

УДК 666.9.022

ПОДБОР ОПТИМАЛЬНЫХ СОСТАВОВ И РЕЖИМОВ ТВО БЕТОНОВ НА АКТИВИРОВАННОМ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТЕ ДЛЯ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

**Бабий И.Н., к.т.н., доц., Галушко В.А., д.т.н., проф.,
Колодяжная И.В.**

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
Украина*

В настоящее время из числа наиболее усовершенствованных дорожных покрытий наибольшее распространение получили покрытия в виде мелкоштучных бетонных элементов на портландцементном вяжущем, создающие максимальные удобства для движения транспортных средств и пешеходов. Эти покрытия применяют на автомобильных дорогах и тротуарах любой грузонапряжённости. Это объясняется тем, что бетонным покрытиям на основе портландцемента присущи многие положительные технологические и механические свойства. Среди них можно выделить, например, ремонтпригодность, простота укладки, высокая эксплуатационная эффективность, низкая истираемость, прочность и т.д.

Определяющими факторами, которые влияют на процессы структурообразования и в конечном итоге на свойства материалов в целом, являются рецептурный состав и режимы тепловлажностной обработки. При этом большое значение имеет скорость нагрева и охлаждения изделий, так как в эти периоды тепловлажностной обработки наблюдается интенсивное трещинообразование, оказывающее значительное влияние на конечные свойства материала, особенно при длительной эксплуатации изделий [1].

Возможности повышения прочности бетона, более интенсивного набора прочности, особенно в ранние сроки твердения, могут быть осуществлены путем целенаправленного изменения структуры цементного камня, как за счет активации зерен цемента и минерального наполнителя в условиях интенсивных гидродинамических воздействий на них, так и за счет модификации их поверхности добавками ПАВ.

На данном этапе работы представлял интерес оптимизировать составы бетонов полученных по раздельной технологии, а также

установить влияние режимов тепловлажностной обработки на их физико-механические характеристики.

Исследования проводились по 18-ти точечному четырехфакторному D-оптимальному плану [2].

Нормализация всех факторов состава бетона выполнена по стандартным формулам [3]:

$$x_i = (X_i - X_{0i})/\Delta X_i$$

$$\text{где } X_{0i} = 0.5 (X_{i,\max} + X_{i,\min}), \Delta X_i = 0.5 (X_{i,\max} - X_{i,\min}).$$

Качество бетона в большой степени зависит от используемых материалов. Правильный подбор материалов для бетона, учитывающий как требования к бетону, так и свойства самих материалов, - важный этап в проектировании состава бетона. Свойства используемых материалов должны удовлетворять соответствующим государственным стандартам и техническим условиям.

В эксперименте варьировались такие независимые факторы как:

$X_1 = 350 \pm 100 \text{ кг/м}^3$ – расход вяжущего в бетоне;

$X_2 = 20 \pm 20 \%$ – количество наполнителя;

$X_3 = 65 \pm 25 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура тепловлажностной обработки;

$X_4 = 7 \pm 3 \text{ час}$ – время изотермической выдержки при ТВО.

В качестве наполнителя, был использован молотый кварцевый песок (X_2), с удельной поверхностью $S_{уд} = 200 \text{ м}^2/\text{кг}$. Эта дисперсность наполнителя была predetermined относительно недорогим помолом и максимальным приростом прочности $K_{разд}$ раздельной технологии $R_{РТ}$ по сравнению с традиционной технологией $R_{ТТ}$ ($K = R_{РТ}/R_{ТТ}$).

В качестве добавки пластификатора бетонной смеси использовался разжижитель С-3 в количестве 0,8 % (в пересчете на сухое вещество) от массы вяжущего.

В качестве заполнителя применялись кварцевый песок с $M_{кр} = 2.2$ и гранитный щебень. Приготовление бетонных смесей происходило как по раздельной технологии (РТ) так и по традиционной технологии (ТТ).

При приготовлении бетонных смесей по РТ, суспензия вяжущего, полученная совместным смешением в скоростном трибосмесителе-активаторе, последовательно введенных воды с добавкой С-3, портландцемента и молотого кварцевого песка, совмещалась с немолотым кварцевым песком и гранитным щебнем в соотношении В:П:Щ=1:2:4 в обычной бетономешалке. По традиционной технологии бетонные смеси аналогичного состава перемешивались в обычной бетономешалке. Подвижность бетонных смесей принималась постоянной ($OK = 2...3 \text{ см}$), как по каждой

строчке плана, так и относительно сравниваемых технологий, что достигалось корректировкой расхода воды затворения.

В результате исследований установлено, что повышение температуры ТВО, а также времени изотермической выдержки изделий приводит к увеличению прочности бетонов приготовленных как по раздельной, так и по традиционной технологии. Однако если увеличение температуры ТВО контрольных образцов с 40 до 90 °С приводит к повышению прочности с 2,0 до 19,5 МПа (т.е. почти в 10 раз) то аналогичное повышение температуры изотермической выдержки изделий на активированном вяжущем обеспечивает повышение прочности всего в 2 раза (с 19,2 до 38 МПа).

Предварительная обработка суспензий вяжущего в скоростных смесителях позволяет повысить прочность композитов твердеющих при температуре 40 °С в 5-18 раз в зависимости от времени изотермической выдержки, расхода вяжущего и степени его наполнения. Повышение температуры ТВО приводит к снижению разности между прочностями и при температуре изотермического прогрева 90 °С она составляет всего 60-130 %.

Это свидетельствует о том, что бетон на активированном вяжущем способен эффективно твердеть и при относительно низких температурах (40 °С). Поэтому повышение температуры изотермического прогрева таких изделий не так существенно влияет на повышение прочности как для бетонов изготовленных традиционным способом.

