

Науки, которые не родились
из эксперимента, этой основы
всех познаний, бесполезны
и полны заблуждений

Леонардо Да Винчи

MINISTRY OF EDUCATION OF RUSSIAN FEDERATION

RUSSIAN ACADEMY OF ARCHITECTURE AND
ENGINEERING SCIENCES

PETROVSKAYA ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS

VLADIMIR STATE UNIVERSITY

THEORY AND PRACTICE OF SYNERGIC CONCRETING

Essays of the International
scientific conference

(29 – 31 May 2002)

VLADIMIR 2003

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ АРХИТЕКТУРЫ
И СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК

ПЕТРОВСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК И ИСКУССТВ

ВЛАДИМИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ОБОБЩЕНИЕ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ СИНЭРГОБЕТОНИРОВАНИЯ

К 40-летию электроразогрева смеси

Тезисы докладов Международной
научно-технической конференции
(29 – 31 мая 2002 г.)

ВЛАДИМИР 2003

О 21

УДК 69.059 + 666.9

Обобщение теории и практики синэргобетонирования: Тез.докл. Междунар. науч.-техн. конф. /Под ред. А.С. Арбеньева; Владим.гос.ун-т. Владимир, 2003. 69 с.

ISBN 5-89368-367-6

Тезисы Международной конференции посвящены синэргобетонированию, являющемуся дальнейшим развитием бетонирования с электроразогревом смеси. Синэргобетонирование изделий и конструкций дает возможность в 2 – 3 раза повысить прочность бетона, многократно сократить энерго- и трудозатраты, расход металла, цемента и снизить себестоимость бетона на 40%.

В докладах раскрывается сущность новой технологии и применение положений синэргетики для бетона. Анализируются устройства по синэргообработке смеси. Освещаются технология и влияние энергвоздействий на свойства бетона, а также практика бетонирования и рекомендации настоящей конференции.

В приложениях приводятся решение конференции и перечень журнальных статей, где рассматривалась и обсуждалась технология с электроразогревом смеси.

В работе приняли участие представители более 30 организаций из 4-х стран.

На обложке – практика синэргобетонирования с электроразогревом (1 – 2 стр.) и пароразогревом (3 – 4 стр.) бетонной смеси.

Табл. 8.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Владимирского государственного университета.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А.С. Арбенев, д-р техн. наук, проф. (Владимир) – ответственный редактор;
Б.Г. Ким, д-р техн. наук, проф. (Владимир); *Б.А. Крылов*, д-р техн. наук, проф. (Москва); *И.Б. Кузьмин*, инженер (Владимир) – ответственный секретарь.

ISBN 5-89368-367-6

© Владимирский государственный университет, 2003
© ГП «Владстройинфо», 2003

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1. ТЕОРИЯ СИНЭРГОБЕТОНИРОВАНИЯ

Синэргобетонирование – Технология XXI века (<i>Б.А. Крылов</i>)	8
Синэргобетонирование – прорыв в технологию бетона (<i>А.С. Арбенев</i>)	9
Обобщенная теория отвердевания вяжущих веществ и синэргетические процессы (<i>И.А. Рыбьев</i>)	12
Теоретические основы синэргобетонирования пароразогретыми в автобетоносмесителях смесями (<i>И.Б. Кузьмин</i>)	14

Раздел 2. УСТРОЙСТВА ДЛЯ СИНЭРГООБРАБОТКИ БЕТОННОЙ СМЕСИ

Обзор развития электроразогревательных устройств – ЭРУ (<i>А.С. Арбенев</i>)	19
Конструктивные особенности промышленного образца синэргоактиватора (<i>В.М. Мельников, А.С. Арбенев</i>)	20
Расчет синэргоактиватора (<i>Е.Н. Вашина, Н.Н. Кашина, А.С. Арбенев</i>)	21
Управление потребляемой мощностью для повышение КПД электроразогревающих устройств (<i>М.М. Титов</i>)	23
Методика электротехнического расчета циклических устройств для электроразогрева бетонной смеси (<i>М.М. Титов</i>)	26

Раздел 3. ТЕХНОЛОГИЯ СИНЭРГОБЕТОНИРОВАНИЯ

Влияние производственных факторов на конструктивно-технологические решения устройств для разогрева бетонной смеси (<i>Л.М. Колчеданцев</i>)	31
Технология стеновых блоков в динамической системе (<i>Н.Г. Пишонкин</i>)	33
Использование предварительного разогрева в технологии пенобетона (<i>И.Г. Осипенкова</i>)	34
Отработка технологии синэргобетонирования (<i>С.М. Докула</i>)	36

Раздел 4. СВОЙСТВА СИНЭРГОБЕТОНА

Определение прочности бетона по активности и расходу цемента (<i>Т.Д. Шмелева, А.С. Арбенев</i>)	38
Экзотермия цемента при комбинированной тепловой обработке тонкостенных монолитных конструкций (<i>Ю.Э. Минкин</i>)	40
Исследование деформативных свойств бесцементного золошлакобетона (<i>С.И. Павленко, Н.В. Захарова</i>)	42
Механохимическая активация как один из этапов создания бесцементного композиционного вяжущего (<i>С. И. Павленко, А. В. Аксенов</i>)	44
Корреляционный анализ в исследовании свойств бетонных смесей (<i>С.В. Плешивцев, А.С. Арбенев</i>)	46

Раздел 5. ПРАКТИКА СИНЭРГОБЕТОНИРОВАНИЯ

Практика синэргобетонирования пароразогретыми в автобетоносмесителях смесями (<i>И.Б. Кузьмин</i>).....	50
Трехстадийная обработка бетонной смеси, подвергаемой предварительному электроразогреву (<i>Н.А. Зубов</i>)	52
Электроразогрев – как пример ускорения технологических процессов и концентрации используемых энергий, обеспечивающих повышение эффективности в строительстве (<i>В.П. Лысов</i>)	54
Студенты ВлГУ в освоении новых технологий (<i>Б.Г. Ким, А.С. Арбеьев</i>).....	57

Раздел 6. ЭКОНОМИКА СИНЭРГОБЕТОНИРОВАНИЯ

Экономические аспекты синэргетики ресурсосберегающих технологий (<i>Б.И. Кузьмин</i>)	59
Малый бизнес и прогрессивные технологии в строительстве (<i>Т.К. Снегирева</i>)	61
Инновационные процессы в строительстве и рынок (<i>Т.П. Кокишарова</i>)	62

Приложения	64
Приложение 1. Решение III Международной научно-технической конференции "Обобщение теории и практики синэргобетонирования"	65
Приложение 2. Перечень журнальных статей по синэргобетонированию	67
Алфавитный указатель	68

Раздел 1**ТЕОРИЯ****СИНЭРГОБЕТОНИРОВАНИЯ**

Б.А. КРЫЛОВ
Россия, Москва, НИИЖБ

СИНЭРГОБЕТОНИРОВАНИЕ – ТЕХНОЛОГИЯ XXI ВЕКА

5.01.62 г. исполняется 40 лет со дня первого практического применения электроразогретых смесей. Аспирантом НИИЖБ А.С. Арбеневым при бетонировании шестиметровых балок в Кузбассе на тридцатиградусном морозе получена 70 % прочность, а к лету – 175 %.

Сущность этой технологии заключается в разогреве бетонной смеси до укладки непосредственно от сети 220/380 В с последующим термосным остыванием бетона, которая затем превратилась в синэргобетонирование.

К этой дате по плану РААСН намечено проведение III Международной конференции по обобщению теории и практики синэргобетонирования.

За 40 лет применения электроразогрева смеси разработано более 300 устройств, на которые получено 250 авторских свидетельств и патентов, в т.ч. 10 иностранных.

Благодаря простоте и эффективности электроразогрев смеси получил всеобщее признание: включен в СНиП и по стране ежегодно укладывалось 6 миллионов м³ бетона.

Французские специалисты, ознакомившись у нас с электроразогревом смеси организовали серийный выпуск электроразогревательных установок и получили за три часа обработки прочность бетона в 50 МПа.

В 80-х годах нашим соотечественником лауреатом Нобелевской премии И.Р. Пригожиным было доказано следующее. В диссипативных системах (к которым принадлежит и бетонная смесь) при потоковом, непрерывном, интенсивном и комплексном внесении энергии в условиях благоприятного энергообмена может наступить самоорганизация.

Это дало второе дыхание электроразогреву смеси. Благодаря форсированному комплексному непрерывному внесению высокой концентрацией управляемой электроэнергии с электромагнитным полем в вибрдвижущую бетонную смесь, прочность бетона удваивается с получением высоких физико-механических свойств.

Для непрерывного комплексного и концентрированного внесения энергии разработаны много устройств: шнековиброэлектрореакторы и синэргогенераторы (ВлГУ), установки по тепловиброобработке бетонной смеси (СПбГАСУ), разогревательные машины (НИИЖБ), электрообработка в динамических системах (СибГИУ), энергообработка смеси на транспортерах (УкрНИИСП), а также пароразогрев смеси в миксерах (ВПИ) и другие.

Используя эти устройства большое количество синэргобетона уложено в г.г. Москве, Санкт-Петербурге, Владимире, Луганске, Новокузнецке, Барнауле и других городах.

Задача настоящей конференции обобщить практику синэргобетонирования и опыт эксплуатации электроразогревательных устройств и разработать по синэргобетонированию руководство для широкого применения на заводах и стройках России.

А.С. АРБЕНЬЕВ
Россия, Владимир, ВлГУ

СИНЭРГОБЕТОНИРОВАНИЕ – ПРОРЫВ В ТЕХНОЛОГИЮ БЕТОНА

Во Владгосуниверситете разработана четвертая технология с электроразогревом смеси – синэргобетонирование. Основа ее – положения синэргетики, законы фундаментальных наук и древнегреческая триада: прежде чем соединять надо предельно разрушить исходные материалы. Для разрушения использовалась электроэнергия, преимущество которой убедительно доказал академик Б.А. Крылов.

Нами установлено четыре принципа синэргобетонирования:

- необходимость своевременного внесения энергии – СВЭ;
- эффективность электромагнитной обработки – ЭМО;
- преимущество виброгорячего формования – ВГФ;
- рациональность постепенного теплоотвода – ПТО.

Необходимость своевременного внесения энергии

Еще в 1867 г. К. Гульдбергом и П. Вааге открыт закон действующих масс, по которому энергию следует вносить в момент наибольшей концентрации реагирующих веществ, то есть к началу схватывания цемента, задолго до структурообразования. Наибольшая диссоциация по В. Оствальду наблюдается в подвижных смесях, вследствие чего утрачивается прочность бетона в рабочем состоянии (после 20 лет). Недаром в довоенных технических условиях требовалась поливка бетона в течение 7 – 14 дней, а за границей давно применяют подвижные смеси. Прочность бетона R_6 на подвижных смесях (когда песок не отнимает от цемента воду) зависит в основном от активности R_u и расхода цемента C равна:

$$R_6 = \kappa \sqrt{2 R_u \cdot C}, \text{ кг/см}^2, \quad (1)$$

где κ в зависимости от вида заполнителей колеблется от 0,5 до 0,7. Следует отметить, что при отсутствии испарения из-за снижения вязкости и образования этtringита подвижность смеси увеличивается вдвое.

Для повышения степени диссоциации, а следовательно и прочности, рекомендуется низкотемпературное затворение, виброактивация и пр. отдающие

начало схватывания. Прочность бетона возрастает с внесением энергии к началу схватывания.

Эффективность электромагнитной обработки

Природа материи электрическая. В 1831 г. М. Фарадей открыл закон электромагнитной индукции. Он установил, что в сути электрофизических явлений лежат не только заряды и частицы, а скорее пространство между зарядами и частицами, назвав это электромагнитным полем. В бетоне поля практически нет, но в подвижной смеси, особенно к началу схватывания, нагретой и виброподвижной (при наличии конденсатора и соленоида) энергия поля может достигать значения джоулевого тепла. Прирост прочности ΔR_9 электрообработанного бетона зависит от диэлектрической проницаемости ϵ и напряженности поля H ,

$$\Delta R_9 = \kappa \epsilon H^2, \text{ МПа}, \quad (2)$$

где κ – около 0,3. О благоприятном влиянии электромагнитного поля свидетельствует 4 – 8 – кратное повышение электропроводности и диэлектрической проницаемости. Это объясняется вырыванием электронов из цемента под влиянием напряженности поля, образованием радикалов и превращением диэлектриков в полупроводники. С уменьшением объема разогреваемой смеси удельная электрическая мощность, по сравнению с электропрогревом бетона, возрастает в две три тысячи раз, а при равномерном разогреве потребляемая мощность сокращается втрое.

Преимущество виброгорячего формования

Согласно законам движения И. Ньютона (1688 г.) силы воздействия увеличиваются со скоростью, особенно при колебаниях и еще более обнажаются поверхности цемента и заполнителя. При горячем же формовании снижается вязкость и трение, что облегчает упаковку составляющих бетона, а с разностью температур возрастает диффузия, что повышает сцепление между частицами. Ввиду большего расширения воздуха, происходит деаэрация, каждый процент которого повышает прочность бетона на 8 – 10%.

С движением также увеличиваются все кинетические коэффициенты, что в бетоне подтвердил И.А. Рыбьев, за что получил диплом на открытие № 105. Вследствие этого, значительно увеличилось время остывания бетона и стало возможным применять зимой неутепленную стальную опалубку. Как выяснилось, время остывания бетона T_{TB} не зависит от температур воздуха и бетона, а только от объемной теплоемкости $c \gamma$ бетона, модуля поверхности конструкции M_n и коэффициента теплопередачи опалубки K_T .

$$T_{TB} = \kappa c \gamma / K_T M_n, \text{ ч}, \quad (3)$$

где κ равно от 1,5 до 2. При этом велика роль парообразования. В результате электрогидравлических ударов вода превращаясь в пар, расширяется в две тысячи раз, создавая давление до 1 МПа. Пар, обладая большей проницаемостью чем вода почти в сто раз и под давлением еще глубже проникает в зерна цемента, диспергируя их. Главное при горячем виброформовании – сохранить внесенное тепло в период схватывания, когда в основном протекают все процессы.

Рациональность постепенного теплоотвода

По второму закону термодинамики для повышения кристаллизации необходимо давление и охлаждение. Поскольку при охлаждении происходит и сжатие, то структура бетона еще более уплотняется. В процессе укладки разогретых смесей более высокая температура наблюдается внутри конструкции и поэтому в большей степени ядро сжимается, чем поверхностные слои, вызывая их обжатие. Это повышает трещиностойкость конструкции и обеспечивает гладкую зеркальную поверхность изделия.

И.Р. Пригожин отмечает, что существует критический объем, когда особенно благоприятно происходят явления переноса, взаимоусиливая друг друга и вызывая самоорганизацию системы. На прочность бетона R_6 влияет не только время твердения T_{TB} (час), но и температура при схватывании t_{CX} , когда интенсифицируются все процессы и модуль поверхности конструкций M_n , влияющий на скорость остывания.

$$R_6 = (R_0 + \Delta R_9) \ln(T_{TB} / M_n) + 0,5 t_{CX} / T_{TB} \% \quad (4)$$

где R_0 – суточная прочность бетона, ΔR_9 – прирост прочности от энергообработки. Следует также отметить, что при стендовом выдерживании постепенно остывающего бетона отсутствуют какие-либо деформации, неизбежные при любой тепловой обработке. Как известно, по закону Р. Гука (1660 г.) деформации вызывают внутренние напряжения.

И.А. РЫБЬЕВ
Россия, Москва, МИКХиС

ОБОБЩЕННАЯ ТЕОРИЯ ОТВЕРДЕВАНИЯ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ И СИНЭРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Процессы отвердевания вяжущих (матричных) веществ малодоступны для визуальных исследований, поэтому руководствуются гипотезами и научными теориями.

Имеется много специфических теорий отвердевания по каждой разновидности неорганических, органических, полимерных, керамических и других видов матричных веществ, особенно по теории твердения извести, гипса, портландцемента и других видов материалов.

