

УДК 691.322

Д. А. ПАНИКИН

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

РАЗРАБОТКА САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ БЕТОНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОТХОДОВ КАМНЕДРОБЛЕНИЯ

Представлен опыт разработки и практического применения самоуплотняющихся бетонов с применением отходов камнедробления при производстве железобетонных изделий крупноблочного домостроения.

самоуплотняющийся бетон, подбор состава бетона, отходы камнедробления, песчано-щебеночная смесь С-7, крупноблочное домостроение

Получение бетонной смеси, способной уплотняться под действием силы тяжести, устойчивостью к расслоению и способностью, преодолевая препятствия, проникать в ограниченные зоны, узкие секции без расслоения и потери однородности (самоуплотняющиеся бетонные смеси) обеспечивается:

- увеличением объема реологической матрицы за счет введения минеральных наполнителей (микрокремнезема, золу уноса, измельченных доменных шлаков, молотых горных пород и др.) [1];
- тщательным подбором гранулометрического состава заполнителей (с использованием минимум трех видов заполнителей) с обеспечением наиболее плотной упаковки и минимального значения трения между частицами заполнителя;
- применением высокоэффективных суперпластификаторов (как правило, добавок на поликарбоксилатной основе) [2].

Соблюдение вышеуказанных требований предопределяет использование бетонных смесей, включающих семь и более компонентов.

Использование многокомпонентных составов, прежде всего экономически оправданно при изготовлении бетонов с уникальными эксплуатационными характеристиками [3], предназначенных для строительства особо ответственных зданий и сооружений.

Для рядовых бетонов, применяемых при строительстве монолитных зданий и сооружений, а также при производстве изделий сборного железобетона, применение минеральных наполнителей, соизмеримых со стоимостью портландцемента (а иногда и превышающую ее), использование дорогостоящих высокоэффективных суперпластификаторов (гиперпластификаторов) на поликарбоксилатной основе и фракционированных заполнителей, приводит к значительному удорожанию самоуплотняющегося бетона в сравнении с традиционными рядовыми вибрируемыми бетонами.

Кроме того, возникает необходимость в оснащении бетоносмесительных установок бункерами для раздельного промежуточного хранения 3-х и более фракций заполнителей, в дополнительных силосах и дозаторах для минеральных добавок.

Таким образом, экономическая эффективность за счет отказа от уплотнения, сокращения сроков строительства и уменьшения количества рабочих при применении самоуплотняющихся бетонов нивелируется повышением себестоимости бетона в сравнении с традиционными вибрируемыми бетонами и усложнением технологии производства.

Данное обстоятельство ограничивает широкое использование самоуплотняющихся бетонов при строительстве зданий и сооружений, к которым не предъявляются высокие эксплуатационные требования.

Следовательно, для широкого применения самоуплотняющихся бетонов с рядовыми характеристиками необходимо максимально снизить себестоимость и упростить технологию приготовления бетонной смеси.

Для снижения затрат при производстве самоуплотняющихся бетонов была рассмотрена возможность применения в качестве комплексного компонента отходов камнедробления, образующиеся при производстве щебня.

Основываясь на том, что отличительной особенностью данных материалов является значительное содержания пылевидных частиц в виде молотых горных пород с размером менее 0,16 мм и фракций размером от 0,16 до 20 мм, отходы камнедробления теоретически могут быть использованы как комплексный компонент, позволяющий:

- за счет низкой стоимости отходов дробления снизить себестоимость самоуплотняющегося бетона;
- при сокращении числа компонентов производить самоуплотняющиеся бетоны на бетоносмесительных установках, предназначенных для изготовления традиционных вибрируемым бетонов.

Для подтверждения возможности использования отходов камнедробления при производстве самоуплотняющихся бетонов был произведен подбор состава бетона с использованием в качестве компонента песчано-щебеночной смеси С-7 (таблица 1) являющейся попутным продуктом при производстве гранитного щебня на базе Шкурлатовского месторождения ОАО «Павловскнеруд».

Таблица 1 – Результаты лабораторных испытаний песчано-щебеночной смеси С-7 производства ОАО «Павловскнеруд»

Насыпная плотность, кг/м ³ <u>1814</u>		Истинная плотность, кг/м ³ <u>2670</u>										
Наименование остатка	Остатки, % по массе, на ситах											
	20	12,5	10	7,5	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	≥0,16	
Частный	0,9	9,04	7,52	9,6	13,14	17,92	8,0	10,5	7,4	5,22	10,76	
Полный	0,9	9,94	17,46	27,06	40,2	58,12	66,12	76,62	84,02	89,24	100	

При подборе состава бетона также использовались:

- портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н по ГОСТ 31108-2003 «Цементы общестроительные. Технические условия» Подгоренского цементного завода ЗАО «ЕВРОЦЕМЕНТ групп»;
- песок Камено-Верховского карьера Воронежской области;
- добавка Zika 5-600-SK.

