

## Влияние химических добавок на свойства бетона

*А.Х. Байбурин, Е.Н. Кочарина, Н.В. Кочарин, А.В. Киянец,*

*А.Р. Лебедь*

*Южно-Уральский государственный университет (НИУ), Челябинск*

**Аннотация:** В статье проведены сбор и структурирование информации о влиянии химических добавок на свойства бетона и бетонной смеси. Актуальность данной темы обусловлена разрозненностью имеющейся справочной информации и отсутствием данных по исследованию новых добавок. Представление информации в виде морфологической таблицы упрощает подбор добавок, снижает риск ошибок при подборе состава бетона. Минеральные добавки в данной работе не рассматривались.

**Ключевые слова:** строительные материалы, бетон, бетонная смесь, химические добавки, свойства бетона, состав бетона, модифицированный бетон.

Бетон для строительства в третьем тысячелетии – это высокофункциональный, модифицированный бетон. Основными модификаторами бетонов являются химические добавки. Грамотное использование добавок позволяет управлять свойствами бетона, получая материал, максимально подходящий под конкретные условия.

Согласно ГОСТ 24211-2008, добавка – это органическое или неорганическое вещество, вводимое в смеси в процессе их приготовления с целью направленного регулирования их технологических и строительно-технических свойств бетонов и растворов, или придания им новых свойств.

В справочной и учебной литературе содержится большой объем информации по химическим добавкам в бетон. Однако эти сведения зачастую отрывочны, фрагментарны; для создания полной картины влияния добавок на свойства бетонной смеси и готового бетона инженерам и студентам приходится обращаться к нескольким источникам.

Для концентрированного представления информации о составе бетона с возможностью определения необходимых добавок применен метод морфологического анализа, позволяющий формировать таблицы с наиболее полным описанием возможного состава бетонных смесей.

В ГОСТ 24211-2008 и [1] приведена классификация добавок по их основному действию: пластифицирующие, которые, в свою очередь, подразделяются на добавки: I группы (суперпластификаторы); II группы (сильнопластифицирующие); III группы (среднепластифицирующие); IV группы (слабопластифицирующие); водоудерживающие; стабилизирующие; регулирующие сохраняемость подвижности; увеличивающие воздухо-содержание; регулирующие кинетику твердения (ускорители, замедлители); повышающие прочность; снижающие проницаемость; повышающие защитные свойства по отношению к стальной арматуре; повышающие морозостойкость; повышающие коррозионную стойкость; расширяющие; противоморозные; гидрофобизирующие.

Помимо основного действия подавляющее большинство добавок имеет побочные действия, как положительные, так и отрицательные.

В данной статье систематизированы и оформлены в таблицу (таблица 1) данные по основным химическим добавкам, которые применяются в России и являются основой комплексных добавок с учетом влияния на конечные свойства бетона. Минеральные добавки в работе не рассматриваются. Данные для таблицы взяты из ГОСТ 24211-2008, СП 63.13330.2018, «Руководства по применению химических добавок в бетоне» (М., 1980), учебной [1–3] и справочной [4–6] литературы, научных статей, содержащих результаты лабораторных испытаний [7–9], производственных исследований [10, 11], в том числе иностранных [12–14].

В таблице используются следующие условные обозначения: «+» – параметр (свойство) усиливается/увеличивается; «–» – параметр (свойство) ослабевает/уменьшается; «0» – добавка не влияет на данное свойство (параметр). Пустая ячейка в таблице означает отсутствие данных по влиянию добавки на данное свойство бетонной смеси или бетона.

---

Таблица № 1

Влияние добавок на свойства бетонной смеси и бетона

Свойство бетонной смеси или свойство бетона	Полное и сокращенное наименование добавки										
	Нитрат кальция	Сульфат алюминия	Хлорид железа	Нитрат железа	Сульфат железа	Диэтиленгликолевая смола	Триэтиленгликолевая смола	Сульфат натрия	Карбонат калия (поташ)	Тетраборат натрия	Хлорид натрия
	НК	СА	ХЖ	НЖ	СЖ	ДЭГ	ТЭГ	СН	П	ТБН	ХН
Прочность	+	+	+	+	+	+	+	+	-		-
Плотность	+	+	+	+	+	+	+				
Подвижность смеси										+	
Пластичность смеси								+			
Удобоукладываемость									-		-
Водопотребность	-							+			
Расход цемента	-							-			
Скорость твердения	+	+						+	+		+
Скорость схватывания	+	+						+	+	-	+
Усадка	-	-	-	-	-	-	-				
Противоморозные свойства	+								+	+	+
Морозостойкость бетона	+		+	+	+	+	+				
Водонепроницаемость	+	+	+	+	+	+	+	+		+	
Склонность к высолообразованию	0		+					+		+	+
Коррозионная стойкость	+	+	+	+	+	+	+		-		
Защита арматуры от коррозии	0								0	+	-
Электропроводность	+	+	+	+	+	+	+	+		+	

