

УДК 666.972.165

Тип статьи: научная статья

ГРНТИ 67.15.39

Научная специальность ВАК: 2.6.14 Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (технические науки)

EDN shtbmo

DOI 10.62980/2076-0655-2026-475-484

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДОБАВОК МОДИФИКАТОРОВ

Урбанов А.В.<sup>1</sup>, Потапова Е.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева

---

### АННОТАЦИЯ

В работе изучено влияние двух добавок модификаторов, отличающихся химическим составом (SE-75 на основе композиции изопропанолламинов и углеводов и SE-25 на основе композиции алканолламинов и углеводов) на характеристики бетонов на основе различных цементов. Установлено, что в зависимости от типа применяемого вяжущего материала химические добавки по-разному влияют на прочностные характеристики бетонов. Введение SE-75 и SE-25 позволяет увеличить сохраняемость бетонной смеси, без потери прочностных характеристик на ранних этапах твердения. Установлено, что замещение части цемента активной минеральной добавкой, а также применение модификатора позволяет существенно увеличить прочностные характеристики бетонов при сравнении с составами на основе чистого цемента. Установлено, что применение добавок в дозировке 0,3–0,5 % обеспечивает повышение прочности на сжатие в возрасте 28 сут до 20 %. Альтернативным путем является снижение количества цемента в составе бетона на 10 % без потери эксплуатационных характеристик, позволяющее уменьшить себестоимость бетонной смеси на 200 руб., что положительно влияет на экономическую и экологическую составляющую.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** цемент, бетонная смесь, прочность, добавки модификаторы, гидратация, растворение, характеристики.

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Урбанов А.В., Потапова Е.Н. Повышение эффективности характеристик бетонов при использовании добавок модификаторов // Техника и технология силикатов. – 2025. – Т. 32, № 5. – С. 475-484. <https://doi.org/10.62980/2076-0655-2026-475-484>, EDN shtbmo

Type of article - scientific article

OECD 2.04 Chemical engineering

II ENGINEERING, CHEMICAL

EDN shtbmo

DOI 10.62980/2076-0655-2026-475-484

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF CONCRETE PROPERTIES USING MODIFIER ADMIXTURES

Urbanov A.V.<sup>1</sup>, Potapova E.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia

---

### ABSTRACT

The article studies the effect of two modifier admixtures with different chemical compositions (SE-75 based on a composition of isopropanolamines and carbohydrates, and SE-25 based on a composition of alkanolamines and carbohydrates) on the properties of concrete based on different cements. It was found that the chemical additives have different effects on the strength properties of concrete, depending on the type of binder used. The addition of SE-75 and SE-25 improves the durability of the concrete mixture without compromising its strength in the early stages of hardening. It has been established that replacing part of the cement with an active mineral additive, as well as using a modifier, significantly increases the strength characteristics of concrete compared to those based on pure cement. It has been found that using additives at a dosage of 0.3-0.5% increases compressive strength at 28 days by up to 20%. An alternative approach is to reduce the amount of cement in the concrete by 10% without compromising the performance.

**KEY WORDS:** cement, concrete mix, strength, modifier admixtures, hydration, dissolution, characteristics

**FOR CITATION:** Urbanov A.V., Potapova E.N. Improving the efficiency of concrete properties using modifier admixtures // Engineering and Technology of Silicates. – 2025. Vol. – 32, No5. – Pp. 475 – 484. <https://doi.org/10.62980/2076-0655-2026-475-484>, EDN shtbmo

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных тенденций цементной промышленности на сегодняшний день является снижение выбросов CO<sub>2</sub> путем применения более эффективных технологий производства, использования альтернативного топлива, а также снижение содержания клинкера в цементе. Исследования последних десятилетий направлены на изучения различных видов минеральных компонентов, вводимых в состав цемента [1-3]. В первую очередь это делается для снижения себестоимости продукции, а также для уменьшения выбросов в атмосферу так называемого парникового газа.

Основными сырьевыми материалами, используемыми в качестве минеральных добавок (МД), являются металлургические шлаки, золы-уноса, пуццоланы и микрокремнезем [4-8]. Основным механизмом действия МД направлено на взаимодействие образующегося в ходе гидратации цемента Ca(OH)<sub>2</sub> (в химии цемента принято называть портландитом) и SiO<sub>2</sub> различных модификаций, являющихся основным компонентом минеральных добавок. В ходе таких химических реакций образуется дополнительное количество гидросиликатов кальция, которые обладают большей прочностью в сравнении с портландитом [9-10]. Металлургические шлаки являются отходами производства металлургической промышленности и, если ранее их стоимость была существенно ниже себестоимости клинкера, то в настоящее время цена на такие материалы может составлять более половины его стоимости, что негативно сказывается на экономической составляющей.

Также в качестве минеральных добавок при производстве цемента принято использовать различные известняки [11]. Однако, в связи с тем, что они являются компонентами, не участвующими в процессах гидратации, их применение ограничено: данные типы цемента нельзя использовать в ответственных конструкциях, таких как аэродромные покрытия, дорожные и мостовые конструкции, гидротехнические сооружения, а также в железобетонных изделиях (ГОСТ Р 55224-2020<sup>5</sup>).

Еще одним косвенным способом снижения выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу является повышение эксплуатационных характеристик бетонов (прочности) путем снижения водо-вяжущего отношения при применении высокотехнологичных пластификаторов или введение в состав бетонных смесей особых добавок модификаторов, позволяющих увеличивать прочностные показатели изделия на основе бетонов [12]. Основным принципом действия таких добавок является увеличение степени гидратации цемента, что не только позволяет в более ранние сроки получить требуемую прочность бетонов, а также увеличить оборачиваемость форм (при производстве железобетонных изделий) или снизить количество цемента в бетонной смеси без потери эксплуатационных характеристик [13,14].

Именно поэтому **целью данной работы** является разработка составов бетонных смесей при использовании различных добавок модификаторов.

## INTRODUCTION

One of the main trends in the cement industry today is the reduction of CO<sub>2</sub> emissions using more efficient production technologies, the use of alternative fuels, as well as the reduction of clinker content in cement. Research in recent decades has focused on studying various types of mineral components introduced into cement [1-3]. First, this is done to reduce the cost of production, as well as to reduce emissions of so-called greenhouse gas into the atmosphere.

The main raw materials used as mineral additives (MA) are metallurgical slags, fly ash, pozzolans, and microsilica [4-8]. The main mechanism of action of MA is aimed at the interaction of Ca(OH)<sub>2</sub> formed during cement hydration (in cement chemistry it is commonly called portlandite) and SiO<sub>2</sub> of various modifications, which are the main components of mineral additives. During such chemical reactions, an additional amount of calcium hydrosilicates is formed, which have a higher strength compared to portlandite [9-10]. Metallurgical slags are waste products of the metallurgical industry and, if previously their cost was significantly lower than the cost of clinker, now the price of such materials may be more than half of its cost, which negatively affects the economic component.

