

ЛЬВОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

УДК 666.972.16:624.012.35:
666.982.2

АЛЬ-ХАБУБИ ФАРИС

ТВЕРДЕНИЕ БЕТОНА В УСЛОВИЯХ СУХОГО ПРОГРЕВА

Специальность 05.17.11 - Технология силикатных и
тугоплавких неметаллических материалов

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

Львов - 1993



00820029 (L)

Работа выполнена во Львовском

Научный руководитель

- кандидат технических наук,
доцент Бобык И.С.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор Сергеев А.М.

кандидат технических наук
Паламар З.С.

Ведущая организация

- Львовский домостроительный
комбинат № 2

Защита состоится "___" апреля 1993 года в ___ часов на заседании специализированного совета К 068.36.03 при Львовском политехническом институте по адресу: 290646, г.Львов-13, ул. С.Бандеры, 12, учебный корпус 9.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Львовского политехнического института

Автореферат разослан "___" марта 1993 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат технических наук, доцент

Я.И.Вахула

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы.

Технический прогресс современного строительства потребовал серьезного пересмотра основных вопросов технологии бетона. Особенно это относится к способам ускоренного твердения бетонных и железобетонных изделий. Дальнейшее совершенствование способов ускоренного твердения бетонов должно базироваться на исследованиях физико-химических процессов структурообразования и формировании свойств этого конгломерата.

Важнейшим вопросом на всех без исключения заводах железобетонных изделий является тепловая обработка, осуществляемая в ямных или туннельных камерах пропаривания. Ускоренное изготовление бетонных изделий предусматривает интенсификацию процессов твердения бетона при одновременном получении материала с заданными физико-механическими и другими показателями, что требует учета всех технологических характеристик бетонной смеси.

Применение любого из способов тепловой обработки должно базироваться на получении изделий требуемой распалубочной, отпускной и проектной прочности изделий при нормативных расходах цемента и теплоэнергозатратах.

В последнее время в производстве бетонных и железобетонных изделий находит широкое применение тепловая обработка бетона в высокотемпературной сухой среде:

Так, например, тепловая обработка бетона горячими газами, является более экономичной и менее энергоемкой. Применение такого способа ускоренного твердения бетона уменьшает затраты на тепловую обработку и обеспечивает получение изделий с заданной остаточной влажностью, что особенно важно для изделий из конструктивно-теплоизоляционных бетонов.

Структурные изменения возникают в бетоне в период его нагрева и практически являются причиной дефектной структуры бетона, подвергнутого тепловой обработке. Чем больше водосодержание и пористость бетона, тем чувствительнее он к режимам тепловой обработки.

При тепловой обработке бетона в сухой среде имеет место различное направление температурного и влажностного градиентов, что снижает деструктивные изменения в твердеющем бетоне.

В отличие от тяжелого бетона формирование свойств легкого бетона происходит в условиях взаимодействия двух капиллярно-пористых систем цементного теста, постепенно в цементный камень, и пористых заполнителей.

Целью работы является усовершенствование технологии производства изделий крупнопанельного домостроения, повышение их качества и заводской готовности путем замены пропарки тепловой обработкой изделий в сухой среде.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- определены оптимальные параметры тепловой обработки легких и обычных бетонов продуктами сгорания природного газа;
- найден способ защиты открытых поверхностей бетонных изделий для уменьшения потерь влаги в процессе сухого прогрева;
- научно обоснованы режимы влажностного твердения легких бетонов на пористых заполнителях в сухой среде и роль золы в формировании структуры бетона.

Автор защищает:

- параметры тепловой обработки изделий из тяжелых бетонов продуктами сгорания природного газа;
- использование золы Бурштынской ТЭС в качестве микрозаполнителя тяжелых бетонов;
- использование побочных продуктов в качестве пластифицирующих добавок тяжелых бетонов;
- условия тепловой обработки изделий из легких бетонов на пористых заполнителях.

Практическая значимость и реализация работы.

