

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ БЕТОНОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.Д. Толстой, В.С. Лесовик, А.С. Милькина

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»,
г. Белгород, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Важной народнохозяйственной задачей является обеспечение современной строительной индустрии высокопрочными и эффективными материалами, изготовленными с использованием новых технологических подходов и техногенных материалов. Эти материалы отличаются от обычного повышенным содержанием цементного камня, меньшей крупностью зерен, многокомпонентностью состава, повышенной удельной поверхностью заполнителя. Решение этой задачи будет актуальным всегда благодаря постоянному росту требований к качеству строительных материалов и конструкций.

Цель написания статьи. Изучение условий формирования структуры бетонов нового поколения и разработка приемов управления структурообразующими процессами, влияющими на его качество.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования проводились в лабораториях кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций; анализ литературных источников – в научно-технической библиотеке Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова. При этом использовали стандартные методики испытаний, а также положения инструкции по эксплуатации отдельных приборов и оборудования.

Выводы. Построены модели структурообразования в высокопрочных твердеющих композициях, в которых осуществлен принцип оптимизации структуры, заключающийся в создании высокой степени упорядоченности ее составляющих элементов и новообразований, а также увеличении адгезии частиц цементного камня. Благодаря введению в состав техногенного сырья и органической добавки появилась возможность снижения расхода исходных материалов, а также расхода энергии и ресурсов. Механизм и принципы управления структурообразованием в настоящее время интенсивно изучаются и будут объяснены в последствие на основе синергетических представлений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: многокомпонентность, высокопрочный бетон, структурообразование, бетон нового поколения, техногенное сырье, высококачественные композиты.

© А.Д. Толстой, В.С. Лесовик, А.С. Милькина



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

FEATURES OF THE STRUCTURE OF NEW GENERATION CONCRETE WITH THE USAGE OF ARTIFICIALLY-PRODUCED MATERIALS

A.D. Tolstoy, V.S. Lesovik, A.S. Milkina

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
Belgorod, Russia

ABSTRACT

Introduction. The important national economic task is to provide the modern construction industry with high-strength and effective materials made using new technological approaches and artificially-produced materials. These materials differ from the usual one by high content of cement stone, smaller grain size, multicomponent composition, increased specific surface of the filler. Therefore, the research of such problem would be always relevant according to the constant growth of requirements for the building materials and structures quality.

Materials and methods. Experimental studies were conducted in the laboratories of the Department of Construction Materials, Products and Structures. The literary sources' analysis was made in the scientific and technical library of the Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. At the same time, standard test procedures and the provisions of the operating instructions for individual devices and equipment were used in the research.

Discussion and conclusions. As a result, the models of structure formation in high-strength hardening compositions, in which the principle of structure optimization consisting in creation of the high degree ordering of its constituent elements and tumors, as well as in increasing the adhesion of cement stone particles, are implemented. In addition, the usage of artificially-produced materials and organic additives produces the possibility of reducing the consumption of raw materials and consumption of energy and resources. The mechanism and principles of structure formation management are intensively studied and would be explained later on the basis of synergetic concepts.

KEYWORDS: multicomponent, high-strength concrete, structurization, new generation concrete, artificially-produced materials, high-quality composites.

© A.D. Tolstoy, V.S. Lesovik, A.S. Milkina



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка и применение бетонов нового поколения (БНП), которые значительно отличаются от рядовых повышенным содержанием цемента, меньшей крупностью частиц, многокомпонентностью состава, а также повышенной дисперсностью заполнителя, достаточно актуальны [1,2,3,4,5, 6]. Появление таких бетонов открыло новую эру в строительстве благодаря их уникальным свойствам, а именно: высокой прочности и коррозионной стойкости, водонепроницаемости и морозостойкости, регулируемой деформативности, что позволило реализовать достаточно сложные строительные проекты [7,8,9,10,11].

Важным в этом плане является новое научное направление геоника, являющееся теоретической основой для создания высококачественных композитов. Это направление базируется на использовании результатов исследований геологических процессов в толще горных пород при создании строительных материалов будущего [12]. Благодаря геонике стало возможным разработать систему проектирования БНП с применением сырья специальными подготовленного геологическими процессами.

