



## ДРІБНОЗЕРНИСТІЙ БЕТОН НА МОДИФІКОВАНОМУ ГІПСОЦЕМЕНТНОМУ В'ЯЖУЧОМУ

**В. В. Щерба<sup>1</sup>, О. О. Шишкін<sup>2</sup>, О. О. Шишкіна<sup>3</sup>**

*Криворізький національний університет,*

*21, вул. Островського, Кривий Ріг, Дніпропетровська обл., Україна, 50005.*

*E-mail: <sup>1</sup>tbvk\_01@mail.ru, <sup>2</sup>5691180@gmail.com, <sup>3</sup>zaxict@mail.ru*

*Отримана 2 лютого 2014; прийнята 28 березня 2014.*

**Анотація.** Наведено результати досліджень дрібнозернистого бетону на модифікованому гіпсоцементному в'язучому й заповнювачі безперервного гранулометричного складу. Доведено, що введення до складу гіпсоцементного в'язучого склобою і солей неграничних жирних кислот або багатоатомного спирту призводить до модифікації його структури, що проявляється у зміні структури і мінералогічного складу каменю в'язучого. Як модифікація гіпсоцементного в'язучого, так і використання заповнювача безперервного гранулометричного складу при отриманні дрібнозернистих бетонів на модифікованому гіпсоцементному в'язучому призводить до підвищення міцності і водостійкості даного бетону. Заповнювач безперервного гранулометричного складу отримано змішуванням кварцового піску з відходами збагачення залізних руд. Сумарний ефект від модифікації гіпсоцементного в'язучого солями неграничних жирних кислот або багатоатомним спиртом і використання заповнювача безперервного гранулометричного складу перевищує ефект від кожного фактора, застосованого самостійно.

**Ключові слова:** дрібнозернистий бетон, міцність, заповнювач, сіль, спирт.

## МЕЛКОЗЕРНИСТЫЙ БЕТОН НА МОДИФИЦИРОВАННОМ ГИПСОЦЕМЕНТНОМ ВЯЖУЩЕМ

**В. В. Щерба<sup>1</sup>, А. А. Шишкін<sup>2</sup>, А. А. Шишкіна<sup>3</sup>**

*Криворожский национальный университет,*

*д. 21, ул. Островского, г. Кривой Рог, Днепропетровская обл., Украина, 50005.*

*E-mail: <sup>1</sup>tbvk\_01@mail.ru, <sup>2</sup>5691180@gmail.com, <sup>3</sup>zaxict@mail.ru*

*Получена 2 февраля 2014; принята 28 марта 2014.*

**Аннотация.** Приведены результаты исследований мелкозернистого бетона на модифицированном гипсоцементном вяжущем и заполнителе непрерывного гранулометрического состава. Доказано, что введение в состав гипсоцементного вяжущего стеклобоя и солей непредельных жирных кислот либо многоатомного спирта приводит к модификации его структуры, что проявляется в изменении структуры и минералогического состава камня вяжущего. Как модификация гипсоцементного вяжущего, так и использование заполнителя непрерывного гранулометрического состава при получении мелкозернистых бетонов на модифицированном гипсоцементном вяжущем приводит к повышению прочности и водостойкости данного бетона. Заполнитель непрерывного гранулометрического состава получен смешиванием кварцевого песка с отходами обогащения железных руд. Суммарный эффект от модификации гипсоцементного вяжущего солями непредельных жирных кислот или многоатомным спиртом и использования заполнителя непрерывного гранулометрического состава превышает эффект от каждого фактора, примененного самостоятельно.

