

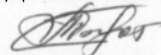
2005-1004

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СТРОИТЕЛЬСТВА, ТРАНСПОРТА И АРХИТЕКТУРЫ**

ДИССЕРТАЦИОННЫЙ СОВЕТ Д 05.05.268

На правах рукописи

УДК 666.972.7:697.326



Турдалиев Шыйкыманар Эсенович

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНА
УЛУЧШЕННОЙ СТРУКТУРЫ
С ПРИМЕНЕНИЕМ
ГЕЛИОГИДРОЦИРКУЛЯРНЫХ КАМЕР
МНОГОЯРУСНОЙ ЗАГРУЗКИ**

05.23.05 – Строительные материалы и изделия

Автореферат диссертации

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Бишкек 2005

Работа выполнена на кафедре «Строительство» Каракульского инженерного факультета Индустриально-энергетического института Жалалабатского государственного университета

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Орозбеков М.О.

Научный консультант: кандидат технических наук, доцент
Калчоров А.К.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Тулемешев М.Ш.
кандидат технических наук, с.н.с.
Марazyкова Б.Б.

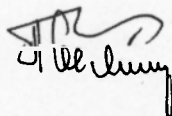
Ведущая организация: Кыргызский научно-исследовательский и проектный институт строительства /КыргызНИИПстроительства/

Защита состоится «18» марта 2005 г. в 16⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 05. 05. 268 Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры по адресу: Кыргызская Республика 720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева 34 «б».

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета

Автореферат разослан «14» февраля 2005г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Белинская Т.И.

Общая характеристика работы

В современных условиях развития КР при дефиците топливно-энергетических ресурсов и при все возрастающем их удорожании, огромное значение для районов с теплым и жарким климатом приобретает актуальная проблема широкомасштабного использования солнечной энергии при производстве сборного железобетона.

Для южного региона КР с теплым и жарким климатом характерна интенсивная дневная солнечная радиация, где количество солнечных дней в году приближается к 300. Между тем, в этом регионе при производстве сборного железобетона повсеместно применяется пропаривание изделий при температурах до 100 °С и расход пара составляет около 700-800 кг на 1м³ бетона.

В последние годы разработаны и внедрены в производство различные способы тепловой обработки железобетонных изделий с использованием солнечной энергии. Наиболее эффективными являются: гелиотермообработка сборного железобетона в формах с применением светопрозрачных и теплоизолирующих покрытий (СВИТАП); тепловая обработка в теплоаккумулирующих гелиокамерах (ТАГ); комбинированная гелиотермообработка (КГТО) сборного железобетона с дополнительно дублирующим источником энергии долговременного действия (4-7 месяцев в году), который одновременно является оперативным источником энергии кратковременного действия (0,5-7 суток) и используется в условиях пасмурной и дождливой погоды в летний и осенне-весенний периоды года.

Однако, ранее разработанные способы гелиотермообработки железобетонных изделий в гелиоформах и гелиокамерах однорядной загрузки требуют большие площади для производства.

В этой связи возникла необходимость о рациональном использовании существующих ямных камер для термообработки железобетонных изделий с использованием нагретой воды из гелиоколлекторов или дополнительным подогревом воды с помощью электроэнергии. Это позволяет значительно сократить расход тепла за счет использования солнечной энергии, обеспечить высокое качество железобетонных изделий при круглогодичной эксплуатации гелиополигонов и закрытых цехов.

Цель диссертационной работы. Разработка энергосберегающей технологии тепловой обработки сборных железобетонных изделий из тяжелого бетона улучшенной структуры с применением гелиогидроциркулярных камер многоярусной загрузки.

Задачи исследования:

- Разработать конструкцию камеры многоярусной загрузки для круглогодичной гелиотермообработки изделий из тяжелого бетона в условиях сухого и жаркого климата.
- Разработать способ тепловой обработки железобетонных изделий, непосредственно в нагревающейся воде.
- Установить влияние тепло и массообменных процессов на структурообразование бетона непосредственно в нагревающейся воде.

- Экспериментально определить роль экзотермии цемента при тепловой обработке в гелиогидроциркуляционных камерах на стадии разогрева и во всем суточном цикле.
- Разработать основные технологические режимы тепловой обработки железобетонных изделий в камерах многоярусной загрузки с использованием солнечной и электрической энергии.
- Выявить особенности структурообразования бетона в процессе гелиогидротермообработки, обуславливающие нарастание прочности бетона улучшение его физико-механических свойств.
- Внедрить разработанную технологию бетона в производство и определить её технико-экономическую эффективность.

Научная новизна работы:

- разработан новый энергосберегающий способ тепловой обработки железобетонных изделий в камерах многоярусной загрузки в условиях закрытых цехов и полигонов непосредственно в воде, нагретой с использованием гелиоколлекторов.
- установлено, что формирование плотной структуры бетона, твердеющего в камере, заполненной водой с последующим подъемом температуры до 80°C, обусловлено отсутствием температурного и влажностного градиента между бетоном и средой камеры.
- разработаны научно-обоснованные энергосберегающие режимы гидротермообработки железобетонных изделий в условиях закрытых цехов и полигонов, обеспечивающие получение бетонов плотной структуры с повышенными эксплуатационными характеристиками.

Достоверность результатов работы обоснована и подтверждается использованием современных методов физико-химического исследования, математико – статического моделирования, использованием современного оборудования и приборов для испытания сырьевых материалов и бетона.

