

ОДЕССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

На правах рукописи



КУШНЕРУК Владимир Иванович

ПОВЫШЕНИЕ ОДНОРОДНОСТИ
КОМПЛЕКСА СВОЙСТВ БЕТОНА
В ВЕРТИКАЛЬНО ФОРМУЕМЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Специальность 05.23.05 - Строительные материалы
и изделия

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1997



Диссертация является рукописью

Работа выполнена на кафедре "Процессы и аппараты в технологии строительных материалов" (ПАТСМ) Одесской государственной академии строительства и архитектуры.

Научный руководитель - Заслуженный деятель науки и техники Украины, д-р техн. наук, профессор
В.А. ВОЗНЕСЕНСКИЙ

Официальные оппоненты - д-р техн. наук, ст.н.с.
Л.А. ШЕЙНИЧ
- канд. техн. наук, доцент
И.В. БАРАБАШ

Ведущая организация - Донбасская государственная академия строительства и архитектуры,
Минобразования Украины

Защита состоится "20" мая 1997г. в 14⁰⁰ часов
на заседании специализированного ученого совета Д.05.09.02 в Одесской государственной академии строительства и архитектуры по адресу:
270029, г.Одесса, ул.Дидрихсона, 4, ОГАСиА, ауд.210.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Одесской государственной академии строительства и архитектуры
г.Одесса, ул.Дидрихсона, 4

Автореферат разослан "18" апреля 1997 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат техн. наук, доцент

Малахова

Н.А. Малахова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Проблема повышения надежности и ресурсосбережения при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений является важнейшей для строительной индустрии. По существующим технологиям большое количество железобетонных изделий и конструкций изготавливается при бетонировании в вертикальном положении. Однако, как показывают многочисленные данные, из-за расслоения и седиментации смесей, бетон в пространстве вертикально формируемых элементов имеет значительную неоднородность структуры и свойств. Повышение неоднородности отражается на ресурсоемкости изделий (перерасход цемента при колебаниях прочности) и на эффективности их эксплуатации (снижение теплозащиты при повышении плотности на локальных участках)

Совершенствование методов управления однородностью свойств бетона на основе оптимизации рецептурно-технологических решений способствует обеспечению гарантированного качества бетона в конструкциях и ресурсосбережению. Работа выполнена в соответствии с заданием 05.52.12/279 проекта 04.06 - Новые технологии и оборудование для производства строительных материалов, программа ГКНТ Украины "Ресурсосбережение" на 1993-96 гг.

Цель работы - повышение однородности бетона в вертикально формируемых элементах при оптимальном управлении параметрами его состава на основе экспериментально-статистического моделирования комплекса структурно-механических критериев качества.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи.

1. Провести анализ путей повышения однородности бетона в вертикально формируемых элементах.
2. Разработать блок-схему исследований и обосновать выбор модифицирующих добавок.
3. Оценить влияние факторов рецептуры на однородность свойств растворной составляющей бетона.
4. Исследовать условия повышения однородности комплекса свойств бетона за счет оптимального действия добавок и регулирования параметров состава заполнителей.
5. Разработать технологические рекомендации и использовать полученные результаты на практике.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

Научная новизна. Показаны пути повышения однородности комплекса свойств бетона в конструкциях при управлении критериями пространственных полей свойств за счет регулирования параметров основного состава и оптимального действия модификаторов.

Количественно оценено влияние факторов состава на корреляционную связь между прочностью и критериями ее однородности. Выявлены положительные и отрицательные эффекты влияния модификатора, соотношений Ц/В и Ц/П, вида и количества заполнителя на однородность механических и структурных показателей качества цементно-песчаного раствора и бетона (прочности, плотности, водопоглощения и др.). Установлено влияние пластифицирующе-стабилизирующих добавок двух видов и параметров состава на случайную и систематическую составляющие поля неоднородности свойств легкого и тяжелого бетона. Введение оптимально модифицирующих добавок позволяет обеспечить гарантированное качество бетона в изделии, нивелируя ухудшение однородности из-за колебаний параметров состава.

Практическая ценность работы. Разработаны составы легкого и тяжелого бетона, обеспечивающие однородность комплекса свойств при вертикальном формовании с использованием высокоподвижных смесей. Оптимальная пластифицирующе-стабилизирующая добавка обеспечивает высокую однородность бетона традиционного состава (не требуя увеличения содержания мелкого заполнителя). Технологические рекомендации и рациональные (с учетом возможностей производства) составы бетона опробованы при изготовлении панелей в кассетах на Одесском ДСК и бетонировании монолитных стен жилых зданий в ПКО "Монолитинвест", обеспечив повышение однородности бетона, улучшение формовочных свойств смесей и экономию цемента.