**Ключевые слова:** мелкозернистый бетон, прочность, заполнитель, соль, спирт.

## VIBRATING METHOD OF EFFORTS DETERMINATION IN A TRUSS STRUCTURE USING A SPECIAL STAND

Vladimir Scherba <sup>1</sup>, Alexander Shishkin <sup>2</sup>, Alexandra Shishkina <sup>3</sup>

*Krivoy Rog National University,*

*21, Ostrovskogo Str., Krivoy Rog, Dnepropetrovsk Region, Ukraine, 50005.*

*E-mail: <sup>1</sup> tbvk\_01@mail.ru, <sup>2</sup> 5691180@gmail.com, <sup>3</sup> zaxict@mail.ru*

*Received 2 February 2014; accepted 28 March 2014.*

**Abstract.** The results of studies on the fine-grained concrete modified gypsum cement binder and aggregate of continuous particle size distribution have been given. It has been proved that the introduction of the gypsum-cement binder cullet and salts of unsaturated fatty acids or polyhydric alcohol leads to a modification of its structure, resulting in a change in the structure and mineralogical composition of the stone binder. As a modification of gypsum cement binder and the use of a continuous particle size distribution of the aggregate in the preparation of fine grained gypsum cement concretes modified binder increases the strength and water resistance of the concrete part. Aggregate with continuous particle size distribution obtained by mixing quartz sand tailings iron ores. Cumulative effect of modifications flabby gypsum cement - binder salts of unsaturated fatty acids or polyhydric alcohol and use of continuous particle size distribution of the aggregate exceeds the effect of each factor is applied independently.

**Keywords:** fine concrete, strength, filler, salt, alcohol.

### Введение

При изготовлении тонкостенных, в том числе густоармированных изделий, формуемых в вертикальном положении, а также при отсутствии кондиционных крупных заполнителей более целесообразно использовать подвижные и высокоподвижные мелкозернистые бетонные смеси.

Особенностью структуры цементного бетона как капиллярно-пористого композиционного материала является высокая степень ее неоднородности, обусловленная различным количественным содержанием компонентов структуры бетона с разнообразными физико-механическими свойствами, что приводит к образованию и развитию поверхностей раздела между структурными составляющими, а также наличие пор и микротрещин, возникающих в процессе твердения бетона. Непрерывная гранулометрия дисперсной системы, какой является бетонная смесь, создает структуру с плотной упаковкой [1], при этом наиболее высокая концентрация напряжений создается вокруг зерен крупного заполнителя [2], технологических трещин и пор. Кроме того, отрицательное влияние крупного заполнителя заметно сказывается и на величине максимально достижимой прочности бетона. Чем

меньше размер частиц, тем меньше внутренних дефектов они содержат, тем меньше концентрация напряжений в структуре бетона. Согласно [3] для создания бездефектной структуры композиционного материала необходимо: повысить дисперсность твердой фазы исходных компонентов, уменьшив соответственно размер их частиц, а также толщину прослойки, склеивающей эти частицы, что достигается увеличением объемного содержания заполнителя и уменьшения содержания цемента; исключить полностью или снизить до минимума пористость.

Вся эволюция совершенствования структуры бетона для повышения его прочности связана с уменьшением размеров крупного заполнителя. Так, последние 10–15 лет все высокопрочные и саморастекающиеся бетоны изготавливаются из бетонных смесей, где максимальная крупность щебеночного заполнителя не превышает 8–12 мм [4].

Коэффициенты призмочной прочности мелкозернистых бетонов выше, чем крупнозернистых бетонов, а коэффициенты Пуассона мелкозернистых бетонов практически такие же, как тяжелого бетона [5]. При испытании песчаных бетонов установлено, что уровни микротрещинообразования приближаются к значениям

призменной прочности. Это свидетельствует о том, что предел выносливости и долговременного сопротивления при сжатии песчаных бетонов выше, чем бетонов с крупным заполнителем [6].

Однако в настоящее время усадка мелкозернистых бетонов (в том числе содержащих пластификаторы) в среднем примерно в два раза больше усадки тяжелых крупнозернистых бетонов. Высокие значения деформаций ползучести мелкозернистых бетонов с суперпластификаторами предопределяет интенсивное развитие в них процессов релаксации напряжения, которые могут возникать в сечениях конструктивных элементов в результате различных воздействий [5].