It is also customary to use various minerals as mineral additives in cement production [11]. However, since they are components that are not involved in hydration processes, their use is limited: these types of cement cannot be used in critical structures such as airfield surfaces, road and bridge structures, hydraulic structures, as well as in reinforced concrete products (GOST R 55224-2020<sup>1</sup>).

Another indirect way to reduce CO<sub>2</sub> emissions into the atmosphere is to increase the operational characteristics of concretes (strength) by reducing the water-binding ratio when using high-tech plasticizers or introducing special modifier additives into concrete mixtures that increase the strength characteristics of concrete-based products [12]. The main principle of action of such additives is to increase the degree of cement hydration, which not only allows obtaining the required concrete strength at an earlier date, but also to increase the turnover of molds (in the production of reinforced concrete products) or reduce the amount of cement in the concrete mixture without loss of operational characteristics [13,14].

That is why **the purpose of this work** is to develop compositions of concrete mixtures using various additives of modifiers.

<sup>5</sup> ГОСТ Р 55224-2020 Цементы для транспортного строительства. Технические условия.: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2020-10-13. Федеральное агентство по техническому регулированию. Изд. официальное. Москва: Стандартинформ. 2020. 15с.

GOST R 55224-2020 Cements for road buildings.: national standard of the Russian Federation: date of introduction 2020-10-13. Federal Agency for Technical Regulation. Official edition. Moscow: Standartinform. 2020. 15p. (Russia)

Материалы и методы исследования

Materials and research methods

В данной работе было использовано 5 различных цементов, отличающихся минералогическим составом: ООО «Хайдебергцемент» ЦЕМ I 52,5 Н «Новогуровский» (далее «Новогуровский»), ООО «Цементум» ЦЕМ II/A-И 42,5 Н «Вольск» (далее «Вольск»), ООО «Цементум» ЦЕМ II/A-И 42,5 Н «Ферзиково» (далее «Ферзиково»), АО «Газметаллпроект» ЦЕМ I 42,5 Н «Пролетарий» (далее «Пролетарий») и АО «Цемрос» ЦЕМ I 42,5 Н «Серебрянский» (далее «Серебрянский») (табл. 1). Также в работе был использован тонкомолотый металлургический шлак производства ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат» (далее ТМШ). В качестве инертных заполнителей были выбраны песок «Богаевский» и гранитный щебень фракции 5–20 мм «Большой массив».

In this work, 5 different cements were used: Heidelbergcement CEM I 52,5 N Novogurovsky (hereinafter "Novogurovsky"), Cementum CEM II/A-L 42,5 N Volsk (hereinafter "Volsk"), CEM II/A-L 42,5 N Ferzikovo (hereinafter "Ferzikovo"), Gazmetallproekt CEM I 42,5 N Proletariy (hereinafter "Proletariy") and Cemros CEM I 42,5 N Serebryansky (hereinafter "Serebryansky") (Table 1). Finely ground metallurgical slag produced by Novolipetsk Metallurgical Combine (hereinafter GGBS) was also used in the work. The "Bogaevsky" sand and the "Large massiv" granite crushed stone of the 5-20 mm fraction were chosen as inert aggregates.

ТАБЛИЦА 1 МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЦЕМЕНТОВ  
Table 1 Mineralogical composition of cements

| № | Марка цемента<br>Cement | Минералогический состав, мас. %<br>Mineralogical composition of cement, wt. % |                  |                  |                   |
|---|-------------------------|---|------------------|------------------|-------------------|
|   |                         | C <sub>3</sub> S  | C <sub>2</sub> S | C <sub>3</sub> A | C <sub>4</sub> AF |
| 1 | «Пролетарий»            | 65,3  | 13,2             | 5,0              | 13,4              |
| 2 | «Новогуровский»         | 66,0  | 12,0             | 7,0              | 11,0              |
| 3 | «Вольск»                | 69,0  | 10,2             | 6,1              | 12,0              |
| 4 | «Ферзиково»             | 68,5  | 8,1              | 7,5              | 10,7              |
| 5 | «Серебрянский»          | 70,4  | 5,5              | 7,6              | 13,2              |

В качестве пластификаторов для приготовления бетонных смесей использовали две добавки производства компании Sika: SikaPlast-2089 LF и SikaViscoCrete-3300. Эти две добавки, основой которых являются различные поликарбоксилатные эфиры, нашли свое широкое применение в производстве товарного бетона.

Для изучения влияния химических добавок на эксплуатационные характеристики бетонных смесей и бетонов были выбраны два образца, различающиеся своим химическим составом. Так, образец SE-75 представляет собой комбинацию изопропаноламинов и карбогидратов, а образец SE-25 – комбинация этаноламинов и карбогидратов. Состав данных добавок был разработан авторами Урбановым А. В. и др. ранее [15].

В качестве выходных данных, полученных в ходе изучения влияния добавок модификаторов, выступали следующие параметры: сохраняемость свойств бетонной смеси во времени по ГОСТ 30459-2008<sup>6</sup>, удобоукладываемость, средняя плотность и прочность в возрасте 1, 7 и 28 сут по ГОСТ 10181-2018<sup>7</sup>

Two admixtures manufactured by Sika were used as plasticizers for the preparation of bulk mixtures: SikaPlast-2089 LF and SikaViscoCrete-3300. These two admixtures, based on various polycarboxylate esters, are widely used in the production of ready-mixed concrete.

To study the effect of chemical admixtures on the operational characteristics of concrete mixtures and concrete, two samples were selected that differ in their chemical composition. Thus, the SE-75 sample is a combination of isopropanolamines and carbohydrates, and the SE-25 sample is a combination of ethanolamines and carbohydrates. The composition of these admixtures was developed by the authors Urbanov A.V. and others earlier [15].

The output data obtained during the study of the effect of modifier admixtures were the following parameters: the persistence of the properties of the concrete mixture over time according to GOST 30459-2008<sup>2</sup>, workability, average density and strength over days 1, 7 and 28 according to GOST 10181-2018<sup>3</sup>.

<sup>6</sup> ГОСТ Р 30459-2008. Добавки для бетонов и строительных растворов. Определение и оценка эффективности.: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2008-12-10. Федеральное агентство по техническому регулированию. Изд. Официальное. Москва: Стандартиформ. 2008. 20с.

GOST R 30459-2008 Admixtures for concrete and mortar. Definition and evaluation of effectiveness.: national standard of the Russian Federation: date of introduction 2008-12-10. Federal Agency for Technical Regulation. Official edition. Moscow: Standartinform. 2008. 20p. (Russia)

<sup>7</sup> ГОСТ Р 10181-2014.Смеси бетонные. Методы испытаний.: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2014-11-14. Федеральное агентство по техническому регулированию. Изд. Официальное. Москва: Стандартиформ. 2014. 28с.