Достигнуто повышение производительности щелевых камер путем сокращения общего цикла тепловой обработки бетонных изделий. Обеспечена экономия цемента и керамзита за счет применения золы ТЭС, а также улучшено качество и заводская готовность изделий КВД.

Экономический эффект от внедрения работы на Львовском ДСК составил 3,5 млн.руб. в 1991 году.

Результаты работы использованы при разработке "Инструкции по тепловой обработке изделий из легких бетонов в сухой среде".

Апробация работы.

Основные положения и результаты работы докладывались на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава

ва Львовского политехнического института, г. Львов, 1989-1992 г.г.

По теме диссертации опубликованы тезисы двух докладов и две статьи.

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, шести разделов, выводов, списка литературы и приложения.

Работа изложена на 112 страницах машинописного текста, содержит 33 таблиц, 11 рисунков. Список литературы включает 120 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Состояние вопроса.

Одним из наиболее прогрессивных способов ускоренного твердения бетона считается электропрогрев, который позволяет быстро нагреть бетонные изделия любой толщины без внутренних перепадов температуры. Несмотря на положительные результаты исследований, область применения электропрогрева в производстве сборного железобетона пока весьма ограничена из-за невозможности применения в густоармированных конструкциях и нерешенной проблемы изоляции арматуры, закладных деталей и узлов металлических форм. Поэтому более распространенной является тепловая обработка бетонных изделий и конструкций.

Вопросу выбора наиболее экономных и эффективных режимов тепловой обработки, а также выявлению особенностей процессов твердения бетонов на цементах различного минералогического состава посвящены работы С.А. Миронова, И.В. Кравченко, Н.Г. Власовой, В.И. Сорокера, В.Е. Бойко и др. При выборе режимов термообработки следует стремиться не только к обеспечению полноты гидратации цемента, но и не допустить значительных перепадов температуры и влаги в изделиях, приводящих к образованию дефектной структуры бетона. Исследованию теплофизических процессов, протекающих при тепловой обработке бетонов, а именно продуктами сгорания природного газа, посвящено весьма ограниченное количество работ. Поэтому возникает необходимость более полного изучения процессов структурообразования и кинетики, режимов тепловой обработки изделий в сухой среде.

Исследования проводили на среднеалюминатном цементе Николаевского ЦК. В качестве пластифицирующих добавок применяли суперпластификатор С-3 и пластификатор форматный ПФ.

Физико-механические испытания цементов, заполнителей и бетонов проводили в соответствии с ГОСТом и действующими техническими условиями.

Для проведения исследований по твердению бетонов в условиях сухого прогрева была сконструирована лабораторная установка с автоматическим регулированием температуры и влажности среды, а также измерением температуры бетона в процессе тепловой обработки.

Исследование кинетики нагрева и влагоотдачи бетона при сухом прогреве проводили в металлических формах размером 300x400x100 мм, 450x600x150 мм и 600x600x200 мм, а также формовали образцы-кубы размером 10x10x10 см, 15x15x15 см и 20x20x20 см.

Температуру среды и бетона замеряли хромель-копелевыми термопарами.

Распределение влаги по толщине бетонных образцов определяли путем отбора проб бетона из различных зон образцов в процессе тепловой обработки.

Для уменьшения потерь влаги открытую поверхность бетонных образцов покрывали эмульсолом.

Основные результаты исследований

Экспериментальными исследованиями на бетонах марок 200 и 300 было установлено, что традиционный способ тепловой обработки - пропарка при $t = 85^{\circ}\text{C}$ по режиму 2+6+2 часа, обеспечивает получение бетонных изделий с 45-50 % прочностью сразу после пропарки и 85-90 % прочностью в 28-дневном возрасте после пропарки.

Твердение бетона в сухой среде отличается от твердения бетона при пропарке. Кинетика нагрева бетона уменьшается за счет снижения коэффициента теплопередачи от теплогазового носителя к бетону. На кинетику нагрева бетона значительное влияние оказывает модуль поверхности изделий и площадь поверхности изделий.

