

УДК 666.972.5

А. Н. ЕФРЕМОВ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ЗАМЕНЫ КВАРЦЕВОГО ПЕСКА В БЕТОНАХ ГРАНИТНЫМ ОТСЕВОМ

Исследовано влияние содержания фракции 0–0,16 мм, пылевидных и глинистых примесей на подвижность смесей марок П1–П5 и прочность обычных бетонов с использованием мелкого заполнителя из гранитных отсевов. Установлена целесообразность замены до 50 % кварцевого песка отсевами гранита фракции 0–5 мм, особенно в смесях марок П3–П5 с добавками суперпластификаторов «Mugarplast FK 63-17» и «Adium-130». Показано, что содержание в отсевах до 5 % фракции 0–0,16 мм повышает, а до 10 % не снижает прочность бетонов.

мелкий заполнитель бетонов, гранитные отсевы, подвижность смесей и прочность бетонов, влияние суперпластификаторов

ВВЕДЕНИЕ

В Донецкой обл. расположены мощные камнедробильные предприятия, в отвалах которых скопились сотни миллионов тонн отсевов камнедробления, в основном фракции 0–5 мм. При определенных условиях они могут заменить кварцевый песок в бетонах.

Основным недостатком отсевов является нестабильность гранулометрического состава, особенно содержания пылевидной фракции с размером частиц менее 0,16 мм. Именно эта фракция является вредной, например, в мелком заполнителе для бетонов. Она повышает водопотребность бетонных смесей, наиболее мелкие ее частицы, соизмеримые по размеру с глинистыми, снижают сцепление между цементным камнем и заполнителями. Поэтому содержание фракции менее 0,16 мм в песках из отсевов должно составлять не более 15 % [1].

При надлежащем и своевременном контроле содержания щебенистая фракция не будет влиять на качество отсевов как мелкого заполнителя в бетонах, т.к. может быть отнесена к крупному заполнителю при соответствующей корректировке состава бетонной смеси. Тем не менее, согласно требованиям [1–3] для бетонов в мелком заполнителе из отсевов дробления содержание щебенистой (гравийной) составляющей не должно превышать в 15 %.

В последние годы в бетонной технологии произошли значительные перемены, связанные, в основном, с использованием высокоэффективных суперпластификаторов. Их применение вносит существенные коррективы во многие положения классического бетоноведения. Так, дефлокулирующее влияние суперпластификаторов изменило взгляды на предельное содержание дисперсных наполнителей бетонов, на минимальный размер зерен крупного заполнителя и т. п. Кроме того, отсевы различных горных пород могут по-разному влиять на технологические и эксплуатационные свойства бетонов.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Уточнить влияние содержания фракции 0–0,16 мм и максимальной крупности отсевов гранита на технологические и эксплуатационные свойства бетонов, определить возможность замены кварцевого песка отсевом в бетонах с суперпластификаторами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве компонентов бетонных смесей применяли: цемент ПЦ II/БШ-400 Авросиевского завода, отсев гранита и гранитный щебень фракции 5–20 мм Тельмановского карьера, Краснолиманский кварцевый песок с модулем крупности 1,2 и содержанием пылевидных и глинистых примесей 2,1 %. Для пластификации бетонных смесей использовались суперпластификаторы: немецкий «Мурапласт FK 63-17» и испанский «Адиум-130» в виде растворов 18 %-ной концентрации. Для сравнения испытывалось влияние на подвижность российского суперпластификатора С-3, но его дозировка в воду производилась в сухом виде. Исследования проводились по стандартным методикам.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследован гранулометрический состав 15 проб отсевов гранита Тельмановского карьера (табл. 1). Анализ полученных данных свидетельствует о значительной нестабильности гранулометрического состава отсевов. Так, содержание щебенистой фракции с размером зерен крупнее 5 мм колеблется в исходных пробах отсевов от 1,6 до 14,6 % (среднее значение – 7,0). Содержание дисперсной фракции 0–0,16 мм распределяется более равномерно и составляет 9,5–14,8 % (среднее значение – 11,9). Модуль крупности песчаной фракции отсевов с размером зерен до 5 мм изменяется от 2,83 до 3,45 (среднее значение – 3,12), т. е. согласно [4], она относится к пескам крупным или повышенной крупности.