GOST R 10181-2014 Concrete mix. Measurements methods.: national standard of the Russian Federation: date of introduction 2014-11-14. Federal Agency for Technical Regulation. Official edition. Moscow: Standartinform. 2014. 28p. (Russia)

## Эксперименты и результаты обсуждения

На первом этапе авторами были проведены исследования по влиянию добавок модификаторов в различных дозировках на свойства бетонных смесей и бетонов, отличающихся цементом («Новогуровский» + ТМШ, «Пролетарий» + ТМШ и «Пролетарий»). Для данных испытаний были выбраны два состава бетонной смеси, различающиеся количеством цемента и ТМШ (табл. 2). Были получены результаты по сохраняемости и плотности бетонной смеси (табл. 3–4).

Для составов со шлаком на цементе «Пролетарий» наблюдается увеличение сохраняемости бетонной смеси (составы 1.1–1.10). Это связано с тем, что в ее состав входят карбогидраты, которые замедляют процессы гидратации цемента, тем самым увеличивая время сохраняемости. Показатели плотности бетонной смеси изменяются в зависимости от дозировки модификаторов.

## Experiments and discussion results

At the first stage, the authors conducted studies on the effect of modifier admixtures in various dosages on the properties of concrete mixtures and concrete that differ in cements (“Novogurovsky” + GGBS, “Proletariy” + GGBS and «Proletariy»). For these tests, two compositions of the concrete mixture were selected, differing in the amount of cement and GGBS (Table 2). Results were obtained on the preservation and density of the concrete mixture (Tables 3-4).

For compositions with slag on “Proletariy” cement, an increase in the retention of the concrete mixture is observed (compositions 1.1-1.10). This is because it contains carbohydrates, which slow down the hydration processes of cement, thereby increasing the shelf life. The density of the concrete mix varies depending on the dosage of the modifiers.

ТАБЛИЦА 2 БАЗОВЫЕ СОСТАВЫ БЕТОННОЙ СМЕСИ НА 1 м<sup>3</sup>  
Table 2 Basic composition of concrete mix per 1 m<sup>3</sup>

| Состав<br>Composition | Цемент, кг<br>Cement, kg | ТМШ, кг<br>GGBS, kg | Вода, кг<br>Water, kg | Щебень, кг<br>Gravel, kg | Песок, кг<br>Sand, kg | Пластификатор*, %<br>Plasticizer, % |
|-----------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| «Пролетарий»          |                          |                     |                       |                          |                       |                                     |
| 1                     | 300                      | 30                  | 180                   | 930                      | 930                   | 1,5                                 |
| 2                     | 330                      | -                   | 180                   | 930                      | 930                   | 1,5                                 |
| «Новогуровский»       |                          |                     |                       |                          |                       |                                     |
| 3                     | 300                      | 30                  | 180                   | 930                      | 930                   | 1,4                                 |

\* SikaPlast-2089 LF. Расчет количества пластификатора проводился от массы цемента. Далее в работе базовые составы будут нумероваться по порядку. Дробная нумерация означает, что брали базовый состав и вводили в него различное количество добавки модификатора, например: состав 1 – базовый состав, состав 1.1 – базовый состав, к которому ввели 0,02% добавки №1 (табл. 3) и т.д.

\* SikaPlast-2089 LF. The amount of plasticizer was calculated based on the weight of cement. Further in the work, the basic compositions will be numbered in order. Fractional numbering means that the base composition was taken and various amounts of the additive of the modifier were introduced into it, for example: composition 1 - base composition, composition 1.1 – base composition, to which 0.02% of additive No. 1 was introduced (Table. 3) etc.

При изучении характеристик бетонных смесей на цементе «Пролетарий» без использования ТМШ видно, что введение в состав модификаторов не влияет на показатели сохраняемости: за два часа бетонная смесь сохраняет свою марку по подвижности. Плотность смеси изученных составов также практически не изменяется при введении добавок и составляют в среднем 2355 кг/м<sup>3</sup> (табл. 3).

Анализируя полученные результаты по влиянию SE-75 и SE-25 на свойства бетонных смесей на основе цемента «Пролетарий» видно, что введение добавок положительно сказывается на сохраняемости бетонной смеси (табл. 4). Так, для составов 3.1–3.5 удается увеличить осадку конуса с П4 до П5 (время сохраняемости 60 мин), при этом, максимальной плотностью 2370 кг/м<sup>3</sup> характеризуется образец, содержащий 0,03 % модификатора SE-75.

Введение добавки SE-25 в меньшей мере влияет на показатели сохраняемости бетонной смеси, но также увеличивает плотность, что и при использовании SE-75.

Получены прочностные характеристики бетонов при использовании двух добавок модификаторов на различных системах вяжущих (рис. 1). Для удобства, данные результаты были интерпретированы в виде процентного прироста прочности относительно базовых составов (без использования модификаторов).

When studying the characteristics of concrete mixes at the “Proletariy” cement without the use of GGBS, the introduction of modifiers into the composition does not affect the retention indicators: in two hours, the concrete mix retains its mobility mark. The density of the mixture of the studied compositions also practically does not change with the introduction of additives and averages 2355 kg/m<sup>3</sup> (Table 3).

Analyzing the results obtained on the effect of SE-75 and SE-25 on the properties of concrete mixtures based on the “Proletariy” cement, the introduction of additives has a positive effect on the preservation of the concrete mixture (Table 4). Thus, for compositions 3.1-3.5, it is possible to increase the cone draft from P4 to P5 (retention time is 60 minutes), at the same time, a sample containing 0,03% of the SE-75 modifier is characterized with a maximum density of 2370 kg/m<sup>3</sup>.

The introduction of the admixture SE-25 has a lesser effect on the retention of the concrete mixture, but also increases the density, as with the use of SE-75.

The strength characteristics of concrete were obtained using two modifiers on different binder systems (Fig. 1). For convenience, these results were interpreted as a percentage increase in strength relative to the base compositions (without the use of modifiers).

