

## Влияние суперпластифицирующих добавок на прочность бетона

*С.В. Дружинкин, Д.А. Немыкина, Е.А. Краснова*

*Сибирский федеральный университет, г. Красноярск*

**Аннотация:** Исследована эффективность применения в бетонах суперпластификаторов различной химической основы производства концерна MC-Bauchemie: PowerFlow 7951, Muraplast FK 49 и Centrament N 10. Изучено количественное влияние суперпластификатора на свойства цементного вяжущего и бетона. На основании полученных результатов исследований, рекомендуем расходы добавок для производства тяжелого бетона.

**Ключевые слова:** суперпластификатор, поликарбоксилат, лигносульфонат, нафталин, тяжелый бетон, прочность бетона, микроструктура.

С развитием монолитного строительства, а также с необходимостью снижения трудоемкости укладки бетонных смесей, повышение прочности бетона в различных эксплуатационных условиях, формирование монолитной структуры цементного камня являются актуальными направлениями в технологии бетона.

Добавки пластификаторы, значительно улучшающие свойства бетонных смесей, занимают лидирующее место среди многих других добавок, используемых в производстве бетона [1-3]. Основными преимуществами бетона с суперпластификатором являются: 1) высокая подвижность бетонной смеси, что приводит к ее простому размещению в формы без использования виброустановок; 2) высокопрочный бетон с высокой подвижностью, но более низким содержанием воды; 3) бетонную смесь с меньшим содержанием цемента, но с высокой прочностью. Таким образом, пластифицирующие модификаторы позволяют снизить затраты на продукцию из бетона, повысить ее качество, увеличить срок эксплуатации в различных условиях.

Пластифицирующими добавками являются поверхностно-активные вещества, их основным свойством является адсорбция молекул этих веществ

---

на поверхности тела с образованием очень тонких моно или бимолекулярных пленок слоя. Толщина этих пленок примерно в 100 000 раз меньше, чем средний размер частиц цемента. Этот показатель позволяет применять добавки поверхностно-активных веществ в очень небольшом количестве, выраженных в процентах по массе цемента. Основной особенностью действия пластифицирующих добавок на цементно-водные системы, является снижения их водопотребности и расхода вяжущего в бетонах и растворах [4, 5].

Суперпластификаторы представляют собой длинноцепочные полимеры, включающие большое количество полярных групп. Длинная прямолинейная углеводородная цепь способствует их высокой адгезии на зёрнах цемента. Вследствие этого электрокинетический дзета-потенциал снижается до 35 мВ и это приводит к сильной диспергации и взаимному отталкиванию цементных частиц [6-8].

По своей природе суперпластификаторы разделяют на четыре группы:

I – сульфированные меламиноформальдегидные смолы;

II – продукты конденсации нафталинсульфокислоты и формальдегида;

III – модифицированные (очищенные и практически не содержащие сахаров) лигносульфонаты;

IV – добавки на основе поликарбоксилатов [9-10].

В качестве вяжущего применялся портландцемент ЦЕМ I 42,5Н производства ООО «Красноярский цемент». В качестве крупного и мелкого заполнителей применялись щебень фракции 5-20 мм и песок с модулем крупности  $M_k = 2,66$  Березовского месторождения.

Объектом исследования были добавки суперпластификаторы производства концерна MC-Bauchemie: PowerFlow 7951 на основе эфиров поликарбоксилатов, Muraplast FK 49 - продукт конденсации нафталин формальдегида сульфоновой кислоты и Centrament N 10 на основе

---

технических лигносульфонатов. Исследования были проведены согласно ГОСТ 30459-2008 «Добавки для бетонов. Методы определения эффективности».

Нормальную плотность и сроки схватывания цементного теста определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 310.3-76 «Цементы. Методы определения нормальной плотности, сроков схватывания и равномерности изменения объема». Введение добавок варьировались в различных долях от массы цемента в соответствии с представленными производителем рекомендациями. Для изучения влияния добавок на прочность цементного камня, были изготовлены образцы-балочки, размером 40×40×10 мм.

В таблицах 1-3 представлено влияние добавок на свойства цементного теста и камня.

