

МАТЕРИАЛОСБЕРЕГАЮЩИЕ ФАКТОРЫ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТЕНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ШЛАКОЩЕЛОЧНЫХ БЕТОНОВ НА ОТХОДАХ КАМНЕПИЛЕНИЯ ИЗВЕСТНЯКОВ РАКУШЕЧНИКОВ И ЖИДКИХ СТЕКЛАХ С СИЛИКАТНЫМ МОДУЛЕМ $M_c = 1,5 \dots 1,7$, ПОСЛЕ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ

Елена Носатова

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181,

e-meil: pk@napks.edu.ua

Аннотация: представлены оптимизации составов облегченных бетонов с использованием карбонатных отходов, доменных шлаков и модифицированного жидкого стекла с $M_c = 1,5 \dots 1,7$. Установлены параметры прочностных характеристик, средней плотности и устойчивости к атмосферным воздействиям.

Ключевые слова: жидкое стекло, доменный гранулированный шлак, шлакощелочное вяжущее, вещество, тонкость помола, плотность раствора, прочность, математическая обработка

ВВЕДЕНИЕ

Шлакощелочной цемент (ШЩЦ) является конкурентом на рынке вяжущих материалов обычному портландцементу и его разновидностям. На ряду с конкуренцией, ШЩЦ одновременно дополняет, и расширяет возможности этого рынка, области его использования, дает возможность расширить базу выпуска самых разнообразных по назначению строительных материалов, изделий и конструкций. Тем самым усиливается строительный потенциал регионов и государства в целом. Если рассмотреть вопрос использования ШЩЦ и бетонов на их основе в плоскости экологической безопасности и охраны окружающей среды, то также видны значительные положительные факторы применения этого материала в строительной индустрии. Использование отходов промышленных производств актуальная проблема для любого государства.

Известно, что наиболее эффективным щелочным компонентом шлакощелочного вяжущего (ШЩВ) являются жидкие стекла, позволяющие получать высокопрочные шлакощелочные вяжущие с наибольшей коррозионной стойкостью, морозостойкостью и рядом других специальных свойств. Однако существенным недостатком жидкого стекла являются его высокая стоимость по сравнению с другими щелочными компонентами ШЩВ и короткие сроки схватывания ШЩВ на его основе. В настоящее время не достаточно изучены физические, механические, технологические и эксплуатационные свойства ШЩВ, а в частности конструкционно-теплоизоляционных бетонов на основе жидких стекол с силикатным модулем ($M_c = 1,5 \dots 1,7$) и отходах камнепиления известняков – ракушечников Первомайского карьера. Обширные данные, по исследованию ШЩВ на основе

силикатного стекла с кремнеземистым модулем ($M_c = 1$) и ($M_c = 2$), представлены в работах В.Д. Глуховского [7], П.В. Кривенко[8], В.А. Ракша[9], Г.В. Румына[10], Ю.А. Шеплякова[11] и др. Наиболее существенные исследования ШЩВ на основе жидких стекол с силикатным модулем $M_c = 1,4 \dots 1,6$, полученных механохимической активацией, приведены в [12]. Однако остаются малоисследованные области свойств ШЩВ и бетонов на их основе с использованием силикатного стекла ($M_c = 1,5 \dots 1,7$) и отходов камнепиления известняков ракушечников. К таким областям можно отнести влияние силикатного модуля в пределах $1,5 \dots 1,7$, плотности водного раствора жидкого стекла, раствора – шлакового соотношения, тонкости помола шлака на технологические и механические свойства ШЩВ и бетонов на его основе.

В качестве основного состава бетона выбран оптимальный состав по результатам проведения оценочного 2-х факторного рототабельного плана, в котором исследовались зависимости прочности на сжатие после ТВО ($2+3,5+4,5$ 70°C), плотности бетона и однородности поверхности при варьировании факторов (количество щебня и шлака).

Основной состав в натуральных величинах имеет вид: Щ – 850 кг; П – 804 кг; Ш – 513 кг; Жст – 190 л.

