

05.23.08

М754

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ
ЭКЗЕМПЛЯР
На правах рукописи

Молодцов Максим Вилленинович

**ЭЛЕКТРОПРОГРЕВ БЕТОНА, АРМИРОВАННОГО
СТАЛЬНЫМИ ВОЛОКНАМИ**

**Специальность 05.23.08 – "Технология и организация
промышленного и гражданского строительства"**

**Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук**

Омск – 1999

Работа выполнена на кафедре "Технология строительного производства"
Южно-Уральского государственного университета (г. Челябинск, Россия).

Научный руководитель – доктор технических наук,
профессор Головнев С.Г.

Официальные оппоненты : доктор технических наук,
профессор Хрулев В.М.;
кандидат технических наук,
доцент Ивасюк И.М.

Ведущая организация – муниципальное предприятие "Челябметрострой".

Защита диссертации состоится 26 мая 1999 г. на заседании диссертационного совета Д 063.26.01. при СибАДИ по адресу: г. Омск, пр. Мира, 5, зал заседаний.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке СибАДИ.

Автореферат разослан "___" апреля 1999 г.

Отзывы присылать по адресу: 644080, г. Омск, пр. Мира, 5, СибАДИ, учёному секретарю Матвееву С.А.

Учёный секретарь
диссертационного совета
Д 063.26.01. к.т.н.,
профессор



Матвеев С.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

Решить современные проблемы по обеспечению эффективности строительства, сокращению трудозатрат и продолжительности процессов, экономии топливно-энергетических ресурсов, обеспечению безопасности и надёжности зданий и сооружений возможно на основе применения новых видов строительных материалов, передовых технологий, а также совершенствования уже существующих.

Выдерживание бетона, особенно в зимний период, является одним из наиболее продолжительных и энергоёмких процессов в технологии бетонных работ. Сокращение продолжительности бетонных работ возможно за счет уменьшения времени достижения бетоном требуемой прочности путем применения широко известных методов тепловой обработки. Учитывая необходимость сокращения сроков строительства и повышения качества бетона, а также то обстоятельство, что значительная часть бетонных работ в регионах Урала и Сибири производится в зимний период, можно говорить об актуальности исследований, направленных на совершенствование существующих методов зимнего бетонирования. Одним из наиболее эффективных и универсальных из них является электропрогрев.

Расширить возможности и избежать некоторых недостатков метода электропрогрева позволит введение в бетонную смесь стальных волокон (фибр). Получаемый при этом материал – сталефибробетон – обладает повышенной, по сравнению с традиционными бетонами, прочностью на растяжение, трещиностойкостью, морозостойкостью, выносливостью при динамических и ударных нагрузках и, как следствие, долговечностью. Увеличение объемов укладываемого сталефибробетона, расширение производственно - технологической базы для производства данного материала на Урале, отсутствие технологий интенсификации твердения сталефибробетона говорят об актуальности проведения работ, направленных на техническое обоснование и экспериментальное подтверждение возможности электропрогрева бетона, армированного стальными волокнами.

В результате была сформулирована цель диссертационной работы, заключающаяся в разработке технологии производства работ по электропрогреву бетонов, армированных стальными волокнами и повышении на этой основе эффективности и качества строительства при обеспечении заданных физико-механических свойств сталефибробетона.

Достижение поставленной в диссертации цели осуществляется решением следующих основных задач:

- экспериментальное подтверждение возможности электропрогрева сталефибробетона;
- исследование электрофизических характеристик сталефибробетона, характера изменения и зависимость от различных технологических факторов;
- исследование влияния повышенных температур на процессы набора прочности сталефибробетоном;
- исследование зависимости прочностных характеристик сталефибробетона от температуры;
- экспериментальные исследования режимов выдерживания монолитных конструкций, возводимых из сталефибробетона с использованием метода электропрогрева, уточнение расчетных методик определения технологических параметров;
- разработка рекомендаций по назначению технологических параметров электропрогрева бетонов, армированных стальными волокнами;
- внедрение разработанных результатов и предложенных методик, технико-экономическая оценка электропрогрева сталефибробетона.

Научная новизна представлена:

- разработанной технологией электропрогрева бетона, армированного стальными волокнами;
- аналитическими зависимостями влияния технологических параметров на электрофизические характеристики сталефибробетона;
- зависимостями изменения реактивной составляющей мощности при электропрогреве сталефибробетона;
- зависимостями влияния температур на прочностные характеристики сталефибробетона;
- аналитическими выражениями, позволяющими контролировать и прогнозировать процессы остывания конструкций из сталефибробетона;
- алгоритмами и программами, позволяющими рассчитывать технологические параметры электропрогрева сталефибробетона и контролировать физико-механические характеристики сталефибробетона.

