

Научная статья  
УДК 691.32  
<https://doi.org/10.25686/2542-114X.2025.1.47>  
EDN: MUDMZS

## Бетоны на портландцементях с добавкой модифицированного диатомита

**В. Д. Черкасов, Д. В. Черкасов, С. А. Москаев**<sup>✉</sup>

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет  
им. Н.П. Огарёва (г. Саранск)  
[sergei.pto@mail.ru](mailto:sergei.pto@mail.ru)<sup>✉</sup>

### Аннотация

*Введение.* Бетон и железобетон являются основным материалом строительной отрасли. При возрастании требований к качеству строительства возникает потребность в повышении качества строительных материалов. Качество бетона повышают введением в цемент тонко дисперсных минеральных добавок. Их использование в цементах приводит к упрочнению структуры бетона и создает возможность получения модифицированных вяжущих нового поколения. К таким добавкам относится диатомит.

*Целью исследования* является разработка составов бетона на цементе с добавкой модифицированного диатомита.

*Материалы и методы.* Для исследования использовался портландцемент класса ЦЕМ I 32,5 и ЦЕМ I 42,5. В качестве минеральной добавки применялись диатомит, модифицированный известью (ДМИ); диатомит, модифицированный соляной кислотой (ДХВ); диатомит, модифицированный частицами углерода (ДМКМЦ).

Прочность бетона определялась по ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».

*Результаты исследования.* Согласно полученным результатам, бетоны на цементах с добавкой модифицированного диатомита повышают класс прочности бетона до В25 и выше.

*Вывод.* Применение цемента, модифицированного диатомитом, при изготовлении бетона позволяет снизить его расход до 15 % с одного кубического метра смеси.

**Ключевые слова:** портландцемент; модифицированный диатомит; бетон; свойства.

**Финансирование.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

---

**Для цитирования:** Черкасов В. Д., Черкасов Д. В., Москаев С. А. Бетоны на портландцементях с добавкой модифицированного диатомита // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2025. № 1 (33). С. 47–53. <https://doi.org/10.25686/2542-114X.2025.1.47>; EDN: MUDMZS

---

### Введение

Бетон и железобетон являются основным материалом строительной отрасли, мировой объем производства которых приближается к 10 миллиардам кубометров в год. По мнению многих специалистов, объемы применения этих материалов в будущем будут возрастать,

а области использования – расширяться. При возрастании требований к качеству строительства возникает потребность в строительных материалах, производимых с относительно низкой себестоимостью, по качественным показателям и долговечности превосходящих существующие аналоги.

Основной предпосылкой синтеза прочности и долговечности высококачественных бетонов и других цементных композитов является более полное использование скрытой энергии портландцемента. Это обычно достигается за счет применения активных минеральных добавок, вводимых в состав вяжущих на стадии приготовления цементов.

Применение в технологии цементов и бетонов тонкодисперсных минеральных добавок, сочетающих высокую реологическую и химическую активность, открывает широкие возможности улучшения технологических свойств цементных систем и бетонных смесей и направленного воздействия на формирование структуры цементного камня. Тонкодисперсные минеральные добавки при этом играют роль центров направленной кристаллизации. Их введение в цементы приводит к упрочнению их структуры и создает возможность получения модифицированных вяжущих нового поколения. К таким добавкам относится диатомит.

Для химического взаимодействия продуктов гидратации цемента доступна только небольшая часть поверхности частиц диатомита. Повысить его активность можно за счет химического модифицирования [2, 4, 5, 10, 12].

Введение модифицированного диатомита в цемент приводит к повышению его активности. В связи с этим при одинаковом расходе цемента будет повышаться прочность бетона или же при сохранении класса бетона можно будет снизить расход цемента. С этой целью проведены исследования прочности бетона.

**Цель исследования** – разработка составов бетона на цементе с добавкой модифицированного диатомита.

#### **Материалы и методы исследования**

Для исследований применялся цемент класса ЦЕМ I 32,5 и ЦЕМ I 42,5.

В качестве активной минеральной добавки использовали несколько видов модифицированного диатомита:

- диатомит, модифицированный известью (ДМИ);
- диатомит, модифицированный соляной кислотой (ДХВ);
- диатомит, модифицированный частицами углерода (ДМКМЦ).

Прочность бетона определялась по ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».

