

УДК 667.9.015.42

И. С. СВИЦ, Е. В. НОСАТОВА

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ НА ПРОЧНОСТЬ, ПЛОТНОСТЬ И ЭСТЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ШЛАКОЩЕЛОЧНОГО БЕТОНА, ОТФОРМОВАННОГО ПО ТЕХНОЛОГИИ ВИБРОПРЕССОВАНИЯ

В статье рассматривается определение влияния режимов ТВО (температура и время изотермического прогрева) на прочность, плотность и высолообразование бетона, отформованного по технологии вибропрессования. Для регулирования сроков схватывания в шлак при помоле добавлялась добавка белого нумуллитового известняка и известняка ракушечника Первомайского карьера в количестве 30 % от требуемой массы тонкомолотого доменного гранулированного шлака. Для определения влияния режимов тепло-влажностной обработки (ТВО) в первом приближении выполнялся полный факторный эксперимент при числе факторов, равном двум.

жидкое стекло, доменный гранулированный шлак, шлакощелочное вяжущее, вещество, режим ТВО, уравнение регрессии, тонкость помола, плотность бетона, прочность

Целью данной работы является оценка влияния режимов тепловлажностной обработки (ТВО) на прочность, плотность и эстетические показатели шлакощелочного бетона, отформованного по технологии вибропрессования.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- определение влияния режимов ТВО на прочность ШЩБ после ТВО, в 28 суточном возрасте естественного твердения в воздуховлажностной среде и в воде;
- определение влияния режимов ТВО на плотность ШЩБ;
- определение влияния режимов ТВО на эстетические показатели изделий из ШЩБ.

В качестве основного состава бетона выбран оптимальный состав по результатам проведения оценочного ряда матриц, в которых исследовались зависимости прочности на сжатие, после тепловлажностной обработки по режиму (2,0 + 3,5 + 4,5), при температуре изотермического прогрева $T = 70$ °С, плотности бетона и однородности поверхности при варьировании таких факторов, как количество щебня и шлака, % содержание добавки в шлаке.

Основной состав в натуральных величинах имеет вид: ШЦ = 850 кг/м³; П = 771 кг/м³; Ш = 513 кг/м³; раствор жидкого стекла $J_{ст} = 231$ л, плотность жидкого стекла $\rho_{ж.ст.} = 1,15$ г/см³.

В исследованиях оценивалось влияние режимов ТВО (температура и время изотермического прогрева) на прочность, плотность и высолообразование бетона, отформованного по технологии вибропрессования. Для регулирования сроков схватывания в шлак при помоле добавлялась добавка белого нумуллитового известняка и известняка ракушечника Первомайского карьера в количестве 30 % от требуемой массы тонкомолотого доменного гранулированного шлака.

Для определения влияния режимов тепловлажностной обработки (ТВО) в первом приближении выполнялся полный факторный эксперимент при числе факторов, равном двум. Для статистической обработки результатов эксперимента все опыты дублировались. Данные режимов ТВО представлены в таблице 1.

Показатели уровней и значения факторов матрицы представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Режимы тепловлажностной обработки

№ п/п	T, °C	Предварительная выдержка, ч	Подъем температуры, ч	Изотермическая выдержка $t_{изот}$, ч	Охлаждение, ч	Общее время, ч
	1	2	3	4	5	6
1	60	2	2	2	2	8
2	80	2	3	2	3	10
3	60	2	2	6	2	12
4	80	2	3	6	3	14

Таблица 2 – Матрица двухфакторного эксперимента

№ п/п	Уровни		Натуральные значения факторов	
	X_1	X_2	T, °C	$t_{изот}$, ч
	1	2	3	4
1	-1	-1	60	2
2	1	-1	80	2
3	-1	1	60	6
4	1	1	80	6

Сравнительные характеристики по плотности бетона образцов с добавкой белого известняка и добавкой известняка ракушечника представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Сравнительная таблица плотности образцов с добавкой белого известняка

№ п/п	Плотность образцов в зависимости от условий твердения, г/см ³		
	ТВО	в возрасте 28 суток естественного твердения в воздушной среде	в возрасте 28 суток естественного твердения в воде
1	2,225	2,126	2,193
2	2,211	2,184	2,176
3	2,235	2,157	2,170
4	2,199	2,182	2,228
Средние	2,218	2,162	2,192

Таблица 4 – Сравнительная таблица плотности образцов с добавкой известняка ракушечника