В 1882 г. Ле-Шателье выступил с кристаллизационной теорией, опираясь в основном на результаты исследований гипса, поваренной соли.

В 1893 г. Михаэлисом была предложена коллоидная теория, в основном портландцементного теста с гидратацией и коллоидной коагуляцией продуктов гидратации до образования геля и его отвердевания по мере испарения жидкой среды.

1923 г. характеризуется публикацией исследований А.А. Байкова портландцементного теста с выделением кристаллической фазы в виде гидроксида кальция и деливидных силикатных веществ. Такая теория получила название кристаллизационнокоагуляционной. Гель цементируется кристаллические частицы. И, кроме того, кристаллы карбоната кальция от карбонизации гидроокиси кальция.

В 1953 г. на III-ем Международном конгрессе первый докладчик Бернал отметил отсутствие ясных данных твердения портландцементного теста.

Последующие новые экспериментальные данные позволили Стейнеру высказать свои суждения о кристаллизации твердеющего цементного теста и выделении кристаллического гидросульфатоалюмината кальция (этtringита) и кубического гидроалюмината. Далее исследования Блэнк, Киннеди¹.

В 1960 г. П.А. Ребиндер изложил свою теорию образования кристаллической фазы с ее разрыхлением на стадии схватывания цементного теста.

В 1998 г. НИИЦемент выдвинул теорию образования коагуляционных структур под влиянием сил Ван-Дер-Ваальса, водородных, полярных и ковалентных связей.

Кроме специфических теорий была изложена теория обобщенная отвердевания различных матричных веществ. Общая теория была предложена И.А. Рыбьевым² на термодинамической основе.

¹ Рыбьев И.А. Основы твердения минеральных вяжущих веществ. М. 1960,

² Рыбьев И.А. Строительное материаловедение. М. Высшая школа. 2002

Она состоит из двух стадий: I – диспергирование и диссолюция; II – конденсация и консолидация.

Первая стадия отвердевания:

полный или селективный переход системы в высокодисперсное – до молекул, атомов, ионов, или более крупных – агрегатов атомов, молекул, мицелл в результате приложения энергии разрушения. Этот переход твердого вещества в дисперсию вызывает неустойчивое, метастабильное состояние, с ростом свободной внутренней энергии Гельмгольца и свободной поверхностной внесенной энергией Гиббса.

Уже на первой стадии возникает тенденция образования химических и физико-химических связей, в том числе за счет энергии активации. Этой тенденции особенно благоприятствует комплексное приложение внешних сил с образованием истинных, коллоидных, эмульсионных, синергетических взвесей, пен и т.п. То же – в расплавах и полимерах.

Вторая стадия отвердевания – основная, характеризуется прогрессирующим процессом и неуравновешенностью системы твердого камневидного продукта с относительно оптимальной, упорядоченной микроструктурой. Каждая, образовавшаяся ранее, дисперсия на первой стадии отвердевания имеет свои особенности. Но их общность – в упорядочении структур, тем более при синергетической детерминации.

В отдельных системах в коллективном движении частиц происходят процессы самоупорядочения (оптимизации) и самоорганизации формирующейся конденсационной структуры, причем спонтанно, внезапно, скачкообразно, что отражает переход количественных изменений в новое качественное состояние вещества.

По аналогичному поводу в свое время и И.Р. Пригожин (лауреат Нобелевской премии) отмечал: «Неравномерность может стать источником порядка, устойчивая структура возникает из хаоса спонтанно и на самых разных уровнях». Ранее с философских позиций такого рода суждения были отмечены французским философом Р. Декартом (1596 –1650).

Практические исследования в физике и естествознании значительно позже высказываний философа Р. Декарта подтверждали эти суждения. Так, например, в 1900 г. было известное открытие Бернара (ячейки Бернара). Тоже – данные в области лазерного излучения. Синэргетика, как система самоорганизации вещества близка к новому виду науки³.

Таким образом, на второй стадии отвердевания в основном завершается упорядочение структуры. Количественной мерой спонтанного упорядочения структуры выступает величина равная $1 - H_C / H_0$, где H_C – энтропия системы; H_0 – максимальное значение энтропии.

³ Г. И. Рузавин. Аспекты синергетики. //Философские науки - 1985 - №5.

В системах искусственных строительных конгломератов (ИСК) это процесс выражается в количественном и качественном значениями C и Φ . Хотя $C + \Phi$ равно практически постоянной величине, но изменяется непрерывно их качество и соотношение C / Φ , которое стремится к минимуму.

Макроструктура, возникающая в стесненных условиях плотного заполняющего компонента ИСК формируется высокого качества, так как повышается плотность, устанавливается минимум жидкой среды, тоже пор в контактных зонах, равномерность распределения частиц в объеме, минимум энергий Гиббса и Рейнгольца.

При синэргобетонировании, в частности, этот процесс повышения качества (конденсации и консолидации) вызывается также одновременным воздействием синергетических детерминантов (повышение температуры, вибрация, магнитная обработка, электроразряд, механическое движение коллективных частиц, уплотнения) с последующим медленным охлаждением отформованных изделий и конструкций⁴.

И.Б. КУЗЬМИН

Россия, Владимир, НПСК «МОНОЛИТ»

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИНЭРГОБЕТОНИРОВАНИЯ ПАРОРАЗОГРЕТЫМИ В АВТОБЕТОНОСМЕСИТЕЛЯХ СМЕСЯМИ

Более 20 лет прошло с тех пор, как впервые во Владимирской области автором было проведено бетонирование монолитных конструкций пароразогретыми в автобетоносмесителях смесями. Тем самым было положено начало применения новой технологии, базирующейся на законах природы и принципах синергетики, основы которых заложены лауреатом Нобелевской премии И.Р. Пригожиным.

Разработка и внедрение технологии синэргобетонирования монолитных конструкций пароразогретыми в автобетоносмесителях смесями основывались на фундаментальных законах, открытых Р. Майером, О. Хевисайдом, А. Эйнштейном, Я. Ван дер Ваальсом, С. Аррениусом, В. Оствальдом, К. Гульдбергом, П. Вааге, Я. Вант-Гоффом, Д. Гиббсом, Р. Клаузиусом, Ж. Фурье, Л. Онсагером, Г. Галилеем, Г. Гельмгольцем, Р. Гуком, И. Ньютоном, И. Пригожиным и другими.

Сущность технологии заключается в том, что для получения бетона максимальной прочности в бетонную смесь на разных этапах ее приготовления, транспортирования и укладки вносится максимальное количество энергии, вы-

ступающей в разных видах при одновременном согласовании, и осуществляется последующее сохранение ее для структурообразования бетона.

Со времен древней Греции (триада Платона) и до наших дней (синэргетика И.Р. Пригожина) известно, что получение максимальной прочности возможно при осуществлении предварительного разъединения и последующего соединения. Другими словами, чтобы вещество полнее усвоило энергию и упрочилось, надо сначала предельно разъединить его на частицы, молекулы, ионы, а после этого – соединять и упрочнять продукты реакции.

Это в полной мере относится и к синтезу бетона. На первом этапе – разъединении, – необходимо добиться максимального увеличения поверхности реагирующих веществ. Сразу после затворения происходит интенсивная диссоциация с диспергацией зерен цемента, и в это время надо обеспечить наиболее полное растворение, не допуская и отдаляя процессы гидратации. Одновременное и согласованное применение разных видов воздействий способствует более полному разъединению, разрушая малопрочные образования.

На второй стадии происходит основная гидратация. Реакции начинаются с поверхности зерен цемента, на них образуются малопроницаемые оболочки. В этот период, внесенная ранее и сохраненная энергия, направляется на углубление и ускорение процесса гидратации вокруг каждого зерна цемента. Поэтому, на данном этапе необходимо оградить бетонную смесь от дополнительных внешних воздействий.

На третьей стадии формируется каркас из выпадающих кристаллов и происходит его обрастание. В этот период сохраненная ранее энергия, направляется на создание прочной структуры бетона, в том числе и за счет экзотермии. Поэтому энергообмен с окружающей средой должен осуществляться через постепенное остывание бетона в конструкции.

Проанализировав все имеющиеся виды энергоносителей и средства, в которых они могут быть применены, пришли к выводу, что наиболее полно удовлетворяющими всем приведенным выше положениям на современном этапе являются пар и автобетоносмесители.

В зависимости от регламентирующих критериев, таких как, – минимальные затраты энергии, простота, универсальность, минимальное время производства работ, и пр., – максимальные результаты при применении технологии достигались при использовании целого ряда законов фундаментальных наук. От многих понятий, формул, методик, принципов расчетов и пр. пришлось отказаться, так как они не соответствовали законам и реально получаемым результатам. Такие основополагающие понятия, существующие в бетоноведении, как подбор составов бетонов, водоцементное отношение, однородность, осадка конуса, вибрирование, измерение прочности по испытаниям кубиков, и другие не могли быть применены в отношении пароразогретых смесей.

Используя автобетоносмесители в качестве технологического элемента, удалось добиться повышения прочности бетона за счет применения механической и термомеханической активации компонентов бетонной смеси путем перемен-

⁴ А.С. Арбенев. От электротермоса к синэргобетонированию. Владимир. ВлГТУ. 1996 г.

ного или постоянного вращения смесительного барабана автобетоносмесителя. Эксперименты показали, что площадь контактов увеличивается при перемешивании вследствие удаления с поверхности компонентов загрязненных частиц, а также при дроблении заполнителей (сухой и мокрый домол). Особенно этот фактор значим при минимальном содержании влаги в компонентах бетонной смеси.

Загрузка компонентов бетонной смеси с ограниченным количеством воды в смесительный барабан автобетоносмесителя, особенно при отрицательной температуре наружного воздуха, последующая доставка их на сколь угодно неограниченное расстояние к пункту разогрева и разогрев бетонной смеси паром, позволяют реализовать, в рамках данной технологии, один из основных законов химической кинетики – закон действующих масс К. Гульдберга и П. Вааге. Внесение энергии происходит до начала схватывания в момент наибольшей концентрации реагирующих веществ.

Разогрев компонентов бетонной смеси в утепленном смесительном барабане автобетоносмесителя целесообразно производить влажным насыщенным паром в связи с его низкой вязкостью и высокой проникающей способностью и теплоотдачей. Известно, что вязкость воды при 80 °C составляет третью часть вязкости воды при 20 °C. Вязкость пара при температурах 100 – 120 °C в 80 раз меньше вязкости воды при 20 °C. Указанные свойства пара характеризуют его как идеального влаго- и теплоносителя, использование которого улучшает гомогенизацию смеси. Высокая проникающая способность пара способствует также более быстрому, чем при других способах, нагреву компонентов бетонной смеси. Пар, вступая в контакт с относительно холодными поверхностями компонентов бетонной смеси и внутренней поверхностью смесительного барабана, интенсивно конденсируется, высвобождая теплоту парообразования фазового перехода пара в воду, которая идет на увеличение влагосодержания и теплосодержания бетонной смеси, а также теплосодержания корпуса смесительного барабана автобетоносмесителя. При конденсации 1 кг пара в зависимости от давления, при котором происходит конденсация, выделяется 2048 – 2257 кДж.

Происходящее в смесительном барабане автобетоносмесителя одновременное перемешивание бетонной смеси и поступление пара с высокой скоростью, значительно ускоряют процесс теплообмена. Взаимное трение частиц и кинетическая энергия потока пара уменьшают толщину пленки конденсата и изменяют ее течение, переводя его в состояние волнового и турбулентного, при котором коэффициент теплоотдачи возрастает. При пароразогреве элементарные объемы бетонной смеси проходят многократно через зону действия струи пара, при этом они разогреваются до температуры, близкой к температуре теплоносителя, выходя из зоны действия струи пара, эти частицы быстро охлаждаются. Такие температурные перепады в сочетании с пониженной вязкостью воды и повышенной проникаемостью пара приводят к разрушению первично образовавшихся флоккул цементных частиц. Эффективный радиус частиц уменьшается с 55 мк (холодных) до 37 мк (пароразогретых).

Таким образом, процесс пароразогрева приводит к диспергации. Кроме того, попадая в струю пара более легкие частицы цемента и мелкого заполнителя торкretiруют поверхность более крупного заполнителя и тем самым сдирают пленку конденсата. Наиболее благоприятные условия теплообмена складываются в начале процесса нагревания, в связи с относительно малой толщиной пленки конденсата. В этот период, когда бетонная смесь еще достаточно суха, происходит упругое столкновение частиц, что уменьшает толщину пленки. По мере увлажнения смеси, действие упругих сил уменьшается, что приводит к увеличению толщины пленки конденсата.

Термохимические воздействия, осуществленные в период наибольшей концентрации реагирующих веществ, максимально интенсифицируют реакции в бетонной смеси. Согласно закону Я. Вант-Гоффа повышение температуры теплоносителя до парообразования способствует максимальной проникающей способности и многократно увеличивает скорость процесса диссоциации.

С учетом комплексного критерия, наиболее эффективной температурой разогрева бетонной смеси можно считать 55 – 65 °C. До этих температур теплопередача от пара к компонентам бетонной смеси идет наиболее интенсивно, подвижность бетонной смеси максимальна и достаточно продолжительна по времени для подачи и укладки ее в опалубку, экзотермия оптимальна, теплоотвод в опалубке осуществляется по наиболее “мягкому” режиму, получаемая прочность бетона максимальна. Все это благоприятно сказывается как на улучшении технологических свойств бетонной смеси, так и на увеличении физико-механических характеристик бетона. При более высоких температурах отделяется адсорбционная вода, образуется эттрингит, поглощающий воду, а также повышается испарение, – все это резко замедляет диффузионные процессы.

Таким образом, синэргетический эффект, получаемый от 20 видов воздействий, в результате интенсивного одновременного и согласованного внесения разных видов энергии приводит к цепным реакциям и к высокой упорядоченности системы. Плотная структура создается с наиболее полным сохранением и усвоением внесенной энергии. Это достигается постепенным остыванием, постоянным теплотопоком и естественным выдерживанием бетона.

Применение технологии бетонирования монолитных конструкций пароразогретыми в автобетоносмесителях смесями, осуществленное в России и за рубежом, доказало правоту выдвинутых и реализованных теоретических положений, взятых за основу при разработке новых приемов и способов ведения строительных работ.

Раздел 2

УСТРОЙСТВА ДЛЯ СИНЭРГООБРАБОТКИ БЕТОННОЙ СМЕСИ

А.С. АРБЕНЬЕВ

Россия, Владимир, ВлГУ

ОБЗОР РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОРАЗОГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ – ЭРУ

Цель ЭРУ – высвобождение внутренней энергии и разрушение составляющих бетонной смеси. Требования к ЭРУ – чтобы не замыкало, не заедало, не вытекало цементное тесто, не остывала смесь.

Зарекомендовало себя на практике и до сих пор применяются электродно-пластичные бункеры ЭПБ, установки с погружаемыми электродами УПЭ, виброэлектрореакторы ВЭР и синэргогенераторы СЭГ. Отрабатывается синэрготрон СЭТ.

Во всех этих устройствах последовательно уменьшался объем непосредственно обрабатываемой смеси и вводилась дополнительная энергия. В связи с этим время разогрева сокращалось и повышалась плотность энергии и тока. Это приводило к многократному снижению электросопротивления смеси и повышению прочности бетона. Кроме этого высокая концентрация (плотность) энергии вызывало давление, а следовательно, силы взаимодействия. Поэтому при согласованном и последовательном использовании трех видов энергии и выполнении всех требований к ЭРУ суточная прочность достигала 100 % (см. табл.). В таблице приведены показатели ЭРУ по сравнению с обычным электроразогревом бетона ЭПГ. К сожалению, в основном в ЭРУ используется тепло от электричества, это не позволяет получать прирост прочности бетона более 40 %.

Более предпочтительнее вносить тепло пароразогревом смеси в миксерах, где достигается равномерное увлажнение всех составляющих, и тепло вносится в момент начала схватывания и достигается однородная и пластичная смесь.

