

УДК 666.974.2

**А. Н. ЕФРЕМОВ, М. С. АЛЕКСЕЕВ, Д. Ю. БУКИНА, Д. С. КОВАЛЕВ, Д. В. РОСИК**

ГОО ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ЗАМЕНЫ КВАРЦЕВОГО ПЕСКА В БЕТОНАХ  
ОТСЕВАМИ КАМНЕДРОБЛЕНИЯ И ЗОЛОШЛАКОВОЙ СМЕСЬЮ  
ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

**Аннотация.** Исследовано влияние содержания фракции 0–0,16 мм на подвижность смесей и прочность обычных бетонов с использованием мелкого заполнителя из золошлаковой смеси, отсевов гранита и известняка. Установлена целесообразность замены кварцевого песка золошлаковой смесью, отсевами гранита и известняка фракции 0–2,5 мм. Показано, что содержание в отсевах до 10 % фракции 0–0,16 мм повышает, а до 20 % не снижает прочность бетонов.

**Ключевые слова:** мелкий заполнитель бетонов, золошлаковая смесь, отсевы гранита и известняка, подвижность смесей и прочность бетонов.

**ВВЕДЕНИЕ**

В Донецкой области отсутствуют месторождения качественного кварцевого песка для бетонов. Доступный в настоящее время песок, например, Ясиноватского карьера очень мелкий, с модулем крупности – Мк менее 1. К тому же, в песке содержится до 10 % пылеватых и глинистых примесей. Песок можно отнести к монофракционному (более 90 % фр. 0,16–0,315 мм), что предопределяет его высокую межзерновую пустотность, а значит, при прочих равных условиях, и повышенный расход цемента в бетонах и строительных растворах [1].

В то же время Донецкая область располагает практически неограниченными запасами техногенного сырья песчаной фракции, использование которого для бетонов допускается действующими стандартами [2, 3]. К ним в первую очередь можно отнести отсевы камнедробления и золошлаковые смеси ТЭС. Так, только на Зуевской и Старобешевской тепловых электростанциях выход золошлаковых смесей составляет соответственно: 1,52 (15 % шлака) и 0,72 (28,5 %) миллиона тонн в год.

При производстве металлургического известняка и доломита на Докучаевском флюсо-доломитном комбинате и Комсомольском рудоуправлении в советское время ежегодно в отвалы подавалось около 3 млн. тонн некондиционной щебенисто-песчаной смеси фракции 0–5 мм и более.

Донецкая область располагала мощными дробильно-сортировочными предприятиями по производству щебня для бетонов из гранита, песчаника. Годовой выход некондиционных отсевов фр. 0–5 мм, складываемых в отвалы, только на ПО «Донецкнерудпром» в конце 80-х годов составлял более 5 млн тонн.

Характерной особенностью указанного техногенного сырья является нестабильность состава и в первую очередь содержание пылевой фракции. Именно эта фракция влияет на водопотребность бетонных смесей, здесь сконцентрированы примеси, посторонние по химическому составу к основному материалу. Влияние этих примесей на технологические и механические свойства портландцемента и бетона изучены недостаточно.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Установить закономерности влияния зернового состава золошлаковой смеси, отсевов известняка и гранита на технологические и эксплуатационные свойства бетонов на основе портландцемента.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ

В исследованиях в качестве песчаного сырья применялись золошлаковая смесь Зуевской ТЭС, отсевы гранита Тельмановского карьера и известняка Комсомольского рудоуправления. Для сравнения в качестве мелкого заполнителя применялся вольский кварцевый песок. Зерновой состав использованного сырья приведен в таблице 1. Исследования проводились по стандартным методикам [4–6].

