

**Оксана Юрївна Бердник<sup>1</sup>, Сергій Володимирович Виговський<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>кандидат технічних наук, доцент кафедри технології будівельних конструкцій і виробів  
Київський національний університет будівництва і архітектури (Київ, Україна)  
E-mail: kseniareznik87@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5321-3518>

<sup>2</sup>операційний директор ТОВ «Гранд Бетон»  
Київський національний університет будівництва і архітектури (Київ, Україна)  
E-mail: [production.dep@grandbeton.com.ua](mailto:production.dep@grandbeton.com.ua)

## ВИКОРИСТАННЯ ТОНКОДИСПЕРСНОГО СКЛОПОРОШКУ ЯК ЧАСТКОВА ЗАМІНА ЦЕМЕНТУ ТА ВПЛИВ ЙОГО НА МІЦНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНУ

Бетон є найпоширенішим будівельним матеріалом, який виробляється комерційно, і його популярність стрімко зростає з кожним днем [1–3]. Основні складові, що використовуються у виробництві бетону – це цемент, крупний та дрібний заповнювач, вода, добавки [4–6]. Ці матеріали є необхідними для будівельної галузі [7–10]. Для покращення різних характеристик бетонної суміші застосовують активно-мінеральні добавки (АМД), такі як гранульований доменний шлак, зола-виносу, кремнезем тощо.

Кількість скляних відходів, що утворюються, поступово зростає в останні роки. Більшість скляних відходів має обмежений термін служби і викидається на полігони, але воно повинно бути повторно використане для зменшення екологічних проблем, оскільки не є біорозкладним [11–13]. Переробка та зменшення кількості відходів є ключовими частинами системи управління відходами, оскільки вони сприяють збереженню природних ресурсів, зменшенню потреби в площах для сміттєвих полігонів і зниженню забруднення води та повітря [14].

Наразі ведеться багато досліджень, спрямованих на модифікацію та покращення властивостей бетону шляхом додавання різних типів матеріалів, а саме порошку скляного бою, оскільки він виявляє пуцоланову активність і може застосовуватися як АМД. Ця стаття представляє оптимальне використання відходів скла в бетонній суміші, що сприяє підвищенню якості бетонної суміші.

У роботі використано скляний порошок з розміром частинок менше 100 мікрон. Робота була поділена на відсоткові концентрації, що варіювалися від 0 до 15 %.

Було проведено серію тестів для вивчення впливу скляного порошку на міцність бетону.

**Ключові слова:** цемент; склопорошок; бетон; часткова заміна; міцність на стиск.

Рис.: 2. Табл.: 3. Бібл.: 21.

**Актуальність теми дослідження.** У зв'язку зі збільшенням кількості відходів скла за останні роки, яке не є біорозкладним, існує потреба в грамотній утилізації даного виду відходів. Також при виробництві цементу відбувається великий викид в повітря CO<sub>2</sub>, що шкодить навколишньому середовищу, а зменшення кількості використовуваного цементу зможе покращити екологічну проблему.

**Постановка проблеми.** Потреба в утилізації скляних відходів і використання їх для покращення характеристик бетонної суміші, а також як часткова заміна цементу. Потреба в покращенні екології та в зменшенні викидів CO<sub>2</sub>.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Різні унікальні властивості природного скла, такі як силікатна природа, не гігроскопічність, висока твердість, стійкість до корозії та тепла, спонукали багатьох дослідників використовувати скло в бетонних сумішах і вивчати його вплив на властивості бетону [11–13].

Досліджено вплив скляного порошку, який замінював бездобавочний цемент у бетоні, та перевіряли міцність на стиск кубів розміром 150×150×150 мм на різних етапах твердіння. Вони також зазначили, що тонкодисперсний скляний порошок не спричиняє реакції лугів із кремнеземом (ASR) і забезпечує більшу міцність, ніж великі частинки скла [15].

