

УДК 666.972:666.9.022.7

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.221019.32.519

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ ЦЕМЕНТНОЙ СУСПЕНЗИИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

ДУБОВ Т. Н., *ассист.*

Кафедра автоматики и электротехники, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (0562) 756-34-54, e-mail: DTN2003@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1740-9251

Аннотация. Постановка проблемы. В связи с увеличением объемов строительства в Украине предусматривается значительное расширение применения бетонных смесей. Особую актуальность приобретают вопросы снижения стоимости и повышения прочности бетона при уменьшении количества использования портландцемента, без ухудшения его качества. Наиболее распространенными являются способы теплового воздействия, а также использование различных химических добавок. В меньшей мере используются электрофизические методы воздействия, а именно интенсификация с помощью электрических и электромагнитных полей. Для повышения качества и прочности бетона при уменьшении использования количества портландцемента необходимо применение различных методов интенсификации процесса приготовления бетона. **Методика.** Из электрофизических методов интенсификации процессов его приготовления перспективным является метод электромагнитной обработки концентрированной цементной суспензии, которую пропускали через переменное электромагнитное поле и применяли для приготовления бетонной смеси. **Результаты.** Исследования показали, что при воздействии электромагнитного поля на концентрированную цементную суспензию наблюдается положительный эффект в процессе структурообразования и улучшения физико-механических свойств бетонов. Установлено, что в результате такой обработки происходит большее растворение, диспергация и гидратация составляющих цемента и формирование связнодисперсной структуры цементного камня. **Выводы.** Изложенное выше позволяет утверждать, что электромагнитная обработка концентрированной цементной суспензии оказывает положительный эффект в процессе структурообразования и улучшения физико-механических свойств бетонов на основе обработанной в электромагнитном поле концентрированной цементной суспензии.

Ключевые слова: электромагнитная обработка; цементный бетон; прочность бетона; омагничивание; концентрированная цементная суспензия

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОБРОБКИ КОНЦЕНТРОВАНОЇ ЦЕМЕНТНОЇ СУСПЕНЗІЇ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

ДУБОВ Т. М., *асист.*

Кафедра автоматики та електротехніки, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 756-34-54, e-mail: DTN2003@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1740-9251

Анотация. Постановка проблемы. У зв'язку зі збільшенням обсягів будівництва в Україні передбачається значне розширення застосування бетонних сумішей. Особливої актуальності набувають питання зниження вартості і підвищення міцності бетону при зменшенні кількості використання портландцементу, без погіршення його якості. Найбільш поширені способи теплового впливу, а також використання різних хімічних добавок. Менше застосовуються електрофізичні методи впливу, а саме інтенсифікація за допомогою електричних і електромагнітних полів. Для підвищення якості і міцності бетону при зменшенні використання кількості портландцементу необхідне застосування різноманітних методів інтенсифікації процесу виготовлення бетону. **Методика.** З електрофізичних методів інтенсифікації процесів приготування бетону перспективним бачиться метод електромагнітної обробки концентрованої цементної суспензії, яку пропускали через змінне електромагнітне поле і застосовували для приготування бетонної суміші. **Результати.** Дослідження показали, що за впливу електромагнітного поля на концентровану цементну суспензію спостерігається позитивний ефект у процесі структуроутворення і поліпшення фізико-механічних властивостей бетону. Встановлено, що в результаті такої обробки відбувається більша розчинність, диспергация і гідратація складових цементу і формування зв'язнодисперсної структури цементного каменю. **Висновок.** Викладене вище дозволяє стверджувати, що електромагнітна обробка концентрованої цементної суспензії чинить позитивний ефект у процесі структуроутворення і поліпшення фізико-механічних властивостей бетонів на основі обробленої в електромагнітному полі концентрованої цементної суспензії.

Ключові слова: електромагнітна обробка; цементний бетон; міцність бетону; омагнічування; концентрована цементна суспензія

THE EFFECT OF ELECTROMAGNETIC TREATMENT OF CONCENTRATED CEMENT SLURRY ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES

DUBOV T.M., *Ass.*

Department of Automation and Electrical Engineering, State Higher Educational Institution «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-a, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 756-34-54, e-mail: DTN2003@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1740-9251