Таблица 1 – Гранулометрический состав, модуль крупности – M_k , насыпная плотность – ρ_0 отсевов и содержание в них пылевидной и глинистой составляющей – ПГ

Остаток, %, на ситах с ячейкой, мм							ρ_0 , кг/м ³	Мк для фр. 0-5 мм	Содержание ПГ в общих пробах, %
5,0	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	дно			
1,6–14,6	25,0–37,5	13,5–21,1	8,6–21,8	5,4–15,4	8,0–14,1	9,5–14,8	1 490–1 550	2,83–3,43	3,5–4,9

Если относить зерна размером менее 0,16 мм только к песчаной фракции 0–5 мм, то ее доля увеличивается до 11,1–15,0 % (среднее значение – 12,7). Т. е. по содержанию как щебенистой, так и дисперсной фракций отсевы удовлетворяют требованиям стандартов [1–3].

Насыпная плотность исходных проб отсевов составляет 1 490–1 550 кг/м³ (среднее значение – 1 520 кг/м³). Она растет по мере увеличения содержания щебенистой фракции, что объясняется более плотной упаковкой зерен отсевов. Насыпная плотность песчаной фракции 0–5 мм заметно ниже и изменяется от 1 440 до 1 480 кг/м³ (среднее значение – 1 460 кг/м³).

Наиболее вредной составляющей дисперсной фракции мелкого заполнителя бетонов является ее пылевидная и глинистая часть, которая определяется, например, методом отмучивания по методике [5]. Результаты исследований показывают, что для исходных проб отсевов содержание пылевидных и глинистых частиц сравнительно стабильно и колеблется от 3,5 до 4,9 % (среднее – 4,2 %) по массе, что составляет 32,0–37,6 % от общего содержания дисперсной фракции с размером зерен менее 0,16 мм.

Исследовано влияние содержания дисперсной фракции 0–0,16 мм на подвижность мелкозернистых смесей и свойства бетонов. Из отсева предварительно отсеивалась фракция 0–0,16 мм. Бетонные смеси имели номинальный состав «цемент+отсев гранита = 1+3» по массе. Расход воды был постоянным при В/Ц = 0,46 и соответствовал нормальной консистенции смеси (105–115 мм) для стандартного раствора «цемент + песок = 1+3» при определении марочной прочности цементов [6]. За эталон принималась смесь на отсеве, не содержащем дисперсную фракцию. Изучалось влияние 5, 10 и 20 % добавки дисперсной фракции от общей массы отсева. Составы и свойства бетонных смесей приведены в табл. 2, где под чертой даны фактические составы смесей, рассчитанные по их фактической средней плотности.

Анализ полученных данных показывает, что введение дисперсной составляющей и увеличение ее содержания снижает подвижность смесей, т. е. соблюдается общая закономерность, связанная с повышением трения между минеральными частицами в результате увеличения их поверхности и уменьшением толщины водных оболочек вокруг них, выполняющих роль гидродинамической смазки. Так, введение 20 % фракции 0–0,16 мм уменьшает осадку стандартного конуса [7] с 2,1 до 0,7 см. При этом средняя плотность смеси понижается с 2 409 до 2 323 кг/м³. Это связано, во-первых, с уменьшением фактического расхода цемента с 540 до 521 кг/м³, плотность которого равна 3,1 кг/л и заменой его менее плотным гранитом с плотностью 2,62 кг/л. Во-вторых, с повышением содержания дисперсной части гранита увеличивается объем теста из смеси цемента с пылевидным гранитом и воды.

Таблица 2 – Влияние содержания фракции 0–0,16 мм отсева на свойства мелкозернистых бетонов

№ п/п	Расход в долях массы – над чертой, в кг/м ³ под чертой			Средняя плотность смеси, кг/м ³	Подвижность, смеси, см	Расплав на встряхивающем столике, мм	
	цемента	гранита фракций, мм					воды
		0–0,16	0,15–5				
1	$\frac{1,00}{540}$	0	$\frac{3,00}{1\ 620}$	$\frac{0,46}{248}$	2 409	2,1	115
2	$\frac{1,00}{539}$	$\frac{0,15}{81}$	$\frac{2,85}{1\ 535}$	$\frac{0,46}{248}$	2 403	1,9	114
3	$\frac{1,00}{527}$	$\frac{0,30}{158}$	$\frac{2,70}{1\ 424}$	$\frac{0,46}{243}$	2 352	1,1	112
4	$\frac{1,00}{521}$	$\frac{0,6}{313}$	$\frac{2,40}{1\ 250}$	$\frac{0,46}{240}$	2 323	0,8	111

Добавка дисперсной части гранита в количестве 10 % от массы отсева не снижает прочность мелкозернистого бетона (рис. 1), а ее введение до 5 % даже увеличивает прочность примерно на 12 %. Это