Автор защищает:

- закономерности влияния пластифицирующе-стабилизирующих добавок, количества и вида песка, В/Ц и других рецептурных факторов на показатели качества цементных паст, растворов и бетонов;
- комплекс моделей, описывающих влияние этих факторов на показатели однородности свойств раствора и бетона при вертикальном формовании;
- оптимальные составы двух видов модифицирующих добавок, обеспечивающие однородность комплекса свойств бетона в вертикально формируемых элементах;
- результаты решения многокритериальных задач оптимизации состава тяжелого и легкого бетона с учетом минимизации случайной и систематической составляющей полей свойств.

Апробация работы проведена на международных конференциях и семинарах: "Структурообразование, прочность и разрушение композиционных строительных материалов и конструкций" (Одесса, 1994), "Моделирование и материаловедение" (Одесса, 1995), "Structural Lighveight Aggregate Concrete" (Норвегия, Sanderfjord, 1995), "Энергосбережение в строительстве" (Черновцы, 1996), "Строительные материалы и строительные конструкции" (Днепропетровск, 1996), "Теория и практика процессов измельчения, разделения и смещения" (Одесса, 1996), "Научно-практические проблемы современного железобетона" (Киев, 1996).

Опубликовано 8 тезисов и статей, основное содержание диссертации изложено в 4 печатных работах.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов (102 стр. м.п.текста) и списка литературы, содержит 10 стр. приложений, 43 рисунка и 18 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Вопросы повышения однородности прочности бетона в конструкциях привлекают внимание технологов, так как от их решения зависит надежность и материалоемкость конструкций. Во многих работах показано, что в пространстве вертикально формируемых конструкций наряду с изменением прочности имеет место и значительное изменение других свойств бетона (теплопроводности, морозостойкости и т.п.), определяющих эксплуатационные характеристики конструкций. Свойства бетона в таких конструкциях могут существенно отличаться от средних свойств, полученных при испытании стандартных образцов, что усложняет задачу прогнозирования и управления качеством (В.А. Дорф, А.М. Лещинский, Ю.Г. Хаютин).

Неоднородность свойств определяется структурными особенностями компонентов бетона, активацией процессов расслоения, седиментации и водоотделения смесей в условиях динамических воздействий и гидростатического давления, что характерно для вертикального формирования. Возрастающая анизотропия и структурная неоднородность приводит к повышению деформативности и снижению эксплуатационных характеристик бетона и конструкции в целом (В.Н. Выровой, Ю.В. Зайцев, Л.А. Шейнич).

Однородность зависит от технологии перемешивания, транспортирования и укладки смесей и достигается за счет использования рациональных заполнителей и наполнителей, улучшения формовочных свойств и снижения водосодержания смесей с помощью добавок ПАВ. Введение

суперпластификаторов (СП) позволяет получать высокоподвижные и литые смеси со сниженным водосодержанием. Однако, и такие водоредуцированные смеси без дополнительной корректировки состава способны терять свою однородность в вертикально формуемых конструкциях (В.А. Пирогов, Г.А. Полтавцев). Перспективными являются комплексные добавки в которых суперпластификатор дополняется стабилизатором (СТ), а также модифицированные СП (В.Г. Батраков, А.И. Вовк, С.В. Коваль).

Введение в рецептурно-технологические задачи понятия "поля свойств" (В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко) позволяет анализировать и оптимизировать качество материала не только по среднему показателю качества, но и по распределению значений этого показателя в образуемом геометрическими параметрами поле. При этом возможно управление формой пространственного поля с помощью рецептурно-технологических факторов на основе экспериментально-статистических моделей и анализа влияния этих факторов на те или иные критерии неоднородности полей.

В работе сформулирована рабочая гипотеза о минимизации неоднородности пространственных полей свойств бетона в вертикально формуемых элементах при комплексном управлении параметрами основного состава бетона и оптимальной модификации химическими добавками. В соответствии с целью и рабочей гипотезой были выбраны критерии оптимизации и построена блок-схема исследований (рис. 1).

