

## СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ КАК ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЕМ СВОЙСТВ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ

© Саламанова Мадина Шахидовна (а), Аласханов Арби Хамидович (b), Абуханов Абдурахман Залимханович (с), Муртазаева Разет Сайд-Альвиевна (d)

(а) Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова Российской академии наук, с.н.с. лаборатории металлов, сплавов и композиционных материалов. ГГНТУ имени академика М.Д. Миллионщикова, Российская Федерация, г. Грозный; madina\_salamanova@mail.ru

(b) ГГНТУ имени академика М.Д. Миллионщикова, Российская Федерация, г. Грозный; saidumov\_m@mail.ru

(с) ГГНТУ имени академика М.Д. Миллионщикова, Российская Федерация, г. Грозный; abuhanov54@mail.ru

(d) ГГНТУ имени академика М.Д. Миллионщикова, Российская Федерация, г. Грозный; razet.murtazaeva@gmail.com

**Аннотация.** В данной работе рассмотрены закономерности протекания процессов структурообразования в композитах с использованием высокодисперсных порошков различной природы, требующих проведения систематизации всех факторов, влияющих на формирование структуры, на кинетику набора свойств. В результате проведения системного анализа многокомпонентных цементных систем, являющихся объектами управления, можно выделить основные факторы, оказывающие влияние на структуру и свойства многокомпонентных цементных систем.

Результаты, представленные в настоящей статье, получены в рамках исследований по реализации научного проекта № 05. 607.21.0320. "Разработка технологии новых строительных композитов на бесклинкерных вяжущих щелочной активации с использованием некондиционного природного и вторичного сырья" получившего поддержку Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы». Уникальный идентификатор соглашения RFMTFI60719X0320.

**Ключевые слова:** многокомпонентные системы, совместимость, коэффициент эффективности, активность, минеральные добавки

## SYSTEM ANALYSIS AS OBJECTS FOR CONTROLLING THE FORMATION OF PROPERTIES OF MULTICOMPONENT CEMENT SYSTEMS

© Salamanova Madina Shahidovna (a), Alaskhanov Arbi Khamidovich (b), Abukhanov Abdurakhman Zalimkhanovich (c), Murtazaeva Razet Sayd-Alvievna (d)

- (a) Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences. Grozny State Oil Technical University by Acad. M.D. Millionshikov, Russian Federation, Grozny; senior researcher laboratory metals, alloys and composite materials, madina\_salamanova@mail.ru
- (b) Grozny State Oil Technical University by Acad. M.D. Millionshikov, Russian Federation, Grozny; saidumov\_m@mail.ru
- (c) Grozny State Oil Technical University by Acad. M.D. Millionshikov, Russian Federation, Grozny; abuhanov54@mail.ru
- (d) Grozny State Oil Technical University by Acad. M.D. Millionshikov, Russian Federation, Grozny; razet.murtazaeva@gmail.com

**Abstract.** In this work, the regularities of the course of processes of structure formation in composites using highly dispersed powders of various natures, requiring the systematization of all factors affecting the formation of the structure, on the kinetics of a set of properties, are considered. As a result of the system analysis of multicomponent cement systems, which are control objects, it is possible to identify the main factors that affect the structure and properties of multicomponent cement systems.

This work was supported by the project No. 05. 607.21.0320. "Development of innovative structural composite materials based on clinkerless binders of alkaline activation using off-grade natural and secondary raw stuff" in the frame of Federal target program "Studies and developments in the prioritized fields of development of R&D complex of Russia for the years 2014-2020". Unique identifier: RFMTFI60719X0320.

**Key words:** multicomponent systems, compatibility, efficiency factor, activity, mineral additives.

Как известно, ведущие ученые мира в настоящее время и в перспективе стремятся разрабатывать строительные композиты с использованием в рецептурах вторичных, некондиционных и природных добавок, не требующих высокотемпературной обработки и сложных технологических процессов изготовления. Использование таких компонентов позволит решать многие глобальные проблемы, как экономического, так и экологического характера [1, 4, 6, 7].

И, конечно же, эти минеральные добавки должны обладать соответствующими химическим, минералогическим составами, находиться в тонкодисперсном состоянии, для чего их подвергают перед применением механоактивации, раскрывая тем самым скрытые центры кристаллизации и повышая химическую активность материалов. Применение минеральных добавок-порошков, является доказанным на практике эффективным технологическим приемом, позволяющий управлять формированием структуры цементной системы, свойствами строительных композитов и влиять на технико-экономические показатели, (рисунок 1).