Изучение процессов структурообразования композитов с техногенными компонентами создает предпосылки к активизации работ по оптимизации составов высокопрочных материалов за счет подбора правильного соотношения новых техногенных продуктов¹. Это позволит существенно снизить материальные и энергетические затраты при производстве высокопрочных композиций. Вместе с тем механизмы формирования структуры высокопрочного бетона с органоминеральными комплексными добавками и техногенными компонентами остаются малоизученными. В связи с

этим более глубокие исследования в данном направлении являются актуальными [13,14].

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Применение современных добавок, таких как гиперпластификатор карбоксилатный MF 1641, французский гиперпластификатор PREMIA 360 при его модификации водорастворимыми продуктами углерода («Астраленам С») и других, оказывает положительное влияние на образование структуры бетонов нового поколения. В настоящее время известен БНП класса В100-125 [15], в связи с этим актуальным является исследование условий структурообразования высокопрочного композита многокомпонентного состава². Многокомпонентность состава бетонов нового поколения дает свои результаты, число компонентов в составе может быть различным (5–6 и более). Также большое значение имеет качество применяемых компонентов, заполнителей и наполнителей: гранулометрический состав, удельная поверхность частиц, пустотность, качество поверхности, прочность и т.д.

При повышении целесообразности производства БНП необходимо учитывать достаточно важный фактор—создание методов оптимизации структуры, способствующей получению высокой степени упорядоченности составляющих ее элементов, изготовление композиционных вяжущих веществ, в состав которых входит техногенное сырье³.

Несмотря на все выше перечисленные положительные характеристики бетонов нового поколения⁴ в строительной индустрии его применяют реже, чем обычный бездобавочный бетон из-за его более высокой стоимости. Поэтому важен поиск многотоннажных минеральных веществ, в особенности техногенного происхождения, позволяющих повысить доступность применения новых высокопроч-

¹ Глаголев Е.С., Лесовик В.С., Толстой А.Д., Крымова А.И., Кузьмина Т.С. Теоретические аспекты применения техногенного сырья в плотных композиционных материалах // В сборнике: НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 74–83.

² Каспер Е.А., Селезнёва А.И., Каспер Е.И. Быстротвердеющий высокопрочный мелкозернистый бетон // В сборнике: Нефть и газ Западной Сибири. Материалы Международной научно-технической конференции. 2017. С. 126–129.

³ Кочетков А.А., Румянцев А.В., Панчина А.А., Кильдеев И.Р., Голов И.А. Высокопрочные бетоны: технология производства и область применения в современных условиях // В сборнике: Материалы XX научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарёва в 3 ч.. 2016. С. 7–10.

⁴ Балыков А.С., Володин В.В., Каштанов А.А., Каштанова Е.А., Коровкин Д.И., Низина Т.А. Высокопрочные мелкозернистые бетоны на основе природного и техногенного сырья // Огарёв-Online. 2017. № 11 (100). С. 3.

ных композиций⁵, не снижая при этом высоких строительно-технических и эстетических показателей. Комплексные добавки являются перспективными применительно к высокопрочным и высококачественным мелкозернистым бетонам, которые вводятся в состав в виде водных растворов, порошков и эмульсий [16,17,18].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Твердеющие системы порошковых бетонов с техногенными компонентами позволяют получить прочность до 80...100 МПа, это объясняется уплотнением структуры искусственного камня.

Уплотнение и упрочнение структуры обусловлено ростом кристаллической фазы и замещением ими водных контактов между отдельными фазами новообразований (рисунк).

Твердый каркас у всех образцов БНП состоит из отдельных частиц компонентов техногенного происхождения различной удельной поверхности с ярко выраженной контактной зоной с новообразованиями. При большем увеличении можно заметить, что эти частицы почти полностью покрыты продуктами гидратации, так как зерна техногенного сырья

являются подложками для формирования новообразований, следствием чего является обилие глобул, сросшихся с их поверхностью. Кроме того, входящий в состав микрокремнезем выступает в качестве центров кристаллизации при гидратации, а более крупные частицы порошкового вяжущего играют роль микронаполнителя, снижая возможность усадочных деформаций, улучшая эксплуатационные характеристики композита. Кроме того, присутствие микрокремнезема (отход производства ферросилиция), алюмосодержащей добавки, отсева дробления кварцитопесчаника позволяет значительно повысить основные строительно-технические и эксплуатационные свойства бетона и строительных изделий, не уменьшая их конструктивной жесткости, устойчивости и долговечности (таблица). Данная цель была достигнута путем уплотнения структуры, уменьшения пор и микротрещин.

