

ОДЕССКИЙ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи



ШТОГРИН ВАЛЕРИЙ АНАТОЛЬЕВИЧ

ЛЕГКИЕ БЕЗАВТОКЛАВНЫЕ ИЗВЕСТКОВО-ЗОЛЬНЫЕ БЕТОНЫ  
С КАРБОНАТНЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ ДЛЯ СТЕНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Специальность 05.23.05 -- Строительные материалы  
и изделия

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

ОДЕССА - 1992

Работа выполнена в Управлении строительства Крымской АЭС и на кафедре строительных материалов Украинского института инженеров водного хозяйства /УИИВХ/.

Научный руководитель - Заслуженный деятель науки и техники  
Украины, д-р техн. наук, профессор  
И.И. ДВОРКИН

Официальные оппоненты - член-корр. Технологической академии  
Украины, д-р техн. наук, профессор  
А.М. СЕРГЕЕВ

- канд. техн. наук, доцент  
В.Я. ЛЕРШ

Ведущая организация - НИИСК Строительных конструкций  
г. Киев.

Защита диссертации состоится "22" декабря 1992 г.  
в 14<sup>00</sup> часов на заседании специализированного совета  
Д. 068. 41. 01 в Одесском инженерно-строительном институте по  
адресу:  
270029, Одесса, ул. Дидрихсона, 4, ОИСИ, ауд. 210.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан "20" ноября 1992 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета  
кандидат технических наук,  
доцент

*Малахова* Н.А. Малахова

ЛННБ України ім. В. Стефаника



00814402 (J)

ЛННБ ім. В. Стефаника  
АН УРСР

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Важным условием дальнейшего развития жилищного и в особенности индивидуального строительства является решение проблемы производства недорогих, доступных стеновых материалов с использованием местного сырья и промышленных отходов. Для многих районов Украины и, в частности Крыма, актуальным направлением расширения выпуска стеновых материалов является изготовление легкобетонных стеновых камней на основе композиционных вяжущих известково-пуццоланового типа. В ряду этих вяжущих наибольший практический интерес имеют известково-золяные вяжущие с использованием кислых зол ТЭЦ.

При производстве стеновых изделий непосредственно на пром-базах строительных организаций наиболее приемлемыми являются технологии, не требующие высокоэнергоемких операций помола сырьевых материалов и автоклавной обработки. В этом плане перспективны технологические приемы интенсификации процессов твердения путем направленного структурообразования и синтеза свойств вяжущих и бетонов. В комплекс таких приемов входит предложенное в данной работе, введение в известково-золяные бетоны интенсификаторов твердения и модификаторов структуры - солей-хлоридов и дисперсных наполнителей, использование дешевого местного заполнителя - отхода камнепильения известняка-ракушечника.

Целью работы является разработка технологии безавтоклавных бетонов на основе известково-золяной суспензии /ИЗС/ - продукта смешивания известкового молока и золя-уноса ТЭС, с добавками хлоридного ускорителя твердения и карбонатного наполнителя /КН/.

Задачи исследований:

- изучение особенностей формирования коагуляционной структуры ИЗС с добавками хлоридов кальция натрия и карбонатного наполнителя;
- изучение процессов гидратации и твердения ИЗС с добавками;
- определение оптимального состава известково-золяного вяжущего /ИЗВ/ на основе ИЗС с добавками;
- изучение влияния технологических факторов на водопотребность легких известково-золяных бетонных смесей /ЛИЗБ/ с добавками, их водоотделение и раскраиваемость, а также подвижность и изменение ее во времени;
- изучение влияния технологических факторов на прочность известково-золяных легких бетонов /ЛИЗБ/ с добавками и разработка

метода проектирования их составов;

- определение особенностей поровой структуры ИЗЛБ с добавками, комплекса их свойств, определяющих долговечность изделий;
- отработка технологии изготовления и организация производства стеновых камней из ИЗЛБ с добавками на промбазе Управления строительством Кр-мской АЭС.

Научная новизна работы:

1. Установлены особенности формирования коагуляционной структуры ИЭС, используемой в качестве вяжущего, с добавками хлоридов кальция и натрия, а также карбонатного наполнителя; эффект разжижения ИЗВ хлоридами и связь его с электрокинетическим потенциалом, влияние добавок хлоридов и наполнителя на кинетическую устойчивость ИЭС.