Значение исследований для науки и практики:

- разработана энергосберегающая экологически чистая технология круглогодичного изготовления сборного железобетона с тепловой обработкой изделия в гелиогидроциркуляционных камерах многоярусной загрузки, обеспечивающая высокое качество бетона при суточном цикле производства и значительную экономию топливно-энергетических ресурсов.
- разработана конструкция гелиогидроциркуляционной камеры, позволяющая сочетать использование как внешних источников тепла (солнечной, электрической энергии), так и внутренних (теплоэкзотермии цемента).

Научные положения и результаты, выносимые на защиту:

- конструкция камеры многоярусной загрузки для круглогодичной гелиотермообработки изделий из тяжелого бетона в условиях сухого и жаркого климата;
- способ тепловой обработки железобетонных изделий непосредственно в нагревающейся воде;
- научные основы тепло и массообменных процессов при структурообразовании бетона непосредственно в нагревающейся воде;

- технологические режимы тепловой обработки железобетонных изделий в камерах многоярусной загрузки с использованием солнечной и электрической энергии;
- особенности структурообразования бетона в процессе гелиогидротермообработки, обуславливающие нарастание прочности и улучшение его физико-механических свойств.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на Международном научно-техническом симпозиуме «Образование через науку», посвященном 50-летию ФПИ-КТУ (2004г.); Научно-технической конференции КГУСТА, посвященной 50-летию строительного факультета (2004г.); Вестник КазНУ им. Аль-Фараби, в г. Алматы (2004); Юбилейной научной конференции Токмакского технического института (2001г.); Известия Ошского Технологического Университета(2/2001); на заседании Ученого Совета Жалалабатского государственного университета.

Результаты исследований подтверждены лабораторными и производственными испытаниями. Работа выполнена в рамках «Государственной комплексной программы развития науки и техники и новых технологий в КР до 2005 года (раздел «Строительство и стройиндустрия»)» и по плановой научно-исследовательской тематике Жалалабатского государственного университета. Результаты диссертационной работы опубликованы в научных статьях и докладах, учебном пособии, используются в учебном процессе при курсовом и дипломном проектировании.

Внедрение результатов исследований. Опытно-промышленное внедрение разработанной технологии изготовления сборного железобетона с тепловой обработкой изделия в гелиогидроциркуляционных камерах многоярусной загрузки (ГПЦК) с дополнительно дублирующим источником тепла было осуществлено на полигонах завода ЖБИ-20 г. Ош с участием лаборатории ЮРУ ГЦСЛ (NKG 417/02 4Л. 07008). При этом установлена экономия топливно-энергетических ресурсов летом на 70-80%, а в осенне-зимне-весенний периоды года на 45-50% при реализации экологически чистого технологического процесса.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 133 стр. машинописного текста, содержит, 28 табл., 42 рис. и состоит из введения, 6 глав, общих выводов, списка литературы из 132 наименований и приложений.

Публикации. Основное содержание работы изложено в 5 статьях.

Содержание диссертации

Введение раскрывает актуальность и перспективы разработки энергосберегающей технологии тепловой обработки железобетонных изделий из тяжелого бетона с применением гелиогидроциркуляционных камер многоярусной загрузки. Сформулированы цели и задачи исследований, обоснована научная новизна и практическая значимость разработки.

Первая глава посвящена состоянию вопроса по использованию солнечной энергии для интенсификации твердения бетона.

Значительный вклад в разработку гелиотехнологии сборного железобетона, в теорию тепло- и массообменных процессов и

структурообразования бетона при применении различных способов тепловой обработки с использованием солнечной энергии внесли отечественные и зарубежные ученые: Е.Н. Малинский, И.Б. Заседателев, Б.А. Крылов, С.А. Шифрин, Б.П. Быков, А.Р. Соловьянчик, В.П. Величко, А.С. Бейвель, П.В. Мазманиян, М.Ш. Тулемышев, М.О. Орозбеков и др.

Анализ отечественного и зарубежного опыта по использованию гелиотермообработки для ускорения твердения бетона показал многообразие разработанных способов гелиотермообработки, в ряду которых наиболее эффективным является комбинированный способ обработки с использованием дополнительного источника энергии, позволяющий круглогодичную эксплуатацию камер тепловой обработки.

Анализ существующих способов комбинированной гелиотермообработки позволил сформулировать рабочую гипотезу и обосновать необходимость проведения исследований по разработке технологии бетона с применением гелиоциркуляционных камер многоярусной загрузки, особенности тепло-массообменных процессов, вид и обогрев теплоносителем с использованием дополнительного источника энергии, конструктивные характеристики которых обуславливают получение бетона улучшенной структуры.

Во второй главе даны методические основы проведения эксперимента с разработкой лабораторных камер уменьшенного размера, смоделированных по типу производственных с учетом протекающих тепло- и массообменных процессов. В качестве теплоносителя используется горячая вода, нагреваемая через светопрозрачную крышку типа СВТАП и дополнительно подогреваемая с помощью гелиоколлекторов и электрического нагревателя. Гидроциркуляция теплоносителя обеспечивается насосами, контроль температуры и бетона осуществляется с помощью установленных хромель-копелевых термопар.

В работе были использованы портландцемент Кантского-цементно-шиферного комбината и Кувасайского цементного завода ГОСТ 10178-85. В качестве мелкого заполнителя для бетона использовался кварцевый песок ГОСТ 8736-93, крупного-гранитный щебень ГОСТ 8267.-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ.

Подвижность бетонной смеси определялась по существующей методике согласно ГОСТ 10.1.81-2000.

Исследования физико-механических характеристик бетона проводились в соответствии с действующей технической документацией.

Оптимизация технологических параметров при термообработке бетона в гелиоциркуляционных камерах (ГЦК) методом экспериментально-статистического моделирования проводилась с изготовлением образцов из бетонных смесей с В/Ц = 0,4; 0,55; 0,7 при соотношении компонентов «цемент: щебень: песок» 1: 1,74: 2,97 и 1: 1,32: 2,25.

