

# СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Толстой А.Д., канд. техн. наук, проф.,  
Лесовик В.С., член-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф.,  
Ковалева И.А., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## КОМПОЗИЦИОННЫЕ ВЯЖУЩИЕ ДЛЯ ПОРОШКОВЫХ БЕТОНОВ С ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОТХОДАМИ

airyshka@yandex.ru

*В настоящее время внимание ученых и инженеров привлекает широкое применение высокопрочный бетон, отличающийся от обычного, повышенным содержанием цементного камня, меньшей крупностью зерен, многокомпонентностью состава, повышенной удельной поверхностью заполнителя. Эксплуатационные свойства этого бетона в большой степени зависят от свойств заполнителя и водосодержания. Известно, что эмпирический путь поиска дальнейшего повышения прочности бетона всегда был трудоемок и длителен. В связи с этим, актуально предварительное изучение условий формирования структуры высокопрочного бетона, роль технологических приемов в этом процессе и характер влияния структуры на качество бетона.*

**Ключевые слова:** высокопрочные бетоны, порошковые бетоны.

**Введение.** Несмотря на все положительные характеристики, стоимость высокопрочных составов и технологии работ по их изготовлению довольно высока и, в зависимости от конкретных условий, может превышать стоимость обычных вяжущих в несколько раз. Поэтому, важен поиск минеральных компонентов, в том числе техногенного происхождения, которые позволят, не снижая высоких строительно-технических и эстетических показателей, повысить доступность применения новых высокопрочных композиций [1]. Перспективными применительно к высокопрочным и высококачественным бетонам являются комплексные добавки, вводимые в состав смеси в виде водных растворов, порошков и эмульсий. Разработка методов оптимизации структуры, способствующей получению высокой степени упорядоченности составляющих ее элементов, изготовление вяжущих, полученных с применением техногенных продуктов является актуальной задачей.

**Методология.** Теоретической основой создания высококачественных композитов является научное направление – высокопрочные порошковые бетоны нового поколения, которые используют результаты исследования геологических процессов и горных пород для создания материалов нового поколения [2–3].

В исследованиях состава и структуры высокопрочных твердеющих композиций были использованы минеральные добавки, содержащие алюминатный, карбонатный компонент, и полимерные на основе карбоксилата. Тонкомолотый кварцитопесчаник, сланцы и амфиболиты из

вскрышных и попутнодобываемых пород Курской магнитной аномалии (КМА) нашли применение в бетонах с комплексными органоминеральными добавками.

Существенное влияние на формирование структуры порошкового бетона оказывает применение добавок нового поколения, таких как карбоксилатный гиперпластификатор – MF 1641, французский гиперпластификатор PREMIA 360 при его модификации водорастворимыми аддуктами нанокластеров углерода («Астраленам С») и другие, что регулирует их качественные характеристики. В настоящее время получен высокопрочный порошковый бетон с прочностью В100–120. Известно, что эмпирический путь поиска дальнейшего повышения прочности бетона всегда был трудоемок и длителен. В связи с этим, актуально предварительное изучение условий формирования структуры высокопрочного бетона, роль технологических приемов в этом процессе и характер влияния структуры на качество бетона.

Положительные результаты дает многокомпонентность состава бетона – число компонентов может достигать до 7–8 и более. При этом решающую роль на его свойства оказывает количество и качество вяжущего вещества, качество заполнителей и наполнителей (крупность зерен, гранулометрический состав, качество поверхности, пустотность, прочность). При этом стоимость готового материала значительна.

Важным источником повышения экономической эффективности производства порошковых бетонов нового поколения, является разра-

ботка методов оптимизации структуры, способствующей получению высокой степени упорядоченности составляющих ее элементов, изготовление вяжущих, полученных с применением техногенных продуктов.

**Основная часть.** В исследованиях были использованы минеральные добавки, содержащие алюминатный и карбонатный компонент, и полимерные типовые – Melflux 2651, Melment, С-3, а также тонкомолотый кварцитопесчаник, сланцы и амфиболиты из вскрышных и попутнодобываемых пород Курской магнитной аномалии (КМА). Применение в бетонах комплексных органоминеральных добавок, вяжущих веществ широкой номенклатуры, где в качестве кремнеземистого компонента применяется сырье техногенного происхождения в сочетании с суперпластификаторами и гиперпластификаторами составляет будущее современного бетоноведения и технологии бетона.