На основании литературных данных определены перспективные добавки для повышения однородности. Во-первых, это смесевые добавки типа "суперпластификатор+стабилизатор". По результатам предварительных опытов с гидроксипропилцеллюлозой, оксипропилметилцеллюлозой и метилоксипропилцеллюлозой в качестве основного стабилизатора выбрана гидроксипропилцеллюлоза (ГЭЦ), менее других замедляющая рост прочности бетона. Во-вторых, это модифицированные СП, обладающие дополнительным эффектом (т.н. суперпластификаторы "второго поколения"). Для исследований был принят разработанный в НИИЖБ модифицированный суперпластификатор "Наликрил", содержащий олигоакриловые цепи, структурирующие жидкую фазу.

Экспериментальное обоснование выбора добавок включало построение и анализ моделей прочности бетона и показателя раствороотделения высокоподвижной смеси (определенного по ГОСТ 1.0181.4-84). По одной группе моделей получен рациональный состав смесевой добавки, состоящей из гидроксипропилцеллюлозы (ГЭЦ) и суперпластификатора С-3 в пропорции 1:8 мас.ч. Эта пропорция обеспечивает значительное снижение раствороотделения, причем прочность бетона с добавкой не ниже чем у бездобавочного. По другой

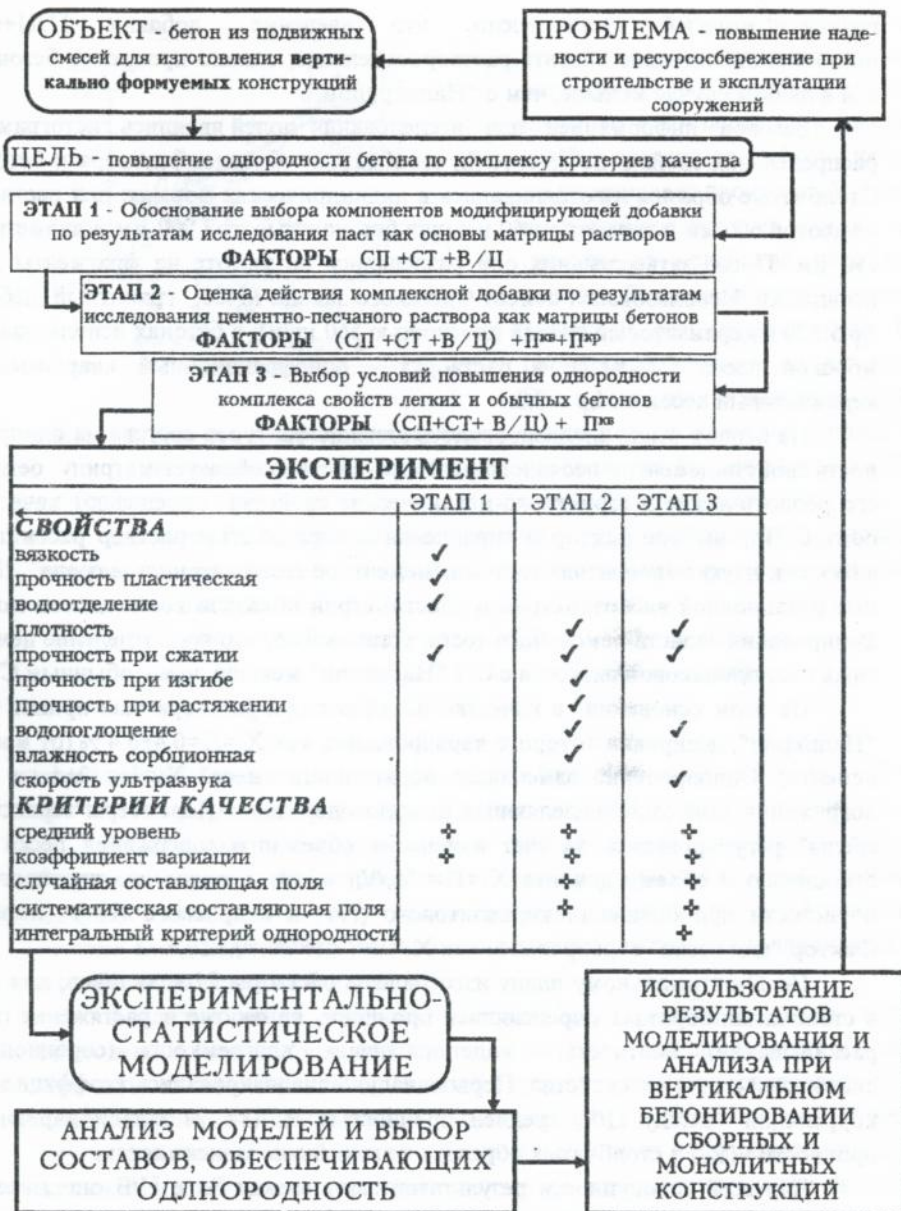


Рисунок 1 Блок-схема исследований

группе моделей установлено, что введение добавки ГЭЦ+С-3 позволяет значительно снизить раствороотделение, однако прочность бетона с ней в любом случае меньше, чем с "Наликрилом".

