

ИССЛЕДОВАНИЕ КЕРАМЗИТОБЕТОНА НА МНОГОКОМПОНЕНТНОМ ВЯЖУЩЕМ

Камаль Мади, Кравченко С.А., Столевич А.С. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Изложены результаты экспериментального исследования по подбору составов керамзитобетонов на трехкомпонентном вяжущем (цементе, золы уноса и известкового молока) прочностью до 20 МПа и плотностью в сухом состоянии до 1300 кг/м³.

Один из наиболее реальных путей преодоления (снижения) дефицита портландцемента состоит в разработке и производстве в промышленных объемах альтернативного вяжущего из местного сырья. Этой цели служит в частности разработанная (в ОГАСА. кафедра ПСК) безавтоклавная технология малоцементных бетонов различной плотности и прочности.

Универсальным такое вещество является потому, что оно почти без изменения состава пригодно для изготовления изделий из всех известных в настоящее время бетонов, получаемых на основе минеральных вяжущих веществ (ячеистых, легких, тяжелых). Тепловая обработка всех малоцементных известкесодержащих бетонов состоит в пропаривании при температуре 80 ... 100⁰С и атмосферном давлении.

Легкие бетоны обладают таким свойством, как возможность получать равную прочность при разных значениях их плотностей. Такой эффект достигается регулированием рецептуры бетона и значениями технологических факторов. К последним следует отнести условия приготовления и уплотнения легкобетонной смеси. Повышение качества перемешивания компонентов легкобетонной смеси позволяет равномерно распределить цементное тесто или растворную составляющую на поверхности зерен заполнителя и увеличить степень однородности смеси. За счет этого возможно снижение расхода вяжущего без уменьшения прочности бетона. В зависимости от вида применяемых пористых заполнителей, свойств вяжущего и заданной подвижности, каждая

легкобетонная смесь имеет свою оптимальную продолжительность перемешивания.

Затем был выполнен планированный эксперимент, в основу которого были положены исследованные и отобранные технологические факторы, а также результаты полученные в процессе предварительного проведения серии опытов по обычной традиционной схеме.

Цель проведения такого эксперимента состояла в выявлении закономерностей формирования структуры и прочности известкосоодержащего керамзитобетона и в количественной оценке влияния на прочность этого бетона различных технологических факторов.

Для приготовления бетона использовали: керамзит Кулиндоровского завода (г. Одесса) крупностью 10 ... 20 мм, насыпной плотностью $\rho = 430 \dots 500 \text{ кг/м}^3$ и прочностью в цилиндре $R = 2,2 \dots 3,0 \text{ МПа}$; керамзитовый песок 0 ... 5 мм; золу-унос Ладвеженской ГЭС; смолу нейтрализованную воздухововлекающую (СНВ); известковое молоко $\rho = 1,24 \text{ г/см}^3$, извести Кодымского завода; гипс полуводный; портландцемент М400. Жесткость бетонных смесей всех составов составляет 20 ... 30 с.

Эксперимент осуществлен с использованием плана второго порядка типа «Хартли-5».

В качестве переменных были приняты следующие факторы и назначены уровни их варьирования:

X_1 – содержание в смеси цемента ($160 \pm 80 \text{ кг/м}^3$);

X_2 – содержание в смеси золы-уноса ($150 \pm 150 \text{ кг/м}^3$);

X_3 – содержание в смеси известкового молока плотностью г/см^3 ($100 \pm 100 \text{ л/м}^3$);

X_4 – содержание в смеси дробленного керамзита ($0,45 \pm 0,45 \text{ м}^3/\text{м}^3$);

X_5 – содержание в смеси воздухововлекающей добавки ($0,8 \pm 0,8 \text{ кг/м}^3$).

Составы керамзитобетонных смесей изготавливали методом шихтования: отдозированные на замес компоненты смешивали в лабораторном бетоносмесителе принудительного действия, сухую смесь перемешивали в течение 30 сек., затем вводили воду затворения с растворенной в ней воздухововлекающей добавкой СНВ, дополнительно перемешивали смесь в течение 4,5 мин. Осадка конуса готовой смеси составляла 3 ... 5 см.

Отформованные образцы (в количестве 12 кубов с ребром 10 см на каждую строку плана) предварительно выдерживали в течение 2 ... 4 часов, а затем пропаривали при температуре 80°C с длительностью изометрического прогрева 10 часов.

Прочностные и деформативные свойства керамзитобетона проектной прочностью 5 ... 20 МПа изучали на образцах, изготовленных на базе оптимальных составов (табл. 1).

