



Клименко В.М.



Лассин К.Н.

**Клименко В.М., кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные материалы», Лассин К.Н., студент факультета Промышленное и гражданское строительство, Киевский национальный университет строительства и архитектуры (КНУСА), г. Киев**

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ПРИ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ С ХИМИЧЕСКИМИ ДОБАВКАМИ

Рассмотрена проблема повышения прочности бетона при сохранении и снижении расхода цемента за счёт разработанной электротехнологии – электрофизической обработки бетонных смесей с химическими добавками. Приведены экспериментальные исследования эффективности электрофизической обработки бетонных смесей при введении в них химических добавок. Предложена методика контроля структурообразования бетона. Исследовано электрофизическое воздействие на бетонную смесь и цементное тесто с химической добавкой.

В настоящее время существуют различные способы повышения прочности бетона при сохранении и даже снижении расхода цемента, а также сокращения продолжительности тепловлажностной обработки (ТВО) бетона, основанные на интенсификации процессов его твердения (1,2). Использование этих способов в технологии сборного железобетона пока ограничено и объём выпускаемой продукции с их применением ещё не велик. Это связано с определёнными трудностями при внедрении в производство новых способов, которые требуют либо реконструкции предприятий железобетонных конструкций, либо освоения промышленностью нового технологического оборудования. В связи с этим возникает необходимость разработок таких способов интенсификации процессов твердения бетона, внедрение которых в производство не требует больших капитальных вложений, а оборудование для их осуществления было бы относительно простым и не требовало бы для производства новых производственных мощностей. Перспективным в этом направлении является электрофизический способ активации компонентов бетонных смесей при введении в них химических добавок. Известно (3), что применение химических добавок относится к одному из самых универсальных и эффективных способов регулирования свойств цементных систем. Они позволяют достичь экономии материалов, улучшить их физико-технические и технологические свойства. Установлено (4), что электрическое поле способствует образованию в бетоне структуры с мелкими кристаллами большим числом кристаллизационных контактов, улучшающих свойства конечной структуры, а, следовательно, и прочность бетона.

Влияние обработки электрическим полем бетонной смеси при введении в неё химических добавок на процессы структурообразования бетона исследованы ещё не в полной мере и является одним из наиболее перспективных методов.

В Киевском национальном университете строительства и архитектуры на кафедре «Строительные материалы» были проведены экспериментальные исследования электрофизического воздействия на бетонную смесь и цементное тесто с химическими добавками, определены рациональные параметры данного воздействия, а также была предложена методика контроля кинетики структурообразования бетона.

Период физического воздействия на бетонные смеси во многом определяет эффективность ведения данного вида обработки. Рядом исследователей (5) рекомендуется период физического воздействия на бетонные смеси с целью повышения прочностных характеристик, связывающих процесс структурообразования со стадией формирования коагуляционной структуры, другие (6) конкретизируют и указывают на окончание индукционного периода,

в течение которого концентрация ионного раствора не изменяется. Однако чётко зафиксировать для бетонной смеси данный период не всегда возможно, что связано в отдельных случаях, с непригодностью существующих методов (пенетрометрический способ), значительной сложностью, требования высокой квалификации оператора (измерителя) и накладывание определённого воздействия на физико-химические процессы, протекающие в бетоне.

Предлагаемая методика исключает влияние измерительного тока на физико-химические процессы, протекающие в бетонной смеси. При этом обеспечивается повышение точности определения начала и конца индукционного периода, что не требует специальной подготовки оператора. Особенностью предлагаемой методики является использование свободной энергии цемента посредством регистрации ЭДС концентрационной цепи. Так как цементный гель – твердеющий электролит, состав и свойства которого непрерывно изменяются во времени, то два одинаковых металлических электрода, помещённых в него, будут генерировать электрическую энергию. Фиксируя через равные промежутки времени ЭДС концентрационной цепи, по её характерным экспериментальным значениям определяется начало и конец индукционного периода бетонной смеси.

Для определения индукционного периода бетонную смесь или цементное тесто укладывают в форму или опалубку, и устанавливают металлические электроды, подключив их к регистрирующему прибору, который измеряет ЭДС концентрационной цепи. Характерные локальные экстремумы ЭДС, зафиксированные на диаграмме, являются началом и концом индукционного периода бетонной смеси.

