

УДК 691.5

*Грабовчак В.В., аспірант,
Ковальчук О.Ю., канд. техн. наук, с.н.с.,
Науково-дослідний інститут в'язучих матеріалів,
КНУБА,
Омельчук В.П., канд. техн. наук, доцент кафедри ТБКВ,
Київський Національний університет будівництва і
архітектури, м. Київ*

ПРОЕКТУВАННЯ СКЛАДУ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЛУЖНИХ БЕТОНІВ НА ОСНОВІ ПАЛИВНИХ ЗОЛ

Сучасні об'єктивні світові тенденції зменшення матеріалоемності і посилення ресурсозбереження на усіх технологічних ділянках будівельного виробництва потребують підвищення використання супутніх продуктів виробництв у складі цементів і бетонів, зокрема з покращеними експлуатаційними властивостями.

У зв'язку з цим набуває актуальності розвиток технологій, спрямованих на вирішення проблеми економії цементної складової в бетонах за рахунок використання у складі цементу доменних гранульованих шлаків і паливних зол, при одночасному підвищенні експлуатаційних характеристик.

У різних країнах світу значного поширення набуло використання тонкодисперсної золи-винесення, яка позитивно впливає на легкоукладальність бетону, його водовідділення, якість поверхні, сульфатостійкість, стійкість до лужного та хлоридного агресивного середовища, зменшує деформації усадки та підвищує тріщиностійкість, зменшує тепловиділення та підвищує міцність бетону на пізніх етапах твердіння [1, 2].

У світовій практиці переважає напрямок використання золи-винесення у складі бетонів як добавки замість частини цементу. Проте на практиці такі бетони характеризуються уповільненою кінетикою тверднення, низькою міцністю. В зв'язку з цим, вміст золи-винесення у складі в'язучої речовини зазвичай обмежують на рівні 20...30% за масою. Тому, відповідно, необхідно шукати нові напрямки використання паливних зол у складі в'язучих речовин.

Найбільш ефективні в цьому плані в'язучі речовини на основі лужних металів, особливо зололужні в'язучі, які дозволяють використовувати у своєму складі до 80% золи ТЕС. Можливість застосування золи-винесення як компоненту лужних в'язучих було показано В.Д. Глуховським ще у 1957 р. [3]. Подальші дослідження дозволили запропонувати зололужні в'язучі на основі золи-винесення та золошлакових сумішей ТЕС, лужних компонентів та коригуючих високоосновних добавок (портландцементний клінкер, металургійні шлаки) у кількості 5...45%.

Зололужні в'язучі характеризуються низькими енергетичними витратами на їх виробництво, високими фізико-механічними показниками, довговічністю, корозійною стійкістю, морозостійкістю тощо. Тому виникає необхідність продовження розробки складів важкого бетону на основі зололужних цементів з покращеними експлуатаційними властивостями.

Для приготування зололужних цементів використовували золу сухого видалення Ладжинської ДРЕС, як лужний компонент використовували кальциновану соду. Для активації тверднення в'язучого використовували доменний гранульований шлак Маріупольського комбінату ім. Ілліча та портландцемент марки М500 виробництва ВАТ «Волиньцемент». Зололужні цементи класифікували згідно з ДСТУ Б.В. 2.7-181-2009, як лужний пуцолановий цемент ЛЦЕМ III та лужний композиційний цемент ЛЦЕМ V.

На першому етапі розробки складів бетонів було визначено можливість отримання важких бетонів на основі цементів ЛЦЕМ III-400 та ЛЦЕМ V-400. Як склад порівняння паралельно досліджували контрольний склад на основі звичайного портландцементу марки ПЦ II А/Ш-400.

При порівнянні основних фізико-механічних характеристик було показано, що активність

бетонів на основі зололужних цементів дещо переважає активність бетону на звичайному цементі. Варто відзначити, що такі результати досягаються при вмісті золи в складі цементу 60%, що виключено при застосуванні традиційних систем. Отже, досліджувані системи є більш ресурсоефективними і дешевими у виробництві.