Несмотря на все положительные характеристики стоимость высокопрочных составов и технологии работ по их изготовлению довольно высока, и в зависимости от конкретных условий может превышать стоимость обычных вяжущих в несколько раз. Исходя из этого, важен поиск многотоннажных минеральных компонентов, в том числе техногенного происхождения, которые позволят, не снижая высоких строительно-технических и эстетических показателей, повысить доступность применения новых высокопрочных композиций. Перспективными приме-

нительно к высокопрочным и высококачественным бетонам являются комплексные добавки, вводимые в состав смеси в виде водных растворов, порошков и эмульсий.

При изучении вяжущих веществ широкой номенклатуры, где в качестве кремнеземистого компонента применяется сырье техногенного происхождения в сочетании с суперпластификаторами, были получены и гиперпластификаторами составляет будущее современного бетоноведения и технологии бетона.

Процессы структурообразования композитов с техногенными компонентами требуют своего изучения и активации работ по оптимизации составов и структуры высокопрочных материалов за счет подбора правильного соотношения новых исходных техногенных продуктов и управления процессами структурообразования. Это позволит получить высокофункциональные бетоны при низких материальных и энергетических затрат на производство.

В качестве кремнеземистого компонента были выбраны применяемые в настоящее время микрокремнезем, алюмосодержащая добавка, кварцевый песок. Это обеспечило значительное повышение основных строительно-технических свойств бетона и строительных изделий, что позволило снизить вес зданий и сооружений, не уменьшая их конструктивной жесткости, устойчивости и долговечности. Данная цель была достигнута уплотнением структуры, уменьшением количества пор и микротрещин.

Таблица 1

Показатели строительно-технических свойств порошкового бетона

Наименование показателя	Значение
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	2250
Прочность при сжатии, МПа	75
Водоудерживающая способность, %	89,5
Прочность сцепления с основанием, МПа	0,9
Коэффициент конструктивного качества	0,36
Марка по водонепроницаемости, W	2
Марка по морозостойкости, F	300
Истираемость, кг/м <sup>2</sup>	0,35
Усадка	трещины отсутствуют
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,089

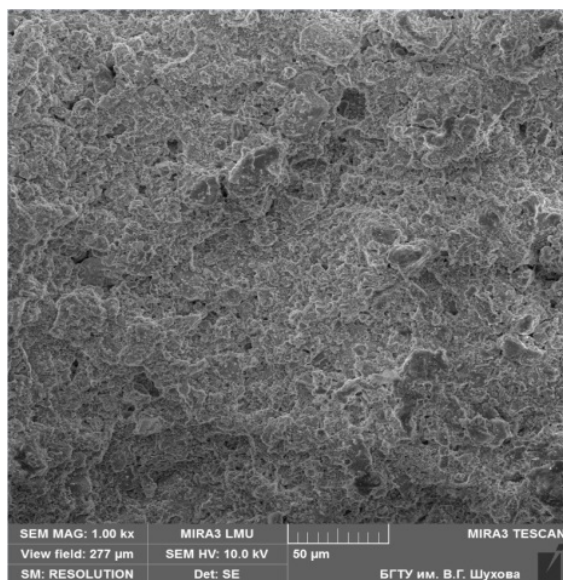
Доля суперпластификатора Melflux 2651 составляла 0,9 % расхода цемента. Расход цемента был снижен на  $\approx 18$  %. Свежеприготовленная смесь обладает повышенной текучестью и реологической активностью, что позволяет обеспечить безопалубочную укладку, т.е. самоформуемость изделий и конструкций большой площади (наливные полы, игровые площадки и др.).

К 28-суточному сроку твердения она отличается высокой степенью упорядоченности зернистой составляющей с высокой плотностью (рис. 1).