Таблица 1 – Зерновой состав материалов

Материал	Вид остатка	Остаток (%) на ситах с ячейкой, мм						Мк	
		5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16		дно
Кварцевый песок	Частный фр. 0–5 мм	0	0	6,2	76,8	16,3	0,5	0,2	–
	Полный фр. 0–5 мм			6,2	83,0	96,3	96,8	–	2,82
Золошлак ТЭС	Частный фр. 5–10мм	11,5	26,6	16,9	7,2	12,3	9,2	16,3	–
	Частный фр. 0–5 мм	–	30,0	19,1	8,1	13,9	10,4	18,5	–
	Полный фр. 0–5 мм	–	30,0	49,1	57,2	71,1	81,5	–	2,89
	Частный фр. 0–2,5 мм	–	–	27,3	11,6	19,8	14,9	26,4	–
	Полный фр. 0–2,5 мм			27,3	38,9	58,7	73,6	–	1,98
Отсев известняка	Частный фр. 0–20 мм	20,8	28,4	20,1	6,5	9,7	6,8	7,7	–
	Частный фр. 0–5 мм	–	35,8	25,4	8,3	12,2	8,6	9,7	–
	Полный фр. 0–5 мм	–	35,8	61,2	69,5	81,7	90,3	–	3,40
	Частный фр. 0–2,5 мм	–	–	39,6	12,9	19,0	13,4	15,1	–
	Полный фр. 0–2,5 мм	–	–	39,6	52,5	71,5	84,9	–	2,48
Отсев гранита	Частный фр. 0–20 мм	4,2	37,4	16,0	9,1	15,6	13,4	4,2	–
	Частный фр. 0–5 мм	–	39,0	16,7	9,5	16,3	14,0	4,5	–
	Полный фр. 0–5 мм	–	39,0	55,7	65,2	81,5	95,5	–	3,37
	Частный фр. 0–2,5 мм	–	–	27,4	15,6	26,7	22,9	7,4	–
	Полный фр. 0–2,5 мм	–	–	27,4	43,0	69,7	92,6	–	2,33

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ приведенных данных показывает, что кварцевый песок и золошлаковая смесь характеризуются зерновым составом, близким к оптимальному для бетонов. Песчаные фракции 0–5 мм отсевов гранита и известняка содержат значительное количество зерен 2,5–5,0 мм и по модулю крупности относятся к пескам повышенной крупности.

Если же фракцию 2,5–5,0 мм отнести к крупному заполнителю, то фракции 0–2,5 мм обоих отсевов будут характеризоваться оптимальным модулем крупности, т. е. оптимальным зерновым составом.

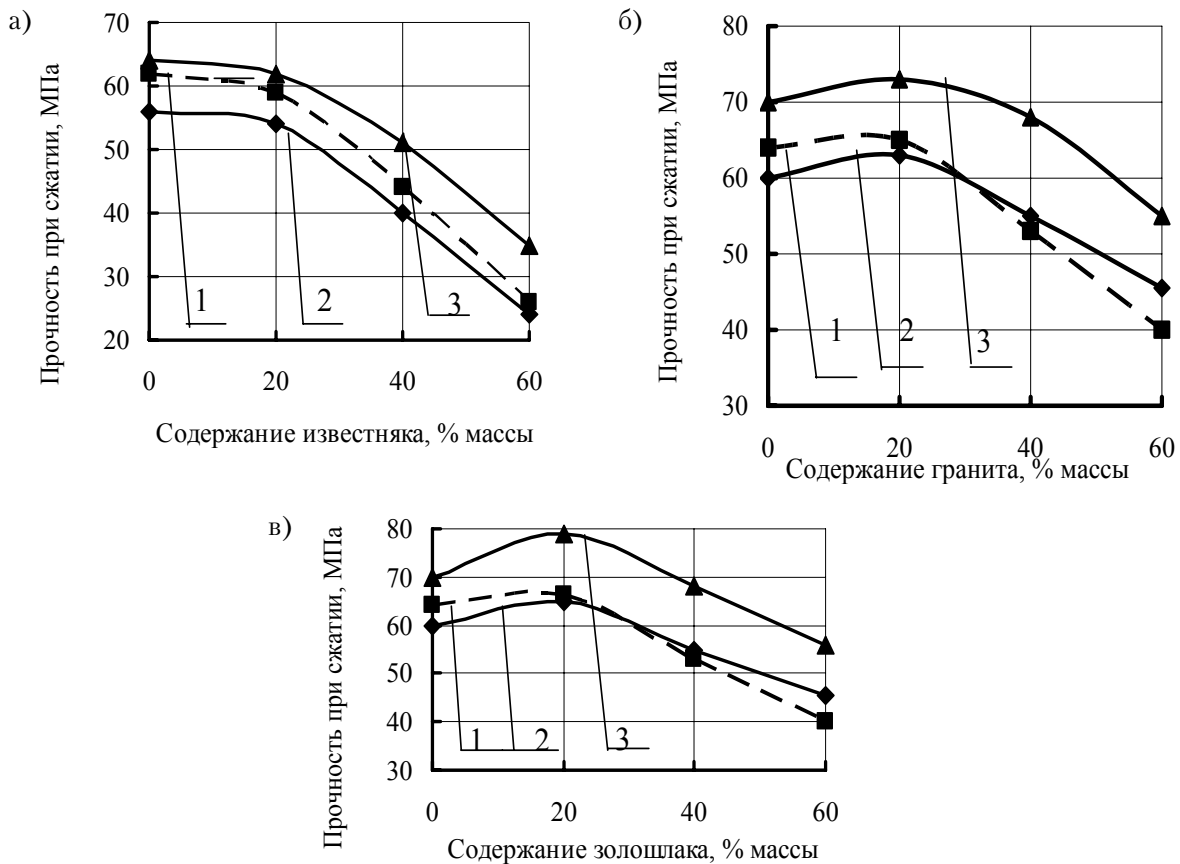
Изучены основные физико-механические свойства песчаной и щебенистой фракций отсевов камнедробления и золошлака ТЭС. Показатели этих свойств приведены в таблице 2. Их анализ показывает, что они типичны для этих материалов, а щебенистые фракции могут быть использованы для получения бетонов классов В40 или марок М500 и выше [7].