#### **Результаты исследования**

Составы бетонных смесей, рассчитанные на бетон класса В20, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Составы бетонных смесей

Table 1. Concrete mix compositions

Номер состава	Расход компонентов на 1 м <sup>3</sup> смеси, кг						
	Цемент ЦЕМ I 32,5	Щебень	Песок	Вода	ДХВ	ДМИ	ДМКМЦ
Состав 1 (контрольный)	355	1150	730	186	-	-	-
Состав 2	355	1150	730	186	8,2	-	-
Состав 3	355	1150	730	186	-	8,2	-
Состав 4	355	1150	730	186	-	-	6,15

Приведенные составы бетонных смесей имели практически одинаковую подвижность. Из них изготавливали бетонные кубики размером 10×10×10 см,

которые твердели во влажных условиях в течение 28 суток. После высушивания образцы испытывали на сжатие. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты испытаний бетона на сжатие

Table 2. Concrete compression test results

Номер состава	Плотность бетона, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие, МПа	Прирост прочности, %
Состав 1 (контрольный)	2 330	20,2	
Состав 2	2 365	26,5	+31,1
Состав 3	2 350	24,6	+21,3
Состав 4	2 370	27,1	+34,1

Бетоны на цементах с добавкой модифицированного диатомита повышают класс прочности бетона до В25 и выше. В настоящее время бетонные смеси производят в основном с добавлением суперпластификаторов. В связи с этим было исследовано совместное влияние суперпластификатора и добавки моди-

фицированного диатомита на прочность бетона.

В таблице 3 приведены результаты испытания бетонов с одинаковым расходом цемента при водоцементном отношении В/Ц = 0,43 и содержании суперпластификатора С-3 в количестве 0,8 % от массы цемента.

Таблица 3. Результаты испытаний бетона с суперпластификатором и модифицирующими добавками

Table 3. Test results of concrete with superplasticizer and modifying additives

Номер состава	Плотность бетона, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие, МПа	Прирост прочности, %
Состав 1 (контрольный)	2 355	29,0	-
Состав 2	2 380	38,7	33,4
Состав 3	2 390	39,2	35,2
Состав 4	2 370	36,4	25,5

При совместном действии модифицирующих добавок и суперпластификатора обнаружен синергетический эффект, проявляющийся в большем повышении прочности бетона по сравнению с прочностью цементного камня с добавками-модификаторами без суперпластификатора.

За счет уменьшения водосодержания в бетонной смеси, улучшения реотехнологических свойств и образования стесненных контактных взаимодействий через более тонкие прослойки воды более полно протекают процессы гидросиликатного образования.

Для подтверждения выдвинутых предположений были запроектированы составы бетонов класса В20 на портландцементе ЦЕМ I 42,5. Марку цемента с добавкой модифицированного диатомита принимаем на 40 % выше ЦЕМ I 42,5.

Расчеты составов бетонных смесей показали, что для приготовления 1 м<sup>3</sup> бетона расход цемента ЦЕМ I 42,5 составляет 405 кг/м<sup>3</sup>, а расход цемента, модифицированного диатомитом, – 324 кг/м<sup>3</sup>.

Для экспериментальной проверки состава бетона изготавливали пробную порцию бетонной смеси. Размеры бетонных образцов были приняты 10×10×10 см.

Корректировка состава бетонной смеси осуществлялась с учетом равной ее подвижности. За контрольный состав был принят состав бетонной смеси на цементе ЦЕМ I 42,5. Состав бетонной смеси на цементе, модифицированном активной минеральной добавкой, подвергся корректировке. Для получения равноподвижной смеси в составе на цементе с добавкой необходимо было увеличить его количество до 346 кг. Из рассчитанных составов было изготовлено по 7 образцов бетона,

которые твердели во влажных условиях в течение 28 суток. После этого образцы испытывали на сжатие. Результаты испытаний приведены в таблице 4.

Таблица 4. Результаты испытаний на сжатие бетонных образцов

Table 4. Compression test results for concrete samples

Номер образца	Прочность на сжатие бетона на цементе ЦЕМ I 42,5, МПа	Прочность на сжатие бетона на цементе, модифицированном активной минеральной добавкой, МПа
1	382	381
2	388	393
3	393	389
4	397	392
5	389	388
6	379	394
7	391	393
средняя прочность	388,4	390

Проанализированные выше эксперименты показали, что применение портландцемента с добавкой модифицированного диатомита при приготовлении бетона приводит к снижению расхода цемента. Это обстоятельство позволяет считать, что введение добавки в портландцемент обуславливает повышение его активности.

Результаты испытаний показали, что сравниваемые бетоны имеют равную прочность.

