементної суміші. Найефективнішим методом зниження вологості шламу є хімічна обробка його поверхнево-активними речовинами (ПАР). В результаті проведених досліджень встановлено, що важливе значення для отримання заданої технологічної плинності сировинних цементних шлаків має співвідношення між кількістю добавки та можливим зменшенням вологості. Використання оптимального співвідношення добавок на основі модифікованих ЛСТ в кількості 0,10–0,25 мас.% дає можливість без погіршення структурно-механічних характеристик сировинного шламу зекономити близько 1,5–5 % палива за зниження вологості сировинної суміші на 2–6 %, що дасть змогу знизити енергоємність клінкеру та собівартість цементу [6].

Збереження енергії і зменшення емісії вуглекислого газу можна досягнути за рахунок заміни природних сировинних матеріалів на неорганічні промислові відходи, за збереження складу і властивостей портландцементного клінкеру. Найпоширенішими і найдоступнішими вторинними матеріалами є доменний гранульований шлак та зола-виносу. Мінералогічний склад та розрахунки інженерної моделі показали, що шлаком можна замінити більше, як третину сировинних матеріалів. Згідно з [1] для такого самого рівня виробництва клінкеру це зменшує питому кількість сировинних матеріалів на 12 %, потребу в теплоті – на 27 %, об'єм відхідних газів – на 26 %, викиди CO₂ – на 33 %.

Зменшення об'ємів споживання природного газу в цементній промисловості, який сьогодні є основним технологічним паливом, досягається за рахунок впровадження технологій з використанням альтернативних видів палива (вугілля) та нетрадиційного палива, який отримують з промислових та побутових горючих відходів. З точки зору технологічного процесу випалу клінкеру в цементних печах можна використовувати різні горючі відходи. Разом з тим вони повинні забезпечити необхідні температурні умови в цементній печі для отримання якісного клінкеру і одержання економічного ефекту, тому калорійність відходів повинна перевищувати 15 МДж/кг [4]. Застосування альтернативних палив з нижчою калорійністю викличе зменшення продуктивності печі, підвищення питомої витрати теплоти, а також кількість викидних газів.

Під час випалу клінкеру в обертових печах частина золи твердого чи альтернативного палива присаджується на клінкер в зоні спікання або осідає на сировинну суміш в процесі руху вздовж печі до зони спікання, вступає в хімічну взаємодію з оксидами сировинної суміші, що може

змінювати співвідношення, мікроструктуру та активність клінкерних фаз і властивості одержаних цементів. У зв'язку з цим вивчено вплив часткової та повної заміни природного газу на вугілля та альтернативне паливо на основі автомобільних шин на властивості одержаного клінкеру та портландцементів на його основі. Встановлено, що зольність різних видів вугілля коливається у межах 15–25 мас.%, а у складі золи вугілля переважає SiO_2 , Al_2O_3 та Fe_2O_3 (табл. 1), що може призвести до зниження коефіцієнта насичення та підвищення силікатного та глиноземного модулів. Тому, щоб одержати клінкер заданого складу, необхідно вести розрахунок сировинної суміші з врахуванням присадки золи палива, яка виділяється під час згоряння вугілля та нетрадиційних видів палива.

Результати визначення хімічного складу золи альтернативного палива на основі зношених автомобільних шин показали підвищений вміст оксидів ZnO та SO_3 , а зольність зразків відпрацьованих автомобільних шин становить 5–8 мас.%. За мокрого способу виробництва з витратою умовного палива на рівні 220 кг/т клінкеру з заміною на 10–20 % альтернативного палива кількість золи становить усього 1,3–3,2 мас.%, тобто вміст важких металів не перевищує вимоги щодо одержання портландцементного клінкеру [3].