Практическая ценность работы:

Доказана целесообразность и возможность осуществления электропрогре-

ва бетона, армированного стальной фиброй, используя существующее оборудование. Полученные данные о технологических свойствах разогретых сталефибробетонных смесей и электрофизических характеристиках сталефибробетонов в процессе их твердения, разработанная методика расчета оборудования и параметров электропрогрева сталефибробетона, способы расчета технологических параметров выдерживания сталефибробетона позволили разработать с научно-обоснованных позиций технологию электропрогрева сталефибробетона, обеспечивающую сокращение сроков строительства, уменьшение энергозатрат, снижение себестоимости работ.

Внедрение результатов:

Материалы исследований и разработанная технология электропрогрева сталефибробетона используются для проведения на предприятии ЗАО "ЗЖБИ-1" г. Челябинска работ по разработке технологии возведения новой серии сборно-монолитных каркасных зданий с монолитными стыками из сталефибробетона. Разработанная методика расчетов технологических параметров была применена для возведения монолитных железобетонных конструкций при строительстве Бизнес-Центра в г. Челябинске.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались на ежегодных научно-технических конференциях в Южно-Уральском государственном университете (Челябинском государственном техническом университете) и на научно-техническом симпозиуме "Применение сталефибробетона в транспортном строительстве", проводимом корпорацией "Трансстрой" в Москве, в 1998г.

Достоверность экспериментальных данных, полученных аналитических выражений и зависимостей, выводов подтверждается достаточным количеством проведённых экспериментов, использованием поверенного оборудования и стандартных методик, адекватным выбором математических моделей, применением современных методов математической обработки результатов исследований, сопоставлением полученных данных на ЭВМ с результатами экспериментов.

Публикации. Основные положения представленной работы изложены в 7 печатных работах.

За оказанную помощь и консультации при выполнении работы автор выражает признательность кандидатам технических наук, доцентам кафедры "Технология строительного производства" Южно-Уральского государственного университета Ковалю Сергею Борисовичу и Евсееву Борису Анатольевичу.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во Введении показана актуальность работы, поставлены цели исследования, а также представлены научная новизна, достоверность и практическая значимость работы.

Первый раздел посвящён анализу технологии изготовления монолитных бетонных конструкций в условиях низких положительных и отрицательных температур наружного воздуха и путей её совершенствования, рассмотрены основные достоинства бетонов, армированных стальными волокнами.

Современная технология зимнего бетонирования и применение фибробетонов основаны на работах: Арбеньева А.С., Ахвердова И.Н., Головнева С.Г., Данилова Н.Н., Евсеева Б.А., Заседателя И.Б., Зубкова В.И., Кирсеенко И.А., Красновского Б.М., Крылова Б.А., Курбатова Л.Г., Лобанова И.А., Лукьянова В.С., Миронова С.А., Рабиновича Ф.Н., Скрамтаева Б.Г., Талыгиной К.В. и др., однако многие материаловедческие и технологические аспекты требуют дальнейшего осмысления.

На основе анализа литературных источников и проведённых исследований была разработана структура выбора и контроля технологических параметров электропрогрева (рис. 1).

Для разработки технологии электропрогрева конструкций из сталефибробетона необходимо исследовать взаимосвязи этих технологических параметров, а также определить математические выражения для их расчета, экспериментально подтвердить теоретические предпосылки.

Во втором разделе изучалось влияние исходных технологических параметров на основную электрофизическую характеристику сталефибробетона, необходимую для расчета электропрогрева - удельное электросопротивление сталефибробетона.