Проведенные экспериментальные исследования состояли в том, что бетонную смесь с химической добавкой состава Ц:П:Щ:В:Х = 525:640:1225:195:0,3, приготовленную на портландцементе М500 укладывали в форму 150x150x150мм из водостойкой фанеры. Две металлические противоположные стенки формы являлись одновременно измерительными электродами, которые подключались к одному из каналов многоканального самопишущего автоматического потенциометра типа КСП – 4. К другому каналу подключали цементное тесто с коэффициентом нормальной густоты  $K_{нр} = 0,27$  уложенное в форму 70x70x40 мм из текстолита с двумя боковыми металлическими электродами. Объём испытываемого цементного теста был такой же, как и объём кольца в приборе АПСС – 6, что дало возможность одновременно с изменениями ЭДС концентрационной цепи цементного геля, контролировать сроки схватывания цементного теста прибором АПСС – 6.

После включения прибора на протяжении всего периода твердения бетонной смеси и цементного теста на движущейся ленте с определённым интервалом времени регистрировалась

ЭДС концентрационной цепи бетонной смеси  $E_b$  и ЭДС концентрационной цепи цементного теста  $E_{ц}$ .

Согласно представленной методике контроля кинетики структурообразования бетона была проведена экспериментальная обработка бетонной смеси и цементного теста, при введении в них химической добавки с последующей их обработкой импульсным электрическим полем где были получены графические зависимости  $E_{ц} = f(t)$  – кривая 1,  $E_b = -f(t)$  кривая 2,  $R_b = f(t)$  – кривая 3 представленные на рисунке 1.

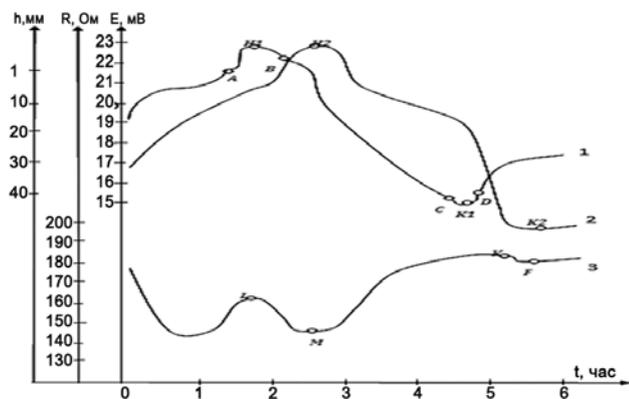


Рис.1. Определение индукционного периода и электрических параметров цементной системы

На кривую 1 нанесены значения данных опытов по прибору АПСС – 6. Участок АВ на кривой 1 – характеризует время, в течении которого игла не доходит до дна формы на величину 1 мм принимаемое за начало схватывания цементного теста.

Участок СД на кривой 1 – характеризует время, в течении которого игла прибора АПСС – 6 погружается в цементное тесто не более чем на 1 мм, принимаемое за конец схватывания цементного теста.

Точки H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub> на кривых 1,2 обозначают момент времени, принимаемые за начало схватывания цемента (H<sub>1</sub>) и бетона (H<sub>2</sub>), а точки K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> соответственно за конец схватывания.

Участок LM, отмеченный на втором спаде кривой 3, обозначает время, соответствующее началу схватывания, а участок KF на третьем спаде – конец схватывания твердеющего бетона. Анализ регистрируемых зависимостей и их сравнение со сроками схватывания по прибору АПСС – 6, доказывает правомерность использования данного способа. Результаты экспериментальных исследований воздействия поверхностно активных веществ (ПАВ) и импульсного электрического поля на цементные системы свидетельствуют о том, что ПАВ воздействуя на микро- и макроскопический уровни дисперсности структуры твердеющего цементного геля (цементной системы) увеличивает его дисперсность, в свою очередь, импульсное электрическое поле, разрушая адсорбционный слой цементного зерна в цементной системе, увеличивает период процесса гидратации, в результате чего сроки начала схватывания цементной системы увеличиваются по сравнению с цементной системой без химической добавки, необработанной импульсным электрическим полем. Данный способ позволяет однозначно и с большей точностью определить индукционный период в цементных системах, не вмешиваясь в процесс структурообразования цементного камня и твердеющего бетона. Сроки схватывания цементов, применяемых в экспериментальных исследованиях по данной методике, представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Сроки схватывания цементов

Тип цемента	К н.г.	Время начала схватывания	Время конца схватывания
ПЦ 500 Пл	0,27	1 ч. 05 мин.	5 ч. 15 мин.
ТЦ 500 Д 20	0,27	1 ч. 10 мин.	5 ч. 45 мин.
ШПЦ 400 с/с	0,27	1 ч. 00 мин.	5 ч. 25 мин.