2. Экспериментально доказана возможность существенного повышения степени гидратации ИЭС и ускорения процесса кристаллизационного структурообразования добавками хлоридов и карбонатного наполнителя.

3. Получен комплекс математических моделей вязкости и активности ИЭС, водопотребности известково-золевых легких бетонных смесей /ИЗЛБ/, их водо- и раствооротделения, прочности, плотности и морозостойкости бетонов, установлены эффекты влияния на данные свойства отдельных технологических факторов и их взаимодействия.

4. Изучены особенности поровой структуры ИЗЛБ с добавками, влияние ее на основные строительно-технические свойства бетона.

На защиту выносятся:

- зависимости электрокинетических и реологических свойств ИЭС от содержания добавок хлоридов кальция и натрия и карбонатного наполнителя;
- особенности гидратации и структурообразования ИЭС с добавками;
- математические модели показателей активности ИЗВ, водопотребности, прочности, плотности, морозостойкости смесей ИЗЛБ и бетонов с добавками;
- результаты технологического анализа влияния добавок в сочетании с растворами состава ИЗЛБ на подвижность бетонных смесей, прочность, плотность, морозо- и атмосферостойкость, коррозионную

стойкость и высолообразование;

- особенности поровой структуры ИЗЛБ и влияние на нее добавок хлоридов - ускорителей твердения карбонатного наполнителя.

Практическое значение работы. Установлены оптимальные составы известково-золевой суспензии с добавками хлоридов кальция, натрия и карбонатного наполнителя, обеспечивающие прочность стандартных образцов вяжущего при сжатии после пропаривания 35...40 МПа. Изучено влияние основных факторов состава ИЗЛБ с добавками на их подвижность. Получена расчетная формула для ее прогнозирования, установлен характер изменения подвижности ИЗЛБ во времени с учетом температуры. Определены технологические условия предотвращения водо- и раствороразделения ИЗЛБ.

Разработан расчетно-экспериментальный способ проектирования составов легкой известково-золевой бетонной смеси с добавками с заданными значениями подвижности, прочности и плотности ИЗЛБ. Установлена возможность получения ИЗЛБ с морозостойкостью более F100 за счет оптимизации их составов. Показано также, что ИЗЛБ, содержащие достаточные количества извести и добавок ускорителей, обладают высокой атмосферостойкостью, не дают значительных высолов. Производственные испытания показали пригодность ИЗЛБ с добавками хлоридов и карбонатного наполнителя для изготовления стеновых камней.

Экономический эффект от производства стеновых камней из ИЗЛБ на базе Управления строительством Крымской ТЭС за 1991... 1992 г.г. составил 858 тыс.руб.

Апробация работ. Основные положения диссертационной работы докладывались на республиканских конференциях в Ровно /1991 и 1992 г.г./, Пензе /1991 и 1992 г.г./, Белгороде /1991 г./ и Киеве /1992 г./.

Публикации. По результатам диссертационной работы опубликовано 8 работ и получено 2 положительных решения по заявкам на изобретения.

Объем работ. Диссертационная работа содержит 149 страниц машинописного текста, 27 таблиц, 26 рисунков и состоит из введения, семи глав, общих выводов, списка литературы из 119 наименований и 2 приложений.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с обязательной научно-технической программой "Разработать и внедрить высоко-

эффективные строительные материалы и изделия, прогрессивные технологические процессы и оборудование для их производства". Утверждена постановлением Госстроя СССР от 13 августа 1986 г. № И19 /номер госрегистрации - J1910022097/.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Анализ литературных источников показывает, что получение безавтоклавных известково-зольных бетонов высокой прочности предполагает обычно тонкое измельчение извести и зольного компонента на стадии получения ИЗВ. Совместное измельчение извести и золы является высокоэнергоемким процессом, связанным со значительным пылевыносом. Реализация его возможна на специализированных предприятиях и трудно осуществима в построечных условиях. При использовании высокодисперсных зол-уноса, отбираемых из электрофильтров, представляет практический интерес беспомольная одноступенчатая технология известково-зольных бетонов, которая не разработана в необходимой мере.