Таблиця 1

Хімічний склад золи від спалювання вугілля та зношених автомобільних шин

Зола	Хімічний склад, мас.%							
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	R_2O	ZnO
вугілля	58,6	23,6	10,7	2,3	1,4	0,5	0,5	-
шин	12,7	3,59	4,8	8,6	-	26,0	0,7	42,0

У табл. 2 наведено хіміко-мінералогічний склад портландцементних клінкерів, випалених з використанням різних видів палива. Показано, що присадка золи палива призводить до деякого зниження коефіцієнта насичення та силікатного модуля. За заміни природного газу вугіллям та альтернативним паливом кількість аліту (C_3S) в клінкері знижується на 3–3,5 %, при цьому зростає вміст менш гідралічноактивного мінералу – беліту. Кількість C_3A та C_4AF дещо зростає в клінкері, випаленому з використанням вугілля та альтернативного палива, порівняно з клінкером, випаленим на газі. Отже, зола, що утворюється від згоряння твердого чи альтернативного палива, істотно не впливає на процеси клінкероутворення в цементній печі, а осідаючи на випалюваний матеріал в кількості 3–5 %, відіграє роль алюмосилікатного компонента, що уможливорює економію природних ресурсів.

При цьому забезпечуються необхідні фізико-механічні властивості портландцементів. Так, проведеними фізико-механічними випробуваннями портландцементів на основі клінкерів, випалених на природному газі та змішаному паливі (газ + альтернативне паливо), встановлено незначне збільшення термінів тужавіння порівняно з портландцементом, одержаним на основі клінкеру, випаленого на природному газі. Міцність таких портландцементів через 7 та 28 діб тверднення істотно не відрізняється.

Таблиця 2

Хіміко-мінералогічний склад та модульні характеристики портландцементного клінкеру, випаленого на різних видах палива

Вид палива	Вміст оксидів, мас.%					КН	n	p	Мінералогічний склад, мас.%			
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	SO_3				C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
Природний газ	21,60	5,60	4,71	67,04	0,35	0,93	2,1	1,1	64,42	13,33	6,17	14,33
Газ+шини	21,69	5,78	4,84	67,05	0,45	0,92	2,1	1,1	62,35	13,46	7,10	14,71
Вугілля	21,22	5,64	5,69	65,15		0,92	1,9	1,1	62,25	15,87	6,35	15,93
Газ+вугілля+шини	20,92	5,70	4,86	66,70	0,67	0,92	1,9	1,1	62,38	14,63	6,48	14,77

Варто відзначити, що за мокрого способу виробництва на етапі випалу портландцементного клінкеру зниження вологості шламу, використання альтернативних видів палива та заміна сировинних компонентів відходами промисловості не забезпечує істотного зменшення енергомосткості виготовлення цементу. Так, витрата енергії на випал клінкеру за мокрим способом виробництва на ВАТ «Миколаївцемент» становить близько 6550 МДж/т клінкеру, а під час застосування розріджувачів сировинних цементних шламів витрата енергії знижується на 90–200 МДж/т клінкеру.

Сучасні тенденції зменшення енергоспоживання та кількості техногенного CO₂ при виробництві в'язучих на основі алітових портландцементних клінкерів реалізуються шляхом використання вторинних палив та ресурсів при переході до цементів з підвищеним вмістом мінеральних добавок (типи ШПЦ III, ПЦЦ IV та КЦ V). При оцінці енергозаощадження одержання цементу необхідно враховувати не тільки витрату палива, але й загальні енергетичні потреби, включаючи добування, транспортування сировини, її розмелювання та розмелювання клінкеру з добавками. Виробництво цементу є високоенергомостким процесом: на випал клінкеру за мокрим способом витрачається теплоти 5400–6700 МДж/т, на процес розмелювання сировини та цементу – близько 100–110 кВт·год електроенергії, що становить близько 5800–7200 МДж/т клінкеру.

Як зрозуміло з рис. 1, заміна високоенергомосткої клінкерної складової мінеральними добавками в кількості, необхідній для одержання цементів типу ШПЦ III/A, ПЦЦ IV/A та КЦ V/A, заощаджуватиме близько 21–60 % енергії. При цьому істотне зниження енергомосткості відбувається при отриманні шлакопортландцементу, що зумовлено можливістю введення більшої кількості шлаку до 65 мас.%, який характеризується прихованою гідравлічною активністю.

