

**Кривенко П.В., Ковальчук О.Ю.**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Науково-дослідний інститут в'язучих речовин і матеріалів ім. В.Д. Глуховського  
(Повітрофлотський просп., 31, Київ, 03680; e-mail: [pavlo.kryvenko@gmail.com](mailto:pavlo.kryvenko@gmail.com); [orcid.org/0000-0001-7697-2437](https://orcid.org/0000-0001-7697-2437))*

## УПРАВЛІННЯ ДЕКОРАТИВНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ЛУЖНИХ ЦЕМЕНТІВ

Стаття присвячена дослідженням щодо розробки декоративних мінеральних фарб на основі лужних цементів. Показано можливість підвищення ступеню білизни таких цементів за рахунок використання неорганічних добавок типу каоліну, мармурової муки та гідрату титану. Встановлено, що найбільший вплив на показники білизни систем має вміст сполук заліза у складі вихідної сировини (доменного гранульованого шлаку). Експлуатаційні властивості розроблених фарб показують високу стійкість у часі до атмосферного впливу та умов експлуатації.

**Ключові слова:** мінеральні фарби, лужні цементи, ступень білизни.

**Актуальність проблеми.** У сучасній будівельній галузі України виникає потреба у розширенні номенклатури вітчизняних декоративних цементів [1], що зазвичай виготовляються на основі білого портландцементу [2], а також постає проблема створення нових ефективних мінеральних фарб та декоративних покриттів на їх основі з підвищеними експлуатаційними характеристиками [3], які повинні бути екологічно чистими, зручними в нанесенні, забезпечувати ряд спеціальних вимог та піддаватись сухій та вологій обробці [4]. Існуючі тенденції також обумовлюють розробку матеріалів з підвищеними показниками комфортності до людей [5].

Одним з перспективних шляхів розвитку технології виробництва декоративних матеріалів є застосування нових ефективних видів в'язучих речовин [6-8], до яких належать розроблені науковою школою НДІВМ ім. Глуховського шлаколузні в'язучі речовини [9-10]. Сировиною для таких в'язучих є дисперсні алюмосилікатні речовини та сполуки лужних металів, які можуть бути і відходами виробництва [11-13].

Попередні дослідження показали високу ефективність використання шлаколузних цементів для створення декоративних матеріалів [14-15]. В представленій

роботі наведено результати досліджень щодо розробки складу декоративних шлаколузних цементів, визначення впливу вибілюючих реагентів на декоративні властивості шлаколузних цементів та вивчення експлуатаційних характеристик мінеральних фарб.

**Сировинні матеріали і методи досліджень.** Як основний компонент декоративних шлаколузних цементів було використано доменні гранульовані шлаки: - тульського (ТМК), маріупольського (ММК ім. Ілліча) та криворізького (ArcelorMittal Steel Kryvyi Rih) комбінатів, помел яких здійснювали у керамічному млині до питомої поверхні 450 м<sup>2</sup>/кг за Блейном. Склад цементу містив 90% меленого шлаку та добавки лужного компоненту та модифікаторів у кількості 10% від маси шлаку. Результати хімічного аналізу шлаків наведено у табл. 1. Результати рентгеноструктурного аналізу шлаків наведено на рис. 1.

Для підвищення ступеня білизни отриманих декоративних шлаколузних цементів до їх складу вводили вибілюючі мінеральні реагенти (Шляхом заміни частини цементу):

- диоксид титану згідно ГОСТ 9808-84
- мармурову муку
- каолін марки КН згідно ГОСТ 19285-73.

Таблиця 1 - Хімічний склад використаних доменних шлаків

Походження доменного грану. шлаку	Вміст оксидів, % за масою									
	SiO <sub>2</sub>	S	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	FeO + Fe	Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	в.п.п
Тула	41,3	-	6,3	7,0	0,054	43,5	-	-	0,26	98,44
Маріуполь	38,9	1,8	4,6	6,8	0,55	47,0	0,35	-	-	100
Кривий Ріг	38,2	1,1	4,6	4,6	0,81	48,5	1,65	0,34+ 0,45	-	100,28

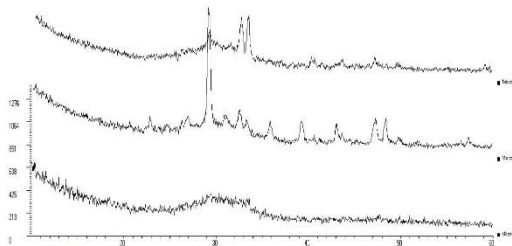


Рис. 1. Результати рентгеноструктурного аналізу доменного гранульованого шлаку різного походження

Визначення білизни зразків проводили шляхом їх сканування поверхні та порівняння білизни зразка, отриманої розрахунковим шляхом, із характеристикою еталону, що мав значення білизни 98%.