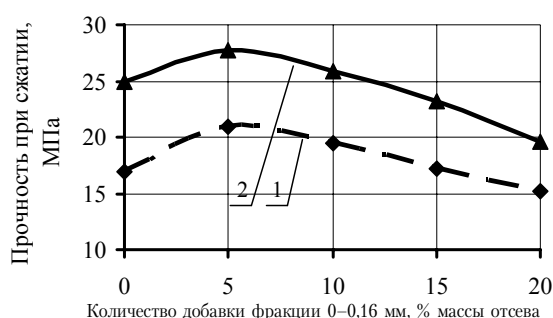


Рисунок 1 – Зависимость прочности мелкозернистого бетона на гранитном отсеве 0,16–10,0 мм с В/Ц = 0,46 от содержания дисперсной фракции 0–0,16 мм: 1, 2 – соответственно прочность после 7 и 28 суток нормального твердения.

связано, вероятно, со снижением макропористости бетона в результате увеличения объема камня вяжущего (цемент + пылевидная часть + вода), более полно заполняющего пустотность между зёрнами отсева.

При дальнейшем увеличении содержания дисперсной части в отсеве до 20 % прочность мелкозернистого бетона уменьшается прямопропорционально и составляет 79 % от бетона, изготовленного на отсеве без фракции 0–0,16 мм.

Для расчета составов бетонов и растворов важнейшей характеристикой является зависимость подвижности смесей от расхода воды. На рис. 2 приведены результаты исследования подвижности

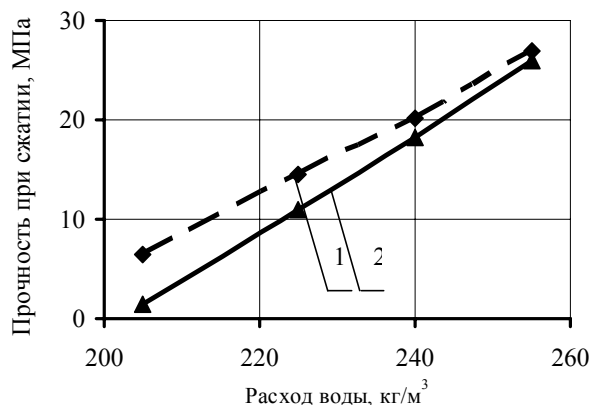


Рисунок 2 – Зависимость подвижности бетонных смесей от расхода воды: 1 и 2 – соответственно смеси на кварцевом песке и гранитном отсеве.

обычных бетонных смесей номинального состава «цемент + гранитный щебень фракции 5–20 мм + мелкий заполнитель = 400 + 1 200 + 700 кг/м³». Сравнивалась подвижность смесей, в которых в качестве мелкого заполнителя использовался гранит фракции 0–5 мм с модулем крупности 2,83 и Краснолиманский кварцевый песок. Искусственно содержание дисперсной фракции менее 0,16 мм в отсеве подогнано до 10 %. Расход воды в обоих видах смесей изменялся от 205 до 255 л.

Установлено, что при минимальном и одинаковом расходе воды смеси на кварцевом песке, несмотря на значительно большую дисперсность последнего, характеризуются большей подвижностью, чем смеси, в которых кварцевый песок заменен гранитным отсевом. Так, при расходе воды 205 л/м³ подвижность смеси на кварцевом песке составляет 6 см, а на отсеве – 1,5 см. При дальнейшем увеличении расхода воды эта разница сглаживается и для литых смесей подвижностью П4–П5 (осадка конуса – свыше 16 см) она составляет 1–2 см.

Теоретически водопотребность более грубодисперсного отсева, наоборот, должна быть ниже, чем у очень мелкого кварцевого песка. Поэтому наблюдаемое противоречие, наиболее вероятно, можно объяснить тем, что отсев имеет зерна угловатой формы, в отличие от частиц песка с гладкой, окатанной поверхностью. Поэтому при малом расходе воды, когда ее прослойки между зернами цементно-песчаного раствора тонкие, межзерновое трение между частицами отсева выше, а подвижность бетонных смесей, при прочих равных условиях, ниже.

Отмеченная специфика разницы в подвижности бетонных смесей на кварцевом песке и отсеве гранита сохраняется и при использовании пластифицирующих добавок. Так, при низком расходе однотипных суперпластификаторов – немецкого «Мурапласт FK 63-17» и испанского «Адиум-130», когда прослойки «гидродинамической смазки» между частицами цемента и мелкого заполнителя тонкие, эта разница выше (рис. 3). При увеличении расхода добавок и доведении подвижности до П5 эта разница практически нивелируется.