Базовой информацией для исследования полей являлись гистограммы распределения свойств по высоте (h) столбчатых образцов раствора и бетона. Столбчатые образцы изготавливались в цилиндрических формах: для раствора - высотой 600 мм и диаметром 60 мм, для бетона - высотой 900 мм и диаметром 150 мм. После затвердевания они разделялись по высоте на фрагменты для испытаний. Использовался цемент Одесского завода М400, гранитный щебень фр.5...20 и керамзитовый гравий плотностью 560 кг/м³; в бетонах использовался морской песок ($M_{кр}=1,7$), в растворах - однофракционный кварцевый и керамзитовый песок с $M_{кр} = 2,2$.

На первом этапе анализировалось влияние факторов состава на однородность свойств цементно-песчаного раствора. Раствор образует матрицу бетона; его реологические и структурно-механические свойства определяют качество бетона. При выборе факторов управления однородностью раствор рассматривался как двухкомпонентная система "цементное тесто - зернистая среда". Данные ротационной вискозиметрии и пластометрии показали возможность модифицирования свойств цементного теста; установлено, что водоотделение цементных паст одинаковой вязкости с СП "Наликрил" меньше, чем с обычным СП.

На этом основании в качестве модификатора раствора был принят СП "Наликрил", дозировки которого варьировались как $X_1=D=0,4\pm 0,4\%$ (от массы цемента). Одновременно изменялась подвижность смесей $X_2=H=10\pm 4$ см (по погружению конуса), определяющая их водосодержание. Параметры "зернистой среды" регулировались за счет изменения объемного содержания песка по отношению к объему цемента $X_3=\Pi = V_{\Pi}/V_{Ц} = 3\pm 1$, а также его плотности и пористости при смешении керамзитового ($\Pi^{кр}$) и кварцевого ($\Pi^{кв}$) песков. Фактор "вид песка" варьировался как $X_4=V^{кр}/V^{кр}+V^{кв}=0,5\pm 0,5$.

По D-оптимальному плану изготовлены растворы 24-х составов; для них в столбчатых образцах определялись прочность на сжатие и растяжение (при раскалывании), плотность, водопоглощение, влагоемкость (сорбционная влажность) и другие свойства. Первоначально анализировались коэффициенты корреляции между Ц/В, средней прочностью R_c ($\tau = 28$ сут) и вариацией прочности $v\{R_c\}$ в столбчатых образцах по линейным зависимостям.

Для всей совокупности результатов связь между R_c и Ц/В описывается линейной зависимостью $R_c = 7,9 \text{ Ц/В} - 1,44$ с высоким коэффициентом корреляции $r=0,94$, однако, коэффициент вариации прочности $v\{R_c\}$ практически не зависит от цементно-водного отношения ($r=0,02$).

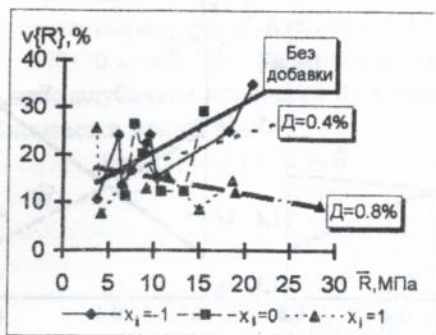


Рисунок 2. Влияние концентрации добавки на взаимосвязь между R_c и $v\{R_c\}$

При построении аналогичных корреляционных зависимостей, сепарированных по уровням факторов ($x_1 = -1, 0, +1$), взаимосвязь между R_c и $v\{R_c\}$ возрастает. Добавка не только увеличивает прочность R_c (рис.2), но и стабилизирует ее, снижая зависимость от колебаний параметров состава. Введение модификатора не влияет на взаимосвязь между \bar{R}_c/v , прочностью раствора на растяжение R_p и ее однородностью ($v\{R_p\}$; изменение проявляется только при переходе от кварцевого песка П^{кв} к керамзитовому песку П^{кф}).