Продолжение табл. 1

Свойство бетонной смеси или свойство бетона	Полное и сокращенное наименование добавки										
	Нитрит натрия	Хлорид кальция	Нитрит-нитрат кальция	Нитрат натрия	Нитрат кальция + мочевины	Нитрит-нитрат хлорид кальция	Мочевина	Бихромат натрия	Бихромат калия	Тринарий-фосфат	Полиаминная смола
	НН	ХК	ННК	НН1	НКМ	ННХК	М	БХН	БХК	ТНФ	С89
Прочность	-	+	+	+		+				+	+
Плотность											
Подвижность смеси	+		+					+	+		
Пластичность смеси											
Удобоукладываемость	-	-	-		-	-	-				
Водопотребность		0		+		+				+	+
Расход цемента		-		-		-				-	-
Скорость твердения	+	+	+	+	+	+				+	+
Скорость схватывания	+	+	+	+	+	+	+			-/+*	+
Усадка		+									
Противоморозные свойства смеси	+	+	+		+	+	+				
Морозостойкость бетона											
Водонепроницаемость	+		+			+		+	+	+	
Склонность к высолообразованию	+	+									
Коррозионная стойкость		-									
Защита арматуры от коррозии	+	-			0	+	0	+	+		
Электропроводность	+	+	+	+		+		+	+	+	+

Продолжение табл. 1

Свойство бетонной смеси или свойство бетона	Полное и сокращенное наименование добавки										
	Сахарная патока	Этилсиликат натрия	Метилсиликат натрия	Вспомогательный препарат	Этилгидрид-сесквиоксид	Полигидросилоксан	Пудра алюминиевая	Сульфитно-дрожжевая бражка	Меласная упаренная последдрожжевая барда	Водорастворимый препарат	Мылонафт
	СП	ГКЖ-10	ГКЖ-11	ОП	ПГЭН	136-41	ПАК	СДБ	УПБ	ВРП1	М1
Прочность				-	-/0**	-/0**	-/0**				
Плотность				-	-	-	-				
Подвижность смеси	+	+	+					+	+	+	+
Пластичность смеси				+				+	+		
Удобоукладываемость				+							
Водопотребность		-	-	-	0	0	0	-	-	-	-
Расход цемента		-	-	-				-	-	-	-
Скорость твердения								-	-	-	
Скорость схватывания	-	-	-		-	-	0	-	-	-	
Усадка								+	+	+	
Противоморозные свойства смеси											
Морозостойкость бетона				+	+	+	+				
Водонепроницаемость				+	+	+	+				
Склонность к высолообразованию		-	-				+				
Коррозионная стойкость		+	+	+		+					
Защита арматуры от коррозии				+							
Электропроводность											

Окончание табл. 1

Свойство бетонной смеси или свойство бетона	Полное и сокращенное наименование добавки								
	Пластификатор адипиновый	Нейтрализованный черный контакт (натриевый)	Нейтрализованный черный контакт рафинированный	Смола нейтрализованная воздухововлекающая	Синтетическая поверхностно-активная добавка	Омыленный древесный пек	Смола древесная омыленная	Сульфол	Сульфированный поликонденсат + сульфат натрия
	ПАЩ-1	НЧК	КЧНР	СНВ	СПД	ЦНИПС	СДО	С	С-3
Прочность				-	-	-	-	-	-
Плотность				-	-	-	-	-	-
Подвижность смеси	+	+	+						+
Пластичность смеси				+	+	+	+	+	
Удобоукладываемость				+	+	+	+	+	+
Водопотребность	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Расход цемента	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Скорость твердения									-
Скорость схватывания									-
Усадка									
Противоморозные свойства смеси									
Морозостойкость бетона				+	+	+	+	+	+
Водонепроницаемость				+	+	+	+	+	+
Склонность к высолообразованию									
Коррозионная стойкость				+	+	+	+	+	+
Защита арматуры от коррозии				+	+	+	+	+	
Электропроводность									

Примечание: \* – для бетона с противоморозной добавкой поташа/в остальных случаях;  
\*\* – в открытой опалубке/в закрытой опалубке (с ограничением расширения бетона).

Согласно п. 6.1.3 СП 63.13330.2018, основными нормируемыми и контролируемым показателями качества бетона являются: класс по прочности на сжатие  $B$ ; класс по прочности на осевое растяжение  $Bt$ ; марка по морозостойкости  $F$ ; марка по водонепроницаемости  $W$ ; марка по средней плотности  $D$ ; марка по самоупрочению  $Sp$ . Но для практики строительства важны также технологические свойства бетонной смеси, такие как: пластичность, подвижность, удобоукладываемость, скорость схватывания и твердения. Эти параметры влияют на сроки выполнения строительных работ и, как следствие, на конечную стоимость возводимого объекта.