Существующие составы и технология мелкозернистых бетонов определяют наиболее рациональные области их применения: сборные железобетонные конструкции, в т. ч. преднапряженные без косвенного армирования; верхние слои мостовых сооружений, промышленные полы; преднапряженные конструкции сложной геометрической формы; напорные и безнапорные трубы и др.

Основываясь на приведенных выше положениях, можно сделать вывод, что для получения высококачественных бетонов, обладающих минимальной дефектностью структуры, необходимо применять: гипсоцементное вяжущее, обладающее незначительными деформациями усадки, и мелкий заполнитель непрерывной гранулометрии. Учитывая то, что в процессе твердения цемента наиболее крупные его частицы гидратируются не полностью и в затвердевшем бетоне выполняют роль микрозаполнителя размер зерен заполнителя высококачественных бетонов должен изменяться от 2...5 мм до размера частиц негидратированных зерен цемента.

Как показал анализ существующих мелкодисперсных систем, указанным выше условиям отвечают искусственные пески, полученные в процессе дробления и помола исходных материалов, в том числе и горных пород.

Так достаточно хорошо известны и изучены в качестве мелкого заполнителя для бетонов отходы обогащения железных руд [6, 7], которые в исходном состоянии обладают непрерывным гранулометрическим составом. Однако в указанных работах были использованы классифицированные отходы горно-обогатительных комбинатов (ГОК), разделенные на песчаную и пылевидную фракции, т. е. данный материал использо-

вался традиционным способом – разделением на мелкий заполнитель и тонкодисперсную добавку.

Кроме того, следует отметить, что в песчаной фракции лежалых отходов находится значительное количество железосодержащих минералов, которые представляют промышленный интерес с точки зрения повторной добычи железного концентрата [8], поэтому их использование для нужд строительной индустрии ограничено. Использовать же лежалые отходы ГОК можно лишь фракции менее 0,2 мм, которые содержат такие достаточно активные минералы, как биотит, куммингтонит, гранат, рибекит, эгирин, а также кварц [8].

Основным недостатком гипсоцементных вяжущих является их недостаточная прочность при сжатии и водостойкость. Ликвидировать данный недостаток возможно модификацией данного вяжущего путем введения в его состав молотого стекла. Известны исследования натрий-кальциевого стекла как наполнителя цементного теста. В этом случае стеклобой различного состава и дисперсности добавлялся в цементную композицию, и исследовались в основном расширение и прочность полученного бетона. Такие исследования проводились в Колумбийском университете (США) профессором С. Мейером [9, 10]. Выявлено, что добавление стекла в композицию в большинстве случаев приводит к протеканию процесса щелочно-силикатного взаимодействия и снижению прочности. Также проведены исследования влияния на процесс температуры и состава стекла [11]. Было обнаружено, что порошки стекла высокой дисперсности приводят к отсутствию расширения образцов [12]. Авторы делают предположение о высокой скорости протекания процесса щелочно-силикатной реакции в этом случае, что приводит к завершению процесса 24–28 ч, вследствие чего в дальнейшем не может быть зафиксировано расширение и разрушение образцов.

Можно предположить, что в качестве возможных путей подавления процесса щелочно-силикатного взаимодействия в композициях «стекло – цемент» авторы предлагают использование стекла определенного гранулометрического состава [13–16], добавление стекла высокой дисперсности и модификацию композиции добавлением соединений лития или цирконии [9].

Введение в состав гипсоцементного вяжущего солей непредельных жирных кислот или полиспирта приведет, согласно [17], к их выделению на поверхности как изделия, так и технологических трещин и пор. При этом за счет полимеризации непредельных жирных кислот на указанных поверхностях раздела фаз образуется достаточно прочный и водостойкий слой, наличие которого обеспечит повышение прочности и водостойкости изделий.

#### Определение физико-механических свойств мелкозернистых бетонов на модифицированном гипсоцементном вяжущем

Авторами настоящей работы были проведены две группы исследования прочности и водостойкости мелкозернистого бетона.