По методике НИИЖБ определена и рассчитана степень участия экзотермии цемента в прогреве бетонных изделий в ГЦК.

Были изготовлены две серии блоков размером 0,45x0,45x0,15 м с модулем открытой поверхности 6,67 м.

Одни блоки были изготовлены из тяжелого бетона, а блоки второй серии представляли собой модельное тело, изготовленное из тех же материалов, взятых в том же соотношении, что и у исходного бетона, однако цемент в нем был заменен тонкомолотым кварцевым песком, имеющим примерно одинаковую с портландцементом тонкость помола.

В середине каждого блока в плане и по высоте устанавливались ХК-термопары, показания которых измерялись и записывались с помощью автоматического потенциометра А-565.

В процессе проведения экспериментов обеспечивался «мягкий» режим, при котором бетон, прогреваемый в ГЦК, в суточном возрасте набирает примерно 50-55% от R_{28} .

Процессы структурообразования бетона при тепловой обработке в ГЦК изучались рентгеноструктурным анализом на установке Дрон-2 при СиК-излучении, фильтр Ni. Поверхность контактного слоя цементного камня с заполнителем была исследована в РЭМ.

Степень гидратации цемента в зависимости от условий твердения устанавливали по определению химически связанной воды по потерям при прокаливании.

Третья глава содержит экспериментально-теоретические исследования влияния технологических факторов на прочность бетона и определение степени участия тепла экзотермии цемента при обработке его в ГЦК.

При тепловой обработке бетона в ГЦК, как и при пропаривании, необходимым условием является предварительное выдерживание свежеформованной бетонной смеси перед укладкой в камеру с целью исключения опасности размывания открытой поверхности бетона.

Варьирование времени предварительного выдерживания бетонных образцов, изготовленных из смесей с различным водоцементным отношением (0,4-0,7) перед укладкой их в камеру в пределах 1-2,5 часа показало, что достаточна предварительная выдержка их в течении 2-2,5 часа. При этом исключается размывание поверхности бетона водой.

При оптимизации технологических факторов при тепловой обработке в ГЦК проведен двухфакторный эксперимент по типу 3^2 . Варьировались два рецептурно-технологических фактора; x_1 -время предварительного выдерживания, час; x_2 -В/Ц. Контролируемыми параметрами служили показатели качества бетона; суточная прочность бетона $\gamma_1 = R_{сж}^{сут}$ Мпа; процент к марочной прочности $\gamma_2 = \gamma_0 R_{сж}^{сут}$; прочность на сжатие 28 суточного возраста $\gamma_3 = k_{28}$; процент 28 суточной прочности к марочной $\gamma_4 = \gamma_0 R_{сж}^{28}$.

По результатам эксперимента с указанием средней ошибки S, и уровня значимости α , были рассчитаны (по программе МНК) математические модели свойств со всеми значимыми оценками коэффициентов (1,2,3,4).

Прочность на сжатие суточная ($Y_1 = R_{сж}^{сут}$)

$$(Y_1)R_{сж}^{сут} = 19 + 0,87x_1 - 0,37x_1^2 + 0,2x_1x_2 - 0,82x_2 - 4,52x_2^2 \quad (1)$$

Процент суточной прочности на сжатие от марочной ($Y_2 = \gamma_0 R_{сж}^{сут}$)

$$(Y_2) \%R_{сж}^{сут} = 64 + 3,25x_1 - 2,05x_1^2 + 2,05x_1x_2$$

$$- 3,02x_2 - 7,2x_2^2 \quad (2)$$

$$\text{Прочность на сжатие 28 суточного возраста } (Y_3 = R_{\text{сж}}^{28}) \\ (Y_3) R_{\text{сж}}^{28} = 31,29 + 0,73x_1 - 0,57x_1^2 - 0,4x_1x_2 - 0,75x_2 - 5,32x_2^2 \quad (3)$$

$$\text{Процент 28 суточной прочности на сжатие от марочной } (Y_4 = \%R_{\text{сж}}^{28\text{сут}}) \\ (Y_4) \%R_{\text{сж}}^{28\text{сут}} = 103,87 + 0,97x_1 - 1,4x_1^2 - 0,55x_1x_2 - 0,9x_2 - 2,3x_2^2 \quad (4)$$

Анализ модели (1) суточной прочности бетона показал, что увеличение уровня фактора x_1 приводит к некоторому росту прочности бетона, что видно по линейному эффекту $b_1 = 0,87$. Однако, здесь наблюдается зона оптимума, судя по квадратичному эффекту модели $b_{11} = 4,52$. Та же тенденция роста прочности наблюдается при анализе модели (2).

Процент к прочности на сжатие от марочной (модель 2) тем выше, чем больше фактор x_1 , т.е. время предварительной выдержки, здесь $b_1 = 3,25$. Для фактора x_2 ($X_2 - \text{В/Ц}$) можно отметить, что его увеличение способствует снижению $Y_2 = \%R_{\text{сж}}^{\text{сут}}$, где $b_2 = -3,02$.

При анализе моделей (3 и 4) можно отметить, что влияние факторов x_1 и x_2 на Y_3 ($R_{\text{сж}}^{28\text{сут}}$) и Y_4 ($\%R_{\text{сж}}^{28\text{сут}}$) аналогично описанным выше моделям Y_1 ($R_{\text{сж}}^{\text{сут}}$) и Y_2 ($\%R_{\text{сж}}^{\text{сут}}$).