Таблица 2 – Физико-механические свойства материалов

Материал	Фракция, мм	Дробимость, % (марка)	Плотность, кг/м <sup>3</sup>		Межзерновая пустотность
			насыпная	зерновая	
Известняк	10–20	13,6 (800)	1350	2420	0,44
	5–10	13,1 (800)	1355	2420	0,44
	0–2,5	–	1365	2425	0,44
Гранит	5–10	12,8 (1200)	1390	2640	0,47
	0–2,5	–	1420	2640	0,46
Золошлак ТЭС	5–10	17,7 (1000)	1390	2050	0,33
	0–2,5	–	1456	2110	0,31

Исследовано влияние содержания пылеватых фракций на активность и прочность камня портландцемента ПЦ I, твердеющего в нормальных условиях, при пропаривании и автоклавировании (рисунок 1). Эти результаты свидетельствуют о том, что добавка 20 % дисперсного известняка от массы смешанного вяжущего практически не изменяют активность портландцемента при всех условиях

твердения. При дальнейшем повышении содержания пылевой фракции известняка происходит прямо пропорциональное снижение прочности цементного камня. Однако при введении в портландцемент 40 % известняка образцы сохраняют 70–80 % прочности.



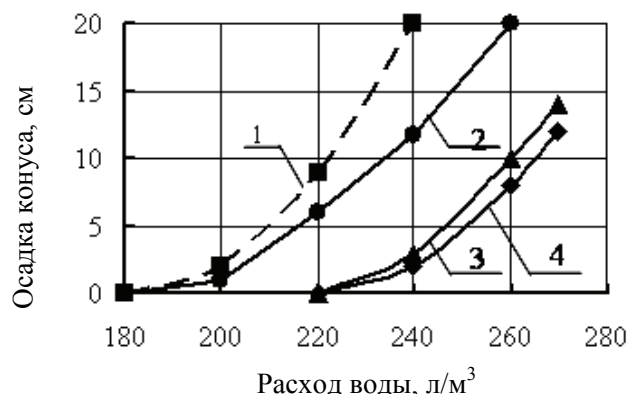
**Рисунок 1** – Влияние содержания пылеватых добавок фракции менее 0,16 мм на прочность цементного камня после: 1 – нормального твердения; 2 – пропаривания; 3 – автоклавирования.