Чтобы получить эффективные материалы с заданным нормативными документами комплексом свойств необходимо определить оптимальные технологические параметры их производства.

В материаловедческих и технологических задачах поведение исследуемой системы характеризуется обычно группой критериев качества, координаты оптимума которых, как правило, не совпадают [3]. В силу этой закономерности возникает ряд проблемных вопросов, связанных с принятием компромиссных решений в многокритериальных инженерных задачах.

При классификации компромиссных задач одной из наиболее распространенных оказывается задача выбора рецептуры и технологических режимов получения материалов с заданным комплексом свойств при минимальном расходе ресурсов. Подобные задачи относятся к так называемым оптимизационным задачам второго вида [3]. При их решении сначала в области факторного пространства должна быть определена разрешенная подобласть, удовлетворяющая заданному

уровню свойств композита, а затем в ней точка, отвечающая требованиям экономии ресурса.

Согласно этим представлениям в настоящих исследованиях были определены следующие критерии качества бетонов:

- марка по прочности при сжатии на 28-е сутки не ниже М400;
- распалубочная прочность не ниже 10 МПа;
- марка по морозостойкости не ниже F200;
- истираемость не более 0.7 г/см^2 .

Минимизация расхода ресурса может быть достигнута за счет снижения температуры и времени изотермической выдержки изделий.

Решение данной задачи осуществлялось при помощи наложения соответствующих диаграмм, полученных в результате ЭС-моделирования.

При оптимизации составов использовались три основных параметра, рис.1:

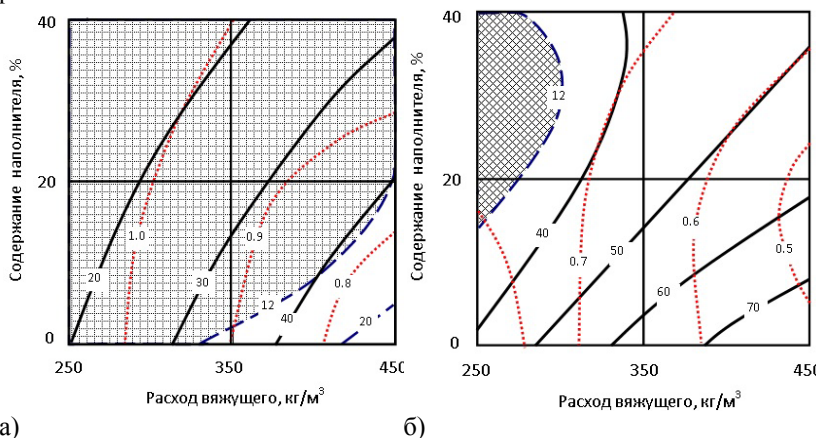


Рис.1. Оптимизация составов бетонов для тротуарной плитки ($\tau = 10 \text{ час.}$, $t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$) по традиционной технологии (а) и по раздельной технологии (б):

— $R_{жк} \text{ ТВО} + 28 \text{ суток н.т.}, \text{ МПа}$ — — $R_{жк} \text{ после ТВО}, \text{ МПа}$ Истираемость, г/см^2

1. Для получения качественной лицевой поверхности плитки распалубочная прочность бетонов через 10 часов изотермической выдержки должна составлять не менее $100\text{-}120 \text{ кг/см}^2$.

2. Марка бетона в возрасте 28 суток, не менее 50 МПа.

3. Истираемость бетона согласно ДСТУ должна составлять для дорожной плитки: 1 класса – не более 0.7 г/см^2 ; 2 класса – не более 0.8 г/см^2 ; 3 класса – не более 0.9 г/см^2 .

По результатам исследований были оптимизированы и рекомендованы к использованию ряд составов бетонов и режимы ТВО, представленных в табл. 1.

Таблица 1
 Рекомендуемые составы и режимы ТВО цементных бетонов
 (технология приготовления бетонной смеси - раздельная)

№№	Марка бетона	Расход материалов на м ³ бетонной смеси, кг						Режимы ТВО	
		Вяжущее		Заполнитель		С-3	Вода	Т, °С	τ, час
		ПЦ	Мол. песок	песок	щебень				
1	550	315	135	570	1240	4,5	113	40	10
2	500	270	180	570	1240	4,5	110	40	10
Нормальные условия твердения									
3	500	270	180	570	1240	4,5	110	-	-

Выводы

1. Раздельная технология приготовления бетонных смесей дает возможность получать бетоны с высокими показателями прочности (до 80 МПа), истираемости, морозостойкости как при тепловлажностной обработке, так и при твердении в нормальных условиях.

2. Применение раздельной технологии позволяет снизить температуру ТВО изделий на 40-50 °С. Особенно эффективно применение скоростного смешения при температуре изотермической выдержки 40 °С.

3. Оптимизированы составы и режимы ТВО цементных бетонов для производства плитки бетонной тротуарной.

Summary

The article presents the technology of preparation of separate elements of small-piece concrete paving. Optimum formulations and modes of heat and humidity treatment cement concrete tile production concrete pavement.

1. Барабаш І.В. Технологія бетону / І.В.Барабаш, О.А. Кучеренко. – Одеса: Астропринт. 2003.-272 с. 2. Таблицы планов эксперимента для факторных и полиномиальных моделей: Справ.изд. / Под ред. В.В. Налимова. – М.: Металлургия,1982.–751 с. 3. Вознесенский В.А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ/ В.А.Вознесенский, Т.В.Ляшенко, Б.Л.Огарков.- К.: Вища школа, 1989. - 328с.