При построечных условиях изготовления стеновых блоков на основе ИЗВ перспективным может являться введение в известково-зольную легкобетонную смесь комплекса, включающего ускоритель твердения и наполнитель. Системные исследования эффективности такого комплекса в безавтоклавных легких известково-зольных бетонах по имеющимся литературным данным проведены ранее не были. Они и легли в основу данной диссертационной работы.

Для условий Крыма в качестве ускорителя твердения представляют интерес растворы хлористых солей в виде дистиллерной жидкости - многотоннажного отхода Крымского химического завода. Активным наполнителем может служить дисперсная фракция отхода пудры известняка-ракушечника /размер частиц менее 0,14 мм, общее содержание - до 30% массы отхода/. В исследованиях использовались также зола-унос Ладженской ГРЭС, портландцемент М 400 Амурского завода, известь гашеная 3-го сорта, химические добавки - хлориды кальция и натрия, заполнители - керамзитовый гравий и отход камнепиления известняка-ракушечника /размер частиц более 0,14 мм/.

Технические свойства вяжущего в значительной мере определяются электрокинетическими и реологическими характеристиками ИЗВ: текучестью, вязкостью, седиментационной и агрегативной устойчивостью.

Текучесть суспензий с постоянной величиной влажности измеряли по величине расплыва на текучестемере ТН-2. Анализ кривых текучности показал, что введение добавок-хлоридов и в особенности  $NaCl$  вызывает значительный эффект разжижения. С повышением дозы хлоридов до 5,5...6% текучесть ИЭС непрерывно растет, а затем стабилизируется. С повышением дисперсности ИЭС разжижающее действие электролитов возрастает. Карбонатный наполнитель /КН/ уменьшает текучесть ИЭС. Влияние КН на текучесть нелинейно и связано с его концентрацией. Коагулирующее действие КН компенсируется добавкой хлоридов.

Теоретические исследования, а также измерения величины  $\xi$  - потенциала на приборе ЛГУ позволили выявить особенности влияния  $CaCl_2$  и  $NaCl$  на механ.зм разжижения ИЭС. В первом случае он сводится к сжатию диффузного слоя и освобождению связанной воды, во втором диффузный слой изменяется незначительно, однако уменьшается предельное сопротивление сдвига и эффективная вязкость, что еще в большей мере способствует разжижению ИЭС.

Величину эффективной вязкости ИЭС определяли на ротационном вискозиметре РВ-8М. Статическая обработка этих экспериментов позволила получить адекватные 5-ти факторные модели логарифма эффективной вязкости  $1/\ln \eta$ :  $y_1$ /ускоритель  $CaCl_2$  / и  $y_2$ /ускоритель  $NaCl$ /. Анализ моделей показал, что в исследованном диапазоне варьирования факторов влияние добавок хлоридов уступает лишь водотвердому отношению ИЭС. Рост дисперсности ИЭС увеличивает разжижающее действие электролитов. Изменение доли извести в составе ИЭС от 20 до 25% не оказывает существенного влияния на вязкость при повышении концентрации хлоридов. Увеличение вязкости с возрастанием содержания КН имеет отчетливый нелинейный характер. Для наполненной ИЭС вязкость ощутимо снижается при повышенном содержании хлоридов.

С характером влияния добавок-электролитов и карбонатного наполнителя на текучесть и вязкость ИЭС хорошо согласуются экспериментальные результаты определения нормальной густоты известково-зольного теста, измеренные по ГОСТ 310.3-76.

Кинетическую или седиментационную устойчивость ИЭС определяли по скорости расслоения. Опыты показали, что добавки хлоридов снижают устойчивость ИЭС, однако характер этого влияния неодинаков. Кинетическая устойчивость ИЭС, наполненной КН, снижается по мере увеличения степени наполнения и возрастает по мере роста дисперсности наполнителя. Особенности гидратации ИЭС изучали по