Abstract. Problem statement. At the beginning of the week, in Ukraine the transfer is more significant in concrete consolidation. Especially important is the need to lower the supply of concrete and concrete, with the change in portability, without any loss of strength. **The purpose of the article.** For increased concrete and concrete strength, when changing the number of Portland cement, it is necessary to consolidate the various methods of the concrete concrete process. The most common are methods of heat exposure, as well as the use of various chemical additives. Electrophysical methods of influence are used to a lesser extent, namely intensification with the help of electric and electromagnetic fields. **Purpose.** To improve the quality and strength of concrete, while reducing the use of Portland cement, it is necessary to use various methods to intensify the concrete preparation process. **Methodology.** From the electrophysical methods of intensifying concrete preparation processes, the method of electromagnetic treatment of concentrated cement slurry, which was passed through an alternating electromagnetic field and was used to prepare the concrete mixture, is promising. **Results.** The performed tests showed that when an electromagnetic field is infused, a positive effect is induced to concentrate on a concentrated cement suspension in the process of structural adjustment and reduction of physical and mechanical power to concrete. It has been established that, as a result of processing, there is a greater variety, dispersion and better storage of cement and a form of cemented stone structure. **Conclusion.** Outlined above allows us to assert that electromagnetic processing of cement paste has a positive effect in the process of structure formation and the improvement of physico-mechanical properties of concrete based on the processed in the electromagnetic field of the cement paste.

Keywords: *electromagnetic processing; cement concrete; strength of concrete; the magnetization; the cement paste*

Введение. В связи с увеличением объемов строительства в Украине предусматривается значительное расширение применения бетонных смесей. Особую актуальность приобретают вопросы повышения качества и прочности бетона при уменьшении использования количества портландцемента, без ухудшения его качества и экономической эффективности.

Бетоны характеризуются низкой прочностью и высоким расходом цемента. Наиболее распространенными и часто используемыми являются способы теплового воздействия, а также использование химических добавок-ускорителей. В значительно меньшей мере используются различные электрофизические методы воздействия. Из электрофизических методов интенсификации процессов приготовления бетона перспективным является метод электромагнитной обработки концентрированной цементной суспензии, а именно

применение его как одного из неотъемлемых составляющих.

Явления, происходящие в материальных средах при наложении на них магнитных и электрических полей, давно привлекали исследователей. Многие из обнаруженных эффектов (ядерный магнитный резонанс, электронный парамагнитный резонанс, эффект Холла) нашли широкое применение в науке и практике. Применительно к твердению вяжущих подобного рода исследования начались еще в 1930-е годы.

Из приведенного обзора опубликованных работ следует, что наложение магнитных и электрических полей оказывает благоприятное воздействие на процесс формирования структуры камневидного тела на основе минеральных вяжущих. Наложение поля осуществлялось по различным вариантам: кратковременной обработке подвергался раствор из вяжущего и воды; омагничивались составляющие, реагирующие на смесь компоненты – вода и вяжущее; твердение образцов осуществлялось в зазоре

электромагнита [1–6]. Как показали предварительные данные исследований П. К. Колесниченко и О. Н. Мчедлова – Петросяна [7], Ю. Б. Ю. М. Бутта, В. В. Тимашева, Л. А. Лукацкой [8], наибольший интерес с точки зрения эффективности представляет метод обработки в магнитном поле воды затворения.

Исследования в этой области установили, что факт увеличения прочности не всегда стабилен; так, солевой состав воды не одинаков в разные промежутки времени. Применение омагниченной воды для затворения иногда не оказывает влияния на прочность цементного камня, а, по данным П. К. Колесниченко, Ю. А. Новожилова [9], в отдельных случаях приводит и к отрицательному эффекту. Из-за нестабильности показателей воды было принято решение исследовать воздействие электромагнитного поля на концентрированную цементную суспензию.

В статье предложены результаты исследований с целью повышения качества бетонных смесей путем применения электромагнитной обработки концентрированной цементной суспензии.

Изложение материала. Под воздействием переменного электромагнитного поля двойной электрический слой дисперсных частиц переходит из равновесного состояния в неравновесное, что вызывает потоки ионов в пределах диффузной части и за ее пределами. В результате интенсифицируются процессы гидратации вяжущего, происходит ускорение твердения бетона и увеличение прочности структуры. Это связано с некоторым уменьшением толщины сольватных оболочек частиц дисперсной фазы и изменением степени ориентационного эффекта структурообразующих элементов [10] – ранняя прочность цементного камня или бетона в значительной степени связана со структурно-механическими свойствами водных пленок на поверхности твердой фазы.

При обработке в электромагнитном поле концентрированной цементной суспензии в ней протекают сложные физико-химические процессы, приводящие ее к камневидному состоянию. Условно, согласно [11; 12], процесс твердения цементного теста включает следующие периоды: адсорбцию, растворение и диспергацию поверхности зерен цемента, гидратацию минералов цемента и формирование, вначале, коагуляционной структуры, последующую конденсацию и кристаллизацию.

