

## Подбор состава мелкозернистого бетона с применением различных пластификаторов

*Д.А. Ляшенко, В.А. Перфилов, А.М. Буров, М.Е. Николаев, А.А.*

*Коноваленко*

*Волгоградский Государственный Технический Университет Институт  
Архитектуры и Строительства*

**Аннотация:** В статье рассматривается влияние различных суперпластификаторов на эксплуатационные характеристики бетона. Проведена серия испытаний образцов-балочек мелкозернистого бетона модифицированных пластификаторами различного типа. Экспериментально определено оптимальное количество вводимой добавки для сравнения пластифицирующего эффекта цементно-песчаной смеси. Приведены экспериментальные данные с указанием основных эксплуатационных характеристик материала в зависимости от используемой добавки. Определена наиболее эффективная добавка «Полипласт СП-3».  
**Ключевые слова:** бетон, мелкозернистый бетон, смесь, лигносульфонаты, поликарбоксилаты, нафталинсульфонаты, пластификатор, суперпластификатор, водопотребность, пластичность.

### Введение

Важнейшими технологическими свойствами бетонной смеси является ее обрабатываемость, неизменность свойств, водопотребность и воздухопроницаемость. Получение бетонной смеси повышенной пластичности позволяет укладывать ее в труднодоступные места, такие как тонкостенные, бетонные конструкции, либо высокоармированные участки. На сегодняшний день имеется множество добавок, направленных на повышение пластичности смеси; в зависимости от степени эффективности их разделяют на пластификаторы и суперпластификаторы. Они относятся к группе водорастворимых добавок, применение которых позволяет повысить пластичность бетонной смеси без снижения прочности. Использование таких материалов позволяет избегать дополнительных трудозатрат при строительстве, а также снижает материальные затраты. Предметом данного исследования являются пластификаторы – добавки, повышающие пластические свойства смеси. Их применение позволяет понизить водоцементное отношение при одинаковой растекаемости, что в свою

очередь без изменений прочностных показателей приводит к повышению обрабатываемости смеси. Для бетонов без применения добавок обычно используется избыток воды затворения, для увеличения пластических свойств смеси, что приводит к повышению степени пористости, и, как следствие, снижает прочность материала. Пластификаторы позволяют избежать этого недостатка [1].

### **Актуальность**

Актуальной задачей строительного комплекса является повышение качества бетона и железобетона, достижение требуемых характеристик успешно решается с помощью применения химических добавок [2-4]. Химические добавки являются наиболее доступным и простым способом повышения свойств бетонов, что даёт возможность значительно снизить затраты на единицу продукции. Такие добавки позволяют повысить эффективность широкого спектра номенклатуры железобетонных конструкций путем увеличения сроков службы и повышения эксплуатационных характеристик.

В настоящее время не существует стандартной классификации добавок для цемента и бетонов. Стоит отметить, что разные страны создали свои собственные системы классификаций. Ввиду большого спектра химических добавок, а также воздействий на бетонную смесь, получаемый материал может существенно отличаться от немодифицированных бетонов [5].

### **Теоретическая часть**

На сегодняшний день широко применяются пластификаторы на основе лигносульфонатов, поликарбоксилатов и нафталинсульфонатов [6].

Лигносульфанаты – продукт сульфирования природных полимеров лигнина, который содержится в древесине. Исходя из этого, отходы от деревообработки являются источником для их получения. Следует учитывать, что необработанный лигносульфанат содержит в составе

---

древесный сахар, который увеличивает сроки схватывания бетона, что способствует повышению воздухововлечения в бетоны. Лигносульфонаты относят к суперпластификаторам, они способны повысить пластичность смеси от П1 до П4, а также позволяет снизить потребность в воде затворения до 15%.

Нафталинсульфонаты могут применяться в комплексе с лигносульфонатами. Они также относятся к суперпластификаторам, позволяют снизить водопотребность до 25%. Их введение в оптимальном количестве не влияет на сроки гидратации цемента. Однако в больших концентрациях он способствует замедлению схватывания. В связи с этим, не рекомендуется применение пластификаторов на их основе при низком расходе цемента.

Сегодня наиболее эффективными пластификаторами являются добавки на основе сложных эфиров поликарбоксилатов. Такие пластификаторы имеют достаточно гибкую химическую структуру, благодаря чему можно получать молекулы с заданными свойствами [7]. Такие добавки применяются для приготовления самоуплотняющейся бетонной смеси. Однако, для получения более стабильных показаний, необходим жесткий контроль технологии приготовления для снижения возможных отклонений [8].

Принцип действия пластифицирующих добавок основан на том, что молекулы добавок, адсорбируясь на поверхности частиц компонентов бетонной смеси, образуют тонкий слой, который способствует смачиваемости смеси. Помимо пластифицирующего эффекта такие модификаторы повышают эффективность равномерного распределения всех компонентов при размешивании бетонной смеси. Цель исследования заключается в выборе оптимальной пластифицирующей добавки и подборе оптимального состава.