**Результати і обговорення.** На першому етапі досліджували можливість ступеню білизни досліджуваних цементів на основі різних шлаків шляхом введення вибілюючих реагентів. (рис. 2).

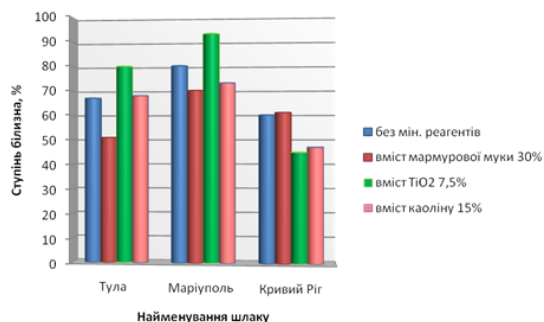


Рис. 2. Вплив вибілюючих реагентів на ступінь білизни шлаколуужних цементів

Аналіз отриманих результатів засвідчив, що для систем на основі Тульського та Маріупольського шлаків найкраще впливає добавка диоксиду титану, в той час як для Криворізького шлаку найефективнішою добавкою є мармурова мука, яка проте не дозволяє набагато підвищити ступінь білизни системи. Такі особливості композицій на основі Криворізького шлаку пов'язані, ймовірно, із

наявністю більшої кількості оксиду заліза у складі вихідної сировини.

Отримані показники ступеню білизни для більшості розглянутих систем відповідають поставленим вимогам щодо мінеральних фарб на їх основі, проте системи із значним вмістом TiO<sub>2</sub> є неефективними з економічної точки зору. Крім того, необхідним є введення наповнювача для стабілізації ймовірних усадочних деформацій.

Було запропоновано ряд експериментів щодо визначення комплексного впливу вибілюючих реагентів на декоративні властивості шлаколуужних композицій. Для цього вивчали сумісний вплив диоксиду титану та мармурової муки (рис. 3, а, б, в) та диоксиду титану та каоліну (рис. 4, а, б, в) на ступінь білизни шлаколуужних цементів.

Рівні варіювання вмісту вибілюючих реагентів встановлювали за результатами попередніх досліджень за умов забезпечення збереження активності всіх композицій не нижче 50МПа. Максимальний вміст мармурової муки становив 25% від маси композиції, а вміст каоліну – до 15%. В обох випадках диоксид титану вводили у кількості 2,5...5...7,5%.

Аналіз отриманих даних засвідчив, що при сумісному введенні TiO<sub>2</sub> та мармурової муки можливим є досягнення ступеню білизни систем на рівні 85...98%, тобто такої білизни, що відповідає вимогам до виробництва декоративних матеріалів високої якості. При цьому є можливість скоротити вміст коштовного диоксиду титану та зменшити вміст в'язучої речовини у складі розроблених систем.

Для композицій на основі Маріупольського доменного гранульованого шлаку основним фактором є вміст мармурової муки, вміст TiO<sub>2</sub> відіграє додаткову

функцію. Для систем на основі Тульського шлаку важливою є сумісна дія вибілюючих реагентів.

Використання каоліну та  $TiO_2$  також сприяє отриманню високих показників білизни розглянутих систем. В цілому можна відзначити, що для таких систем ступінь білизни є прямо пропорційною вмісту діоксиду титану, а зміна вмісту каоліну дозволяє коригувати білизну композицій у незначних межах.