Тенденция изменения прочности $R_{\text{сж}}^{\text{сут}}$ и $R_{\text{сж}}^{28\text{сут}}$ при разном времени предварительного выдерживания одинакова, но необходимо соблюдать оптимальное значение фактора x_2 (В/Ц). Время предварительной выдержки имеет существенную значимость при суточном выдерживании бетона. Причем, чем больше время предварительного выдерживания, тем больше прочность бетона $R_{\text{сж}}^{\text{сут}}$.

При гелиотермообработке тяжелого бетона в гелиоформах с покрытием СВИТАП и теплоаккумулирующих гелиокамерах соответственно до 45% и 55% тепла, идущего на разогрев бетона, составляет внутренний источник тепла - экзотермия цемента.

Роль экзотермии цемента в прогреве бетона определялась по сопоставлению температурных режимов в твердеющем бетоне и модельном теле при совместном прогреве их в ГГЦК. Установлено, что вследствие экзотермии цемента центр бетонного блока (с В/Ц=0,4) за 9 часов прогрелся до 67°C , в то время как центр модельного тела достиг только 42°C .

При расчетах температура бетона и модельного тела принималась по центру блоков, так как она характеризует прогрев бетона по высоте в целом. Для рассматриваемого эксперимента превышение теплосодержания бетонного блока над модельным телом при одинаковом расходе дополнительной энергии, обусловленное экзотермией цемента, составило $\Delta U = 528,2$ Вт. ч. Если считать, что теплотери бетонного блока и модельного на стадии подъема температуры одинаковы, то можно принять, что Q^p - количество теплоты, выделенное в бетоне при гидратации цемента к моменту достижения им максимальной температуры, Вт.ч. равно ΔU .

Тогда степень участия теплоты гидратации цемента в общем расходе тепла на прогрев бетона в ГГЦК составил около 51,2%.

Таким образом при обработке изделий в ГГЦК в осенне-весенний периоды года около 50 % тепла, поступающего к нему на стадии разогрева, составляет внутренний источник тепла - экзотермия цемента.

Основной причиной высокой степени участия экзотермии цемента является более полное и равномерное по высоте сечения блока тепловыделение, связанное с равномерным подводом внешних тепловых воздействий от подогретой солнечной радиацией воды и дополнительным подогревом воды с помощью электронагревателя.

При этом не только достигается значительная экономия электроэнергии, но и существенно повышается качество бетона вследствие равномерного разогрева изделий.

В четвертой главе приведены конструкция ГГЦК и результаты исследований при термообработке бетона в ней, без и с дополнительным подогревом воды в электронагревателях.

ГГЦК многоярусной загрузки (рис.1), содержит с внутренней стороны гидроизолированное днище. Стены выполнены из тяжелого бетона, теплоизолированные с наружной стороны. Имеется также съемная светопрозрачная крышка типа СВИТАП. Камера соединена к системе горячего водоснабжения, которая состоит из гелиоколлектора, дополнительного проточного электронагревателя типа «Аристон-4,5». Система циркулируется с помощью водяного насоса.

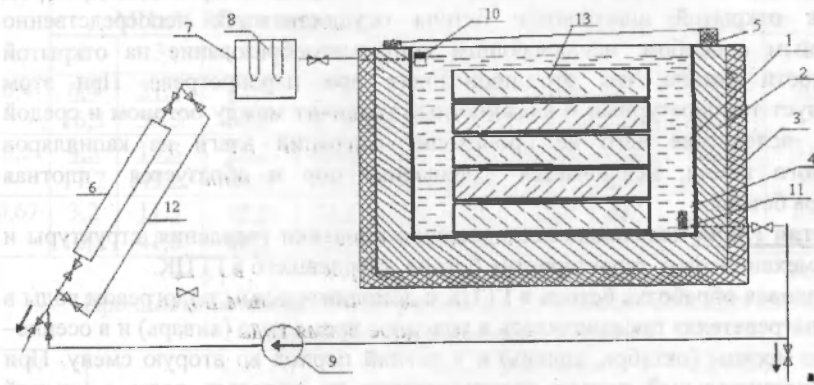


Рис. 1 Гелиогидроциркуляционная камера многоярусной загрузки

1-камера; 2- гидроизоляционный слой; 3- теплоизоляция; 4- теплоноситель; 5-гелиокрышка; 6- гелиоколлектор; 7-бак; 8-электронагреватель; 9-циркулирующий насос; 10-поплавок; 11-очистной фильтр; 12- водоотвод; 13-отформованные изделия с предварительным выдерживанием.

При тепловой обработке бетона в ГГЦК в разное время суток (с 8 часов и с 16 часов в июле месяце) без дополнительного подогрева воды он набирает в суточном возрасте свыше 50% марочной прочности, а в несолнечные дни и при работе во вторую смену температуры циркуляционной воды из гелиоколлекторов недостаточно, чтобы бетон набрал прочность выше 50% марочной прочности. В этом случае необходим дополнительный подогрев

циркуляционной воды гелиоколлекторов с использованием электронагревателя.

Температурные кривые воды, бетона и среды при тепловой обработке в ГГЦК в июле месяце во вторую смену с использованием дополнительной дублирующей энергии показали, что в начале гелиотермообработки температура воды и бетона, соответственно, составила 40°C и 25°C. В дальнейшем температура воды в гелиокамере поднималась с помощью циркуляции воды гелиоколлектора с дополнительным подогревом электронагревателем.

В течение 2 часов температура бетона выравнивалась с температурой воды и в дальнейшем температура бетона превысила на 2-3°C температуру воды. Этот факт обусловлен внутренним тепловыделением за счет экзотермии цемента. После 12 часового нагрева воды температура бетона и воды достигла соответственно 75°C и 78°C и оставалась постоянной до конца гелиотермообработки. При этом в суточном возрасте бетон набрал 65% марочной прочности, а в 28 суточном возрасте - 110% марочной прочности.

