

**Шишканова Валентина Николаевна,**

*канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «ПГСиГХ»,*

**Красильникова Оксана Андреевна,**

*студентка магистратуры.*

*ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет»,*

*г. Тольятти, Самарская область, Россия*

## **БЕТОН С ОТСЕВАМИ ДРОБЛЕНИЯ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД**

Объемы производства нерудных строительных материалов в нашей стране неуклонно растут, что способствует образованию и накоплению значительного количества отходов разработки соответствующих пород. При этом вопрос комплексной утилизации образующихся в процессе производства отходов – отсевов дробления карбонатных пород [1] до настоящего времени не решен в полном объеме. Причина неполного использования их использования заключается в недостаточности изученности свойств бетонных смесей и бетонов на их основе.

Исследования данной работы направлены на поиск путей повышения эффективности применения отсевов дробления карбонатных пород Жигулевского карьероуправления в производстве бетонов.

Задача исследования состояла в изучении влияния содержания отсевов дробления карбонатных пород и гиперпластифицирующих добавок на формирование физико-технических свойств бетона – пористости, водопоглощения, прочности при сжатии.

Исследуемые отсева дробления карбонатных пород добавляли в бетонную смесь в количестве 30, 50, 70, 100% от массы мелкого заполнителя. В качестве контрольного замеса использовалась бетонная смесь, не содержащая отсевов дробления карбонатных пород.

При сравнении природных песков и отсевов дробления карбонатных пород видны принципиальные различия этих материалов. Природные пески, в основном кварцевые, имеют округлую форму зерен и гладкую поверхность. Пески из отсевов дробления имеют совершенно другой состав, свойства их

определены свойствами исходных горных пород, отличаются от природных песков обнаженной, шероховатой поверхностью и формой зерен [2]. Отличительной чертой их является угловатость их зерен и высокое содержание зерен пластинчатой формы, в каждом зерне имеются микротрещины, увеличивающие его поверхность, что резко снижает подвижность бетонной смеси по сравнению с такими же составами на природных песках. Взаимодействие с цементным тестом и камнем у песков из отсеков дробления гораздо сложнее, чем у природных песков. Доломит, известняк, кальцит лучше сцепляются с цементным камнем, чем кварц.

Гранулометрический состав отсеков дробления карбонатных пород представлен в Таблице 1.

Таблица 1 – Гранулометрический состав отсеков дробления.

Размер сит, мм	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	<0,16
Остатки на ситах, %	-	2,52	23,79	17,98	11,35	3,83	8,4	8,84	23,29
частные/полные	-	2,52	26,31	44,29	55,64	59,47	67,87	76,71	100

Модуль крупности песка из отсеков дробления карбонатных пород  $M_{кр} = 2,34$ . Насыпная плотность в уплотненном состоянии –  $1600 \text{ кг/м}^3$ .

Для изготовления бетонов применялся щебень фракции 5-10 мм из гранодиоритов марки по дробимости в цилиндре М1400.

В качестве мелкого заполнителя использовались: мелкий песок Волжского месторождения с  $M_{кр}=1,3$  и крупный песок Камского месторождения с  $M_{кр}=3,2$ .

В экспериментах был использован быстротвердеющий портландцемент ЦЕМ II / А-К (Ш-П) 32,5Б.

Изготовленные бетонные образцы размером 70x70x70 мм и 40x40x160 мм испытывались на предел прочности при сжатии и изгибе по стандартной методике.

Составы бетонных смесей представлены в Таблице 2, результаты исследований – в Таблице 3 и на рисунках 1 и 2.

Таблица 2 – Состав бетонных смесей

Состав	№ партии									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Единица измерения	кг/м <sup>3</sup>									
Цемент	622	622	620	622	614	611	595	605	603	600
Щебень	606	605	603	605	597	595	579	588	587	584
Песок Волжский	808	565	402	243	-	-	-	-	-	-
Песок Камский	-	-	-	-	-	792	541	392	235	-
Отсевы	-	243	402	565	796	-	232	392	548	778
Вода	311	311	311	311	307	305	298	303	302	300
В/ц	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Средняя плотность бетонной смеси, кг/м <sup>3</sup>	2347	2347	2338	2347	2317	2303	2245	2280	2275	2262
Подвижность, см	11,5	10	8,5	6	0	14	10,5	9	8	8

Количество отсевов дробления в заполнителе оказывает значительное влияние на подвижность бетонной смеси. При одинаковом В/Ц подвижность бетонной смеси уменьшается с увеличением количества отсевов дробления в мелком природном заполнителе (Таблица 2).