№ п/п	Плотность образцов в зависимости от условий формирования, г/см ³		
	после ТВО	в возрасте 28 суток естественного твердения в воздушной среде	в возрасте 28 суток естественного твердения в воде
1	2,215	2,154	2,181
2	2,204	2,184	2,172
3	2,218	2,165	2,193
4	2,193	2,171	2,239
Средние	2,208	2,169	2,196

Сравнительные характеристики по прочности бетона образцов с добавкой белого известняка и добавкой известняка ракушечника показаны соответственно в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 – Сравнительная таблица прочности образцов с добавкой белого известняка

№ п/п	Средняя прочность образцов		
	после ТВО	в возрасте 28 суток естественного твердения в воздушной среде	в возрасте 28 суток естественного твердения в воде
	МПа	МПа	МПа
1	5,26	15,67	18,76
2	15,86	26,42	19,07
3	11,83	21,24	20,88
4	20,24	26,59	21,34

Таблица 6 – Сравнительная таблица прочности образцов с добавкой известняка ракушечника

№ п/п	Средняя прочность образцов		
	после ТВО	в возрасте 28 суток на воздухе	в возрасте 28 суток в воде
	МПа	МПа	МПа
1	5,11	19,27	17,50
2	18,71	25,04	21,43
3	14,84	24,23	24,60
4	20,91	26,17	25,57

Математическую обработку результатов эксперимента выполняли при помощи пакета Scilab 5.4 используя [1–6]. Методами линейной алгебры рассчитывали коэффициенты регрессионного уравнения. Уравнения регрессии для полного факторного эксперимента с добавкой белого известняка по прочности после ТВО и в возрасте 28 суток представлены ниже.

Для прочности после ТВО получено уравнение регрессии:

$$R_{\text{ТВО}} = 13,3 + 4,75 \cdot X_1 + 2,74 \cdot X_2. \quad (1)$$

В принятом диапазоне значений факторов эксперимента температура изотермического прогрева существенно влияет на прочность после ТВО, нежели время изотермического прогрева.

График зависимости прочности бетона на сжатие после ТВО показан на рис. 1.

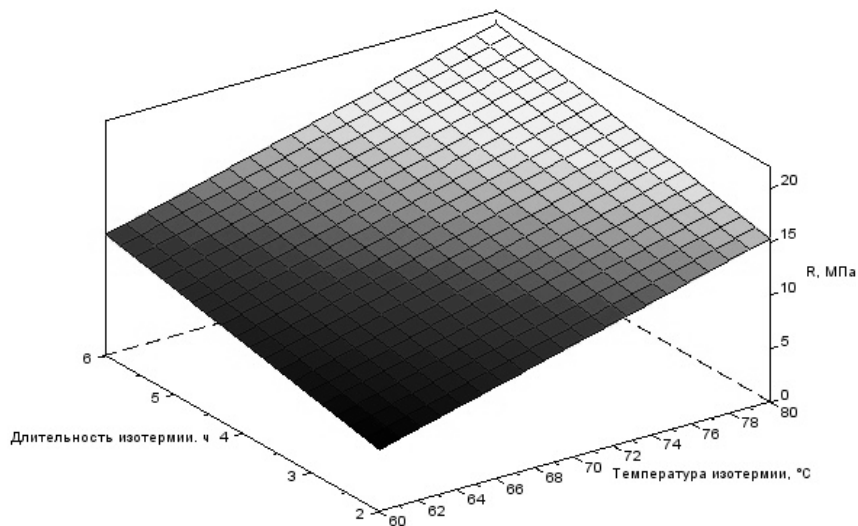


Рисунок 1 – Зависимость прочности на сжатие (МПа) после ТВО от температуры и времени изотермического прогрева.

Для прочности бетона в возрасте 28 суток, твердеющего на воздухе, получено уравнение регрессии:

$$R_{\text{28воз}} = 22,48 + 4,02 \cdot X_1 + 1,43 \cdot X_2. \quad (2)$$

В принятом диапазоне значений факторов эксперимента температура изотермического прогрева существенно влияет на прочность после ТВО в возрасте 28 суток, нежели время изотермического прогрева.

График зависимости прочности бетона на сжатие после ТВО в возрасте 28 суток, твердеющего на воздухе, показан на рис. 2.

Уравнения регрессии для полного факторного эксперимента с добавкой известняка ракушечника по прочности после ТВО и в возрасте 28 суток показаны ниже.