Анализ результатов исследований показывает, что при гелиотермообработке изделий из тяжелого бетона в ГГЦК с использованием циркуляционной воды гелиоколлектора с дополнительным подогревом воды с помощью электронагревателей позволяет эксплуатировать её в холодные периоды года.

При тепловой обработке железобетонных изделий в горячей воде подвод тепла к открытой поверхности бетона осуществляется непосредственно контактным способом, исключая образование конденсата на открытой поверхности бетона, как это происходит при паропрогреве. При этом отсутствует температурный и влажностный градиент между бетоном и средой камеры, вследствие чего не происходит миграции влаги из капилляров цементного камня, исключается появление пор и образуется плотная структура бетона.

Пятая глава посвящена исследованию кинетики твердения, структуры и физико-механических характеристик бетона, твердевшего в ГГЦК.

Тепловая обработка бетона в ГГЦК с дополнительным подогревом воды в электронагревателях производилась в холодное время года (январь) и в осенне-весенние месяцы (октябрь, апрель) и в летний период во вторую смену. При этом дополнительный расход электроэнергии на подогрев воды в зимний период составляет 35,4 кВтч/м³, в осенне-весенний период 20,9-23,5 кВтч/м³, а в летний период при работе камеры во вторую смену 10,8 кВтч/м³ бетона.

Разница между расходом электроэнергии в зимний и летний периоды тепловой обработки составляет 24,6 кВт.ч/м³ бетона.

Изменение температуры воды, бетона и окружающей среды при тепловой обработке в холодное время года (январь) протекает следующим образом.

При начальной температуре бетона (10°C) и воды (20°C) при нагреве воды с помощью нагревателя через 1,5 часа температура воды и бетона выравнивались. При последующем нагреве температура воды на 2-4°C отставала от температуры бетонных образцов. Бетонные образцы твердели в ГГЦК в течении 22 ч. Максимальная температура воды и бетонных образцов

составляет 75 и 78°C. При испытании в суточном возрасте прочность бетона составила в зависимости от В/Ц (0,4 и 0,5) 60 и 65% марочной прочности. В 28 суточном возрасте прочность бетона в зависимости от В/Ц (0,4 и 0,5) составила 104-108% марочной прочности.

Результаты исследования кинетики нарастания прочности при температуре окружающей среды +10°C (январь) приведены в табл.1, из которых видно, что гелиотермообработка в ГГЦК способствует опережающему набору прочности в первые сутки твердения, а в дальнейшем набор прочности протекает аналогично росту прочности в нормальных условиях твердения.

Сравнение прочностных характеристик бетона, термообработанного в ГГЦК с пропаренными образцами и нормального твердения показало, что прочность на сжатие и растяжение при изгибе бетона, твердевшего в ГГЦК, в 28 суточном возрасте несколько выше, чем у пропаренного, что объясняется весьма мягким режимом и всесторонним подогревом бетона, а также термосным выдерживанием в водной среде, что подтверждает преимущество термообработки в ГГЦК (табл. 2).

Таблица 1

Кинетика нарастания прочности бетонов при температуре окружающей среды +10°C в зависимости от В/Ц

В/Ц	Условие твердения бетонных образцов									
	Нормальное твердение					Г Г Ц К				
	Прочность бетона на сжатие R _{сж} , МПа/% R ^т ₂₈ в возр., сут.					Прочность бетона на сжатие R _{сж} , МПа/% R ^т ₂₈ в возр., сут.				
	1	3	7	14	28	1	3	7	14	28
0,4	6,4	21,1	32,4	35,3	38,7	24	25,9	32,1	37,8	40,6
	16,5	56,3	88,6	97,9	99,8	63	67	91,6	98,1	105
0,5	4,5	15,3	21,2	26,8	30,5	17,7	19,5	24,5	28,4	31,1
	17,7	49,2	68,9	92,3	100	58	64	82,1	92,3	102
0,67	3,2	11,3	18,9	21,3	25,4	13,2	14,9	20,1	23,2	25,5
	12,8	41,6	66,5	83,3	100,1	52	59	80,5	89,1	100,5

Таблица 2

Прочность бетонных образцов на сжатие и растяжение при изгибе, твердевших в различных условиях

N серий образц.	Условия твердения	R _{сж} , МПа / % R _в в возрасте сут		R _р , МПа / % R _в в возрасте сут.	
		1	28	1	28
I	ГГЦК	13,7/56	25,6/104	2,86/61,4	3,75/96,2
II	Пропаривание по стандартному режиму	12,1/55	22,6/92	2,80/61,2	3,63/95,6
III	Нормальное твердение	13,1/12,5	24,6/100	1,21/28,3	3,67/96,0

Морозостойкость бетона, подвергнутого термообработке в ГГЦК (табл. 3), незначительно отличается от морозостойкости бетона нормального твердения при испытании до 150 циклов попеременного замораживания и оттаивания, о чем свидетельствует равнозначная величина коэффициента морозостойкости.

У пропаренных образцов коэффициент морозостойкости резко падает (до 0,7) при испытании их до 150 циклов попеременного замораживания и оттаивания.

Мягкие условия тепловой обработки в ГГЦК при отсутствии градиента температуры и влажности между бетоном и теплоносителем и равномерный прогрев изделий по толщине вследствие максимального использования внутреннего источника энергии - тепла экзотермии цемента, обуславливают образование более плотной структуры бетона и повышение морозостойкости в сравнении с пропаренным.