В дальнейших исследованиях решено оценить влияние количества добавки белого известняка нумулитового в шлак, Р/Ш соотношения и плотности жидкого стекла на прочность, плотность и высолообразование бетона после ТВО по режиму ($2+3,5+4,5$ - 70°C (выдержка + подъем + изотермия))

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью данной работы является получение ШЩБ оптимального состава для производства стеновых строительных изделий.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- использование карбонатных отходов камнепиления нумулитового известняка как добавки при совместном помоле с доменными гранулированными шлаками.
- влияние количества добавки белого известняка в шлак на прочность, плотность и высолообразование бетона после ТВО по

режиму (2+3,5+4,5 - 70°C (выдержка + подъем + изотермия)).

- влияние Р/Ш отношения на прочность, плотность и высолообразование бетона после ТВО

- влияние плотности жидкого стекла на прочность, плотность и высолообразование бетона после ТВО

Данные по плотности образцов после формовки, после ТВО, по прочности образцов после ТВО и в 28 суточном возрасте, а также уровни и значения факторов матрицы представлены в таблице 1. Прочность образцов рассчитывалась в соответствии с рекомендациями. ДСТУ Б В.2.7-223:2009

Таблица 1. Сводная таблица данных многофакторного эксперимента
Table. 1. Summary plate of facts multifactorial experiment

№ опыта	Уровни факторов			Значения факторов			сред. плотн. образца после формов. кг/м ³ .	сред. плотн. образца после ТВО кг/м ³ .	предел прочн. на сжатие. после ТВО, МПа	предел прочн. на сжатие. в возр. 28 сут. МПа
	X1	X2	X3	Добавка белого известняка в шлак, %	Р/Ш	$\rho_{жст}$				
1	1	1	1	21.22	0.45	1.175	2103	2097	18,05	26,2
2	-1	1	1	8.78	0.45	1.175	2037	2037	20,08	22,8
3	1	-1	1	21.22	0.41	1.175	2001	2036	11,79	19
4	-1	-1	1	8.78	0.41	1.175	1989	1999	16,32	18,3
5	1	1	-1	21.22	0.45	1.145	2135	2108	19,17	23,3
6	-1	1	-1	8.78	0.45	1.145	2095	2082	22,03	22,7
7	1	-1	-1	21.22	0.41	1.145	2034	2046	11,19	18,4
8	-1	-1	-1	8.78	0.41	1.145	1996	2010	13,64	17,6

Таблица 2. Составы бетона для опытов ПФЭ
Table. 2. Concrete analyses for the multifactorial experiment

№ опыта	Щ, кг	П, кг	Ш, кг	Жст, л
1	850	783	513	197
2	850	785	513	197
3	850	831	513	179
4	850	833	513	179
5	850	769	513	202
6	850	771	513	202
7	850	818	513	184
8	850	820	513	184

МАТЕРИАЛОСБЕРЕГАЮЩИЕ ФАКТОРЫ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТЕНОВЫХ

Фотографии образцов наиболее оптимального состава после формования и после пропарки представлены на рис.1,2,3,4



Рис. 1. Фотографии образцов после формования. Состав 5.
Fig. 1. photo of the assays after the extrusion. Analyses 5.

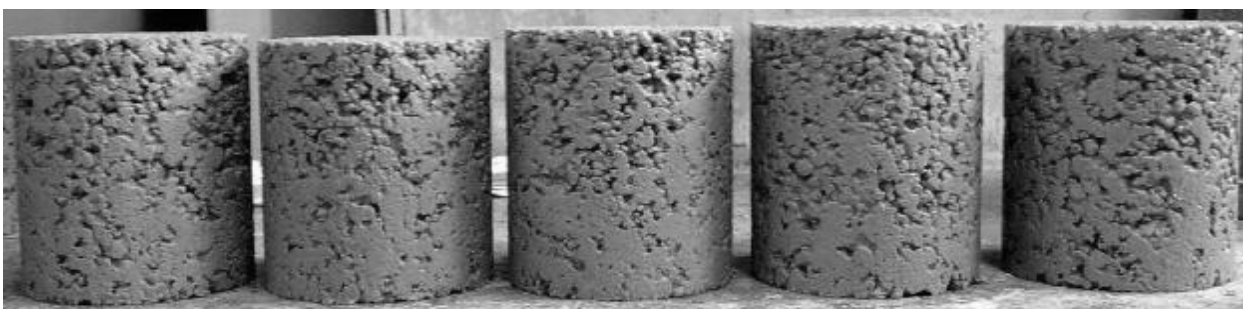


Рис. 2. Фотографии образцов после формования. Состав 6.
Fig. 2. photo of the assays after the extrusion. Analyses 6