Гелеобразная фаза выступает в качестве пластичной матрицы, объединяющей отдельные кристаллические сrostки в единый каркас (рисунок, справа). Ввод микрокремнезема в совокупности с глиноземистым цементом дает прирост конечной прочности при сжатии образцов кубов до 30...40%. Частицы микрокремнезема вступают в реакцию с гидроокси-

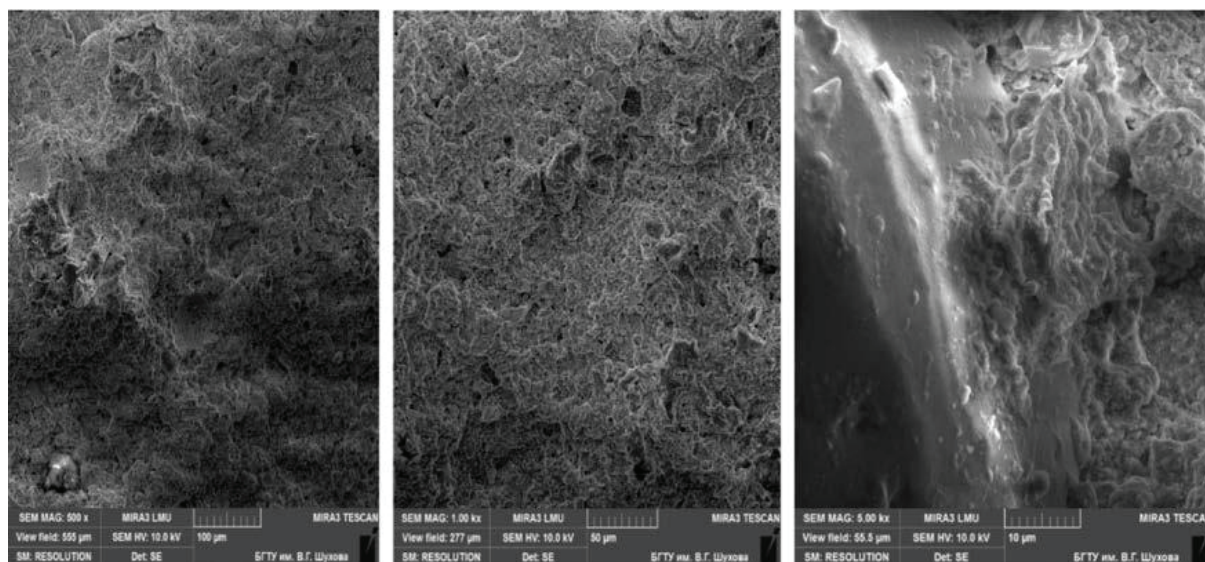


Рисунок – Микроструктура высокопрочного бетона нового поколения

Figure – Microstructure of high-strength concrete of new generation

⁵ Николаев А.И., Холькин А.И. Комплексное нетрадиционное сырье, техногенные отходы и вторичные ресурсы как источники функциональных материалов // В сборнике: Прогрессивные методы обогащения и комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья Плаксинские чтения – 2014. 2014. С. 19–22.

дом кальция, освобождаемым при гидратации портландцемента, вследствие чего синтезируется гидросиликат кальция.

Ускорению реакции взаимодействия способствует высокая дисперсность микрокремнезема. При распределении частиц большое количество реактивных сферических частиц микрокремнезема окружает каждое зерно цемента, тем самым уплотняя цементный камень, заполняя пустоты прочными продуктами гидратации и усиливая адгезию с заполнителями.