Водонепроницаемость бетона, твердевшего в нормальных условиях и при термообработке в ГГЦК, повышается одинаково и к 6 месячному возрасту достигает марки В-8, что свидетельствует о схожей структуре этих бетонов, способной со временем уплотняться за счет дальнейшего протекания гидратационных процессов.

Таблица 3

Морозостойкость бетона при различном твердении

№ п/п	Условное твердение	Прочность перед началом испытаний	Число циклов попеременного замораживания и оттаивания								
			50			100			150		
			R ₃	R ₂	K _{мрз}	R ₃	R ₂	K _{мрз}	R ₃	R ₂	K _{мрз}
1	Гелиотермо-обработка в ГГЦК	31,1	29,2	30,9	0,94	28,8	30,9	0,93	24,4	28,8	0,84
2	Пропаривание по стандартному режиму	29,8	27,2	29,2	0,93	26,3	29,2	0,90	20,2	28,9	0,70
3	Нормальное твердение	30,9	29,7	30,7	0,95	28,5	29,6	0,95	23,7	28,5	0,83

* R₃ – прочность образцов, подвергшихся замораживанию и оттаиванию;

** R₂ – эталонные образцы; **K_{мрз} – коэффициент морозостойкости.

Изучение основных физико-механических свойств бетонов, твердевших в различных условиях, подтвердило, что свойства бетона, подвергнутого термообработке в ГГЦК, в основном аналогичны свойствам бетона нормального твердения, что свидетельствует об эффективности этого способа ускоренного твердения.

Гидротермальные условия твердения цементных материалов оказывают влияние на степень протекания реакции гидратации. Определение степени гидратации портландцемента в бетоне, твердевшего в различных условиях, показало, что степень гидратации цемента в образцах нормального твердения повышается равномерно.

Через год твердения, степень гидратации у образцов нормального твердения (84,5%) превышает это значение у пропаренных образцов (80,2%). Наиболее высокая степень гидратации у образцов, твердевших в ГГЦК (89,0%). В пропаренных образцах практически процесс гидратации прекращается после 28 суток твердения, о чем свидетельствует значение степени гидратации в

годовом возрасте (80,2%), которое незначительно отличается от степени гидратации 28 суточного возраста (79,5%).

Условия обработки бетона в ГГЦК, определяют наличие остаточной адсорбционной влаги в твердеющем бетоне, что способствует более полной гидратации и образованию более плотной структуры материала. Увеличение степени гидратации цемента и содержания количества химически связанной влаги в процессе дальнейшего твердения приводят к повышению плотности цементного камня, вследствие увеличения объема твердой фазы. Чем глубже прогидратировались цементные зерна, тем прочнее и плотнее цементный камень, что и определяет повышенные физико-механические свойства (прочность, водонепроницаемость, морозостойкость).

Рентгеноструктурный анализ цементного камня, твердевшего в различных условиях, подтверждает эффективность тепловой обработки в ГГЦК.

На рентгенограммах пропаренных образцов и образцов, твердевших в нормальных условиях (рис.2) фиксируются более интенсивные линии дифракции рентгеновского луча для негидратированных зерен клинкерных минералов (2,17; 2,73; 2,77; 3,03А), (рис.2: а, б).

При тепловой обработке в ГГЦК (рис.2: в) в исследуемых образцах отмечается большая интенсивность линий гидратированных фаз. Заметно усиление линии 4,9А⁰ [Ca(OH)₂], а также более четкая кристаллизация C₂SH (1,96; 1,98 А⁰).

В общем данные рентгеновского анализа показывают, что продукты гидратации при тепловлажной обработке и при тепловой обработке в ГГЦК аналогичны продуктам гидратации нормального твердения в длительные сроки.

Немаловажную роль для образования прочной и плотной структуры бетона имеет контактная зона заполнителя с цементным камнем.

Исследования контактного слоя цементного камня с заполнителем образцов, прошедших тепловую обработку в ГГЦК, методом электронной микроскопии приведены на рис.3.

На микрофотографии реплики с поверхности контактного слоя цементного камня с заполнителем видна песчинка, окруженная продуктами гидратации портландцемента, которые представлены в виде чешуек, собранных в различные агрегаты, образующие слоистую структуру.

Отмечается значительное количество участков со структурой поры, заполненной призматическими кристаллами этрингита или гидроксида кальция, которые заполнены чешуйками гидросиликатов кальция. Электронная микро-фотография показывает достаточно высокую плотность контактного слоя заполнителя с новообразованиями цементного камня.

Промышленное внедрение разработанной технологии подтвердили результаты, полученные в лабораторных условиях и показали эффективность применения данной технологии с тепловой обработкой изделий в ГГЦК, которая обеспечила при суточном цикле производства гарантированное получение бетоном распалубочной прочности через 24 часа (не менее 50% от R₂₈) и марочной – через 28 суток при высоком качестве изделий, независимо от погодных условий и тем самым позволила ликвидировать сезонность изготовления изделий в гелиокамерах.