кинетике поглощения извести и гидратации золы, составу жидкой фазы /определяемой способом фильтрации под давлением/, фазовому составу новообразований. Введение хлоридов резко интенсифицирует процессы твердения ИЭС. Так при суточном твердении ИЭС при 60°C степень гидратации с 0%  $CaCl_2$  достигает 31%, 2% - 52,5 и 5% - 61,4%. Добавка  $NaCl$ , также как и  $CaCl_2$  ускорит процесс гидратации ИЭС, хотя и в меньшей мере. На термо- и рентгенограммах ИЭС с добавкой  $CaCl_2$  обнаружен гидрохлоралюминат кальция  $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaCl_2 \cdot 10H_2O$ , отмечены также гидрогранаты, гидросиликаты и гидросиликаты кальция. На образцах ИЭС с добавкой  $NaCl$  гидрохлоралюминат не обнаружен.

Введение добавки КН способствует образованию гидрокарбоалюминатных и гидрокарбосиликатных фаз, ускоряется схватывание и рост пластической прочности ИЭС.

Измерения пластической прочности наполненной ИЭС на приборе МТУ и скорости прохождения ультразвуковых волн на приборе УЛ-10 показали, что период формирования коагуляционной структуры ИЭС сокращается при увеличении содержания хлоридов и роста до некоторого значения степени наполнения и дисперсности наполнителя.

Для количественного описания влияния на прочность ИЭС / $У_{KB}$ / соотношения извести и золы / $X_1$ /, удельной поверхности золь-унос в  $m^2/kg$  / $X_2$ /, содержания добавок-хлоридов кальция / $X_3$ / и натрия / $X_4$ /, а также карбонатного наполнителя / $X_5$ / в % массы золы были поставлены эксперименты, алгоритмизированные в соответствии с планом  $H_{25}$ .

Уравнение регрессии имеет вид:

$$\begin{aligned} U_{KB} = & 32,7 + 2,55 X_1 + 3,07 X_2 + 4,45 X_3 - 3,18 X_4 + 2,16 X_5 - 1,96 X_1^2 - \\ & - 1,41 X_2^2 - 5,69 X_3^2 - 8,09 X_4^2 - 2,25 X_5^2 + 2,36 X_2 X_4. \end{aligned}$$

Анализ уравнения показал, что влияние факторов на активность вяжущего убывает в ряду

$$(X_5 \approx X_4) > X_2 > (X_1 \approx X_3).$$

Оптимальные значения факторов, обеспечивающие максимальную активность вяжущего - 37 МПа, составляют:  $X_1 = 0,65 / C_0 D/3 = 0,28/$ ,  $X_2 = 1,0 / S_{24} = 400 m^2/kg/$ ,  $X_3 = 0,55 / XH = 3,87%/$ ,  $X_4 = -0,23 / XH = 1,93%/$ ,  $X_5 = 0,48 / KH = 32,2%/$ .

Оптимальное соотношение добавок-хлоридов  $XH:KH = 2:1$ , что соответствует составу дистиллерной жидкости - отхода содового производства.

Технологические свойства смесей ИЗЛБ – водопотребность, подвижность, водо- и раствороотделение определяются их составом. водо-вяжущим отношением, водопотребностью отхода камнепечения и его долей в смеси заполнителей, расходом вяжущего, насыпной плотностью керамзита, удельной поверхностью, что подтверждается анализом соответствующих 5-ти факторных моделей, полученных в результате обработки результатов экспериментов, алгоритмизированных по плану  $Na_5$ .

Наибольшее влияние на водопотребность смеси ИЗЛБ оказывает величина требуемой осадки конуса. Близики к линейным зависимости водопотребности смеси ИЗЛБ от водопотребности отхода камнепечения и его доли в смеси заполнителей. Увеличение расхода вяжущего приводит к небольшому линейному увеличению водопотребности /до 10%/ , величина насыпной плотности керамзита на водопотребность практически не влияет.

Подвижность смесей ИЗЛБ при постоянном водосодержании определяется в основном водопотребностью и количеством отхода камнепечения, а также составом вяжущего: удельной поверхностью золы, количеством добавок хлоридов, причем влияние последних факторов подобно их влиянию на текучесть ИЗС. В присутствии больших количеств добавок-хлоридов /свыше 2%/ дополнительное введение поверхностно-активных добавок – ЛСТ, С-3 и других не приводит к существенному увеличению подвижности смесей.