Электропроводность бетонной смеси важна при зимнем бетонировании, если используется технология с применением греющего провода. Также большое экономическое значение имеет расход цемента, который значительно дороже заполнителей; а в некоторых узкоспециализированных конструкциях предъявляются высокие требования к бетонам по коррозионной стойкости и ингибиторным свойствам по отношению к арматуре (СП 28.13330.2017).

Для изготовления напрягающих бетонов используют расширяющие добавки согласно ГОСТ 32803-2014, которые не рассматриваются в рамках статьи, поскольку являются минеральными. Однако некоторые химические добавки могут влиять на усадку бетона, а значит, и на величину самоупрочения. При ремонтных работах также необходимы безусадочные и саморасширяющиеся смеси, в которых недопустимо использовать добавки, увеличивающие усадку согласно ГОСТ Р 56378-2015. Методика испытания эффективности добавок описана в ГОСТ 30459-2008.

В таблице рассмотрено влияние 42-х химических добавок в бетон, влияющих на 17 свойств бетонной смеси и бетона. Комплексное применение

---

добавок позволяет получить нужные свойства с устранением ненужных последствий. Если, например, при улучшении параметра «прочность бетона» ухудшается параметр по коррозионной стойкости, нужно ввести вторую добавку улучшающую коррозионную стойкость. Составленная таблица содержит наиболее распространенные добавки и позволяет упростить процесс формирования комплексных добавок при подборе состава бетона.

Таблица также наглядно демонстрирует причины, по которым применение некоторых добавок ограничено. Так, например, согласно п. 5.4.7 СП 28.13330.2017 введение в состав бетона хлоридов не допускается при изготовлении следующих железобетонных конструкций: с напрягаемой арматурой; с ненапрягаемой проволочной арматурой диаметром 5 мм и менее; эксплуатируемых в условиях влажного или мокрого режима; с автоклавной обработкой; подвергающихся электрокоррозии. Причина этих ограничений – в уменьшении прочности бетона и снижении его ингибиторных свойств по отношению к арматуре.

Некоторые добавки оказывают разное влияние на бетон в зависимости от различных физико-механических условий, это видно из примечания к таблице. Например, при ограничении расширения бетона наружным давлением использование газообразующих добавок практически не дает снижения прочности. Однако при снятии ограничений пузырьки газа проникают к поверхности, и однородность их распределения в растворе нарушается. При этом могут возникнуть многочисленные горизонтальные трещины, связанные со значительным снижением прочности. Этот эффект возрастает при увеличении количества добавки [11, 12].

Также химические добавки могут изменять влияние минеральных добавок на бетон. Было обнаружено, что минеральная добавка *SRA* оказывает незначительное влияние на время схватывания бетона нормальной прочности, но проявляет довольно значительный замедляющий эффект при

---



использовании в сочетании с суперпластификатором в высокопрочном бетоне [14].

В разных источниках можно встретить противоречивую информацию о влиянии добавок на бетон. Например, в [7] приведены результаты испытаний на прочность образцов бетона с различным содержанием суперпластификатора С-3, из которых следует, что с увеличением содержания добавки С-3 прочность бетона снижается. Эти данные противоречат информации, содержащейся на многих специализированных сайтах, посвященных бетонам, таким как beton.info. В таблице указана обратная зависимость прочности от количества добавки С-3, так как эта информация имеет лабораторное подтверждение.

Большое количество пустых ячеек говорит о том, что на данный момент сведения о добавках в бетон являются неполными. Несмотря на то, что за последние годы проводились соответствующие лабораторные испытания с целью создания новых комплексных добавок, объем возможных исследований в этой сфере еще достаточно велик.

Большое разнообразие химических добавок к бетонам дает большие возможности в создании высокофункциональных, качественных бетонов. В то же время это усложняет подбор состава бетона для конкретных условий. Систематизация данных о влиянии основных химических добавок на свойства бетона и бетонной смеси в табличной форме упрощает работу по подбору добавок в бетон и демонстрирует новые области исследований по изучению свойств добавок. Использование данной таблицы может быть также полезно при обучении студентов строительных специальностей.

### Литература

1. Касторных Л.И. Добавки в бетоны и строительные растворы. Учебно-справ. пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. 221 с.