Досліджено ефективність скляного порошку, який використовували для заміщення цементу в різних пропорціях – 5, 10 і 15 % від маси цементу. Зразки-куби з такого бетону були заформовані для перевірки міцності на стиск і порівняні з бетоном, з бездобавочним цементом. Міцність на стиск була вищою при 5 % заміщенні скляного порошку і перевищувала міцність контрольного зразку. Однак при подальшому збільшенні вмісту скляного порошку міцність почала зменшуватися, що пояснюється високим вмістом магnezії в склі, використаному в цьому дослідженні. Вміст магnezії у склі становив 4,18 %, тоді як допустима межа для цементу — від 1 до 3 % [16].

Також проводилися дослідження про вплив частинок різного розміру скляного порошку на міцнісні характеристики цементних зразків. У цьому дослідженні цемент замінювали частинками розміром 150 мікронів і 300 мікронів, відповідно, у пропорціях 10, 20, 30 і 40%, і порівнювали отримані результати зі звичайними зразками без заміщення (0 %). Міцність на стиск підвищувалася при розмірі частинок менш ніж 150 мікронів до 30 % заміщення, а потім знижувалася. Однак для частинок розміром 300 мікронів міцність зменшувалася при кожному рівні заміщення [17].

Ці дослідження показують, що оптимальний розмір частинок скляного порошку та його концентрація мають важливий вплив на міцність затверділого бетону, особливо в аспекті хімічних взаємодій та магнезійних домішок.

Вивчався вплив склопорошку на властивості бетону. Для перевірки міцності скляний порошок замінювали цементом у кількостях 5, 10, 15, 20 і 25 % за вагою. Міцність перевіряли на різних етапах твердіння бетону. Міцність на стиск показує покращення внаслідок постійного збільшення відходів скляного порошку. Міцність зростає до 15 % заміщення, а потім починає зменшуватися, що пов'язано з алкалійно-силікатною реакцією, яка виникає під час гідратації цементу. Зростання міцності до 15 % відбувається внаслідок пуцоланової реакції та заповнення пустот скляним порошком, що призводить до утворення щільної мікроструктури бетону [18].

Були проведені досліди, які показали характеристику бетону з використанням відходів скла як заміну цементу в різних відсотках. Також 15 % скляного порошку використовувалося як добавка для перевірки водонепроникності. Міцність починає зменшуватися з підвищенням заміщення скляного порошку понад 15 % на 7-й день. Проте на 28-й і 91-й дні міцність зростає до 30 %, а потім зменшується на невелику величину, але не менше, ніж у звичайному бетоні без заміщення скляним порошком. Коли заміщення скляного порошку перевищує 30 %, у подальшому віці збільшення міцності не спостерігається [19].

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Не розглянуте використання склопорошку як часткової заміни цементу ПЦ ІІ/А-ІІІ-500 та ПЦ ІІ/А-ІІІ-400 в бетонній суміші (попередні дослідження проводилися на ПЦ І-500).

**Мета статті** - часткова заміна ПЦ ІІ/А-ІІІ-500 та ПЦ ІІ/А-ІІІ-400 склопорошком та вплив його на міцнісні характеристики бетону.

**Виклад основного матеріалу.** Для проведення дослідження були використані такі сировинні матеріали:

- ПЦ ІІ/А-ІІІ-500, який відповідає стандарту ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови.

*Таблиця 1 – Мінералогічний склад ПЦ ІІ/А-ІІІ-500 (XRD аналіз, X-ray diffractometer AERIS Cement, Malvern Panalytical), %*

Names of materials																	
ПЦ ІІ/А-ІІІ-500	C <sub>3</sub> S Alite	C <sub>2</sub> S Belite	C <sub>4</sub> AF Ferite	C <sub>3</sub> A Aluminate	C <sub>3</sub> A ortho	FreeLime-CaO	Portlantide	Periclase MgO	Arcanite-K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Aphthalite-K <sub>3</sub> Na(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Calciolangbeinite K <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Gypsum-CaSO <sub>4</sub> * <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O	Hemihydrate CaSO <sub>4</sub> *0.5H <sub>2</sub> O	Anhydrite CaSO <sub>4</sub>	Calcite-CaCO <sub>3</sub>	Quartz-SiO <sub>2</sub>	Slag
	44,82	16,02	7,54	2,26	1,84	0,34	3,22	0,72	0,00	0,00	0,05	5,22	0,24	0,10	1,04	0,02	16,58

- ПЦ ІІ/А-ІІІ-400, який відповідає стандарту ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови.

