

Таблица 2

Осевое перемещение точек соединения при различных начальных фазах

<i>Начальная фаза</i>	<i>Точка 1</i>	<i>Точка 2</i>	<i>Точка 3</i>
0	0.00132	0.0031	-0.00152
$\pi/4$	0.00148	-0.0076	-0.0099
$\pi/2$	0.0008	-0.0001	0.0001
$3\pi/4$	0.0004	0.0012	-0.0012
π	0.0013	0.0003	0.0015

Тоннель из опускных секций находится в слое относительной мягкой почвы, и так в большинстве жесткость конструкции более чем в свободной окружающей среде, поэтому подход в свободном поле является консервативным к этой ситуации. На основе свойств финитной функции и преобразования Фурье представлен метод определения напряженного деформационного состояния тоннельной обделки. Выявлено, что для определения реакции тоннеля при землетрясении можем упрощать модель расчета, как статический поход с небольшой скоростью.

Список литературы

1. Курбацкий Е. Н. Метод решения задач строительной механики и теории упругости, основанный на свойствах изображений Фурье финитных функций : дис. ... д-ра техн. наук. М., 1995. 205 с.
2. Курбацкий Е. Н., Купчикова Н. В., Сан Лин Тун. Соотношение между интегралом Фурье и спектрами ответов при оценке сейсмического воздействия на свайные фундаменты // Энергоресурсосберегающие технологии: Наука. Образование. Бизнес. Производство : сб. тр. V Междунар. науч.-практ. конф. (Астрахань, 24–28 окт. 2011 г.). С. 173–178.
3. Купчикова Н. В. Методика расчета свайных фундаментов с уширениями на сейсмические воздействия, основанная на свойствах изображения Фурье финитных функций // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 8. С. 24–31.
4. Power M. S, Rosidi D. & Kaneshiro J. Strawman: screening, evaluation and retrofit design of tunnels // Report Draft. National Center for Earthquake Engineering Research. Buffalo, New York, 1996.

УДК 691.212

ВЛИЯНИЕ ГРАНИТНЫХ ОТХОДОВ КАМНЕОБРАБОТКИ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ

Д. В. Бурба

*Гродненский государственный университет им. Янки Купалы
(Республика Беларусь)*

В статье рассматривается влияние отходов камнеобработки на химический состав цементных систем.

Строительная отрасль в Республике Беларусь активно развивается. Разрабатываются новые виды строительных материалов, обладающих улучшенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами. Однако в настоящее время цемент и железобетон все еще остаются распространенным строительным материалом. Воздействие неблагоприятной окружающей среды, а также различного вида статических и динамических нагрузок приводит к разрушению бетонных и железобетонных конструкций. Исследуются возможные способы улучшения характеристик цементов и бетонов, в том числе за счет введения в их состав отходов различных производств. Рассматриваются возможности вторичного использования таких отходов как золы, шлаки, бетонный лом, отходы камнедробления и камнепиления, отходы различных химических производств.

В статье представлены результаты рентгено-флуоресцентного спектрального анализа цементно-песчаных составов с содержанием отходов камнеобработки КУП «Гродноблдорстрой». По результатам, представленным на спектрограммах, сделан вывод об изменении химического состава цементных систем, а также о возможности дальнейшего применения гранитных отсеков.

Ключевые слова: бетон, цемент, отходы, гранит, рентгено-флуоресцентный спектральный анализ, спектрограмма, градация, железо, кремний, частицы.

The article deals with the impact of the stone processing waste on the chemical composition of cement systems.

The construction industry in the Belarus is actively developing. Development of new types of building materials with improved physical, mechanical and performance properties. Currently, the cement and concrete are still common building materials. Influence of adverse environment, as well as various kinds of static and dynamic loads leads to the destruction of concrete and reinforced concrete structures. Investigate possible ways to improve the performance of cement and concrete, including through the introduction of their composition various waste products.

The article presents the test results of X-ray fluorescence spectral analysis of cement-sand compositions containing waste stonecutting "Grodnoobldorstroj". According to the results presented in spectrograms, concluded that changing the chemical composition of cement systems, as well as the possibility of further use of granite wastes.