---

## Экспериментальная часть

Одной из самых важных характеристик бетонной смеси является ее пластичность или подвижность. Главным образом этот фактор зависит от количества вводимой в состав воды затворения. Бетонные смеси имеют собственную водоудерживающую способность, которая может быть определена проведением опытных экспериментов [9,10]. Введение большего количества воды затворения увеличивает пористость материала и, как следствие, понижает его прочность. В связи с этим, для повышения пластичности смеси, без изменения водоцементного отношения, а также возможности его понижения, применяются различные добавки суперпластификаторы.

Для проведения исследований была выбрана группа пластификаторов. Эффективность добавок для каждого исследуемого состава определялась с помощью вискозиметра Суттарда.

Пластифицирующие свойства добавок в данной работе изучались путем изготовления образцов-балочек размером 40x40x160 мм. Балочки изготавливались из состава цементно-песчаной смеси Ц:П= 1:3. Для лабораторных исследований использовались следующие материалы: цемент «Eurocement» марки М500Д0, «Цемрос» с модулем крупности 1.9. Были исследованы модифицирующие свойства следующих современных добавок: суперпластификаторы: «С-3», «Полипласт СП-3», «ПФМ НЛК», «ПОЛИПЛАСТ СП-4», «Динамикс СП-180», «Полипласт премиум», «Аэропласт», «Реламикс Т2», «Полипласт СП Суб». Суперпластификаторы вводились в бетонную смесь, размешанные в воде затворения, в количестве 0,5 % от массы цемента.

Исследование направлено на разработку бетонной смеси с достижением требуемых эксплуатационных характеристик. Определялись пластификаторы, которые будут использоваться для дальнейшего изучения

---

комплексных модифицирующих добавок бетона. Как показывают результаты, пластифицирующие добавки действуют избирательно к разным видам цемента, благодаря влиянию минерального и химического состава цемента на водорастворимые добавки [11,12].

В данном исследовании водоцементное отношение определялось опытным путем в целях получения равноподвижных смесей. Для каждого состава изготавливались образцы при нормальных условиях твердения (22оС, влажность 80-100%). При достижении 28 суток нормального твердения, все образцы исследуемого мелкозернистого бетона испытывались на прочность при сжатии и изгибе, согласно ГОСТ 10180 с применением ультразвукового прибора «Пульсар 1.2». Результаты проведенных испытаний представлены в таблице и 1 и на графике 1.

Таблица №1.

Характеристики исследуемых составов с применением различных пластификаторов

Наименование	Распływ стандартного конуса, мм	В/Ц	Плотность кг/м <sup>3</sup>	Прочность, МПа
Эталон	106	0,48	2220,7	53,7
<b>СП-4</b>	<b>108</b>	<b>0,36</b>	<b>2277,34</b>	<b>68,1</b>
С-3	106	0,36	2281,25	64,5
ПФМ НЛК	107	0,36	2250	62,9
Динамикс СП-180	110	0,36	2286,33	65,4
Полипласт премиум	111	0,36	2264,45	66,4
Аэропласт	109	0,36	2234,38	60,7
<b>Реламикс Т2</b>	<b>107</b>	<b>0,36</b>	<b>2217,58</b>	<b>68,7</b>
Полипласт СП Суб	<b>109</b>	<b>0,36</b>	2235,55	65,9

СП-3	113	0,36	2235,55	67,8
------	-----	------	---------	------

При определении пластифицирующих свойств смеси с применением добавки использовалась методика по стандартному расплыву конуса. Наибольший пластифицирующий эффект показал суперпластификатор «СП-3». Наибольшую прочность при сжатии показали мелкозернистые бетоны, имеющие в своем составе суперпластификатор «Полипласт СП-3», а также «Реламикс 2Т» и «СП-4». Наблюдался рирост прочности в сравнении с эталонными образцами, соответственно, 20,5%, 21,9 %, 21,3 %.



1 – Эталон; 2 – СП-4; 3 – СП-3; 4 – ПФМ НЛК; 5 – Ламинакс СП-180; 6 – Полипласт Премиум; 7 – Аэропласт; 8 – Реламикс Т2; 9 – Полипласт СП Суб Т2; 10 – СП-3.

График №1. Влияние пластифицирующих добавок на прочность мелкозернистого бетона.

Результаты исследований подтверждают, что пластификаторы на основе поликарбоксилата более эффективны, для сравнения при одинаковом

количестве добавки, оптимальной дозировки. Помимо этого они имеют низкую чувствительность к составу и типу цементного вяжущего.