Таблица 3 – Результаты исследований бетонов

Возраст	Предел прочности при сжатии, МПа				
	Волжский песок				
	n1	n2	n3	n4	n5
7 суток	33,8	36,0	41,65	42,5	41,05
28 сут. ест. сост.	45,1	49,4	51,5	49,8	49,4
28 сут в насыщ. водой состоянии	45,9	50,3	52,0	52,0	47,7
Набор прочности в 7 сут от 28 суток, %	67	73	81	85	83

	Камский песок				
	n6	n7	n8	n9	n10
7 суток	38,2	39,5	39,0	42,8	43,0
28 сут. ест. сост.	50,3	50,3	51,1	51,1	48,0
28 сут в насыщ. водой состоянии	45,9	52,7	50,6	48,9	49,4
Набор прочности в 7 сут от 28 суток, %	85	79	76	84	89

Прочность образцов бетона в водонасыщенном состоянии незначительно отличается от прочности образцов бетона, испытанных в возрасте 28 суток через два часа после извлечения их из камеры нормального твердения. Коэффициент размягчения в данных образцах выше 0,8; из этого следует, что данные бетоны можно считать водостойкими.

Сравнивая пределы прочности при сжатии контрольных образцов на Волжском и Камском песках, видно, что показатели схожи и значительного различия не выявлено. Анализ экспериментальных исследований показал эффективность применения отсевов дробления в качестве мелкого заполнителя для бетонов. Из рисунков 1 и 2 отчетливо видно, что при замене природного песка на отсеvy дробления в диапазоне 30-70% происходит возрастание предела прочности бетона при сжатии.

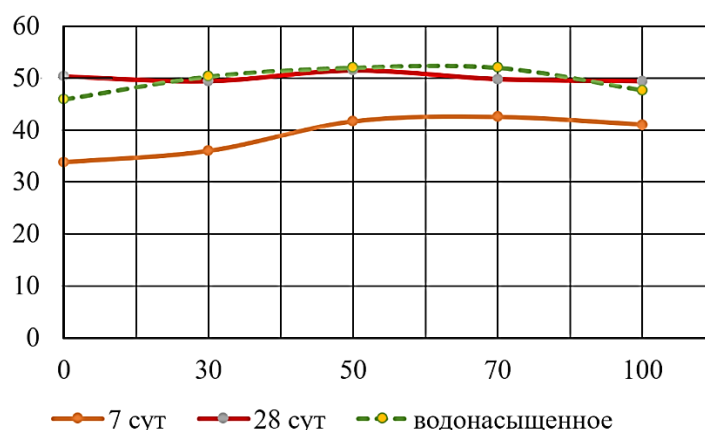


Рисунок 1 – Зависимость прочности бетона от количества отсевов дробления в Камском песке:

1 – 7 суток; 2 – 28 суток; 3 – 28 суток в водонасыщенном состоянии.

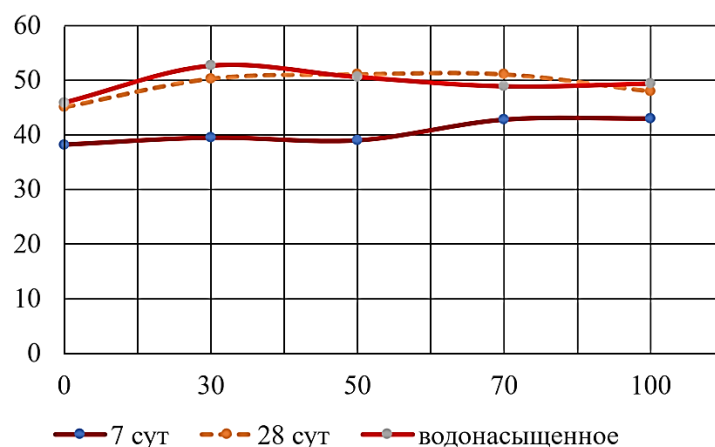


Рисунок 2 – Зависимость прочности бетона от количества отсевов дробления в Волжском песке:

1 – 7 суток; 2 – 28 суток; 3 – 28 суток в водонасыщенном состоянии.