**ТАБЛИЦА 3 РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОННОЙ СМЕСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОБАВОК МОДИФИКАТОРОВ НА ЦЕМЕНТЕ «ПРОЛЕТАРИЙ»**  
**Table 3 Rheological properties of concrete mix using modifiers. Cement “Proletariy”**

| Состав<br>Composition            | Модификатор, %<br>Modifier, % | Осадка конуса,<br>5 мин., см<br>Slump, 5 min., sm | Осадка конуса,<br>120 мин., см<br>Slump, 120 min., sm | Плотность бетонной смеси,<br>кг/м <sup>3</sup><br>Density of concrete mix, kg/m <sup>3</sup> |
|----------------------------------|-------------------------------|---|---|--|
| Добавка SE-75<br>Admixture SE-75 |                               |   |   |  |
| 1                                | 0                             | 19,5  | 15,5  | 2316   |
| 1.1                              | 0,02                          | 18,5  | 18,5  | 2316   |
| 1.2                              | 0,03                          | 17  | 18  | 2323   |
| 1.3                              | 0,05                          | 18  | 18,5  | 2330   |
| 1.4                              | 0,10                          | 17,5  | 17  | 2343   |
| 1.5                              | 0,20                          | 17,5  | 18,5  | 2327   |
| Добавка SE-25<br>Admixture SE-25 |                               |   |   |  |
| 1                                | 0                             | 18  | 14  | 2324   |
| 1.6                              | 0,02                          | 18  | 18,5  | 2323   |
| 1.7                              | 0,03                          | 19,5  | 18,5  | 2333   |
| 1.8                              | 0,05                          | 19,5  | 18  | 2344   |
| 1.9                              | 0,10                          | 19,5  | 18  | 2351   |
| 1.10                             | 0,20                          | 20  | 18,5  | 2342   |
| Добавка SE-75<br>Admixture SE-75 |                               |   |   |  |
| 2                                | 0                             | 17,5  | 18  | 2372   |
| 2.1                              | 0,02                          | 18  | 18,5  | 2357   |
| 2.2                              | 0,03                          | 18,5  | 18  | 2360   |
| 2.3                              | 0,05                          | 18  | 18  | 2370   |
| 2.4                              | 0,10                          | 18,5  | 19  | 2376   |
| 2.5                              | 0,20                          | 19  | 19  | 2372   |
| Добавка SE-25<br>Admixture SE-25 |                               |   |   |  |
| 2                                | 0                             | 18  | 18  | 2364   |
| 2.6                              | 0,02                          | 16,5  | 17,5  | 2340   |
| 2.7                              | 0,03                          | 17  | 17,5  | 2350   |
| 2.8                              | 0,05                          | 16,5  | 17,5  | 2360   |
| 2.9                              | 0,10                          | 17  | 17,5  | 2355   |
| 2.10                             | 0,20                          | 16,5  | 17  | 2350   |

**ТАБЛИЦА 4. РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОННОЙ СМЕСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОБАВОК МОДИФИКАТОРОВ НА ЦЕМЕНТЕ «НОВОГУРОВСКИЙ»**  
**Table 4. Rheological properties of concrete mix using modifiers. Cement “Novogurovsky”**

| Состав<br>Composition            | Модификатор, %<br>Modifier, % | Осадка конуса,<br>5 мин., см<br>Slump 5 min., sm | Осадка конуса,<br>60 мин., см<br>Slump, 60 min., sm | Плотность бетонной смеси,<br>кг/м <sup>3</sup><br>Density of concrete mix, kg/m <sup>3</sup> |
|----------------------------------|-------------------------------|--|---|--|
| Добавка SE-75<br>Admixture SE-75 |                               |  |   |  |
| 3                                | 0                             | 22,0   | 18,0  | 2350   |
| 3.1                              | 0,02                          | 22,5   | 19,5  | 2360   |
| 3.2                              | 0,03                          | 23,0   | 20,0  | 2370   |
| 3.3                              | 0,05                          | 23,0   | 20,0  | 2365   |
| 3.4                              | 0,10                          | 22,5   | 21,0  | 2355   |
| 3.5                              | 0,20                          | 21,5   | 21,0  | 2240   |
| Добавка SE-25<br>Admixture SE-25 |                               |  |   |  |
| 1                                | 0                             | 23,0   | 18,0  | 2350   |
| 3.6                              | 0,02                          | 22,0   | 18,0  | 2345   |
| 3.7                              | 0,03                          | 22,5   | 18,0  | 2350   |
| 3.8                              | 0,05                          | 23,0   | 20,0  | 2365   |
| 3.9                              | 0,10                          | 23,0   | 20,0  | 2365   |
| 3.10                             | 0,20                          | 22,0   | 20,0  | 2360   |

РИСУНОК 1

**ПРОЧНОСТЬ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ В ПРИСУТСТВИИ МОДИФИКАТОРОВ**

SE-75 (а, б) и SE-25 (в, г).

П – «Пролетарий»;

Н – «Новогуровский».

Время твердения: 1 сут – а, в; 28 сут – б, г

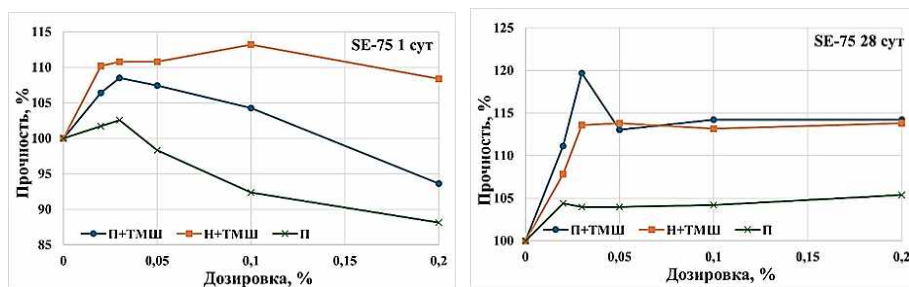


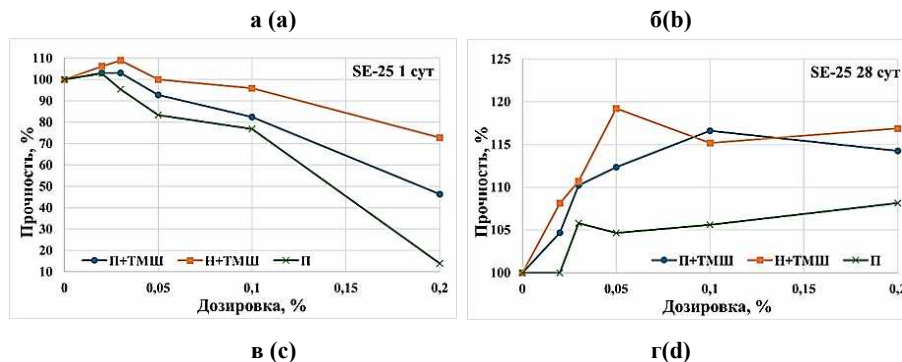
Figure 1

**Strength of concrete using modifiers SE-75 (а, б) и SE-25 (в, г).**

Р – cement “Proletariy”,

Н – cement “Novogurovsky”

Hardening time: 1 d – а, в; 28 d – б, г



Полученные результаты показывают, что химические добавки работают схожим образом в бетоне с системой вяжущих «Новогуровский» + ТМШ (рис. 1). Так, на начальных этапах твердения (1 сут) введение SE-75 в диапазоне дозировок 0,02–0,1 % в состав бетонной смеси позволяет увеличить раннюю прочность свыше 10 % (рис. 1а). На прочностные характеристики в возрасте 28 сут модификатор также сказывается положительно: при введении в количестве 0,03–0,1 %  $R_{сж28}$  увеличивается на 14 % (рис. 1б) относительно контрольного состава (без введения добавки).