В настоящее время наиболее распространены установки Л.М. Колчеданцева (СПбГАСУ). Но, к сожалению, они основаны только на тепловой энергии. С точки зрения использования тепловой энергии наиболее эффективен пароразогрев смеси в автобетоносмесителях, разработанный И.Б. Кузьминым (г. Владимир).

Установка с энергообработкой в динамических системах слишком громоздка (стоимостью свыше 30 млн. руб.) и отсутствует совместная и согласованная обработка смеси. Однако при использовании электромагнитного поля достигается значительный прирост прочности, особенно газошлака бетона.

Развитие электроразогревательных устройств

Показатель	ЭПГ	ЭПБ	УПЭ	ВЭР	СЭГ	СЭТ
Годы	50 - е	60 – е	70 - е	80 - е	90 - е	XXI в
Объем, м ³	8	1,2	0,7	0,2	0,1	0,05
Энергия	Q	Q _p	W	A	E	E _{вн}
Время разогрева, мин	360	15	7,5	5	3	2
Напряженность поля, Вт/дм	–	70	180	220	250	300
Плотность энергии, Вт · ч/дм ³	4	100	750	4500	18000	8000
Плотность тока, А/дм ²	1	3	6	12	24	48
Снижение электро-сопротивления, раз	1	2	3	4	5	6
Прочность бетона, %, 1 сут./28	70/90	50/120	70/140	90/160	100/180	110/200

Примечание: P = 240 кВт, W = 30 кВт · ч/м³

Оборудование должно отвечать технологии и законам фундаментальных наук. Примером тому Ковровский ДСК, где к.т.н. В.А. Погорелов впустую истратил полмиллиона рублей и 3 года нервотрепки.

Наиболее предпочтительны установки с электроразогревом смеси, которые позволяют в 2 – 3 раза снижать электрическую мощность. За счет равномерного разогрева можно уменьшить объем одновременно разогреваемой смеси, а также использовать все энергвоздействия, что повышает плотность энергии и тока.

Таким образом ЭРУ совершенствуется, хотя до сих пор использовались ЭПБ и УПЭ, ввиду их простоты.

В.М. МЕЛЬНИКОВ, А.С. АРБЕНЬЕВ
Россия, Владимир, ВлГУ

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБРАЗЦА СИНЭРГОАКТИВАТОРА

Синэргоактиватор, предназначенный для приготовления разогретых бетонных смесей с повышенными характеристиками, проходил лабораторные и про-

мышленные испытания. Конструкция устройства постоянно совершенствовалась и изменялась. В настоящий момент времени отработан вариант, прошедший производственную апробацию на строительном предприятии г. Владимира для бетонирования фундаментных блоков и других изделий. Синергаактиватор передвигался вдоль пролета цеха на портале бетоноукладчика. Дополнительно были смонтированы промежуточный бункер-накопитель, затвор и устройство передвижения синэргоактиватора поперек пролета, аппаратура управления. Краново-бункерная подача бетонной смеси обеспечивала непрерывность потока.

Практика показала, что вибромеханические воздействия на разогреваемую бетонную смесь носят ярко выраженные энергетические и транспортный характер. Для качественной транспортировки и последующей виброактивации бетонной смеси необходимы:

1. Равенство всех сечений живого потока (входная горловина, кольцевое сечение, выходное отверстие);
2. Точная установка и центровка вибратора (через демпфирующие прокладки);
3. Обязательный расчет тросовой подвески синергаактиватора с учетом амортизирующей способности;
4. Установка электросердечника на виброизолирующие и диэлектрические опоры;
5. Минимальное количество сварных швов.

Испытания дали возможность рассчитать следующие технико-экономические показатели:

- | | |
|---|---------------------------------|
| 1. П = 10 ... 40 м ³ / смену | – производительность процесса, |
| 2. P = 50 ... 200 кВт | – мощность, |
| 3. I = 75 ... 300 А | – сила тока, |
| 4. U = 220 / 380 В | – напряжение сети, |
| 5. t = 50 ... 80 °С | – температура разогрева смеси, |
| 6. T = 2 ... 3 мин | – длительность разогрева смеси. |

Е.Н. ВАШИНА, Н.Н. КАШИНА, А.С. АРБЕНЬЕВ
Россия, Владимир, ВлГУ

РАСЧЕТ СИНЭРГОАКТИВАТОРА

Показатели зависят главным образом от начального электросопротивления смеси определенного по амперметру.

Рабочая площадь электрода наружной трубы вычислялась по длине внутренних электродов.

Данные расчета сведены в таблицу.

Расчет синэнергоактиватора

Величина	Обозначение и формула	Данные и расчет
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ		
1. Бетон М200 с осадкой	h_k	10 см
2. Объем бетона	V_6	$0,11 \text{ м}^3$
3. Начальное электросопротивление смеси	ρ_0	$5 \text{ Ом} \cdot \text{м}$
4. Электросопротивление смеси по амперметру при $\kappa = 0,2$ (конечное)	$\rho_k = \rho_0 \cdot \kappa$	$5 \cdot 0,2 = 1 \text{ Ом} \cdot \text{м}$
5. Степень нагрева смеси с 20°C до 60°C	$\Delta t = t_k - t_0$	$60 - 20 = 40^\circ\text{C}$
6. Площадь рабочего электросердечника	$S = \pi \cdot d \cdot l$	$3,14 \cdot 0,329 \cdot 175 = 1,2 \text{ м}^2$
7. Толщина обрабатываемого слоя	$b_{\text{сл}}$	0,093 м
8. Напряжение	U	220 В
9. Коэффициент времени	$k_{\text{вр}}$	1
10. КПД	η	≈ 1
ХОД РАСЧЕТА		
1. Расход энергии на прогрев бетона	$w = 0,7 \Delta t / \eta$	$0,7 \cdot 40 / 1 = 28 \text{ кВтч/м}^3$
2. Сопротивление смеси	$r = (\rho_k + \rho_0) \cdot b_{\text{сл}} / 2 \cdot S$	$(5 + 1) 0,093 / (2 \cdot 1,2) = 0,23 \text{ Ом}$
3. Сила тока на каждой фазе	$I = U / 3 \cdot r$	$220 / (3 \cdot 0,23) = 315,4 \text{ А}$
4. Мощность	$P = 3 \cdot 10^{-3} I \cdot U$	$3 \cdot 10^{-3} \cdot 315,4 \cdot 220 = 208,2 \text{ кВт}$
5. Время разогрева	$T_p = 60 w V_6 / P$	$60 \cdot 28 \cdot 0,11 / 208,2 = 0,89 \text{ мин}$
6. Поток бетона	$\Pi = 480 V_6 \cdot k_{\text{вр}} / T_p$	$480 \cdot 0,11 \cdot 1 / 0,89 = 59,5 \text{ м}^3/\text{смену}$
7. Угол наклона	$\beta = k_{\text{вр}} \cdot \Pi / h$	$1 \cdot 59,5 / 10 = 5,95^\circ$

Цифровые данные подтверждены экспериментально. Возможное отклонение +5%.

М.М. ТИТОВ

Россия, Барнаул, АлтГТУ им. И.И. Ползунова

УПРАВЛЕНИЕ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТЬЮ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КПД ЭЛЕКТРОРАЗОГРЕВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Вопрос о величине коэффициента полезного действия (кпд η) энергетического устройства всегда являлся решающим для самого существования этого устройства. Из этого вытекает задача повышения энергетической эффективности работы ЭРУ на основе изучения закономерностей, определяющих величину кпд в процессе разогрева.

В практике ПЭРБС проведенные автором замеры величины кпд показывают, что итоговое значение величины кпд в ЭРУ может быть в диапазоне 0,5...0,98. Причём как в разных, так и в одном и том же ЭРУ. Оказалось также, что в течение одного процесса ПЭРБС величина кпд хаотично пульсирует (т.е. осциллирует), сложным аperiodическим образом меняет своё значение.

Надёжной научной основой для разрешения этих противоречий может быть закон сохранения энергии при переходе её из электрической в тепловую и его внимательный анализ.

Известно, что, $UI\Delta t\eta = cm\Delta t$ тогда текущее значение кпд будет равно

$$\eta = A\rho v_p \quad (1)$$

Уже из несложного анализа выражения для кпд видно, что η есть произведение трёх величин, две из которых за время разогрева изменяются: ρ – в 1,5 – 2 раза в сторону уменьшения, v_p – в 1,05 – 1,3 раза, причём как показывает практика, как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения. Третий множитель тоже подвержен некоторому изменению, т.к. в небольших пределах изменяются U и C . И вероятность того, что произведение таких переменных даёт постоянную за всё время величину, как подсказывает здравый смысл, невелика. Значит η должно изменяться в процессе разогрева. Вместе с тем выражение (1) может быть записано в таком виде:

$$\eta = cm \frac{1}{P} v_p = B \frac{1}{P} v_p \quad (2)$$

Известно, что неустановившийся процесс теплопроводности, описываемый дифференциальным уравнением параболического типа

$$cm \frac{dt}{dT} = \eta P = \lambda \left(\frac{d^2 t}{dx^2} + \frac{d^2 t}{dy^2} + \frac{d^2 t}{dz^2} \right) \quad (3)$$

обладает тем свойством, что влияние всякого теплового возмущения распространяется мгновенно на всё пространство. Вообще говоря этот результат, зависящий от типа исходного дифференциального уравнения, не соответствует действительности [1].

Существует волновой вариант теории теплопроводности [2], основанный на гипотезе существования тепловой инерции нагреваемых тел, приводящей к дифференциальному уравнению неустановившегося процесса распространения тепла гиперболического типа. В ней вводится феноменологическая гипотеза, согласно которой при неравномерном во времени изменении температуры часть подводимого тепла расходуется непосредственно на повышение температуры рассматриваемого тела единичного объёма, а часть тепла расходуется на преодоление тепловой инерции, которая пропорциональна приращению производной температуры по времени, т.е.

$$\Delta Q = cm \Delta t \pm \beta \Delta \left(\frac{dt^2}{d\tau^2} \right) \quad (4)$$

Из этого последнего соотношении следует, что только при линейном законе изменения температуры тела во времени второе слагаемое правой части равно нулю и тепловая инерция не проявится. Но при электроразогреве закон изменения температуры тела никогда не бывает линейным, и, следовательно, имеет место второй член равенства (4). При этом изменение количества тепла также должно определяться линейной функцией времени, но при нагреве проводников второго рода ΔQ не линейно, так как нелинейна функция ρ .

Очевидно, что наличие второго члена в (4) и может прояснить ситуацию, когда невозможно из выражения (2) выяснить, что же является задатчиком осцилляции, v_p или η . Перепишем (4) в виде:

$$\eta = \frac{cm dt / dt \pm \beta d^2 t / d\tau^2}{P} \quad (5)$$

Если v_p нелинейна и $v_p' \neq 0$, а P – монотонна, то любое изменение v_p (а $v_p = f(P)$, а хоть и монотонно, но меняется, дает ещё более резкое изменение v_p' , причём со сменой знака, а в итоге числитель в правой части начинает осциллировать. А чтобы равенство сохранилось, соответственно и η , как всего лишь отношение v_p / P , тоже осциллирует. Но в этом элегантном объяснении явления осцилляции величины η представляется не совсем корректным термин «тепловая инерция» – используемый в СНиП II-3-79 как безразмерная величина и представляет собой произведение термического сопротивления толщи ограждения и коэффициента теплоусвоения. А это противоречит физическому смыслу инерционного члена в (5).

Нетрудно заметить, что данный член состоит из произведения двух величин: отношения $d^2 t / d\tau^2$ – характеризующего ускорение нагрева, и параметра β – феноменологического коэффициента. Так как правая часть равенства (4) харак-

теризуется полезной мощностью, следовательно, произведение $\beta \cdot \left(\frac{d^2 t}{d\tau^2} \right)$ тоже является мощностью. Исходя из этого, можно записать соотношение (4) в виде баланса мощностей.

Поскольку в литературе не освещен вопрос о таком характере температурной кривой нагрева в смысле её оптимальности, то для ответа на вопрос – каким должен быть режим потребляемой мощности $P(\tau)$, чтобы КПД был максимален – необходимо провести исследование уравнения (2) на экстремум. Для этого приравняем $d\eta / d\tau = 0$

То есть для того, чтобы, КПД был максимален, необходимо, чтобы потребляемая мощность была пропорциональна скорости разогрева смеси. Из выражения (2) легко получить значение k – оно будет равно $k = cm / \eta$

Подведем итог.

1. При любых режимах разогрева, кроме оптимального, величина КПД хаотично пульсирует на протяжении всего процесса разогрева.
2. Величина КПД в процессе разогрева функционально связана со скоростью разогрева; с уменьшением v_p величина η резко падает, при постоянной v_p η плавно уменьшается, при плавном увеличении v_p η постоянно, при резком возрастании v_p η плавно увеличивается.
3. Для стабилизации величины КПД в процессе разогрева скорость разогрева должна увеличиваться прямо пропорционально разнице температуры смеси и окружающего воздуха, а мощность пропорционально скорости разогрева, т.е. в оптимальном режиме разогрева ($\eta = const$) температура, мощность, и подаваемое на электроды напряжение должны расти экспоненциально.
4. Предложены зависимости для экспоненциального подъема t , P , U и программа для их реализации.
5. Экспериментальная проверка показала одинаковую эффективность линейного и экспоненциального роста температуры разогрева в лабораторных условиях при нормальной температуре.
6. Эффективность оптимальных режимов на 25% выше неуправляемого режима.
7. Управляемый режим, даже неоптимальный, эффективнее неуправляемого.

Литература

1. Гениев Г.А. Вариант волновой теории теплопроводности // Исследования по теории и методам расчета строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1982. – С.11–21.
2. Gurtin M.E., Pipkin A.C. A General Theory of Heat Conduction with Finite Wave Speeds // Archive for Rotational Mechanics and Analysis /– 1968.Vol.31. –pp 113–126.

М.М. ТИТОВ
Россия, Барнаул, АлтГТУ им. И.И. Ползунова

**МЕТОДИКА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА
ЦИКЛИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОРАЗОГРЕВА
БЕТОННОЙ СМЕСИ**

С момента возникновения технологии предварительного электроразогрева бетонной смеси и до настоящего времени отсутствует адекватная методика электротехнического расчета силы линейных токов и потребляемой мощности в служащих для этой цели поворотных строительных бункерах, оборудованных тремя пластинчатыми электродами. Также нет способов с приемлемой точностью рассчитать заранее время разогрева до требуемой температуры или температуру разогрева за заданное время.

Существующие методы можно оценить следующим образом. В полупроизводственном ЭРУ объемом $V_6 = 0,65$ м3 с тремя пластинчатыми электродами производился разогрев бетонной смеси. Фактические результаты разогрева сравнивались с рассчитанными по различным методикам. Из анализа результатов следует, что в основном все формулы отличаются местоположением члена $\sqrt{3}$.

Исследования, проведенные на кафедре ТиМС АлтГТУ им. Ползунова, позволили решить эту насущную практическую задачу.

Решение задачи производилось аналитическим способом, графоаналитическим и графическим способом для прямой (АВС) и обратной (АСВ) последовательности фаз. В результате во всех шести случаях получен один и тот же результат. Линейный ток по среднему электроду В при любом значении ξ составляет

$$I_B = \frac{U_n}{R} \sqrt{3} \tag{1}$$

Линейные токи I_a и I_c на практике как правило не равны между собой, неравны I_B . Их неравенство обусловлено закономерностями протекания тока в схеме и поддается расчету. Неравенство I_a и I_c между собой на практике (хотя по расчету они равны) обусловлено явлением электромагнитного переноса энергии с одной фазы на другую, т.н. явление “дикой” и “мертвой” фазы. Но среднеарифметическое их значение строго соответствует расчету.

$$\frac{I_a + I_c}{2} = \frac{U_n}{R} \sqrt{1 + \xi + \frac{\xi^2}{3}} \tag{2}$$

Для уменьшения явления “дикой” и “мертвой” фаз рекомендуется применять обратную последовательность фаз, избегать больших расстояний от трансформатора до бункера, и при неизбежности этого делить кабель на три равные части по длине и делать на соединениях сдвигку фаз на 1/3.