Введение 20 % пылевого гранита при всех условиях твердения увеличивает активность цемента на 4–5 %, а при дальнейшем повышении содержания добавки до 40 % сохраняет 83–97 % прочности бездобавочного цементного камня. Причем остаточная прочность тем выше, чем выше температура твердения образцов, что свидетельствует о химической активности пылевого гранита.

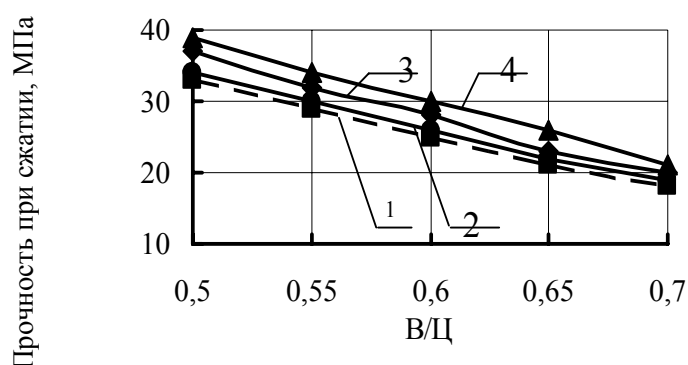
Еще более высокую пуццолановую активность проявляет пылеватая фракция золошлака ТЭС. Так, при введении 20 % тонкодисперсного золошлака активность смешанного вяжущего увеличивается на 4–13 %, максимально при автоклавной обработке. При дальнейшем увеличении содержания добавки происходит практически прямо пропорциональный сброс прочности образцов, но они сохраняют после нормального твердения, пропаривания и автоклавирования соответственно: 83, 92 и 97 % прочности при содержании 40 % золошлака и 63, 76 и 79 % при его введении в количестве 60 %.

Проведены сравнительные исследования зависимости подвижности бетонных смесей на техногенных песках и кварцевом песке (рисунок 2). Установлено, что бетонные смеси на известковом и гранитном отсевах имеют примерно одинаковую подвижность при одинаковом расходе воды.

Однако, по сравнению с кварцевым песком, для получения смесей с одинаковой подвижностью при использовании отсевов расход воды должен быть увеличен на 30–40 литров, т. е. примерно на 15–20 %. Такое различие, наиболее вероятно, можно объяснить тем, что отсевы имеют зерна угловатой формы в отличие от частиц песка с гладкой, окатанной поверхностью. Поэтому межзерновое трение между частицами отсевов выше, а подвижность бетонных смесей, при прочих равных условиях, ниже. Зависимости прочности бетонов на всех видах мелкого заполнителя от водоцементного отношения сохраняют прямолинейный характер (рисунок 3). При одинаковом В/Ц бетоны на техногенных мелких заполнителях имеют на 5–20 более высокую прочность.



**Рисунок 2** – Зависимость подвижности бетонной смеси от расхода воды и вида мелкого заполнителя: 1 – кварцевый песок; 2 – золошлак ТЭС; 3 – известняк 0–2,5 мм; 4 – гранит 0–2,5 мм.



**Рисунок 3** – Зависимость прочности бетонов при сжатии от В/Ц бетонной смеси и вида мелкого заполнителя: 1 – кварцевый песок; 2 – гранит 0–2,5 мм; 3 – известняк 0–2,5; 4 – золошлак 0–2,5 мм.

### ВЫВОДЫ

- дефицитный качественный кварцевый песок можно заменить техногенным сырьем Донбасса песчаной фракции;
- при учете особенностей и контроле качества на основе этого сырья можно получать бетоны марок до 500 и выше.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов, Ю. М. Технология бетона [Текст] / Ю. М. Баженов. – М. : АСВ, 2007. – 524 с.
2. 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.
3. ДСТУ Б В.2.7-211:2009. Суміші золошлакові теплових електростанцій для бетонів. Технічні умови [Текст]. – Уведено вперше (зі скасуванням в Україні ГОСТ 25592-91) ; чинний від 2010-09-01. – К. : Укрархбудінформ, 2000. – 12 с.
4. 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, 2010. – 44 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.
6. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками [Текст]. – Уведено вперше (зі скасуванням в Україні ГОСТ 10180-90) ; чинний від 2010-09-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 43 с.
7. ДСТУ Б В.2.7-43-96. Бетони важкі. Технічні умови [Текст]. – Уведено вперше ; чинний від 1997-01-01. – К. : Держкоммістобудування України, 1997. – 21 с.