Найпоширенішим цементом з підвищеним вмістом мінеральних добавок в Україні є шлакопортландцемент. Разом з тим щільна склоподібна структура і, як наслідок, підвищена абразивність доменного гранульованого шлаку вимагає додаткових витрат електроенергії на помел шлаковмісних цементів для забезпечення марочної міцності, а також скорочує термін експлуатації помольного обладнання.

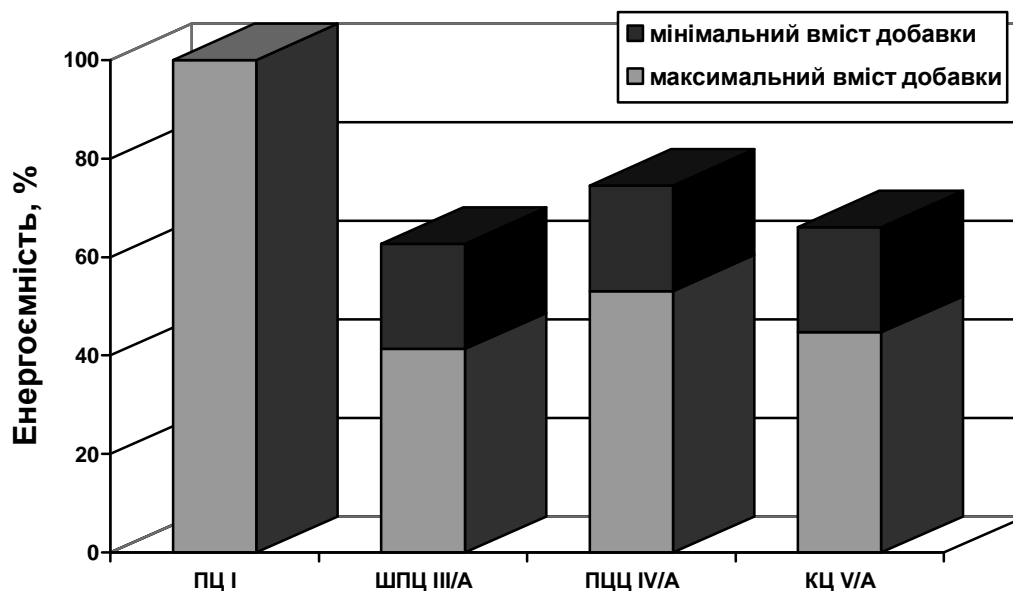


Рис. 1. Енергомосткість випуску цементів

Розробляючи низькоенергомосткі цементи, істотну роль відводять якості одержуваного в'язучого, зокрема його міцності та довговічності. Аналізуючи результати досліджень впливу речовинного складу на фізико-механічні характеристики цементних композицій, можна зробити висновки, що із збільшенням вмісту доменного гранульованого шлаку погіршується розмелювальна здатність цементів, про що свідчать результати визначення питомої поверхні. У той самий час використання золи-виносу в складі цементів підвищує їх питому поверхню.

Дослідженнями впливу активних мінеральних добавок на водопотребу композиційного в'язучого встановлено, що значення нормальної густоти для усіх коливаються у межах 25–28 %. Варто відзначити, що із збільшенням вмісту активних мінеральних добавок нормальна густота цементного тіста дещо зростає. Аналіз термінів тужавіння показує, що для усіх складів вони залишаються в межах, допустимих ДСТУ Б В.2.7-46-96. При введенні доменного гранульованого шлаку і золи-виносу відбувається сповільнення термінів тужавіння, які продовжують відтягуватись із зростанням вмісту добавок за рахунок заміни частки клінкерної складової цементу на менш гідравлічно активні мінеральні компоненти.