Результаты экспериментальной проверки предлагаемой методики расчета I, P в ЭРУ

№ п/п	Шифр экс- перимента	$\rho_{\text{Ом}\cdot\text{М}}$ в форм	$V_{\text{м}^3}$	ЛИНЕЙНЫЕ ТОКИ					МОЩНОСТЬ			
				$I_{2(\text{расч})}$	$I_{2(\text{факт})}$	$\Delta, \%$	$\frac{I_1 + I_2}{2}$, расч	$\frac{I_1 + I_2}{2}$, факт	$\Delta, \%$	$P_{\text{расч}}$	$P_{\text{факт}}$	$\Delta, \%$
1	87 – 03	5,5	0,105	32,73	32,80	0,21	33,67	33,55	0,36	21,82	22,2	1,71
2	87 – 04	5,5	0,08	40,66	40,66	0	44,42	44,42	0	29,32	29,0	1,10
3	87 – 05	5,68	0,078	41,42	41,40	0,05	45,96	46,1	0,3	30,98	31,1	0,32
4	87 – 2(1)	3,48	0,795	356,95	357,0	0,01	365,46	377,0	3,06	193,59	199,67	3,04
5	88 – 002(1)	4,58	0,88	250,8	250,8	0	275,4	266,2	3,3	152,54	154,07	0,99
6	88 – 003(2)	4,47	0,90	255,3	254,0	0,51	280,4	284,9	1,58	155,39	156,46	0,68
7	88 – 004(2)	5,30	0,90	217,48	217,48	0	250,97	240,76	4,07	135,32	139,41	2,93

Результаты экспериментальной проверки адекватности предложенной методики основаны на решении задачи о эквивалентной электрической цепи бункера.

Критерием адекватности служит совпадение фактических параметров с расчетными, прежде всего по линейному току разогрева на среднем и крайнем электроде и P_{cp} .

Полученные выражения (1) и (2) могут служить основой для методики расчета. Алгоритм методики может быть весьма различным, важно чтобы в основе лежали вышеприведенные выражения. Итак:

1. В формочке сечением $0,15 \times 0,15$ м длиной L_o с электродами из тонкой черной жести измеряется удельное сопротивление бетонной смеси на U_ϕ . При этом весьма желательно, чтобы величина ρ определялась каждую минуту или в каждый момент, кратный 5°C . И если предполагается, в бункере нагревать бетонную смесь с 15°C до 70°C , т.е. $\Delta t = 55^\circ\text{C}$, то и ρ_p определяется как среднегармоническая величина из значений ρ в формочке, полученных на данном температурном интервале

2. Подсчитывается сопротивление объема бетона в одном из центральных межэлектродных объемов

$$\rho_p = \frac{n}{\sum_{i=1}^{i=n} 1/Q_i} \quad (3) \quad R = \rho_p \frac{l}{S} \quad (4)$$

причем S – это геометрическая площадь плоского электрода.

3. Подсчитывается среднее по тепловому эффекту за время разогрева значение силы линейного тока в центральном электроде

$$I_B = \frac{U_\lambda}{R} \sqrt{3} \quad (5)$$

Здесь же подсчитывается среднее из двух значений силы линейных токов по краевым электродам

$$\frac{I_a + I_c}{2} = \frac{U_\lambda}{R} \sqrt{1 + \xi + \frac{\xi^2}{3}} \quad (6)$$

4. Подсчитывается среднее по тепловому эффекту за время разогрева значение мощности, потребляемой бункером.

$$P = 2 \left[U_\phi I_B + U_\phi \left(\frac{I_a + I_c}{2} \right) \frac{\xi}{3} \right] \quad (7)$$

Следует сказать, что точность расчетов по формулам (3)...(7) лимитируется лишь точностью электрических измерений и арифметических подсчетов. Неопределенность расчетов возникает лишь при определении времени разогрева или

температурного интервала разогрева, т.е. при использовании значения величины КПД = η .

5. Время разогрева определяется по известной формуле

$$T_p = \frac{cm\Delta t}{P\eta} \quad (8)$$

Или из (8) определяется Δt

$$\Delta t = \frac{T_p P \eta}{cm} \quad (9)$$

Как установлено исследованиями, проведенными в АлтГТУ, величина η при прочих равных условиях зависит прежде всего от режима потребляемой мощности. И только там, где стабильно питающее напряжение, т.е. есть повторяемость режима потребляемой мощности, есть и приемлемая повторяемость в величине η . Во всех остальных случаях величина η может колебаться от 0,5 до 0,9 и соответственно, в таком же диапазоне колеблется T_p или Δt . Это обстоятельство необходимо учитывать при проектировании технологии.

Предлагаемая методика позволяет рассчитывать электротехнические параметры I_λ и P с предельно возможной точностью 1 – 3% и технологические параметры T_p и Δt с точностью, определяемой точностью величины η .

Данная методика позволяет более точно определить потребляемую мощность P и на этой основе возможно расширение области применения метода предварительного электроразогрева бетонной смеси, из чего и возникает положительный эффект.

Раздел 3

ТЕХНОЛОГИЯ СИНЭРГОБЕТОНИРОВАНИЯ

Л.М. КОЛЧЕДАНЦЕВ

Россия, Санкт-Петербург, СПбГАСУ

ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА КОНСТРУКТИВНО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ УСТРОЙСТВ ДЛЯ РАЗОГРЕВА БЕТОННОЙ СМЕСИ

Анализ литературы и обобщение производственного опыта в области предварительного разогрева бетонной смеси позволили констатировать следующее [1].

Наиболее эффективно осуществлять разогрев смеси электрическим током путем его пропускания через смесь непосредственно перед укладкой в опалубку с одновременным воздействием на смесь вибрации, избыточного давления, пара и других приемов. Совокупность указанных воздействий автором названа «термовиброобработка бетонной смеси» – сокращенно ТВОБС. Для этого целесообразно использовать устройства трубчатого типа.

Одной из основных причин, сдерживающих распространение предварительного электроразогрева бетонной смеси, являлась низкая технологичность используемого оборудования.

В данной работе рассмотрены некоторые аспекты повышения технологичности и эффективности устройств для термовиброобработки бетонной смеси.

Обоснованы признаки технологичности установок ТВОБС, главным из которых является удобство обслуживания, в том числе возможность оперативной очистки камеры разогрева. Этот признак определяет жизнеспособность технологии.

На процесс термовиброобработки бетонной смеси влияет ряд фактов, обусловленных потребностями и условиями производства.

Непрерывность процесса разогрева вызвана стремлением свести к минимуму опасность потери подвижности смеси. Непрерывность режима предопределяет малое время обработки смеси (1 – 3 минуты).

Интенсивность или **поток бетонирования** – количество бетона, укладываемого в смену. Может быть выражена через производительность устройства для разогрева смеси (P , м³/час). Для условий массового строительства P находится в диапазоне 20 – 60 м³ в смену, что соответствует производительности установки ТВОБС 3 – 10 м³ в час. При прочих равных условиях, производительность установки предопределяет требуемую электрическую мощность.

Кинетика нарастания прочности бетона оказывает влияние на назначение температурного разогрева смеси, а через нее на удельный расход электроэнергии и требуемую мощность.

Разогрев смеси основан на превращении электрической энергии в тепло, количество которого W_{3T} определяется законом Джоуля – Ленца и которое при

постоянной величине напряжения (U) зависит от сопротивления смеси (R) и времени разогрева (τ_{pbc}) – формула (1).

$$W_{\text{ЭТ}} = \frac{U^2}{R} \cdot \tau_{pbc} \quad (1); \quad R = \frac{\rho \cdot l}{S_{\text{ЭЛ}}} \quad (2); \quad R = \frac{k\rho_0 b}{S_{\text{ЭЛ}}} \quad (3).$$

Для устройств с плоско-параллельными электродами электрическое сопротивление смеси определяется по известной зависимости (2) и зависит от ее удельного сопротивления (ρ), расстояния между электродами (l) и площади электродов ($S_{\text{ЭЛ}}$).

Применительно к устройствам типа «труба в трубе» А.С. Арбенев использует аналогичную формулу (3) [2], в которой $k = 0,3$ – степень снижения начального удельного сопротивления смеси (ρ_0), b – величина кольцевого зазора (расстояние между электродом и корпусом).

Для определения R в кольцевом зазоре автором предложена формула (4), которая учитывает специфику радиального электрического поля, в которой d и D , соответственно диаметры внутренней и наружной труб, а расчетное удельное сопротивление ($\rho_{\text{расч}}$) определяется по формуле (5).

Площадь электродов ($S_{\text{ЭЛ}}$), при прочих равных условиях зависит от их длины ($L_{\text{ЭЛ}}$). От длины электродной части камеры разогрева зависит и ее производительность – формула (6), в которой $S_{\text{пс}}$ – площадь поперечного сечения камеры разогрева, остальное см. выше.

$$R = \frac{\rho_{\text{расч}}}{2\pi L_{\text{ЭЛ}}} \cdot \ln \frac{D}{d} \quad (4); \quad \rho_{\text{расч}} = \rho_0 \left(0,6 + \frac{10}{t_{pbc}} \right) \quad (5);$$

$$\Pi = \frac{S_{\text{пс}} L_{\text{ЭЛ}} 60}{\tau_{pbc}} \quad (6).$$

Таким образом, эксплуатационные параметры камеры разогрева зависят от площади токосъемных электродов, в том числе от длины электродной зоны, которая, в свою очередь, оказывает решающее влияние на удобство очистки камеры разогрева, т.е. определяет жизнеспособность устройства.

Литература

1. Колчеданцев Л.М. Интенсифицированная технология бетонных работ на основе термовиброобработки смесей. – СПб.: СПбГАСУ, 2001. – 230с.
2. Арбенев А.С. От электротермоса к синэргобетонированию. – Владимир: ВТУ, 1996. – 336с.

Н.Г. ПШОНКИН

Россия, Новокузнецк, СибГИА

ТЕХНОЛОГИЯ СТЕНОВЫХ БЛОКОВ В ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Технологическая сущность процесса заключается в своевременном, концентрированном и форсированном электроразогреве золобетонной смеси в трубах различных конструкций и принципов действия с последующим формованием стеновых блоков и тепловлажностной обработкой.

Приготовление поризованной золобетонной смеси осуществляется в турбулентных смесителях, например типа СБ – 148. С целью повышения пластичности смеси и прочности ячеистого золобетона применяются суперпластификатор и пенообразователь. При этом порядок загрузки отдозированных компонентов в смеситель следующий: вода с растворенными в ней добавками суперпластификатора и пенообразователя – цемент – зола. Продолжительность перемешивания компонентов 4–6 мин.

Форсированный электроразогрев поризованной в смесителе золобетонной смеси осуществляется до температуры 80 – 90 °С в течение 3–4 мин. в установке типа транспортирующей трубы с подачей разогретой смеси непосредственно в формы.

Синергообработка отформированных стеновых блоков осуществляется при температуре 90 – 95 °С в течение 4 – 5 ч в туннельных камерах, оборудованных низкотемпературными электронагревателями или другими агрегатами для подачи горячего воздуха.

Распалубка стеновых блоков осуществляется после их остывания до температуры 40 – 50 °С на посту остывания и распалубки.

Изготавливаемой продукцией являются блоки стеновые однослойные для жилых зданий из неавтоклавного ячеистого золобетона класса по прочности на сжатие В-5 средней плотностью 1100 – 1200 кг/м³

Значительное снижение времени общего цикла изготовления стеновых блоков достигается за счет применения форсированного электроразогрева в трубах поризованных золобетонных смесей непосредственно перед укладкой в формы. При этом физическая сущность процесса состоит в приложении воздействий во время наибольшей восприимчивости золобетонной смеси, а именно: повышении температуры при приложении электромагнитного импульса, снижении импульса контактного и общего сопротивлений динамической системы бетонной смеси в транспортирующей трубе, значительном снижении тепло- и массопотерь в окружающую среду, гомогенизации смеси.

И.Г. ОСИПЕНКОВА

Россия, Санкт-Петербург, СПбГАСУ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО РАЗОГРЕВА В ТЕХНОЛОГИИ ПЕНОБЕТОНА

В последнее время в строительстве наблюдается повышенный интерес к использованию ячеистых бетонов. Это обусловлено не только изменениями теплотехнических требований, но и экономией ресурсов в производстве изделий и конструкций. Одним из материалов, удовлетворяющих требованиям современного строительства, является пенобетон. Этому способствуют его высокие эксплуатационные качества, доступность сырьевой базы, возможность повсеместной организации его производства.

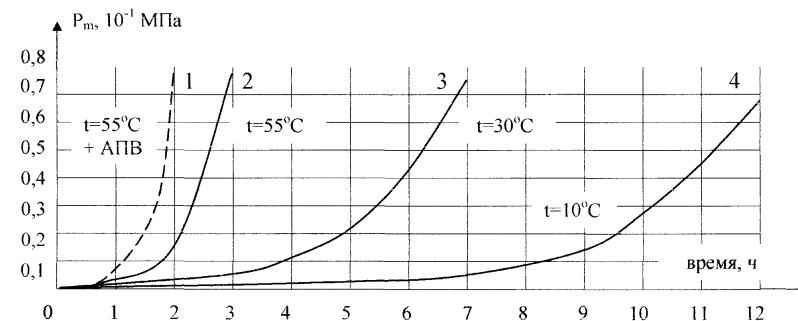
К сожалению, пенобетоны имеют ряд недостатков, например: усадку пенобетонной смеси в форме; необходимость послойного бетонирования до 50 – 60 см при применении материала в построечных условиях; возможность расслоения смеси при транспортировке, но самое важное – длительное время достижения распалубочной прочности. Эти обстоятельства сдерживают широкое внедрение пенобетона в современное строительство, а применение его в монолитном домостроении связано с рядом технических трудностей. Однако тенденция превосходства монолитного возведения зданий над полносборным строительством при жестких условиях конкуренции заставляет решать проблему энергосбережения производства конструкций в условиях стройплощадки.

Одним из эффективных решений этой задачи является совмещение технологии производства пенобетона с предварительным разогревом. Отсутствие автоклавной и термовлажностной обработки позволяет производить пенобетон с небольшими производственными затратами. Существующие научные разработки в области предварительного электроразогрева пенобетонной смеси показали, что можно свести некоторые перечисленные выше недостатки к минимуму, так как разогретая смесь резко интенсифицирует набор прочности, а низкая теплопроводность такой смеси делает термосное выдерживание более благоприятным, чем у бетона на плотном заполнителе. Эти обстоятельства позволили снизить усадку пенобетона и увеличить высоту бетонизируемого слоя до 70 см [1].

Традиционная технология производства пенобетона не допускала ведение работ ниже 15 °С, так как замедление сроков набора пластической прочности пенобетонной смеси вело к их осадке и нарушению структуры. Предварительный электроразогрев позволяет внести в смесь тепло в начальный период, и тем самым создавать в ней благоприятный микроклимат на ранней стадии твердения. Технологическое преимущество нового решения в том, что уже через 2,5 – 3 часа с пенобетонным сырцом из электроразогретой смеси можно производить последующие операции, в то время как по традиционному методу требуется до 11 часов и более (рис. 1). Важнейшим технологическим приемом, обеспечивающим благоприятные условия для формирования структуры бетона с задаваемыми

ми физико-механическими свойствами, является управление скоростью остывания твердеющего бетона.

Исследованиями А.А. Малодушева выявлено, что температура предварительного разогрева не должна превышать 55 °С, дальнейшее ее повышение приводит к разрушению структуры пенобетонной смеси. Последующее выдерживание позволяет без дополнительного подвода тепла получать 60 – 70% прочности на сжатие в суточном возрасте от марочной прочности бетона [1].



Таким образом, при соблюдении таких технологических параметров как температура разогрева (до 55 °С) и отсутствие резких температурных градиентов по сечению в течение первых часов (термосное выдерживание 1 – 2 °С в час) положительно влияет на увеличение стойкости смеси. Причем это преимущество особенно важно при низких температурах, что позволяет расширить область применения этой технологии для построечных условий.