### Выводы

Исследование всех составов с применением различных пластификатора показали положительный эффект увеличения пластичности смеси. Введение в сырьевую смесь добавки «Полипласт СП-3» способствовало наибольшему повышению подвижности смеси. Введение 0,5% по массе вяжущего, вдобавок позволило снизить водоцементное отношение на 25%, что привело к увеличению прочности и плотности мелкозернистого бетона. В сравнении с контрольным образцом, модифицированные пластификаторами бетоны показали увеличение прочности до 21%.

### Литература

1. Демьянова В.С., Калашников В.И., Мишин А.С., Кузнецов Ю.С. К вопросу оценки блокирующей функции суперпластификаторов на кинетику твердения цементов // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции: Композиционные строительные материалы. Теория и практика. Пенза. 2002. С. 54-60
2. Несветаев Г.В., Малютин Т.А. Влияние добавок – модификаторов на процессы гидратации портландцемента // Строительство – 2003. Материалы международной. конференции. – Ростов-на-Дону: РГСУ. 2003. С. 16-17.
3. Калашников В. И. Терминология науки о бетоне нового поколения // Строительные материалы. 2011. № 3. С. 103–106.
4. Brandl Johannes Selbstverdichtender Beton beim Bau eines U-Bahnhofs // Beton. 2003. №9 P. 424-427.
5. Несветаев Г.В., Налимова А.В. Оценка эффективности суперпластификаторов применительно к отечественным цементам // Бетон и железобетон в третьем тысячелетии: Материалы 2-й международной конференции – Ростов-на-Дону. 2002. С.269-274.

6. 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)
7. Мозгалев К.М., Головнев С.Г. Самоуплотняющиеся бетоны: возможности применения и свойства // Академический вестник УралНИИПроект РААСН. №4. 2011. С. 70-74.
8. Ильин И.С., Карпик Д.С., Никифоров Э.А., Бардин Е.С. Использование пластификаторов в строительстве // Научные исследования. №4 (15). 2017. С. 25-26
9. Боровикова С.О., Потапова Е.Н. подвижность и удобоукладываемость цементного теста в присутствии добавок // Успехи в химии и химической технологии: сб. науч. тр. Том XXXII, № 2 (198). – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2018. С. 40-41
10. 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)
11. Дмитренко А.Е., Хачатурян А.П., Махинин Б.В., Оценка эффективности органических и минеральных добавок в мелкозернистом бетоне // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. 2012. Т. 1. С. 289-295.
12. Макушина Ю.В. К вопросу об идентификации добавок-пластификаторов для бетонов // Вестник инженерной школы ДВФУ. 2022. №2 (51). С. 90-96.

### References

1. Dem`yanova V.S., Kalashnikov V.I., Mishin A.S., Kuznecov Yu.S. K voprosu ocenki blokiruyushhej funkicii superplastifikatorov na kinetiku tverdeniya cementov. Sbornik nauchny`x trudov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy





konferencii: Kompozicionny`e stroitel`ny`e materialy`. Teoriya i praktika. Penza. 2002. pp. 54-60

2. Nesvetaev G.V., Malyutina T.A. Vliyanie dobavok – modifikatorov na processy` gidratacii portlandcementsa. Stroitel`stvo. 2003. Materialy` mezhdunarodnoj. Konferencii. Rostov-na-Donu: RGSU. 2003. pp. 16-17.

3. Kalashnikov V. I. Stroitel`ny`e materialy`. 2011. № 3. pp. 103–106.

4. Brandl Johannes Selbstverdichtender Beton beim Bau eines U-Bahnhofs. Beton. 2003. №9 pp. 424-427.

5. Nesvetaev G.V., Nalimova A.V. Ocenka e`ffektivnosti superplastifikatorov primenitel`no k otechestvenny`m cementam. Beton i zhelezobeton v tret`em ty`syacheletii: Materialy` 2j mezhdunarodnoj konferencii. Rostov-na-Donu. 2002. pp. 269-274.

6. 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)

7. Mozgalev K.M., Golovnev S.G. Akademicheskij vestnik UralNIIProekt RAASN. №4. 2011. pp. 70-74.

8. Il`in I.S., Karpik D.S., Nikiforov E`.A., Bardin E.S. Nauchny`e issledovaniya. №4 (15). 2017. pp. 25-26

9. Borovikova S.O., Potapova E.N. podvizhnost` i udobouklady`vaemost` cementnogo testa v prisutstvii dobavok. Uspexi v ximii i ximicheskoy texnologii: sb. nauch. tr. Tom XXXII, № 2 (198). M.: RXTU im. D. I. Mendeleeva, 2018. pp. 40-41

10. Nalimova A.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2012. №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/737](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/737)

11. Dmitrenko A.E., Xachaturyan A.P., Maxinin B.V., Nauchno-texnicheskoe i e`konomicheskoe sotrudnichestvo stran ATR v XXI veke. 2012. Vol. 1. pp. 289-295.



12. Makushina Yu.V. K Vestnik inzhenernoj shkoly` DVFU. 2022. №2 (51). pp. 90-96