Таблица 1

Влияние Muraplast FK 49 на свойства цементного теста и камня

№ состава	Кол-во добавки, %	Н.Г, %	Сроки схватывания, ч-мин		Предел прочности при изгибе, МПа		Предел прочности при сжатии, МПа	
			начало	конец	7 сут	28 сут	7 сут	28 сут
1	-	26,55	2-45	3-20	4,5	7,3	38,2	51,2
2	0,2	25,6	2-15	2-55	8,2	9,8	38,2	49,8
3	0,5	25,8	1-58	2-47	8,5	10,3	39,1	52,8
4	1	24,3	1-45	3-06	8,9	10,6	42,0	56,8
5	1,5	22,2	1-50	2-51	9,3	11,0	51,3	64,2
6	2	22,3	1-52	2-41	8,3	9,9	39,6	51,4

Таблица 2

Влияние PowerFlow 7951 на свойства цементного теста и камня

№ состава	Кол-во добавки, %	Н.Г.,%	Сроки схватывания, ч-мин		Предел прочности при изгибе, МПа		Предел прочности при сжатии, МПа	
			начало	конец	7 сут	28 сут	7 сут	28 сут
1	-	26,55	2-45	3-20	4,5	7,3	38,3	51,2
2	0,2	24,3	2-32	4-02	5,4	10,0	37,3	52,4
3	0,5	22,8	2-10	3-58	5,6	10,9	50,9	68,4
4	1	17,3	1-47	3-35	6,6	11,4	63,4	78,2
5	1,5	16,3	1-45	3-27	6,3	11,6	58,8	74,0
6	2	14,5	1-48	3-25	5,5	11,0	53,0	66,0

Таблица 3

Влияние Centrament N 10 на свойства цементного теста и камня

№ состава	Кол-во добавки, %	Н.Г.,%	Сроки схватывания, ч-мин		Предел прочности при изгибе, МПа		Предел прочности при сжатии, МПа	
			начало	конец	7 сут	28 сут	7 сут	28 сут
1	-	26,55	2-45	3-20	4,5	7,3	38,2	51,2
2	0,2	24,2	2-50	3-25	4,6	7,9	32,1	52,3

3	0,5	23,3	3-00	3-30	5,2	8,4	35,6	54,9
4	1	21,0	2-57	3-34	5,3	8,6	38,1	60,1
5	1,5	20,3	2-51	3-31	5,5	8,4	35,1	58,4
6	2	19,5	3-01	3-40	5,4	8,3	31,8	55,9

Исследования показали, что введение добавок приводит к снижению водопотребности цементного теста. Добавки PowerFlow 7951 и Muraplast FK 49 уменьшают сроки схватывания цементного теста, что может увеличить скорость оборачиваемости опалубки на производстве железобетонных изделий. Введение добавки Centrament N 10 наоборот увеличивает сроки схватывания, что подходит для товарного бетона. Это говорит о том, что специфика выбора вида и расхода добавок должна производиться дифференцированно с учетом конкретного производства.

Установлено, что введение добавок в концентрациях: Muraplast FK 49 - 1,5%; PowerFlow 7951 и Centrament N 10 – 1% увеличивают прочность цементного камня, как на изгиб, так и сжатие.

Для определения влияния добавок на прочность бетона из равноподвижных бетонных смесей (ПЗ) готовились образцы – кубы размером 100×100×100 мм. Прочность образцов бетона на сжатие определяли в возрасте 3, 7, 28 суток нормального твердения. В таблице 4 представлены составы бетона и результаты их испытания на прочность.

Таблица 4

Предел прочности при сжатии бетонов с пластифицирующими добавками

№ соста ва	Расход материала на 1 м <sup>3</sup> бетона, кг				В/Ц	Предел прочности при сжатии, МПа		
	Ц	Щ	П	Добавка		3 сут	7 сут	28 сут

