этом доказана эффективная роль замены в составе базовой цирконсодержащей глазури оксида кальция (до 3 мас. %) на кремнезем или глинозем как отдельно, так и в композиции с оксидом бария. Полученные глазурные покрытия отличаются высокой степенью белизны (КДО составляет до 84,82 %), которые превосходят показатели заводской цинксодержащей глазури.

Список литературы: 1. *Носова З.А.* Циркониевые глазури. – М.: Стройиздат, – 1973. – 192 с. **2.** *Левицкий И.А., Мазура Н.В.* Глушенные глазури высокотемпературного обжига для санитарных керамических изделий // Стекло и керамика. - 2005. - №7. - С. 21-24. **3.** *Мороз И.И.* Фарфор, фаянс, майолика. - Киев: Техніка, 1975. - 351с. **4.** *Воеводин В.И.* Нефриттованная глухая глазурь для санитарных керамических изделий // Стекло и керамика – 2000. - №7. – С. 14-16. **5.** *Павлушкин Н.М.* Основы технологии ситаллов. – М.: Стройиздат, 1970. – 539 с. **6.** *Бондарь А.Г., Статюха Г.А.* Планирование эксперимента в химической технологии. – К.: Выща школа, 1976. – 184 с. **7.** *Аппен А.А.* Химия стекла. – Л.: Химия. – 1974. – 352 с.

Поступила в редколлегию 24.09.07

УДК 668.98

С.В. КОВАЛЬ, докт. техн. наук, Технический Университет,
г. Ольштыне, Польша, ***В.А. САПОЖНИКОВ***, ОГАСА, Одесса, Украина

ИЗМЕНЕНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ СВОЙСТВ БЕТОНА ПОД ВЛИЯНИЕМ ДОБАВОК

Досліджено дію факторів складу бетону на показникі його якості і однорідності в умовах вертикального бетонування елементів монолітних споруд. Побудовані комплекси експериментально-статистичних моделей, що описують вплив модифікуючої добавки та заповнювачів на однорідність міцності, водопоглинання та інших властивостей.

Studied has been the of concrete factors on quality and uniformity indices when vertically forming the members cjncrene consructions. The complexes of experimental-statistical models have been built desribing the effects of modifying additives and aggregates on uniformity of strength.

Постановка задачи. В результате сложных процессов расслоения, седиментации, пристеночных эффектов, тепломассопереноса однородность бетонной смеси при укладке в конструкцию нарушается (что может быть зафиксировано тем или иным способом – просвечивание, испытание фрагмен-

тов и т.п.). Появление неоднородности приводит к тому, что техническая прочность и другие важные свойства формируются по пространству изделий неравномерно [1]. Возможны два подхода к неравномерному полю свойств. Во-первых, числовые оценки неравномерности можно учесть при расчете, изготовлении и эксплуатации конструкций. Во-вторых, можно улучшать однородность за счет технологии приготовления смесей и бетонирования конструкций, изменением состава компонентов смеси. Однако рекомендаций по управлению однородностью недостаточно, хотя это становится крайне важным в технологии вертикального формования (тонкостенные монолитные конструкции, столбы и т.п.), когда неоднородность определяется не только случайными (вероятностными) причинами, но и систематическими закономерностями (в частности, гравитационными) [2, 4]. Поиск оптимальных рецептурно-технологических решений целесообразно вести с помощью экспериментально-статистических моделей (ЭСМ) критериев пространственной неоднородности полей [2 – 4].

Выделение критериев неоднородности поля. При обеспечении однородности структуры и свойств бетона в изделии задача в самом общем виде может быть сведена к поиску условий получения нулевой скорости движения жидкости с вязкостью μ в зернистом слое [2]. Исходя из гидродинамических уравнений (Козени-Кармана, Пуазейля и др.) следуют направления исследований по уменьшению неоднородности – регулирование структуры каркаса, образуемого заполнителем, и реологических свойств цементных паст с помощью модифицирующих добавок.

Первичные данные для исследования пространственных полей предоставляли гистограммы распределения свойств по высоте (h) специально изготовленных столбчатых образцов. Столбчатые образцы высотой 900 мм и диаметром 150 мм изготавливались в цилиндрических формах на специальной установке, позволяющей вести как обычное, так и подводное бетонирование (по методу „вертикального перемещения трубы“). Полученная экспериментальная информация о распределении свойств бетона позволила оценить три группы обобщающих показателей, основанных на анализе поля как случайного множества, на анализе эпюры свойств по высоте столба, на разделении систематической и случайной составляющих поля [4].