Для прочности после ТВО получено уравнение регрессии:

$$R_{\text{ТВО}} = 14,89 + 4,92 \cdot X_1 + 2,98 \cdot X_2. \quad (3)$$

В принятом диапазоне значений факторов эксперимента температура изотермического прогрева существенно влияет на прочность после ТВО, нежели время изотермического прогрева.

График зависимости прочности бетона на сжатие после ТВО показан на рис. 3.

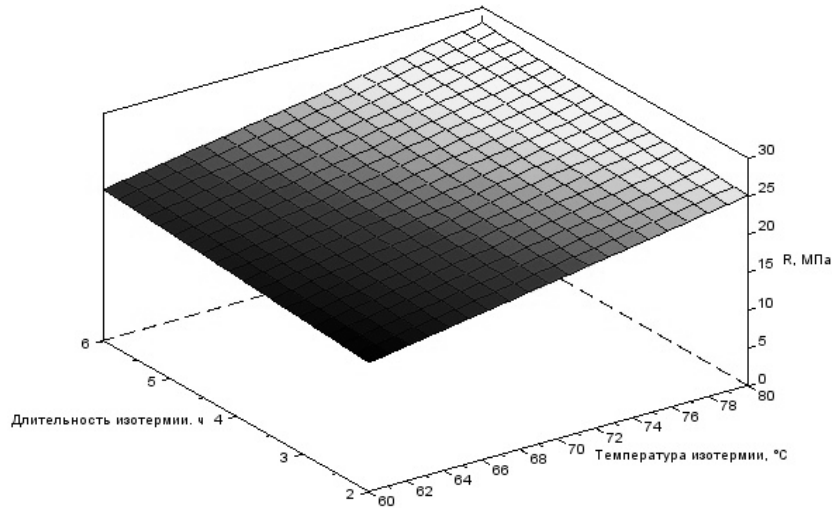


Рисунок 2 – Зависимость прочности бетона на сжатие (МПа) после ТВО в возрасте 28 суток, твердеющего на воздухе, от температуры и времени изотермического прогрева.

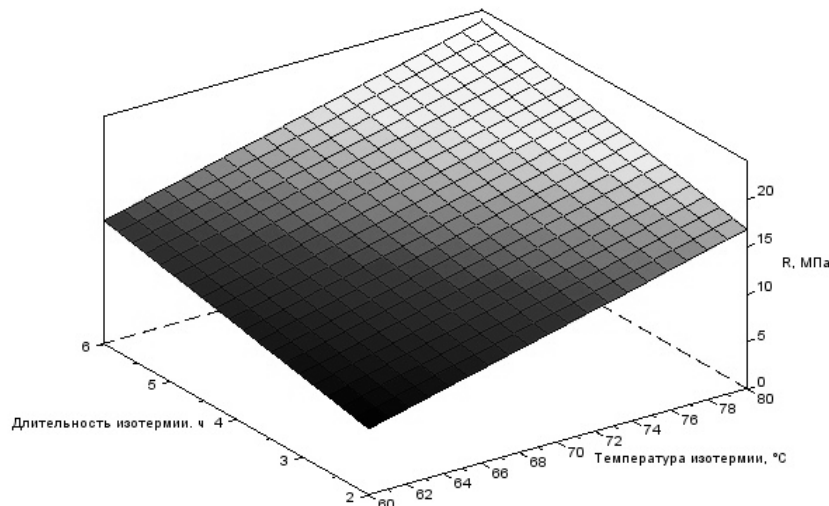


Рисунок 3 – Зависимость прочности бетона на сжатие (МПа) после ТВО от температуры и времени изотермического прогрева.

Для прочности бетона в возрасте 28 суток, твердеющего на воздухе, получено уравнение регрессии:

$$R_{28\text{воз}} = 23,68 + 1,93 \cdot X_1 + 1,52 \cdot X_2. \quad (4)$$

В принятом диапазоне значений факторов эксперимента температура изотермического прогрева одинаково влияет на прочность после ТВО, как и время изотермического прогрева.

График зависимости прочности бетона на сжатие после ТВО в возрасте 28 суток, твердеющего на воздухе, показан на рис. 4.

ВЫВОДЫ

1. Повышение температуры изотермического прогрева приводит к повышению прочности образцов бетона, т. е. наблюдается прямо пропорциональная зависимость увеличения прочности от температуры.