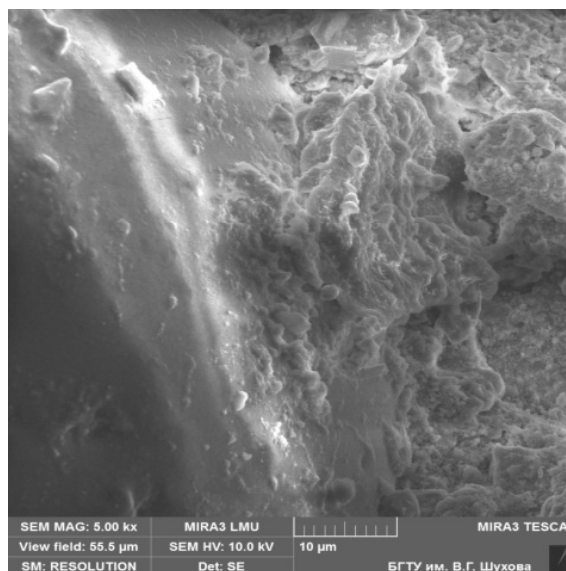
На рисунке 1 (при различных увеличениях) можно видеть степень уплотнения структуры порошкового бетона. Наблюдается практически полное отсутствие пор в бетоне. Это достигается за счет скорректированного состава твердеющей

матрицы, введения оптимальных количеств тонкодисперсных техногенных продуктов, их плотнейшей упаковкой и сомоуплотняющего эффекта твердения. Повышение плотности структуры наблюдали с нарастающим эффектом в течение времени твердения. Этим предопределилось получение высокопрочного бетона с улучшенными физико-механическими характеристиками при применении комплексных добавок. За период твердения происходит ряд изменений в структу-

ре формируемой бетонной смеси вследствие искусственной контракции, уменьшения пористости, исключения части пластических деформаций. В конце периода твердения, когда искусственный камень достиг своей максимальной плотности, а следовательно, и динамических характеристик, происходит интенсивный процесс связывания гидроксида кальция. В жидкой фазе завершается доуплотнение зернового состава с перекомпоновкой дисперсных частиц.



а) × 1000



б) × 5000

Рис. 1. Микроструктура порошкового бетона на основе тонкомолотого кварцитопесчаника

В нормативном возрасте прочность бетона с комплексной добавкой отличается упорядоченной зернистой структурой. За период твердения происходит ряд изменений в структуре формируемой бетонной смеси вследствие искусственной контракции, уменьшения пористости, исключения части пластических деформаций.

Таким образом, предложена модель структурообразования в модифицированных твердеющих композициях, в которых осуществлен принцип оптимизации структуры, заключающийся в создании высокой степени упорядоченности составляющих ее элементов и увеличении адгезии частиц цементного камня. Полученные результаты позволяют перейти к дальнейшему совершенствованию производства высококачественных декоративных бетонов. Применение методов создания модельных систем высокопрочных твердеющих композиций позволит получить новые данные о структуре материала, возможностях совершенствования и управления процессами формирования структуры.

**Вывод.** За последнее десятилетие появляется возможность коренного изменения методологии проектирования и производства композитов с заранее заданными свойствами за счет опти-

мизации структуры на макро- и микроуровне. Большие резервы по энергосбережению в строительной индустрии заложены в более полном использовании энергетики геологических и космических процессов за счет применения сырья с высокой внутренней энергией, т.е. существенного расширения сырьевой базы производства, в первую очередь, вяжущего. Представляется возможным расширение сырьевой базы модификаторов за счет использования пирокластических, вулканогенно-осадочных и других горных пород с аморфной структурой.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженов Ю.М., Демьянова В.И., Калашников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны. М: Изд-во АСВ, 2006. 368 с.
2. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Ковалева И.А., Якимович И.В., Лукутцова Н.П. Высокопрочные материалы для декоративных целей // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 8. С. 51–53.
3. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. М.: Стройиздат, 1990. 400 с

---

**Tolstoy A.D., Lesovik V.S., Kovaleva I.A.****COMPOSITE BINDERS FOR POWDER CONCRETE INDUSTRIAL WASTE**

*Currently, the attention of scientists and engineers, attracting widespread use of high-strength concrete, different from the usual high content of cement stone, lesser grain size, multi-component, increased specific surface area of the filler. The performance properties of concrete to a large extent depend on the properties of aggregate and water content. It is known that an empirical way to search further enhance the strength of concrete has always been a laborious and time-consuming. In this regard, the actual conditions for forming a preliminary study of high-strength concrete structure, the role of processing methods in the process and nature of the effect on the quality of the concrete structure.*

**Key words:** *high-strength concrete, powder concrete.*

---

**Толстой Александр Дмитриевич**, кандидат технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: Tad56@mail.ru

**Лесовик Валерий Станиславович**, член-корреспондент РААСН, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой строительного материаловедения, изделий и конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: naukavs@mail.ru

**Ковалева Ирина Александровна**, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: airyshka@yandex.ru