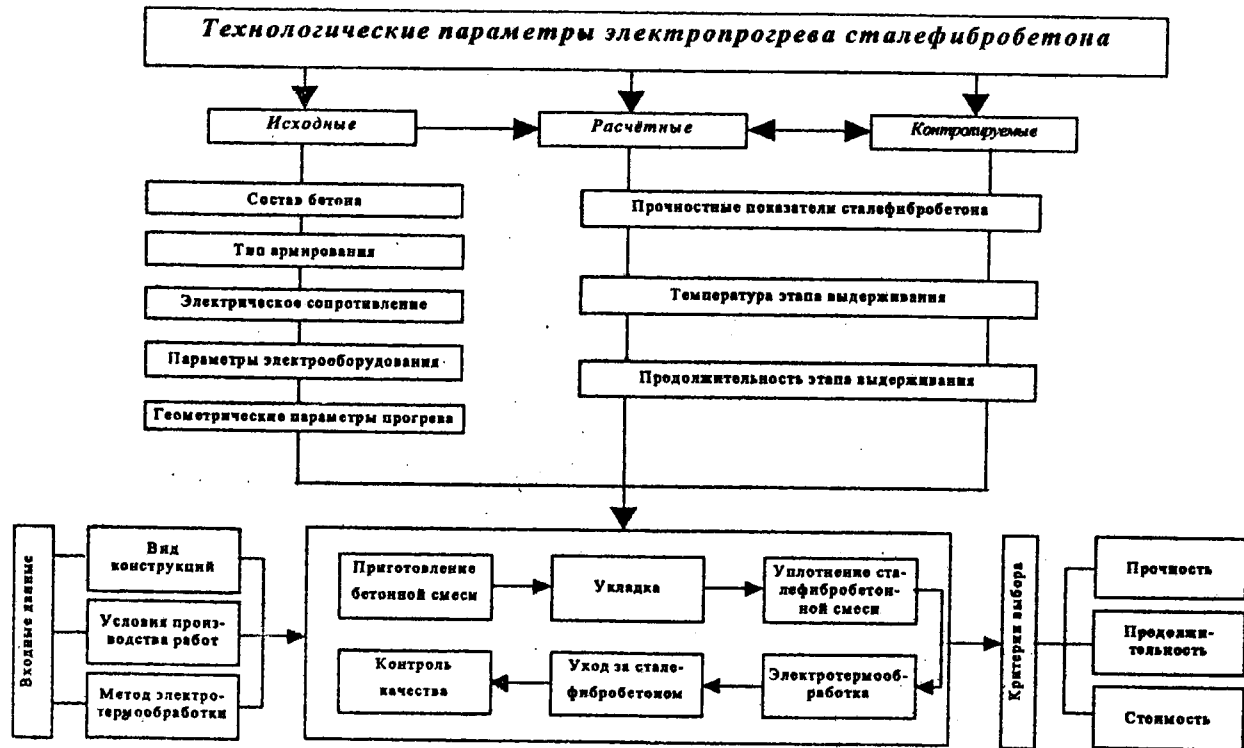


Рис. 1. Структура выбора и контроля технологических параметров при электропрогреве сталефибробетона

В экспериментах использовались портландцементы М400, крупным заполнителем служил щебень фракции 5-10 мм и 5-20 мм, мелким – кварцевый песок с модулем крупности $M_{\text{кр}}-2,5$. Стальные волокна (ТУ-67-987-88) были изготовлены из стальной ленты по технологии, разработанной на кафедре технологии строительного производства Южно-Уральского государственного университета.

Наличие стальных волокон значительно изменяет величину и характер изменения удельного электросопротивления (рис. 2).

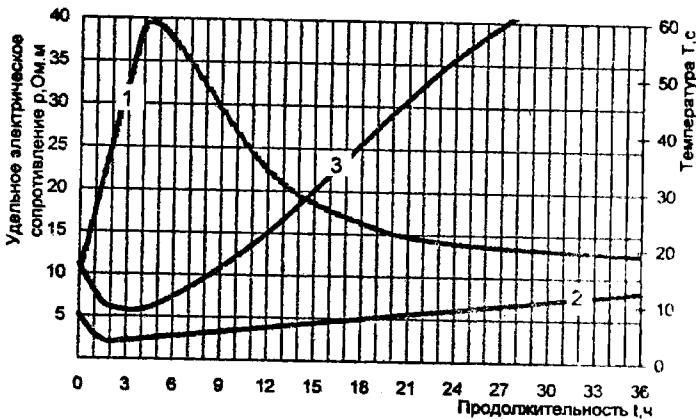


Рис. 2. Кривые изменения удельного электросопротивления: 1 – температура выдерживания образцов; 2 – сталефибробетон (1% армирования); 3 – бетон неармированный фиброй

Результаты исследований показывают, что электропрогрев бетона, армированного стальными волокнами, можно выполнять с помощью существующего стандартного прогревного электрооборудования и приемов, используемых в строительной практике. При этом нами были проведены эксперименты в широком диапазоне процентов армирования смеси по объему (0,25...3%), результаты которых доказывают, что эффект "короткого замыкания" при электропрогреве сталефибробетона не наблюдается.

Величины начального и минимального электросопротивления сталефибробетона в 2...3 раза меньше, время достижения минимального значения идентично. Характер изменения электрического сопротивления сталефибробетона

отличается более равномерным протеканием и значительно меньшим темпом увеличения удельного электросопротивления со временем (рис. 2).

Экспериментально установлено, что крупность щебня не влияет на величину электрического сопротивления, увеличение водоцементного отношения с 0,5 до 0,6 уменьшает величину расчетного удельного электросопротивления в среднем на 30%, увеличение модуля поверхности фибры увеличивает электросопротивление в среднем также на 30%.

Технологическим параметром, резко уменьшающим величину удельного электросопротивления сталефибробетона, по сравнению с бетонами, неармированными фиброй, является процент армирования смеси. Так, введение 0,5% фибры уменьшает удельное электросопротивление смеси в 2 раза, 1% – в 2,5 раза; 1,5% – в 3 раза.

Анализ данных исследований позволил получить на ЭВМ аналитические выражения. Для удобства их использования построена номограмма по определению величины расчетного удельного электросопротивления сталефибробетона в зависимости от технологических параметров в процессе электропрогрева (рис. 3).