2. Мягкий термосный режим тепловлажностного остывания образцов положительно влияет на процессы полного взаимодействия щелочной среды и минералов шлака без выделения излишков щелочи на поверхности изделий из шлакощелочного бетона.

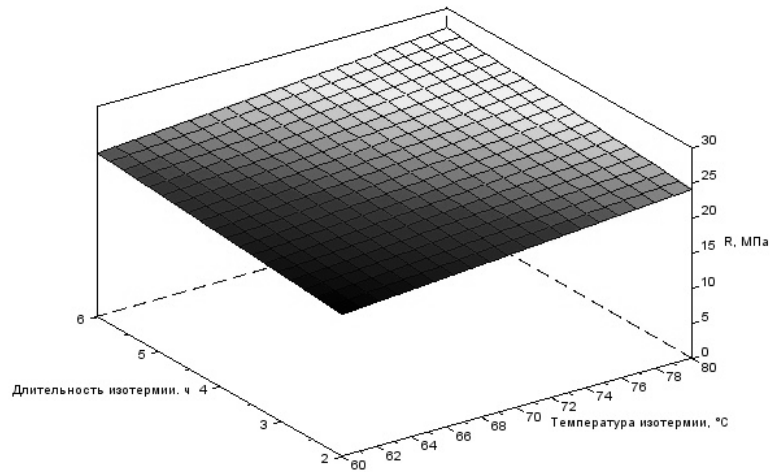


Рисунок 4 – Зависимость прочности бетона на сжатие (МПа) после ТВО в возрасте 28 суток, твердеющего на воздухе от температуры и времени изотермического прогрева.

3. Тепловлажностная обработка шлакощелочного бетона без «термосного эффекта» значительно снижает их прочность и выделение излишков щелочи на поверхности бетона.

4. Образцы кубов из ШЩБ после ТВО при температуре изотермической выдержки $T = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ показали наибольшую прочность в возрасте 28 суток при твердении в воздушных условиях.

5. После ТВО с применением «термосного эффекта» эстетическое качество поверхности образцов из ШЩБ значительно улучшается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глуховський, В. Д. Грунтосікатні вироби і конструкції [Текст] / В. Д. Глуховський. – К. : Будівельник, 1967. – 158 с.
2. Производство бетонов и конструкций на основе ШЩВ [Текст] / Под редакцией В. Д. Глуховского. – К. : Будівельник, 1988. – 144 с.
3. Глуховский, В. Д. Грунтосиликаты [Текст] / В. Д. Глуховский. – Киев : Госстройиздат, 1959. – 128 с.
4. Кривенко, П. В. Долговечность шлакощелочного бетона [Текст] / П. В. Кривенко, Е. К. Пушкарева. – К. : Будівельник, 1993. – 224 с.
5. Состав, структура и свойства цементных бетонов [Текст] / Под редакцией Г. И. Горчакова. – М. : Стройиздат, 1976. – 144 с.
6. ДСТУ Б В 2.7-188:2009. Цементи. Методи определения тонкости помола [Текст]. – Взамен ГОСТ 310.2-76 ; введ. 01.08.2010. – Киев : Минрегионстрой Украины, 2010. – 10 с.
7. ДСТУ Б В 2.7-187:2009. Строительные материалы. Цементи. Методи определения прочности на изгиб и сжатие [Текст]. – Взамен ГОСТ 310.1-76, ГОСТ 310.4-81* зі змінами № 1 та № 2 ; введ. 01.08.2010. – Киев : Минрегионстрой Украины, 2010. – 10 с.
8. ДСТУ Б В 2.7-214:2009. Строительные материалы. Бетоны. Методи определения прочности по контрольным образцам [Текст]. – Взамен ГОСТ 10180-90 ; введ. 01.09.2010. – Киев : Минрегионстрой Украины, 2010. – 43 с.
9. ДСТУ Б В 2.7-185:2009. Цементи. Методи определения нормальной плотности, сроков схватывания и равномерного изменения объема [Текст]. – Взамен ГОСТ 310.3-76 ; введ. 2010.08.01. – Киев : Минрегионстрой Украины, 2010. – 13 с.
10. Львовский, Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул [Текст] : Учеб. пособие для вузов / Е. Н. Львовский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1988. – 239 с.
11. Кобзарь, А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников [Текст] / А. И. Кобзарь. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с. – ISBN 5-9221-0707-0.
12. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1976. – 280 с.
13. Большев, Л. Н. Таблицы математической статистики [Текст] / Л. Н. Большев, Н. В. Смирнов. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 416 с.
14. Спиридонов, А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов [Текст] / А. А. Спиридонов. – М. : Машиностроение, 1981. – 184 с.
15. Алексеев, Е. Р. Scilab: Решение инженерных и математических задач [Текст] / Е. Р. Алексеев, О. В. Чеснокова, Е. А. Рудченко. – М. : ALT Linux ; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 260 с. – (Библиотека ALT Linux).