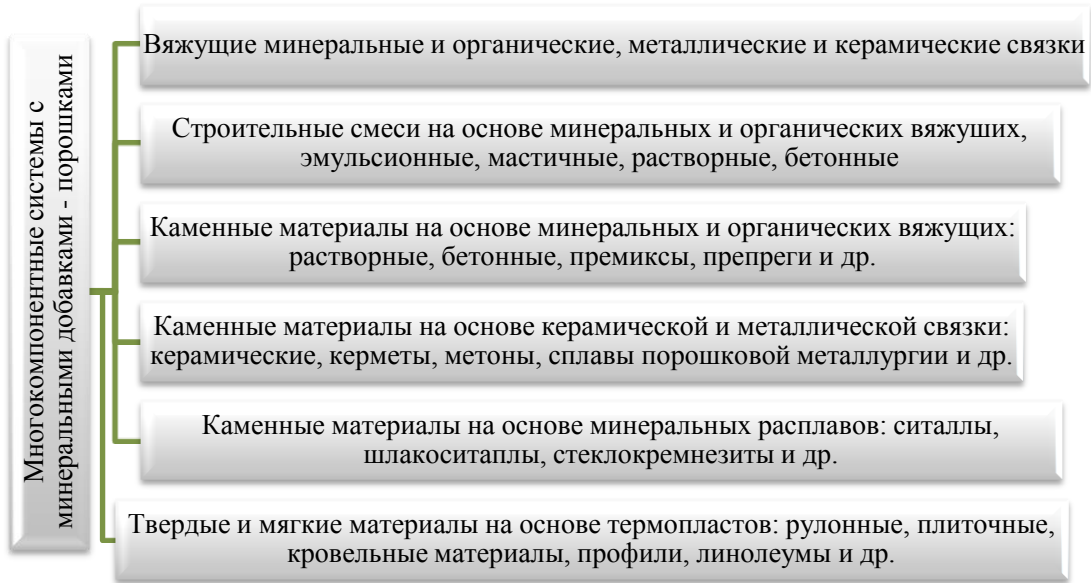


Рис. 1. Многокомпонентные наполненные системы (МНС)

Тонкодисперсные минеральные добавки, являющиеся компонентом цементных связок, в первоначальном виде могут быть магматическими, осадочными и метаморфическими горными породами, вторичным и некондиционным сырьем, отходами промышленности [4, 5, 8]. Затраты на приготовление минеральных порошков, безусловно, будут значительно ниже затрат на производство традиционного портландцемента, да к тому же решается экологический вопрос, связанный с ликвидацией отходов промышленности. Поэтому, предлагаемые подходы использования высокодисперсных минеральных добавок природного, техногенного и некондиционного происхождения являются решением вопросов ресурсо- и энергосберегающих технологий на народнохозяйственном уровне для получения строительных композитов на бесклинкерном вяжущем (рисунок 2).



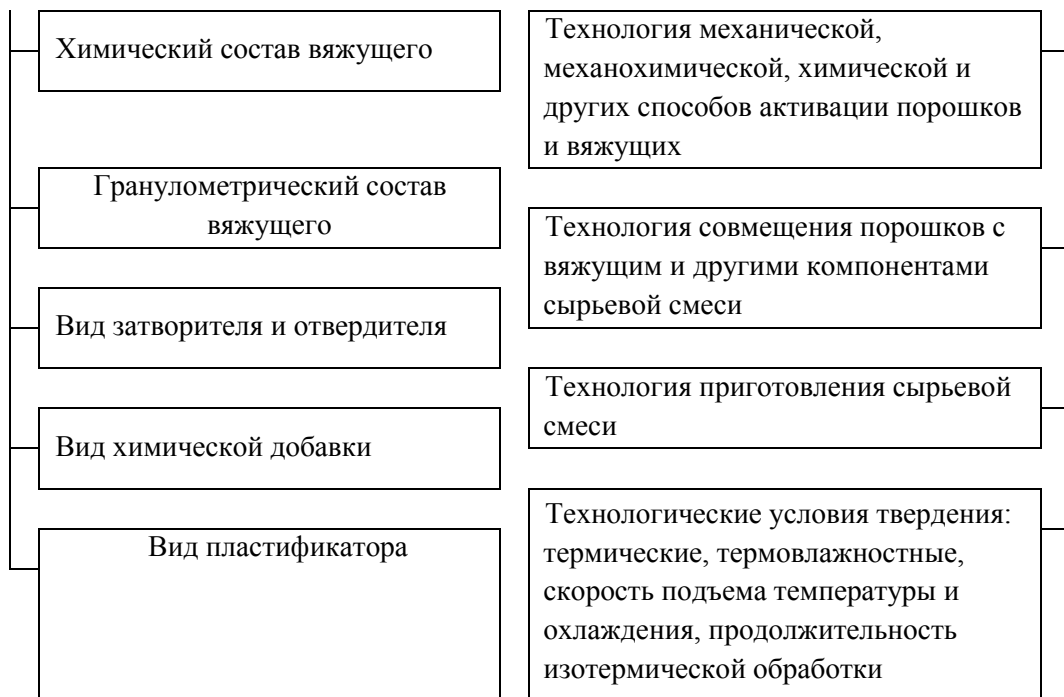
Рис. 2. Экономическая, экологическая и техническая эффективность использования минеральных порошков