Схожий вклад в прирост прочности вносит модификатор SE-25 (рис. 1в). Однако, в возрасте 1 сут твердение применение добавки свыше 0,05 % может носить ограниченный характер в связи с эффектом замедления за счет наличия карбогидратов в составе [16].

При смене системы вяжущих в бетонной смеси на «Пролетарий» + ТМШ применение добавок модификаторов носит аналогичный характер, что и в предыдущем случае.

Однако, при применении добавок модификаторов в бетонной смеси только на основе цемента «Пролетарий» их вклад в прочностные характеристики носит не такой явный характер. В ранние сроки твердения введение SE-75 и SE-25 практически не влияет на увеличение прочности. Напротив, при увеличении дозировок добавок прочность резко снижается. Так же, как и в предыдущих случаях, это можно связать с содержанием в составах модификаторов карбогидратов.

В возрасте 28 сут прирост прочности варьируется от 4 до 8 % в зависимости от применяемой дозировки.

Данный эффект можно объяснить следующим образом. Так, применение изопропаноламинов (основной компонент добавки SE-75) в составе цемента со шлаком позволяет получить более плотную микроструктуру, меньшую пористость и более раннее развитие прочности за счет улучшенного распределения и взаимодействия гидратных фаз с минералами шлакового компонента. В смеси без минеральных добавок эффект менее выражен, поскольку базовая система цемента без шлака имеет меньше

The obtained results show that chemical admixtures work in a similar way in concrete with the “Novogurovsky” + GGBS binder system (Fig. 1). Thus, at the initial stages of hardening (1 day), the introduction of SE-75 in the dosage range of 0.02-0.1% into the composition of the concrete mixture makes it possible to increase the early strength over 10% (Fig. 1a). The modifier also has a positive effect on strength characteristics at the age of 28 days: when administered in an amount of 0.03–0.1%,  $R_{сж28}$  increases by 14% (Fig. 1b) relative to the control composition (without the addition of an additive).

The SE-25 modifier makes a similar contribution to the increase in strength (Fig. 1b). However, at the age of 1 day of hardening, the use of an additive over 0.05% may be limited due to the slowing effect due to the presence of carbohydrates in the composition [16].

When changing the binder system in the concrete mix to “Proletariy” + GGBS, the use of admixtures of modifiers is of a similar nature as in the previous case.

However, when using modifier admixtures in a concrete mix based only on “Proletariy” cement, their contribution to strength characteristics is not so obvious. In the early stages of hardening, the introduction of SE-75 and SE-25 has virtually no effect on the increase in strength. On the contrary, when the dosages of admixtures are increased, the strength decreases sharply. As in the previous cases, this can be attributed to the content of carbohydrate modifiers in the formulations.

At the age of 28 days, the strength gain varies from 4 to 8%, depending on the dosage used.

This effect can be explained as follows. Thus, the use of isopropanolamines (the main component of the SE-75 admixture) in cement with slag makes it possible to obtain a denser microstructure, lower porosity, and earlier strength development due to improved distribution and interaction of hydrate phases with the minerals of the slag component. In a mixture without mineral additives, the effect is less pronounced, since the basic cement system without slag has less favorable conditions for adsorption

благоприятных условий для адсорбции и координации гидратных фаз под воздействием алканоламинов. Также в системах со шлаком добавки на основе изопропаноламинов могут стабилизировать силикаты и алюминаты кальция в ранние стадии гидратации, снижая скорость кристаллизации, но при этом формируя более прочную связь между фазами, что в итоге повышает прочность на сжатие по сравнению с портландцементами без минеральных добавок.

В смесях со шлаком энергия, необходимая для перераспределения гидратированных ионов, ниже под влиянием ТЕА (основной компонент добавки SE-25), что позволяет быстрее достигать плотности структуры и требуемой прочности. Без минеральных добавок система имеет меньшие возможности для таких перераспределений, поэтому эффект ТЕА слабее. Введение алканоламинов может снизить размер пор и уменьшить их объём в системе со шлаком за счёт лучшего заполнения межзерновых промежутков и более эффективной кристаллизации, что прямо коррелирует с прочностью. В чистом портландцементе без добавок такие улучшения ограничены из-за отсутствия благоприятных поверхностных и структурных условий. Подробный механизм влияния алканоламинов на гидратацию цемента авторами были изучены ранее [17].

Вторым этапом работы было изучение влияния добавок на прочностные свойства бетонных смесей на основе трех различных цемента («Серебрянский», «Вольск» и «Ферзиково»). Были приготовлены две различные бетонные смеси на основе цемента «Серебрянский» (рис. 2а) и «Серебрянский» + ТМШ (рис. 2б). В первом случае количество цемента составляло 300 кг, что соответствует классу бетона В30. Во втором случае использовали 500 кг цемента и 40 кг ТМШ (класс бетона В60). Попарные бетонные смеси отличались только присутствием добавки модификатора SE-75 в дозировке 0,05 % от массы вяжущих материалов.

Как видно из полученных данных, применение модификатора позволяет увеличить прочность бетона на всех этапах гидратации и твердения, причем наибольший прирост в 15 % характерен для состава бетона класса В30 (рис. 2а).

При сравнении действия добавок модификаторов на цементе «Вольск» (дозировка добавок составила 0,05 %) было отмечено, что наибольший вклад в гидратацию вносит применение добавки SE-75 (рис. 3а), что составляет + 14 % относительно контрольного состава. Также стоит отметить, что введение добавок положительно сказывается на параметрах сохраняемости бетонных смесей: происходит ее увеличение на 30 мин.

При проведении испытаний на цементе «Ферзиково» была выбрана добавка SE-25 (рис. 3б), т. к. данный цемент характеризуется более высоким содержанием  $C_3A$  и меньшим содержанием  $C_4AF$  минералов в составе.

Был взят контрольный образец бетона с содержанием 330 кг цемента, состав, к которому добавили SE-25, а также бетонная смесь, где было снижено количество цемента на 30 кг (10 %) и применен модификатор. Полученные результаты показывают, что добавление SE-25 приводит к увеличению прочности бетона на всех этапах твердения (при одинаковом содержании вяжущего материала в составе) или остается на уровне с контрольным образцом (где количество вяжущего снижено на 10 %).

and coordination of hydrate phases under the influence of alkanolamines.

Also, in systems with slag, admixtures based on isopropanolamines can stabilize calcium silicates and aluminates in the early stages of hydration, reducing the rate of crystallization, but at the same time forming a stronger bond between the phases, which ultimately increases compressive strength compared with Portland cements without mineral additives.

In mixtures with slag, the energy required for the redistribution of hydrated ions is lower under the influence of TEA (the main component of the additive SE-25), which makes it possible to achieve the density of the structure and the required strength faster. Without mineral additives, the system has fewer opportunities for such redistributions, so the TEA effect is weaker. The introduction of alkanolamines can reduce the pore size and reduce their volume in a system with slag due to better filling of the intergranular spaces and more efficient crystallization, which directly correlates with strength. In pure Portland cement without additives, such improvements are limited due to the lack of favorable surface and structural conditions. The detailed mechanism of the effect of alkanolamines on cement hydration was studied earlier by the authors [17].