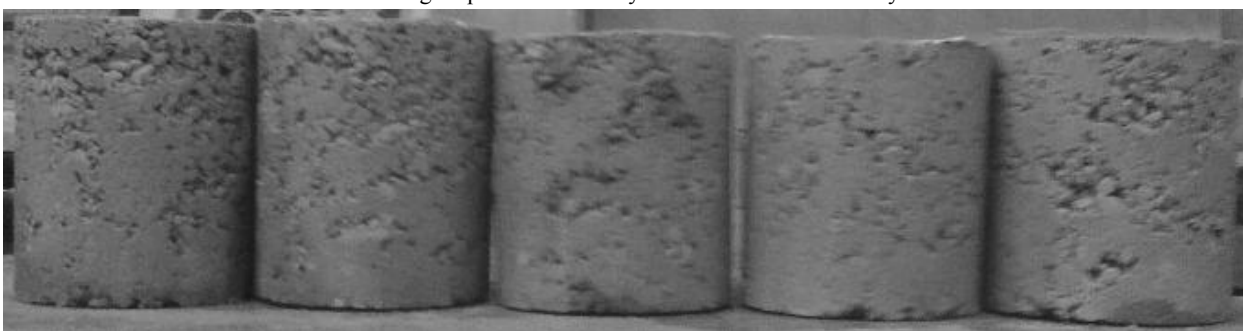


Рис. 3. Фотографии образцов после ТВО. Состав 5
Fig. 3. photo of the assays after the steaming. Analyses 5

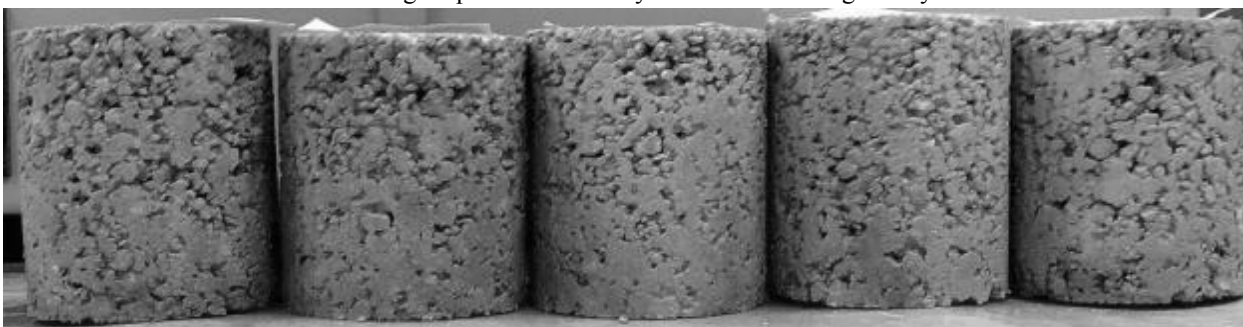


Рис. 4. Фотографии образцов после ТВО. Состав 6.
Fig. 4. photo of the assays after the steaming. Analyses 6

Математическую обработку результатов эксперимента выполняли при помощи пакета Scilab 5.4 используя [1, 2, 3, 4, 5, 6]. На первом этапе выполняли поиск резковыделяющихся значений по [1, 4]. Для каждого опыта определяли нормальность распределения данных по критерию Шапиро-Уилка [2]. Далее определяли однородность дисперсий по критерию Кохрена в случае равномерного дублирования опытов, либо по критерию Бартлетта при неравномерном дублировании [2, 3, 5].