Keywords: concrete, cement, waste, granite, X-ray fluorescence spectral analysis, spectrogram, gradation, iron, silicon, particles.

Объемы образующихся строительных отходов в Республике Беларусь постоянно увеличиваются. Затраты на удаление, складирование и транспортировку этих отходов значительно увеличивают конечную стоимость строительной продукции, поэтому очень актуальной является проблема эффективного вторичного использования отходов. Однако не на всех предприятиях до сих пор решена проблема рационального использования отходов производства. К примеру, в Республике Беларусь известно предприятие РУПП «Гранит», на котором производят щебень различных фракций. В результате производства образуются гранитные отсеки, которые можно применять в качестве заполнителей для бетонов. Применение гранитных отходов при создании бетонных и цементных систем ограничено. Это объясняется тем, что до сих пор недостаточно изучено влияние этих отходов на химический состав цементных и бетонных систем, а также на сам процесс гидратации.

Для решения этого вопроса на инженерно-строительном факультете Гродненского государственного университета им. Я. Купалы проведены исследования. Целью этих исследований стало изучение влияния отходов камнеобработки на физико-механические свойства и химический состав цементных систем.

В качестве добавки к цементным системам использованы гранитные отсе́вы камнедробления КУП «Гроднооблдорстрой» (один из филиалов РУПП «Гранит»). Возможность применения этих отсе́вов при создании цементных систем обоснована в [1, 2].

Согласно методике, представленной в [3], приготавливался контрольный цементно-песчаный состав К1 (соотношение цемента и песка 1:3, В/Ц = 0,45). По результатам исследований, представленных в статье [4], наибольшей прочностью на изгиб и сжатие обладает состав 1, полученный путем замены 10 % песка гранитными отсе́вами крупностью 0,14–5 мм.

Из цементно-песчаных составов К1 и 1 были приготовлены образцы балочки сечением 40×40×160 мм. На 28-е сутки хранения в нормальных влажностных условиях образцы были разрушены по методике [5].

Цементно-песчаные составы дополнительно измельчались вручную. Из полученных образцов отобраны 2 навески массой 100 г (частицы, прошедшие через сито 0,08 мм). Далее навески отправлены на рентгено-флуоресцентный спектральный анализ.

Рентгено-флуоресцентный анализ проводился при помощи прибора СЕР-01. Результаты испытаний представлены в таблице 1, а также на рис. 1 и 2.

Таблица 1

Химический состав цементно-песчаных образцов

Наименование химического элемента	Концентрация, мг/г	
	Состав К1	Состав 1
Натрий (Na)	7,236 ± 1,680	-
Алюминий (Al)	22,599 ± 6,780	-
Кремний (Si)	375,435 ± 13,279	409,316 ± 12,117
Фосфор (P)	2,119 ± 0,881	1,687 ± 0,763
Сера (S)	169,537 ± 13,787	209,337 ± 14,860
Калий (K)	11,067 ± 0,583	10,227 ± 0,543
Кальций (Ca)	428,559 ± 3,764	410,414 ± 3,587
Хром (Cr)	0,012 ± 0,008	0,072 ± 0,020
Марганец (Mn)	0,260 ± 0,024	0,304 ± 0,025
Железо (Fe)	9,102 ± 0,102	10,653 ± 0,107
Никель (Ni)	0,108 ± 0,018	0,135 ± 0,019
Медь (Cu)	0,032 ± 0,005	0,035 ± 0,006
Цинк (Zn)	0,220 ± 0,009	0,192 ± 0,008
Селен (Se)	0,002 ± 0,001	0,002 ± 0,001
Стронций (Sr)	0,708 ± 0,010	0,722 ± 0,010
Иттрий (Y)	0,025 ± 0,002	0,025 ± 0,002
Цирконий (Zr)	0,021 ± 0,002	0,020 ± 0,002
Индий (In)	0,057 ± 0,008	0,069 ± 0,009