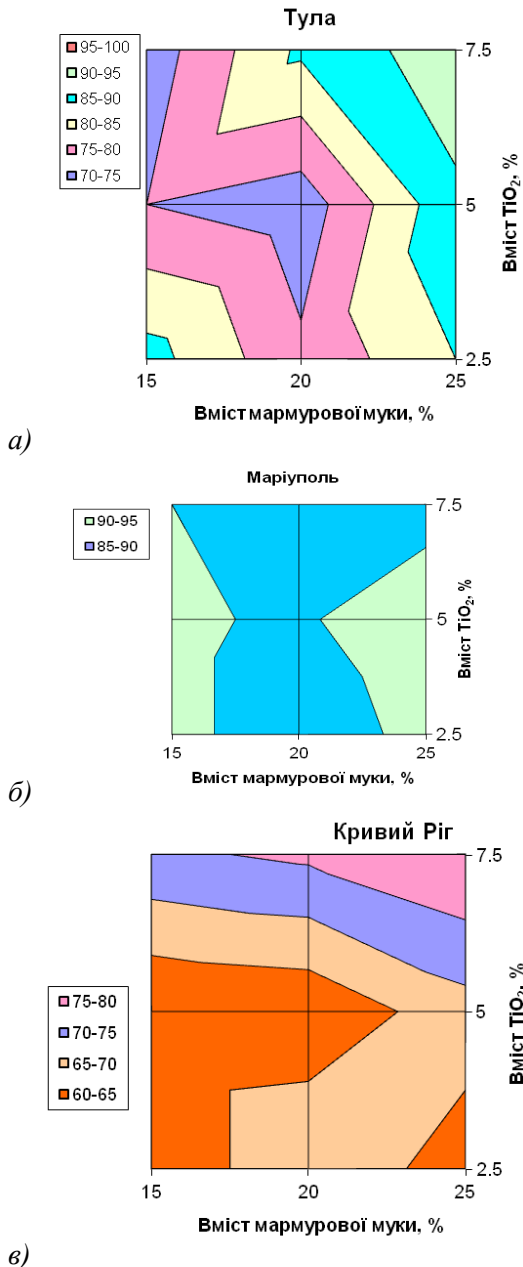


Рис. 3. Ізопараметричні діаграми зміни ступеню білизни шлаколуужних цементів (на легенді) при введенні мармурової муки та діоксиду титану: а – тульський шлак, б – маріупольський шлак, с – криворізький шлак.

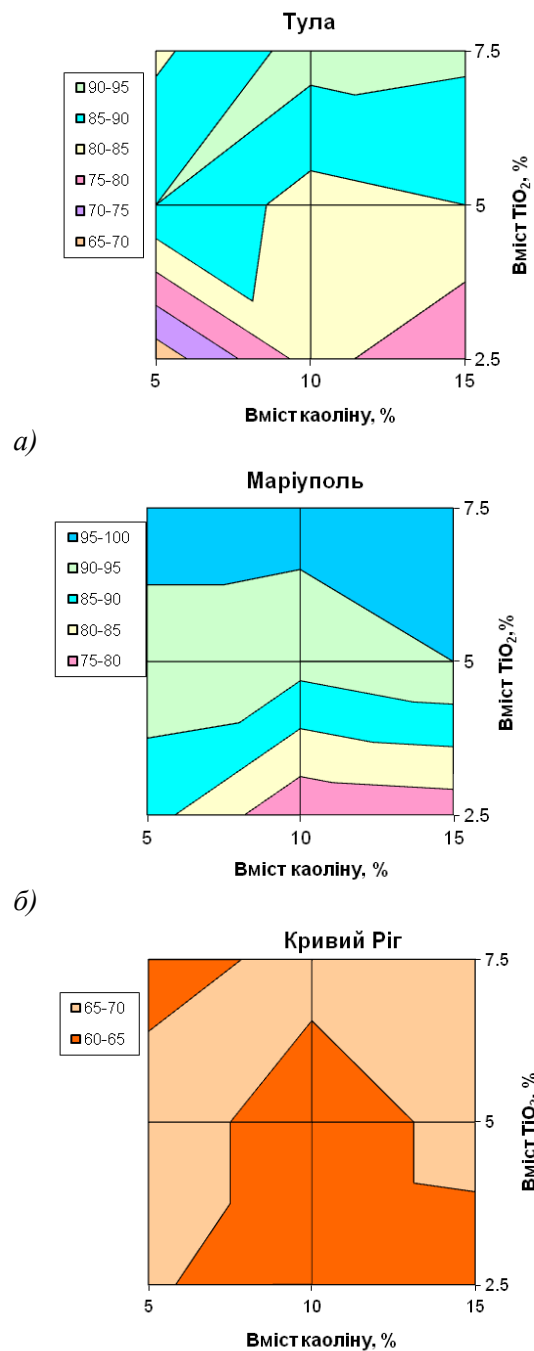


Рис. 4. Ізопараметричні діаграми зміни ступеню білизни шлаколуужних цементів (на легенді) при введенні каоліну та діоксиду титану: а – тульський шлак, б – маріупольський шлак, с – криворізький шлак.