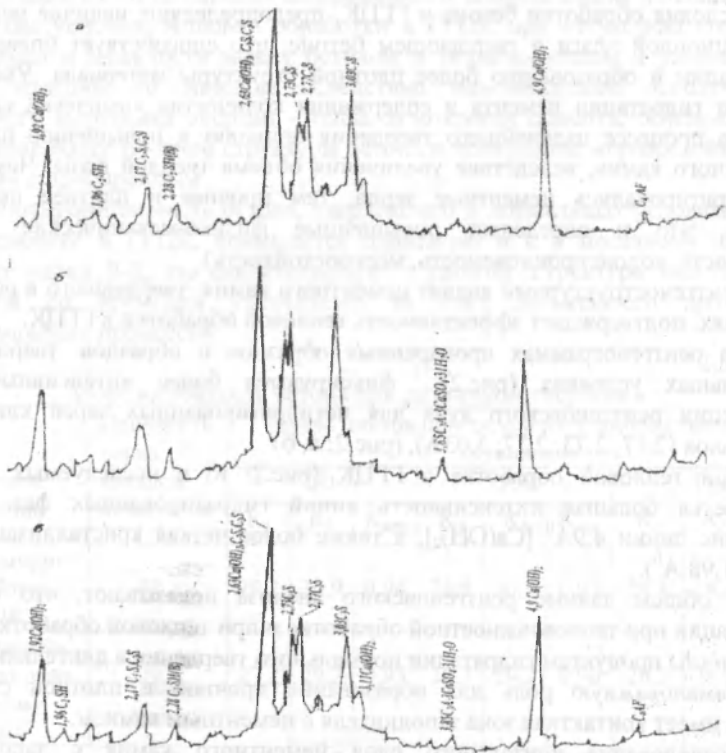


Рис.2 Рентгенограммы цементного камня, твердеющего в различных условиях твердения: а) при тепловлажностной обработке; б) в нормальных условиях твердения; в) в ГЦК.

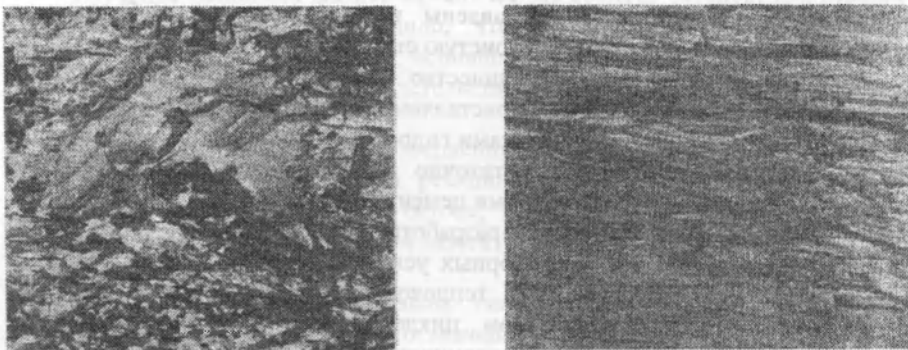


Рис.3 Электронная микрофотография реплики с поверхности контактного слоя цементного камня с заполнителем (x18 000, x 14 000).

Экономический эффект от внедрения новой технологии при выпуске 20000м^3 бетона в год составляет 63800 с. в год.

Общие выводы

1. Разработана новая конструкция гелиогидроциркуляционной камеры многоярусной загрузки, которая может быть использована с подключением к системе гелиоколлекторов при температуре окружающей среды выше 20°C , либо с под-ключением электронагревателей при температуре окружающей среды ниже 20°C для тепловой обработки железобетонных изделий в закрытых цехах и открытых полигонах.

2. Разработана энергосберегающая технология тепловой обработки бетона улучшенной структуры в гелиоциркуляционных камерах многоярусной загрузки, обес-печивающая при суточном цикле производства гарантированное получение бето-ном распалубочной прочности через 24 часа (не менее 50% от R_{28}) и марочной – через 28 суток при высоком качестве изделий, независимо от погодных условий и тем самым позволила ликвидировать сезонность изготовления изделий в гелиокамерах.

3. Установлено, что предварительное выдерживание изделий в течении 2-2,5 часов, до тепловой обработки в ГЦК предотвращает воздействие воды на открытую поверхность свежееуложенного бетона и не приводит к размыванию поверхностных слоев. Тенденция изменения суточной и 28 суточной прочности бетона при разном времени предварительного выдерживания одинакова, при оптимальном значении В/Ц. Время предварительной выдержки имеет существенную значимость при суточном выдерживании бетона, причем, чем больше время предварительного выдерживания, тем выше прочность.

4. При обработке изделий в ГЦК порядка 50% тепла, поступающего к нему на стадии разогрева, составляет внутренний источник тепла-экзотермия цемента, что обеспечивает не только значительную экономию электроэнергии, но и существенное повышение качества бетона вследствие равномерного разогрева изделий.

5. Выявлено, что при тепловой обработке железобетонных изделий в горячей воде подвод тепла к открытой поверхности бетона осуществляется непосредственно контактным способом, исключая образование конденсата на открытой поверхности бетона, как это происходит при паропрогреве. При этом не происходит миграции влаги из капилляров цементного камня, что обусловлено отсутствием температурного и влажностного градиента между бетоном и средой камеры; исключается появление пор и образуется плотная структура бетона.

6. Изучение кинетики твердения тяжелого бетона в ГЦК показало, что для получения отпускной и марочной прочности необходимо соблюдать температурные режимы в зависимости от сезона работы, которые обеспечивают получение изделий заданной прочности. В летние периоды года в закрытых цехах требуется дополнительный подогрев воды с использованием нагревателя, а в открытых полигонах не требуется дополнительного подогрева. Весной и осенью при тепловой обработке бетона в ГЦК требуется работа нагревателя на 50-70%, а зимой при отрицательной температуре, необходимо подключение нагревателя с момента заполнения камеры водой.

7. Установлено влияние условий твердения на физико-механические свойства бетонов: гелиотермообработка в ГГЦК обеспечивает получение изделий суточного возраста с прочностью 56% от марочной; 28 суточного возраста – 104%; тогда как пропаренные изделия суточного возраста имеют прочность, соответствующую 55% марочной, а 28 суточные – 92%; K_{11}^{11} - 0,84, а $K_{мрз}$ пропаренных - 0,7; B^{1111} -8, а пропаренных -6.