Дослідженнями міцнісних показників встановлено, що чистоклінкерний портландцемент характеризується найвищою границею міцності за стиску в усі терміни тверднення і на 28 добу тверднення його активність становить 50,5 МПа, що відповідає марці 500. При переході до цементів з підвищеним вмістом активних мінеральних добавок типу ШПЦ Ш/А з доменним гранульованим шлаком, який характеризується зниженою енергомісткістю, спостерігається закономірне сповільнення процесів раннього структуроутворення і зменшення міцності. Так, границя міцності за стиску шлакопортландцементу через 28 діб тверднення становить 36,8 МПа, що відповідає марці 300. Разом з тим в пізніші терміни тверднення, коли в реакцію вступає основна маса шлаку, міцність його зростає і навіть перевищує міцність портландцементу з добавкою шлаку ПЦ ІІ/А-Ш-400. Згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7-112-2002 шлакопортландцемент ШПЦ Ш/А можна віднести до ІІ групи ефективності пропарювання.

На шляху зниження енергомісткості виробництва цементів актуальною є проблема ефективного використання гідравлічних властивостей в'язучого в бетонах як найбільш енергомісткого компонента, що визначає технологічні показники бетонних сумішей та технічні характеристики затверділих виробів чи конструкцій. Оскільки гідравлічна і пуцоланова активності мінеральних компонентів нижчі, ніж активність портландцементного клінкеру, то цементи з підвищеним вмістом мінеральних добавок характеризуються меншою реакційною здатністю порівняно з бездобавочними портландцементами, крім того, використання шлаку, який характеризується низькою розмелювальною здатністю, у цементі спричиняє зниження питомої поверхні, що зумовлює багато його негативних характеристик, зокрема підвищені водовідділення, пористість, деформації зсідання, низькі ранню та кінцеві міцності.

Одержання високоякісних низькоенергомістких цементів, що містять підвищену кількість мінеральних добавок і характеризуються міцністю співрозмірною з бездобавочним портландцементом, пов'язане з оптимізацією зернового складу в'язучих, що досягається за рахунок їх тонкішого розмелювання порівняно з ПЦ І. При цьому проявляється ефект механічної активації, зумовлений збільшенням запасу вільної енергії речовини за рахунок збільшення поверхні, зміни енергетичного стану поверхні частинок та дефектності структури внаслідок часткової деформації кристалічної структури поверхневого шару за підведення механічної енергії, зростання кількості аморфної маси подрібнюваного матеріалу, що сприяє поглибленню процесів гідратації та зростанню його активності.

Разом з тим підвищення тонини розмелювання портландцементів призводить до збільшення їх водопотреби та кількості води, яка необхідна для одержання консистенції цементно-піщаного розчину із стандартним розпливом конуса. Так, нормальна густина цементного тіста під час зростання питомої поверхні від 320 до 500 м²/кг підвищується на 5–7 %. Збільшення кількості води замішування призводить до багатьох негативних явищ у цементному камені, зокрема збільшення пористості, деформацій зсідання, зниження ранньої та кінцевої міцності.

Для отримання в'язучого з високими показниками міцності та підвищеною рухливістю багатокомпонентних цементних систем значний практичний інтерес являє модифікування цементів хімічними добавками. З метою активізації процесів гідратації і тверднення полімінеральних цементів використовувались комплексні хімічні добавки пластифікуючо-прискорювальної дії на основі пластифікаторів та луговмісних прискорювачів тверднення.

Фізико-хімічне модифікування шлакових цементів поліфункціональними хімічними добавками на основі суперпластифікаторів (сульфонафтальін- і сульфомеламінформальдегіди, полікарбоксилати) дає змогу направлено регулювати параметри цементної системи, створюючи можливість утворення гідратних фаз, що характеризуються в'язучими властивостями в мінеральній неклінкерній частині композицій. При цьому якнайповніше реалізуються потенційні в'язучі властивості цієї системи (рис. 2). Використання комплексних модифікаторів на основі сульфонафтальінформальдегідів (СНФМ), полікарбоксилатів (FK-63) та неорганічних електролітів забезпечило значну реологічну активність тонкомеленого шлакопортландцементу. Так, розплив конуса дрібнозернистого бетону з використанням ШПЦ III, модифікованого комплексною хімічною добавкою на основі СНФМ за В/Ц=0,4, становив 160 мм, при використанні полікарбоксилатів у складі комплексного модифікатора рухливість дрібнозернистого бетону зростає до 210 мм.