Эмпирическое поле водопоглощения W керамзитобетона для бездобавочного (эталонного) состава, образованное m = 5 фрагментами, отражено столбчатой диаграммой (рис. 1).

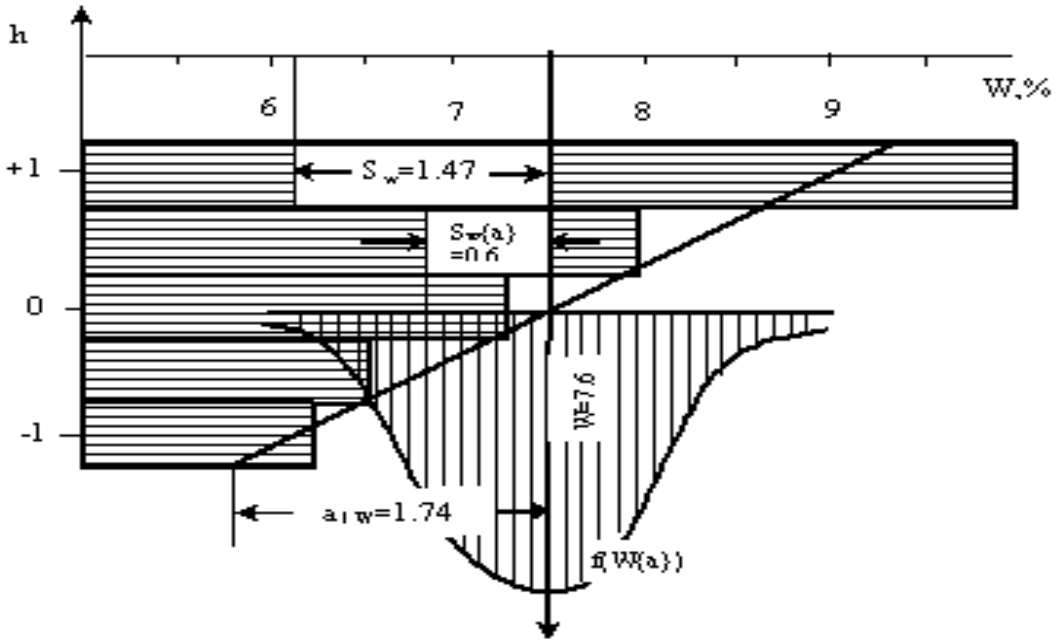

Рис. 1. Выделение критериев неоднородности поля водопоглощения W

Водопоглощение (% по массе за 24 часа) может рассматриваться в качестве интегрального структурного показателя, характеризующего плотность и цементной матрицы и заполнителя. Из-за неоднородности структуры водопоглощение верхнего слоя в полтора раза больше нижнего, что влечет за собой изменение его прочности, упруго-пластических и теплофизических свойств.

Систематическая компонента оценивается по линейной аппроксимирующей функции $W = a_o + a_1 h$. Образуемый из нее безразмерный критерий $¢\{a\} = a_o/a_1$ показывает степень систематического уклонения свойства от постоянного уровня (вертикальная эпюра) под действием гравитационных и аналогичных причин. Поскольку коэффициенты аппроксимирующей функции определяются по методу наименьших квадратов, то соответствующая ему остаточная сумма квадратов *ss* позволяет рассчитать среднеквадратическое отклонение $s\{a\}$. Безразмерный критерий $v\{a\}=s\{a\}/a_0$ (остаточный коэффициент вариации) оценивает случайную составляющую пространственного поля [4].

Эмпирическое поле характеризуется средним уровнем по столбу W = 7,6 %, среднеквадратическим отклонением свойства по столбу s_W = 0,47 %, соответст-вующим ему коэффициентом вариации v_W = 0,193, угловым коэффициентом прямой a_1 = 1,74 % и другими показателями. Все они в силу эмпирической природы являются статистическими величинами, в отношении которых целесообразно проверять ряд нуль-гипотез (например, по

критерию Фишера). Кроме „детерминированных“ показателей - экстремумов Y_{max} и Y_{min}, полезны также абсолютный a = *Ymax* - *Ymin* и относительный ¡ = Y_{max} / Y_{min} перепады, минимизация которых приводит к уменьшению неоднородности поля [4].

