

## Новый способ приготовления мелкозернистых бетонных смесей

*Е.А. Шляхова, М.А. Шляхов*

*Ростовский государственный строительный университет*

**Аннотация:** Разработан новый способ приготовления мелкозернистых бетонных смесей с микронаполнителем и суперпластификатором, обеспечивающий снижение расхода цемента на 15% и суперпластификатора на 25%.

**Ключевые слова:** мелкозернистый бетон, дисперсный минеральный микронаполнитель, добавка суперпластификатор, новый способ приготовления смеси.

Поскольку бетон и железобетон на сегодняшний день и в перспективе остаются основными строительными материалами, расширение сырьевой базы и разработка ресурсосберегающих технологий их производства, приобретают острую актуальность. Это связано, прежде всего с тем, что ряд регионов Российской Федерации испытывает дефицит месторождений горных пород для получения крупного заполнителя для приготовления бетонных смесей. В большинстве случаев щебень приходится транспортировать к месту потребления на расстояния от 300 до 1000 км.

Потребность в крупном заполнителе может быть существенно снижена за счет расширения применения мелкозернистого бетона, в частности песчаного бетона с наибольшей крупностью зерен не более 5 мм.

Несомненными достоинствами мелкозернистых бетонов являются снижение затрат на производство и транспортировку крупного заполнителя, а также более однородная структура, обеспечивающая высокие показатели прочности при растяжении, морозостойкости водонепроницаемости [1].

Вместе с тем, широкое применение мелкозернистых бетонов сдерживается тем, что замена крупного заполнителя песком увеличивает пустотность и водопотребность минерального остова бетона, что в свою очередь обуславливает увеличение расхода цемента. Высокий расход цемента не только удорожает получаемый продукт, но и вызывает увеличение усадки бетона и другие негативные явления [2].

Для уменьшения расхода цемента в мелкозернистых бетонах широко известно применение дисперсных минеральных добавок - микронаполнителей и пластифицирующих добавок [3]. Эффективность применения микронаполнителей зависит от наличия реальной местной сырьевой базы для их получения и энергозатрат на измельчение исходного минерального сырья [4].

Что касается использования пластификаторов в бетоне, то техническая и патентная литература охватывает большое количество таких добавок, включая широкую гамму суперпластификаторов новых поколений. Однако известные методы приготовления бетонных смесей не позволяют уменьшить расход дорогостоящих пластифицирующих добавок без снижения достигаемого от их использования технического эффекта [5,6].

Цель настоящей работы заключалась в достижении ресурсо- и энергосберегающего эффекта за счет получения на основе местного сырья эффективного микронаполнителя и разработки технологии приготовления мелкозернистой бетонной смеси, обеспечивающей снижение расхода суперпластифицирующих добавок.

В качестве исходного сырья для получения микронаполнителя была принята широко распространенная в Ростовской области карбонатно-кремнеземистая опока, разведанные запасы которой весьма обширны [7,8]. Несомненными достоинствами данного сырья является его пониженная твердость, что обуславливает снижение в 2-3 раза энергозатрат при его измельчении по сравнению с получением известных микронаполнителей, таких как молотый кварцевый песок, измельченные металлургические шлаки и др. [9].

В исследованиях использовали опоку Масловского месторождения Ростовской области с содержанием оксидов: 59,02% SiO<sub>2</sub>; 3,57% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 1,65% (FeO + F<sub>2</sub>O<sub>3</sub>); 18,87% (CaO + MgO); 0,03%SO<sub>3</sub>; 0,15% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 2,30% (Na<sub>2</sub>O +

---

$K_2O$ ); 14,1% п.п.п. Исследуемая микропористая порода светло-желтого цвета состоит главным образом из частиц опалкристобаллитового кремнезема размерами менее 5 мкм. Карбонатная часть опоки представляет собой кальций органогенных и нелитоморфных форм.