#### Вывод

Применение цемента, модифицированного активной минеральной добавкой, для приготовления бетона позволяет экономить до 15 % цемента на 1 м<sup>3</sup> смеси.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Агаджанов В. И. Эффективность применения добавок в бетоне // Бетон и железобетон – пути развития: научные труды 2-й Всероссийской (Международной) конференции по бетону и железобетону: в 3 т. Москва: Дипак, 2005. Т. 3. С. 633-635.
2. Айлер Р. Химия кремнезема: в 2 т. Москва: Мир, 1982. Т. 2. 706 с.
3. Баженов Ю. М. Бетоны повышенной долговечности // Строительные материалы. 1999. № 7/8. С. 21-22.
4. Белых С. А., Фадеева А. М. Модифицированные и немодифицированные тонкодисперсные отходы промышленности в бетонах и строительных растворах // Строительные и отделочные материалы. Стандарты XXI века: XII Международный семинар Азиатско-Тихоокеанской академии материалов: в 2 т. Новосибирск: НГАСУ, 2006. Т. 2. С. 22-24.
5. Бенштейн Ю. И., Панина Н. С., Ершова Л. А. Оценка эффективности кремнеземистых добавок, вводимых в высокощелочной цемент для предотвращения внутренней коррозии бетона // Журнал прикладной химии. 1987. № 2. С. 349-355.
6. Исследование процессов структурообразования биоцидных композитов на основе цементного связующего / В. Т. Ерофеев, А. В. Дергунова, В. В. Батин, О. В. Тараканов // Приволжский научный журнал. 2011. № 3(19). С. 64-70. EDN: ОПWPH.
7. Леснов В. В., Ерофеев В. Т. Свойства дисперсно-армированных на микро- и макроуровнях цементных каркасных композитов // Региональная архитектура и строительство. 2010. № 2. С. 38-43. EDN: MXHSRR.
8. Калашников В. И., Демьянова В. С., Дубошина Н. М. Сухие строительные смеси на основе местных материалов // Строительные материалы. 2000. № 5. С. 30-33. EDN: IAJNBN.
9. Комохов П. Г., Шангина Н. Н. Модифицированный цементный бетон, его структура и свойства // Цемент и его применение. 2002. № 1. С. 43-46.
10. Лосев В. Н. Кремнеземы, химически модифицированные серосодержащими группами, для концентрирования, разделения и определения благородных и цветных металлов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Томск, 2007. 42 с.

11. Ризван С. А., Байер Т. А. Роль минеральных добавок в высококачественных цементных системах // Бетон и железобетон – пути развития: научные труды 2-й Всероссийской (Международной) конференции по бетону и железобетону: в 3 т. Москва: Дипак, 2005. Т. 3. С. 727-732.

12. Тертых В. А., Белякова Л. А. Химические реакции с участием поверхности кремнезема. Киев: Наукова думка, 1991. 264 с.

13. Управление свойствами цементных смесей природой наполнителя / П. Г. Комохов, Л. Б. Сватовская, Н. Н. Шангина, А. П. Лейкин // Известия высших учебных заведений. Строительство. 1997. № 9. С. 51-54.

14. Цементные бетоны минеральными наполнителями / Л. И. Дворкин, В. И. Соломатов, В. Н. Выровой, С. М. Чудновский. Киев: Будивельник, 1991. 135 с.

Статья поступила в редакцию 26.01.2025; одобрена после рецензирования 21.02.2025; принята к публикации 26.02.2025

### Информация об авторах

*ЧЕРКАСОВ Василий Дмитриевич* – член-корреспондент РААСН, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной механики, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, г. Саранск. Область научных интересов – строительное материаловедение. Автор более 300 научных публикаций. E-mail: vd-cherkasov@yandex.ru

*ЧЕРКАСОВ Дмитрий Васильевич* – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной механики, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, г. Саранск. Область научных интересов – строительное материаловедение. Автор более 30 научных публикаций. E-mail: dv-cherkasov@yandex.ru

*МОСКАЕВ Сергей Алексеевич* – аспирант кафедры прикладной механики, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, г. Саранск. Область научных интересов – строительное материаловедение. E-mail: sergei.pto@mail.ru

**Вклад авторов.** Авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

---

Scientific article

UDC 691.32

<https://doi.org/10.25686/2542-114X.2025.1.47>

EDN: MUDMZS

### Concretes based on portland cement with modified diatomite additives

*V. D. Cherkasov, D. V. Cherkasov, S. A. Moskaev*<sup>✉</sup>

National Research Ogarev Mordovia State University (Saransk)

sergei.pto@mail.ru<sup>✉</sup>

#### Abstract

*Introduction.* Concrete and reinforced concrete constitute the primary materials in the construction sector. As construction quality standards elevate, it is important to improve the quality of building materials. The quality of concrete is improved by incorporating finely dispersed mineral additives into cement. Their incorporation into cements enhances structural integrity and enables the development of next-generation modified binders. One of such additives is diatomite. *The aim of research* is to develop concrete compositions using cement with the addition of modified diatomite.

*Materials and methods.* Portland cement of class CEM I 32.5 and CEM I 42.5 was used for the research. Diatomite modified with lime (DMI), diatomite modified with hydrochloric acid (DHV), diatomite modified with carbon particles (DMCMTS) served as mineral additives.

The strength of concrete was assessed against GOST 10180-2012 "Concrete. Methods for determining the strength using control samples"

*Research outcomes.* The research indicated that concretes with modified diatomite enhance the strength classification of concrete to B25 and above.