Моделирование влияния добавок. На основании данных вискозиметрии и пластометрии цементных паст, водоотделения и расслаиваемости смесей из группы стабилизаторов – простых эфиров целюллозы в смесевой модификатор включена гидроксипропилцелюллоза (ГЭЦ), менее других замедляющая рост прочности, и суперпластификатор С-3 как пластифицирующе-водоредуцирующий компонент. Подобные добавки широко используются при создании самоуплотняющихся бетонных смесей (Self-compacting mixture), способных без вибрации полностью повторять геометрию конструкций/

Аналогично эталонному бетону, поле водопоглощения которого было исследовано по рис. 1, определены числовые оценки критериев неоднородности для всех 15 точек плана эксперимента. Варьировались дозировка стабилизатора ($X_1 = D_1 = 0{,}15 \pm 0{,}15$ %), суперпластифиатора ($X_2 = D_2 = 0{,}4 \pm 0{,}4$ %) и весовое содержание керамзитового гравия ($X_з$ = К = 370 ± 70 кг/м³). С целью минимизации неоднородности полей свойств (плотности, прочности, водопоглощения и др.) исследованы комплексы ЭСМ этих критериев, Модели дополнены эффектом тройного взаимодействия b_{123} для улучшения точности описания связей v_W , ¢{*a*} и *v*{*a*} с рецептурными факторами [4]. Графические изображения моделей четырех критериев поля водопоглощения показано на рис. 2.а-г.

Направление вектора в факторном пространстве (рис. 2.а) указывает на положительное влияние повышенных концентраций D_2, которые снижают водопоглощение почти в два раза. Судя по обычному коэффициенту вариации v_W (рис.2.б) наиболее сильно неоднородность структур керамзитобетона по высоте столба проявляется при завышенных концентрациях стабилизатора (без СП) для составов с высоким содержанием керамзита. Минимальная случайная и систематическая компонента соответствует комплексной добавке с повышенным содержанием D_1 и D_2 (рис.2.в-г), в то же время, величина критериев сильно зависит и от содержания пористого заполнителя. В диапазоне содержания керамзита 350…400 кг/м³ наиболее сильно снижается хоатичность структуры в каждом фрагменте и увеличивается идентичность макроструктуры по высоте изделия. Оптимальные соотношения между D_1 и D_2 изменяются в зависимости от соотношений между составляющими поля.