Оптимальные составы керамзитобетона на МИВ

Таблица №1

№ состава	Проектная прочность, МПа	Расход материалов, кг/м ³							
		цемент	ИПС	зола	гипс	керамзит-песок	керамзит	СДБ	В
1	5	110	40	200	12	---	585	0,5	270
2	7,5	125	90	200	20	---	580	0,3	270
3	10	150	90	300	20	---	710	0,2	250
4	15	180	100	250	25	---	725	0,3	230
5	20	200	125	200	25	300	500	---	220

Кубы и призмы испытывали на прочность при сжатии после пропаривания в возрасте 28 суток. Объемную массу образцов в сухом виде определяли после пропаривания.

Обработка результатов эксперимента позволила получить уравнения регрессии прочности и плотности керамзитобетона исследуемых факторов:

$$R(28) = 10,5 + 2,8x_1 + 3,2x_2 - 0,2x_3 + 1,5x_4 - 1,3x_5 + 1,2x_1x_2 - 1,1x_1x_3 + 1,4x_1x_4 + 1,6x_1x_5 + 0,1x_2x_3 - 0,9x_2x_4 + 0,2x_2x_5 - 1,3x_3x_5 + 0,2x_3x_4 + 0,01x_4x_5 - 3,6x_1^2 - 3,7x_2^2 + 4,0x_3^2 - 0,7x_4^2 + 2,4x_5^2;$$

$$\gamma_{\text{сух}} = 1017 + 56,4x_1 + 133x_2 + 2,5x_3 + 60x_4 + 7,5x_5 + 2,2x_1x_2 - 0,3x_1x_3 + 16x_1x_4 - 6,5x_1x_5 - 13x_2x_3 - 15x_2x_4 - 7x_2x_5 - 6x_3x_4 - 28x_3x_5 - 38x_4x_5 - 45x_1^2 + 52x_2^2 - 13x_3^2 + 8x_4^2 + 7x_5^2;$$

Уравнения по F – критерию Фишера адекватны ($F_{\text{ад}} < F_{\text{табл}}$) и имеют информационную ценность ($F_{\text{инф}} > F_{\text{табл}}$).

На основании планированного эксперимента были построены номограммы прочности и плотности. Для примера на рис. 1 и 2 изображены номограммы прочности и плотности керамзитобетона в возрасте 28 суток при использовании соответственно: известкового молока 100 и 200 л/м³; керамзита дробленого 0,9 и 0,9 м³/м³ и СНВ 0,8 и 0,8 кг/м³.