Структура БНП оптимального состава, полученного при совместном помоле с пластифицирующей добавкой, характеризуется однородным строением (см. рисунок). Специфика его структуры приводит к активному формированию новообразований за счет присоединения воды, запасенной в порах породы, и в значительной мере способствует формированию микроструктуры контактных зон и всего камня в целом. Предел прочности при сжатии данного материала составляет до 97 МПа, что в два раза превосходит прочность обычного бездобавочного цемента. Это подтверждается результатами многих физико-механических испытаний.

Изучение микрофотографий твердеющих композиций показало следующее:

- микроструктура цементного камня, полученного при совместном помоле, обладает большей однородностью, чем при раздельном помоле компонентов;
- в микроструктуре цементного камня наблюдается прорастание игольчатых кристал-

лов, пронизывающих объем структуры материала;

- наблюдается присутствие плотных новообразований вблизи зерен наполнителя.

К нормативному сроку твердения микроструктура бетона нового поколения отличается упорядоченностью зернистой составляющей и повышенной плотностью.

На рисунке показана плотная структура БНП, характеризующаяся практически полным отсутствием пор и микротрещин. Этого можно добиться за счет корректирования состава твердеющей композиции, введения необходимого количества тонкодисперсных техногенных компонентов, их плотнейшей упаковки и самоуплотняющего эффекта твердения. Возрастание плотности структуры наблюдалось с нарастающим эффектом в течение времени твердения. Этим предопределяется получение высокопрочного бетона с высокими физико-механическими и эксплуатационными характеристиками. В конце периода твердения, в тот момент, когда искусственный камень достигает своей наивысшей плотности, а следовательно, и динамических характеристик, заканчивается активный процесс связывания портландита. Через 28 сут твердения высокая прочность порошкового бетона с мелкодисперсным заполнителем объясняется высокой степенью упорядоченности зернистой структуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, сущность модели управления структурообразованием в высокопроч-

ТАБЛИЦА
Показатели строительно-технических свойств бетона
TABLE
Indicators of construction and technical concrete characteristics

Показатель	Бетон	
	тяжелый	БНП
Средняя плотность, кг/м ³	2200...2500	2300
Прочность при сжатии, МПа	10...50	97,5
Водоудерживающая способность, %	78...80	90
Коэффициент конструктивного качества (ККК)	0,17	0,36
Марка по водонепроницаемости, W	2...4	2
Марка по морозостойкости, F	50...150	300
Истираемость, кг/м ²	0,7...0,8	0,36
Усадка	трещины отсутствуют	
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,8...1,2	0,89

ных твердеющих композициях, в которых осуществлен принцип оптимизации структуры, заключается в создании высокой степени упорядоченности ее составляющих элементов и новообразований, а также увеличении адгезии частиц цементного камня. Вопрос о механизме управления структурообразованием является очень сложным, требует многолетнего изучения и постановки экспериментов. В настоящее время можно говорить только о схеме взаимодействия компонентов. Механизм и принципы управления структурообразованием в настоящее время интенсивно изучаются и будут объяснены на основе синергетических представлений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженов Ю.М., Калашников В.И. Модифицированные высокопрочные бетоны. М.: Изд-во АСВ. 2007. 368 с.
2. Калашников В.И., Тараканов О.В., Кузнецов Ю.С. и др. Бетоны нового поколения на основе сухих тонкозернисто-порошковых смесей // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 8. С. 47–52.
3. Дворкин Л.И., Пашков И.А. Строительные материалы из отходов промышленности. Киев: Вища школа, 2007. 208 с.
4. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. М.: Стройиздат, 1990. 394 с.
5. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Ковалева И.А. Органоминеральные высокопрочные декоративные композиции // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 67–69.
6. Bornemann R., Fenling E. Ultrahochfester Beton-Entwicklung und Verhalten // Leipziger Massivbauseminar. 2000. Bd. 10. pp. 1–15.
7. Schmidt M., Bornemann R. Möglichkeiten und Grenzen von Hochfester Beton // 14. International Baustofftagung : ibausil; 20-23. Sept. 2000, Weimar, Tagungsbericht. Weimar: Bauhaus- Universität, 2000. Bd. 1. S. 1083–1091.
8. Tolstoi A.D., Lessowik W.S., Kowaljaw I.A. Pulverbetone auf Kompositbindemitteln mit der Verwendung von Industrieabfällen // 19. Internationale Baustofftagung: ibausil; 16.-18. Sept. 2015, Weimar. , Tagungsbericht. Weimar: Bauhaus-Universität, 2015. Bd 2. P. 997–1000.
9. De Larrard Francoi. Ultrafine particles for the making of very high strength concretes // Cement, Concrete and Aggregates. 1990. Vol. 12 (2). Pp. 61–69.
10. Яковлев Г.И., Федорова Г.Д., Полянских И.С. Высокопрочный бетон с дисперсными добавками // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 2. С. 35–42.