В условиях жаркого и сухого климата Крыма большое значение имеет сохранность подвижности смесей ИЗЛБ во времени. По данным экспериментов осадка конуса смеси ИЗЛБ уменьшается тем быстрее, чем выше активность вяжущего, меньше величина водо-вяжущего отношения. Возрастание температуры смеси до 35°C сравнительно мало изменяет кинетику потери подвижности смеси. Дальнейшее увеличение температуры смеси до 50°C резко сокращает время потери подвижности бетонной смеси. Скорость падения подвижности смеси ИЗЛБ может быть существенно замедлена путем повторного перемешивания смеси.

Водоотделение возрастает по мере увеличения водо-вяжущего отношения и снижается при увеличении водопотребности отхода камнепечения и его количества в смеси заполнителей, а также дисперсности золы. Раствороотделение /расслаиваемость/ смесей ИЗЛБ снижается при увеличении расхода вяжущего, уменьшении дисперсности золы, водопотребности и количества отхода камнепечения. В целом, величины водо- и раствороотделения у смесей ИЗЛБ не велики и, как правило, ниже, чем у легких бетонных смесей на портландцементе рав-

ной подвижности.

При моделировании прочности  $/Y_{Rk} /$  ИЗЛБ по плану экспериментов  $Na_5$ , в качестве факторов приняты активность вяжущего  $/X_1 /$ , водо-вяжущее отношение  $/X_2 /$ , доля отхода камнепильения  $/X_3 /$ , расход вяжущего  $/X_4 /$  и насыпная плотность керамзита  $/X_5 /$ .

Полученная модель имеет вид:

$$Y_{Rk} = 15,51 + 4,12 X_1 - 3,80 X_2 + 1,47 X_3 - 1,20 X_4 + 0,42 X_5 - 0,41 X_1^2 - 0,51 X_2^2 - 0,76 X_3^2 - 1,11 X_4^2 - 1,36 X_5^2.$$

В зависимости от указанных факторов построены также модели плотности, морозостойкости, водоотделения и других свойств ИЗЛБ. Уровни изолиний прочности, плотности, морозостойкости и водосточения ИЗЛБ в системе координат  $X_1 - X_2 - X_3$  приведены на рис.1.

Влияние факторов на прочность уменьшается в ряду:

$$X_1 > X_2 > X_3 > X_4 > X_5$$

Наибольшее влияние на прочность оказывает два фактора: активность вяжущего и водо-вяжущее отношение, а на плотность - плотность керамзитового гравия и доля отхода камнепильения в смеси заполнителей. Увеличение водо-вяжущего отношения несколько снижает среднюю плотность ИЗЛБ, что, очевидно, объясняется соответствующим увеличением капиллярной пористости ИЗЛБ.

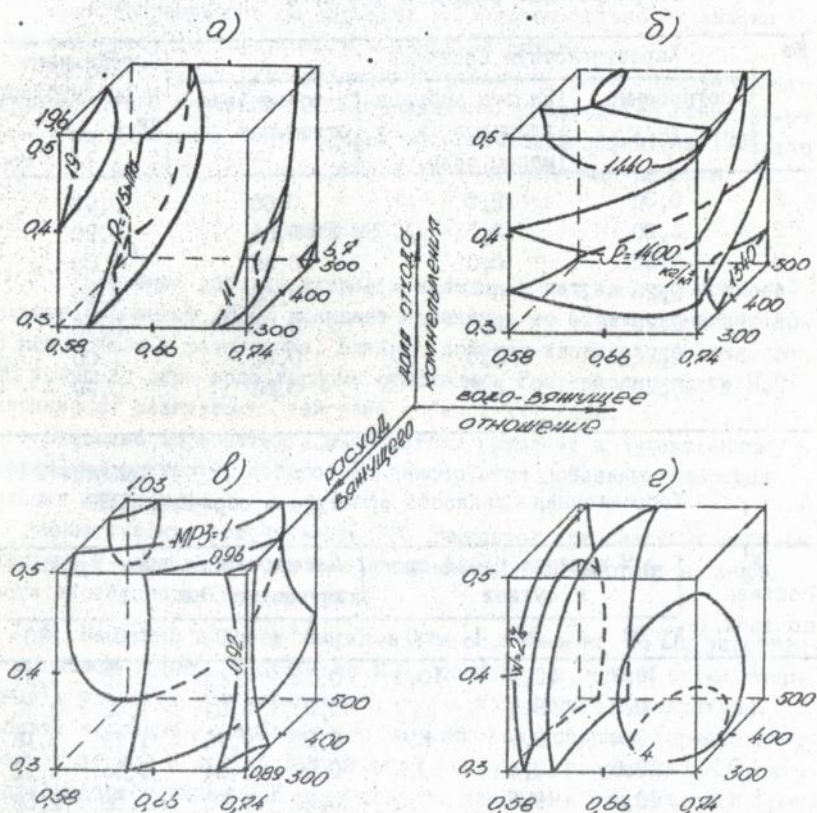
Прочность и долговечность ИЗЛБ в значительной мере определяется структурой пористости вяжущего и бетона. Экспериментальные исследования показали, что также как и для цементных вяжущих максимальной активности ИЗВ соответствует максимум гелевой и минимум капиллярной и общей пористости. Кроме того общая и открытая пористость ИЗЛБ возрастают по мере увеличения величины водо-вяжущего отношения, снижения доли отхода камнепильения в смеси заполнителей и расхода вяжущего.