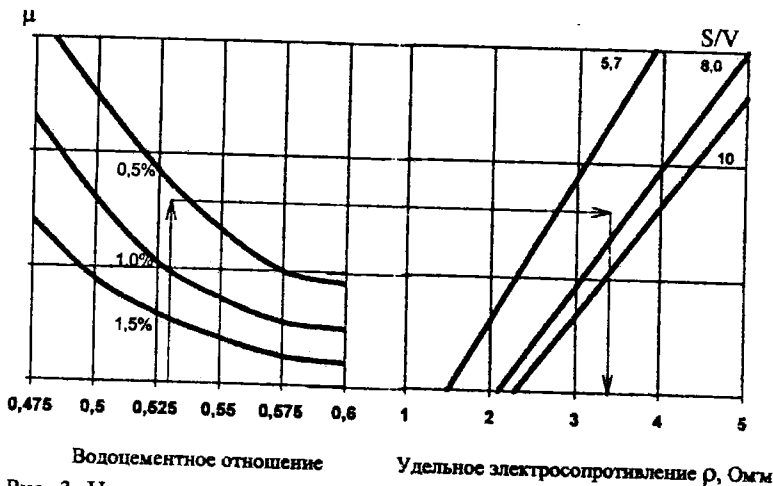


Рис. 3. Номограмма для определения расчетного удельного электросопротивления сталефибробетона

Были проведены исследования по влиянию температур на электросопротивление сталефибробетона, по результатам которых определены математические выражения, описывающие изменение удельного электрического сопротивления сталефибробетона в зависимости от температуры и времени:

$$\rho_{0-8} = At^4 + Bt^3 + Ct^2 + Dt + E; \quad \rho_{8-\infty} = F \tau^G$$

где ρ_{0-8} – удельное электросопротивление от начала до 8 часов прогрева;

$\rho_{8-\infty}$ – удельное электросопротивление после 8 часов прогрева;

$$A = 0,000001 t^3 - 0,0001 t^2 + 0,0062 t - 0,0748;$$

$$B = -0,000006 t^3 + 0,0009 t^2 - 0,0476 t + 0,6422;$$

$$C = 0,00004 t^3 - 0,006 t^2 + 0,3024 t - 3,9488;$$

$$D = -0,00008 t^3 + 0,0137 t^2 - 0,6843 t + 8,4749;$$

$$E = 0,000003 t^3 - 0,0005 t^2 + 0,255 t + 4,4707;$$

$$F = 0,0009 t^2 - 0,0469 t + 2,1199;$$

$$G = -0,000002 t^3 + 0,0001 t^2 - 0,0029 t + 0,5615.$$

Темп роста величины электросопротивления сталефибробетона, в сравнении с традиционными бетонами, меньше в 6...10 раз, что позволяет осуществлять прогрев практически в любой период набора прочности. Результаты исследований свидетельствуют о наличии тенденции к стабилизации электросопротивления, однако по истечении 90 дней проведения эксперимента электросопротивление продолжало незначительно увеличиваться, что указывает на необходимость проведения дальнейших, более продолжительных исследований в этой области.

В процессе экспериментов было отмечено, что ферромагнитные свойства фибры могут увеличивать реактивную составляющую мощности при электропрогреве сталефибробетона. На основе экспериментальных исследований определены зависимости угла сдвига фаз от состава смеси и продолжительности твердения. Установлено, что применяемые на практике проценты армирования смеси являются оптимальными с точки зрения минимизации реактивной составляющей мощности при электропрогреве сталефибробетона и позволяют повысить коэффициент полезного действия установок прогрева сталефибробетонных конструкций, зависящих от угла сдвига фаз (рис. 4).

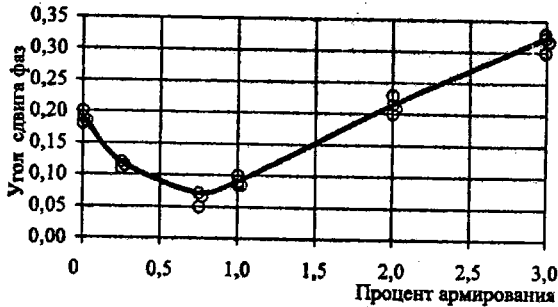


Рис. 4. Зависимость угла сдвига от процента армирования бетона

В третьем разделе изучался один из основных расчетно-контролируемых технологических параметров при производстве бетонных работ в зимний период — прочность бетона. Были проведены исследования влияния различных технологических факторов на темпы набора и конечную прочность сталефибробетона нормального хранения, а также влияние температуры на кинетику твердения и величину конечной прочности сталефибробетона.

В результате проведенных исследований установлено, что физико-механические характеристики сталефибробетона прямо пропорционально возрастают с увеличением процента содержания волокон в бетоне, их значения уменьшаются с увеличением водоцементного отношения смеси и находятся в прямой зависимости от модуля поверхности фибры. При введении 1% фибры по объему наблюдается увеличение прочности на сжатие на 13,5%, что составляет 3,4 МПа; прочности на растяжение при изгибе на 60%, что составляет 2,0 МПа. Изменение прочности сталефибробетона на растяжение при раскалывании имеет несколько иной характер: так, при введении 1% фибры по объему происходит увеличение прочности на 24,7%, при увеличении же процента армирования фибры по объему до 1,5% происходит дополнительный прирост прочности на 41,3% по сравнению с прочностью сталефибробетона, армированного 1% фибры по объему.