В процессе нагрева бетона при тепловой обработке изделий продуктами сгорания природного газа имеет место значительная потеря влаги открытой поверхностью бетонных изделий, что в значительной степени снижает скорость нагрева бетонных изделий.

Как показали исследования, короткие режимы тепловой обработки 5+4+2 часа в сухой среде при температуре газового потока 85°C не позволяют получить даже 45 % марочной прочности. Увеличение длительности тепловой обработки до 9 часов при температуре газового потока 85°C не оказывает существенного влияния на прочность

сразу после тепловой обработки и марочную прочность бетона.

Более рациональным является повышение температуры газовой среды до 95° и применение добавки С-3 для снижения водопотребности бетонной смеси. Положительное влияние на кинетику твердения бетона в условиях сухого прогрева оказывает предварительный разогрев бетонной смеси до температуры 40°C , что легко достигается применением горячей воды затворения.

Дальнейшими экспериментальными исследованиями установлено влияние режимов сухого прогрева продуктами сгорания природного газа на кинетику структурообразования и прочность бетона. Для получения изделий с 70 % прочностью после тепловой обработки и минимальным недобором марочной прочности необходимо применять режим 3+14+2 часа при температуре газового потока $85-90^{\circ}\text{C}$. Кроме этого, открытую поверхность изделий необходимо покрывать эмульсолом, а в бетонную смесь вводить суперпластификатор С-3 в количестве 0,5-0,6 % от веса цемента.

Потеря влаги твердеющим бетоном оказывает существенное влияние на его структурно-механические свойства. В тоже время величина потерь влаги твердеющим бетоном в условиях сухого прогрева зависит от водоцементного отношения в бетонной смеси.

Интенсивное испарение влаги из твердеющего бетона приводит к образованию направленной капиллярной пористости и в конечном итоге к ухудшению физико-технических свойств бетонов, твердеющих в условиях сухого прогрева.

Применение пластифицирующих химических добавок, является наиболее эффективным и простым способом улучшения реологических свойств бетонной смеси и снижения ее водопотребности.

Исследованиями установлено, что для бетонов, твердеющих в условиях сухого прогрева целесообразно применять добавки типа С-3 и ПФ, т.к. пластифицирующие добавки на основе лигносульфонатов тормозят процессы структурообразования в начальный период твердения бетона, что отрицательно сказывается на дальнейшем твердении бетона в условиях сухого прогрева продуктами сгорания природного газа.

Данные исследования проводили на бетонах с расходом цемента от 250 до 600 кг/м^3 . Подвижность бетонной смеси была принята постоянной и составляла 4 см.

Тепловая обработка осуществлялась в лабораторной камере сухого прогрева по оптимальному режиму 3+14+2 часа при температуре изотермического прогрева 85°C . Относительная влажность среды в ка-

мере прогрева контролировалась и поддерживалась на уровне 40 %. Результаты исследований приведены в табл. I.

Установлено, что введение в бетонную смесь пластифицирующих добавок С-3 и ПБ позволяет уменьшить на 25-30 % потерю воды твердеющим бетоном при тепловой обработке продуктами сгорания природного газа по сравнению с потерей воды бетоном без добавок.

Эффективность действия пластифицирующих добавок повышается с увеличением расхода цемента с 250 до 450 кг/м³ бетона. Показано, что добавка С-3 малоэффективна для бетонов с расходом цемента ниже 300 кг на 1 м³ бетона.

Следовательно, пластифицирующие добавки в количестве 0,5-0,6% в условиях сухого прогрева дают возможность получить 70-80 % прочности изделий сразу после ТВО и 100 % марочной прочности в 28-ми дневном возрасте.

Тонкодисперсные золи ТЭС обладают свойством удерживать на своей поверхности значительное количество пленочной воды, что препятствует водоотделению в бетонной смеси и придает ей сильно выраженные тиксотропические свойства.