Подобранный состав самоуплотняющейся бетонной смеси предполагалось использовать для изготовления железобетонных изделий крупноблочного жилищного строительства в г. Воронеж.

Данные изделия представляют собой блок-комнаты тип «перевернутый стакан» размером 3 300×6 000×2 810 мм, с толщиной стен 100 мм и перекрытия 160 мм (рисунок 1).



Рисунок 1 – Блок-комната из самоуплотняющегося бетона.

Целью подбора состава являлось получение с использованием песчано-щебеночной смеси самоуплотняющегося бетона со следующими характеристиками:

- класса бетона по прочности при сжатии В20;

– требуемой разопалубочной прочностью не менее 70 % от класса бетона при суммарном времени на тепловой обработке не более 6,5 часов;

– подвижности бетонной смеси по расплыву стандартного конуса Абрамса не менее 750×750 мм.

Основная работа при подборе состава бетона была проведена в направлении поиска оптимальных соотношений компонентов бетонной смеси и поиска пластифицирующей добавки, позволяющей получить требуемые значения подвижности бетонной смеси и прочностных характеристик бетона.

В процессе проведения работ по подбору состава бетона визуально оценивалось качество, определялись распыл и плотность бетонной смеси. Плотность бетонной смеси определялась при помощи мерного цилиндра объемом 5 л путем заливки бетонной смеси без дополнительного уплотнения. Также изготавливались контрольные образцы бетона размером 10×10×10 см в количестве 12 шт., для определения прочности при сжатии после тепловой обработки и в возрасте 28 суток.

В результате проведенной работы был подобран состав бетона (таблица 2, 3 и 4, рисунок 1) с подвижностью по расплыву конуса Абрамса 77×77 см, средней плотностью бетонной смеси 2 350 кг/м³.

Таблица 2 – Подобранный состав самоуплотняющегося бетона с песчано-щебеночной смесью С-7 производства ОАО «Павловскнеруд»

Компоненты бетона	Расход, кг/м ³
Цемент ЦЕМ I 42,5 Н	430
Песок Камено-Верховский	470
Песчано-щебеночная смесь С-7	1 220
Добавка Zika5-600-SK	5,38
Вода	220

Таблица 3 – Результаты испытаний на прочность при сжатии контрольных образцов бетона, изготовленных в лабораторных условиях, после ТВО

Шифр образцов	Условия твердения (температурно-влажностный режим)	Предел прочности при сжатии, (МПа)	
		Отдельных образцов	Средняя
1	2,5+4,0 (Изотермическая выдержка при 60 °С)	25,3	25,6
2		24,9	
3		24,9	
4		25,5	
5		25,4	
6		26,0	

Таблица 4 – Результаты испытаний на прочность при сжатии контрольных образцов бетона изготовленных в лабораторных условиях в возрасте 28 суток

Шифр образцов	Условия твердения (температурно-влажностный режим)	Предел прочности при сжатии, (МПа)	
		Отдельных образцов	Средняя
1	Нормальные условия	47,8	46,6
2		47,2	
3		42,6	
4		45,2	
5		46,2	
6		43,0	

Приготовление бетонной смеси по подобранному составу осуществлялось на бетономесительной установке, в которой предусмотрен один бункер для крупного заполнителя и один бункер мелкого заполнителя, один силос и один дозатор для цемента, а также один дозатор для жидких добавок.

Подача бетонной смеси осуществлялась бадьей объемом 0,8 м³. Заливка бетонной смеси производилась в одну точку без включения вибраторов.

После прохождения тепловой обработки по режиму 2,5 часа подъем температуры до 60 °С и 4-х часовой изотермической выдержки изделия сразу извлекались из формы.

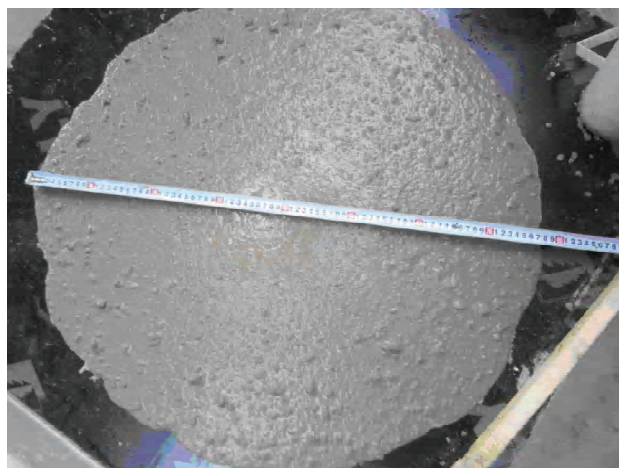


Рисунок 2 – Результаты определения подвижности выбранного состава бетона в лабораторных условиях.

