

УДК 693.54:624.012.4

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗРЯДНО-ИМПУЛЬСНОЙ АКТИВАЦИИ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ

А.П. Шведов

Полоцкий государственный университет, Республика Беларусь

e-mail: a.shvedov@psu.by

Приведен анализ технологий ускорения набора прочности бетона в монолитных конструкциях. Наиболее эффективными являются технологии, основанные на воздействии на процессы гидратации электрическим полем. Несмотря на многообразие параметров используемых электрических полей, продолжается поиск электрических полей, более эффективно воздействующих на процессы набора прочности. Также продолжается и поиск устройств для модернизации параметров используемых электрических воздействий. В работе показано новое устройство для воздействия на процессы гидратации цемента и набора им прочности. Результаты воздействия приводят как к повышению подвижности бетонной смеси, так и к повышению прочности изделий, изготовленных из этих смесей.

Ключевые слова: бетон, электрическое поле, набор прочности, параметр, способ, метод, интенсификация, твердение, активация, вода.

EFFICIENCY OF DISCHARGE-PULSE ACTIVATION OF CEMENT SYSTEMS

A. Shvedov

Polotsk State University, Republic of Belarus

e-mail: a.shvedov@psu.by

The analysis of technologies for accelerating the strength gain of concrete in monolithic structures is given. The most effective technologies are those based on the influence of an electric field on the hydration processes. Despite the variety of parameters of the electric fields used, the search continues for electric fields that have a more effective effect on the processes of strength gain. The search for devices for upgrading the parameters of the electrical influences used is also continuing. The paper shows a new device for influencing the processes of cement hydration and strength gain. The results of the impact lead both to an increase in the mobility of the concrete mixture and to an increase in the strength of products made from these mixtures.

Keywords: concrete, electric field, strength set, parameter, method, method, intensification, hardening, activation, water.

Ведение. При возведении или усилении монолитных конструкций, определяющих темп и сроки реконструкции зданий и сооружений в целом, очень часто, особенно при производстве работ при пониженных и отрицательных температурах, возникает ситуация, когда распалубочная прочность бетона оказывается недостаточной для нагружения конструкций со скоростью, обеспечивающей необходимый темп работ исходя из сроков ввода объекта в эксплуатацию.

Основная часть. Для обеспечения необходимого режима твердения бетона в зависимости от многих факторов используют различные методы [1,2,3,]. Несмотря на большое разнообразие методов термообработки, их высокую эффективность и экономичность, предпочтение на практике по-прежнему отдается традиционным способам выдержки бетона, в частности электропрогреву.

Однако, несмотря на использование повышенных температур и химических модификаторов, получить 80% и более проектной прочности в ранние сроки всеми обогреваемыми методами, в том числе и электропрогревом, практически невозможно. Для этих целей необходимо разрабатывать новые технологические решения по повышению активности цементных систем.

Широкое распространение нашли различные способы повышения активности цементных систем, в том числе:

- введение химических модификаторов;
- физическое воздействие, путем интенсивного перемешивания или механических колебаний;
- электромагнитное воздействие, путем обработки в магнитном поле или пропусканием электрического тока.

Наиболее распространенным способом повышения качества бетона, придания ему новых свойств, а также интенсификации процесса твердения является использование различных химических модификаторов. Но в большинстве случаев они обеспечивают повышенную прочность в ранние сроки твердения с уменьшением прочности в зрелом возрасте.

Известные методы электроактивации цементных систем связаны в основном с применением электрического поля высокой напряженности до 430В/м [4] и напряжения 50-60кВ. При этом начало обработки связано с началом схватывания цемента в бетоне. Поэтому эти методы используют лишь в заводских условиях. В практике монолитного бетона, когда в опалубку укладывается несколько замесов, затворенных в разное время для полученной усредненной массы, начало схватывания превращается в абстрактное понятие. Кроме этого, во всех методах отсутствует контроль над качеством обработки. Если сборную конструкцию можно использовать в менее нагруженных условиях, то в монолите брак необходимо ликвидировать.

Однако немаловажным является то, что в большинстве работ механизм электроактивации объясняется удалением продуктов гидратации с поверхности цементных частиц за счет энергии электрического поля или аффектов, сопутствующих прохождению электрического тока через цементную систему.

При удалении продуктов гидратации от зерен цемента, они перемещаются из водной среды с большей плотностью в водную среду с меньшей плотностью. Вода, имеющая разную плотность, по данным исследований имеет и другие различия. К примеру, диэлектрическая постоянная у воды с плотностью 2000кг/м³ равна 2÷3.

Различия в диэлектрической проницаемости означает, что ее полярность при разной плотности так же различна. При разной полярности растворимость жидкостей друг в друге ограничена, поэтому на границе раздела фаз с разной плотностью возникает пограничное или межфазное натяжение.