Для всех ЭСМ показателей качества и однородности построен комплекс регулировочных диаграмм. Так, однородность прочности при сжатии исследована по модели:

$$v\{R_c\} = 18,5 - 3,4x_1 + 2,1x_1x_2 + 3,5x_1x_3 - 1,6x_1x_4 + 1,6x_2 - 2,7x_2^2 + 3,5x_2x_3 - 1,8x_2x_4 - 1,2x_3 - 8,8x_3^2 - 7,2x_4^2, \quad (1)$$

которая имеет экстремумы $v\{R_c\}_{\min} = 6,2\%$ (при $H=6$ см: $D=0,8\%$; $VЦ:VP=1,28$; $П^{кв}=100\%$) и $v\{R_c\}_{\max} = 35,4\%$ (при $H=14$ см: $D=0$; $VЦ:VP=1:2$ и $П^{кф}+П^{кв}=55+65$).

В ходе компьютерного анализа диаграммы в координатах факторов "зернистая среда" перемещались по полю диаграмм факторов "цементная матрица". Это позволило, в частности, при "неоптимальном" фракционном составе песка определить условия компенсации потери однородности за счет модификации цементной матрицы.

Анализ влияния каждого фактора X_i по однофакторным кривым, проходящим через точки максимумов, показал, что не существует такого единственного фактора, который мог бы одновременно компенсировать потерю однородности комплекса свойств композита при "неоптимальном" сочетании других факторов. Если введение добавки способствует и повышению прочности при сжатии и повышению ее однородности, то при незначительном увеличении прочности на растяжение существенно увеличивается рассеяние оценок R_p по высоте элемента (рис.3.а). Этот факт объясняется повышением чувствительности модифицированной структуры цементной матрицы к хрупкому



Рисунок.3. Влияние модификатора на показатели качества и однородности прочности R_p (а), плотности (б) и водопоглощения (в) в зоне максимумов v

разрушению при нормальных напряжениях в условиях низких Ц/В (И.М.Грушко). Наиболее эффективно показатель $v\{R_p\}$ регулируется за счет введения пористого песка (до 40%), распределение зерен которого по сечению улучшает сцепление с цементным камнем и оказывает демпфирующее влияние, приводящее к снижению внутрискруктурных напряжений (П.Г. Комохов, В.В. Бабков).

Однако для стабилизации плотности бетона смешивание песков малоэффективно; при повышении до 50% содержания керамзитового песка неоднородность увеличивается в 1,8 раз. Это увеличение может быть частично компенсировано добавкой, уменьшающей $v\{\rho\}$ в 1,6 раза (рис.3.б). Водоредуцирующее действие добавки проявляется в снижении общей пористости (водопоглощение уменьшается на 4%), но при этом коэффициент вариации $v\{\rho\}$ возрастает на 8% (рис.3.в) из-за неравномерного воздухововлечения (одновременно повышается неоднородность сорбционной влажности).

В экспериментах с бетонами исследовалось влияние концентраций обеих добавок (ГЭЦ+С-3 и СП "Наликрил"). Параметры каркаса заполнителей регулировались за счет изменения в легком бетоне содержания керамзитового гравия, а гранитного щебня в обычном бетоне. Всего по трехфакторному плану для керамзитобетона изготовлено 15 серий столбчатых элементов из бетонной смеси равной удобоукладываемости ($OK=17\pm 1$ см) при изменении водосодержания от 225 до 325 dm^3/m^3 . При моделировании свойств керамзитобетона из высокоподвижных смесей (для монолитного строительства)

варьировались дозировка стабилизатора ГЭЦ ($X_1=0,15\pm 0,15$ %), суперпластификатора С-3 ($X_2=0,4\pm 0,4$ %) и содержание керамзитового гравия ($X_3=370\pm 70$ кг/м³). Так, влияние принятых факторов на коэффициент вариации (%) расплубочной прочности R^3 и водопоглощения W в столбчатом элементе описывается моделями:

$$\ln v\{R^3\} = 2,58 - 0,24x_1 - 0,33x_1x_2 - 0,18x_2 - 0,29x_2^2 - 0,15x_3 + 0,67x_3^2 - 0,23x_1x_2x_3, \quad (2)$$

$$\ln v\{W\} = 7,25 + 0,25x_1^2 - 0,26x_1x_2 - 0,19x_2 - 0,21x_2^2 + 0,16x_3 + 0,43x_3^2 - 0,11x_1x_2x_3. \quad (3)$$

из которых, в частности, следует вывод об эффективности применения комплексной добавки и целесообразности выбора оптимального количества керамзита для улучшения однородности обоих свойств.