В первой группе экспериментов в качестве заполнителя использовались две смеси: смесь речного песка с отходами ГОК и смесь речного песка, молотого боя стеклоизделий, активированного оксидами железа, и отходов ГОК с целью получения заполнителя непрерывного гранулометрического состава.

В результате проведенных исследований было установлено, что применение мелкого заполнителя непрерывной гранулометрии обеспечивает

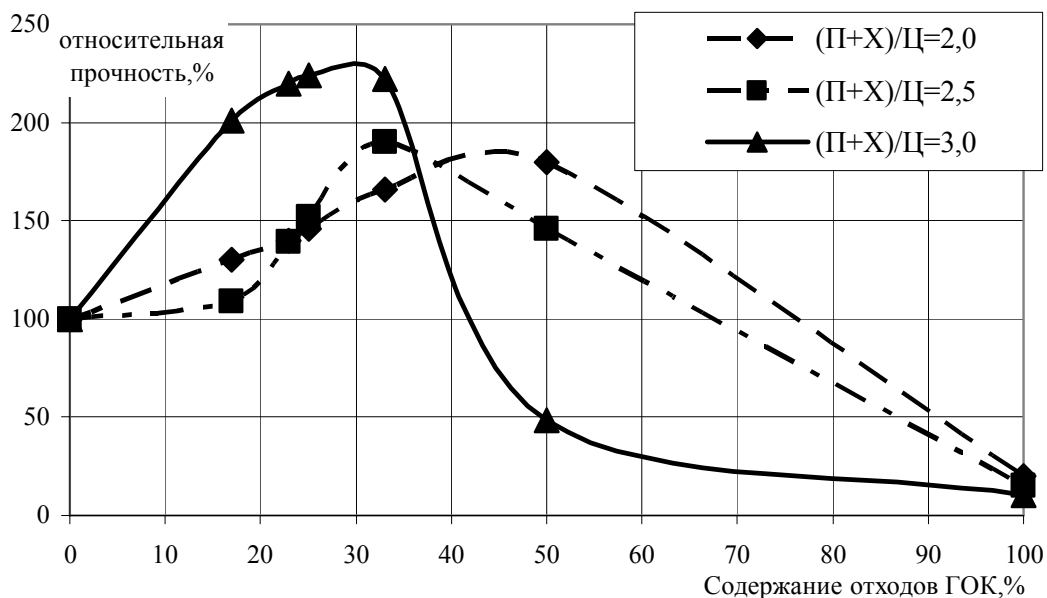
прирост прочности бетона при сжатии в пределах 160...200 %. При этом увеличение соотношения между заполнителем и цементом: «заполнитель/цемент», приводит к увеличению прироста прочности бетона, однако снижает оптимальное содержание отходов ГОК в смеси заполнителей (рис. 1).

Введение в рассматриваемую систему молотого стеклобоя приводит к увеличению прочности бетона на 10...15 %, однако при этом водостойкость изделий увеличивается в 1,9...2,4 раза (коэффициент водостойкости достигает величины 0,98).