Для отвода продуктов гидратации необходимо преодолеть силу поверхностного натяжения. Значение необходимого для этой цели градиента напряжения электриче-

ского поля в первом приближении может определиться по зависимости, полученной с использованием формулы Бачинского и зависимости параметров пленочной воды, представленных в работах Н. П. Блещика.

Данное усилие можно создавать различным способом, к примеру, при помощи вибрации, соударений, электрического воздействия и т.п. Для оценки возможных параметров воздействия рассмотрим движение иона в электрическом поле.

В случае если сила электрического поля будет больше силы поверхностного натяжения на границе раздела жидкостей с разной плотностью, частица будет двигаться.

В соответствии с кинетической теорией электропроводности электролитов, движение ионов происходит не плавно, а скачкообразно из одного положения равновесия в другое. Такое движение возможно после получения ионом (частицей) определенного количества энергии достаточного для преодоления работы сил поверхностного натяжения и занятия нового энергетического уровня.

До момента приложения электрического поля, частица или ион находятся в тепловом движении, следовательно, обладают определенной энергией. Связь средней кинетической энергии частиц с температурой описывается распределением Максвелла.

Для эффективного отвода продукты реакции должны получать энергию в момент начала воздействия, тогда энергия всей системы (уровней) не будет повышаться, а энергия электрического поля в основном будет расходоваться на перемещения продуктов взаимодействия. Поэтому электрическое поле, используемое для этих целей, должно иметь расчетную величину в начальный момент. А это означает, что при использовании токов промышленной частоты, напряжение должно изменяться в дискретном режиме.

Известно, что источниками с импульсной подачей напряжения могут служить приборы, собранные на основе полупроводниковых тиристоров, динисторов, симисторов и т.д. Однако, простое использование данных приборов не позволяет лавинообразно создавать импульс, и поэтому применяют схемы с накопительной емкостью. На основании результатов анализа различных схем электрических установок, разработана новая принципиальная схема устройства [5] представленная на рисунке 1.

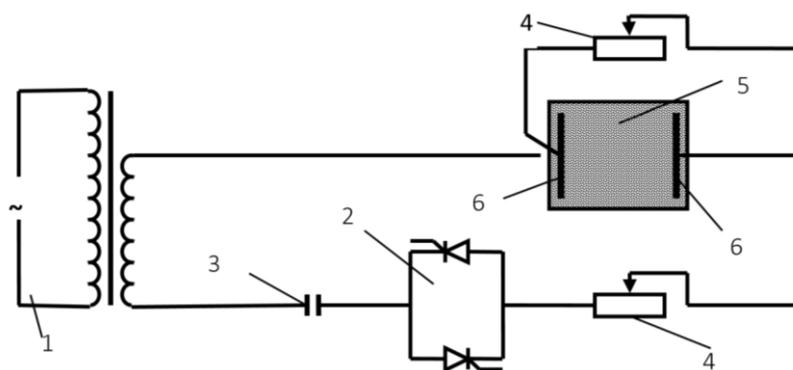


Рисунок 1. – Принципиальная схема устройства для проведения дискретной разрядно-импульсной обработки цементных суспензий

1. Источник тока.
2. Тиристорный регулятор напряжения.
3. Накопительная емкость.
4. Подстроечные сопротивления.

5. Емкость для обработки (активирования цементной суспензии).

6. Электроды.

Для данной схемы, с использованием уравнений и формул электротехники, определяем соотношение между параметрами составляющих ее элементов, при которых одновременно с разрядом накопительной емкости будет достигаться максимальное значение напряжения на нагрузке, и близкий к синусоидальному дальнейший характер его изменения.

В некоторых случаях последовательность ввода компонентов оказывает существенное влияние не только на подвижность бетонной смеси, но и на прочностные и другие физико-механические показатели бетона (таблица 1).

В случае с активированной цементной суспензией возможно несколько вариантов последовательности ее ввода в смесительные установки:

- совместно со всей водой затворения и всеми добавками;
- перед вводом воды затворения и добавок;
- после ввода воды затворения и добавок.

Таблица 1. – Влияние последовательности ввода активированной цементной суспензии на подвижность бетонной смеси и прочность бетона

№ п/п	Последовательность ввода активированной цементной суспензии	Осадка конуса (см)	Предел прочности на сжатие в возрасте сут, МПа		
			3	7	28
1	Контрольный - С-3 + СН со второй порцией воды затворения	5	28,2	30,6	37,8
2	Активированная цементная суспензия совместно с водой затворения	8	34,5	37,1	44,5
3	После ввода первой порции воды и добавок	5	28,4	30,5	37,9
4	Перед вводом воды и добавок	9,5	35,42	38,1	45,7

Анализ данных таблицы позволяет сделать вывод о том, что последовательность ввода активированной цементной суспензии имеет первостепенное значение. Суспензия должна вводиться вместо первой порции воды затворения. При этом наряду с увеличением подвижности бетонной смеси, происходит и рост прочности изделий из данных смесей.