Как показали многочисленные исследования [6-9], использование тонкодисперсных минеральных порошков для наполнения цементных связей, позволит создавать композиции с улучшенными механическими, тепло- и гидрофизическими свойствами, с повышенной непроницаемостью, химической и радиационной стойкостью, показателями деформативных параметров, огне- и жаростойкими. И такие существенные изменения будут обоснованы изменениями, как в межфазной зоне, так и во всемобъеме структуры в целом, и являются, непосредственно, заслугой применяемых минеральных тонкодисперсных порошков в комплексе с вяжущим.

Следовательно, применение многокомпонентных цементных систем с использованием минеральных добавок, приводит к изменениям структуры и свойств композитов в целом, что является результатом многофункционального характера действия порошков.

Исследования, направленные на изучение закономерностей протекания процессов структурообразования в бесклинкерных композитах щелочной активации с использованием высокодисперсных порошков различной природы, активированных щелочным раствором, требуют проведения систематизации всех факторов, влияющих на формирование структуры, на кинетику набора свойств. Системный анализ, определяющий процессы формирования структуры и свойств строительных композитов из МНС приведен на рисунке 3.





**Рис. 3.** Система факторов, определяющих структуру и свойства МНС

В результате проведения системного анализа многокомпонентных цементных систем, являющихся объектами управления, можно выделить следующие основные аналитические модули:

- факторы, оказывающие влияние на структуру и свойства многокомпонентных цементных систем;
- классификация минеральных высокодисперсных порошков;
- топологические модели структуры многокомпонентных цементных систем в зависимости от вида связки и природы высокодисперсных порошков;
- механизм совместимости высокодисперсных минеральных порошков с компонентами строительного композита;
- показатель эффективности высокодисперсных минеральных порошков в формировании структуры и свойств строительных композиционных материалов.

Системный анализ и методологические подходы в такой многофункциональной синтезированной системе «состав – процесс – структура – свойство» позволят на выходе получать недостижимые ранее показатели строительных композитов.

В связи с тем, что в настоящее время тенденция развития бетоноведения направлена на разработку мультикомпонентных систем с использованием бинарных порошков-наполнителей в тонкодисперсном состоянии, двух- или трехфракционированных крупных и мелких заполнителей, использование бетонов на чистом портландцементе утрачивает значимость и ведущие научные страны и мира стремятся получать композиты на смешанных вяжущих с использованием минеральных добавок различного происхождения и высокоэффективных ПАВ.