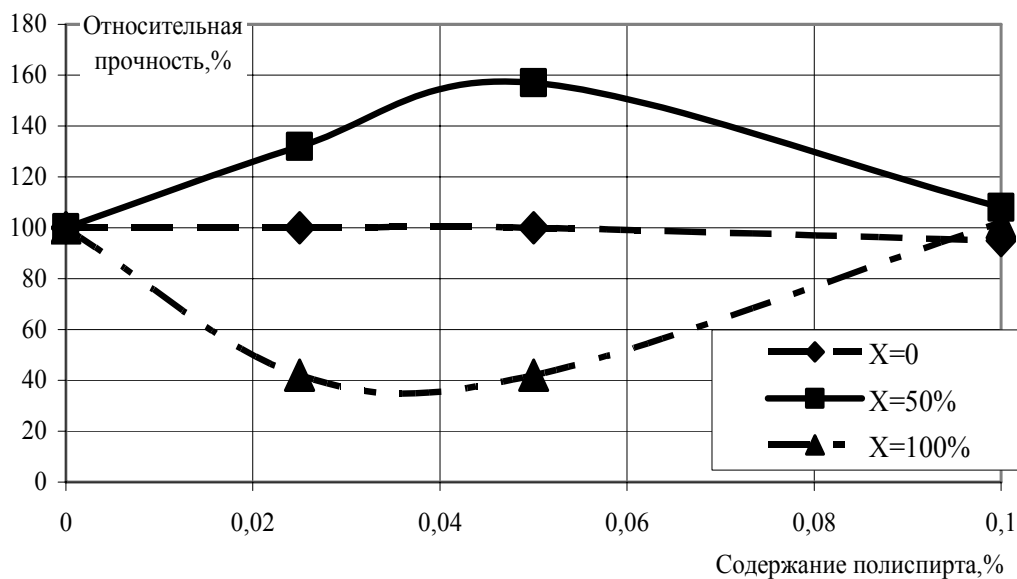
Во второй группе экспериментов исследовалось влияние введения в мелкозернистый бетон, полученный на основе заполнителя непрерывного гранулометрического состава, полиспирта. В процессе исследований установлено, что введение полиспирта либо соли непредельной жирной кислоты приводит к еще большему увеличению прочности бетона (рис. 2) при сохранении его высокой степени водостойкости.

#### Заключение

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что применение в мелкозернистых бетонах на гипсоцементном вяжущем заполнителя непрерывного гранулометрического



**Рисунок 1.** Влияние содержания отходов в заполнителе на прочность бетона: П – расход песка; Х – расход отходов; Ц – расход вяжущего.



**Рисунок 2.** Влияние полиспирта на прочность мелкозернистого бетона.

состава совместно с размолотым до удельной поверхности не менее  $300 \text{ м}^2/\text{кг}$  стеклобоя, полиспиртами либо солями непредельных жирных кислот позволит получать бетоны высокой прочности при сжатии и водостойкости. При этом скорость формирования физико-механических свойств таких бетонов значительно выше, чем у аналогичных бетонов на портландцементе, а деформативность значительно ниже.

Особое внимание вызывает эффект образования на поверхности раздела фаз (поверхности изделия или конструкции, поверхности технологических трещин и пор в бетоне) слоя продуктов полимеризации непредельных жирных кислот либо продуктов взаимодействия полиспирта с компонентами гипсоцементного вяжущего. Подобная «способность» свидетельствует о проявлении одного из видов адаптации полученного

материала как открытой системы путем изменения параметров активных элементов структуры (самоорганизации). Активные элементы структуры возникают и развиваются в полученном материале на этапе создания как системы, закладывая тем самым условия безопасной работы конструкции на этапе выполнения заложенных в систему функций. Поэтому представляется важным и перспективным при проектировании конструкций закладывать в структуру материала определенные комбинации метастабильных и активных элементов. Рациональное сочетание различных по виду элементов структуры в зависимости от условий эксплуатации позволит более полно реализовать потенциальные возможности полученного материала по обеспечению надежной работы конструкций, изготовленных на его основе.

## Литература

1. Батудаева, А. В. Высокопрочные модифицированные бетоны из самовыравнивающихся смесей [Текст] / А. В. Батудаева, Г. С. Кардумян, С. С. Каприелов // Бетон и железобетон. — 2005. — № 4. — С. 14–18.
2. Рациональные области применения модифицированных бетонов в современном строительстве [Текст] / В. В. Бабков, Р. Р. Сахибгареев,

## References

1. Batudaeva, A. V.; Kardumian, G. S.; Kapriellov, S. S. High-impact modified concrete from self-recovering ready mix. In: *Concrete and reinforced concrete*, 2005, Number 4, p. 14–18. (in Russian)
2. Babkov, V. V.; Sahibgarееv, R. R.; Kolesnik, G. S. et al. Rational adaptability of modified concrete in present-day engineering. In: *Engineering materials*, 2006, Number 10, p. 20–22. (in Russian)