Отже, модифіковані шлакопортландцементи за сталого водоцементного відношення (В/Ц=0,4) досягають розпливу конуса РК=160–210 мм, що дає змогу віднести їх до середньо- та сильнопластифікованих цементних систем (технологічний ефект). За рахунок істотного (20–30 %) водоредукуючого ефекту комплексних модифікаторів створюється можливість отримання шлакопортландцементів з високою ранньою та кінцевою міцністю. Так, 28-добова міцність шлакопортландцементу, модифікованого комплексними добавками, за зменшення кількості води замішування для одержання стандартного розпливу конуса перевищує міцність звичайного шлакопортландцементу в 1,6–2 рази. При цьому реалізується технічний ефект (підвищення міцнісних показників) або економічний ефект (зниження витрати в'язучого в бетонах).

Введення поліфункціональних добавок забезпечує підвищену пластичність в'язучої системи і лужну активацію мінеральних компонентів як додаткового резерву одержання на ранніх стадіях гідратації гідросульфоалюмінатів кальцію в неклінкерній частині в'язучого, що дає змогу компенсувати недобір міцності цементів з підвищеними вмістом мінеральних добавок, викликаний зменшенням у них частки клінкерної складової, а також досягти якнайповнішої реалізації потенційних в'язучих властивостей багатоконпонентної системи. Під час тверднення низькоенерговмісного цементу, який містить доменний гранульований шлак, спочатку проходить гідратація клінкерних мінералів. В присутності електролітів цей процес інтенсифікується – рідка фаза насичується іонами Ca^{2+} , OH^- , SO_4^{2-} , що створює умови для лужної і сульфатної активації шлакового скла, в результаті чого інтенсифікується гідратація в неклінкерній частині в'язучого з утворенням гідросилікатів CSH(V) , низько- і високосульфатних гідросульфоалюмінатів кальцію.

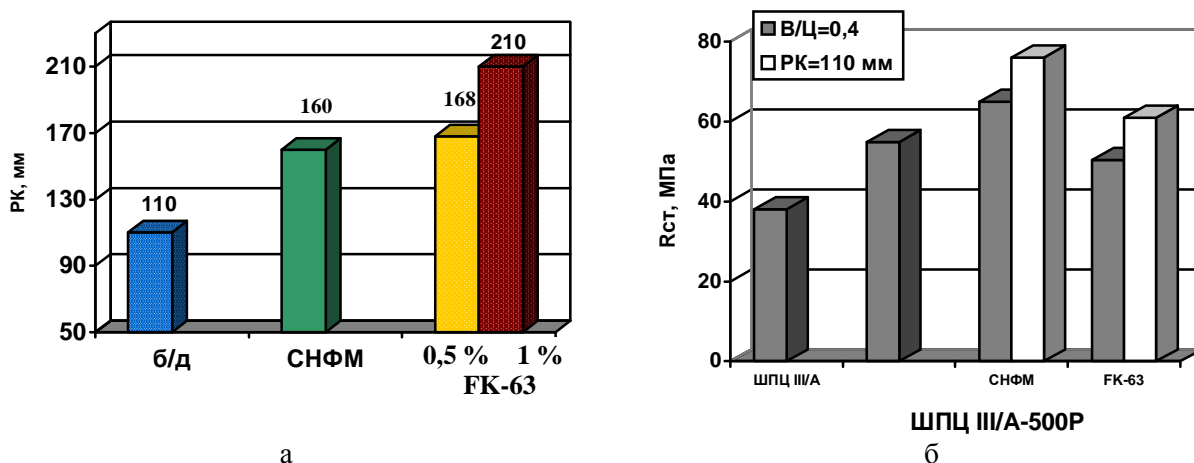


Рис. 2. Вплив суперпластифікаторів на рухливість (а) та міцність (R_{28}) (б) дрібнозернистого бетону на основі шлакопортландцементів (Ц:П=1:2)