Олово (Sn)	0,044 ± 0,005	0,044 ± 0,005
Свинец (Pb)	<0,001	-
Висмут (Bi)	0,004 ± 0,002	0,008 ± 0,003
Хлор (Cl)	69,812 ± 6,912	77,978 ± 7,089
Титан (Ti)	0,604 ± 0,065	0,795 ± 0,072
Ванадий (V)	0,207 ± 0,070	-
Галлий (Ga)	<0,001	0,003 ± 0,001
Ниобий (Nb)	0,008 ± 0,002	0,005 ± 0,002
Молибден (Mo)	0,015 ± 0,004	-
Серебро (Ag)	0,008 ± 0,003	-
Кадмий (Cd)	0,018 ± 0,004	0,004 ± 0,001
Сурьма (Sb)	0,033 ± 0,008	-
Цезий (Cs)	0,383 ± 0,076	0,120 ± 0,041
Барий (Ba)	1,883 ± 0,259	2,942 ± 0,314
Уран (U)	<0,001	0,006 ± 0,005

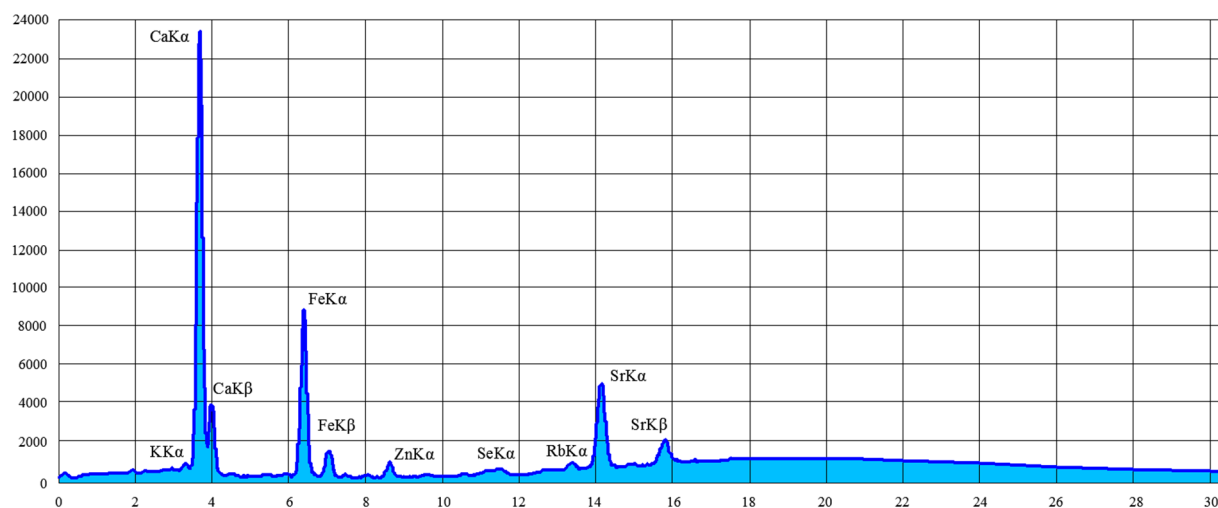


Рис. 1. Спектрограмма цементно-песчаного состава K1

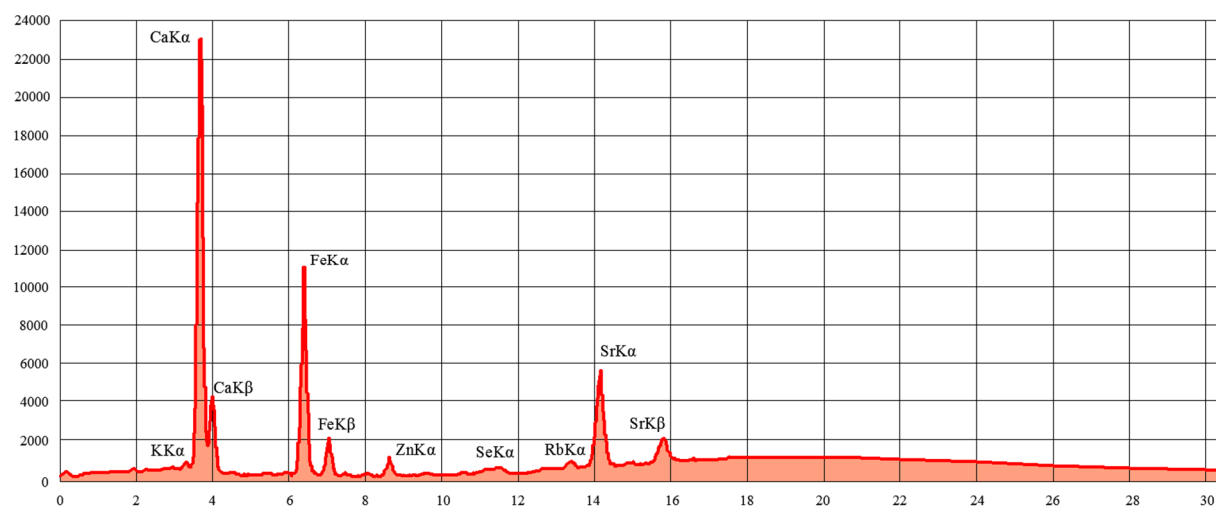


Рис. 2. Спектрограмма цементно-песчаного состава 1

По результатам выполненных исследований можно сделать вывод о том, что влияние гранитных отходов камнедробления КУП «Гроднооблдорстрой» проявляется в следующем:

1. Концентрация кремния относительно контрольного состава повысилась на 9 %, серы – на 13,5 %, железа – на 7 %. Концентрация кальция снизилась на 4 % относительно контрольного состава.

2. В составе 1, в отличие от контрольного состава, отсутствуют (либо представлены в очень маленькой концентрации) натрий, алюминий и свинец.

Подводя итог, можно сказать о том, что введение в цементно-песчаный состав гранитных отсеков влияет на химический состав цемента, однако это влияние не является значительным. В дальнейшем, предполагается исследовать влияние гранитных отсеков КУП «Гроднооблдорстрой» совместно с пластифицирующей добавкой и фиброматериалами на химический состав цементных и бетонных систем.