При производстве бетонных работ непосредственно на стройплощадке, важной характеристикой бетонной смеси, содержащей суперпластификатор и добавку активированной цементной суспензии, в состав которой также входит суперпластификатор, является ее способность сохранять удобоукладываемость во времени (жизнеспособность).

Анализ экспериментальных данных также показывает, что с увеличением подвижности бетонных смесей скорость потери подвижности снижается как у смесей, содержащих активированную цементную суспензию, так и у смесей без нее.

В таблице приведены данные влияния цементных суспензий, активированных переменным электрическим током, изменяющемся в дискретном разрядно-импульсном режиме, на подвижность бетонных смесей.

Применение электроактивированной цементной суспензии позволяет при прочих равных условиях и равных содержаниях всех компонентов бетонной смеси, увеличить ее подвижность до двух раз или увеличить прочность бетона в 7-суточном возрасте на 24% и в 28-суточном возрасте на 19-22%.

Заключение. Таким образом, производственная проверка разработанной технологии производства бетонных работ с использованием активированных бетонных смесей в реальных условиях строительной площадки подтвердила, что использование активированной цементной суспензии позволяет, при достижении заданных распалубочной и проектной прочностей бетона, снизить затраты электроэнергии при термообработке бетона на 20-40% и одновременно сократить сроки выдерживания бетона в опалубке на 30-35% при сокращении продолжительности экзотермического прогрева на 56-87%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Миронов С.А. Теория и методы зимнего бетонирования. – М.: Стройиздат, 1975. - 699 с.
2. Евдокимов В.А. Технология строительного производства в зимних условиях. - Л.: Стройиздат, 1984. - 263 с.
3. Калмыков Л.Ф., Коньков В.В., Шведов А.П. Методы ускорения твердения бетона // Сельское строительство Белоруссии. - 1986. - №3. - С. 12-15.
4. Ганин В.П. Интенсификация производства деталей крупнопанельных домов путем электрообработки. - М.: Центр НТИ по гражданскому строительству и архитектуре, 1971. - 48 с.
5. А.с. 1522814 СССР, МКИ 4E04 G9/10. Способ возведения железобетонных конструкций и устройство для его осуществления / А.П. Шведов, С.С. Атаев, Л.Ф. Калмыков, К.А. Кунцевич, В.С. Войтенков, И.П. Шведов, А.Н. Леонович (СССР).- №4262761/29-331. Заявлено 15.06.87.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
АРХИТЕКТУРЫ БЕЛОРУССКОГО ПОДВИНЬЯ
И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ**

Электронный сборник статей

МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(Новополоцк, 26–27 ноября 2020 г.)

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2021

1 – дополнительный экран – сведения об издании

УДК 72(082)

Редакционная коллегия:
Р. М. Платонова (председатель),
В. В. Васильева (отв. секретарь),
Л. М. Парфенова, Е. Д. Лазовский, В. Е. Овсейчик

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АРХИТЕКТУРЫ БЕЛОРУССКОГО ПОДВИНЬЯ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ [Электронный ресурс] : электрон. сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Новополоцк, 26–27 нояб. 2020 г. / Полоц. гос. ун-т ; редкол.: Р. М. Платонова [и др.]. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-R).

ISBN 978-985-531-734-1.

Представлены итоги исследований, освещающие проблемы истории архитектуры, градостроительства и искусства, современной архитектуры, дизайна и строительства, научно-методические проблемы преподавания архитектурных, дизайнерских и строительных дисциплин.

Предназначен для специалистов в области архитектуры и проектирования, преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов архитектурных, дизайнерских и строительных специальностей.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.
Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 59 95 11, e-mail: r.platonowa@psu.by; u.auseichyk@psu.by

№ госрегистрации 3671815379.

ISBN 978-985-531-734-1

© Полоцкий государственный университет, 2021

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Актуальные проблемы архитектуры Белорусского Подвинья и сопредельных регионов» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
АРХИТЕКТУРЫ БЕЛОРУССКОГО ПОДВИНЬЯ
И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ**

Электронный сборник статей

МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(Новополоцк, 26–27 ноября 2020 г.)

Технический редактор *А. А. Прадидова.*
Компьютерная верстка *А. А. Прадидовой.*
Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой.*

Подписано к использованию 27.04.2021.
Объем издания: 11,4 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 420.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>