Исследованиями установлено оптимальное содержание золи в бетонах с различным расходом цемента и подвижностью, а также изучено влияние золи-унос в комплексе с пластифицирующими добавками на процессы структурообразования и конечную прочность бетонов, твердеющих в условиях сухого прогрева.

Установлено, что добавка золи-унос к бетонам с расходом цемента от 250 до 450 кг/м³ положительно влияет на процессы структурообразования и их марочную прочность. Во всех случаях прочность бетона сразу после тепловой обработки в 28-ми дневном возрасте увеличивается на 20-30 % по сравнению с прочностью бетонов без добавки.

Показано, что эффективность использования золи-унос в бетонах повышается при одновременном введении в бетонную смесь пластифицирующих добавок. Вследствии адсорбции их на поверхности частиц золи уменьшаются силы молекулярного взаимодействия и в результате зольные агрегаты распадаются, т.е. практически вся поверхность частиц золи принимает участие в физико-химических процессах структурообразования и положительно влияет на влажностное твердение бетона в условиях сухого прогрева.

Установлено /табл.2/, что положительный эффект от введения в бетонную смесь золи-унос с пластифицирующими добавками достигается

сразу после тепловой обработки, т.к. обеспечивает достижение бетонном сразу после сухого прогрева 80-85 % марочной прочности.

Таблица I
Влияние длительности изотермического прогрева
на прочностные свойства бетонов

Режим тепловой обработки	Вид тепловой обработки	Вид пластифицирующей добавки	Потеря влаги бетоном, кг/м ³	Прочность прогретого бетона, МПа	
				через 2 часа	через 28 суток
3-6-2	пропаривание	б/д С-3	-	14,2	20,9
				23,5	34,3
3-6-2	сухой прогрев	б/д С-3	50	9,7	15,3
			25	11,4	21,2
3-9-2	сухой прогрев	б/д С-3	56	9,8	17,5
			28	12,5	24,3
3-12-2	сухой прогрев	б/д С-3	66	9,5	18,5
			37	13,0	25,0
3-13-2	сухой прогрев	б/д С-3	72	12,5	18,7
			46	16,7	26,4
3-14-2	сухой прогрев	б/д С-3	78	13,6	21,4
			48	16,9	29,7
3-16-2	сухой прогрев	б/д С-3	85	13,6	19,8
			51	16,7	28,2

Примечания: Расход цемента М 400 составляет 350 кг/м³.

Подвижность бетонной смеси - 4 см.

Выдержка бетона перед прогревом составляет 2 часа. Температура изотермического прогрева 85°С.

Относительная влажность воздуха камеры - 40 %.

Кроме того, следует отметить, что менее дефицитная и дешевая добавка ПУ при введении в бетонную смесь в комплексе с золой-унос по эффекту действия на подвижность бетонной смеси и прочность бетона не уступает, а даже превосходит добавку С-3.

Таким образом, только комплексное использование в тяжелых бетонах золы-унос в сочетании с пластифицирующими добавками ПУ и С-3 позволяет получать необходимую марочную прочность бетона и прочность сразу после тепловой обработки в сухой среде продуктами сгорания природного газа.

Таблица 2

Влияние добавки золы ТЭС и пластифицирующей добавки ПФ
на прочность бетона

Расход материалов на 1 м ³ бетона, кг					Потеря влаги в бетоне после теп- ловой обработки, кг/м ³	Прочность прогретого бетона, МПа	
цемент	зола	щебень	песок	вода		через 2 часа	через 28 суток
200	225	1160	495	163	58	19,3	24,8
250	200	1160	470	171	61	25,8	29,6
300	200	1160	420	180	63	26,6	35,8
350	175	1160	395	184	60	30,8	40,5
400	150	1160	370	191	62	34,9	45,7
450	150	1160	320	194	63	38,7	47,6

- Примечания: 1. Подвижность бетонной смеси - 8 см.
Расход добавки ПФ составляет 0,6 % от массы цемента.
2. Режим тепловой обработки продуктами сгорания газа 3+14+2 при температуре изотермического прогрева 85-95°C.
3. Относительная влажность среды 35-40 %.