Результаты исследований кинетики твердения сталефибробетона показали, что с увеличением процента армирования смеси темпы набора прочности увеличиваются, максимальный разброс значений прочности в зависимости от процента армирования смеси и периода набора прочности составляет порядка 13%. С

увеличением температуры выдерживания сталефибробетона влияние наличия стальной фибры ослабляется, при температуре 80°C разброс значений прочности сокращается, но тенденция к увеличению темпов набора прочности с увеличением процента армирования смеси при повышении температуры сохраняется.

Увеличение температуры выдерживания сталефибробетона до 40°C позволяет сократить время набора марочной прочности до 70%. Однако при тепловой обработке физико-химические процессы структурообразования, несомненно играющие ведущую роль в создании прочного искусственного камня сопровождаются еще чисто физическими явлениями, оказывающими иногда более значительное влияние на прочность бетона.

Температурные расширения составляющих в бетоне при его тепловой обработке, возникновение и развитие остаточных деформаций, перераспределение влаги и неравномерное ее накопление, а также возникающие температурные градиенты – все это создает в нем сложное напряженное состояние и наносит существенный ущерб формирующейся структуре материала, нарушая ее плотность. Дефекты структуры и пониженная плотность являются основными причинами недобора прочности бетона в возрасте 28 суток и ухудшения других физико-механических свойств бетонов, подвергавшихся термообработке, по сравнению с бетонами нормального твердения.

Результаты экспериментов по определению влияния электропрогрева на конечную прочность выявили, что у сталефибробетона, подвергнутого тепловой обработке, наблюдается потеря прочности в возрасте 28 суток (рис. 5). Однако недобор прочностных показателей сталефибробетоном на сжатие в 2-2,5 раза меньше, на растяжение в среднем в 1,5 раза меньше, чем для бетонов, неармированных фиброй, что можно объяснить перераспределением температурных напряжений за счет наличия фибры.

Изменения модуля поверхности фибры и водоцементного отношения смеси влияют на величину относительного сброса прочности сталефибробетона, подвергнутого электротермообработке, который при испытаниях на сжатие составил 13...17%, при испытаниях на растяжение 19...24%, увеличиваясь при повышении водоцементного отношения и модуля поверхности фибры.

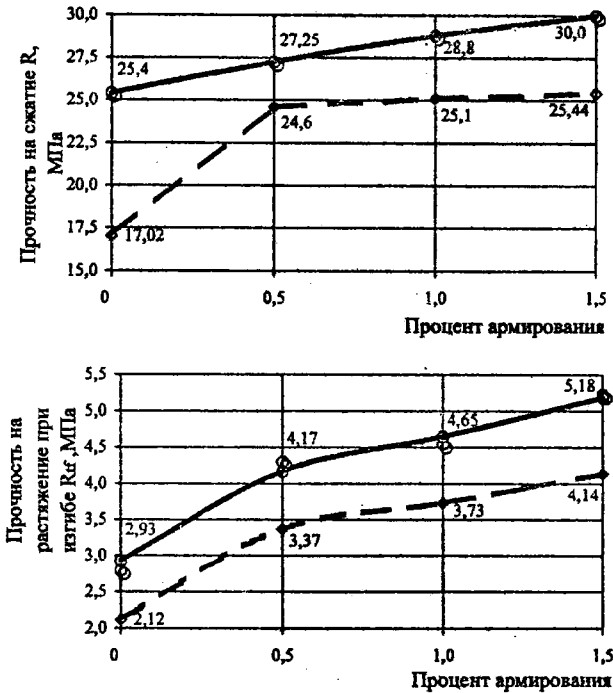


Рис. 5. Зависимость прочности бетона от процента армирования:

- - образцы нормального хранения;
- - образцы после электропрогрева

Большинство процессов, связанных с возникновением в бетоне разрушающих температурных напряжений, приводящих к потере прочности, наиболее интенсивно протекают при температуре выше 60°C , а невысокие положительные температуры благоприятно сказываются на процессах роста прочности. Это положение подтверждается повышенными на 13% значениями прочностей сталефибробетона, выдержанного при температурах $35\dots 45^\circ\text{C}$, по сравнению с бетоном нормального хранения (рис. 6). Характер изменения удельного электрического сопротивления сталефибробетона позволяет выполнять прогрев по мягким режимам.

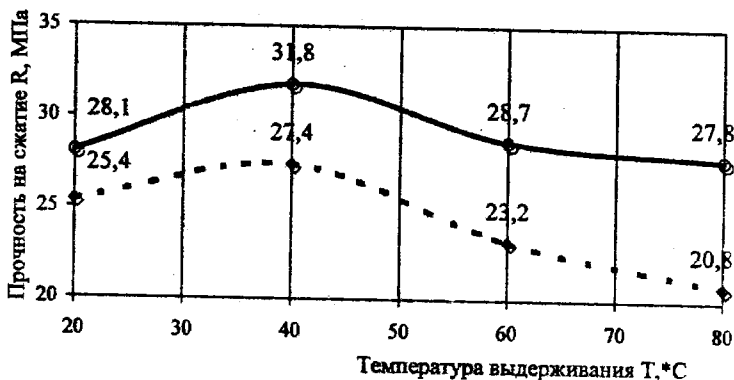


Рис. 6. Влияние температур на прочность сталефибробетона:

—●— сталефибробетон; - - - неармированный фибробетон

Полученные результаты проведенных исследований дали возможность представить формулу с уточненными коэффициентами для расчета прочностных характеристик сталефибробетона на этапе проектирования:

$$R = R_{28} - Ae^{-B[(0,6 + 0,02t)^n - C]} \cdot \tau$$

$$B = 7,3 / (100 - R_3 K_{\mu}), \quad A = 292 \sqrt{R_3} K_{\mu}, \quad (1)$$

$$n = 1,4 + 50 / R_3 K_{\mu}, \quad C = 0,054 + 1,33 / (100 - R_3 K_{\mu}).$$

- где R – относительная прочность бетона, % от R_{28} ;
 R_{28} – относительная прочность бетона нормального хранения в возрасте 28 сут., то есть 100%;
 R_3 – относительная прочность бетона в возрасте 3 сут., % от R_{28} ;
 A – коэффициент начальной прочности бетона;
 B – коэффициент темпа твердения;
 C – коэффициент, учитывающий уменьшение скорости твердения при отрицательных температурах;
 n – показатель степени;
 K_{μ} – коэффициент влияния процента армирования смеси;
 t – средняя температура за период выдерживания;
 τ – продолжительность периода выдерживания.

Четвёртый раздел посвящён разработке методики определения параметров выдерживания конструкций из бетонов, армированных стальной фиброй. Были рассмотрены закономерности формирования температурных полей в сталефибробетонных конструкциях на всех этапах выдерживания, разработаны методики контроля и прогнозирования технологических параметров выдерживания конструкций из сталефибробетона.

В результате проведённых исследований установлено, что наличие стальной фибры приводит к более интенсивным изменениям в процессах перераспределения температур, характеризуется меньшими градиентами температур по сечению, что свидетельствует о равномерном распределении температур по сечениям сталефибробетонных конструкций во время прогрева.

Сокращается продолжительность нагрева определенного объема сталефибробетона, по сравнению с бетоном, неармированным фиброй, при прочих равных условиях. Так, для нагрева кубической конструкции из обычного бетона до 80°C потребовалось 5 часов при напряжении 100В, а для аналогичной конструкции выполненной из сталефибробетона – 2,5 часа при напряжении 75В.

Основную сложность в расчетах технологических параметров выдерживания монолитных конструкций представляют расчеты наиболее продолжительного этапа, каким является остывание конструкции. Проведенные исследования остывания конструкций из сталефибробетона позволили рассчитать температурный коэффициент соотношения регулярной и иррегулярной стадий остывания K_t , определить коэффициент влияния процента армирования K_μ . С учетом этого была уточнена формула расчета времени остывания центральной точки конструкции:

$$\tau_{ост}^u = \left(1 + \frac{1}{11,09 \cdot Vi^{-0.6}}\right) \cdot \frac{\gamma_{сfb} \cdot C_{сfb} \cdot \left(1 + K_\lambda \cdot K_\mu \cdot \frac{\alpha_{прис}}{\lambda_{сfb} \cdot M_n}\right)}{\alpha_{прис} \cdot M_n \cdot 3,6} \cdot \ln \frac{t_{б,н} - t_{н,с}}{-t_{н,с}}, \quad (2)$$

где:

$\tau_{ост}^u$ – время остывания центральной точки;

$\alpha_{прис}$ – коэффициент теплопередачи опалубки;

M_n – модуль поверхности конструкции;

$\gamma_{сfb}, \lambda_{сfb}, C_{сfb}$ – соответственно удельный вес, теплопроводность и теплоемкость сталефибробетона;

$t_{с,н}$ – начальная температура бетона;

- $t_{н.в}$ – температура наружного воздуха;
 K_λ – коэффициент формы, равный 1.14;
 K_μ – коэффициент влияния стальной фибры.

Для получения аналитического выражения, описывающего процесс остывания произвольной точки конструкции из сталефибробетона, были определены соотношения бетона в произвольных точках с координатой X_z и временем остывания в центральной точке. Была определена формула для расчета безразмерной координаты точек конструкции при расчете времени остывания сталефибробетона. Получены выражения и формулы, позволяющие определять расчетным путем время остывания произвольной точки конструкции из сталефибробетона.

$$\tau_{ост}^x = \tau_{ост}^y \cdot e^{-0,21 \frac{\alpha_{прив}}{\lambda \cdot M_n} \cdot x_z}, \quad (3)$$

Экспериментально проверена методика для прогнозирования физико-механических характеристик сталефибробетона по окончании электропрогрева. Сравнение прочности сталефибробетона, вычисленной по формуле с экспериментальными данными свидетельствует о довольно хорошей сходимости результатов (разброс значений не превышает 8%).