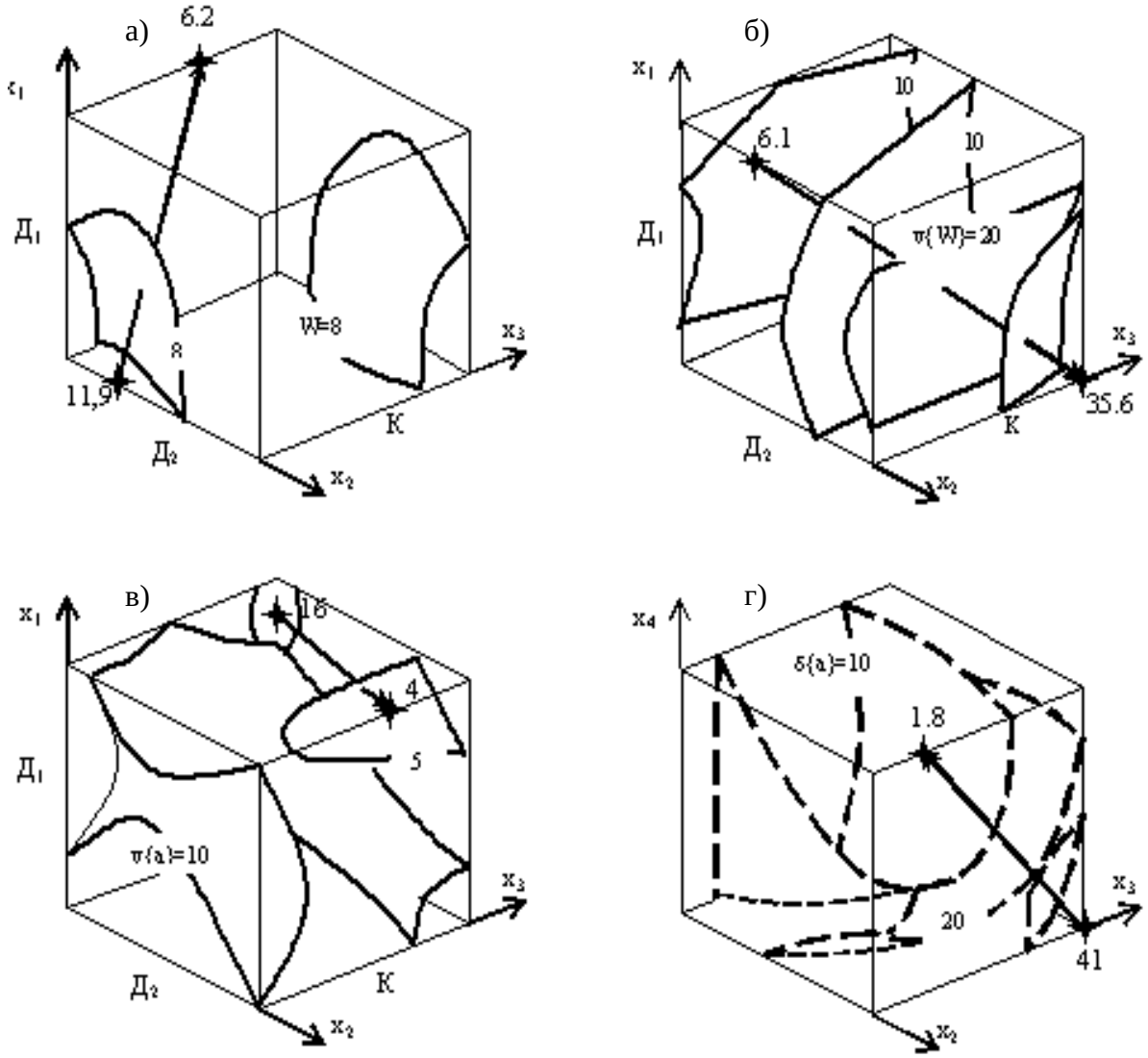

Рис. 2. Влияние модификаторов на показатели поля: среднее W (а); вариацию v{W} (б); случайную (в) и систематическую (г)

Направления векторов указывают на пути оптимизации: стабилизатором лучше регулируется случайная составляющая, суперпластификатором - систематическая. Анализ моделей аналогичных критериев однородности прочности, плотности и других свойств показал, что исследованные факторы неоднозначно влияют на однородность разных свойств. Для решения задачи введен квалиметрический интегральный критерий неоднородности, учитывающий „вес“ каждого из свойства по нормативным требованиям [4].

На рис. 3. а-б показано влияние обеих добавок на поле прочности обычного (тяжелого) бетона. Характер изолиний ¢{a} и экстремальные точки в факторном пространстве „стабилизатор-суперпластификатор“, как и для керамзитобетона, указывают на приоритетное регулирование систематической

составляющей с помощью D_1. Случайная компонента хорошо регулируется с помощью нафталинформальдегидного супрпластификатора, но для наибольшего снижения $v\{a\}$ высокие концентрации D_2 должны совмещаться со „средними“ концентрациями D_1.

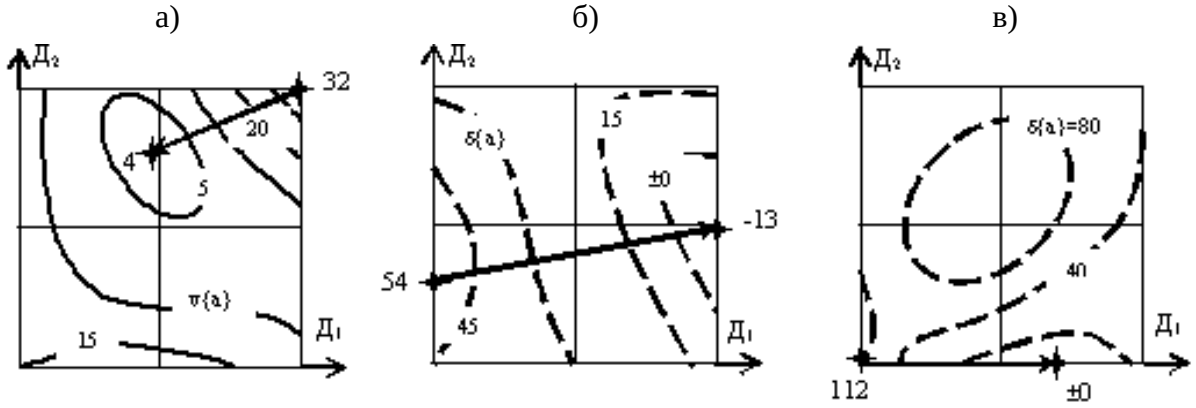

Рис. 3. Управление случайной (а) и систематической (б) составляющими поля обычного бетона; изменение систематической составляющей при подводном бетонировании (в)