Список литературы

1. Бурба Д. В, Католиков В. А. Изучение физико-механических характеристик отсеков, образующихся на предприятии КУП «Гроднооблдорстрой» // Современные технологии в строительстве : сб. научных статей / ГрГУ им. Я. Купалы. Гродно : ГрГУ, 2015. С. 82–84.

2. Бурба Д. В, Католиков В. А. Области эффективного применения отсеков камнедробления РУПП «Гранит» // Современные технологии в строительстве : сб. научных статей / ГрГУ им. Я. Купалы. Гродно : ГрГУ, 2015. С. 85–86.

3. Методы испытания цемента. Часть 3. Определение сроков схватывания и равномерности изменения объема: СТБ ЕН 196-3-2007 : введ. 27.02.2007 (с отменой СТБ ЕН 196-3-2000). Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2007. 14 с.

4. Бурба Д. В, Католиков В. А. Влияние отходов дробления гранитного щебня на прочностные характеристики цементных систем // Наука-2015 : сб. научных статей / ГрГУ им. Я. Купалы. Гродно : ГрГУ, 2015. С. 86–90.

5. Методы испытания цемента. Часть 1. Определение прочности: СТБ ЕН 196-1-2007 : введ. 27.02.2007 (с отменой СТБ ЕН 196-1-2000). Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2007. 26 с.

УДК 624.15

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СТУПЕНЧАТЫХ И ПРИЗМАТИЧЕСКИХ СВАЙ В ПЕСКАХ И СУГЛИНКАХ

Н. В. Купчикова, А. С. Синицин

Астраханский инженерно-строительный институт (Россия)

Приведен анализ применения в российском и зарубежном строительстве готовых и набивных ступенчатых свай. Приведены результаты лабораторных экспериментальных исследований ступенчатых свай. Выявлены эффективные характеристики работы таких