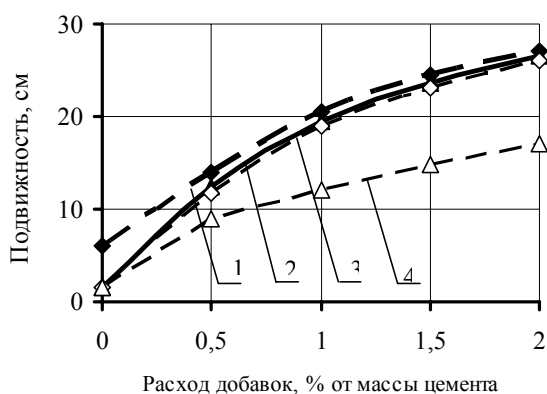


Рисунок 3 – Зависимость подвижности бетонных смесей от содержания добавок пластификаторов: 1 и 2 – смеси соответственно на кварцевом песке и отсеве гранита с добавкой «Мурапласт FK 63-17», 3 и 4 смеси на отсеве гранита с добавками соответственно «Адиум-130» и С-3.

Следует отметить, что характер влияния количества российского суперпластификатора С-3 на разжижение бетонных смесей примерно такой же, однако эффект пластификации существенно ниже. Так, если при введении 1,5–2,0 % С-3 в пересчете на сухое вещество подвижность бетонной смеси увеличивается от марки П1 до П3–П4, то остальные пластификаторы повышают ее до П5 при расходе в 5,5 раза меньшем (в пересчете на сухое вещество). Эффект пластификации добавок «Мурапласт FK 63-17» и «Адиум-130» примерно одинаков.

Сравнительные испытания зависимости подвижности бетонных смесей и прочности обычных тяжелых бетонов с использованием в качестве мелкого заполнителя кварцевого песка, исходного и промытого (содержание фракции 0–0,16 мм – 8,1%, содержание отмучиваемых пылевидных и глинистых примесей – 0,4 %) отсевов фракций 0–2,5 и 0–5 мм показали (табл. 3), что замена исходного отсева гранита промытым практически не влияет на подвижность и прочность бетона (небольшую разницу в показателях свойств смеси и бетона можно отнести за счет ошибки опыта).

Увеличение максимальной крупности исходного отсева с 2,5 до 5,0 мм повышает подвижность смеси и прочность бетона, хотя и незначительно. Замена 50 % исходного отсева гранита фракции 0–5 мм

Таблица 3 – Влияние замены кварцевого песка различными отсевами гранита на подвижность (П) обычных бетонных смесей и прочность бетонов при сжатии (Rсж.)

№ пп	Расход материалов, кг/м ³								П, смеси, см	Rсж., МПа, после 28 суток НТ*
	цемент*	песок кварцевый	гранитные отсевы			гранит 5–20 мм	вода	мурапласт FK 88		
			0–2,5 мм немыйтый	0–2,5 мм мытый	0–5 мм немыйтый					
1	340	630	–	–	–	1 170	205	–	6	22,9
2	340	–	630	–	–	1 170	205	–	0,7	24,1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	340	–	–	630	–	1 170	205	–	0,5	23,9
4	340	–	–	–	630	1 170	205	–	1,5	25,8
5	340	315	–	–	315	1 170	205	–	4,5	24,5
6	340	630	–	–	–	1 170	205	1,7	12	23,3
6	340	–	630	–	–	1 170	205	1,7	9,5	25,7
8	340	315	–	–	315	1 170	205	1,7	11,5	24,8
9	340	315	–	–	315	1 170	205	3,4	14	27,9

*Примечание: НТ – нормальные условия твердения.

соответствующим количеством кварцевого песка, особенно в пластифицированных, высокоподвижных смесях практически ликвидируют разницу в консистенции бетонных смесей, при этом прочность бетона увеличивается на 7–10 %.

Увеличение максимальной крупности исходного отсева с 2,5 до 5,0 мм повышает подвижность смеси и прочность бетона, хотя и незначительно. Замена 50 % исходного отсева гранита фракции 0–5 мм соответствующим количеством кварцевого песка, особенно в пластифицированных, высокоподвижных смесях практически ликвидируют разницу в консистенции бетонных смесей, при этом прочность бетона увеличивается на 7–10 %.