В пятом разделе, используя полученные в разделах 2,3,4 зависимости изменения удельного электросопротивления и реактивной составляющей мощности, расчетные формулы для определения прочностных показателей и методику расчета технологических параметров выдерживания, была разработана технология электропрогрева монолитных конструкций из сталефибробетона. Были определены методики назначения технологических параметров электропрогрева и разработаны алгоритм и программа, позволяющие выполнять контроль и прогнозирования технологических свойств сталефибробетона при электропрогреве с учетом равномерности прогрева и требуемой прочности (рис. 7).

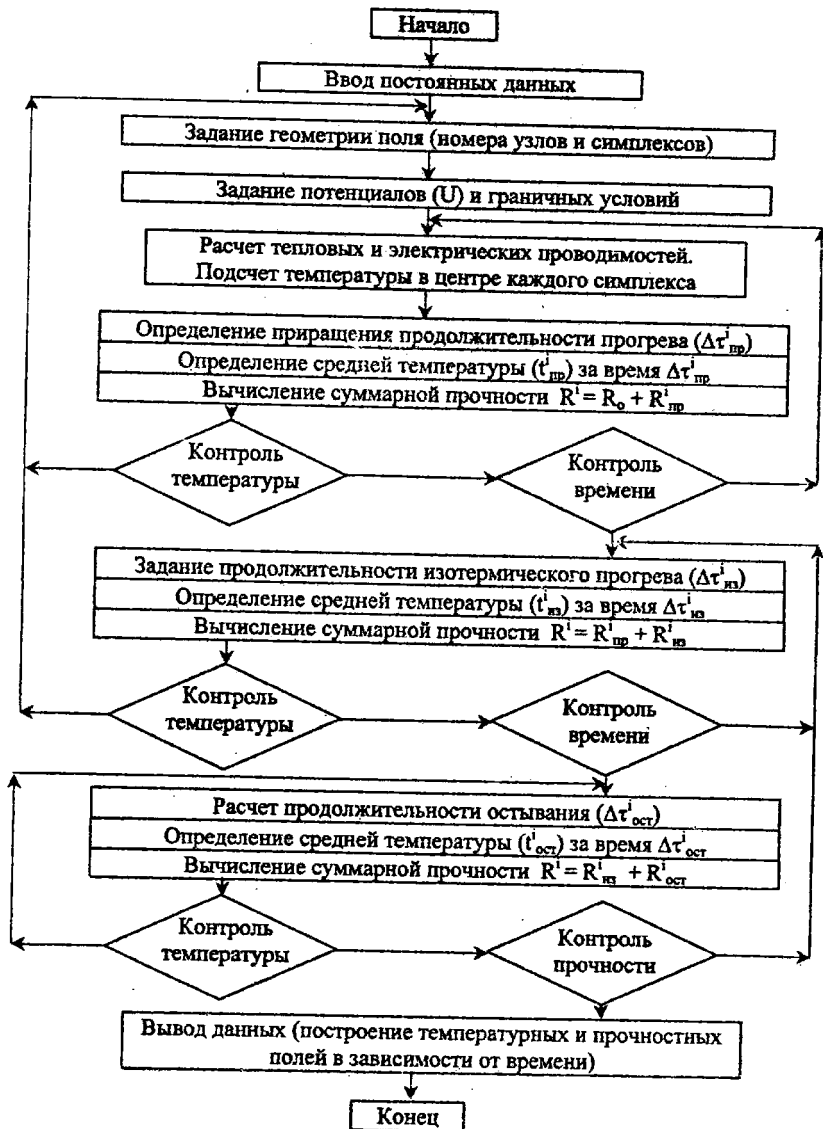


Рис. 7. Блок-схема расчета технологических параметров электропрогрева

Теоретические положения диссертационной работы и предложенные расчетные формулы были экспериментально проверены при лабораторных испытаниях, при производстве работ нулевого цикла здания Бизнес-Центра и разработке технологии возведения новой серии сборно-монолитных каркасных зданий. Сравнение теоретических и экспериментальных результатов показало, что расхождение значений не превышает 9%. Опытно-промышленное внедрение доказало, что для электропрогрева сталефибробетона может быть использовано традиционное прогревное оборудование, а эффективность метода достигается сокращением продолжительности технологических процессов выдерживания сталефибробетона, увеличением оборачиваемости опалубки, сокращением расхода электродной стали (до 46%) и электроэнергии на прогрев.

Основные выводы

1. Электропрогрев бетона, армированного стальными волокнами, позволяет ускорить процессы его твердения, сократить продолжительность выдерживания, уменьшить расход электродной стали и электроэнергии, увеличить оборачиваемость опалубки, снизить дополнительные затраты.
2. При выборе технологических параметров необходимо учитывать следующие особенности электрофизических характеристик сталефибробетона:
 - величина расчетного удельного электросопротивления сталефибробетона находится в пределах 2...4 Ом·м;
 - эффект короткого замыкания при электропрогреве сталефибробетона в интервале 0,25...3,0 процента армирования не наблюдается;
 - оптимальным процентом армирования смеси с учетом минимизации реактивной составляющей мощности при электропрогреве является 0,5...1 % фибры по объему;
 - характер изменения удельного электрического сопротивления позволяет, по сравнению с бетонами, неармированными фиброй, осуществлять прогрев в любой период набора прочности.