11. Давидюк А.Н. Бетон в строительстве – новые вызовы и перспективы // Вестник НИЦ Строительство. 2017. № 1 (12). С. 5–13.

12. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Новиков К.Ю. Высокопрочные бетоны на композиционных вяжущих с применением техногенного сырья // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2016. № 2 (17). С. 174–180.

13. Лесовик В.С. Геоника (Геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 206 с.

14. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л. Закон сродства структур в материаловедении // Фундаментальные исследования. 2014. № 3–2. С. 267–271.

15. Lesovik V.S., Shukhov V.G., Tolstoy A.D., Glagolev E.S., Novikov K.Y., Valerievna S.V. Powdered concretes on composition binders with application of technogene raw materials // International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. Т. 8. № 4. С. 24726-24732.

16. Коровкин М.О., Ямбукова А.Р., Ерошкина Н.А. Опыт и перспективы использования высокопрочных и сверхвысокопрочных бетонов // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 2. С. 187–194.

17. Коренькова С.Ф., Гурьянов А.М., Сидоренко Ю.В. Нанодисперсное техногенное сырье для получения многокомпонентных сырьевых смесей // Сухие строительные смеси. 2012. № 3. С. 17–19.

18. Сулейманова Л.А., Лесовик Р.В., Глаголев Е.С., Сопин Д.М. Высококачественные бетоны на техногенном сырье для ответственных изделий и конструкций // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. № 4. С. 34–37.

REFERENCES

1. Bazhenov Yu. M., Kalashnikov V. I. *Modified high-strength concrete*. Moscow, Izd-vo ASV, 2007, 368 p. (In Russian)
2. Kalashnikov V. I., Tarakanov O. V., Kuznetsov Yu.S. and others. Concrete of new generation on the basis of dry fine-grained powder mixes. *Inzhenerno-Stroitel'nyi Zhurnal*, 2012, no. 8, pp. 47-52. (In Russian)
3. Dvorkin L. I., Pashkov I. A. *Building materials from industrial waste*. Kiev: Vyscha SHKOLA, 2007. 208 p. (In Russian)
4. Batrakov VG *Modified concretes*. Moscow: Stroizdat, 1990, 394 p. (In Russian)

5. Tolstoy, A. D., Lesovik V. S., Kovaleva I. A. Organic high strength decorative compositions. *Bulletin of Belgorod state technological University*. V. G. Shukhov, 2014, no. 5, pp. 67-69. (In Russian)

6. Bornemann R., Fenling E. Ultrahochfester Beton-Entwicklung und Verhalten. Leipziger Massivbauseminar, 2000, Bd. 10, pp. 1–15.

7. Schmidt M., Bornemann R. Möglichkeiten und Grenzen von Hochfester Beton. 14. International Baustofftagung: ibausil; 20-23. Sept. 2000, Weimar, Tagungsbericht. Weimar: Bauhaus-Universität, 2000, Bd. 1, pp. 1083–1091.

8. Tolstoi A.D., Lessowik W.S., Kowaljaw I.A. Pulverbetone auf Kompositbindemitteln mit der Verwendung von Industrieabfällen. 19. Internationale Baustofftagung: ibausil; 16.-18. Sept. 2015, Weimar, Tagungsbericht. Weimar: Bauhaus-Universität, 2015, Bd 2, pp. 997–1000.

9. De Larrard Françoise. Ultrafine particles for the making of very high strength concretes. *Cement, concrete and aggregates*, 1990, Vol. 12 (2), pp. 61–69.