Проведя ряд экспериментов в подтверждение этих выводов (рис. 1, кривые 2 – 4) и анализируя их, было решено совместить технологию электроразогрева пенобетонной смеси с ее активной предварительной выдержкой (АПВ) перед разогревом (рис. 1, кривая 1). АПВ впервые была предложена Колчеданцевым Л.М., ее суть заключается в сочетании процесса выдерживания смеси с технологическими воздействиями на нее, способствующими углублению гидратации цемента [2].

Таким образом, используя известные технологические приемы: порообразование, предварительный электроразогрев и активную предварительную выдержку, представляется возможным поднять на новый качественный уровень производство пенобетона, в том числе при возведении монолитных конструкций.

Литература

1. Малодушев А.А. Электроразогрев пенобетонной смеси непосредственно перед укладкой в дело: Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. - СПб - 2000.

2. Колчеданцев Л.М. Способ интенсификации бетонных работ и средство управления структурообразованием бетона//Строительные материалы. - 1998. - №2. - с. 14 -16.

С.М. ДОКУЛА
ЦАР, Банги, Университет

ОТРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СИНЭРГОБЕТОНИРОВАНИЯ

Параметры синэргобетонирования

Величина	Обозначение	Данные расчета
Раствор		8 – 10 см
Объем смеси	V	0,05 м ³
Сила тока	I	60 А
Напряжение	U	220 В
Мощность	P	40 кВт
Расход энергии	W	30 кВт · ч
Время разогрева до парообразования	T	2 мин
Поток	П	15 м ³ /смену
Угол наклона трубы	B	4

Выдерживание отформованных образцов осуществлялось в специальной камере, где регулировалась постоянная скорость остывания.

При выдерживании соблюдались основные требования: наиболее полного сохранения и усвоения внесенных энергий; сохранение влажности, но в тоже время предусматривалась защита от испарения влаги; предохранение от механических воздействий (вибрации, ударов, толчков); исключение воздействия повышенных температур, особенно в первые 4 ч после укладки и уплотнения смеси; обеспечение постепенного остывания.

Постепенное остывание при снижении температуры бетона на 0,5 – 1 С/ч обеспечивает сжатие всех их составляющих с вытеснением расширившегося воздуха, создает вакуум и дополнительно уплотняет структуру бетона

Несмотря на некоторые отклонения в технологии, такие как частичное обрастание электродов, вытекание цементного теста и быстрого остывания смеси, получены бетоны прочностью 150% по сравнению с образцами стандартного твердения.

Раздел 4

СВОЙСТВА СИНЭРГОБЕТОНА

Т.Д. ШМЕЛЕВА, А.С. АРБЕНЬЕВ
Россия, Владимир, ВлГУ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА
ПО АКТИВНОСТИ И РАСХОДУ ЦЕМЕНТА

Одной из основных характеристик физико-механических свойств бетона является прочность. Существующие эмпирические формулы проектирования состава бетона дают большие расхождения с фактическими данными.

Согласно электролитической диссоциации С. Аррениуса, вещество Ц диссоциируется со скоростью v вследствие свободной энергии Д. Гиббса в энергию разрушения $E_p = Ц \cdot v^2$.

Активность цемента R_u можно представить как внутреннюю энергию Г. Гельмгольца для соединения составляющих бетона – E_c , т.е. это удельная энергия, сообщаемая объему V , вносимая в бетон $R_u = E_c / V$.

Вносимую энергию E_c можно выразить через интеграл произведения прочности на энергию разрушения

$$E_c = \int_{100}^{600} R_{\delta} / (Ц \cdot v^2) dR$$

Интегрируя, получено $E_c = R_{\delta}^2 / (2 Ц \cdot v^2)$

Откуда, преобразуя, имеем $R_{\delta} = 2\sqrt{E_c \cdot Ц \cdot v^2}$

При скорости растворения $v = 10$ м/сек, а $E_c = R_u$; выведена следующая зависимость $R_{\delta} = k\sqrt{2R_u \cdot Ц}$, где k – коэффициент равный 0,5 – 0,7 зависит от прочности заполнителя.

Эксперименты проводились на плотном составе бетонной смеси и оптимальном насыщении заполнителей водой, чтобы не отнимали воду от цемента. Данные сведены в табл. 1.

Таблица 1

Составы бетона

Величина	Прочность бетона, кг/см ² , на составах		
	1	2	3
R_u , кг/см ²	334	392	592
$Ц$, кг/м ³	200	400	450
B , л/м ³	152	191	202

$B / Ц$	0,4	0,4	0,4
OK , см	6...10	6...10	6...10
R_{δ} , кг/см ²	190	319	405

Полученные нами данные сравнивались с расчетными составами бетона по известным формулам табл.2.

Таблица 2

Результаты сравнения прочности бетона

Автор, формула	Коэффициенты		Прочность бетона, кг/см ² , и отклонения, %, от фактических, при составах		
	k	C	1	2	3
Н.М. Беляев, $R_{\delta} = R_u / k (B / Ц)^{1,5}$	3,5	–	144,07 – 24,1	336,87 + 5,6	563,87 + 39,8
И.А.Киреенко, $R_{\delta} = R_u (k - B / Ц)$	1,25	–	163,77 – 13,8	301,87 – 5,4	473,67 + 16,9
И.М.Френкель, $R_{\delta} = k R_u (Ц / B - C)$	0,44	0,32	146,47 – 22,9	303,67 – 4,8	497,57 + 22,8
Л.А.Кайсер, $R_{\delta} = (k R_u + 100) Ц / B - 80$	0,23	–	152,77 – 19,6	316,27 – 0,9	468,87 + 15,8
Ю.М.Баженов, $R_{\delta} = k R_u (Ц / B - C)$	0,55	0,5	149,97 – 20,1	341,47 + 7,0	562,5 7 + 38,9
В.И. Соломатов, А.С. Арбеньев $R_{\delta} = \kappa \sqrt{2R_u Ц}$	0,55	–	201,07 + 5,8	308,0 7 – 3,4	401,57 – 1,0

Наши эксперименты подтвердили формулу В.И. Соломатова – А.С. Арбеньева, что прочность бетона K_{δ} прямо пропорциональна активности и расходу цемента из корня квадратного. Существующие формулы проектирования состава дают заниженное значение прочности бетона для низких марок и завышенное – для высоких.

Ю.Э. МИНКИНЕН

Россия, Санкт-Петербург, СПбГАСУ

ЭКЗОТЕРМИЯ ЦЕМЕНТА ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ ТОНКОСТЕННЫХ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Область применения технологии термовиброобработки бетонных смесей (ТВОБС) ограничивается среднemasсивными конструкциями с $M_n = 6 \dots 10 \text{ м}^{-1}$. Для более тонкостенных конструкций при низких отрицательных температурах (-20°C и ниже) характерно быстрое остывание уложенного бетона, что не позволяет, используя ТВОБС, достичь распалубочной прочности до момента замораживания. Дополнительное утепление опалубки при этом технологически и экономически неэффективно.

Решением данной задачи представляется комбинация в единую технологию двух технологических приемов: непрерывной предварительной ТВОБС и последующего выдерживания бетона в термоактивной опалубке (ТАО). Комбинированная термообработка позволит расширить область применения ТВОБС на тонкостенные монолитные конструкции, сократить цикл бетонирования, снизить энергозатраты и повысить качество бетона.

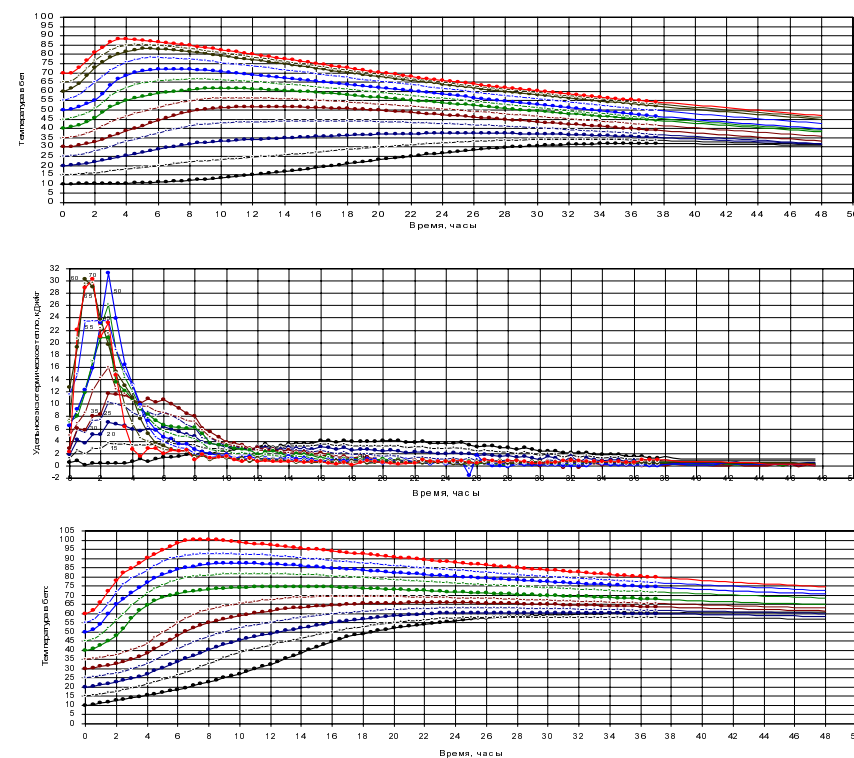
В СПбГАСУ разрабатывается технология бетонирования тонкостенных конструкций горячими смесями с регулируемым остыванием бетона. Для сокращения энергозатрат большое внимание уделяется эффективному использованию экзотермии цемента. Эксперимент с целью сравнения динамики температуры и различий в кинетике и интенсивности экзотермических тепловыделений при ТВОБС и комбинированной термообработке монолитного бетона был проведен на лабораторной базе ЗАО «ЖБКиД» (Санкт-Петербург) в феврале 2002 года.

Экспериментальный стенд имитировал фрагмент тонкостенного монолитного перекрытия толщиной 160 мм ($M_n = 12,5 \text{ м}^{-1}$). Коэффициент теплоотдачи утепления опалубки составлял $0,45 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$. Использовалась товарная бетонная смесь с повышенным водосодержанием состава В:Ц:П:Щ=0,55:1:2,24:2,63 объемным весом $2291 \text{ кг}/\text{м}^3$. Применялся портландцемент М400 Сланцевского завода первой группы активности с добавкой 4,6% граншлака; гранитный щебень фракции 5 – 20 мм; речной песок с $M_{кр}=2,1$. Ртутные технические термометры фиксировали 48 – часовое изменение температуры в твердеющем бетоне с точностью до $0,05^\circ\text{C}$ каждые 30 минут (Рис 1, А и В). Удельная экзотермия цемента рассчитывалась с помощью уравнения теплового баланса по методике И.Б. Заседателева.

Эксперимент показал различия в кинетике экзотермии цемента в зависимости от температуры разогрева при ТВОБС (Рис.1, Б и Г), возможность управлять экзотермией во времени, варьируя температуру предварительного разогрева. При малых (компенсирующих теплопотери) мощностях теплового потока с поверхности термоактивной опалубки интенсивность экзотермии не снижается.

Массированные тепловыделения при гидратации дают существенный прирост температуры, повышая среднюю температуру выдерживания бетона без привлечения дополнительных энергозатрат. Важно обеспечить прирост температуры в ранние сроки (первые 1...2 часа), когда бетон не имеет окрепшей структуры и тепловая деструкция пренебрежимо мала. С повышением температуры разогрева при ТВОБС время наступления максимума экзотермии последовательно сокращается.

Приближение условий нарастания прочности бетона к изотермическим минимизирует тепловую деструкцию. Помимо быстрого прироста прочности это, очевидно, повысит водонепроницаемость и морозостойкость бетона. Энергозатраты в рамках данной технологии по расчетам составят $50 \dots 70 \text{ кВтч}/\text{м}^3$ бетона. Достижима суточная оборачиваемость опалубки.



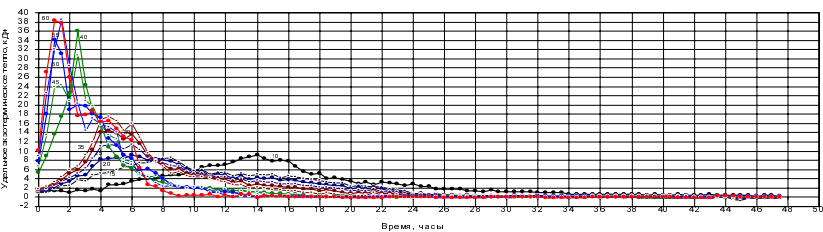


Рис.1. Динамика температуры и кинетика экзотермии цемента:
A, B – температура и экзотермия после предварительной ТВОБС с различными температурами разогрева;
Б, Г – температура и экзотермия при комбинированной тепловой обработке с различными температурами разогрева.

С.И. ПАВЛЕНКО, Н.В. ЗАХАРОВА
Россия, Новокузнецк, СГИУ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАТИВНЫХ СВОЙСТВ
БЕСЦЕМЕНТНОГО ЗОЛОШЛАКОБЕТОНА**

В процессе приготовления, твердения, эксплуатации в бетоне происходят объемные деформации, возникают деформации материала. Деформативные свойства бетона необходимо учитывать при проектировании конструкций; они оказывают большое влияние на качество и долговечность бетонных и железобетонных сооружений.

Деформации бетона можно разделить на следующие виды:

- собственные деформации бетонной смеси (первоначальная усадка) и усадка бетона, возникающие под действием физико-химических процессов, протекающих в бетоне;
- деформации от действия механических нагрузок – ползучесть бетона.

Для определения деформаций усадки и ползучести бесцементного золошлакобетона, основными составляющими которого являются: зола – унос Абаканской ТЭЦ, шлаковый песок фракции 0...5 мм Абаканской ТЭЦ, ферросплавная пыль Кузнецкого завода ферросплавов, испытывались образцы призмы размером 10×10×40 см по методике НИИЖБа. Призмы находились в воздушно – сухой среде с относительной влажностью 50 – 75 % при температуре 18 – 22 °С. Измерение деформаций усадки производили с помощью штативного прибора с индикатором часового типа с ценой деления 0,001 мм. Результаты исследований приведены в таблице.

Исследования показали, что в первые сутки после термообработки и остывания усадка незначительна и составляет 0,03 мм/м, далее до 28 дней она находит-

ся в пределах до 0,3 мм/м. В возрасте от 28 дней до 365 она увеличивается до 0,65 мм/м, а свыше 365 практически прекращается. За пятилетний период она составила всего 0,66 мм/м. Этот показатель превосходит требования СНиП 2.03.01-84 для мелкозернистых бетонов (до 0,75 мм/м).

Основные деформативные характеристики бесцементного бетона за 5 лет

Характеристики бетона	Периоды испытаний, дни						
	1	28	365	730	1095	1460	1825
Относительная усадка, мм/м	0,03	0,3	0,65	0,65	0,66	0,66	0,66
Относительная ползучесть, мм/м	–	–	0,80	0,94	0,94	0,94	0,94

Характер развития усадки разработанного бесцементного бетона более плавный по сравнению с обычным мелкозернистым бетоном. Это происходит за счет более медленной отдачи влаги золошлакобетоном и поглощения ее гидратирующимися зернами золы. Как показали наши исследования это обеспечивает бесцементному золошлакобетону, по сравнению с песчаным бетоном, более высокую трещиностойкость.

Исследования деформаций ползучести бетона производили на специальных пружинных установках, начиная с 28 суток. Призмы 10×10×40 см были загружены длительной нагрузкой, напряжение от которой составляет 50% призмной прочности. Результаты исследований приведены в таблице.

Ползучесть бетона обусловлена ползучестью зольного камня. Способность зольного камня деформироваться во времени под нагрузкой определяется его строением, в частности наличием в нем субмикроструктур гидросиликатов кальция со слоистой структурой кристаллической решетки, удерживающих межплоскостную и пленочную воду. Эту структурную составляющую зольного камня принято называть гелем.