В результате этого в конечном итоге формируется капиллярно-пористая структура цементного камня, ответственная за его свойства. Управление структурой цементного камня осуществляют различными технологическими приемами, оказывающими влияние на различные стадии твердения цементного теста [13–17].

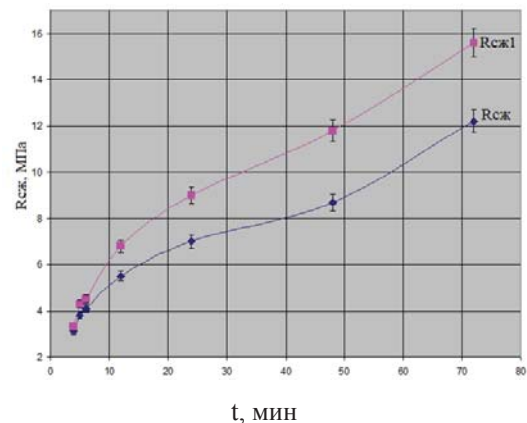


Рис. 1. Кривая изменения $R_{сж}$ в процессе формирования структуры цементного камня: $R_{сж}$ – не обработан, $R_{сж I}$ – обработан в электромагнитном поле / Fig. 1. The curve of the change $R_{сж}$ during the formation of the structure of cement stone: $R_{сж}$ – not processed, $R_{сж I}$ – processed in an electromagnetic field

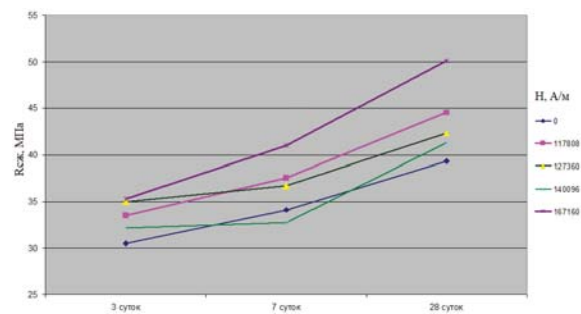


Рис. 2. Влияние электромагнитного поля на рост прочности образцов раствора / Fig. 2. The influence of the electromagnetic field on the growth of strength of the samples of the solution

Комплексные исследования гидратации и структурообразования дают возможность более точно оценить роль физико-химических процессов, сопутствующих и обуславливающих формирование и развитие дисперсной структуры. Согласно экспериментальным данным (рис. 1), набор прочности интенсивно идет в первые 3 суток твердения, с 3 до 7 суток твердения интенсивность заметно падает и с 7 до 28 суток наблюдается плавный переход к стабильному состоянию.

Таблица

Влияние обработанной в электромагнитном поле концентрированной цементной суспензии на рост прочности образцов / The effect of concentrated cement slurry processed in an electromagnetic field on the growth of strength of samples

№ п/п	Напряженность магнитного поля, А/м	Прочность образцов в возрасте		
		3 суток	7 суток	28 суток
		МПа	МПа	МПа
1	0	30,5	34,1	39,3
2	117 808	33,5	37,5	44,5
3	127 360	35,0	36,7	42,3
4	140 096	32,2	32,7	41,3
5	167 160	35,3	41,0	50,1

Как видно из рисунка 1 прочность образцов на обработанной в электромагнитном поле концентрированной

цементной суспензии отличается от контрольных. В одно и то же время образцы на обработанной в электромагнитном поле концентрированной цементной суспензии имеют большее значение прочности, чем образцы не обработанные.

Эффективность электромагнитной обработки концентрированной цементной суспензии оценивалась по приросту прочности приготовленных на ней образцов 100×100×100 мм. Полученные результаты были проверены на образцах естественного хранения в нормальных температурно-влажностных условиях.

На основании анализа полученных результатов была определена оптимальная напряженность электромагнитного поля, а также скорость движения концентрированной цементной суспензии в зазоре омагничивающего устройства (табл., рис. 2).