Проведены также исследования влияния сухого прогрева на твердение легких бетонов, а именно керамзитобетона и керамзитозолобетона.

При тепловой обработке легких бетонов на пористых заполнителях в условиях сухой среды происходит частичная потеря воды бетоном, а влажностное твердение цементного камня обеспечивается за счет воды аккумулированной в порах керамзитового гравия. Поэтому в работе рассмотрены процессы тепломассообмена и структурообразования при тепловой обработке керамзитобетона и керамзитозолобетона продуктами сгорания природного газа. Характер распределения тепловых и влажностных полей в исследуемых образцах был приближен к случаю прогрева плиты /панели/ в заводских условиях. Кинетические кривые нагрева и потери воды бетонов /рис. I/ показывают, что в период подъема температуры бетон теряет весьма незначительное количество влаги, а именно 4-5 %.

Интенсивное обезвоживание бетона начинается с момента достижения бетоном, во всем его объеме, температуры 97-98°C и дальнейшая изотермическая выдержка приводит к интенсивному обезвоживанию бетона, поэтому остаточную влажность бетона можно регулировать длительностью изотермического периода.

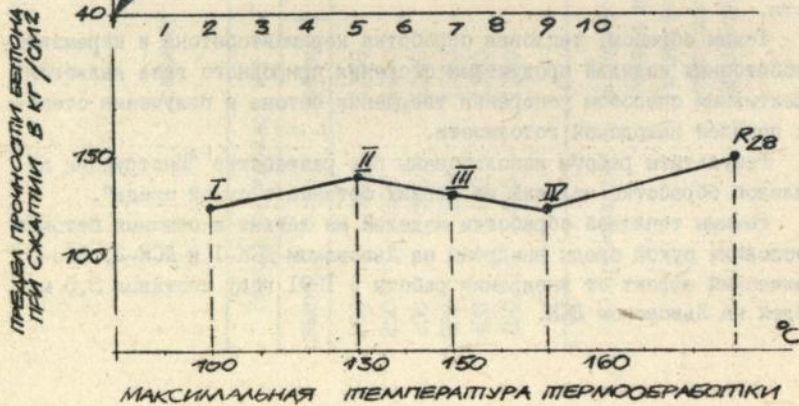
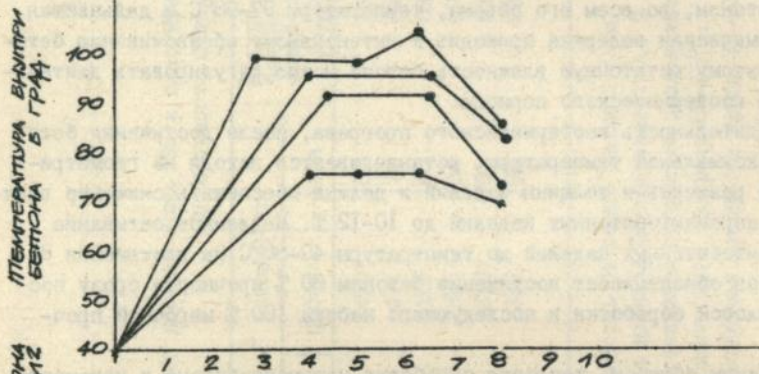
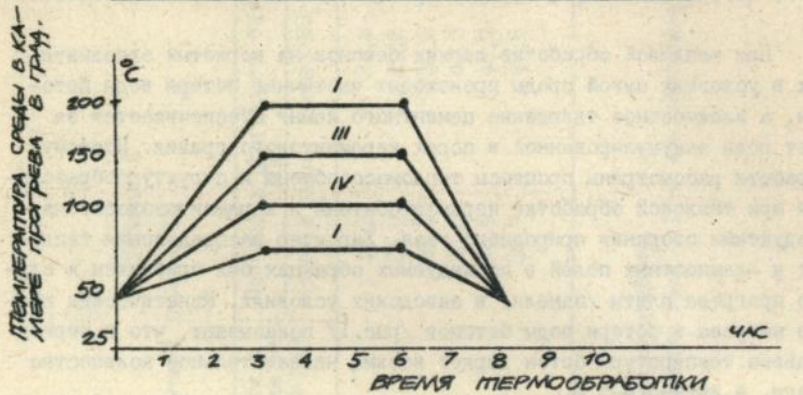
Длительность изотермического прогрева, после достижения бетоном максимальной температуры, устанавливается исходя из геометрических размеров и толщины изделий и должна обеспечить снижение влажности керамзитобетонных изделий до 10-12 %. Медленное остывание керамзитобетонных изделий до температуры 40-50°C на протяжении 8-10 часов обеспечивает достижение бетоном 80 % прочности сразу после тепловой обработки и последующего набора 100 % марочной прочности.