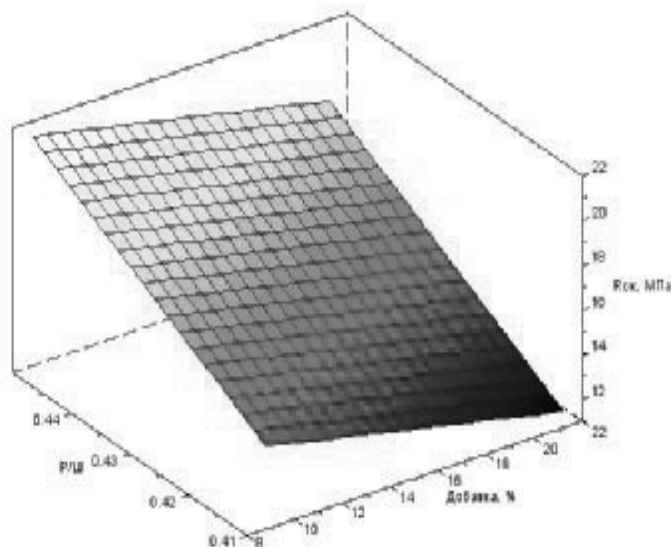
Методами линейной алгебры рассчитывали коэффициенты регрессионного уравнения. После вычисления дисперсий воспроизводимости и адекватности определяем адекватность полученного уравнения регрессии и значимость коэффициентов [3, 5].

Результаты математической обработки данных эксперимента по прочности после ТВО. Гипотеза о нормальности распределения для каждой серии опытов принимается на уровне значимости 0.05. Дисперсии однородны т.к. расчетное значение критерия Кохрена 0.269209 не больше критического 0.390993. Дисперсия воспроизводимости

эксперимента 6.08258 при числе степеней свободы 32. Коэффициенты регрессионного уравнения **16.5336**; **-1.48267**; **3.29921**; **0.0272588**. Значение критерия Стьюдента при числе степеней свободы 32 и уровне значимости 0.025 (2-х сторонний критерий при уровне значимости 0.05) – 2.03693. Так как, корреляционная матрица диагональна, то коэффициенты значимы, если они больше 0.794311. Таким образом, коэффициент **0.0272588** незначим и, соответственно, исключается из уравнения. Дисперсия адекватности уравнения 8.529 с числом степеней свободы 4. Расчетное значение критерия Фишера 1.4022. Табличное значение критерия Фишера для принятого числа степеней свободы числителя 4 и знаменателя 32 и уровня значимости 0.05 – 2.66844. Уравнение адекватно, так как расчетное значение критерия Фишера меньше теоретического. Следовательно, для прочности после ТВО получено уравнение регрессии:

$$R_{\text{ТВО}} = 16.533638 - 1.4826651 \times X1 + 3.2992142 \times X2 \quad (1)$$

(1) Графические данные уравнения регрессии представлены на рисунке



3.

Рис. 3. Зависимость прочности на сжатие после ТВО от количества добавки и R/Ш соотношения при фиксированном значении плотности жидкого стекла – 1,16 г/см³

Fig.3. Relation of the strength on pressure after TVO from the amount of the addition and R/S with the proportion by fixated – 1,16 g/sm³

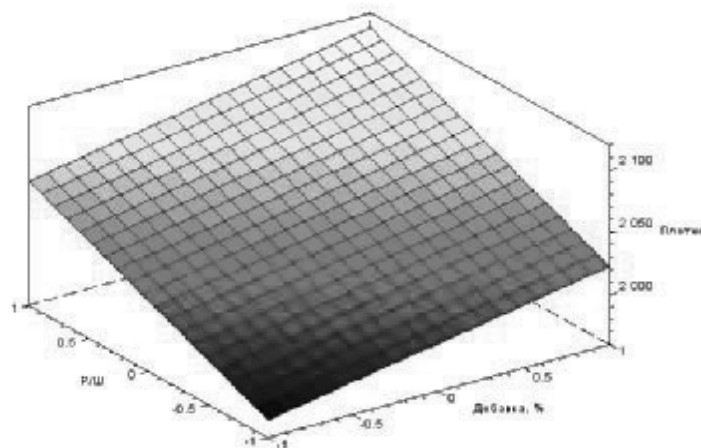


Рис.4. Зависимость плотности бетона от Р/Ш соотношения и количества добавки
 Fig.4. Relation of the concrete body from R/S with the proportion and the amount of addition Уравнение регрессии

для определения плотности бетона после ТВО:

$$\rho_{\text{ТВО}} = 2052.523 + 19.291264 \times X1 + 28.599189 \times X2 - 19.163291 \times X3(2)$$

График зависимости плотности бетона от количества добавки и Р/Ш соотношения показан на рис. 4.

Уравнение регрессии для прочности в возрасте 28 суток:

$$R_{28} = 20,880028 + 2,655855 \times X2$$

ВЫВОДЫ

1. Оптимальным составом ШЩБ для производства стеновых строительных материалов по прочности, плотности и устойчивости к высолом является состав №6.