10. Yakovlev G. I., Fedorova G. D., Polyanskiy, S. I. High Strength concrete with dispersed additives. *Industrial and civil construction*, 2017, no. 2, pp. 35-42. (In Russian)

11. Davidiyuk A. N. Concrete in construction-new challenges and prospects. *Vestnik SIC Stroitel'stvo*, 2017, no. 1 (12), pp. 5-13. (In Russian)

12. Tolstoy, A. D., Lesovik V. S., Novikov K. Yu. High-Strength concrete on composite binders with the use of technogenic raw materials. Proceedings of the universities. *Investment. Construction. Realty*, 2016, no. 2 (17), pp. 174-180. (In Russian)

13. Lesovik V. S. *Geonika (Geodaetica)*. Examples of implementation in building materials science. Belgorod: Publishing house of BSTU, 2014, 206 p. (In Russian)

14. Lesovik V. S., Zagorodnyuk L. Kh., Chulkova I. L. the Law of affinity structures in materials science. *Fundamental research*, 2014, no. 3-2, pp. 267-271. (In Russian)

15. Lesovik V.S., Shukhov V.G., Tolstoy A.D., Glagolev E.S., Novikov K.Y., Valerievna S.V. Powdered concretes on composition binders with application of technogene raw materials. *International Journal of Pharmacy and Technology*, 2016, T. 8, no. 4, pp. 24726-24732.

16. Korovkin M. O., Nabokov A. R., N. Eroshkina.. Experience and prospects of use of high-strength and ultra-high-strength concretes. *Modern scientific researches and innovations*, 2017, no. 2, pp. 187-194. (In Russian)

17. Korenkova S. F., Guryanov A. M., Sidorenko Y. V. Nanosized technogenic raw materials for the production of multicomponent raw mixes. Dry mixes, 2012, no. 3, pp. 17-19. (In Russian)

18. Suleymanova L. A., Lesovik R. V., Glagolev E. S., Sopin D. M. high Quality concrete on technogenic raw materials for responsible products and constructions. *Vestnik of Belgorod state technological University n.a. V. G. Shukhov*, 2008, no. 4, pp. 34-37. (In Russian)

Поступила 24.05.2018, принята к публикации 20.08.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: Никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Толстой Александр Дмитриевич (Россия, г. Белгород) – кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения изделий и конструкций Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (БГТУ им. В.Г. Шухова) (Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова 46, e-mail: tad56@mail.ru).

Лесовик Валерий Станиславович (Россия, г. Белгород) – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РААСН, заведующий кафедрой строительного материаловедения изделий и конструкций Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (БГТУ им. В.Г. Шухова) (Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова 46, e-mail: naukavs@mail.ru).

Милькина Алёна Сергеевна (Россия, г. Белгород) – аспирант, инженер кафедры строительного материаловедения изделий и конструкций Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (БГТУ им. В.Г. Шухова) (Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова 46, e-mail: privat.9292@mail.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Tolstoy Alexander Dmitrievich (Belgorod, Russia) – candidate of technical science, Associate Professor of the Department of Building Materials, Products and Structures, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, (Russia, 308012, Belgorod, 46, Kostyukova St., e-mail: tad56@mail.ru).

Lesovik Valery Stanislavovich (Belgorod, Russia) – doctor of technical science, Professor, Honored Science Worker of the Russian Federation, Corresponding Member of RAASN, Head of the Department of Building Materials, Products and Structures, Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, (Russia, 308012, Belgorod, 46, Kostyukova St., e-mail: naukavs@mail.ru).

Milkina Alena Sergeevna (Belgorod, Russia) – graduate, Engineer of the Department of Building Materials, Products and Structures, Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov (Russia, 308012, Belgorod, 46, Kostyukova St., e-mail: privet.9292@mail.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Толстой А.Д. Разработка темы, экспериментальные исследования.

Лесовик В.С. Выработка концепции, теоретическое обоснование.

Милькина А.С. Теоретический анализ, практическое исследование.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Tolstoy, A. D. Development of the research theme, experimental research.

Lesovik V. S. Development of the concept, theoretical basing.

Milkina A. S. Theoretical analysis, practical research.