Таблиця 2 – Мінералогічний склад ПЦ П/А-Ш-400, (XRD аналіз, X-ray diffractometer AERIS Cement, Malvern Panalytical), %

Names of materials	ПЦ П/А-Ш-500
C <sub>3</sub> S Alite	48,08
C <sub>2</sub> S Belite	13,90
C <sub>4</sub> AF Ferrite	7,64
C <sub>3</sub> A Aluminate	1,92
C <sub>3</sub> A ortho	1,73
FreeLime-CaO	0,47
Portlantide	1,37
Periclase MgO	1,02
Arcanite-K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,00
Aphthalite-K <sub>3</sub> Na(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	0,00
Calciolangebeinite K <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	0,00
Gypsum-CaSO <sub>4</sub> *2H <sub>2</sub> O	2,50
Hemihydrate CaSO <sub>4</sub> *0.5H <sub>2</sub> O	0,68
Anhydrite CaSO <sub>4</sub>	0,11
Calcite-CaCO <sub>3</sub>	1,13
Quartz-SiO <sub>2</sub>	0,03
Slag	19,44

- Порошок скляного бою

Таблиця 3 – Хімічний склад склопорошку

Назва оксидів	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	Інші
Склопорошок	68,73	1,05	0,08	2,81	9,13	17,05	1,15

- Пісок річковий
- Щебінь гранітний
- Вода

Дослідження міцності на стиск бетону С25/30 проводилися в лабораторії заводу ТОВ «Гранд Бетон» згідно ДСТУ Б В.2.7-214:2009 на зразках кубах 100x100x100 мм на 3, 7, 28 добу на складах з вмістом склопорошку 0%, 5%, 10%, 15% з пропорційною заміною ПЦ П/А-Ш-500 та ПЦ П/А-Ш-400 відповідно.

За результатами випробувань було експериментально встановлено підвищення міцнісних характеристик затверділого бетону. Так зразки, на 3 добу показали підвищення міцності на стиск від контрольного зразка на ПЦ П/А-Ш-500 в середньому на 6,5 %. На 7 добу спостерігається уповільнення набору міцності. А на 28 добу помічений стрімкий зріст міцності в середньому на 8,2 %. Найкращі результати показав зразок з 10 % вмістом склопорошку і його міцність склала 49,25 МПа на 28 добу. Дані досліджень показані на рис. 1.