Гелевая структурная составляющая зольного камня в силу своего строения обладает свойством вязкого течения под нагрузкой, что и является основной причиной развития деформаций ползучести. Как показали наши исследования, относительная деформация ползучести мелкозернистого бесцементного золошлакобетона возрастает в течение первых 20 дней до 0,8 мм/м и далее с 20 до 180 дней незначительно (до 0,94 мм/м), а в дальнейшем практически прекращается. Затухающий характер деформаций ползучести золошлакобетона объясняется как перераспределением напряжений с геля на сросток, так и увеличением вязкости гелевой составляющей зольного камня во времени.

Сравнение полученных данных по ползучести с требованиями СНиП также показывает их преимущество с цементным мелкозернистым бетоном на 12 – 15%.

Литература

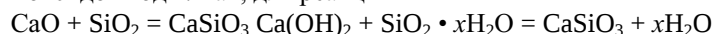
1. НИИЖБ. Методические рекомендации по исследованию усадки и ползучести бетона. МР-1-75 // Москва, 1976
2. Мелкозернистые бетоны из отходов промышленности: Учебное пособие. // С.И. Павленко - М.: Издательство АСВ, 1997. - 176 с.
3. Баженов Ю.М. Технология бетона: Учебное пособие - М.: Высш. шк., 1987. - 415с.

С.И. ПАВЛЕНКО, А.В. АКСЕНОВ
Россия, Новокузнецк, СГИУ

МЕХАНОХИМИЧЕСКАЯ АКТИВАЦИЯ КАК ОДИН ИЗ ЭТАПОВ СОЗДАНИЯ БЕСЦЕМЕНТНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО

Как известно, в состав цемента входят следующие соединения: $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (массовая доля 40 – 60%), $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (15 – 35%), $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (4 – 14%), $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (10 – 18%). Указанные соединения, а также исходные компоненты для их синтеза содержатся в золах от сжигания углей, в отходах литейного и абразивного производства, поэтому такие отходы используются для получения из них бесцементных вяжущих материалов. Качество вяжущих материалов из отходов зависит от следующих факторов: 1) подбора состава, чтобы он в большей степени соответствовал составу цемента; 2) смешивания компонентов, чтобы между ними было возможно химическое взаимодействие. Термические методы в данном случае малопригодны по причине их высокой энергозатратности, поэтому применяют механическую активацию смесей в измельчительных аппаратах.

Однако механохимические реакции с участием безводных оксидов недостаточно эффективны. Термодинамически более выгодны реакции с участием гидратированных оксидов, которые образуются при добавлении к смесям безводных оксидов воды. Так, для реакций



энергия Гиббса равна соответственно - 89,4 и - 117,2 кДж/моль. Эксперимент показывает, что связывание кальция во втором случае протекает в несколько раз эффективнее, чем при взаимодействии безводных оксидов. Продуктами механической активации при соотношении компонентов $\text{Ca}(\text{OH})_2 : \text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O} = 1 : 1$ являются рентгеноаморфные гидросиликаты, относящиеся к тоберморитовой группе ($5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), при их прокаливании получается чистый волластонит $\beta - \text{CaSiO}_3$.

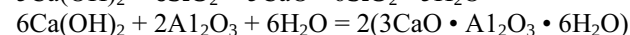
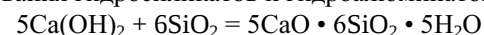
Указанным способом возможно получение и двухкальцевого силиката. Проводилась активация оксида кальция и аморфного силикагеля в присутствии воды, количество которой было несколько больше рассчитанного на теоретический состав $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. После активации в течение 14ч в вибрационной мельнице получен рентгеноаморфный продукт, в котором, по данным ЯМР ^{29}Si , содержится предшественник двухкальцевого силиката. После нагревания до 550 °С появляется пик, принадлежащий $\beta - 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, а при нагревании до 1000 °С продукт уже хорошо окристаллизован.

Аналогично при механической активации смесей гидроксидов кальция и алюминия образуются гидроалюминаты кальция $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, которые при нагревании до температур 700 – 1000 °С разлагаются с образованием $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ и $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ обладающих вяжущими свойствами.

В настоящей работе исследовано применение механической активации для получения композиционного вяжущего из промышленных отходов, содержащих оксиды кальция, кремния и алюминия, а именно: летучая высококальцевая зола ТЭС, песчаная смесь литейного производства АО «Абаканвагонмаш» и продукт высокоглиноземистый (ПВГ – отход Юргинского абразивного завода). Исследования проводили на лабораторной планетарной мельнице АГО - 2 с навесками обрабатываемых смесей 10 г и на укрупненной планетарной мельнице АГО - 3 с общей загрузкой смеси 1 кг.

Энергетические характеристики мельниц близки между собой. Активации подвергались смеси, приготовленные из химически чистых оксидов кальция, кремния и алюминия, а также смеси, составленные из отходов. Рентгенофазовый анализ выполнен на приборе ДРОН-3 (излучение SiK_α). Проводилось определение содержания несвязанного оксида кальция. Измерение основных показателей вяжущего и изделий из него проводилось в соответствии с ГОСТ 310 "Цемент". Проведены опыты по влиянию механической активации на взаимодействие в смеси оксидов CaO , Al_2O_3 , SiO_2 с мольным отношением 1 : 0,5 : 0,5 соответственно. Смеси активировали в течение 10 мин.

В отсутствие воды химическое взаимодействие практически отсутствует (т.е. идет диспергирование и аморфизация оксидов). При добавлении воды появляются рефлексы $\text{Ca}(\text{OH})_2$ а также рефлексы, соответствующие образованию гидроалюмината кальция $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Термодинамические расчеты образования гидросиликатов и гидроалюминатов кальция по реакциям



показывают, что вероятности образования указанных продуктов примерно одинаковы.

Энергия Гиббса для первой реакции равна – 303 кДж/моль, а для второй – 303,2 кДж/моль. Это означает, что гидросиликаты кальция также могут присут-

ствовать в продуктах, но, вероятно, они менее окристаллизованы и не дают дифракционной картины.

Для получения композиционного вяжущего были взяты летучая высококальциевая зола Абаканской ТЭЦ, отработанная формовочная смесь (горелая земля) литейного производства АО "Абаканвагонмаш" и высокоглиноземистый продукт – отход Юргинского абразивного производства.

Для механической активации была выбрана смесь 80% золы и 20% горелой земли и к ней добавлено 5% высокоглиноземистого продукта. Указанный состав обрабатывался в течение различного времени в мельнице АГО-3. Отметим, что воду к смеси не добавляли, но тем не менее нельзя считать, что процесс проводился в отсутствие воды. Можно полагать, что в процессе будет участвовать вода, адсорбированная на поверхности исходных продуктов, содержание которой, как это следует из данных по потерям при прокаливании, находится на уровне 2%.

Результаты проведенных исследований прошли предварительную экспертизу и опубликованы в печати. Подана заявка на новое вяжущее в Роспатент. Получено положительное решение.

В результате проведенной поисковой работы совместно с ОИГТиМ и ИХ-ТТИМ СО РАН установлено:

Из отходов промышленности (вторичных минеральных ресурсов) на основе высококальциевых зол от сжигания бурых углей Канско-Ачинского топливно-энергетического комплекса (КАТЭК) можно создать бесцементное композиционное вяжущее, не уступающее по показателям клинкерным цементам (в частности портландцементу).

С.В. ПЛЕШИВЦЕВ, А.С. АРБЕНЬЕВ
Россия, Владимир, ВлГУ

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ В ИССЛЕДОВАНИИ СВОЙСТВ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Бетон является одним из основных строительных материалов. Объемы его применения достигают много сотен миллионов кубометров в год. Энергетические затраты связанные с производством бетона, особенно в странах с холодным климатом (Россия, северные страны, строительные работы в Антарктиде) весьма значительные, так как требуют пропаривания или электрообогрева после заливки бетонной смеси в опалубку. Поэтому разработка и внедрение энергосберегающих технологий в строительной индустрии является важной и актуальной задачей. Одним из путей интенсификации технологии производства бетона является "энергообработка" бетонных смесей (БС) с использованием энергии электрического и магнитного полей и, в частности, этот эффект можно достичь пропуска электрический ток через бетонную смесь. Ряд исследовательских ра-

бот в этом направлении показали эффективность данного метода, однако, физика процессов протекающих при этом в бетонной смеси остается еще не раскрытой. Результаты пока носят качественный характер и базируются в основном на определении прочности образцов через разные временные интервалы после начала затвердевания бетона.

В настоящей работе предлагается применить статистический анализ к результатам экспериментальных исследований бетонных смесей, в целях получения корреляционных связей между параметрами БС.

Корреляционная – это связь, при которой определенному значению факторного признака, соответствует лишь среднее значение результативного признака. Результативным признаком бетона может являться его прочность или прирост прочности. Факторными признаками являются характеристики бетонной смеси, например состав компонент, свойства воды, вид энерговоздействия или величина "введенной" энергии в БС и т.д.

При прямолинейной форме связи показатель тесноты связи двух признаков определяется по формуле линейного коэффициента корреляции r :

$$r = \frac{\sum (X \cdot Y) - \frac{\sum X \cdot \sum Y}{n}}{\sqrt{\left[\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n} \right] \cdot \left[\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \right]}}$$

где X – значение факторного признака; Y – значение результативного признака; n – число пар данных.

Анализ исследований зависимости прочности стандартных образцов (результативный признак), от мощности подведенной электроэнергии к БС (факторный признак), дает следующие результаты. Коэффициент парной корреляции для этих признаков через 1 сутки после начала затвердевания равен $r = 0,434$, а через 28 суток $r = 0,583$. Согласно шкалы Чеддока, полученные результаты соответствуют умеренной связи в первом случае и заметной связи во втором случае. Отметим, что подводимая мощность изменялась от 195 до 225 кВт. Если в качестве результативного признака взять прочность серии стандартных образцов через 1 сутки после начала схватывания, а в качестве факторного признака плотность электрического тока, пропускаемого через бетонную смесь, то коэффициент корреляции $r = 0,821$, что соответствует высокой "силы" связи между указанными признаками. Анализировались данные полученные при испытании 52 кубиков, полученных из БС после электровоздействия с плотностями тока от 0 до 3,0 кА.

Если в качестве результативного признака принять коэффициент электропроводности, а в качестве факторного признака – температуру разогрева бетонной смеси, то для этой пары признаков коэффициент корреляции равен $r = 0,981$.

Результаты экспериментальных исследований бетонных смесей, положенные в основу расчетов коэффициентов корреляции были получены аспирантами проф. А.С. Арбеньева.

Проведенный анализ не следует рассматривать как законченное исследование, а как демонстрацию одного из методов, который может быть положен в основу целенаправленных исследований бетонных смесей и эффектов энерговоздействия на них. Варьируя значениями факторного признака и получая коэффициенты корреляции его с результативным признаком, можно обнаружить количественный эффект влияния факторного признака на конечный результат.

Раздел 5

ПРАКТИКА

СИНЭРГОБЕТОНИРОВАНИЯ

И.Б. КУЗЬМИН

Россия, Владимир, НПСК “МОНОЛИТ”

ПРАКТИКА СИНЭРГОБЕТОНИРОВАНИЯ ПАРОРАЗОГРЕТЫМИ В АВТОБЕТОНОСМЕСИТЕЛЯХ СМЕСЯМИ

Впервые в мире технология синэргобетонирования монолитных конструкций бетонными смесями, разогретыми паром в смесительном барабане автобетоносмесителя, была применена автором в октябре месяце 1980 года при возведении фундаментов котельной II-ой очереди свинокомплекса во Владимирской области. Строительство зданий и сооружений комплекса осуществляло ПМК-200 строительно-монтажного треста № 1 ГлавВладимирСтроя.

Разогрев компонентов бетонной смеси паром производился в смесительном барабане автобетоносмесителя С-1036 Б, который представлял собой гравитационный реверсивный бетоносмеситель, установленный на шасси автомобиля МАЗ-5549. Пар подавался по трубе в загрузочно - разгрузочное отверстие автобетоносмесителя, которое, в целях уменьшения теплопотерь в атмосферу, было закрыто. Пар поступал из котельной, находящейся на строящемся комплексе. Разогрев производился в течение 10 – 15 мин. Время от разогрева бетонной смеси до укладки не превышало 30 мин., а весь цикл – 1 час. В конструкциях использовались бетоны В-15 и В-25 на портландцементе М 400. Температура бетонной смеси после укладки в конструкцию составляла 50 – 55 °С. При модулях поверхности конструкций до 8 м⁻¹ и температурах наружного воздуха до – 20 °С бетон выдерживался методом термоса, что обеспечивало суточный набор прочности до 60 – 90%. Смесительный барабан последующего автобетоносмесителя был утеплен пенополиуретаном толщиной от 2 до 5 см.

Впоследствии технология нашла применение при строительстве других промышленных объектов, возводимых строительными подразделениями ПМК-178, СМУ-11, СМУ “Киржачстрой” этого треста. Кроме автобетоносмесителей марки С-1036 использовались автобетоносмесители СБ-92-1А на базовом шасси КамАЗ-5511.

Начиная с января 1981 года производственные испытания и внедрение технологии осуществлялось при строительстве зданий и сооружений в г. Кемерово и Кемеровской области. Первыми объектами были резервуар и убежище. Отличительной особенностью этих объектов была высокая насыщенность арматурой и технология бетонирования с пароразогревом бетонной смеси в автобетоносмесителях стала единственной, с использованием которой удалось решить поставленные перед строительными задачами.

Пароразогрев бетонной смеси производился в смесительном барабане автобетоносмесителя СБ-92 на шасси КраЗ-258. Пар, по одной технологической схеме, подавался от существующего на бетонном узле теплового пункта, а по другой – от, изготавливаемого промышленностью, парообразователя Д-563, и, доставляемого первым автобетоносмесителем на строительный объект. Контроль

температуры бетонной смеси внутри смесительного барабана осуществлялся по смонтированному в аварийный люк барабана температурному датчику. Для подогрева воды в водяной бак, имеющийся на автобетоносмесителе, вводили регистр, по которому пропускались выхлопные газы базового автомобиля. Разогретая бетонная смесь укладывалась в конструкции автобетононасосами. Впоследствии технология была распространена на других строительных предприятиях Главного территориального управления по строительству в Кемеровской области.

Начиная с 1986 года технология применяется в гражданском строительстве. Первые производственные испытания технологии проводились при возведении 16-этажного сборно-монолитного дома в г. Лобня Московской области. На базе Всесоюзного научно – проектно – строительного объединения “Монолит” отработывались приемы ведения работ с пароразогревом легкогобетонных смесей.

Последующее широкое распространение технология получила, начиная с 1987 года, при возведении многоэтажных жилых зданий из монолитного бетона в Литве, сначала в г. Вильнюсе, а затем и в других городах. Использовался пароразогрев бетонной смеси для получения тяжелого и легкого бетона. Был проведен комплекс исследований целесообразности дополнительного использования широкого спектра добавок, оптимизирующих технологические свойства бетонной смеси и процесс твердения бетона.

В 1988 году начались комплексные работы по применению технологии трестом “Златоустметаллургстрой” в Челябинской области. Первые рекомендации были реализованы при возведении многоэтажного жилого дома из монолитного бетона в г. Златоусте.

В 1989 году отработывалась технология применительно к условиям возведения д/садов и многоэтажных жилых домов из монолитного бетона в г. Набережные Челны. Для производства легкого и тяжелого бетона, используемого в монолитном домостроении, применялись: портландцементы М 400 Катав-Ивановского цементного завода; кварцевый песок; керамзитовый гравий и песок обжиговый керамзитовый производства завода керамзитового гравия г. Н. Челны.

В 1989 году технология проектировалась для возведения 16-этажного жилого дома из монолитного бетона в г. Владимире. Применялись портландцемент либо шлакопортландцемент М 400, песок кварцевый и обжиговый, шунгезитовый гравий, топливные золы и шлаки Владимирской ТЭЦ.