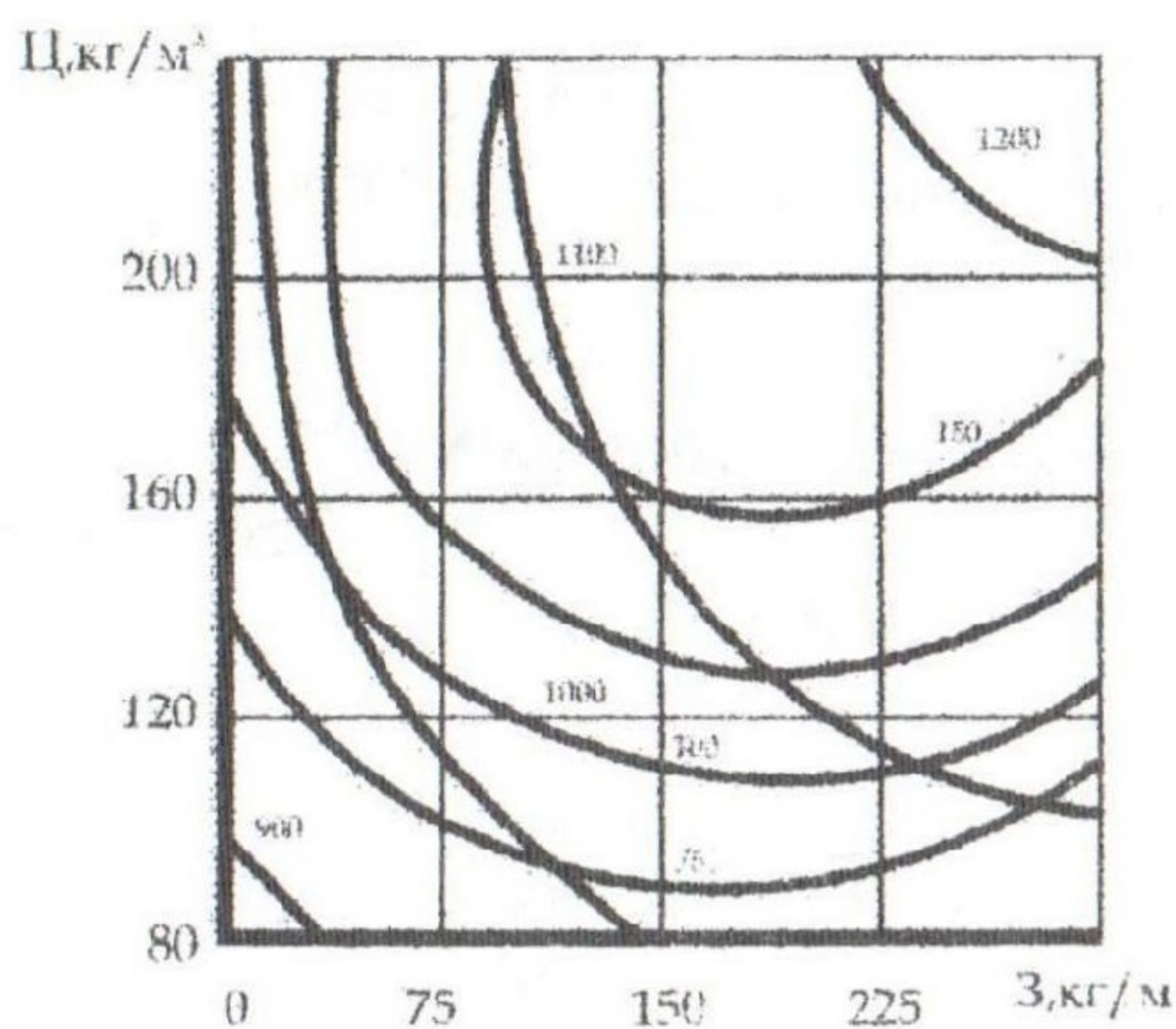


Рис. 1

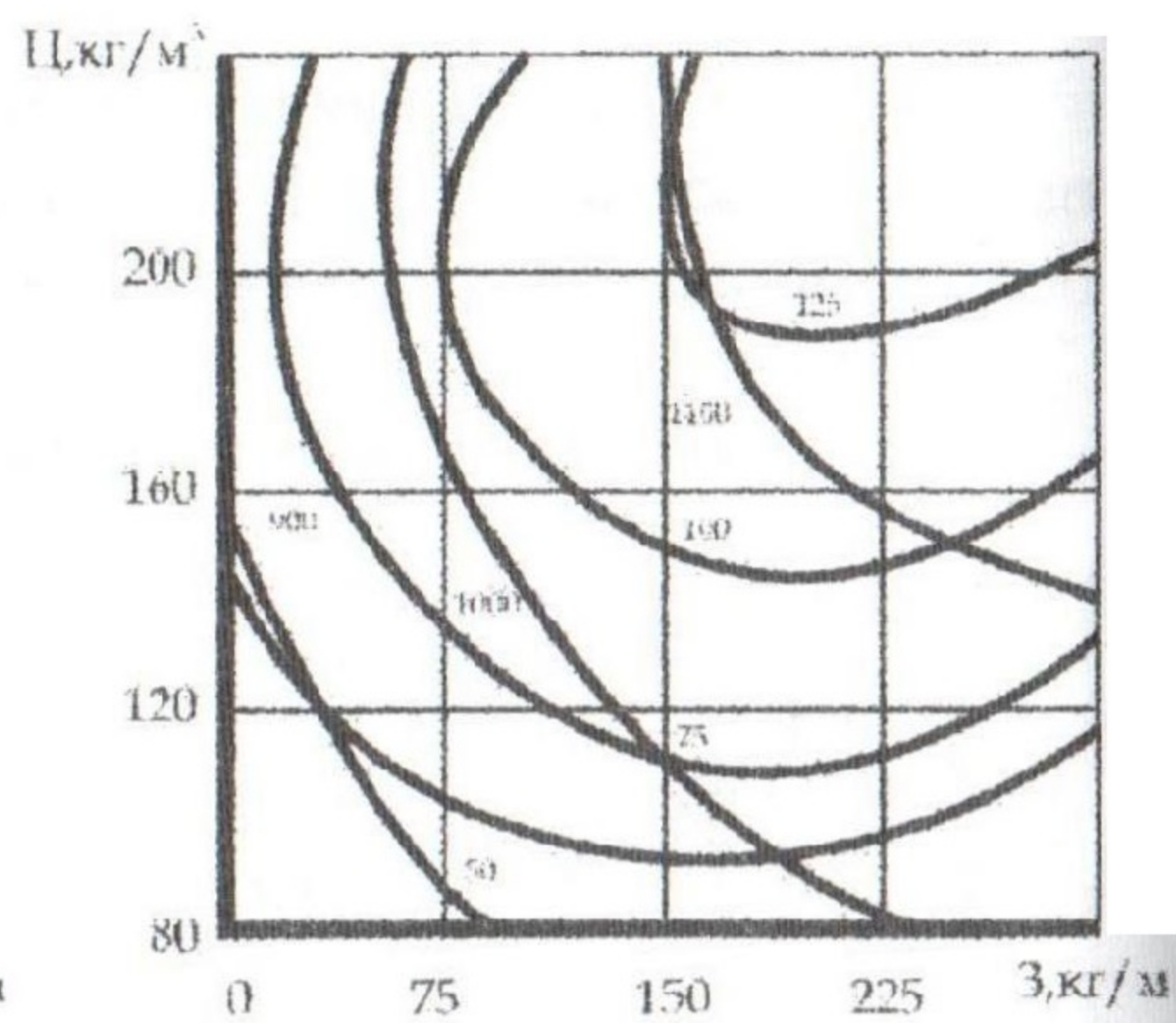


Рис. 2

С увеличением содержания бетонной смеси портландцемента, золы-уноса, керамзита и СНВ до предельных (по условиям эксперимента) значений плотность готового бетона повышается на 10 ... 12 %. Увеличение содержания в смеси известкового молока приводит к некоторому снижению плотности бетона.

Наибольшее влияние на прочность при сжатии оказывает содержание в смеси цемента и золы-уноса.

Наибольшая прочность керамзитобетона в условиях эксперимента 20 МПа может быть получена при максимально большом содержании всех твердых компонентов бетона при этом плотность керамзитобетона в сухом состоянии составляет 1250-1300 кг/м³. Однако по экономическим соображениям в качестве рекомендуемых могут быть предложены составы, позволяющие получить бетон класса по прочности на сжатие В12,5. Плотность керамзитобетона составляет 1050-1090 кг/м³.

В рассмотренном планированном эксперименте первоначальный вариант технологии основан на помоле известково-золо-гипсового вяжущего и был введен в бетонную смесь в виде известкового молока соответствующей концентрации.

Гашение извести в трехкомпонентном вяжущем, как это предполагалось первоначально, неизбежно приводило бы к снижению активности вяжущего, так как гашение это осуществляется при повышенной температуре и влажности среды, т.е. в

условиях, благоприятных для неконтролируемого взаимодействия извести и гипса с АМД.

Поэтому в дальнейших исследованиях следует перейти к исследованию сухого трехкомпонентного вяжущего, содержащего молотую, негашеную известь, АМД и гипс.