2. Невилль А.М. Свойства бетона. Пер. с англ. В.Д. Парфенова и Т.Ю. Якуб. М.: Книга, 2021. 344 с.
  3. Баженов Ю.М. Технология бетона: Учебник. М.: Изд. АСВ, 2011. 528 с.
  4. Рамачандран В.С., Фельдман Р.Ф., Коллепарди М., Мальхотра В.М., Долч В.Л., Мехта П.К., Охама И., Ратинов В.Б., Розенберг Т.И., Мэйлваганам Н.П., Рамачандран В. Добавки в бетон: Справ. пособие: Пер. с англ. Т.И. Розенберг и С.А. Болдырева. М.: Стройиздат, 1988. 575 с.
  5. Хигерович М.И., Байер В.Е. Гидрофобно-пластифицирующие добавки для цементов, растворов и бетонов. М.: Стройиздат, 1979. 125 с.
  6. Ложкин В.П. Противоморозные добавки для бетонов (второе поколение): Специализированный производственно-практический справочник // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 2(2). С. 290-291.
  7. Юхневский П.И. Термохимия реакций взаимодействия сульфатов натрия и алюминия с компонентами гидратирующегося портландцемента // Наука и техника. 2018. №2. С. 142-145.
  8. Налимова А.В. Влияние комплексной полимерной добавки на прочность и усадочные деформации цементного камня // Инженерный вестник Дона. 2012. №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/737](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/737).
  9. Несветаев Г.В., Козлов А.В., Филонов И.А. Влияние некоторых гидрофобизирующих добавок на изменение прочности цементного камня // Инженерный вестник Дона. 2013. №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1709](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1709).
  10. Хотянович О.Е. Комплексная химическая добавка для бетона // Труды БГТУ. Сер. 2. 2018. №1. С. 81-85.
  11. Моргун В.Н. Роль расширяющих добавок в управлении свойствами пенобетонов // Инженерный вестник Дона. 2008. №3. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/250](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/250).
-

12. Liu J., Yu C., Shu X., Ran Q., Yang Y. Recent advance of chemical admixtures in concrete // Cement and Concrete Research, 2019. Vol. 124, 105834. DOI:10.1016/j.cemconres.2019.105834.

13. Gaziev U.A., Akramov X.A., Shakirov T.T., Sh. T. Rakhimov. Effect of Relamix additive on cement properties // International Journal for Innovative Research in Multidisciplinary Field. 2019. Pp. 163-165.

14. Brooks J., Megat J. and Mazloom M. Effect of admixtures on the setting times of highstrength concrete // Cement and Concrete Composites, 2000. Vol. 22(4). Pp. 293-301. DOI:10.1016/S0958-9465(00)00025-1.

### References

1. Kastornyh L.I. Dobavki v betony i stroitel'nye rastvory. Uchebno-sprav. posobie [Additives in concrete and mortar. Educational and reference manual]. Rostov-na-Donu: Feniks, 2007. 221 p.

2. Nevill' A.M. Svoystva betona. Per. s angl. V.D. Parfenova i T.Ju. Jakub [Concrete Properties]. Moskva, 2021. 344 p.

3. Bazhenov Ju. M. Tehnologija betona: Uchebnik [Concrete technology: Textbook]. Moskva, 2011. 528 p.

4. Ramachandran V.S., Fel'dman R.F., Kolleparidi M., Mal'hotra V.M., Dolch V.L., Mehta P.K., Ohama I., Ratinov V.B., Rozenberg T.I., Mjejl'vaganam N.P., Ramachandran V. Dobavki v beton: Sprav. posobie: Per. s angl. T.I. Rozenberg i S.A. Boldyreva [Additives in concrete: A reference guide]. Moskva, 1988. 575 p.

5. Higerovich M.I., Bajer V.E. Gidrofobno-plastificirujushhie dobavki dlja cementov, rastvorov i betonov [Hydrophobic plasticizing additives for cements, mortars and concretes]. Moskva, 1979. 125 p.

6. Lozhkin V.P. Mezhdunarodnyj zhurnal jeksperimental'nogo obrazovaniya. 2015. №2(2). Pp. 290-291.

7. Juhnevskij P.I. Nauka i tehnika. 2018. №2. Pp. 142-145.



8. Nalimova A.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2012. №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/737](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/737).
9. Nesvetaev G.V., Kozlov A.V., Filonov I.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2013. №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1709](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1709).
10. Hotjanovich O.E. Trudy BGTU. Ser. 2. 2018. №1. Pp. 81-85.
11. Morgun V.N. Inzhenernyj vestnik Dona. 2008. №3. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/250](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/250).
12. Liu J., Yu C., Shu X., Ran Q., Yang Y. Cement and Concrete Research. 2019. Vol. 124. 105834. DOI:10.1016/j.cemconres.2019.105834.
13. Gaziev U.A., Akramov X.A., Shakirov T.T., Sh. T. Rakhimov. International Journal for Innovative Research in Multidisciplinary Field. 2019. Pp. 163-165.
14. Brooks J., Megat J. and Mazloom M. Cement and Concrete Composites, 2000. Vol. 22(4). Pp. 293-301. DOI: 10.1016/S0958-9465(00)00025-1.