3. На основе экспериментальных исследований установлены физико-механические свойства сталефибробетона при электропрогреве, по сравнению с традиционными бетонами:

- потеря прочности сталефибробетоном после электропрогрева может составлять 10...20 %, а для неармированного фиброй бетона до 33%;
- с повышением процента армирования недобор прочности сталефибробетоном после электропрогрева увеличивается;
- повышение процента армирования и температуры практически не влияет на кинетику твердения сталефибробетона;
- применительно к дисперсно армированным бетонам следует применять мягкие режимы тепловой обработки (при температуре 35...45°C наблюдается прирост прочности до 13%).

4. Наличие распределенных по объему бетона стальных волокон приводит к равномерному распределению температур по сечениям конструкций на всех этапах выдерживания, что уменьшает неравномерность прогрева и увеличивает качество бетона.

5. Характер остывания монолитных сталефибробетонных конструкций учитывается коэффициентами: соотношения регулярной и иррегулярной стадий остывания K_t , влияния процента армирования K_{σ} , безразмерной координаты перераспределения температур по сечениям X_{σ} , которые уточняют методику расчета технологических параметров.

6. Практический опыт применения разработанной технологии электропрогрева бетонов, армированных стальными волокнами, методик, алгоритмов и программ расчета технологических параметров электропрогрева подтвердил справедливость разработанных рекомендаций, обеспечивая экономию электроэнергии в 30...50% и сокращение расхода электродной стали до 46%.

Основные положения диссертационной работы представлены в следующих опубликованных работах:

1. Исследование и развитие строительных материалов и технологий для реабилитации строительных конструкций и объектов: Отчет о НИР / Южно-Ур. гос. ун-т, Челябинск; С.Г. Головнев, А.И. Стуков, А.Х. Байбурин, М.В. Молодцов, и др. № ГР 01.980002429; Инв. №02.980002169, 1998.
2. К вопросу о жёсткости сталефибробетонных смесей / С.Г. Головнев, Б.А. Евсеев, С.Б. Коваль, Д.П. Зябликов, М.В. Молодцов, и др.; Южно-Ур. гос. ун-т, Челябинск, 1998. – 4 с.: библиогр. – 6 назв. / Деп. в ВИНТИ 25.08.98 № 2648 – В 98.
3. Особенности остывания монолитных сталефибробетонных конструкций /С.Г. Головнев, С.Б. Коваль, М.В. Молодцов, Южно-Ур. гос. ун-т, Челябинск, 1998. – 8 с.: ил. 5, библиогр. – 3 назв. / Деп. в ВИНТИ 17.06.98 № 1826 – В 98.
4. Особенности электротермообработки монолитных конструкций из сталефибробетона / С.Г. Головнев, Б.А. Евсеев, С.Б. Коваль, М.В. Молодцов и др.; Южно-Ур. гос. ун-т, 1998. – 8 с.: ил. 3, библиогр. – 3 назв. – Рус / Деп. в ВИНТИ 15.04.98 № 1151 – В 98.
5. Разработка составов фибронабрызгбетона для крепления обводнённых и нарушенных участков скальных грунтов "Мокрым" и "Сухим" способами бетонирования для Челябинского метрополитена: Отчет о НИР / Южно-Ур. гос. ун-т, Челябинск; Б.А. Евсеев, С.Б. Коваль, М.В. Молодцов, Д.П. Зябликов и др. № ГР 01.9.80 003280; Инв. № 029.80 002731, 1998.
6. Рекомендации по технологии приготовления сталефибробетонных смесей для устройства временной крепи из торкрет бетона, перегонных тоннелей Челябинского метро / Б.А. Евсеев, С.Б. Коваль, М.В. Молодцов, и др.; Южно-Ур. гос. ун-т, 1998. – 8 с.: библиогр. – 8 назв. / Деп. в ВИНТИ 20.04.98 № 1185 – В 98.
7. Тепловая обработка свежеложенного сталефибробетона при отрицательных температурах / С.Г. Головнев, Б.А. Евсеев, С.Б. Коваль, М.В. Молодцов и др. // Применение сталефибробетона в транспортном строительстве" М.- корпорация "Трансстрой", 1998. – с. 26.

Молодцов Максим Вилленинович
ЭЛЕКТРОПРОГРЕВ БЕТОНА, АРМИРОВАННОГО
СТАЛЬНЫМИ ВОЛОКНАМИ

Специальность 05.23.08 – "Технология и организация
промышленного и гражданского строительства"
Автореферат диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Издательство Южно-Уральского государственного
университета

ЛР N 020364 от 10.04.99. Подписано в печать 14.04.99. Формат
60.84 1/16. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,16. Уч.-изд. л. 1.
Тираж 80 экз. Заказ 95/156.

УОП Издательства. 454080, г. Челябинск, пр. им. В. И. Ленина, 76.