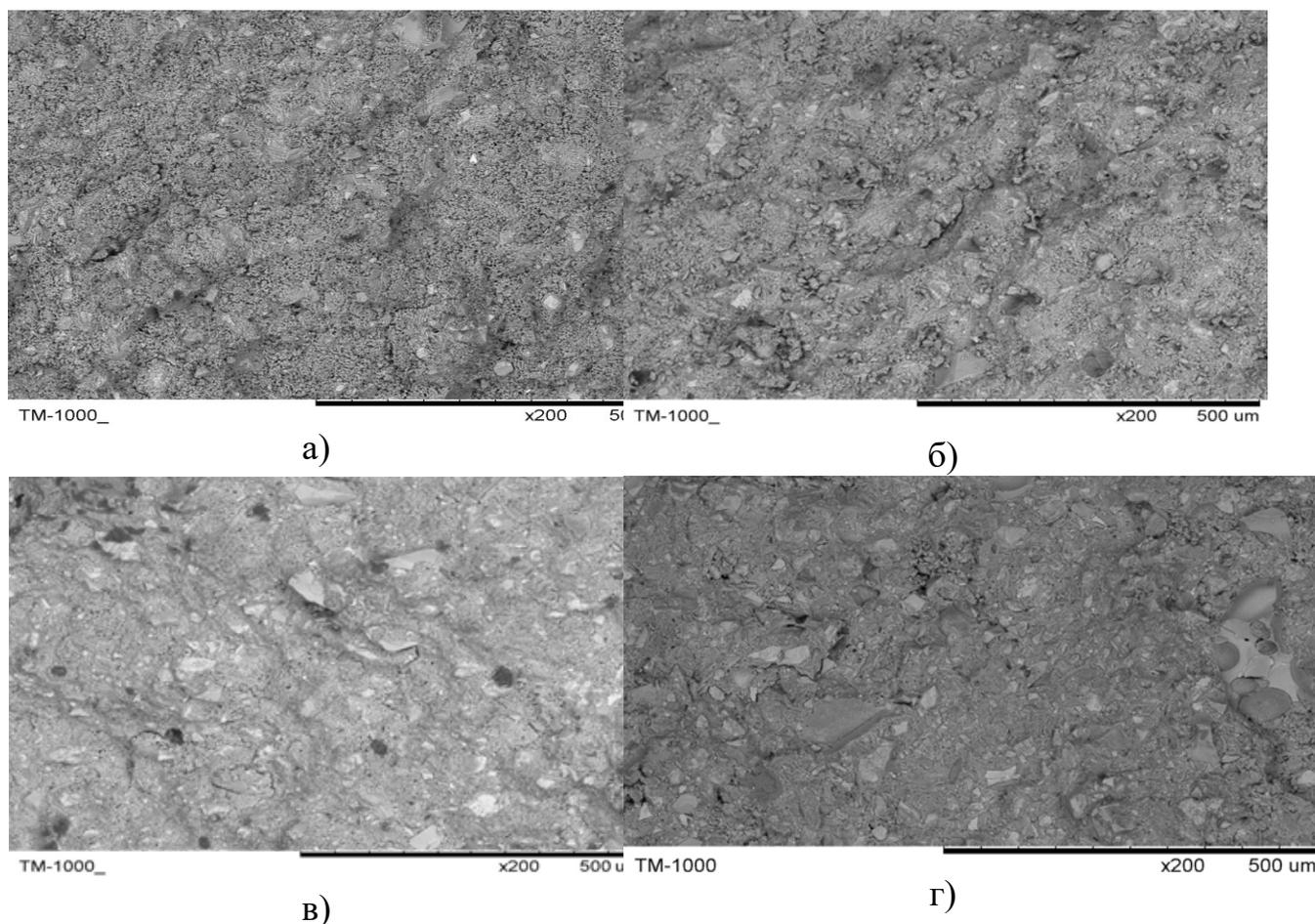
1	355	1100	710	индекс	%	0,56	21,2	27,4	35,5
2	355	1100	710	Power Flow 7951	0,8	0,45	30,8	36	42,5
3	355	1100	710		1	0,43	31,2	40	49,8
4	355	1100	710		1,2	0,43	29,5	34,8	42,4
5	355	1100	710	Centrament N 10	0,8	0,42	22,4	36,3	43,8
6	355	1100	710		1	0,42	22,3	35,4	44,3
7	355	1100	710		1,2	0,42	26,6	39,6	45
8	355	1100	710	Muraplast FK 49	1,2	0,44	21,6	29,1	41,5
9	355	1100	710		1,5	0,43	27,2	35,6	43
10	355	1100	710		1,8	0,45	26,3	37,1	47,5

Анализ результатов показывает, что присутствие пластификаторов в бетонной смеси позволяет снизить водопотребность на 20-23% в сравнении с контрольным составом при условии сохранения равноподвижности. Установлено, что наибольшим водоредуцирующим действием обладает добавка Centrament N 10.

По полученным результатам исследований прочности бетона было установлено, что оптимальной дозировкой добавок от массы цемента являются: PowerFlow 7951 и Centrament N 10 – 1 %, Muraplast FK 49 – 1,8 %.

В ходе проведенных исследований наиболее эффективное влияние на прочность бетона оказывает 1 % добавки PowerFlow7951, что приводит к увеличению прочности бетона на 29% в возрасте 28 суток по сравнению с контрольным составом.

На рис. 1 представлена микроструктура скола цементного камня контрольного состава и составов с оптимальным количеством добавок. Исследования проводились с помощью сканирующего микроскопа Hitachi TM-1000.