Таким образом, тепловая обработка керамзитобетона и керамзитозолобетонных изделий продуктами сгорания природного газа является эффективным способом ускорения твердения бетона и получения стеновых панелей заводской готовности.

Результаты работы использованы при разработке "Инструкции по тепловой обработке изделий из легких бетонов в сухой среде".

Режимы тепловой обработки изделий из легких и обычных бетонов в условиях сухой среды внедрены на Львовском ДСК-1 и ЛСК-2. Экономический эффект от внедрения работы в 1991 году составил 3,5 млн. рублей на Львовском ДСК.

Рис.1 ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ
ТЕРМООБРАБОТКИ



В В В О Д Ы

1. Изучены процессы структурообразования и кинетики твердения бетона при тепловой обработке в сухой среде.

2. Установлено, что изделия из тяжелого бетона, подвергаемые тепловой обработке в сухой среде, теряют 40-60 % воды затворения, что приводит к недобору прочности бетона сразу после прогрева и их марочной прочности.

3. Экспериментально показано, что повышение плотности бетона путем применения высокоэффективных пластифицирующих добавок /С-3 и П/ положительно влияет на процессы твердения и структурообразования бетона при тепловой обработке в сухой среде.

4. Изучена роль микронаполнителя - золы ТЭС на формирование структуры тяжелых бетонов в сухой среде.

5. Разработаны оптимальные составы тяжелых бетонов и режимы тепловой обработки изделий продуктами сгорания природного газа и внедрены в производство на Львовском ДСК.

6. Изучены процессы тепломассообмена при тепловой обработке легких бетонов на пористых заполнителях в условиях сухой среды.

7. Установлено, что тепловая обработка изделий из легких бетонов в сухой среде обеспечивает получение изделий с заданной прочностью и остаточной влажностью.

8. Результаты работы использованы при разработке "Инструкции по тепловой обработке изделий из легких бетонов в сухой среде".

Экономический эффект от внедрения работы на Львовском ДСК составил 3,5 млн.рублей в 1991 году.

Основные положения диссертации изложены в следующих работах:

1. Аль-Хабуби Фарис. Твердіння бетону в умовах сухого прогріву //Резерви прогресу в архітектурі та будівництві. Вісник Львів. політехн. ін-ту, № 261, Львів, 1991.
2. Аль-Хабуби Фарис. Підвищення міцності бетону шляхом активації цементу //Резерви прогресу в архітектурі та будівництві. Вісник Львів політехн. ін-ту, № 261, Львів, 1992.

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

Подп. к печати 23.03.93 формат 60x84¹/16
Бумага типограф. № 2. Офс. печ. Усл.печ. л 1
Усл. крас.-отт. 1 Учетно-над. л 0,93
Тираж 100 экз. Зак. 48 Бесплатно

ЛПИ 290646 Львов-13, Ст.Бандеры, 12

Участок оперативной печати ЛПИ
Львов, ул. Городожская, 286

471107

AB 26.937

AB 26.937