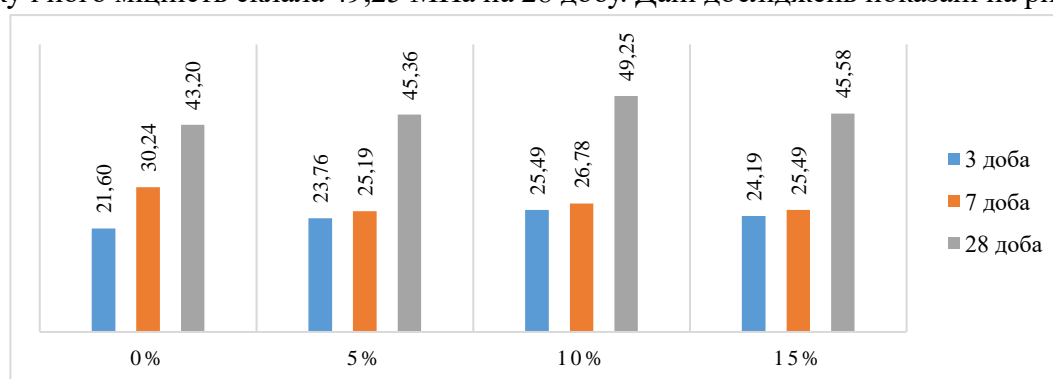


Рис. 1. Міцність на стиск зразків кубів на основі ПЦ П/А-Ш-500 із заміщенням цементу на 0, 5, 10, 15 % склопорошком на 3, 7 та 28 добу відповідно, у МПа

За результатами випробувань було експериментально встановлено підвищення міцнісних характеристик затверділого бетону. Так зразки, на 3 добу показали підвищення міцності на стиск від контрольного зразка на ПЦ П/А-Ш-400 в середньому на 11,7%. На 7 добу в середньому відповідають значенням контрольного зразка. А на 28 добу помічений стрімкий зріст міцності в середньому на 12 %. Найкращі результати показав зразок з 10 % вмістом склопорошку і його міцність склала 46,25 МПа на 28 добу. Дані досліджень показані на рис. 2.

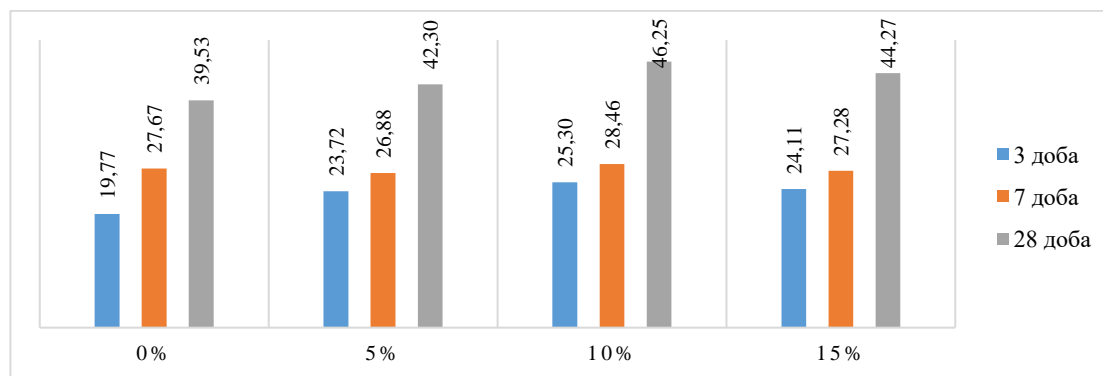


Рис. 2. Міцність на стиск зразків кубів на основі ПЦ II/A-III-400 з заміщенням цементу на 0%, 5%, 10%, 15% скляним порошком на 3, 7 та 28 добу відповідно, в МПа

**Висновки.** За результатами досліджень було доведено доцільність використання скляного порошку як заміщення цементів типу ПЦ II/A-III-500 та ПЦ II/A-III-400, що не вплинуло на міцнісні характеристики, а навпаки покращило їх. Найкращі зразки були із заміщенням цементу скляним порошком у розмірі 10 %.

Це дає підґрунтя для розвитку подальших досліджень і показує доцільність використання скляного порошку, як часткову заміну цементу в бетонах на основі шлаковмісних цементів.