Низькі показники ступеню білизни композицій на основі Криворізького шлаку обумовлені підвищеним вмістом у складі вихідної сировини оксиду заліза, що підтверджується результатами додаткових експериментів.

Для оцінки впливу вмісту сполук заліза у вихідній сировині на ступінь білизни досліджуваних шлаколуужних цементів

було проведено експеримент, у якому од складу цементу на основі маріупольського шлаку додавали FeO у порошкоподібному стані для моделювання композиції на основі шлаку криворізького комбінату. Склад оптимальної цементної композиції при цьому не змінювали. Результати досліджень представлено на рис 5.

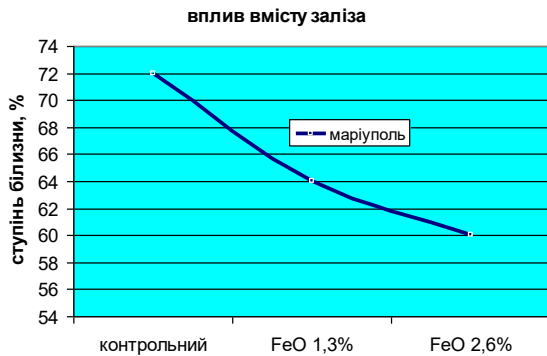


Рис. 5. Вплив вмісту добавки FeO на ступінь білизни шлаколузжого цементу (на основі шлаку ММК)

Результати досліджень підтвердили, що при збільшенні вмісту FeO у шлаку ступінь білизни цементу має тенденцію до зниження, досягаючи показників систем на основі криворізького шлаку. Таким чином, припущення щодо природи зниженого ступеню білизни криворізького шлаку було вірним.

Таким чином, було досліджено вплив відбілюючих реагентів на декоративні властивості шлаколузжних цементів на основі доменних гранульованих шлаків різного походження. Встановлено принципіву можливість отримання шлаколузжних цементів з високими декоративними властивостями як основи для створення мінеральних фарб та підібрано оптимальний склад таких композицій.

Проте білий колір це лише один із варіантів декоративних систем. Сучасний дизайн інтер'єрів обумовлює необхідність отримання широкої гами кольорів. Відбілювання для таких систем не є доцільним, оскільки вибілюючі реагенти будуть зменшувати яскравість кольору.

Тому наступним етапом досліджень була розробка декоративних лужних цементів широкої гами кольорів шляхом

введення до їх складу пігментів мінерального походження.

Результати проведених досліджень представлено на рис. 6.



а)



б)

Рис. 6. Випробування декоративних цементів: а – на стійкість кольору, б – на капілярний підсос.

Встановлено, що у початкові терміни тверднення мінеральні фарби на основі лужних цементів характеризуються ефектом «мелування» поверхні. Із збільшенням віку нанесених фарб ефект зменшується і зникає у віці 6 місяців.

Довгострокові спостереження за пофарбованими штукатурними поверхнями показали, що через 4 роки експлуатації під відкритим небом шлаколузжні фарби не зазнали дефектів поверхні, також не було зафіксовано ефекту знебарвлення поверхні внаслідок дії атмосферних факторів. Подальші дослідження буде спрямовано на підвищення водоутримуючої здатності фарб, прискорення процесів структуроутворення та усунення ефекту мелування поверхні.

#### Висновки

1. Розроблено декоративні цементні різної кольорової гами на основі шлаколузжого цементу.