8. Выявлено, что обработка бетона в ГГЦК обеспечивает более полную гидратацию цемента при длительном твердении (1год) (α -89,0%), чем пропаренные (80,2%). Это способствует образованию более плотной и прочной структуры цементного камня и приводит к повышению прочности, водонепроницаемости и морозостойкости изделий.

9. Экономический эффект от внедрения новой технологии при выпуске 20000м³ бетона в год составляет 63800 с. в год.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Калчоров А.К., Турдалиев Ш.Э. Определение времени предварительной выдержки отформованной бетонной смеси до загрузки ее в гелиокамеру, заполненной водой. Ош, Известия Ошского технологического университета, 2/2001. – С. 76-79.
2. Калчоров А.К., Кантов Ж., Турдалиев Ш.Э. Гелиотермообработка железобетонных изделий из тяжелого бетона в гелиогидроциркуляционных камерах многоярусной загрузки. Бишкек, ИЦ «Техник», 2002, 177с.
3. Орозбеков М.О., Турдалиев Ш.Э. Оптимизация технологических факторов бетона при тепловой обработке в гелиогидроциркуляционных камерах. Вестник 1/4 Бишкек, КГ УСТА 2004. – С. 59-64.
4. Турдалиев Ш.Э. Гелиотермообработка железобетонных изделий с использованием дополнительно дублирующей энергии. Материалы международного научно-технического симпозиума «Образование через науку» Бишкек, КТУ 2004. – С. 281-284.
5. Турдалиев Ш.Э. Гелиогидроциркуляционные камеры многоярусной загрузки //Вестник КазНУ им. Аль-Фараби, 2004. – С. 96-99.



Резюме

Турдалиев Шыйкыманар Эсенович

Разработка технологии бетона улучшенной структуры с применением гелиогидроциркуляционных камер многоярусной загрузки.

Ключевые слова: гелиогидроциркуляционная камера, гелиоколлектор, тепло-экзотермия, кинетика прочности, тепло-массообменные процессы, степень гидратации, контактная зона, марочная прочность бетона, морозостойкость, водонепроницаемость.

Разработана энергосберегающая технология бетона с применением новой конструкции гелиогидроциркуляционной камеры многоярусной загрузки. Предложен комбинированный способ гелиотермообработки бетона, основанный на использовании солнечной, электрической энергии и тепла экзотермии цемента, количество которой в общем балансе используемого тепла составляет порядка 50%.

Конструктивные особенности камеры, тепло и массообменные процессы, протекающие в ней при обработке бетона, обуславливают получение изделий плотной структуры с повышенными физико-механическими характеристиками.

Круглогодичное использование разработанной технологии с минимальным расходом электроэнергии в зависимости от погодных условий обеспечивает снижение расхода тепла на ускорение твердения бетона.



Кортунду

Турдалиев Шыйкыманар Эсенович

Көп катмар болуп жүктөлгөн гелиогидроциркуляциялык камераны колдонуу менен структурасы мыкты түзүлгөн бетондун технологиясын иштен чыгуу

Негизги сөздөр: гелиогидроциркуляциялык камера, цементтин жылуулук экзотермиясы, гелиоколлектор, бекемдүүлүк кинетикасы, жылуулук-масса алмашуу процесстери, термо иштелип чыгуу режими, физико-химиялык байланыштуу нымдуулук, цементтин гидратация баскычы, цемент ташынын толтургуч менен байланышкан зонасы, бетондун бекемдүүлүк маркасынын проценти, суукка чыдамдуулук, суу өткөзбөөчүлүк.

Бетон энергия сактагычтык технологиясынын жаңы типтеги көп катмарлуу толтурулган гелиогидроциркуляциялык камераны колдонуу аркылуу иштелип чыкты.

Биринчилерден болуп бетондун гелиоиштеп чыгуудагы айкалыштырылган ГГЦКдагы мүмкүнчүлүгү берилет, ал цементтин жылуулук экзотермиясын жана күн, электр энергиясын колдонууга негизделген, жалпы баланста колдонулган жылуулуктун саны 50% түзөт.

Камералардын конструктивдүү бөтөнчөлүктөрү, алардагы бетонду иштетип чыгууда болгон жылуулук жана масса-алмашуу процесстери, жогорку физико-механикалык мүнөздөмөгө ээ жыш структурадагы буюмдуу алуу шарттуулугу орнотулган.

Иштелип чыккан технологиянын аба-ырайынын шартына ылайык электр энергиясын керектөөсүнүн жылдык колдонулуу мүмкүнчүлүгү орнотулуп, бетондун катууланышын тездетүү үчүн жылуулук керектөөсүн азайтуу камсыздайт.



The resume

Turdaliev Shyikymanar Ecenovich

Development of technology of concrete of the improved structure with application heliohydrocirculatory chambers of multiple loadings.

Key words: heliohydrocirculatory chamber, heliocollector heat exothermic of cement, kinetics of durabilities, heat – mass changed processes, a mode of heat treatment, physical - chemical connected moisture, a degree of hydration of cement, a contact zone of a cement stone with a filler, percent to branded durability of concrete, a frost resistance, a water resistance.

The technology of concrete with application of chambers of new type – of heliohydrocirculatory chambers of multiple loadings is developed. For the first time the combined way of heliothermotreatment concrete in based on use of solar, electric energy and heat exothermic of cement is offered, the quantity which in the general (common) balance of used heat makes about 50 %.

Design features of chambers, heat and mass changed the processes proceeding in them at process of concrete, causing reception of products of dense structure with the increased physicommechanical characteristics.

The opportunity of all-year-round use of the developed technology with the minimal charge of the electric power is depending on weather conditions that provides decrease in the charge of heat on acceleration of concrete hardening is established here.