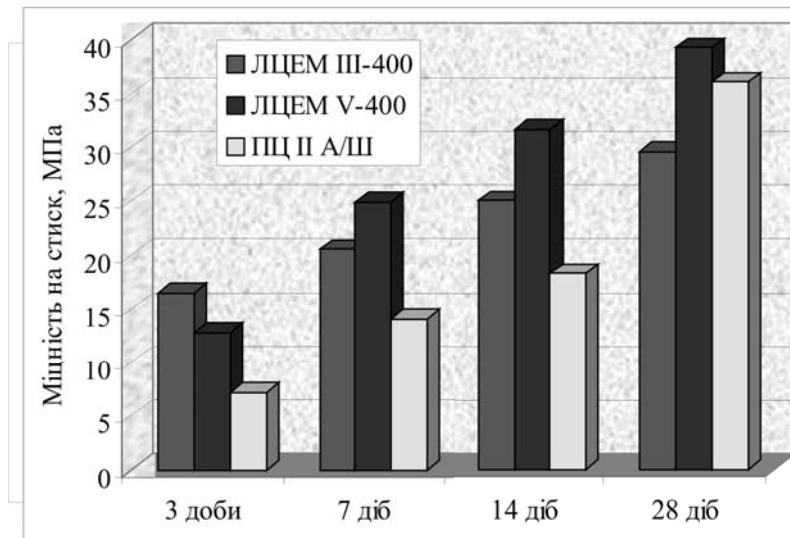


Рисунок 1 - Зміна міцності бетону на основі зололужного цементу і звичайного портландцементу

Було досліджено поведінку бетонів в умовах, які потенційно характеризують їх довговічність (випробовування морозостійкості). Для проведення досліджень обрали цемент типу ЛЦЕМ V-400.

Випробовування стійкості розглянутих бетонів до циклічної дії низьких температур проводили за прискореною методикою згідно ДСТУ Б.В.2.7-49-96 в умовах насичення зразків, заморожування (при температурі мінус 50°C) і відтаювання у 5%-му водному розчині хлористого натрію. При цьому для вказаних випробувань використовували бетони, які тверднули 28 днів у нормальних умовах.

Результати випробувань показали, що за ознаками зовнішніх руйнувань і втрати міцності (табл.1) досліджені бетони можна віднести до бетонів з маркою за морозостійкістю F75.

Таблиця 1 - Порівняльні характеристики морозостійкості важких бетонів

№	Вид цементу	В/Ц	О.К, см	Втрата міцності, %, після циклів заморожування і відтавання		Марка за морозостійкістю
				2	3	
1	ЛЦЕМ V-400	0,34	2	-0,6	-17,5 (оголення заповнювача)	F75
2	ЛЦЕМ V-400	0,5	18	-4,1	-35,1 (спучування поверхні)	F75
3	ПЦ II А/Ш-400	0,55	2	-0,5	-100 (руйнування по об'єму)	F75

Відмічено, що за ступенем руйнування під дією морозу в умовах насичення бетонів сольовим розчином найбільших ушкоджень отримав бетон на портландцементі (бетон розсипається при доторканні). Руйнування бетону на зололужному цементі, виготовленого на основі бетонної суміші з ОК=2 см (як і бетон на портландцементі) проходить по поверхні з оголенням заповнювача, що призвело до втрати міцності зразків на 17,5 %, а для бетону, виготовленому на суміші з

ОК=18 см, відбувається спучування і лущення поверхні (збільшення об'єму), що приводить до втрати міцності на 35,1 %.

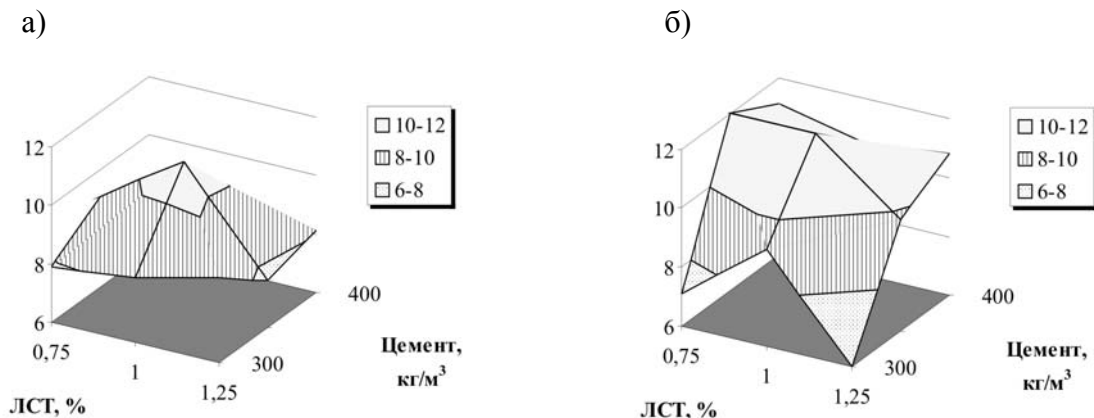
Подальшу оптимізацію складу важких бетонів було проведено в двох зазначених вище системах із застосуванням повних двофакторних експериментів. Як фактори варіювання було обрано вміст цементу (300...400 кг на м³ бетону) та кількість пластифікатора (0,75...1,25%). Водоцементне відношення підбирали для досягнення однакової пластичності суміші (осадка конусу становила 11...14 см). Вміст піску та щебеню різних фракцій був ідентичним. За результатами досліджень було побудовано ізопараметричні діаграми впливу факторів варіювання на міцність бетонів у різному віці (рис. 2).