По полученным моделям определены составы комплексной добавки и количество заполнителя, обеспечивающие повышенную однородность структурно-механических показателей качества керамзитобетона (табл.1).

Таблица 1 - Показатели качества и однородности керамзитобетона

Свойства и уровни факторов	Прочность			Плотность			Водопоглощение													
	R^3 , МПа			$v\{R^3\}$, %			ρ , кг/м ³			$v\{\rho\}$, %			W , %		$v\{W\}$, %					
Y_{min}	3,0			4,6			1341			3,1			6,2		6,9					
СТ	СП	КР	0,14	0,29	300	0,3	0,8	374	0,3	0,8	421	0,17	0,8	354	0	0,8	392	0,22	0,8	362
Y_{max}	6,3			42,7			1624			24,3			8,5		36,1					
СТ	СП	КР	0	0,8	398	0	0,66	440	0	0,6	300	0,3	0	440	0,22	0	440	0,3	0	440

Принятые в исследовании факторы неоднозначно влияют на показатели качества керамзитобетона и на коэффициент вариации. Задачу можно решить, используя обобщающий (интегральный) критерий неоднородности комплекса свойств. Для усреднения одинаковых критериев разных свойств учтены весовые коэффициенты β , связанные с жесткостью требований к каждому из показателей качества бетона. По существующим требованиям нормативы для коэффициента вариации бетонов по прочности $v\{R\}$ и водопоглощению $v\{W\}$ назначаются потребителями примерно равными, а по плотности $v\{\rho\}$ вдвое меньшими. С учетом $\beta\{\rho\}=2$, обобщенные критерии неоднородности поля свойств рассчитаны как $v_{общ} = v\{R\} + v\{W\} + 2v\{\rho\} / 3$. Изменение $v_{общ}$ (%) под влиянием двух добавок и расхода керамзита описываются нелинейной моделью

$$v_{\text{общ}} = 2,40 + 0,25x_1^2 - 0,26x_1x_3 + - 0,19x_2 - 0,21x_2^2 + + 0,16x_3 + 0,43x_3^2 - 0,11x_1x_2x_3, \quad (4)$$

имеющей минимум $v_{\text{общ}} = 8,6\%$ при $CT=0,22\%$, $СП=0,8\%$ и $KP=360 \text{ кг/м}^3$.

Из анализа диаграммы (рис.4.а) обобщенного коэффициента вариации $v_{\text{общ}}$ (при $x_2=+1$) следует, что увеличение концентрации стабилизирующей добавки от 0,05 до 0,22 % (вдоль изолинии $v=10\%$) позволяет без потери однородности всех свойств увеличить содержание легкого заполнителя до 30 %,

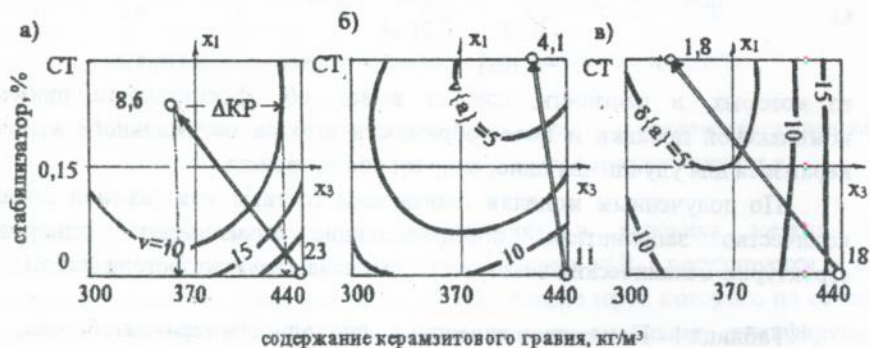


Рисунок 4. Диаграммы обобщенного коэффициента вариации (а), случайной (б) и систематической (в) составляющих поля неоднородности бетона

что улучшает теплозащитные свойства керамзитобетона. С другой стороны добавка снижает опасность повышения неоднородности свойств при неизбежных в условиях реального производства колебаниях параметров состава бетона.