Выводы. Изложенное выше позволяет утверждать, что электромагнитная обработка концентрированной цементной суспензии оказывает положительный эффект в процессе структурообразования и улучшения физико-механических свойств бетонов на основе обработанной в электромагнитном поле концентрированной цементной суспензии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Активация вяжущих композиций в растворо-пульсационных аппаратах : монография / [Ю. М. Баженов, В. В. Плотников]. – Брянск : БГИТА, 2001. – 336 с.
2. Авраменко С. В. Электромагнитная активация связанных состояний воды в процессах твердения цементных паст / С. В. Авраменко, А. А. Стехин и др. // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2002. – № 12. – С. 28–30.
3. Колчеданцев Л. М. Интенсифицированная технология бетонных работ на основе термообработки смесей : монография / [Л. М. Колчеданцев]. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2001. – 230 с.
4. Торлина Е. А. Активизация частично гидратированного цемента в аппаратах активизации процессов / Е. А. Торлина, А. И. Шуйский, А. А. Новожилов // Строительство – 2007 : сб. матер. междунар. науч.-практич. конф. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2007. – С. 17–20.
5. Дубов Т. Н. Омагничивание в различных сферах деятельности человека / Т. Н. Дубов // Інноваційний потенціал української науки XXI сторіччя : зб. доп. учас. V Всеукр. наук.-практич. конф. – Запоріжжя : вид-во ПГА, 2009. – 124 с.
6. Эриванцев И. Н. Влияние магнитной обработки воды на изменение прочностных показателей цементного камня / И. Н. Эриванцев, В. Н. Лазарев, Т. Н. Дубов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2008. – № 12. – С. 26–29.
7. К исследованию цементных растворов и бетонов при магнитной обработке воды затворения : монография / [Л. К. Колесниченко, Ц. З. Горфинкель]. – Москва : Южгипроцемент, 1967. – Сб. IX. – 156 с.
8. Влияние магнитной обработки воды на скорость гидратации и твердения вяжущих. Гидратация и твердение цементов : монография / [Ю. М. Бутт, В. В. Тимашев, Л. А. Лукацка. Под ред. Ю. М. Бутта]. – Челябинск, 1969. – 110 с.

9. Новожилов Ю. Л. Влияние солей железа и предварительной обработки воды затворения на процессы кристаллизации новообразований в цементе / Ю. Л. Новожилов, Б. С. Баталин // Строительство и архитектура. Известия ВУЗов. – № 1. – 1968. – С. 57–64.
10. Волженский А. В. Минеральные вяжущие вещества : монография / [А. В. Волженский]. – Москва : Стройиздат, 1986. – 253 с.
11. Математическая обработка результатов эксперимента : справ. рук-во / [Л. З. Румшинский]. – Москва : Наука, 1971. – 266 с.
12. Физико – химическая механика дисперсных структур в магнитных полях : монография / [Н. Н. Круглицкий и др.]. – Киев : Наукова думка, 1976. – 196 с.
13. Гордеев Г. М. Электрические свойства магнитных жидкостей / Г. М. Гордеев, Н. П. Матусевич, С. П. Ржевская, В. Е. Фертман // Физические свойства магнитных жидкостей : сб. науч. тр. – Свердловск, 1983. – С. 98–102.
14. Повышение эффективности вяжущих и бетонов электромагнитной активацией : дисс. д-ра техн. наук / М. Е. Заяханов. – Улан-Удэ, 2004. – 405 с.
15. Комохов П. Г. Активационные технологии при получении бетонов / П. Г. Комохов, Н. Н. Шангина // Цемент. – 1999. – № 4. – С. 35–36. – Режим доступа : <http://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/E3-13.01.pdf>
16. Пристрій для омагнічування рідини : патент на корисну модель UA № 31753 U МПК C02F 1/48 / Т. М. Дубов. – u№ 200712266. – Заявл. 05.11.2007; опубл. 25.04.2008; бюл. № 8. – 4 с.