Разработана расчетно-экспериментальная методика расчета состава ИЗЛБ на основе совместного решения полиномиальных моделей плотности, прочности и водопотребности ИЗЛБ.

Долговечность конструкций из легких бетонов зависит от их морозо- и атмосферостойкости, защитной способности по отношению к арматуре, а также интенсивности высолообразования.

В табл.1 и 2 представлены результаты испытаний морозостойкости (после 100 циклов) и защитной способности по отношению к арматуре характерных составов ИЗЛБ. Наибольшее влияние на морозостойкость оказывает величины расхода добавок хлоридов и соотношение  $C_0 / V_3$ , т.е. активность вяжущего. Образцы с оптимальным

## Уровни изолиний свойств ИЗЛБ



а - прочность ( $R_b = 27,5$  МПа ,  $\rho_k = 500$  кг/м<sup>3</sup>)

б - плотность ( $R_b = 27,5$  МПа ,  $\rho_k = 500$  кг/м<sup>3</sup>)

в - коэффициент морозостойкости ( $C_{aO} / 3 = 0,25$ , расход хлоридов - 2,5 %)

г - водоотделение, % (водопотребность наполнителя - 17% ,  
 $S_{узолы} = 300$  кг/м<sup>3</sup>)

Таблица 1

морозостойкость образцов ИЗЛБ  
/ при расходе вяжущего 400 кг/м<sup>3</sup> и  $\gamma = 0,4/$

№№ сос- та- вов	Характеристики составов			Коэффициент морозостойкос- ти
	Соотношение $C_0/3$	Раход добавок хлоридов /% от массы золы/	Водо-вяжущее отношение	
1	0,30	2,5	0,66	0,99
2	0,20	2,5	0,66	0,90
3	0,25	5,0	0,66	1,05
4	0,25	0	0,66	0,80
5	0,25	2,5	0,74	0,95
6	0,25	2,5	0,58	1,00
7	0,25	2,5	0,66	0,99

Таблица 2

Коррозионная стойкость арматуры в образцах ИЗЛБ

№ состава по табл. 1	рН вытяжки после срока в сутках			Потери массы после срока хранения, сут.			
	20	180	360	20	90	180	360
1	10,7	10,4	10,1	0,12	0,48	1,10	1,97
2	9,3	8,9	8,7	0,21	0,64	1,46	2,36
3	9,4	8,9	8,9	0,29	0,76	1,79	3,18
4	10,6	10,4	10,2	0,03	0,04	0,06	0,12
5	10,3	9,5	9,2	0,22	0,66	1,58	2,58
6	10,2	10,0	9,8	0,12	0,48	0,77	1,79
7	10,3	9,8	9,4	0,16	0,66	1,36	2,20
Цементный бетон с хлоридами	10,9	10,7	10,7	0,4	0,60	1,44	2,16

уровнем величин этих факторов обладают морозостойкостью свыше 100 циклов.