Для бетонирования под водой смесь ингредиентов дает результаты худшие, чем введение только одного стабилизатора в оптимальном количестве. Снижение минимальной прочности по столбу R_{min}, по сравнению с обычным бетоном, объясняется тем, что в водной среде суперпластификатор способствует ускоренному массообмену между зерновым пространством и водной средой, в результате чего часть цементных частиц выносится из каркаса, а гидратация остальных блокируется стабилизатором. Повышение вязкости жидкой фазы, содержащей ГЭЦ, препятствует проникновению воды в межзерновое пространство, а следовательно, нарушению его связности, что при концентрациях стабилизатора D_1 = 0,08-0,10 % приводит практически к полному выравниванию эпюры, так как ¢{a} становится нулевым (рис. 3. г).

Дополнительными исследованиями установлено, что введение в высокоподвижные смеси с СП оптимальной дозировки стабилизатора ГЭЦ позволяет снизить содержание мелкого заполнителя в смеси до 30 % без ухудшения коэффициента однородности и прочности бетона.

Полученные данные о позитивном влиянии модифицирующей добавки подтверждены исследованиями однородности бетонных колонн монолитно-каркасных зданий с использованием комплекса современные методов неразрушающего контрорля (ударно-импульсный, ультразвуковой и т.п.).

Выводы. Введение оптимальной (по составу и концентрации) комплексной добавки – модификатора позволяет улучшить формуемость бетонных смесей и повысить однородность свойств затвердевшего бетона в пространстве изделия или элемента. При выборе критериев оценки пространственного поля целесообразно выделять случайную и систематическую составляющие: минимизация каждой из них может требовать различных рецептурно-технологических воздействий. Рациональное соотношение между ингредиентами модификатора (стабилизатор + суперпластификатор) зависит от выбора приоритета в уменьшении каждой из составляющих поля.

Список литературы: 1. *Потапов А.И.* Контроль качества и прогнозирование надежности конструк-ций из композиционных материалов. -Л.: Машиностроение, 19980, -216 с. ***2.*** *Лейбензон А.С.* Движение природных жидкостей и газов в пористой среде.-М.: Стройиздат, 1957, -244 с. **2.** Сравнительный анализ критериев неоднородности пространственно-геометрических полей свойств композитов в тонкостенных конструкциях /*В.А.Вознесенский, С.В.Коваль, Т.В.Ляшенко, О.А.Файзулина* // Ресурсосбере-гающие решения в технологии строительных материалов и конструкций.-Одесса,ОГАСА, 1992, с.3-12. **4.** The Aplication of Experimental Statistical Models to Multicriterion Desing of Claidite Concrete / *V.Voznesensky, S.Koval, T.Liashenko, V.Kushneruk* // Structural Lighveight Aggregate Concrete: Proc.Int.Symp. –Oslo, 1995, -S.260-272.

Поступила в редколлегию 24.09.07

УДК 634.0.864

Е.В. ЛЕЩЕНКО, ***П.И. СОРОКА***, докт. техн. наук,
В.И. КРАВЕЦ, канд. техн. наук, ***А.В. КРАВЕЦ***,
С.А. ОПАРИН, канд. техн. наук, УГХТУ, Днепропетровск

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ПЫЛЕГАЗОВОЙ СМЕСИ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ МЕЛЬНИЦЫ УДАРНО-ОТРАЖАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

В статті запропоновано метод визначення швидкості пилогазової суміші в робочій зоні млина ударно-відбівної дії на основі потужності , яка витрачається млином на подолання опору бил потоку пилогазової суміші. Встановлено, що кільцева швидкість потоку пилогазової суміші на кожній ступені млина у 1,77 рази менше швидкості бил.

In article the method of calculation of speed powder-gas mix in a working zone of a shock - reflective mill is offered on the basis of the capacity which spent by a mill on overcoming of resistance beaters to a