*Conclusions.* The incorporation of diatomite-modified cement in concrete production enables a reduction in cement usage by 15 % per cubic metre of the mixture.

**Keywords:** portland cement; modified diatomite; concrete; properties.

**Funding.** This study was not supported by any external sources of funding.

---

**For citation:** Cherkasov V. D., Cherkasov D. V., Moskaev S. A. Concretes based on portland cement with additives modified diatomite. *Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Materials. Constructions. Technologies.* 2025;(1):47–53. (In Russian). <https://doi.org/10.25686/2542-114X.2025.1.47>; EDN: MUDMZS

---

## REFERENCES

1. Agadzhanov V. I. Efficiency of using additives in concrete. *Concrete and reinforced concrete – ways of development: scientific works of the 2nd All-Russian (International) conference on concrete and reinforced concrete*: in 3 volumes. Moscow: Deepak, 2005. Vol. 3. Pp. 633-635. (In Russ.).
2. Eiler R. Chemistry of silica: in 2 volumes. Moscow: Mir, 1982. Vol. 2. 706 p. (In Russ.).
3. Bazhenov Yu. M. Concretes of increased durability. *Construction materials.* 1999;(7/8):21-22. (In Russ.).
4. Belykh S. A., Fadeeva A. M. Modified and unmodified finely dispersed industrial waste in concretes and construction mortars. *Construction and finishing materials. Standards of the XXI century: XII International seminar of the Asian-Pacific Academy of Materials*: in 2 volumes. Novosibirsk: NGASU, 2006. Vol. 2. Pp. 22-24. (In Russ.).
5. Benshtein Yu. I., Panina N. S., Ershova L. A. Evaluation of the efficiency of silica additives introduced into high-alkaline cement to prevent internal corrosion of concrete. *Journal of Applied Chemistry.* 1987;(2): 349-355. (In Russ.).
6. Erofeev V. T., Dergunova A. V., Batin V. V., Tarakanov O. V. Research of processes of structurization of biocidal composites on the basis of the cement binding. *The Privolzhsky Scientific Journal.* 2011;(3):64-70. EDN: OIIWPH. (In Russ.).
7. Lesnov V. V., Erofeev V. T. Properties of cement carcass composites dispersiely reinforced by fibres on micro- and macro levels. *Regional architecture and engineering.* 2010;(2):38-43. EDN: MXHSRR. (In Russ.).
8. Kalashnikov V. I., Demyanova V. S., Duboshina N. M. Dry building mixes based on local materials. *Construction materials.* 2000;(5):30-33. EDN: IAJNBN. (In Russ.).
9. Komokhov P. G., Shangina N. N. Modified cement concrete, its structure and properties. *Cement and its application.* 2002;(1):43-46. (In Russ.).
10. Losev V. N. Silicas chemically modified with sulfur-containing groups for concentration, separation and determination of noble and non-ferrous metals: abstract diss. ... doctor of technical sciences. Tomsk, 2007. 42 p. (In Russ.).
11. Rizvan S. A., Bayer T. A. The role of mineral additives in high-quality cement systems. *Concrete and reinforced concrete – ways of development: scientific works of the 2nd All-Russian (International) conference on concrete and reinforced concrete*: in 3 volumes. Moscow: Deepak, 2005. Vol. 3. P. 727-732. (In Russ.).
12. Tertykh V. A., Belyakova L. A. Chemical reactions involving the surface of silica. Kyiv: Naukova Dumka, 1991. 264 p. (In Russ.).
13. Komokhov P. G., Svatovskaya L. B., Shangina N. N., Leykin A. P. Control of properties of cement mixtures by the nature of the filler. *News of higher educational institutions. Construction.* 1997;(9):51-54. (In Russ.).
14. Dvorkin L. I., Solomatov V. I., Vyrov V. N., Chudnovsky S. M. Cement concretes with mineral fillers. Kyiv: Budivel'nik, 1991. 135 p. (In Russ.).

The manuscript was submitted on 26.01.2025; reviewed on 21.02.2025;  
adopted for publication on 26.02.2025

### Information about the authors

*CHERKASOV Vasilii Dmitrievich* – Corresponding Member of the RAASN, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Applied Mechanics, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk. Research interests – building materials science. Author of more than 300 publications. E-mail: vd-cherkasov@yandex.ru

*CHERKASOV Dmitrii Vasilevich* – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Mechanics, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk. Research interests – building materials science. Author of more than 30 publications. E-mail: dv-cherkasov@yandex.ru

*MOSKAEV Sergei Alekseevich* – Postgraduate student of the Department of Applied Mechanics, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk. Research interests – building materials science. E-mail: sergei.pto@mail.ru

**Contribution of the authors.** The authors contributed equally to this paper.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interest.

The authors reviewed and approved the final version of the manuscript.