Предложенная методика позволяет определить диэлектрические свойства цемента (цементного зерна) и цементной системы, которые необходимы для определения уровня напряжённости электрического поля в бетонной смеси с химической, добавкой и цементного зерна. Расчёт уровня напряжённости в цементной системе ведётся в соответствии с разработанной физико-математической моделью гидратации портландцемента в бетонной смеси, при введении в неё химической добавки, под действием внешнего электрического поля представленной в работе (7). Исходные данные для выполнения расчёта определялись в лабораторных условиях в следующей последовательности: отобранную пробу цемента или бетонной смеси с химической добавкой помещали в формочку размером 70x70x40мм, (где две противоположные стороны металлические электроды, остальные части выполнены из диэлектрического материала) и уплотняли на вибрационном столе. Электроды формочки подключали к электронному мосту типа Е 7-8 и вели регистрацию величин ёмкости С и сопротивления R. Из – за отсутствия прямых методов измерения диэлектрической проницаемости из выражения ёмкости плоского конденсатора определяли относительную диэлектрическую проницаемость смеси

$$\epsilon_{r\delta} = \frac{Cd}{\epsilon_0 S} ,$$

где С – измеренная ёмкость (Ф), d – расстояние между электродами (м), S – площадь электрода (м<sup>2</sup>),  $\epsilon_0$  – диэлектрическая постоянная (Ф/м),  $\epsilon_{r\delta}$  – относительная диэлектрическая проницаемость бетонной смеси.

Используя уравнение соотношения между проводимостью и ёмкостью определяли электрическую проводимость

$$\frac{C}{G} = \frac{\epsilon_{r\delta}}{\gamma} ,$$

где С – измеренная ёмкость (Ф), G – измеренная проводимость (1/Ом),  $\gamma$  – электрическая проводимость (1 Ом/м),  $\epsilon_{r\delta}$  – вычисленная абсолютная диэлектрическая проницаемость (Ф/м).

По аналогии с лабораторными исследованиями были проведены экспериментальные исследования в условиях строительной площадки.

Таким образом предложенная методика контроля кинетики структурообразования бетона позволяет определить индукционный период в цементной системе, а также исходные данные параметров внешнего электрического поля (электропроводность и диэлектрическую проницаемость цементной системы) влияющих на гидратацию цемента и прочностные характеристики твердеющего бетона при минимальной напряжённости внешнего электрического поля ( $E_b = 18$  кВ/м) воздействующую на бетонную смесь при наличии в ней химической добавки.

**Литература:**

1. Шестопоров С.В. Технология бетона – М.: Высшая школа, 1977. – 232 с.
2. Шейкин А.Е., Чеховский Ю.В., Бруссер М.И. Структура и свойства цементных бетонов М.: Стройиздат, 1979. – 344с.
3. Розенберг Т.И., Лаптан А.С., Ямбор Я. Механизм действия добавок электролитов на структуру цементного камня и свойства бетона//Бетон и железобетон, 1997, №7, С. 6-9.
4. Манляя Р.Л., Гильман Е.Д. Улучшение свойств бетона путём обработки свежееуложенной смеси постоянным током// Бетон и железобетон, 1973, №1, С. 3.
5. Афанасьев Н.Ф. Электропрогрев бетонных смесей. – Киев: Будивельник, 1979. – 194 с.
6. Мчеловод-Петросян О.П. Химия неорганических строительных материалов. – М.:Стройиздат, 1988. – 95
7. Клименко В.М. Электрофизическая обработка бетонных смесей с химическими добавками 05.09.10.02.00.02. Саратов: 2002. – 214 с.