Решение вопроса количественной оценки перечисленных факторов является важнейшей задачей для вскрытия закономерностей влияния состава керамзитобетона на его прочность и плотность.

Выводы:

1. На основе малоцементного известесодержащего вяжущего получен конструкционно-теплоизоляционный легкий бетон классов В3,5; В5; В7,5; В10 и конструкционный бетон классов В10; В12,5; В15, соответствующие требованиям СНиП 5.01.23-83.

2. Расход портландцемента марки 400 для получения бетонов на МИВ может быть снижен в 1,5-2 раза по сравнению с действующими нормативами (табл. 26 и 29 СНиП 5.01.23-83).

3. Для получения наибольшего технико-экономического эффекта МИВ необходимо применять известь кальциевую, соответствующую требованиям ГОСТ 9179-77, гипсовый камень по ГОСТ 4013-82. Тонкость помола вяжущего, содержащего негашеную известь, гипсовый камень и молотый зольный гравий (вместо золы-уноса) должна быть не ниже $S_{уд} = 5000 \text{ см}^2/\text{г}$.

Литература

1. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. – М. Финансы и статистика, 1981. – 264 с.

2. ГОСТ 24452-80. Бетоны. Методы определения призмочной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 18 с.

3. Иванов И.А. Технология легких бетонов на искусственных пористых заполнителях. М., Стройиздат, 1977 – 286 с.

4. Легкие бетона. Проектирование и технология. Перевод с англ. Под ред. В.Н.Ярмаковского. М., Стройиздат, 1981.

5. Попов И.А. Методы повышения технико-экономической эффективности легких бетонов. В сб.: Легкие бетоны на пористых заполнителях. М., Стройиздат. 1987.