В заключении необходимо отметить следующее.

В статье приведены основные этапы практического применения технологии синэргобетонирования пароразогретыми в автобетоносмесителях смесями, которые осуществлялись лично автором или под его руководством. Известны и другие случаи применения технологии, когда к автору обращались за консультациями.

В связи с этим хотелось бы выразить благодарность всем строителям - производственникам, от рабочих до управляющих трестами, которые принимали личное участие или содействовали внедрению технологии.

Вместе с тем, необходимо отметить проектировщиков и ученых, с которыми сотрудничал автор, и которые, таким образом, также содействовали внедрению технологии. В 1987 году усилиями сотрудников отдела литовского НПСО “Монолит”, руководимого В. Закарявичюсом, был запроектирован пост пароразогрева, который впоследствии использовался при строительстве многоэтажных жилых домов из монолитного бетона в г. Вильнюсе. В 1989 году при содействии сотрудников лаборатории ЦНИИС, руководимой А.Р. Соловьянчиком, было проведено с применением ЭВМ моделирование процессов твердения тяжелого бетона во внутренних ограждающих конструкциях жилых зданий, возводимых из пароразогретых бетонных смесей, при различных температурах, для условий г. Набережные Челны. Совместно с программистом Е. Липатниковой был компьютеризирован расчет параметров пароразогрева.

Особое внимание хотелось бы обратить на следующие известные автору факты, имевшие и имеющие место быть. За более чем двадцатилетнюю практику применения технологии автору встречались публикации, в которых освещались как отдельные элементы технологии, так и технология в целом. Как правило, если публикация не откровенно компилятивная (например, книга С.И. Полтавцева “Монолитное домостроение” М., СИ, 1993 и др.), то технология представляется не корректно. При всей простоте идеи, тем не менее, технология должна быть адаптирована к конкретному случаю ее применения с учетом имеющихся особенностей производства работ. Поэтому, если публикации или рекомендации выполнены без участия автора, что выражается отсутствием соавторства или ссылки, автор снимает с себя ответственность за такие псевдорекомендации применения технологии.

Н.А. ЗУБОВ

Россия, Санкт-Петербург, СПбГАСУ

ТРЕХСТАДИЙНАЯ ОБРАБОТКА БЕТОННОЙ СМЕСИ, ПОДВЕРГАЕМОЙ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОМУ ЭЛЕКТРОРАЗОГРЕВУ

Одним из наиболее эффективных методов зимнего бетонирования и способов ускорения твердения бетона является предварительный электроразогрев бетонной смеси; одной из разновидностей предварительного разогрева является термовиброобработка бетонной смеси (ТВОБС), разработанная в СПбГАСУ. Суть ТВОБС состоит в том, что бетонную смесь перед укладкой в форму или опалубку подвергают форсированному непрерывному электроразогреву в сочетании с воздействием на смесь вибрации, избыточного давления и пара. Обработку смеси производят в установках ТВОБС, характеризующихся повышенной

технологичностью по сравнению с аналогами. Технология ТВОБС обеспечивает ускоренный набор прочности бетона (40 – 50% через 8 часов и 70 – 100% через сутки) и сокращение энергозатрат на термообработку бетона в 2 – 3 раза по сравнению с электропрогревом бетона и в 5 – 8 раз по сравнению с пропариванием.

Несмотря на явные достоинства технологии ТВОБС, выявлены возможности ее усовершенствования. Так, в настоящее время технология ТВОБС находит применение в основном на предприятиях стройиндустрии и практически не применяется в монолитном строительстве. Выявлены так же резервы повышения эффективности процесса термовиброобработки в части сокращения расхода цемента. Обоснованию направлений совершенствования ТВОБС и посвящена данная работа.

Основной причиной, препятствующей применению предварительного разогрева для возведения монолитных конструкций, является ограничение установленной электрической мощности на большинстве строительных площадок. Применительно к существующим технологиям бетонирования и выдерживания монолитных конструкций строители выходят из положения следующим образом: в первую смену электрическая мощность, установленная на строительной площадке, используется в основном для работы кранов, а во вторую и третью смены – в основном на электропрогрев бетона. В случае применения электроразогрева бетонной смеси на строительной площадке пиковые нагрузки от основных потребителей электроэнергии (грузоподъемных кранов и установок для электроразогрева) совпадают во времени.

Одним из возможных решений по выходу из указанной ситуации является следующее. Тепло в бетонную смесь в полном объеме или частично вносить на заводе, на котором приготавливается бетонная смесь. Разогретую бетонную смесь транспортировать в автобетоносмесителях (миксерах), перемешивая бетонную смесь в процессе транспортирования. На строительной площадке в случае необходимости (определяется расчетом с учетом конкретных условий бетонирования) бетонную смесь догревать. При этом требуемая для этих целей электрическая мощность уменьшится в 1,5 – 2,0 раза по сравнению с электроразогревом в чистом виде.

Благоприятными предпосылками для возможности реализации указанной схемы служат следующие обстоятельства. На заводах железобетонных изделий, где осуществляется приготовление товарного бетона, как правило, имеются свободные установленные электрические мощности. Дело в том, что в настоящее время предприятия строительной индустрии загружены не на полную мощность, на которую они были рассчитаны. Частично это объясняется изменением соотношений объемов сборного и монолитного бетонов в пользу последнего.

Для подтверждения возможности перевозить в автобетоносмесителе смеси, разогретые до 40 – 50 °С были проведены экспериментальные исследования по влиянию повышенных температур на изменение реологических свойств смеси. Установлено, что в температурном диапазоне от 40 до 50 °С перемешивание

смеси позволяет в два раза увеличить время сохранения ее удобоукладываемости по сравнению с разогретой смесью, не подвергаемой перемешиванию. Время сохранения «живучести» перемешиваемой смеси составило 70 и 120 минут при температуре разогрева, соответственно, 67 и 50 °С.

Перемешивание бетонной смеси в процессе транспортирования будет способствовать растворению водой большего количества цемента к моменту укладки бетонной смеси в дело. Активизирующая роль перемешивания разогретой бетонной смеси возрастает по сравнению с перемешиванием холодной смеси. Это обстоятельство будет иметь место неизбежно в силу известного положения, в соответствии с которым при повышенных температурах интенсифицируются процессы гидратации цемента.

Таким образом, с учетом неизбежных теплопотерь на отдельных этапах, активация бетонной смеси в три стадии выглядит следующим образом: первая стадия – перемешивание в бетономешалке при температуре 35 ± 5 °С; вторая стадия – перемешивание в миксере в процессе перевозки при температуре $30 + 5$ °С; третья стадия – термовиброобработка смеси на строительной площадке в установке ТВОБС с разогревом смеси до температуры $70 + 5$ °С.

В.П. ЛЫСОВ

Беларусь, Минск, БНГА

ЭЛЕКТРОРАЗОГРЕВ – КАК ПРИМЕР УСКОРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И КОНЦЕНТРАЦИИ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ЭНЕРГИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В научных и производственных ведомствах строительной отрасли народного хозяйства предварительный электроразогрев обоснованно воспринимается как мощное технологическое достижение в ускорении твердения бетона, повышении прочности и эффективности конструкций, возводимых из него. Доказано, что кратковременное внесение тепла в бетонную смесь, после ее выдерживания, при низкой положительной температуре в период транспортировки способствует увеличению скорости процессов взаимодействия цемента с водой, растворению его минералов и усиленному тепловыделению за счет экзотермии [1,2].

Кроме этого, при разогреве в виброустановках, за счет виброимпульсных и вращательных воздействий более полно усваивается кинетическая энергия и обеспечивается оптимальное размещение составляющих частиц заполнителя и цемента, способствующее увеличению плотности бетона [3]. Этим предварительный электроразогрев смеси выгодно отличается от других технологий термообработки и, по мнению некоторых ученых [1], данный комплекс разработок,

как бы завершает поиски, направленные на расширение сферы применения термостойкого выдерживания.

Вместе с тем следует отметить, что некоторые принципы воздействия на бетонную смесь, путем нестандартного пропуска тока, представляют особую значимость и вполне могут быть использованы в других теплообразующих технологических процессах. Я активно участвовал в научных разработках и внедрении, особенно в период становления, этого метода термообработки, и у меня осталось самое благоприятное впечатление и мнение. Совместно с автором, ныне д.т.н. проф. Арбеньевым А. С., мы внедряли и осваивали эту новую технологию в 60-х годах на строительстве Западно-Сибирского металлургического завода (г. Новокузнецк Кемеровской области). Все созданные нами научные и технические новинки легли в основу ряда диссертационных работ и методических документов по освоению и достижению эффективности производства работ при сооружении объектов металлургии.

Впоследствии, работая в Белорусской политехнической академии, мне неоднократно приходилось возвращаться к анализу теории электротепловых импульсов, направленных на концентрацию энергий в создаваемых отдельных разогревающих устройствах. С использованием этих достижений нами создавались новые обогревающие устройства из углеродистых тканей в виде тонких пластин, которые применялись для устройства греющих опалубок в монолитном домостроении и другие устройства.

Продолжая поиск новых систем обогрева, в 1996 г. нами успешно защищена авторскими свидетельствами и патентами разработка по созданию неметаллического греющего провода [4]. Это уникальное достижение, при дефиците, дороговизне и стоимости перевоза топливно-энергетических ресурсов, является очень важным в системах обогрева помещений жилищного и производственного назначения.

Уникальность такого провода состоит в том, что используемая в нем токопроводящая жила на композиционной основе, состоящая из десятков и сотен тончайших углеродисто – полимерных волокон, обработанных по специальной технологии химическими составами, обеспечивает более интенсивный нагрев в сравнении с металлическими аналогами. Суть заключается в сгруппированности этих волокон в пучке, в котором при прохождении тока, они, помимо частного нагрева обеспечивают постоянный нагрев друг друга, создавая более высокую концентрацию энергии, по подобию известных технологий концентрации энергий в лазерных устройствах, световых излучений, принципов работы космической связи и др. [5]. Все это в итоге способствует снижению расхода энергии на нагрев.

Научная новизна данной разработки заключается в новом подходе к технологии и составу изготовления неметаллического греющего провода, впервые реализованного в мировой и отечественной практике, установлении электротеплотехнических характеристик, разработке методик расчета и проектирова-

ния, технологий устройства и эксплуатации обогреваемых полов с использованием полимерного провода.

Такую простую и недорогую технологию устройства обогрева помещений по системе «греющий пол» оценили в Республике Беларусь владельцы уже около двух тысяч квартир и частных домов, дач, гаражей, офисов и магазинов, улучшив для себя комфортность проживания или труда.

Помимо этого нами проделана значительная работа по созданию нагревательных устройств для использования в других областях. Например, для греющих опалубок в строительстве, оттаиванию снега и льда в лотках и трубах для стока воды с крыш, в тротуарах, дорогах, обогреву тепляков парников, грунта в грядках и др.

Таким образом, все это свидетельствует о том, что технологии, основанные на повышенной концентрации электрической и тепловой энергий в проводнике полимерного электропровода, способствуют повышению эффективности и экономии энергоресурсов.

Мне приятно отметить здесь, что начальной основой в рассмотрении этих особенностей и проведении соответствующих исследований по использованию высоко концентрированных энергий, а также созданию полимерного греющего провода, для меня стала разработка и освоение технологии бетонирования с предварительным электрорагревом, совершенствованием которой я занимался на строительстве Западно-Сибирского металлургического завода с 1961 по 1974 год.

Электрорагрев послужил поучительным примером в освоении способов концентрации энергий, обеспечивающих повышение эффективности в строительстве.

Литература

1. Крылов Б. А. Электрорагрев смеси – прорыв в технологии бетона. В сб. «Синэргобетонирование изделий и конструкций». Владимирский государственный университет. Владимир. - 1997. С. 9 – 11.
2. Арбенев А. С. Становление синэргобетонирования. В сб. «Синэргобетонирование изделий и конструкций». Владимирский государственный университет. Владимир. - 1997. С. 11 – 13.
3. Колчеданцев Л. М. Термовиброобработка бетонной смеси с использованием поворотных бункеров. В сб. «Синэргобетонирование изделий и конструкций». Владимирский государственный университет. Владимир. - 1997. С. 28 – 30.
4. Лысов В. П. Полимерный провод в греющих полах и устройствах. НПО «Стринко». Минск. – 1999. 124 с.
5. Лысов В. П. Повышение энергетической эффективности за счет концентрации потоков энергии. Ж. Энергоэффективность № 8, Минск. – 2001. С. 14 – 15.

Б.Г. КИМ, А.С. АРБЕНЬЕВ

Россия, Владимир, ВлГУ

СТУДЕНТЫ ВлГУ В ОСВОЕНИИ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Студенты Владимирского государственного университета принимали активное участие в освоении новых технологий с электрорагревом смеси на стройках и заводах Владимира и Санкт-Петербурга.

В 1986 году был создан первый студенческий научно-производственный отряд СНПО, который отработал технологию с непрерывным электрорагревом смеси на заводе железобетонных изделий в тресте "Промстрой". Этот отряд в составе Владимирских студентов: Балашова, Геласимова, Гаврилова и других отработал первый виброэлектротокок, которые продемонстрировали в 1987 году на конференции "Форсированный разогрев бетонной смеси" и опубликовали свои работы.

В 1989 году создан СНПО, который осваивал технологию виброэнергобетонирования на стройках завода Санкт-Петербурга.

Сначала отряд в составе Багмановой, Романовой, Соловых и других освоил виброэнергобетонирование на стройках треста 39 и продемонстрировал на конференции 1991 года. На Всесоюзной научно-технической конференции "Непрерывный электрорагрев бетонной смеси в строительстве" также опубликовали свои результаты в сборнике.

Затем следующий СНПО в составе Гаймутдинова, Стогова, Клямкина, Хромовой и Теплухиной довел технологию до рабочего состояния, которая успешно действовала в АО Роцинострой до 1995 года. После окончания университета продолжали делать исследования и опубликовали свыше 12 научных работ.

Следующий СНПО был создан в составе Завражина, Дьякова и Морозова, они остались в университете и успешно защитили кандидатские диссертации.

Студенты оформляли свои исследования в отчетах "Учебно-исследовательские работы студентов".

В настоящее время сформировано два СНПО, которые отрабатывают технологию синэргобетонирования в лабораториях университета. Во время летней производственной практики они готовятся осваивать технологию изготовления пустотных плит перекрытия на предприятиях г. Владимира.

Раздел 6

ЭКОНОМИКА СИНЭРГОБЕТОНИРОВАНИЯ

Б.И. КУЗЬМИН
Россия, Владимир, ВлГУ

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СИНЭРГЕТИКИ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Рассматривая синэргетику¹ как научно обоснованное направление развития технологий, необходимо, в то же время, учитывать экономические аспекты применения той или иной технологии. И в этой связи, на первом этапе главенствующую роль играет правильный выбор критериев оценки. Определяя один критерий или группу, тем не менее всегда необходимо учитывать основной критерий – все рассматриваемые технологии должны базироваться на принципах синэргетики.

Базовыми критериями для всех отраслей деятельности являются такие, как: минимизация затрат (человеческих, материальных, финансовых и др.), безопасность, сохранение экологии и пр. Наряду с этими критериями в группу приоритетов часто входят: сокращение времени производства работ, получение максимально возможных прочностных характеристик, простота использования технологии и другие.

Строительство всегда было и будет одним из приоритетных секторов экономики в нашей стране. Однако последние несколько десятилетий отечественные строители в целом ряде направлений строительства терпят очевидное фиаско. Примеров тому можно привести огромное количество. Одной из причин такого положения дел можно считать отказ от использования системного критериального подхода к технологиям и противоречие их законам природы, в частности, современной теории – синэргетике.