Получено 09.01.2017

О. М. ЄФРЕМОВ, М. С. ОЛЕКСІЄВ, Д. Ю. БУКИНА, Д. С. КОВАЛЬОВ, Д. В. РОСІК  
ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ЗАМІНИ КВАРЦОВОГО ПІСКУ У БЕТОНАХ  
ЗОЛОШЛАКОВОЮ СУМІШШЮ, ВІДСІВАМИ ГРАНІТУ ТА ВАПНЯКУ  
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** Досліджено вплив вмісту фракції 0–0,16 мм на рухливість сумішей і міцність звичайних бетонів з використанням дрібного заповнювача зі золошлакової суміші, відсівів граніту та вапняку. Встановлено доцільність заміни кварцового піску золошлаковою сумішшю, відсівами граніту фракції 0–2,5 мм. Показано, що вміст у відсівах до 10 % фракції 0–0,16 мм підвищує, а до 20 % не знижує міцність бетонів.

**Ключові слова:** дрібний заповнювач бетонів, золошлакова суміш, відсіви граніту та вапняку, рухливість сумішей та міцність бетонів.

ALEXANDER YEFREMOV, MAXIM AKEKSEEV, DAREY BUKINA,  
DENIS KOVALEV, DENIS ROSIK  
CASTING OF POSSIBILITY OF REPLACEMENT OF QUARTZ SAND IN  
CONCRETES MIXE OF FLY-ASH AND SLAG OF THERMAL PLANTS,  
SCREENING OF GRANITE AND LIMESTONE  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Influence of the maintenance of fraction of 0–0,16 mm on mobility of mixes and strength of usual concrete with use of a small filler from mixe of fly-ash and slag of thermal plants, screening of granite and limestone are investigated. The expediency of replacement to quartz sand by fraction of 0–2,5 mm of fly-ash and slag of thermal plants, screening of granite and limestone are establish. It are show that the maintenance in screening to 10 % raised fractions of 0–0,16 mm, and to 20 % did not reduce strength of concrete.

**Key words:** a small filler of concrete, mixe of fly-ash and slag of thermal plants, screening of granite and limestone, mobility of mixes and durability of concrete.

**Ефремов Александр Николаевич** – доктор технических наук, профессор кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: вяжущие и бетоны на основе промышленных отходов, огнеупорные бетоны.

**Алексеев Максим Сергеевич** – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: бетоны на основе промышленных отходов.

**Букина Дарья Юрьевна** – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: бетоны на основе промышленных отходов.

**Ковалев Денис Сергеевич** – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: бетоны на основе промышленных отходов.

**Росик Денис Сергеевич** – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: бетоны на основе промышленных отходов.

**Ефремов Александр Миколайович** – доктор технічних наук, професор кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: в'язучі і бетони на основі промислових відходів, вогнетривкі бетони.

**Олексієв Максим Сергійович** – магістрант ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: бетони на основі промислових відходів.

**Букіна Дар'я Юрїївна** – магістрант ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: бетони на основі промислових відходів.

**Ковальов Денис Сергійович** – магістрант ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: бетони на основі промислових відходів.

**Росік Денис Віталійович** – магістрант ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: бетони на основі промислових відходів.

**Yefremov Alexander** – D.Sc. (Eng.), Professor, Associate Professor, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: binders and concretes on the basis of industrial waste, refractory concretes.

**Akekseev Maxim** – graduate student of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: concretes on the basis of industrial waste.

**Bukina Darey** – graduate student of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: concretes on the basis of industrial waste.

**Kovalev Denis** – graduate student of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: concretes on the basis of industrial waste.

**Rosik Denis** – graduate student of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: concretes on the basis of industrial waste.