Можливість використання низькоенерговмісних цементів, модифікованих комплексними добавками на основі суперпластифікаторів та луговмісних прискорювачів, в технології

будівельного виробництва значною мірою визначається проектуванням складу та технологічними властивостями бетонної суміші, а також будівельно-технічними властивостями бетону. Важливою характеристикою в умовах централізованого приготування бетонних сумішей є їх здатність до збереження властивостей в часі. Як бачимо з рис. 3, бетонна суміш на основі модифікованого ШПЦ Ш/А на 30–40 % довше зберігає запроєктовану марку за легкоукладальністю порівняно з портландцементом ПЦ П/А-Ш-400, що має важливе значення під час бетонування в літній період.

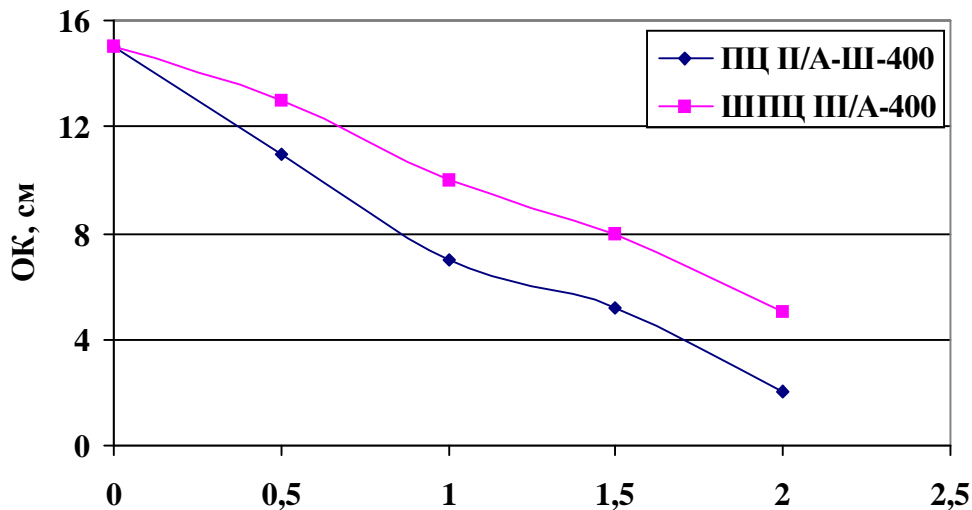


Рис. 3. Реологічні властивості бетонних сумішей
(бетон класу за міцністю на стиск В25, $T=22^{\circ}\text{C}$)

Бетони на шлаковмісних цементах характеризуються високою міцністю у подальші терміни тверднення, хімічною стійкістю до дії агресивних середовищ, високою термостійкістю, постійністю зміни об'єму, стійкістю до стирання та сульфатної агресії. Модифікований шлакопортландцемент може застосовуватися для виготовлення бетонних і залізобетонних конструкцій, надземних, підземних, підводних споруд, будівельних розчинів. Внаслідок зниженого тепловиділення і підвищеної жаростійкості шлакопортландцемент використовують під час виготовлення масивних споруд, а також конструкції гарячих цехів. Останнім часом його все більше використовують під час будівництва очисних споруд, а також доріг та мостів. Особливо ефективно застосування шлакопортландцементу в гідротехнічному будівництві (морському і річковому).

Висновки. В умовах дефіциту паливно-енергетичних ресурсів, поступового вичерпування запасів якісної сировини для виробництва цементу, загострення екологічних проблем важливим напрямком у виробництві в'язучих речовин є енергетичне використання альтернативних палив під час випалу портландцементного клінкеру та розроблення змішаних цементів з підвищеним вмістом мінеральних добавок, особливо техногенних продуктів, зокрема доменних гранульованих шлаків та золи-виносу ТЕС.