#### Список використаних джерел

1. Ahmed, S. N. Thermal conductivity and hardened behavior of eco-friendly concrete incorporating waste polypropylene as fine aggregate / S. N. Ahmed, N. Hamah Sor, M. A. Ahmed, S. M. A. Qaidi // *Materials Today: Proceedings*. – 2022. – Vol. 57, № 2. – Pp. 818–823. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.417>.
2. Al-Tayeb, M. M. Experimental and simulation study on the impact resistance of concrete to replace high amounts of fine aggregate with plastic waste / M. M. Al-Tayeb, Y. I. A. Aisheh, S. M. A. Qaidi, B. A. Tayeh // *Case Studies in Construction Materials*. – 2022. – Vol. 17. – e01324. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01324>.
3. Almehsal, I. Mechanical properties of eco-friendly cements-based glass powder in aggressive medium / I. Almehsal, M. M. Al-Tayeb, S. M. A. Qaidi, B. H. Abu Bakar, B. A. Tayeh, // *Materials Today: Proceedings*. – 2022. – № 58. – P. 1582–1587. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.613>.
4. Cao, M. Effectiveness of multiscale hybrid fiber reinforced cementitious composites under single degree of freedom hydraulic shaking table / M. Cao, M. Khan // *Structural Concrete*. – 2021. – № 22(1). – Pp. 535-549. DOI: <https://doi.org/10.1002/suco.201900228>.
5. Cao, M. Effectiveness of calcium carbonate whisker in cementitious composites / M. Cao, M. Khan, S. Ahmed // *Periodica Polytechnica. Civil Engineering*. – 2020. – № 64(1). – P. 265. DOI: <https://doi.org/10.3311/PPci.14288>.
6. ASTM International Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates Standard test method for splitting tensile strength of cylindrical concrete specimens1 // ASTM International. – 2017.
7. de Castro, S. Evaluation of the durability of concrete made with crushed glass aggregates / S. de Castro, J. de Brito // *Journal of Cleaner Production*. – 2013. – № 41. – Pp. 7-14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.021>.
8. Serpa, D. Concrete made with recycled glass aggregates: Mechanical performance / D. Serpa, J. de Brito, J. Pontes // *ACI Materials Journal*. – 2015. – № 112(1). DOI: <https://doi.org/10.14359/51687366>.
9. Faraj, R. H. Performance of self-compacting mortars modified with nanoparticles: A systematic review and modeling / R. H. Faraj, H. U. Ahmed, S. Rafiq, N. H. Sor, D. F. Ibrahim, [et al.] // *Cleaner Materials*. – 2022. – № 4. – 100086. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100086>.
10. Khan, M. Improvement in concrete behavior with fly ash, silica-fume and coconut fibres / M. Khan, M. Ali // *Construction and Building Materials*. – 2019. – № 203. – Pp. 174-187. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.01.103>.

11. Khan, M. Efficiency of silica-fume content in plain and natural fiber reinforced concrete for concrete road / M. Khan, A. Rehman, M. Ali // *Construction and Building Materials*. – 2020. – № 244. – 118382. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118382>.
12. Kou, S. C. Properties of self-compacting concrete prepared with recycled glass aggregate / S. C. Kou, C. S. Poon // *Cement and Concrete Composites*. – 2009. – № 31(2). – Pp. 107-113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2008.12.00>.
13. Lam, C. S. Enhancing the performance of pre-cast concrete blocks by incorporating waste glass–ASR consideration / C. S. Lam, C. S. Poon, D. Chan // *Cement and Concrete Composites*. – 2007. – № 29(8). – Pp. 616-625. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2007.03.008>.
14. Lee, G. Effects of recycled fine glass aggregates on the properties of dry–mixed concrete blocks / G. Lee, C. S. Poon, Y. L. Wong, T. C. Ling // *Construction and Building Materials*. – 2013. – № 38. – Pp. 638–643. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.09.017>.
15. Shayan, A. Value-Added Utilization of Waste Glass in Concrete / A. Shayan, A. Xu // *Cement and Concrete Research*. – 2004. – № 34. – Pp. 81-89.
16. Bajad, M. N. Experimental Investigations in Developing Concrete Containing Waste Glass Powder as Pozzolana / M. N. Bajad, C. D. Modhera // *Journal of Information, Knowledge and Research In Civil Engineering*. – 2010. – № 1(1). – Pp. 32-37.
17. Bajad, M. N. Effect of glass on strength of concrete subjected to sulphate attack / M. N. Bajad, C. D. Modhera, A. K. Desai // *International Journal of Civil Engineering Research and Development*. – 2011. – № 1(2). – Pp. 1-13.
18. Topçu, I. B. Properties of concrete containing waste glass / I. B. Topçu, M. Canbaz // *Cement and Concrete Research*. – 2014. – Vol. 34. – Pp. 267-274.
19. Carpenter, A. J. Mitigation of ASR in pavement patch concrete that incorporates highly reactive fine aggregate / A. J. Carpenter, C. M. Cramer // *Transportation Research Record*. – 1668. – № 99-1087. – Pp. 60-67.
20. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bud-kiev.com.ua/wp-content/uploads/2019/02/27-46-2010.pdf>.
21. ДСТУ Б В.2.7-226:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності. – Чинний від 2009-12-22. – Вид. офіц. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010.