Так как поле неоднородности формируется под действием случайной и систематической составляющих, то для их выделения использовалась специальная методика (Т.В. Ляшенко), основанная на описании гистограмм линейной моделью $Y = a_0 + a_1h$, имеющей остаточное стандартное отклонение $S_{\text{ост}}$ меньше чем исходное S . Моделирование влияния рецептурно-технологических факторов на числовые параметры полей позволило найти пути минимизации коэффициента a_0 - систематической (гравитационной) составляющей, и на $S_{\text{ост}}$ - случайной составляющей поля, возникающей из-за колебаний в составах и свойствах компонентов бетона, точности дозирования и т.п. Анализ моделей систематической и случайной составляющих обобщенного поля в относительных величинах $v\{a\} = S_{\text{ост}}/a_0$ и $\delta\{a\} = a_1/a_0$ проведен на двухфакторных

диаграммах при постоянном содержании суперпластификатора: $x_2=+1$, СП=0,8 % (рис.4.б,в).

Влияние случайных факторов может быть минимизировано ($v\{a\}=4,1\%$) за счет введения стабилизатора и повышения расхода керамзита, а систематическая неоднородность может быть уменьшена до $\delta\{a\}=1,8\%$ при снижении расхода керамзита до 330...340 кг/м³ (стабилизатор для уменьшения $\delta\{a\}$ в смесях с высоким содержанием керамзита становится неэффективным). Оптимальный состав керамзитобетона с добавками для монолитного строительства включает: 0,8 % СП, 0,18 % СТ и 410 кг/м³ керамзитового гравия ($\rho=350$ кг/м³). Это обеспечивает нормативные показатели: среднюю прочность 16 МПа, плотность <1400 кг/м³ и водопоглощение менее 7 % при общем коэффициенте вариации качества 6 %, систематической составляющей $\delta\{a\}=10\%$ и случайной $v\{a\}=5\%$.

При исследовании однородности обычного (тяжелого) бетона установлено, что введение в высокоподвижные смеси с СП оптимальной добавки стабилизатора ГЭЦ позволяет снизить содержание мелкого заполнителя в смеси до 30 % без ухудшения коэффициента однородности. Анализ по ЭСМ влияния СП "Наликрил" на плотность структуры тяжелого бетона в вертикально формируемых элементах (по данным ультразвукового контроля) показал, что оптимальная дозировка этого СП, уменьшающая в заданной пропорции и систематическую, и случайную составляющие, зависит от содержания цемента.

По результатам исследований даны технологические рекомендации по повышению однородности бетона в конструкциях с использованием комплексных химических добавок. Из условий получения бетона классов В15...В35 из смесей с ОК=14...18 см и коэффициентом вариации $v \leq 6\%$ предложены для вертикального формирования конструкций модифицированные составы легкого и тяжелого бетона с оптимальным содержанием заполнителей и добавки. В частности, составы тяжелого бетона, содержащие суперпластификатор С-3, использованы при изготовлении панелей в кассетах на Одесском ДСК, а керамзитобетона с измененным соотношением компонентов (кварцевого, керамзитового песка и керамзита) опробованы ПКО "Монолитинвест" при бетонировании монолитных стен жилых многоэтажных зданий в г.Одессе; они обеспечивают повышение однородности бетона, улучшение формовочных свойств смеси, повышение качества поверхности стен и экономию цемента (до 12%).

ВЫВОДЫ

1. Целенаправленное регулирование параметров состава заполнителей и оптимизация воздействия модифицирующих добавок, состоящих из пластификаторов и стабилизатора обеспечивает однородность комплекса свойств бетона в вертикально формуемых элементах. Информация об управлении пространственными полями структурно-механических свойств с помощью конкретных рецептурных и технологических факторов обеспечивает поиск гарантированных инженерных решений.

2. Экспериментально-статистические модели позволили количественно оценить влияние факторов состава (вида и количества заполнителей, соотношений Ц/В, Ц/П, концентрации химических добавок) на параметры неоднородности линейного поля свойств раствора и бетона, и на этой основе провести многокритериальный поиск рецептурных решений по обеспечению однородности бетона в вертикально формуемых элементах.

3. Влияние факторов состава на показатели качества композитов, как правило, отличается от влияния этих же факторов на критерии однородности. Количественно оценены положительные и отрицательные эффекты влияния факторов состава раствора (как матричной составляющей бетона) на однородность комплекса его свойств. Введение добавки СП "Наликрил" увеличивает среднюю прочность при сжатии и повышает ее однородность, однако, неоднородность прочности на растяжение увеличивается в 1,6 раз; отмечается, что смеси песков малоэффективны для стабилизации плотности.