Объективно оценивая природные условия, в которых находится наша страна, необходимо отметить особенности выполнения строительных работ в то или иное время года. Использование зарубежного опыта – полный или частичный отказ от ведения наружных строительных работ при отрицательной температуре наружного воздуха, – не представляется возможным из-за значительной продолжительности этого периода в нашей стране. В этой связи, безусловно, экономически оправданным является ведение наружных работ в теплое время года, а внутренних – в холодное. Однако такой подход не всегда осуществим. И в

¹ “синэргетика” от греческого *syn* (вместе) и *ergon* (работа, энергия), то есть одновременное и согласованное действие разных видов энергии на вещество. И.Р. Пригожин, отмеченный Нобелевской премией в 1977 г., открыл, что при потоковом и интенсивном обмене энергии и вещества с окружающей средой наблюдается высокая степень упорядоченности и наступает самоорганизация диссипативных систем (к которым принадлежит и бетонная смесь).

этой связи, целесообразным является использование при отрицательной и положительной температуре наружного воздуха таких видов работ и технологий, которые универсальны и наиболее разработаны и обоснованы как теоретически, так и практически.

Примерами таких технологий являются технологии синэргобетонирования конструкций и изделий разогретыми смесями. Эти технологии удовлетворяют широкому спектру критериев одновременно, что выводит их в настоящее время в разряд наиболее эффективных как с экономической точки зрения, так и с точки зрения использования ресурсов. Например, применение технологии синэргобетонирования монолитных конструкций жилых зданий пароразогретыми в автобетоносмесителях смесями отвечает многим критериям, в частности, минимизации сроков строительства, одинаковости производства работ как при положительной температуре наружного воздуха, так и при отрицательной. Примеры использования технологии как в России, так и за рубежом доказали возможность (независимо от температуры наружного воздуха) суточного оборота опалубки, когда в 1-ю смену (с 8 до 16 час) производилась установка опалубки, во 2-ю (с 16 до 24 час) – бетонирование пароразогретыми смесями, в 3-ю (с 0 до 8 час) – выдерживание бетонной смеси.

Одним из обязательных критериев, определяющих целесообразность использования той или иной технологии, должен стать критерий, учитывающий технологические риски технологий, сопровождающие производство работ и последующую эксплуатацию изделий.

Научно-технический прогресс приводит к все увеличивающемуся количеству рукотворных объектов, в которых аккумулированы искусственно созданные энергетические запасы, представляющие потенциальную опасность для человека и окружающей его среды. Человек создает технические объекты, совершающие полезную (для человека) работу. Непременным условием выполнения любой работы является изменение запасенной в техническом объекте энергии. “С точки зрения” энергии едино, какую работу совершать – полезную или вредную для человека. Диссипация – одно из основных свойств энергии. Другими словами, энтропия любой закрытой системы, предоставленной самой себе, согласно второму началу термодинамики, самопроизвольно увеличивается. Рукотворный технический объект направляет этот процесс в определенное, ограниченное, искусственное русло, для совершения помимо диссипации и полезной с точки зрения человека работы. Любое отклонение от такого процесса более “естественно”, чем искусственные рамки совершения полезной работы, что в конечном итоге приводит к самопроизвольному высвобождению накопленной энергии из технического объекта – к аварии. Поэтому любой технический объект, выполненный с применением устройств, способов, технологий, противоречащих законам природы, потенциально опасен.

И ущерб, нанесенный применением технологий, противоречащих элементарным законам физики, химии и других наук, не сопоставим с экономической выгодой, как правило, временной. В длительном периоде использование таких

технологий становится не только экономически нецелесообразным, но и связано с фактическими убытками, величина которых значительно превышает кратковременную выгоду. Средства, затрачиваемые на предотвращение и ликвидацию последствий аварий и катастроф, вызванных применением таких технологий, многократно превышают полученную выгоду. Одним из самых трагичных примеров таких решений является полносборное (панельное) строительство жилых домов. Применение сварки арматуры в панелях, пропаривание бетона изделий в пропарочных камерах, вибрирование и другие технологические элементы производства, противоречащие элементарным законам природы, приводят к быстро увеличивающемуся проценту приходящего в негодность и находящегося в аварийном состоянии жилищному фонду страны. При производстве работ на строительных площадках в зимнее время к аналогичным последствиям приводят целый ряд методов зимнего бетонирования, особенно наиболее распространенный электродный электропрогрев.

Парадоксально то, что, несмотря на очевидные недостатки, эти технологии продолжают применяться в настоящее время и до сих пор их вносят в различные справочные и нормативные издания, рекомендуя применение таких технологий, вместо того, чтобы забыть их и вспоминать только при освещении этапов развития и прогресса. Продолжающиеся публикации с описанием этих технологий не только являются экономически необоснованными, но они, по существу, вводят в заблуждение со всеми вытекающими из этого последствиями.

И здесь, в этой связи, необходимо остановиться еще на одном критерии. Мы его назвали “синэргетичностью”. Критерий, который является показателем возможности использования технологии. Технологии, базирующейся, а значит не противоречащей, законам природы. Пора провести детальную ревизию технологий на предмет соответствия их законам природы. Пора перестать отвлекать ресурсы, особенно интеллектуальные и финансовые, на применение и создание ничемных и конъюнктурных устройств, способов, технологий. Пора возрождать, создавать и применять только научно-обоснованные технологии и критериями здесь безусловно являются современные научные теории, такие как теория И.Р. Пригожина.

Т.К. СНЕГИРЕВА
Россия, Владимир, ВлГУ

МАЛЫЙ БИЗНЕС И ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Динамика современной экономики тесно связана с развитием малого предпринимательства как более гибкого сектора, наиболее восприимчивого к внедрению новых прогрессивных технологий. В строительстве деятельность малых предприятий представляется особенно перспективной с точки зрения все рас-

ширяющейся практики возведения монолитных объектов и, как следствие, использования синэргобетонирования и других передовых методов, основанных на электроразогреве бетонной смеси. Это обусловлено, прежде всего, особенностями хозяйственной деятельности небольших организаций. Не располагая значительными финансовыми ресурсами на пополнение или приобретение основных средств, таким организационным формам предприятий в строительстве доступными являются технологии, которые не требуют привлечения значительных инвестиций.

Оборудование, используемое при производстве бетонных работ синэргетическими методами, является доступным как с точки зрения затрат, так и с точки зрения его возможного изготовления в построечных условиях. Это может способствовать повышению конкурентоспособности малого и среднего бизнеса и росту строительства в целом. Так, сложившаяся за последние пять лет тенденция снижения количества малых предприятий в строительстве свидетельствует о существовании серьезных экономических проблем:

- отсутствие реальных инвестиционных источников развития;
- слабая государственная поддержка;
- нестабильность и сложность налоговых условий и др.

Таким образом, технологическая поддержка малого бизнеса поможет обеспечить доступность для небольших строительных организаций передовых методов производства бетонных работ и ускорить сроки возведения зданий и сооружений. В сочетании со снижением себестоимости строительства расширятся возможности обеспечения устойчивых темпов роста данного сектора рынка.

Т.П. КОКШАРОВА
Россия, Владимир, ВГУ

ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЫНОК

Рыночная экономика предусматривает конкуренцию товаропроизводителей, которая является не только стимулом роста производства продукции, но и обуславливает появление новых, более совершенных продуктов, которое обеспечивается внедрением новой техники и технологий.

В настоящее время инновационная активность предприятий в России невелика. Удельный вес предприятий, разрабатывающих и внедряющих новые, либо усовершенствованные продукты и технологии в промышленности, составляет 9,2%, а в строительстве и того меньше. Разрыв с лидирующими государствами по внедрению прогрессивных продуктов и технологий среди стран Европейского союза – Австрии, Дании, Ирландии, – составляет 10 – 12 раз.

В строительстве рыночные отношения в настоящее время еще не получили достаточного развития, что обусловлено в частности резким падением объемов строительства в период перехода к рынку. В этой ситуации внедрение иннова-

ционных технологий в строительстве затруднено, так как главным источником финансирования инноваций в России являются собственные средства предприятий, на долю которых приходится около 80% общего объема затрат. Тем не менее инновации в строительстве являются объективно необходимым процессом. Они обуславливают рост объемов производства, повышение качества продукции предприятий стройиндустрии, а также качество строительства и как следствие – повышение конкурентоспособности предприятий.

Чем больше конкурентоспособной продукции на рынке, тем большее влияние оказывает сам рынок на инновационные процессы.

Рассмотрим данное положение на примере внедрения в строительстве технологии с электроразогревом бетонной смеси. Эта технология начала разрабатываться в 60-е годы прошлого столетия. Она включает в себя четыре вида, каждый из которых прошел определенный этап развития и был опробован на предприятиях и стройках: электротермическое бетонирование (ЭТБ), электроимпульсное (ЭИБ), виброэлектробетонирование (ВЭБ), синэргобетонирование (СЭБ).

Энергообработка смеси обуславливает экономию материальных, трудовых, энергетических затрат, а также обеспечивает повышение прочности бетона. Этапы разработки технологий с энергообработкой смеси и их технико-экономическая эффективность представлены в таблице.

Технология	Годы	Снижение стоимости в %	Прочность бетона, в %, сут/28
ЭТБ	60 - е	5 – 10	50/110
ЭИБ	70 - е	10 – 20	70/130
ВЭБ	80 - е	20 – 30	90/150
СЭБ	90 - е	30 – 40	110/170

Как видно из таблицы, каждая последующая технология обеспечивала значительное улучшение технико-экономических показателей. Кроме того, как показали расчеты, каждая последующая технология обуславливала повышение уровня конкурентоспособности изделий. Развитые рыночные отношения побуждали бы предприятия осуществлять либо реактивные, либо стратегические инновации. Реактивную инновацию предприятие вынуждено осуществлять вслед за нововведением конкурента, чтобы быть в состоянии вести борьбу на рынке и в конечном счете выжить. Для получения конкурентных преимуществ в перспективе предприятию необходимо осуществлять стратегическую инновацию.

Как показали исследования, один и тот же уровень эффективности при осуществлении стратегических инноваций, достигается с меньшими затратами, чем при осуществлении реактивных инноваций. Следовательно, развитый рынок обусловил бы внедрение технологии с электроразогревом бетонной смеси на большинстве предприятий стройиндустрии и стройках России обеспечив дальнейшее развитие этих предприятий и их финансовую устойчивость.

ПРИЛОЖЕНИЯ

РЕШЕНИЕ

III Международной научно-технической конференции "Обобщение теории и практики синэргобетонирования" 29 – 31 мая г. Владимир

Заслушав и обсудив доклады и сообщения по вопросам синэргобетонирования на заводах и стройках Российской Федерации с помощью установок непрерывного действия, **конференция отмечает:**

1. Заложены теоретические основы синэргобетонирования, заключающиеся в концентрированном внесении электромагнитной и другой энергии в виброподвижную бетонную смесь.
2. Обобщен опыт бетонирования на стройках и заводах в городах: Москва, Санкт-Петербург, Владимир, Новокузнецк, Барнаул и др., который показывает, что синэргобетонирование является новым эффективным направлением в технологии бетонных работ, позволяющий на основе использования комплекса фундаментальных законов природы достичь уровня высоких технологий, не имеющих аналогов за рубежом и являющегося полностью отечественной разработкой.
3. Технология синэргобетонирования относится к наиболее экономичным методам электротермообработки бетона. По расходу электроэнергии она является наиболее электросберегающим методом с наименьшим удельным расходом энергии.
4. За последние несколько лет учеными совместно с производственниками разработан ряд высокопроизводительных и долговечных устройств непрерывного действия, что позволяет увеличить возможности для более широкого распространения технологии синэргобетонирования по всей стране.

Конференция постановляет:

1. Продолжать и всемерно развивать исследования и разработки по научному обоснованию идей и методов технологии синэргобетонирования, поиску новых путей и направлений синэргетических воздействий на бетонную смесь.
2. Активизировать работы по совершенствованию способов и устройств различного типа для активации бетонной смеси путем синэргообработки и других технологических воздействий, составляющих суть синэргобетонирования.
3. Предложить Владимирскому государственному университету совместно с НИИЖБ и другими заинтересованными организациями и специалистами разработать "Руководство по синэргобетонированию" с учетом результатов исследований, доложенных и одобренных на конференции.
4. В целях более широкого и эффективного внедрения технологии синэргобетонирования в дальнейшем проводить семинары на базе существующих производств, где применяется синэргообработка смеси.

5. Обратиться в РААСН с просьбой о рассмотрении результатов, достигнутых при синэргобетонировании и других аналогичных технологий бетонирования.
6. Просить ректорат ВлГУ опубликовать материалы конференции.
7. Просить администрацию ВлГУ провести 2007 г. IV Международную конференцию по дальнейшему развитию и внедрению синэргобетонирования.

Председатель конференции –
Академик РААСН, д.т.н., профессор
НИИЖБ Госстроя РФ



Б.А. Крылов

Секретарь конференции –
декан архитектурно – строительного
факультета ВлГУ, д.т.н., профессор,
Заслуженный строитель РФ



Б.Г. Ким

Приложение 2

Перечень журнальных статей по синэргобетонированию

1. Арбенев А.С. О бетонировании крупноразмерных изделий //М.: Промышленное и гражданское строительство. - 1999.- № 2.- С.36-37
2. Соломатов В.И., Арбенев А.С. и др. Обоснование зависимости прочности бетона от расхода и активности цемента //М.: Бетон и железобетон.-1999.- С.64
3. Арбенев А.С. Синергетика электроразогревательных устройств.//Механизация строительства. - 2000. - № 12.-С 11-12
4. Крылов Б.А., Арбенев А.С. Остывание бетона на морозе. М.: Бетон и железобетон. - 1993. - № 5.- С 22-24
5. Арбенев А.С. Четыре принципа синэргобетонирования с электроразогревом смеси. //М.: Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. - 2001.- № 10. - С 34-35
6. Пшонкин Н.Г. Комплексная обработка бетонных смесей в транспортирующих трубах //Бетон и железобетон. - 1992. - № 11.- С 23-24.
7. Пшонкин Н.Г. Непрерывный электроразогрев бетонных смесей в винтовых конвейерах //Изв.вузов. Строительство и архитектура. - 1991.-№ 9. - С. 72-74.
8. Колчеданцев Л.М., Дроздов А.Д., Зубов Н.А. Эффективная технология ускорения твердения бетона и зимнего бетонирования // Строительный вестник Тюменской области. - Тюмень, 2000. - № 2 (11).-С. 29-31
9. Колчеданцев Л.М. Интенсифицированная технология бетонирования средне-массивных конструкций //Монтажные и специальные работы в строительстве - 1998. - № 4.- С. 7-11
10. Ли А.И., Крылов Б.А. Электроразогрев бетонных смесей и перспективные области его применения // Строительные материалы. - 2002. - № 5. - С. 8-10

Алфавитный указатель

Аксенов А. В.	44
Арбеньев А.С.	9, 19, 20, 21, 38, 47, 57
Вашина Е.Н.	21
Докула С.М.	36
Захарова Н.В.	42
Зубов Н.А.	52
Кашина Н.Н.	21
Ким Б.Г.	57
Кокшарова Т.П.	62
Колчеданцев Л.М.	31
Крылов Б.А.	8
Кузьмин Б.И.	59
Кузьмин И.Б.	14, 50
Лысов В.П.	54
Мельников В.М.	20
Минкинен Ю.Э.	40
Осипенкова И.Г.	34
Павленко С.И.	42, 44
Плешивцев С.В.	46
Пшонкин Н.Г.	33
Рыбьев И.А.	12
Снегирева Т.К.	61
Титов М.М.	23, 26
Шмелева Т.Д.	38

Научное издание

ОБОБЩЕНИЕ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ
СИНЭРГОБЕТОНИРОВАНИЯ

Тезисы докладов Международной научно-технической конференции
(29 – 31 мая 2002 г.)

Под редакцией *А.С. Арбеньева*

Редактор И.Б. Кузьмин
Набор и компьютерная верстка Б.И. Кузьмин

Изд. лиц. №020275. Подписано в печать 30.01.03
Формат 60×84/16. Бумага для множит. техники. Гарнитура Times.
Печать офсетная. Усл. печ. л.4,42. Уч.-изд.л.4,93. Тираж 150 экз.
Заказ

Редакционно-издательский комплекс
Владимирского государственного университета.
600000, Владимир, ул. Горького, 87