### References

1. Ahmed, S. N., Hamah Sor, N., Ahmed, M. A., Qaidi, S. M. A. (2022). Thermal conductivity and hardened behavior of eco-friendly concrete incorporating waste polypropylene as fine aggregate. *Materials Today: Proceedings*, 57, 818–823. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.417>.
2. Al-Tayeb, M. M., Aisheh, Y. I. A., Qaidi, S. M. A., Tayeh, B. A. (2022). Experimental and simulation study on the impact resistance of concrete to replace high amounts of fine aggregate with plastic waste. *Case Studies in Construction Materials*, 17, e01324. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01324>.
3. Almeshal, I., Al-Tayeb, M. M., Qaidi, S. M. A., Abu Bakar, B. H., Tayeh, B. A. (2022). Mechanical properties of eco-friendly cements-based glass powder in aggressive medium. *Materials Today: Proceedings*, 58, 1582–1587. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.613>.
4. Cao, M., Khan, M. (2021). Effectiveness of multiscale hybrid fiber reinforced cementitious composites under single degree of freedom hydraulic shaking table. *Structural Concrete*, 22(1), 535–549. <https://doi.org/10.1002/suco.201900228>.
5. Cao, M., Khan, M., Ahmed, S. (2020). Effectiveness of calcium carbonate whisker in cementitious composites. *Periodica Polytechnica. Civil Engineering*, 64(1), 265. <https://doi.org/10.3311/PPci.14288>.
6. ASTM International Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates (2017). Standard test method for splitting tensile strength of cylindrical concrete specimens1. *ASTM International*.
7. de Castro, S., de Brito, J. (2013). Evaluation of the durability of concrete made with crushed glass aggregates. *Journal of Cleaner Production*, 41, 7–14. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.021>.
8. Serpa, D., de Brito, J., Pontes, J. (2015). Concrete made with recycled glass aggregates: Mechanical performance. *ACI Materials Journal*, 112(1). <https://doi.org/10.14359/51687366>.
9. Faraj, R. H., Ahmed, H. U., Rafiq, S., Sor, N. H., Ibrahim, D. F. et al. (2022). Performance of self-compacting mortars modified with nanoparticles: A systematic review and modeling. *Cleaner Materials*, 4, 100086. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100086>.