- а) контрольный состав; б) состав с добавкой Muraplast FK 49;  
в) состав с добавкой Centrament N 10; г) состав с добавкой PowerFlow7951

Рис.1 - Микроструктура скола цементного камня

Установлено, что в цементном камне контрольного состава структура имеет неоднородность, рыхловатость, наблюдается неоднородный рельеф с углублениями в виде контракционных пор. В цементном камне с добавками в структуре наблюдаются сформированные новообразования в основном крупных высокоосновных гидросиликатов, которые плотно зажаты основной массой. Скол имеет более плавный рельеф, без резких перепадов. Не наблюдаются обособленные элементы, выступающие из однородной массы. Поверхность образца выглядит монолитной, пластинки низкоосновного

гидросиликата кальция заполняют пространство между частицами вяжущего, что способствует достижению высокой прочности твердеющей системы.

Проведенные исследования показали, что введение пластифицирующих добавок благоприятно влияет на свойства бетонной смеси. По совокупности результатов исследований были выявлены оптимальные расходы пластификаторов в процентах от массы цемента.

Исследования микроструктуры цементного камня с добавками, подтвердили повышение прочностных показателей за счет водоредуцирующего эффекта, способствующего более высокой степени гидратации и получению плотной, монолитной структуры.

### Литература

1. Изотов В.С., Соколова Ю.А. Химические добавки для модификации бетона // М.: «Палеотип», 2006. 244 с.
2. Коровкин М.О., Ерошкина Н.А. Влияние опоки и суперпластификатора на свойства цемента // Инженерный вестник Дона, 2016, №4 URL: [vdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3865](http://vdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3865)
3. Коровкин М.О., Гринцов Д.М., Ерошкина Н.А. Рациональное применение инертных минеральных добавок в технологии бетона // Инженерный вестник Дона, 2017, №3 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2017/4361](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2017/4361)
4. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. М.: Технопроект, 1998, 560 с.
5. Tarakanov O., Belyakova E. The Influence of Plasticizers on the Composition of Cement Stone Hydration Products // Advances in Engineering Research, 2016, Vol. 93/ pp. 186-191
6. Юхневский П.И. Влияние химической природы добавок на свойства бетонов. Минск: БНТУ, 2013, 310 с.

7. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. 2-е изд. М.: Стройиздат, 1989. 188 с.
8. Глекель Ф.Л. Физико-химические основы применения добавок к минеральным вяжущим. Ташкент: Фан, 1975. 200 с.
9. Shah S N R., Aslam M, Oad R. Behaviour of Normal Concrete Using Superplasticizer under Different Curing Regimes // Pak. J. Engg. & Appl. Sci., 2014, Vol. 15, pp. 87-94
10. Хигерович М.И., Байер В.Е. Гидрофобно-пластифицирующие добавки для цементов, растворов и бетонов. М.: Стройиздат, 1979, 126 с.

### References

1. Izotov V.S., Sokolova YU.A. Khimicheskiye dobavki dlya modifikatsii betona [Chemical additives for concrete modification] М.: «Paleotip», 2006. 244 p.
2. Korovkin M.O., Yeroshkina N.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №4. URL: [vdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3865](http://vdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3865)
3. Korovkin M.O., Grintsov D.M., Yeroshkina N.A. Ižnenernyi vestnik Dona(Rus), 2017, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2017/4361](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2017/4361)
4. Batrakov V.G. Modifitsirovannyye betony. Teoriya i praktika [Modified concrete. Theory and practice] М.: Tekhnoprojekt, 1998, 560 s.
5. Tarakanov O., Belyakova E. Advances in Engineering Research, 2016, Vol. 93/ pp. 186-191
6. Yukhnevskiy P.I. Vliyanie khimicheskoy prirody dobavok na svoystva betonov [Influence of the chemical nature of additives on the properties of concrete] Minsk: BNTU, 2013, 310 s.
7. Ratinov V.B., Rozenberg T.I. Dobavki v beton [Additives in concrete] 2-e izd. М.: Stroyizdat, 1989. 188 s.



8. Glekel' F.L. Fiziko-khimicheskiye osnovy primeneniya dobavok k mineral'nym vyazhushchim [Physicochemical basis of application of additives to mineral binders]. Tashkent: Fan, 1975. 200 p.

9. Shah S N R., Aslam M, Oad R. Pak. J. Engg. & Appl. Sci., 2014, Vol. 15, pp. 87-94

10. Khigerovich M.I., Bayyer V.Ye. Gidrofobno-plastifitsiruyushchiye dobavki dlya tsementov, rastvorov i betonov [Hydrophobic-plasticizing additives for cements, mortars and concretes.] M.: Stroyizdat, 1979, 126 p.