При внешнем осмотре изделий раковин, признаков недоуплотнения, трещин и других дефектов обнаружено не было.

Результаты определения прочности при сжатии изготовленной партии бетона представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты испытаний на прочность при сжатии контрольных образцов бетона, изготовленных в производственных условиях, в возрасте 28 суток

Шифр образцов	Условия твердения (температурно-влажностный режим)	Предел прочности при сжатии, (МПа)	
		Отдельных образцов	Средняя
1	Нормальные условия	39,2	45,2
2		44,5	
3		42,8	
4		43,8	
5		47,0	
6		45,3	

По полученным результатам проведенной работы были сделаны следующие выводы:

1. Подтверждена возможность использования в качестве комплексного компонента для изготовления самоуплотняющихся бетонов отходов камнедробления.

2. За счет использования песчано-щебеночной смеси С-7 производства ОАО «Павловскнеруд» в качестве комплексного компонента удалось снизить себестоимость самоуплотняющегося бетона примерно на 36 % (таблица 6).

3. Отказ от использования минеральных наполнителей и нескольких фракций заполнителей, позволил изготовить самоуплотняющиеся бетонные смеси на бетоносмесительной установке, предназначенной для производства обычных вибрированных бетонов без дополнительно оснащения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калашников, В. И. Расчет составов высокопрочных самоуплотняющихся бетонов [Текст] / В. И. Калашников // Строительные материалы. – 2008. – № 10. – С. 4–6.
2. Несветаев, Г. В. Технология самоуплотняющихся бетонов [Текст] / Г. В. Несветаев // Строительные материалы. – 2008. – № 4. – С. 24–28.
3. Баженов, Ю. М. Конструирование структур современных бетонов: определяющие принципы и технологические платформы [Текст] / Ю. М. Баженов // Строительные материалы. – 2014. – № 3. – С. 6–14.

Получено 17.03.2015

Таблица 6 – Сравнение стоимости самоуплотняющихся бетонов традиционной рецептурой и самоуплотняющихся бетонов с песчано-щебеночной смесью С-7

Наименование компонента	Расход компонента кг/м ³	Стоимость на ноябрь 2014 г, р. за кг	Стоимость компонента на ноябрь 2014 г, р.
Состав самоуплотняющегося бетона традиционной рецептуры			
Портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н	370	3,50	1 295,0
Микрокремнезем МК-85	50	8,00	400,0
Молотый известняк	130	1,80	234,0
Щебень фр. 5-10	400	1,20	480,0
Щебень фр. 10-20	560	0,72	403,2
Песок	700	0,2	140
Добавка пластификатор на поликарбоксилатной основе	5,40	120,0	648
Вода	140	0,02	2,8
ИТОГО:			4 083,2
Состав подобранного самоуплотняющегося бетона с песчано-щебеночной смесью С-7			
Портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н	430	3,5	1 505,0
Песчано-щебеночная смесь С-7, кг/м ³	1 220	0,26	317,2
Песок	470	0,20	94,0
Добавка пластификатор на поликарбоксилатной основе	5,38	120,0	645,6
Вода	220	0,20	43,0
ИТОГО			2 604,8

Д. А. ПАНИКІН

РОЗРОБКА БЕТОНІВ, ЯКІ САМОУЩІЛЬНЮЮТЬСЯ, ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ВІДХОДІВ КАМЕНОДРОБІННЯ

Воронезький державний архітектурно-будівельний університет

Представлено досвід розробки та практичного застосування бетонів, що самоупільнюються шляхом застосування відходів каменодробіння при виробництві залізобетонних виробів великоблочного домобудівництва.

бетон, що самоупільнюється, підбір складу бетону, відходи каменодробіння, піщано-щебенева суміш С-7, великоблочне домобудівництво

DMITRIY PANIKIN

DEVELOPMENT OF SELF COMPACTING CONCRETE WITH THE USE OF BY-PASSED STONE

Voronezh State University of Civil Engineering and Architecture

The experience of development and use of self-consolidating concrete in practice using by-passed stone in the process of manufacturing of reinforced concrete products of large-block building constructions have been represented.

self thicken concrete, selection of concrete, by-passed stone, sand and crushed stone mixture of C-7, large-block building constructions