10. Khan, M., Ali, M. (2019). Improvement in concrete behavior with fly ash, silica-fume and coconut fibres. *Construction and Building Materials*, 203, 174–187. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.01.103>.
11. Khan, M., Rehman, A., Ali, M. (2020). Efficiency of silica-fume content in plain and natural fiber reinforced concrete for concrete road. *Construction and Building Materials*, 244, 118382. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118382>.
12. Kou, S. C., Poon, C. S. (2009). Properties of self-compacting concrete prepared with recycled glass aggregate. *Cement and Concrete Composites*, 31(2), 107–113. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2008.12.00>.
13. Lam, C. S., Poon, C. S., Chan, D. (2007). Enhancing the performance of pre-cast concrete blocks by incorporating waste glass–ASR consideration. *Cement and Concrete Composites*, 29(8), 616–625. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2007.03.008>.
14. Lee, G., Poon, C. S., Wong, Y. L., Ling, T. C. (2013). Effects of recycled fine glass aggregates on the properties of dry-mixed concrete blocks. *Construction and Building Materials*, 38, 638–643. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.09.017>.
15. A. Shayan and A. Xu, (2004.) Value added utilization of waste glass in concrete. *Cement and Concrete Research*, 34, 81-89.
16. Bajad, M. N. and Modhera, C.D. (2010). Experimental Investigations in Developing Concrete Containing Waste Glass Powder as Pozzolana. *Journal of Information, Knowledge and Research In Civil Engineering*, 1(1), 32-37.
17. Bajad, M. N., Modhera, C.D. and Desai, A. K. (2011). Effect of glass on strength of concrete subjected to sulphate attack. *International Journal of Civil Engineering Research and Development*, 1(2), 1-13.
18. Topcu, B., Canbaz, M. (2014). Properties of Concrete containing waste glass. *Cement and Concrete Research*, 34, 267-274.
19. Carpenter, A. J., Cramer, C.M. (1999). Mitigation of ASR in pavement patch concrete that incorporates highly reactive fine aggregate. *Transportation Research Record 1668*, (99-1087), 60-67.
20. *Budivělňny materialy. Cementy zagal'nogobydivel'nogo priznachenya. Techničhi umovy [Construction materials. Cements for general construction purposes. Technical specifications]*. (2011). DSTU B.V. 2.7-46:2010 from September 1, 2011. Minenerhobud Ukrainy.
21. *Budivělňny materialy. Betony. Metody vyznachennya mitsnosti za controlnimy zrazkami [Construction materials. Concretes. Methods for determination of strength by control samples]*. (2010). DSTU B.V. 2.7-214:2009 from December 22, 2009. Minenerhobud Ukrainy.

Отримано 01.11.2024

UDC 666.972

**Oksana Berdnyk<sup>1</sup>, Serhii Vyhovskyi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Scientific Research Institute for Binders and Materials  
Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv, Ukraine)

**E-mail:** [kсениарезник87@gmail.com](mailto:kсениарезник87@gmail.com). **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5321-3518>

**Scopus Author ID:** [57214230362](https://orcid.org/57214230362)

<sup>2</sup>operations director of "Grand Beton" LLC

Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv, Ukraine)

**E-mail:** [production.dep@grandbeton.com.ua](mailto:production.dep@grandbeton.com.ua)

## USE OF FINE GLASS POWDER AS A PARTIAL CEMENT SUBSTITUTE AND ITS EFFECT ON CONCRETE STRENGTH CHARACTERISTICS

*Concrete is the most commonly used commercially produced building material and its popularity is increasing rapidly daily [1–3]. The main components used in the production of concrete are cement, coarse and fine aggregates, water and additives [4–6]. These materials are essential for the construction industry [7–10]. Active mineral additives (AMAs), such as ground granulated blast furnace slag, fly ash, silica fume, etc., are used to improve various properties of concrete mixes.*

*The amount of glass waste generated has gradually increased in recent years. Most glass waste has a limited lifespan and ends up in landfills, but it should be reused to reduce environmental problems as it is non-biodegradable [11–13]. Recycling and waste reduction are critical aspects of waste management systems, as they help preserve natural resources, reduce landfill space requirements, and reduce water and air pollution [14].*

*Extensive research is currently being carried out to modify and improve the properties of concrete by adding various types of materials, in particular glass powder, due to its pozzolanic activity and suitability as an AMA.*

*This paper presents the optimal use of waste glass in concrete mixes to improve concrete quality. Glass powder with a particle size of less than 100 microns was used in this study. The study included different percentage concentrations ranging from 0 to 15 %. A series of tests were carried out to investigate the effect of glass powder on concrete strength.*

**Keywords:** cement, glass powder, concrete, partial replacement, compressive strength.

*Fig.: 2. Table: 3. References: 21.*