The second stage of the work was to study the effect of admixtures on the strength properties of concrete mixtures based on three different cements (“Serebryansky”, “Volsk” and “Ferzikovo”). Two different cement-based concrete mixes “Serebryansky” (Fig. 2a) and “Serebryansky” + GGBS (Fig. 2b) were prepared. In the first case, the amount of cement was 300 kg, which corresponds to the concrete class B30. In the second case, 500 kg of cement and 40 kg of GGBS (concrete class B60) were used. The paired concrete mixes differed only in the presence of the SE-75 modifier in a dosage of 0,05% by weight of the binders.

As can be seen from the data obtained, the use of a modifier makes it possible to increase the strength of concrete at all stages of hydration and hardening, with the largest increase of 15% typical for the composition of concrete of class B30 (Fig. 2a).

When comparing the effect of modifier admixtures on «Volsk» cement (the dosage of admixtures was 0,05%), it was noted that the greatest contribution to hydration is made by the use of the additive SE-75 (Fig. 3a), which is + 14 % relative to the control composition. It is also worth noting that the introduction of additives has a positive effect on the retention parameters of concrete mixtures: it increases by 30 minutes.

When testing “Ferzikovo” cement, the admixture SE-25 was selected (Fig. 3b), because this cement is characterized by a higher content of  $C_3A$  and a lower content of  $C_4AF$  minerals in the composition.

A control sample of concrete containing 330 kg of cement was taken, the composition to which SE-25 was added, as well as a concrete mixture, where the amount of cement was reduced by 30 kg (10 %) and a modifier was applied. The results show that the addition of SE-25 leads to an increase in the strength of concrete at all stages of hardening (with the same binder content in the composition) or remains at the same level as the control sample (where the amount of binder is reduced by 10 %).

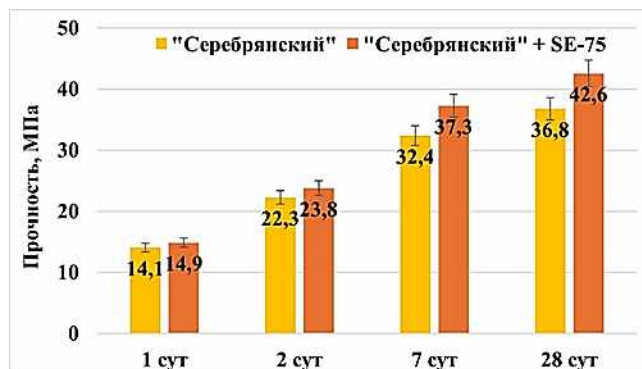
РИСУНОК 2

**ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНОВ НА ЦЕМЕНТЕ «СЕРЕБРЯНСКИЙ» В ПРИСУТСТВИИ МОДИФИКАТОРА SE-75:**

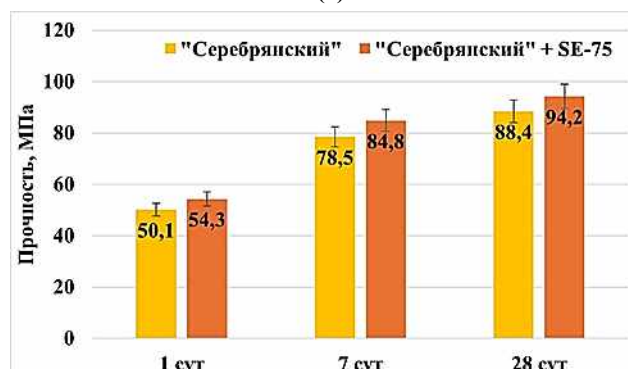
а – класс бетона В30;  
б – класс бетона В60

Figure 2

Strength characteristics of concrete on cement “Serebryanskiy” using SE-75 modifier:  
а – В30 class of concrete;  
б – В60 class of concrete



а (а)



б (б)

РИСУНОК 3

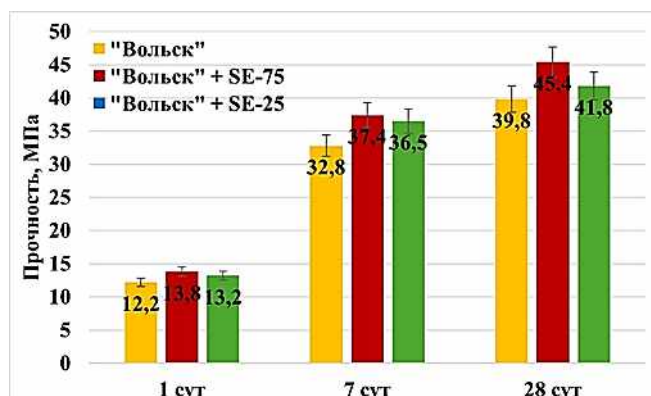
**ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНОВ В ПРИСУТСТВИИ МОДИФИКАТОРОВ:**

а – на основе цемента «Вольск»;  
б – на основе цемента «Ферзиково»

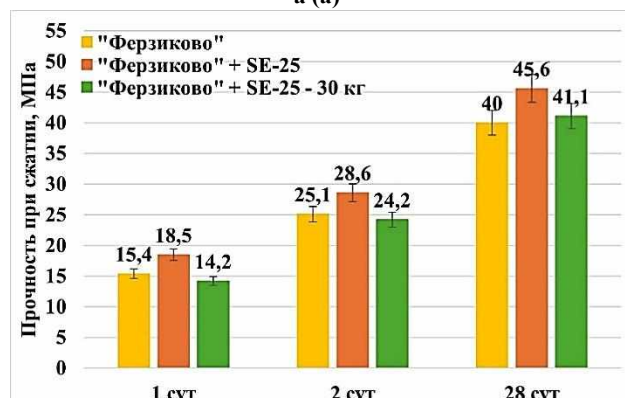
Figure 3

Strength characteristics of concrete mix using modifiers:

а – based on cement “Volsk”;  
б – based on cement “Ferzikovo”



а (а)



б (б)

При условии, что цена 1 т цемента составляет 8500 руб., а стоимость модификатора порядка 350 руб., то при снижении количества вяжущего в составе бетонной смеси

Provided that the price of 1 ton of cement is 8,500 rubles, and the cost of the modifier is about 350 rubles, then if the amount of binder in the concrete mix is reduced



на 10 % экономия при производстве 1 м<sup>3</sup> бетона может составить порядка 200 руб./м<sup>3</sup>, что эквивалентно экономии в 27 млн. руб./год (при производительности завода 120 тыс. м<sup>3</sup> бетона в год).