Дослідженнями хіміко-мінералогічного складу портландцементних клінкерів, випалених з використанням вугілля та альтернативного палива на основі зношених автомобільних шин, встановлено, що присадка золи палива істотно не впливає на процеси клінкероутворення в цементній печі, а важкі метали, які містяться в незначній кількості в продуктах згоряння, іммобілізуються в структурі мінералів портландцементного клінкеру.

Випуск ефективних багатокомпонентних цементів, які, замість частини клінкеру, містять доменний гранульований шлак, дасть змогу створити прогресивні моделі в цементній промисловості для раціонального використання природної сировини, палива, електричної енергії. Низькоенерговмісні цементні системи здійснюють істотний внесок в реалізацію концепції сталого

розвитку з точки зору екології за рахунок зменшення емісії CO₂ та використання побічних продуктів виробництва, як технологічного палива та як компонентів шихти під час розмелювання цементу. У системі портландцементів з мінеральними добавками підвищення тонини розмелювання та використання поліфункціональних модифікаторів спрямовані на усунення недоліків, пов'язаних із введенням до складу таких цементів підвищеної кількості мінеральних добавок. Фізико-хімічне модифікування багатоконпонентних цементів комплексними додатками пластифікуючо-прискорювальної дії дає змогу направлено регулювати параметри цементної системи, створюючи можливість утворення гідратних фаз, що мають в'язучі властивості у мінеральній неклінкерній частині композицій.

1. Wolter A. *Belite cements and low-energy clinker // Cement international*. – 2005. – №6. – P. 106–117. 2. Кройчук Л.А. *Использование горючих отходов в иностранной цементной промышленности // Цемент*. – 1987. – № 6. – С. 18–19. 3. *Wspolspalanie paliw alternatywnych w przemyśle cementowym - zrownowazony rozwoj. Stowarzyszenie Producentów Cementu i Wapna // Wyd. Polski Cement*. – Kraków, 2007. – 30 s. 4. *Енергетичне використання горючих відходів у цементній промисловості / М.А. Саницький, Т.С. Марків, Ю.Л. Новицький, Т.М. Круць // Будівельні матеріали та виробн.* – 2008. – № 6. – С. 5–8. 5. *Modified composite cements with alkaline activation / M. Sanytsky, Kh. Sobol, T. Markiv, U. Novytsky // International conference Alkali activated materials-research, production and utilization*. – Praha, 2007. – P. 611–620. 6. *Концепція застосування модифікаторів для підвищення якості та довговічності залізобетону / М.А. Саницький, У.Д. Марушак, О.Т. Мазурак, М.М. Чемерис // Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць „Будівельні конструкції”*. – 2003. – Вип. 59. – К.: НДІБК. – С. 448 – 455. 7. *Регулювання властивостей сировинних цементних шламів комплексними модифікаторами / Ю.Л. Новицький, Х.С. Соболев, Н.І. Петровська, І.І. Кіракевич // Вісник НУ "Львівська політехніка" "Хімія, технологія речовин та їх застосування"*. – 2008. – № 609. – С. 304–309.

УДК 628.164

О.О. Мацієвська, Н.В. Долінська, І.З. Шевчук
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра гідравліки та сантехніки

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ПОРІВНЯННЯ РОБОТИ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ ПОМ'ЯКШЕННЯ ВОДИ КАРТРИДЖНОГО ТИПУ

© Мацієвська О.О., Долінська Н.В., Шевчук І.З., 2009

Наведено результати експериментального порівняння роботи побутових фільтрів різного виробництва, призначених для пом'якшення води.

In this article the presented results of experimental comparison of work of domestic filters are for softening of water of different production.

Постановка проблеми. Роль води в житті людини надзвичайно важлива. Вода – найважливіший компонент усіх клітин, основа міжклітинної рідини, плазми і лімфи; вона становить близько 65–70 % від маси тіла людини. У клітинах вода є розчинником неорганічних і органічних сполук, учасником багатьох хімічних реакцій, що відбуваються у водних розчинах. Добова норма споживання води людиною – 2,5–3,0 дм³. Залежно від умов зовнішнього середовища ця норма може змінюватися.