- Г. С. Колесник [и др.] // Строительные материалы. — 2006. — № 10. — С. 20–22.
3. Aitcin, P. C. The Art and Science of Durable High-Performance Concrete [Текст] / Pierre-Claude Aitcin // *Nelu Spiratos Symp. Committee for the Organization of CANMET/ACI Conferences, 2003: Proceedings*. — Cody, USA : ACI-NA, 2003. — P. 69–88.
  4. Баженов, Ю. М. Модифицированные высококачественные бетоны [Текст] : [науч. изд-е] / Ю. М. Баженов, В. С. Демьянова, В. И. Калашников. — М. : Изд-во АСВ, 2006. — 368 с.
  5. Swirzen, A. Reactive powder concretes: Mechanical properties, durability and hybrid use with OPC [Текст] / A. Swirzen, V. Penttala, C. Vornanen // *Cem. Concr. Res.* — 2008. — Vol. 38, No. 10. — P. 1217–1226.
  6. Пухальский, Г. В. Свойство бетонов на песках из отходов горнообогатительных комбинатов [Текст] / Г. В. Пухальский, Г. Н. Бондаренко // *Бетон и железобетон*. — 1973. — № 5. — С. 26–28.
  7. Шишкин, А. А. Специальные бетоны для усиления строительных конструкций, эксплуатирующихся в условиях действия агрессивных сред [Текст] : дис. ... доктора техн. наук : 05.23.05 / Шишкин Александр Алексеевич. — Кривой Рог, 2003. — 336 с.
  8. Евтехов, Е. В. Влияния условий складирования хвостов на качество техногенных железных руд Криворожского бассейна [Текст] / Е. В. Евтехов // *Геолого-минералогичний вісник*. — 2004. — № 1. — С. 31–39.
  9. Meyer, C. Concrete with waste glass as aggregate [Текст] / C. Meyer, P. Egosi, C. Andela // *Recycling and Reuse of glass Cullet : Proceedings of International Symposium 19–20 March 2001 / Edited by Ravindra K. Dhir, Mukesh C. Limbachiya and Tomas D. Dyer. Dundee UK*. — Bodmin : Tomas Telford, 2001. — P. 179–187.
  10. Byars, E. A. Use of glass for construction products: legislative and technical issues [Текст] / E. A. Byars, H. Zhu, C. Meyer // *Sustainable Waste Management : Proceedings of the International Symposium held at the University Dundee, Scotland, UK of 9–11 September 2003 / Edited by Ravindra K. Dhir, Moray D. Newlands, Thomas D. Dye*. — London : Tomas Telford, 2003. — P. 827–838.
  11. Sugiyama, M. The experiment on compression strength and freeze-thaw resistance of the concrete which mixed the tile clip [Текст] / M. Sugiyama // *Recycling and Reuse of glass Cullet : Proceedings of International Symposium 19–20 March 2001 / Edited by Ravindra K. Dhir, Mukesh C. Limbachiya and Tomas D. Dyer. Dundee UK*. — Bodmin : Tomas Telford, 2001. — P. 189–194.
  12. Remarque, W. Glass powder as a reactive addition for blast furnace cements [Текст] / W. Remarque, D. Heinz, C. Schluesser // *Recycling and Reuse of glass Cullet : Proceedings of International Symposium 19–20 March 2001 / Edited by*
  3. Aitcin, P. C. The Art and Science of Durable High-Performance Concrete. In: *Nelu Spiratos Symp. Committee for the Organization of CANMET/ACI Conferences, 2003: Proceedings*. Cody, USA: ACI-NA, 2003, p. 69–88.
  4. Bazhenov, Yu. M.; Demianova, V. S.; Kalashnikov, V. I. Modified high quality concrete. Moscow: ASV, 2006. 368 p. (in Russian)
  5. Swirzen, A.; Penttala, V.; Vornanen, C. Reactive powder concretes: Mechanical properties, durability and hybrid use with OPC. In: *Cem. Concr. Res.*, 2008, Vol. 38, No. 10, p. 1217–1226.
  6. Puhalskii, G. V.; Bondarenko, G. N. Character of concrete of sand and waste of minning and processing integrated works. In: *Concrete and reinforced concrete*, 1973, Number 5, p. 26–28. (in Russian)
  7. Shishkin, A. A. Special concrete for strengthening civil construction, which are operated under the conditions of activity of corrosion environment: Ph.D. in Eng. dissertation: 05.23.05. Krivoy Rog, 2003. 336 p. (in Russian)
  8. Evtehov, E. V. The influence of conditions of storage tangs on quality of man-triggered iron ore of Kryvorozhsky basin. In: *Geological-mineralogical Mercury*, 2004, Number 1, p. 31–39. (in Russian)
  9. Meyer, C.; Egosi, P.; Andela, C. Concrete with waste glass as aggregate. In: *Recycling and Reuse of glass Cullet : Proceedings of International Symposium 19–20 March 2001 / Edited by Ravindra K. Dhir, Mukesh C. Limbachiya and Tomas D. Dyer. Dundee UK*. Bodmin: Tomas Telford, 2001, p. 179–187.
  10. Byars, E. A.; Zhu, H.; Meyer, C. Use of glass for construction products: legislative and technical issues. In: *Sustainable Waste Management: Proceedings of the International Symposium held at the University Dundee, Scotland, UK of 9–11 September 2003 / Edited by Ravindra K. Dhir, Moray D. Newlands, Thomas D. Dye*. London: Tomas Telford, 2003, p. 827–838.
  11. Sugiyama, M. The experiment on compression strength and freeze-thaw resistance of the concrete which mixed the tile clip. In: *Recycling and Reuse of glass Cullet : Proceedings of International Symposium 19–20 March 2001 / Edited by Ravindra K. Dhir, Mukesh C. Limbachiya and Tomas D. Dyer. Dundee UK*. Bodmin: Tomas Telford, 2001, p. 189–194.
  12. Remarque, W.; Heinz, D.; Schluesser, C. Glass powder as a reactive addition for blast furnace cements. In: *Recycling and Reuse of glass Cullet: Proceedings of International Symposium 19–20 March 2001 / Edited by Ravindra K. Dhir, Mukesh C. Limbachiya and Tomas D. Dyer. Dundee UK*. Bodmin: Tomas Telford, 2001, p. 229–238.
  13. Dhir, R. K.; Dyer, T. D.; Tang, L. C. Expansion due to alkali-silica reaction (ASR) of glass cullet used in concrete. In: *Sustainable Waste Management: Proceedings of the International Symposium held at the University Dundee, Scotland, UK of 9–11 September 2003 / Edited by Ravindra K. Dhir, Moray D. Newlands,*