### **Заключение**

Изучено влияние двух различных добавок модификаторов на свойства бетонных смесей на основе цементов, отличающихся минералогическим составом. Установлено, что оптимальная дозировка двух добавок составляет 0,03–0,05 % от массы вяжущего. Именно в таком диапазоне наблюдается баланс между эффективностью и экономической составляющей (при решении снижать количество цемента в составе).

Определено, что введение добавок модификаторов в системы, содержащие в своем составе шлаки, позволяет получить больший прирост по прочности по сравнению с клинкерными цементами. Это объясняется созданием уплотненной микроструктурой цементного камня, а также формированием более прочных связей между фазами.

Введение добавок модификаторов позволяет увеличить прочность бетона в возрасте 28 сут на 15–20 % в зависимости от применяемых вяжущих.

С помощью использования добавок модификаторов удалось снизить количество цемента в бетонной смеси класса прочности В30 на 10 %, что при производительности бетонного завода порядка 120 тыс. м<sup>3</sup> в год, эквивалентно 27 млн. руб., что положительно сказывается на экономической составляющей.

### **Литература:**

1. Z. Yang., Q. Li., M. Liu., N. Xue., L. Xu., K. Wu. Efflorescence inhibition and microstructure evolution of Portland cement-based artificial stone induced by mineral additives // Case studies in Construction Materials. – 2022. – Vol. 17. – e01509. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01509>
2. L. Wei., M. Deng. Investigation of effect of mineral additives on hydration behavior of Portland cement using electrochemical technique // International Journal of Electrochemical Science. – 2022. – Vol. 17. – 221212. <https://doi.org/10.20964/2022.12.15>
3. F. Eren., M. Kestimates., B. Felekoglu., K. Felekoglu. / The role of Pre-Heating and mineral additive modification on Long-Term strength development of calcium aluminate cement mortars // Construction and building materials. – 2022. – Vol. 340. – 127720. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127720>
4. H. Qi., X. Yan., X. He., Y. Su., Z. Jin., j. Yang., Y. Li., Q. Luo / Impact of sodium gluconate on the characteristics of cement slurry incorporating PCE and GGBS/wet-ground GGBS // Construction and building materials. – 2025. – Vol. 486. – 142041. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.142041>
5. J. Xue., S. Li., Z. Zhang., S. Liu., G. Li., X. Guan. Hydration, mechanical properties, and corrosion resistance of ferroaluminate cement in the presence of FA and GGBS // Journal of Building Engineering. – 2025. – Vol. 102. – 111974. <https://doi.org/10.1016/j.job.2025.111974>
6. Y. Xiang., Y. Li., Y. Chen., J. Deng., S. Li., G. Sun. Synergistic improvement in cement performance via combined use of cationic polymer-grafted nano-silica with silica fume and fly ash // Journal of Building Engineering. – 2025. – Vol. 112. – 113977. <https://doi.org/10.1016/j.job.2025.113977>
7. B.Z. Hailermariam., M.D. Yehualaw., W.Z. Taffese., D.H. Vo. Sustainable utilization of corn husk ash as a pozzolanic cement substitute for mortar production // Construction and Building materials. – 2025. – Vol. 491. – 142723. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.142723>

by 10 %, savings in the production of 1 m<sup>3</sup> of concrete can be about 200 rubles/m<sup>3</sup>, which is equivalent to savings of 27 million rubles/year (with a plant capacity of 120 thousand m<sup>3</sup> of concrete per year).

### **Conclusion**

The effect of two different modifiers on the properties of cement-based concrete mixtures with different mineralogical composition has been studied. It was found that the optimal dosage of the two admixtures is 0,03–0,05% of the binder weight. It is in this range that a balance is observed between efficiency and the economic component (when deciding to reduce the amount of cement in the composition).

It is determined that the introduction of modifier admixtures into systems containing slags allows for a greater increase in strength compared to clinker cements. This is due to the creation of a compacted microstructure of cement stone, as well as the formation of stronger bonds between the phases.

The introduction of modifier admixtures makes it possible to increase the strength of concrete at the age of 28 days by 15–20 %, depending on the binders used.

By using modifier admixtures, it was possible to reduce the amount of cement in the concrete mix of strength class B30 by 10 %, which, with a concrete plant capacity of about 120 thousand m<sup>3</sup> per year, is equivalent to 27 million rubles, which has a positive effect on the economic component.

### **References:**

1. Z. Yang., Q. Li., M. Liu., N. Xue., L. Xu., K. Wu. Efflorescence inhibition and microstructure evolution of Portland cement-based artificial stone induced by mineral additives // Case studies in Construction Materials. – 2022. – Vol. 17. – e01509. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01509>
2. L. Wei., M. Deng. Investigation of effect of mineral additives on hydration behavior of Portland cement using electrochemical technique // International Journal of Electrochemical Science. – 2022. – Vol. 17. – 221212. <https://doi.org/10.20964/2022.12.15>
3. F. Eren., M. Kestimates., B. Felekoglu., K. Felekoglu. / The role of Pre-Heating and mineral additive modification on Long-Term strength development of calcium aluminate cement mortars // Construction and building materials. – 2022. – Vol. 340. – 127720. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127720>
4. H. Qi., X. Yan., X. He., Y. Su., Z. Jin., j. Yang., Y. Li., Q. Luo / Impact of sodium gluconate on the characteristics of cement slurry incorporating PCE and GGBS/wet-ground GGBS // Construction and building materials. – 2025. – Vol. 486. – 142041. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.142041>
5. J. Xue., S. Li., Z. Zhang., S. Liu., G. Li., X. Guan. Hydration, mechanical properties, and corrosion resistance of ferroaluminate cement in the presence of FA and GGBS // Journal of Building Engineering. – 2025. – Vol. 102. – 111974. <https://doi.org/10.1016/j.job.2025.111974>
6. Y. Xiang., Y. Li., Y. Chen., J. Deng., S. Li., G. Sun. Synergistic improvement in cement performance via combined use of cationic polymer-grafted nano-silica with silica fume and fly ash // Journal of Building Engineering. – 2025. – Vol. 112. – 113977. <https://doi.org/10.1016/j.job.2025.113977>
7. B.Z. Hailermariam., M.D. Yehualaw., W.Z. Taffese., D.H. Vo. Sustainable utilization of corn husk ash as a pozzolanic cement substitute for mortar production // Construction and Building materials. – 2025. – Vol. 491. – 142723. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.142723>