В измельченном до удельной поверхности 1500-2000  $cm^2/g$  состоянии, порода имеет насыпную плотность в пределах 700-950  $kg/m^3$ . При этом истинная плотность исследуемых опок составляет 2,1-2,5  $g/cm^3$ .

В качестве пластифицирующей добавки использовали суперпластификатор ПОЛИПЛАСТ СП-1, отвечающий требованиям ТУ 5870-005-58042865-2005. Вяжущим веществом служил портландцемент марки 500 Д20 Черкесского цементного завода, мелким заполнителем – Ливенцовский песок с модулем крупности  $M_{кр}=1,32$ .

Для достижения поставленной цели был разработан новый способ приготовления мелкозернистобетонной смеси с микрозаполнителем на основе карбонатно-кремнеземистой опоки, приоритетная новизна которого защищена патентом на изобретение № 2535321.

Сущность предложенного способа приготовления мелкозернистобетонной смеси с микрозаполнителем заключается в целенаправленном изменении порядка смешивания компонентов и гомогенизации смеси.

При традиционном одностадийном способе приготовления смеси повышенный расход суперпластификатора может быть связан с тем, что часть добавки адсорбируется тонкодисперсными частицами исходных компонентов и продуктов гидратации цемента. При этом концентрация суперпластификатора в жидкой фазе уменьшается, что снижает пластифицирующий эффект [10].

Для устранения этого недостатка предложено на первой стадии приготовления смеси перемешивать до получения однородной массы цемент,

---

микронаполнитель, часть песка и долю воды затворения. На второй стадии к полученной массе добавляется оставшая часть песка и воды, а также суперпластификатор. После этого окончательно перемешиваются все компоненты до получения однородной смеси.

Рассматриваемые составы приведены в таблице №1, эффективность предложенного способа по сравнению с одностадийным, принятым в качестве прототипа, представлена в таблице №2.

Таблица № 1

Составы мелкозернистобетонных смесей

№ опыта	Способ приготовления бетонной смеси	Расход материалов по стадиям приготовления смеси, на 1-й стадии/ на 2-й стадии								Количество добавки ПОЛИ-ПЛАСТ СП-1, % от расхода цемента (по сухому веществу)
		цемент		наполнитель		песок		вода		
		кг/м <sup>3</sup>	%	кг/м <sup>3</sup>	%	кг/м <sup>3</sup>	%	л/м <sup>3</sup>	%	
1	Прототип	0	0	160	100	1440	100	180	100	0,6
		400	100	0	0	0	0	0	0	0
2	Предлагаемый	340	85	160	100	720	50	120	75	0
		0	0	0	0	720	50	40	25	0,45
340		85	160	100	792	55	112	70	0	
0		0	0	0	648	45	48	30	0,45	
4		340	85	160	100	864	60	104	65	0
0		0	0	0	576	40	56	35	0,45	
5	340	85	160	100	936	65	96	60	0	
0	0	0	0	504	35	64	40	0,45		
6	340	85	160	100	1008	70	88	55	0	
0	0	0	0	432	30	72	45	0,45		

Анализируя представленные в таблице №2 результаты испытаний, можно сделать вывод о том, что граничные пределы расхода песка на первой

стадии перемешивания смеси составляет 55-65% от общего его расхода в составе смеси, а пределы расхода воды затворения на первой стадии – в пределах 60-70% от общего ее расхода на приготовление смеси (составы №№ 3,4,5). Выход за указанные пределы как в большую (состав №2), так и в меньшую сторону (состав №5) снижают прочностные показатели получаемого материала.

Результаты испытаний свидетельствуют о том, что предлагаемый способ обеспечивает возможность снижения расхода цемента на 15 % и суперпластификатора на 25%.