- Ravindra K. Dhir, Mukesh C. Limbachiya and Tomas D. Dyer. Dundee UK. — Bodmin : Tomas Telford, 2001. — P. 229–238.
13. Dhir, R. K. Expansion due to alkali-silica reaction (ASR) of glass cullet used in concrete [Текст] / R. K. Dhir, T. D. Dyer, L. C. Tang // Sustainable Waste Management : Proceedings of the International Symposium held at the University Dundee, Scotland, UK of 9–11 September 2003 / Edited by Ravindra K. Dhir, Moray D. Newlands, Thomas D. Dye. — London : Tomas Telford, 2003. — P. 751–760.
  14. Meland, I. Recycling glass cullet as concrete aggregates, applicability and durability [Текст] / I. Meland, P. A. Dan // Recycling and Reuse of glass Cullet : Proceedings of International Symposium 19–20 March 2001 / Edited by Ravindra K. Dhir, Mukesh C. Limbachiya and Tomas D. Dyer. Dundee UK. — Bodmin : Tomas Telford, 2001. — P. 167–177.
  15. Dyer, T. D. Use of glass cullet as a cement component in concrete [Текст] / T. D. Dyer, R. K. Dhir // Recycling and Reuse of glass Cullet : Proceedings of International Symposium 19–20 March 2001 / Edited by Ravindra K. Dhir, Mukesh C. Limbachiya and Tomas D. Dyer. Dundee UK. — Bodmin : Tomas Telford, 2001. — P. 157–166.
  16. Кетов, П. Л. Использование вяжущих свойств дисперсных силикатных стекол при утилизации стеклобоя [Текст] / П. Л. Кетов, В. С. Корзапов, С. И. Пузанов // Строит. материалы. — 2007. — № 5. — С. 2–3.
  17. Годэн, А. М. Флотация [Текст] / А. М. Годэн. — М. : Гослит по горному делу, 1959. — 653 с.
- Thomas D. Dye.* London: Tomas Telford, 2003, p. 751–760.
14. Meland, I.; Dan, P. A. Recycling glass cullet as concrete aggregates, applicability and durability. In: *Recycling and Reuse of glass Cullet: Proceedings of International Symposium 19–20 March 2001 / Edited by Ravindra K. Dhir, Mukesh C. Limbachiya and Tomas D. Dyer. Dundee UK.* Bodmin: Tomas Telford, 2001, p. 167–177.
  15. Dyer, T. D.; Dhir, R. K. Use of glass cullet as a cement component in concrete. In: *Recycling and Reuse of glass Cullet: Proceedings of International Symposium 19–20 March 2001 / Edited by Ravindra K. Dhir, Mukesh C. Limbachiya and Tomas D. Dyer. Dundee UK.* Bodmin: Tomas Telford, 2001, p. 157–166.
  16. Ketov, P. L.; Korzapov, V. S.; Puzanov, S. I. The usage of cementing properties of dispersed silicate glass under cullet utilization. In: *Constructional materials*, 2007, Number 5, p. 2–3. (in Russian)
  17. Goden, A. M. Flotation. Moscow: Mining Engineering State literature, 1959. 653 p. (in Russian)