8. X. Yang., Z. Hu., L. Li., X. Wang., X. Zhou. Strength properties, microstructural evolution, and reinforcement mechanism for cement-stabilized loess with silica micro powder // Case studies in construction materials. – 2024. – Vol. 20. – e028848. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02848>
9. K. Kochchapong., P. Wattanachai., S. Chaiwithee., T. Keereemastong., P. Rachtanapun., K. Jantanasakulwong., J. Suhr., C. Sawangrat. Accelerating strength development through pozzolanic activity in hydrated fly-ash cement using plasma-activated water // Journal of materials research and technology. – 2025. – Vol. 36. – P. 5332 - 5340. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2025.04.183>
10. T. Wang., T. Ishida., R. Gui., Y. Luan. Experimental investigation of pozzolanic reaction and curing temperature-dependence of low-calcium fly ash in cement system and Ca-Si-Al element distribution of fly ash-blended cement paste // Construction and building material. – 2021. – Vol. 267. – 121012. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121012>
11. S. Sim., H. Suh., S. Cho., S. Im., J. Park., J. Liu., S. Bae. Synergistic effects of nano-alumina and triisopropanolamine in Portland limestone cements with various sulfate levels // Cement and Concrete Composites. – 2025. – Vol. 159. – 105994. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2025.105994>
12. S. Barbhuiya., B. B. Das., D. Adak. Effects of chemical admixtures on the properties of concrete // Bindings materials for sustainable construction. – 2025. – P. 329 – 362. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-26566-2.00009-X>
13. V. Hallet., T. Hertel., L. Eykens., N. D. Belie., Y. Pontikes. Alkanolamines as grinding aids and hydration enhancers in blended cements with iron-rich non-ferrous metallurgy slag // Construction and building materials. – 2025. – Vol. 470. – 140575. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.140575>
14. Q. Zhai., K. Kurumisawa., J. Moon., I. H. Hwang. Advances in understanding the effect of alkanolamine in cement-based materials // Journal of Cleaner Production. – 2024. – Vol. 452. – 142167. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142167>
15. Урбанов А.В., Потапова Е.Н., Бурвикова Ю.Н. Оптимизация состава бетонной смеси при использовании добавок модификаторов // Бутлеровские сообщения А. – 2025. – Т. 10. – №2. – с. 104 – 112. <https://doi.org/10.37952/ROI-jbc-01/25-82-6-104/ROI-jbc-RA/25-10-2-16>
16. G. Huang., D. Pudasainee., R. Gupta., W. V. Liu. Utilization and performance evaluation of molasses as a retarder and plasticizer for calcium sulfoaluminate cement-based mortar // Construction and building materials. – 2020. – Vol. 243. – 118201. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118201>
17. Урбанов А.В., Потапова Е.Н., Бурвикова Ю.Н. Повышение эксплуатационных характеристик цементов при использовании добавок модификаторов // Техника и технология силикатов. – 2025. – Т. 32, № 1. – С. 74-90. <https://doi.org/10.62980/2076-0655-20252-74-90>
8. X. Yang., Z. Hu., L. Li., X. Wang., X. Zhou. Strength properties, microstructural evolution, and reinforcement mechanism for cement-stabilized loess with silica micro powder // Case studies in construction materials. – 2024. – Vol. 20. – e028848. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02848>
9. K. Kochchapong., P. Wattanachai., S. Chaiwithee., T. Keereemastong., P. Rachtanapun., K. Jantanasakulwong., J. Suhr., C. Sawangrat. Accelerating strength development through pozzolanic activity in hydrated fly-ash cement using plasma-activated water // Journal of materials research and technology. – 2025. – Vol. 36. – P. 5332 - 5340. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2025.04.183>
10. T. Wang., T. Ishida., R. Gui., Y. Luan. Experimental investigation of pozzolanic reaction and curing temperature-dependence of low-calcium fly ash in cement system and Ca-Si-Al element distribution of fly ash-blended cement paste // Construction and building material. – 2021. – Vol. 267. – 121012. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121012>
11. S. Sim., H. Suh., S. Cho., S. Im., J. Park., J. Liu., S. Bae. Synergistic effects of nano-alumina and triisopropanolamine in Portland limestone cements with various sulfate levels // Cement and Concrete Composites. – 2025. – Vol. 159. – 105994. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2025.105994>
12. S. Barbhuiya., B. B. Das., D. Adak. Effects of chemical admixtures on the properties of concrete // Bindings materials for sustainable construction. – 2025. – P. 329 – 362. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-26566-2.00009-X>
13. V. Hallet., T. Hertel., L. Eykens., N. D. Belie., Y. Pontikes. Alkanolamines as grinding aids and hydration enhancers in blended cements with iron-rich non-ferrous metallurgy slag // Construction and building materials. – 2025. – Vol. 470. – 140575. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.140575>
14. Q. Zhai., K. Kurumisawa., J. Moon., I. H. Hwang. Advances in understanding the effect of alkanolamine in cement-based materials // Journal of Cleaner Production. – 2024. – Vol. 452. – 142167. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142167>
15. Urbanov A.V., Potapova E.N., Burvikova Y.N. Optimization of concrete mix composition using modifier admixtures. Butlerov Communications. 2025. Vol.10. №2. Id.16. <https://doi.org/10.37952/ROI-jbc-01/25-82-6-104/ROI-jbc-RA/25-10-2-16>
16. G. Huang., D. Pudasainee., R. Gupta., W. V. Liu. Utilization and performance evaluation of molasses as a retarder and plasticizer for calcium sulfoaluminate cement-based mortar // Construction and building materials. – 2020. – Vol. 243. – 118201. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118201>
17. Urbanov A.V., Potapova E.N., Burvikova Y.N. Improvement of the performance characteristics of cements using modifier additives // Technique and technology of silicates. – 2025. Vol. – 32, No1. – Pp. 74 – 90. <https://doi.org/10.62980/2076-0655-20252-74-90>

**Урбанов Андрей Витальевич** – аспирант факультета технологии неорганических веществ и высокотемпературных материалов, РХТУ им. Д. И. Менделеева, Россия, Москва.  
E-mail: [andreiusurb@gmail.com](mailto:andreiusurb@gmail.com); (автор для связи)

**Потапова Екатерина Николаевна** - д.т.н., профессор кафедры химической технологии композиционных и вяжущих материалов, РХТУ им. Д. И. Менделеева, Россия, Москва.  
E-mail: [potapova.e.n@muctr.ru](mailto:potapova.e.n@muctr.ru).

**Вклад авторов:** Урбанов А.В. – разработка методик, обработка материала написание статьи; Потапова Е.Н. – научное руководство, научное редактирование статьи.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Andrey Vitalievich Urbanov** - Postgraduate student, studying at the Faculty of Technology of Inorganic Substances and High-temperature Materials, D. I. Mendeleev Russian State Technical University, Russia, Moscow.  
E-mail: [andreiusurb@gmail.com](mailto:andreiusurb@gmail.com). (author for contact)

**Ekaterina Nikolaevna Potapova** - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Chemical Technology of Composite and Binding Materials, D. I. Mendeleev Russian State Technical University, Moscow, Russia. E-mail: [potapova.e.n@muctr.ru](mailto:potapova.e.n@muctr.ru).

**Contribution of the authors:** Urbanov A.V. – development of methods, processing of material, writing an article; Potapova E.N. – scientific guidance, scientific editing of the article.

The authors declare that there is no conflict of interest.