REFERENCES

1. Bazhenov Yu.M. and Plotnikov V.V. *Aktivatsiya vyazhushchikh kompozitsiy v rastvorno-pul'satsionnykh apparatakh* [Activation cementitious mortar compositions in pulsation apparatus]. Bryansk : BGITA, 2001, 336 p. (in Russian).
2. Avramenko S.V. and Stekhin A.A. *Elektromagnitnaya aktivatsiya svyazannykh sostoyaniy vody v protsessakh tverdeniya tsementnykh past* [Electromagnetic activation of bound States of water in the hardening process of cement pastes]. *Stroitel'nye materialy, oborudovaniye, tekhnologii XXI veka* [Building Materials, Equipment, Technologies of XXI century]. 2002, no. 12, pp. 28–30. (in Russian).
3. Kolchedantzev L.M. *Intensifitsirovannaya tekhnologiya betonnykh rabot na osnove termovibroobrabotki smesey* [Intensified technology of concrete works on the basis of thermoviscoelastic mixtures]. Siant-Petersburg : SPSUACE, 2001, 230 p. (in Russian).
4. Torlina E.A., Shumsky A.I. and Novozhilov A.A. *Aktivizatsiya chastichno gidratirovannogo tsementa v apparatakh aktivizatsii protsessov* [Activation of partially hydrated cement in the apparatus of the revitalization processes]. Construction-2007 : mater. of Intern. scienti.-pract. conf. Rostov-on-Don : Rostov State Construction University, 2007, pp. 17–20. (in Russian).
5. Dubov T.N. *Omagnichivaniye v razlichnykh sferakh deyatelnosti cheloveka* [Magnetization in various fields of human activity]. *Innovatsiyyny potentsial ukrayins'koyi nauky KHKHI storichchya : Zbirnyk dopovidey uchasnykiv V Vseukrayins'koyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi* [Innovative Potential of Ukrainian Science of the 21st Century : Collection of reports of the participants of the Fifth All-Ukrainian Scientific-Practical Conference]. PSA Publishing House, Zaporizhzhia, 2009, 124 p. (in Russian).
6. Erivantsev I.N., Lazarev V.N. and Dubov T.N. *Vliyaniye magnitnoy obrabotki vody na izmeneniye prochnostnykh pokazateley tsementnogo kamnya* [The effect of magnetic water treatment on the change in the strength characteristics of cement stone]. *Visnyk Prydniprovskoyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of the Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2008, no. 12, pp. 26–29. (in Russian).
7. Kolesnichenko L.K. and Gorfinkel C.Z. *K issledovaniyu tsementnykh rastvorov i betonov pri magnitnoy obrabotke vody zatvoreniya* [To the study of cement mortars and concretes for magnetic treatment of the mixing water]. Moscow : Southhiprocement Publ., 1967, vol. IX, 156 p. (in Russian).
8. Butt Yu.M., Timashev V.V. and Lukatska L.A. *Vliyaniye magnitnoy obrabotki vody na skorost'. Gidratatsiya i tverdeniya tsementov* [The influence of magnetic water treatment on the rate of hydration and hardening binders. Hydration and hardening of cements] Edited by Butt Yu.M. Chelyabinsk, 1969, 110 p. (in Russian).
9. Novozhilov Yu.L. and Batalin B.S. *Vliyaniye soley zheleza i predvaritel'noy obrabotki vody zatvoreniya na protsessy kristallizatsii novoobrazovaniy v tsemente* [The Influence of iron salts and pretreatment of the mixing water on crystallization of tumors in cement]. *Stroitel'stvo i arkhitektura. Izvestiya vuzov* [Construction and Architecture. University News]. No. 1, 1968, pp. 57–64. (in Russian).
10. Volzhensky A.V. *Mineral'nyye vyazhushchiye veshchestva* [Mineral binders]. Moscow : Stroyizdat, 1986. 253 p. (in Russian).
11. Rumshinskiy L.Z. *Matematicheskaya obrabotka rezul'tatov eksperimenta* [Mathematical processing of experimental results: reference manual]. Moscow : Nauka Publ., 1971, 266 p. (in Russian).
12. Kruglitsky N.N. *Fiziko-khimicheskaya mekhanika dispersnykh struktur v magnitnykh polyakh* [Physicochemical mechanics of disperse structures in magnetic fields]. Kyiv : Naukova Dumka, 1976, 196 p. (in Russian).

13. Gordeev G.M., Matusевич N.P., Rzhetskaya S.P. and Fertman V.E. *Elektricheskiye svoystva magnitnykh zhidkostey : sbornik nauchnykh trudov* [Electrical properties of magnetic fluids. Physical properties of magnetic fluids : sat. scientific. works]. Sverdlovsk, 1983, pp. 98–102. (in Russian).
14. Zayakhanov M.E. *Povysheniye effektivnosti vyazhushchikh i betonov elektromagnitnoy aktivatsiyey* [Improving the efficiency of binders and concretes electromagnetic activation]. Diss. Dr Sc. (Tech.), Ulan-Ude, 2004, 405 p. (in Russian).
15. Komokhov P.G., Komkov P.G. and Shangina N.N. *Aktivatsionnyye tekhnologii pri poluchenii betonov* [Activation technologies while getting the concrete]. *Tsement* [Cement]. 1999, no. 4, pp. 35–36. (in Russian).
16. Dubov T.M. Device for fluid magnetization : Utility Model Patent UA No. 31753 U МПК C02F 1/48. u№ 200712266; statement 05.11.2007; publ. 04/25/2008, bul. no.8, 4 p. (in Ukrainian).

Поступила в редакцію 03.10.2019 г.