2. Досліджено вплив компонентного складу шлаку і особливо вмісту заліза у складі сировинних матеріалів на ступінь білизни цементу. Показано, що підвищення вмісту заліза призводить до зниження ступеню білизни системи.
3. Розроблено методики управління ступенем білизни цементу шляхом використання комплексних вибілюючих реагентів.
4. Досліджено експлуатаційні властивості мінеральних фарб на основі декоративних лужних цементів і показано, що розроблені матеріали є довговічними та стійкими до атмосферного впливу протягом 4 років.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Семёнов В.М. Лакокрасочные материалы для защиты бетонных и цементных поверхностей. *Лакокрасочная промышленность*, Вып. №11. 2010. С. 23–27.
2. Pisjennaya L.Yu. Decorative Slag Alkali-activated Binders. Slag Alkaline Cements, Concretes and Structures: *матеріали 3-rd National Scientific-Practical Conference*. Київ: 1989. С. 168–167.
3. Петренко Г.С. Современные пигменты и наполнители для лакокрасочной промышленности. *Лакокрасочная промышленность*, Вып. №9. 2010. С. 30–36.
4. Березина Л.А., Абдулберов З.А. Применение каолина компании IMERYS Minerals в производстве лакокрасочных материалов. *Лакокрасочные материалы и их применение*. Вып. №1-2. 2009. С. 61- 65.
5. Левашова Ю.С., Косенко Н.О., Лебедева О.С. Дослідження параметрів мікроклімату приміщень великого скупчення людей. *Науковий вісник будівництва*. Харків, 2019. Т.93. №3. С. 217–221.
6. Krivenko P.V. Alkaline Cements: матеріали First Intern. Conf. «*Alkaline Cements and Concretes*», Київ: 1994. С. 11–129.
7. Krivenko P.V. Alkaline Cements: Terminology, Classification, Aspects of Durability: *матеріали 10th ICCS*. Геттенбург, 1997. С. 4iv046 - 4iv050.
8. Krivenko P.V., Petropavlovsky O.N., Gelevera A.G., Vozniuk G.V., Pushkar V.I. Commercially-produced alkaline cements and their efficiency: *матеріали Scientific-Technical Collection «Current Problems of Construction»*. Донецьк, 2009. С. 64-71.
9. Fernández-Jiménez A., Garcia-Lodeiro I., Maltseva O., Palomo A. Hydration mechanisms of hybrid cements as a function of the way of addition of chemicals. *Journal of the American Ceramic Society*. 2019. Vol. 102(1). С. 427–436.
10. Кривенко П.В., Руденко І.І., Петропавловський О.М., Константиновський О.П. Високорухомі шлаколужні бетони з підвищеною ранньою міцністю. *Науковий вісник будівництва*. 2019. Т93. №3. С. 117–124.
11. Krivenko P., Petropavlovsky O., Kovalchuk O., Pasko A., Lapovska S. Design of the composition of alkali activated Portland cement using mineral additives of technogenic origin. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. 4/6 (94). С. 6–15. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.140324>
12. Krivenko P.V., Guziy S.G., Vozniuk G.V., Pushkar V.I. Modified Slag alkali-activated binders IX International Scientific-Practical Conference «*Days of Contemporary Concrete*». Запоріжжя, 2007. С.180–188.
13. Krivenko P.V., Petropavlovsky O.N., Gots V.I., Rostovskaya G.S. Alkali activation of Composite Cement [Текст] матеріали: *Ibausil. Internationale Baustofftagung*, 2009. Weimar. С. 1-0445–1-0456.
14. Krivenko P.V., Kovalchuk A.Yu., Ostrovska L.M. Studying of possibility of increase of slag-alkali cements whiteness degree. *Collection Building materials, producters and technical equipment*. 2011. № 41. С. 10- 14.
15. Krivenko P., Petropavlvskyy O., Puskar V., Ostrovska L. Decorative alkaline cements: матеріали: *Non-Traditional cement & Concrete IV. Intern. Symp.* Брно, 2011. С. 257– 265.

#### **Krivenko P.V., Kovalchuk O.Yu. MANAGING THE DECORATIVE PROPERTIES OF ALKALINE CEMENTS.**

The article is devoted to development of decorative mineral paints based on alkali activated cements. The possibility was shown to increase whiteness degree of such systems by using non-organic admixtures like kaolin, carbonate powder and titanium hydrate. It is set that the most influence on whiteness properties have content of Fe compounds in the raw material (granulated blast furnace slag) composition. Exploitation properties of the developed paints showed high

resistance in time to atmospheric influence and exploitation conditions.