В настоящее время изготовление бетона повышенной прочности невозможно без использования гиперпластификаторов на основе поликарбоксилатов.

Были изготовлены бетоны с использованием в качестве гиперпластификатора STACHEMENT 2280 и CemPlast, которые добавлялись в бетонную смесь в количестве 1% от массы цемента.

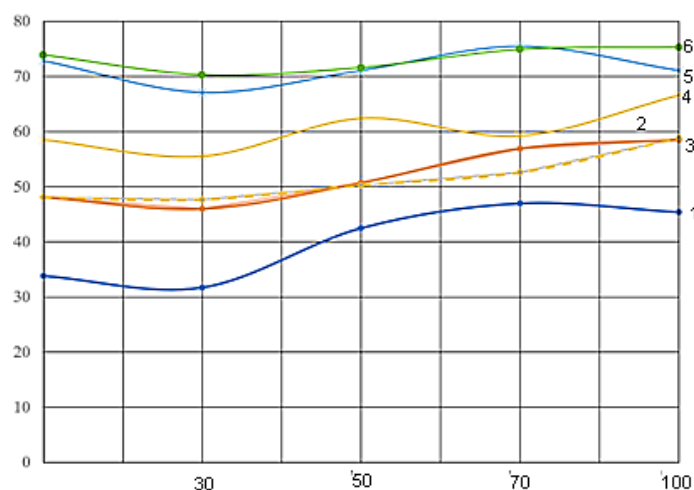


Рисунок 3 – Предел прочности при сжатии образцов с применением гиперпластификаторов.

С применением гиперпластификатора STACHEMENT 2280:

1 – 7 суток; 2 – 28 суток; 3 – 28 суток в водонасыщенном состоянии.

С применением гиперпластификатора CemPlast:

4 – 7 суток; 5 – 28 суток; 6 – 28 суток в водонасыщенном состоянии.

Результаты исследований (рис. 3) показывают, что наибольшую прочность имеют бетонные образцы, изготовленные с использованием гиперпластификатора STANEMENT 2280, тогда как бетонные образцы с применением CemPlast имеют более низкие показатели по прочности. Установлена положительная динамика роста прочности бетона, изготовленного с использованием в качестве мелкого заполнителя отсевов дробления карбонатных пород, и гиперпластификатора STANEMENT на основе поликарбоксилатов. Предел прочности при сжатии бетонных образцов в возрасте 7 суток колеблется в диапазоне 58,5-66,6 МПа, в возрасте 28 суток – 67,1-75,5 МПа. Таким образом, в результате исследований были получены бетоны повышенной прочности, что позволяет расширить диапазон их использования.

С использованием пластификатора CemPlast прочность бетонов снижается в пределах на 17,7-34% в зависимости от количества в заполнителе отсевов дробления, по сравнению с прочностью бетонов, изготовленных с применением гиперпластификатора STANEMENT 2280 (рис. 4).

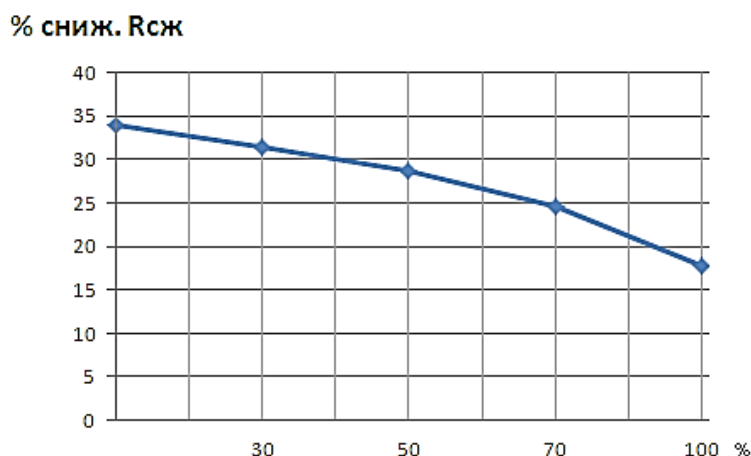


Рисунок 4 – Динамика снижения прочности бетона с использованием разных пластификаторов

В целом следует отметить общее снижение пористости бетонов, изготовленных с применением отсевов дробления карбонатных пород с 25,3% до 9%. (рис.5). Наличие тонких зерен карбонатных пород приводит к

образованию гидрокарбоалюминатов кальция, что в результате способствует снижению пористости цементного камня.