**Щерба Володимир Вікторович** – аспірант кафедри технології будівельних виробів, матеріалів і конструкцій Криворізького національного університету. Наукові інтереси: будівельні матеріали і виробы.

**Шишкін Олександр Олексійович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології будівельних виробів, матеріалів і конструкцій Криворізького національного університету. Член-кореспондент Академії гірничих наук України. Наукові інтереси: фізико-механічні властивості будівельних матеріалів і виробів.

**Шишкіна Олександра Олександрівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології будівельних виробів, матеріалів і конструкцій. Наукові інтереси: будівельні матеріали і виробы.

**Щерба Владимир Викторович** – аспирант кафедры технологии строительных изделий, материалов и конструкций Криворожского национального университета. Научные интересы: строительные материалы и изделия.

**Шишкин Александр Алексеевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии строительных изделий, материалов и конструкций Криворожского национального университета. Член-корреспондент Академии горных наук Украины. Научные интересы: физико-механические свойства строительных материалов и изделий.

**Шишкина Александра Александровна** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительных изделий, материалов и конструкций. Научные интересы: строительные материалы и изделия.

**Scherba Vladimir** – graduate student, Technology of Building Wares, Materials and Constructions Department, Krivoy Rog National University. Scientific interests: build materials and wares.

**Shishkin Alexander** – doctor of engineerings sciences, professor, manager, Technology of Building Wares, Materials and Constructions, Krivoy Rog National University. Corresponding member of the Academy of Mountain Sciences of Ukraine. Scientific interests: properties of build materials and wares.

**Shishkina Alexandra** – Ph.D, associate professor, Technology of Building Wares, Materials and Constructions Department, Krivoy Rog National University. Scientific interests: building materials and wares.