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

Получено 25.10.2013

І. С. СВИЩ, Є. В. НОСАТОВА
ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ ТЕПЛОВОЛОГІСНОГО ОБРОБЛЕННЯ
НА МІЦНІСТЬ, ЩІЛЬНІСТЬ І ЕСТЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ВИРОБІВ ЗІ
ШЛАКОЛУЖНОГО БЕТОНУ, ВІДФОРМОВАНОГО ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ
ВІБРОПРЕСУВАННЯ

Національна академія природоохоронного і курортного будівництва

У статті розглядається визначення впливу режимів ТВО (температура і час ізотермічного прогріву) на міцність, щільність і висолоутворення бетону, відформованого за технологією вібропресування. Для регулювання термінів схоплення в шлак при помелі додавалася добавка білого нумулітового вапняку і вапняку черепашки Першотравневого кар'єру в кількості 30 % від необхідної маси тонкомолотого доменного гранульованого шлаку. Для визначення впливу режимів тепловологості оброблення (ТВО) у першому наближенні виконувався повний факторний експеримент при числі факторів, що дорівнює двом.

рідке скло, доменний гранульований шлак, шлаколувне в'язуче, речовина, режим ТВО, рівняння регресії, тонкість помелу, щільність бетону, міцність

IGOR SWISH, ELENA NOSATOVA
DETERMINATION OF THE EFFECT OF THE WARM-HUMID TREATMENT ON
STRENGTH, DENSITY AND AESTHETIC APPEAL OF PRODUCTS FROM SLAG-
ALKALINE CONCRETE MOLDED TECHNOLOGY VIBROCOMPRESSION
National Academy of Environmental Protection and Resort Development

We can view in the article the determination of the influence of the condition TT (temperature and time of the isothermal heat) on the ruggedness, the body and high formation of the concrete that was molded under the technology of vibrocompression. For the regulation of the term of seizure, the addition of white nummular limestone and the limestone shell rock from the Pervomaysky open cut mine were added in the quantity of 30 % from the required mass of milled domain grained slag. For the determination of the influence of the conditions warm and humid manipulation in the first approximation it was carried out the full factorial experiment in 2 factors.

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

Свищ Ігор Станіславович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології будівельних конструкцій і будівельних матеріалів Національної академії природоохоронного і курортного будівництва. Наукові інтереси: розробка складів та дослідження складів шлаколужних бетонів на основі відходів виробництва. Дослідження в галузі використання домішок для бетонів.

Носатова Олена Віталіївна – аспірант кафедри технології будівельних конструкцій і будівельних матеріалів Національної академії природоохоронного і курортного будівництва. Наукові інтереси: розробка складів та дослідження складів шлаколужних бетонів на основі відходів виробництва. Дослідження в галузі використання домішок для бетонів.

Свищ Игорь Станиславович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительных конструкций и строительных материалов Национальной академии природоохоронного и курортного строительства. Научные интересы: разработка и исследование составов шлакощелочных бетонов на основе отходов производства. Исследования в области использования добавок для бетонов.

Носатова Елена Витальевна – аспирант кафедры технологии строительных конструкций и строительных материалов Национальной академии природоохоронного и курортного строительства. Научные интересы: разработка и исследование составов шлакощелочных бетонов на основе отходов производства. Исследования в области использования добавок для бетонов.

Swish Igor – PhD (Eng.), associate professor, Department of the Technologies of Building Designs and Building Materials, National Academy of Environmental Protection and Resort Development. Scientific interests: development and research of alkaline slag concrete based waste. Studies on the application of additives for concrete.

Nosatova Elena – post-graduate, Department of the Technologies of Building Designs and Building Materials, National Academy of Environmental Protection and Resort Development. Scientific interests: development and research of alkaline slag concrete based waste. Studies on the application of additives for concrete.