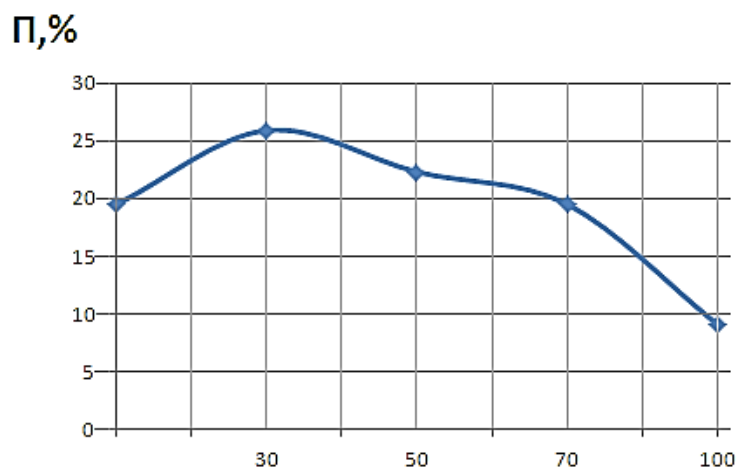


Рисунок 5 – Зависимость пористости бетонов от количества отсева дробления в мелком заполнителе

Исследования бетона, полученного с использованием гиперпластификатора STACHEMENT 2280 и отсева дробления карбонатных пород, на водопоглощение показали, что наибольшее водопоглощение (11%) имеют образцы бетона, содержащие отсева дробления в количестве 30% от массы мелкого заполнителя (рис. 6). При дальнейшем увеличении в заполнителе отсева дробления карбонатных пород водопоглощение бетона снижается аналогично пористости цементного камня (рис. 5). У бетонных образцов, изготовленных с использованием пластификатора CemPlast и отсева дробления, значительного изменения водопоглощения с увеличением количества отсева дробления не наблюдается, водопоглощение колеблется в пределах от 10,3% до 11,9%. Наибольшее водопоглощение (11,9%) имеют образцы бетона, содержащие 50% отсева дробления от массы мелкого заполнителя. Водопоглощение их несколько выше, чем у бетонных образцов, изготовленных с применением гиперпластификатора STACHEMENT 2280.

При создании плотного бетона, уменьшении водопоглощения важнейшей задачей является рациональное формирование и оптимизация структуры порового пространства.



Рисунок 6 – Водопоглощение бетона партии

п. 11-15 – гиперпластификатор STACHEMENT; п. 16-20 – пластификатор CemPlast

### ***Выводы.***

1. В отсевах дробления карбонатных пород зерен крупностью менее 0,16мм значительное количество – 23,3%. В результате такого большого количества мелкой фракции в заполнителе возрастает площадь контакта составляющих бетона. При росте площади контакта существенно возрастает и адгезия песчаной составляющей. В этом случае высокоразвитая поверхность мелких частиц из отходов карбонатных пород позволяет интенсифицировать процесс гидратации цемента, что способствует динамике роста прочности бетона, а также уплотнению структуры бетона.

2. Бетоны повышенной прочности с использованием для их изготовления отсевов дробления карбонатных пород в качестве мелкого заполнителя возможно получить с применением гиперпластификатора STACHEMENT на основе поликарбоксилатов.

3. Использование отходов дробления карбонатных пород способствует решению следующих основных задач: энерго- и ресурсосбережению, утилизации отходов, улучшению экологической обстановки в регионе.



*СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*

- 1. Шишканова В.Н., Красильникова О.А. Керамзитобетон на отсевах дробления карбонатных пород // Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом. Новосибирск. – 2018. – №5. – С. 78-81.*
- 2. Белов В.В. Прочностные и деформативные свойства бетонов с карбонатными микрополнителями / В.В. Белов, С.Л. Субботин, П.В. Куляев // Строительные материалы. – 2015. – №3. – С. 128-134.*