Следовательно, каждый компонент системы должен быть полифункциональным. А такой аспект, как функция, предусматривает исходное назначение компонентов с учетом дальнейших изменений, происходящих в результате взаимодействия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Высоцкий С.А. Оптимизация состава бетонов с дисперсными минеральными добавками [Текст] / С.А. Высоцкий, М.И. Бруссер, А.М. Царик, В.П. Смирнов // Бетон и железобетон, 1990. №2. С. 7-9.
2. Муртазаев С-А.Ю. Высококачественные модифицированные бетоны с использованием вяжущего на основе реакционно-активного минерального компонента [Текст] / С-А.Ю. Муртазаев, М.Ш. Саламанова, Р.Г. Бисултанов, Т.С-А. Муртазаева // Строительные материалы, 2016. № 8. С. 74-80.
3. Саламанова М.Ш. Разработка составов долговечных бетонов с использованием композиционного вяжущего [Текст] / М.Ш. Саламанова, Р.Г. Бисултанов, Т.С-А. Муртазаева, М.С-М. Хубаев // Научное обозрение, 2016. №10. С. 56-65.
4. Ушеров-Маршак А.В., Першина Л.А. Циак М. Совместимость цементов с химическими и минеральными добавками. Ч. 1 [Текст] / А.В. Ушеров-Маршак, Л.А. Першина, М. Циак // Цемент. 2002. № 6. С. 6–9; ч. II. Количественная оценка // Цемент, 2003. № 1. С. 38-40.
5. Hardjito D. On the development of fly ash-based geopolymer concrete / D. Hardjito, S. Wallah, D. Sumajouw, B. Rangan // ACJ Materials Journal, 2004. vol.101. №6. Pp. 467-472.
6. Lecomte I. Micro-structural comparison between geopolymers, alkali-activated slag cement and Portland cement / I. Lecomte, C. Henrist, M. Liegeois // J. Eur. Cer. Soc., 006. Vol. 26. Pp. 789-3797.
7. Mage M. Efficiency Fuetors for Condensed Silica Fume in Concrete Proceedings of Canwet / M. Mage // ACJ Third International Conference. Fly ash, silica fume, slag and Natural Pozzolans in concrete (Trondheim), 1989. №2. Pp. 783-798.
8. Murtazayev S- A. Yu., Salamanova M.Sh., Alashanov A., Ismailova Z. Features of Production of Fine Concretes Based on Clinkerless Binders of Alkaline Mixing (Особенности получения мелкозернистых бетонов на основе бесклинкерных вяжущих щелочного затворения) 14th International Congress for Applied Mineralogy (ICAM 2019) Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, 23–27 September 2019, Belgorod: 2019. Pp. 385-388.
9. Murtazayev S- A. Yu., Salamanova M.Sh., Mintsayev M.Sh., Bisultanov R.G Fine-Grained Concretes with Clinker-Free Binders on an Alkali Gauging (Мелкозернистые бетоны на основе вяжущих щелочной активации) Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019). Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol.1. Pp. 500-503.

## REFERENCES

1. Vysotsky S.A. Optimization of the composition of concretes with dispersed mineral additives [Text] / S.A. Vysotsky, M.I. Brusser, A.M. Tsarik, V.P. Smirnov // Concrete and reinforced concrete, 1990. no. 2. Pp. 7-9.

2. Murtazaev S.-A.Yu. High-quality modified concretes using a binder based on a reactive mineral component [Text] / S.-A.Yu. Murtazaev, M. Sh. Salamanova, R.G. Bisultanov, T.S.-A. Murtazaeva // *Building materials*, 2016. No. 8. Pp. 74-80.
3. Salamanova M.Sh. Development of compositions of durable concrete using a composite binder [Text] / M.Sh. Salamanova, R.G. Bisultanov, T.S.-A. Murtazaeva, M.S.-M. Khubaev // *Scientific Review*, 2016. No. 10. Pp. 56-65.
4. Usherov-Marshak A.V., Pershina L.A. Tsiak M. Compatibility of cements with chemical and mineral additives. Part 1 [Text] / A.V. Usherov-Marshak, L.A. Pershina, M. Tsiak // *Cement*. 2002. No. 6. P. 6–9; Part II. Quantitative assessment // *Cement*, 2003. No. 1. Pp. 38–40.
5. Hardjito D. On the development of fly ash-based geopolymer concrete / D. Hardjito, S. Wallah, D. Sumajouw, B. Rangan // *ACJ Materials Journal*, 2004. vol.101. №6. Pp. 467-472.
6. Lecomte I. Micro-structural comparison between geopolymers, alkali-activated slag cement and Portland cement / I. Lecomte, C. Henrist, M. Liegeois // *J. Eur. Cer. Soc.*, 2006. Vol. 26. Pp. 789-3797
7. Mage M. Efficiency Factors for Condensed Silica Fume in Concrete Proceedings of Canwet / M. Mage // *ACJ Third International Conference. Fly ash, silica fume, slag and Natural Pozzolans in concrete (Trondheim)*, 1989. №2. Pp. 783-798.
8. Murtazayev S- A. Yu., Salamanova M.Sh., Alashanov A., Ismailova Z. Features of Production of Fine Concretes Based on Clinkerless Binders of Alkaline Mixing // 14th International Congress for Applied Mineralogy (ICAM 2019) Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, 23–27 September 2019, Belgorod, 2019. Pp. 385-388.
9. Murtazayev S- A. Yu., Salamanova M.Sh., Mintsayev M.Sh., Bisultanov R.G Fine-Grained Concretes with Clinker-Free Binders on an Alkali Gauging // Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019). Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol.1. Pp. 500-503.