**Key words:** mineral paints, alkali activated cements, whiteness degree.

**Кривенко П.В., Ковальчук А.Ю. УПРАВЛЕНИЕ ДЕКОРАТИВНЫМИ СВОЙСТВАМИ ЩЕЛОЧНЫХ ЦЕМЕНТОВ.** Статья посвящена исследованиям относительно разработки декоративных минеральных красок на основе щелочных цементов. Показана возможность повышения степени белизны таких

цементов за счет использования неорганических добавок типа каолина, мраморной муки и гидрата титана. Установлено, что наибольшее влияние на показатели белизны систем имеет содержание соединений железа в составе исходного сырья (доменного гранулированного шлака). Эксплуатационные свойства полученных красок показывают высокую стойкость во времени к атмосферному влиянию и условиям эксплуатации.

**Ключевые слова:** минеральные краски, щелочные цементы, степень белизны.

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-96-2-285-290

УДК 699.8

**Кабусь О.В., Буцька Л.М., Латорець К.В., Гуркаленко В.А.**

*Харківський національний університет будівництва та архітектури*

(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: [calorimetry\\_centra@ukr.net](mailto:calorimetry_centra@ukr.net), [nutter142@gmail.com](mailto:nutter142@gmail.com), [latores.ev@gmail.com](mailto:latores.ev@gmail.com), [vitanet@i.ua](mailto:vitanet@i.ua); [orcid.org/0000-0002-2940-0513](https://orcid.org/0000-0002-2940-0513); [orcid.org/0000-0003-1496-7004](https://orcid.org/0000-0003-1496-7004); [orcid.org/0000-0002-3049-2531](https://orcid.org/0000-0002-3049-2531))

## ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДІВ САМОУЩІЛЬНЮЮЧИХ БЕТОНІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МОСТОВИХ БАЛОК

Розглянута можливість оптимізації технології виробництва мостових залізобетонних балок за рахунок застосування високотехнологічного самоущільнюючого бетону з використанням місцевої сировини. В роботі проаналізовано сучасний стан технології виробництва мостових залізобетонних балок в Україні та світі, визначено основні недоліки при їх виробництві. Для їх усунення запропоновано технологію виробництва мостових балок з застосуванням експериментальних складів самоущільнюючого бетону, які містять комплексну органо-мінеральну добавку на основі полікарбосилатного суперпластифікатора, повітрявтягаючої добавки і меленої крейди. Реологічні та фізико-механічні властивості розроблених СУБ відповідають вимогам до сумішей для виготовлення мостових залізобетонних балок з густим армуванням: розплив сумішей – 66-77 см (клас SF2); збереження розпливу – не менше 30 хв.; технологічна в'язкість – 6,2-8,1 с (клас VF1); проходимість – 0,86-0,89 (клас PL2); візуальне розшарування та втягнення крупних бульбашок повітря – відсутні; міцність бетону на стиск – 460-540 кгс/см<sup>2</sup> (клас B35-B40).

**Ключові слова:** самоущільнюючі бетони, густе армування, полікарбосилатний суперпластифікатор, мелена крейда, мостові балки, довговічність.

**Вступ.** Самоущільнюючі бетони (SCC) характеризуються здатністю щільно заповнювати форми або опалубку, а також самотужки відділяти повітря під власною вагою без сегрегації складових частин. Такі бетони знайшли застосування як високоміцні бетони в продукції напружених резервуарів на рідини під час будівництва мостів і тунелів; наливні СУБ для виготовлення великих масивів, під час бетонування збірних резервуарів на очисних спорудах, для збірного залізобетону та монолітного будівництва.

Для сучасних високоміцних бетонів характерні такі вимоги: висока легкоукладальність бетонної суміші (принаймні 60 хв), висока міцність на стиск (через 28 діб щонайменше 60 МПа), висока морозостійкість та корозійна стійкість, висока довговічність та низька здатність до стирання. Основними напрямками використання високоміцних бетонів є: висотне будівництво (промислове, багатоповерхове, особливо несучі опори, будівництво мостів і тунелів, енергетичне будівництво, побудова оболонки ядерних реакторів), побудова бетонних доріг з підвищеною