По данным табл. 2 ИЗЛБ с добавками хлоридов, так же как и бетон на портландцементе с этими добавками не обладает высокой защитной способностью по отношению к арматуре. На стойкость ИЗЛБ к попере-

менному увлажнению и высушиванию влияют те же факторы, что и на морозостойкость. Образец оптимального состава выдерживает свыше 125 циклов увлажнения и высушивания.

Высокообразование на образцах ИЗЛБ сравнительно не велико и не оказывает деструктивного влияния на бетон.

По результатам диссертационной работы на ЗЖБИ Управления строительством Крымской ТЭС организовано производство стеновых камней из ИЗЛБ типа СКИ. Годовой экономический эффект за 1991... 1992 г.г. составил 858 тыс.рублей за счет экономии цемента.

### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Введение добавок хлоридов кальция и натрия в известково-зольную суспензию /ИЭС/ вызывает изменение ее электрокинетического потенциала и разжижение. Влияние добавок-хлоридов на вязкость ИЭС уступает лишь водотвердому отношению. Рост дисперсности ИЭС увеличивает разжижающее действие добавок-хлоридов.

Введение карбонатного наполнителя приводит к существенному увеличению вязкости, которое компенсируется добавками хлоридов кальция или натрия.

Кинетическая устойчивость ИЭС снижается при введении добавок хлоридов и увеличении степени наполнения, и возрастает по мере роста дисперсности наполнителя.

2. Введение добавок-хлоридов и в особенности  $CaCl_2$  существенно повышает степень гидратации ИЭС, особенно в первые сутки твердения в условиях как нормальной, так и повышенной температуры. Добавки хлоридов и карбонатного наполнителя ускоряют формирование коагуляционной и кристаллизационной структуры твердеющей ИЭС, что подтверждается кинетикой схватывания, изменения пластической прочности и скорости прохождения ультразвуковых волн.

3. В исследованном диапазоне изменения технологических факторов на величину активности ИЭС, выполняющей роль вяжущего, в порядке убывания влияют добавки хлорида кальция, хлорида натрия, удельная поверхность золы-унос, соотношение извести и золы, содержание карбонатного наполнителя. При оптимальном сочетании факторов активность ИЭС достигает 37...40 МПа.

4. Анализ модели водопотребности легких известково-зольных бетонных смесей показывает, что при постоянном показателе подвижности решающее влияние на нее оказывает водопотребность и сдер-

жание карбонатного наполнителя. Для ИЗЛБ при расходе вяжущего 300...500 кг/м<sup>3</sup> справедливо правило постоянства водопотребности.

Увеличение содержания добавки хлоридов до 6% массы золы вызывает увеличение подвижности бетонных смесей. Наибольший эффект достигается при комплексной добавке  $CaCl_2 + NaCl$  в соотношении 2:1.

5. Подвижность ИЗЛБ с добавками уменьшается во времени тем быстрее, чем выше активность вяжущего и меньше величина водо-вяжущего отношения. Значительное восстановление подвижности ИЗЛБ достигается при повторном перемешивании смесей. Возрастание температуры бетонной смеси до 35°C сравнительно мало изменяет кинетику изменения подвижности ИЗЛБ. Увеличение температуры смеси до 50°C резко сокращает время потери подвижности.

6. Для ИЗЛБ с добавками характерны сравнительно невысокие значения водо- и раствооротделения. Существенное влияние на величину водоотделения оказывает взаимодействие факторов температуры смеси и удельной поверхности золы.

Наибольшее влияние на раствооротделение оказывает расход вяжущего. Противоположную направленность имеет влияние золы.

7. Прочность ИЗЛБ практически линейно возрастает с увеличением активности вяжущего. Кривые зависимости прочности ИЗЛБ от величины водо-вяжущего отношения имеют пересечение при В/В  $\approx 0,53$ . Зависимость прочности ИЗЛБ от доли карбонатного наполнителя приближается к параболической.

Влияние факторов на прочность ИЗЛБ уменьшается в ряду: активность вяжущего – водо-вяжущее отношение – доля отхода камнепечения – расход вяжущего – насыпная плотность керамзитового гравия.