4. Введение оптимальной добавки позволяет увеличить содержание легкого и тяжелого заполнителя в смеси (до 30 %) без потери однородности, а также обеспечить гарантированное качество бетона в конструкциях, нивелируя возможные в условиях реальной технологии колебания состава заполнителей.

5. Оптимальные составы бетона из высокоподвижных смесей с повышенной однородностью свойств определены при моделировании комплексного критерия полей прочности, плотности и водопоглощения керамзитобетона. Установлено неравнозначное влияние комплексных добавок и параметров основного состава бетона (в том числе содержания пористого заполнителя в керамзитобетоне) на случайную и систематическую составляющие обобщенного поля неоднородности свойств легкого и тяжелого бетона.

6. Разработаны технологические рекомендации и рациональные (с учетом возможностей производства) составы бетона, которые опробованы при изготовлении панелей в кассетах, а также при бетонировании монолитных стен

многоэтажных жилых зданий, обеспечив при этом улучшение формовочных свойств смеси, повышение качества изделий и экономию цемента (до 12 %).

Основные положения диссертации изложены в четырех публикациях:

1. Кушнерук В.И. Управление критериями неоднородности полей свойств бетона // Строительные материалы и строительные конструкции: Мат-лы междунар. конф. - Днепропетровск, 1996. -С.57-58.

2. Управление однородностью полей свойств уплотняемых технологических смесей на основе экспериментально-статистических моделей / В.А. Вознесенский, С.В. Коваль, В.И. Кушнерук, Т.В. Ляшенко // Теория и практика процессов измельчения, разделения и смешения.-Одесса,1996.-С.79-82.

3. Кушнерук В.И., Коваль С.В. Управление однородностью бетона в вертикально формируемых сборных и монолитных конструкциях // Научно-практические проблемы современного железобетона: Тез.докл. первой всеукр. научн.-техн. конф. -Киев, 1996. -С.235-237.

4. The Application of Experimental Statistical Models to Multicriterion Design of Cladite Concrete / V. Voznesensky, S. Koval, T. Liashenko, V. Kushneruk // Structural Lightweight Aggregate Concrete: Proc.Int.Symp. - Oslo, 1995. -S.260-272.

Доля соискателя в работе [2] - 40 % (заводские испытания, технологическая интерпретация моделирования), в [3] - 50 % (анализ полей свойств бетона), в [4] - 30 % (экспериментальные исследования, подтверждение основных концепций управления однородностью полей с помощью добавок).

Кушнерук В.І. Підвищення однорідності елементів вертикального формування.

Дисертація у вигляді рукопису на здобуття вченого ступеню кандидата технічних наук по спеціальності 05.23.05 - Будівельні матеріали і виробі. Одеська державна академія будівництва та архітектури. Одеса, 1997.

Досліджено дію факторів складу бетону та розчину на показники якості і однорідності в умовах вертикального бетонування елементів збірних та монолітних споруд. Побудовані комплекси експериментально-статистичних моделей, що описують вплив модифікуючих добавок (суперпластифікаторів та стабілізаторів) та заповнювачів на однорідність міцності, водопоглинання і інших властивостей керамзитобетону та важкого бетону. Знайдені та випробувані в умовах виробництва склади бетонів для вертикального бетонування елементів високоруклихими сумішами.

Ключові слова: бетон, комплекс властивостей, бетонування вертикальних елементів, хімічні добавки, моделювання.


Kushneruk V.I. Increasing the Uniformity of the Properties of the Concrete in Vertically Formed Elements.

Dissertation in manuscript form for candidate of technical science degree in speciality 05.23.05. - Building Materials and Products, Odessa State Building and Architecture Academy, Odessa, 1997.

Studied has been the influence of concretes and mortars composition factors on quality and uniformity indices when vertically forming the members of precast and cast-in-place concrete constructions. The complexes of experimental-statistical models have been built describing the effects of modifying additives (superplasticizers and stabilizers) and aggregates on uniformity of strength, water absorption, and other properties of claydite and normal-weight concretes. Rational concrete compositions for vertically forming the members with high-workability mixes have been advanced and tested in production conditions.

Подписано к печати 15.04.97. Формат 60x84 1/16.

Объём: 1 печ. лист. Заказ 1287. Тираж 100 экз.

Отпечатано в Полиграфическом центре фирмы 

Одесса, 270078, ул. Космонавтов, 34, офис 111. Тел.: 0482-619-130; 0482-698-978.