ВЫВОДЫ

– отсевы гранита Тельмановского карьера характеризуются значительной нестабильностью гранулометрического состава и для точной дозировки крупного и мелкого заполнителей бетонов из них дополнительно необходимо отделять фракцию крупнее 5 мм;

– содержание в отсевах фракции 0–0,16 мм в количестве 10 % от массы отсева не снижает прочность бетона при неизменном В/Ц, а ее введение до 5 % даже увеличивает прочность примерно на 12 %, что связано, вероятно, со снижением макропористости бетона в результате увеличения объема камня вяжущего;

– в отличие от частиц кварцевого песка с окатанной поверхностью, отсевы имеют зерна угловатой формы, вследствие чего, особенно в смесях марок П1-П2, когда ее прослойки между зернами цементно-песчаного раствора тонкие, межзерновое трение между частицами отсева выше, а подвижность бетонных смесей, при прочих равных условиях, ниже;

– смешение отсевов фракции 0–5 мм с мелким кварцевым песком в соотношении 1:1, особенно в бетонных смесях марок П3-П5 позволяет практически полностью избавиться от отрицательного влияния отсевов на подвижность бетонных смесей и при одинаковых В/Ц прочность таких бетонов увеличивается на 7–10 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДСТУ Б В.2.7-210:2010. Пісок з відсівів дроблення вивержених гірських порід для будівельних робіт. Технічні умови [Текст]. – На заміну ДСТУ Б В.2.7-210:2009 ; чинні з 29.11.2010. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 13 с.
2. ДСТУ Б В.2.7-29-96. Дрібні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Класифікація [Текст]. – Введ. вперше ; чинні з 14.09.95. – К. : Держкоммістобудування України, 1996. – 16 с.
3. ДСТУ Б В.2.7-232:2010. Пісок для будівельних робіт. Методи випробувань [Текст]. – Введ. вперше (зі скасуванням ГОСТ 8735-88) ; чинні з 05.05.2010. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 44 с.
4. ДСТУ Б В.2.7-187:2009. Цементи. Методи визначення міцності на згин і стиск [Текст]. – Введ. вперше (зі скасуванням ГОСТ 310.1-76, 310.4-81) ; чинні з 01.12.2009. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 22 с.
5. ДСТУ Б В.2.7-114-2002 (ГОСТ 10181-2000). Суміші бетонні. Методи випробувань [Текст]. – На заміну ГОСТ 10181.0-81 – ГОСТ 10181.0-81 ; введ. 31.01.2002. – К. : Держкомітет архітектури, будівництва і житлової політики України, 2002. – 28 с.

Получено 16.12.2012

О. М. ЄФРЕМОВ

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ЗАМІНИ КВАРЦОВОГО ПІСКУ В БЕТОНАХ
ГРАНІТНИМ ВІДСІВОМ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Досліджено вплив вмісту фракції 0–0,16 мм, пиловидних і глинистих домішок на рухливість сумішей марок П1-П5 і міцність звичайних бетонів з використанням дрібного заповнювача з гранітних відсівів. Встановлена доцільність заміни до 50 % кварцового піску відсівами граніту фракції 0–5 мм, особливо у сумішах марок П2-П5 з добавками суперпластифікаторів «Muraplast FK 63-17» і «Adium-130». Показано, що вміст у відсівах до 5 % фракції 0–0,16 мм підвищує, а до 10 % не знижує міцність бетонів. **дрібний заповнювач бетонів, гранітні відсіви, рухливість сумішей та міцність бетонів, вплив суперпластифікаторів**

ALEXANDER YEFREMOV

EVALUATION OF POSSIBILITY OF REPLACEMENT OF QUARTZ SAND IN
CONCRETES GRANIT SIFTING OUT

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Influence of the maintenance of fraction of 0–0,16 mm, the dust and clay impurity on mobility of mixes of marks P1-P5 and strength of usual concrete with use of a small filler from granite eliminations have been analyzed. The expediency of replacement to 50 % quartz sand by eliminations fraction of 0-5 mm of granite, especially in mixes of marks P3-P5 with additives of superplastizers «Muraplast FK 63-17» and «Adium-130» have been found out. It has been shown that the maintenance in eliminations to 5 % raised fractions of 0–0,16 mm, and to 10 % did not reduce strength of concrete.

a small filler of concrete, granite elimination, mobility of mixes and durability of concrete, influence of supersofteners

Єфремов Олександр Миколайович – доктор технічних наук, професор кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: в'язучі і бетони на основі промислових відходів; жаростійкі і вогнетривкі бетони.

Ефремов Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: вяжущие и бетоны на основе промышленных отходов; жаростойкие и огнеупорные бетоны.

Alexander Yefremov – DrSc (Eng), Professor, Technology of Building Constructs, Articles and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: binders and concretes on the basis of industrial waste; heat-resistant concretes.