2. Предлагается технология совместного помола добавки карбонатных отходов с доменными гранулированными шлаками. Расход добавки 8,78 %.

3. При заданном расходе добавки для состава №6 предел прочности на сжатие в возрасте 28 суток после ТВО составляет 22,7 МПа, что соответствует классу бетона С16/20.

4. При заданном расходе добавки для состава №6, средняя плотность бетона после ТВО составляет 2082 кг/м³, что соответствует марки по плотности D 2100.

5. В образцах предлагаемого состава выщелачивания не наблюдаются за счет оптимального подбора соотношения компонентов бетона, применения ТВО и использования карбонатных отходов при совместном помоле шлака.

ЛИТЕРАТУРА

1. Львовский Е.Н., 1988. Статистические методы построения эмпирических формул: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк.– 239.

2. Кобзарь А. И., 2006. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – М.: ФИЗМАТЛИТ. – 816.

3. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В., 1976. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука. – 280.

4. Большев Л.Н., Смирнов Н.В., 1983. Таблицы математической статистики. – М.: Наука. – 416.

5. Спиридонов А. А., 1981. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. - М.: Машиностроение.– 184.

6. Алексеев Е. Р., 2008. Scilab: Решение инженерных и математических задач/ Е.Р. Алексеев, О.В.Чеснокова, Е. А.Рудченко. - М. : ALT Linux ; БИНОМ. Лаборатория знаний. - 260.

7. Щелочные и щелочно-щелочноземельные гидравлические вяжущие и бетоны, 1979./ под общей редакцией В.Д. Глуховского. – К.: Вища школа. – 231.

8. Кривенко П.В., Пушкарева Е.К., Чиркова В.В., 1985. Процессы гидратации силикатов кальция в присутствии щелочных металлов// Изв. вузов. Сер. Химия и химическая технология. – Вып. 28, №2, 70 – 74.

9. Ракша В.А., 1974. Исследование влияния химического состава шлаков на свойства шлакощелочных вяжущих и бетонов: Автореф. Дис...канд. техн. наук: 05.23.05. – К.: КИСИ. – 18.

10. Румына Г.В., 1974. Исследование влияния глинистых минералов на свойства шлакощелочных бетонов: Автореф. дис...канд. техн. наук: 05.23.05. - К.: КИСИ. – 22.

11. Шепляков Ю.А. и др., 2001. Влияние свойств жидких стекол на технологические и прочностные характеристики шлакощелочных вяжущих// Строительство и техногенная безопасность: Сб. научн. тр. КАПКС. - Вып. 4., 166 – 176.

12. Олейник О.Н., 2001. Шлакощелочные вяжущие и бетоны с использованием щелочных силикатных суспензий. Дисс. ... канд. техн. Наук: 05.23.05. – Симферополь: НАПКС. - 167.

13. Елькина И., 2013. Влияние механоактивации и добавки микрокремнезема на структуру и свойства прессованных материалов из грандиоритовых шламов шархинского карьера.// MOTROL. - Vol 15, №5, 107-113.

14. Гасанов А., Нестеренко Е., Люлько А., 2009. Ресурсосбережение в производстве строительных материалов.// MOTROL. - №11А, 134 - 137.

15. Свищ И. С., 2009. Строительное материаловедение: Пособие для лабораторных работ. – Симферополь: РИО НАПКС. - 273.

MATERIAL CONSERVING FACTORS IN THE TECHNOLOGY OF WALL PRODUCTS OF SLAG ALKALI CONCRETES BASED ON WASTE MATERIAL OF LIMESTONE, SHELL ROCK AND ALKALI SILICATE SAWING WITH ACIDITY INDEX $M_c = 1,5 \dots 1,7$ AFTER WARM AND HUMID MANUFACTURE.

Summary: Presented optimizations of analyses light-duty concretes using carbonaceous waste materials, blast-furnace slags and modified alkali silicate with $m_c = 1,5-1,7$. Ascertained parameters of stability characteristics with middle body and resistance to the atmosphere effect.

Key words: alkali silicate, blast-furnace grained slag, slag alkali cement, water absorption, coefficient of softening, fineness of milling, body of solution, strength.