Увеличение доли карбонатного наполнителя оказывает благоприятное влияние на пористую структуру ИЗЛБ, способствуя повышению однородности и уменьшению общей пористости.

Совместное решение полиномиальных моделей прочности, средней плотности и водопотребности ИЗЛБ позволяет определить их состав.

8. Основное влияние на морозостойкость и атмосферостойкость ИЗЛБ оказывают расход добавок-хлоридов, водо-вяжущее отношение и соотношение извести и золы. Зависимость коэффициента морозо- и атмосферостойкости от перечисленных факторов имеет четко выраженный параболический характер. Наибольшую морозо- и атмосферостойкость имеют ИЗЛБ на вяжущем максимальной активности.

Смесь хлоридов кальция и натрия в оптимальном соотношении 3-6% от массы золь способствует вовлечению в ИЗЛБ I, 5...2, 5% воздуха. ИЗЛБ оптимального состава имеют морозостойкость свыше 100 циклов попеременного замораживания и оттаивания и атмосферостойкость - свыше 125 циклов попеременного увлажнения и высушивания.

ИЗЛБ с добавками хлоридов не обладает высокой защитной способностью по отношению к стальной арматуре. Интенсивность коррозионного процесса арматуры в ИЗЛБ находится на уровне коррозии арматуры в цементном бетоне с добавками хлоридов.

Для ИЗЛБ с добавками не характерно значительное высолообразование и связанное с ним снижение прочности.

9. Практическая реализация результатов работы подтвердила лабораторные исследования. В условиях строительства Крымской ТЭС организовано производство стеновых камней из ИЗЛБ, отвечающих требованиям к стеновым материалам для индивидуального жилищного строительства.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Легкие известково-золевые бетоны и стеновые материалы для условий Крыма / Дворкин Л.И., Мироненко А.В., Ковтун А.М., Штогрин В.А. // Утилизация промышленных отходов для производства экологически чистых и эффективных строительных материалов: Тез. докл. - Ровно: 1991. - С.29...30.

2. Безавтоклавные известково-золевые вяжущие и бетоны / Дворкин Л.И., Мироненко А.В., Орловский В.М., Штогрин В.А. // Утилизация промышленных отходов для производства экологически чистых и эффективных строительных материалов: Тез. докл. - Ровно: 1991. - С.33...34.

3. Мироненко А.В., Орловский В.М., Штогрин В.А. Бесцементные вяжущие и бетоны на основе топливных зол // Физико-химические проблемы материаловедения и новые технологии: Тез. докл. - Белгород: ВТИСМ, 1991. - С.56.

4. Дворкин Л.И., Мироненко А.В., Штогрин В.А. Известково-золевые вяжущие и бетоны с карбонатным наполнителем // Изучение действительной работы конструкций с учетом условий и сроков эксплуатации: Тез. докл. - Пенза, ИСИ, 1992. - С.63...65.

5. Мироненко А.В., Штогрин В.А. Известково-золевое вяжущее с карбонатным наполнителем // Инфор. лист. № 10-92. - Ровно: Укр.

НТИ, Ровен.ЦНТИ, 1992. - Вып.2. - 2 с.

6. Мироненко А.В., Штогрин В.А. Легкие стеновые камни на известково-золевом вяжущем // Инфор.лист. № 9-92. - Ровно: Укр. НТИ, Ровен.ЦНТИ, 1992. - Вып.1. - 2 с.

7. Штогрин В.А. Легкие известково-золевые бетоны // Инфор. лист. № 11-92. - Ровно: Укр.НТИ, Ровен.ЦНТИ, 1992. - Вып.1. - 2 с.

8. Известково-золевый бетон с карбонатным наполнителем / Дворкин Л.Н., Мироненко А.В., Ковтун А.М., Штогрин В.А. // Строительные материалы и конструкции. - 1992. - № 3-4. - С. 17...18.

АНБ им. В. Стефанива  
АН УРСР

Подп. к печати 17.11.92г. Формат 80x84 1/16.  
Объем 0,7уч. пзд. л. 1,0п. л. Заказ № 2976. Тираж 100экз.  
Гортинография Одесского облполиграфиздата, илх№3.  
Л сняяч 49.



468849

Ab 26.062

**AB 26.062**