Як видно з наведених даних, загальною тенденцією є зростання міцності із збільшенням обох факторів варіювання, але вирішальним є все-таки вміст цементу. Водночас, рання міцність (у віці 3 діб) сягає максимуму вже при середніх значеннях факторів варіювання (вмісті цементу 350 кг/м³ та пластифікатора 1,00 %). Отже, у випадках, коли головним фактором є проектна міцність, треба вводити максимальну кількість як лужного цементу, так і пластифікатора.

Також слід відмітити той факт, що бетони на основі цементу ЛЦЕМ III незначною мірою переважали аналоги системи ЛЦЕМ V за міцнісними показниками в проектному віці, тоді як друга система має переваги з точки зору синтезу ранньої міцності. В ході досліджень було отримано склади товарного бетону класів В15...В25, які були покладені в основу подальших досліджень.

Таким чином було показано можливість отримання бетонів на основі цементів типу ЛЦЕМ III-400 та ЛЦЕМ V-400, які за фізико-механічними і експлуатаційними характеристиками нічим не поступаються бетону на звичайному портландцементі, а у певних випадках навіть переважають його.

Розроблено і оптимізовано склади бетонів на основі цементів ЛЦЕМ III та ЛЦЕМ V. При цьому рання міцність (у віці 3 діб) сягає максимуму вже при середніх значеннях факторів варіювання (вмісті цементу 350 кг/м³ та ЛСТ 1,00%). В ході досліджень було отримано склади товарного бетону класів В15...В25, які були покладені в основу подальших досліджень.



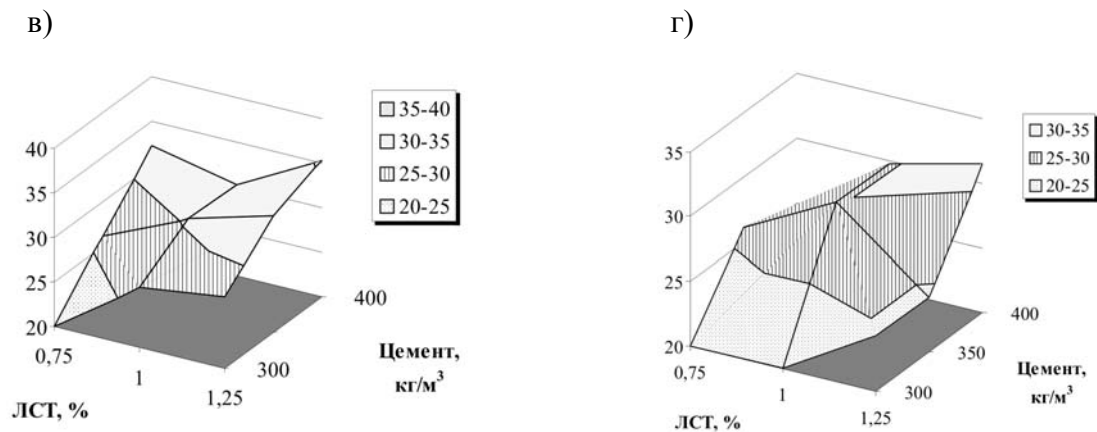


Рисунок - 2 Ізопараметричні діаграми міцності при стиску бетону на основі цементу ПЩЕМ III-400 (а, в) та ПЩЕМ V-400 (б, г), у віці 3 діб (а, б) та 28 діб (в, г)

ЛІТЕРАТУРА

1. Венюа М. Цементы и бетоны в строительстве / М. Венюа. – М.: 1980. – 415 с.
2. Рекомендации по применению в бетонах золы, шлака и золошлаковой смеси тепловых электростанций. – М: Стройиздат, 1986. – 81 с.
3. Глуховский В.Д., Петренко И.Ю., Скурчинская Ж.В. О синтезе кристаллических алюмосиликатов // ДАН УССР. Сер. Б. - 1968. - № 5. - С. 454-456.
4. Shi C. Alkali – activated cements and concretes / C. Shi, P. Krivenko, D. Roy // Taylor & Francis, London and New York, 2006. – 376 с.
5. Fly Ash Based Alkaline Cements application: Proceeding of 2007 - Intern. Conf. [“Alkali Activated Materials – Research, Production and Utilization”], (Praga, 2007) / P.V. Krivenko, G.Yu. Kovalchuk. – Praga, 2007. – P. 313-332.
6. Дворкин Л.И. Эффективные цементно-золевые бетоны / Дворкин Л.И., Дворкин О.Л., Корнейчук Л.И. – Ровно, 1998. – 196 с.
7. Sustainable Development Through the Use of High-Volume Fly Ash Cements / E.S. Kavalerova, K.K. Pushkarova, V.I. Gots, G.Yu. Kovalchuk // 16 Ibausil, Weimar, 2006. – Vol. 1. – P. 0933-0940.