Таблица №2

Результаты испытаний

№ опыта	Способ приготовления бетонной смеси	Прочность, $\frac{\text{МПа}}{\%}$ при твердении в условиях:			
		28 суток нормального твердения		твердение при ТВО	
		Рсж	Ризг	Рсж	Ризг
1	Прототип	$\frac{30,8}{100}$	$\frac{6,2}{100}$	$\frac{19,1}{62}$	$\frac{3,6}{58}$
2	Предлагаемый	$\frac{29,8}{97}$	$\frac{6,3}{101}$	$\frac{20,3}{68}$	$\frac{4,1}{65}$
3		$\frac{31,7}{103}$	$\frac{6,6}{107}$	$\frac{22,5}{71}$	$\frac{4,8}{73}$
4		$\frac{32,7}{106}$	$\frac{7,0}{112}$	$\frac{24,2}{74}$	$\frac{5,5}{78}$
5		$\frac{32,3}{105}$	$\frac{6,8}{109}$	$\frac{23,6}{73}$	$\frac{5,2}{76}$
6		$\frac{31,1}{101}$	$\frac{6,4}{104}$	$\frac{21,5}{69}$	$\frac{4,8}{73}$

Литература

1. Hoffman G. Concrete: Making a good building material better // TRNews. 1997. №188. pp. 15-19.

2. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: АСВ, 2003. 500 с.
3. Шляхова Е.А., Холостова А.И. К вопросу повышения качества мелкозернистых бетонов на мелких песках // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2110/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2110/).
4. Красный И.М. О механизме повышения прочности бетона при введении микронаполнителя // Бетон и железобетон. 1987. №5. С. 10-11.
5. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. 2-е изд. М.: Стройиздат, 1989. 188 с.
6. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. М.: Технопроект, 1998. 560 с.
7. Котляр В.Д., Братский Д.И. Вещественный состав и дообжиговые керамические свойства глинистых опок // Инженерный вестник Дона, 2010, №4 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2010/249](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2010/249).
8. Котляр В.Д., Устинов А.В. Эффективная стеновая керамика на основе опок и отходов углеобогащения // Интернет-журнал Науковедение, 2013, №3(16) URL: [cyberleninka.ru/article/n/effektivnaya-stenovaya-keramika-na-osnove-opok-i-othodov-ugleobogascheniya](http://cyberleninka.ru/article/n/effektivnaya-stenovaya-keramika-na-osnove-opok-i-othodov-ugleobogascheniya).
9. Labahn Otto. Ratgeber fur Zementingenieure, Berlin, VEB Verlag fur Bauwesen, 1982. 756 p.
10. Рояк С.М., Рояк С.Г. Специальные цементы. 2-е изд. М.: Стройиздат, 1989. 279 с.

### References

1. Hoffman G. Concrete: Making a good building material better TRNews. 1997. №188. pp. 15-19.
  2. Bazhenov Yu.M. Tekhnologiya betona [Concrete technology]. М.: ASV, 2003. 500 p.
  3. Shlyakhova E.A., Kholostova A.I. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №4 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2110/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2110/).
-



4. Krasnyy I.M. Beton i zhelezobeton. 1987. №5. pp. 10-11.
5. Ratinov V.B., Rozenberg T.I. Dobavki v beton [Additives in concrete]. 2-e izd. M.: Stroyizdat, 1989. 188 p.
6. Batrakov V.G. Modifitsirovannye betony. Teoriya i praktika [Modified concretes. Theory and practice]. M.: Tekhnoproekt, 1998. 560 p.
7. Kotlyar V.D., Bratskiy D.I. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2010, № 4 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2010/249](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2010/249).
8. Kotlyar V.D., Ustinov A.V. Internet-zhurnal Naukovedenie, 2013, № 3(16) URL: [cyberleninka.ru/article/n/effektivnaya-stenovaya-keramika-na-osnove-opok-i-othodov-ugleobogascheniya](http://cyberleninka.ru/article/n/effektivnaya-stenovaya-keramika-na-osnove-opok-i-othodov-ugleobogascheniya).
9. Labahn Otto. Ratgeber fur Zementingenieure, Berlin, VEB Verlag fur Bauwesen, 1982. 756 p.
10. Royak S.M., Royak S.G. Spetsial'nye tsementy [Special cements]. 2-e izd. M.: Stroyizdat, 1989. 279 p.