

УДК 691.32

DOI: 10.15587/2313-8416.2016.85576

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО МЕЛА КАК МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ В СОСТАВЕ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ

© С. Н. Чепурная, Т. В. Жидкова

ANALYSIS OF FINE-DISPERSED CHALK USAGE AS MINERAL ADDITIVE IN THE COMPOSITION OF SAND AGGRERATE CONCRETE

© S. Chepurna, T. Zidkova

Приведены результаты исследования добавки высокодисперсного мела на физико-механические свойства цементного камня и бетонов. Установлено, что введение высокодисперсного мела в состав вяжущего увеличивает содержание мельчайших частиц. Частицы мела заполняют поровое пространство между частицами цемента, увеличивая при этом плотность упаковки, что ведет к увеличению плотности, что соответственно приводит к улучшению физико-механических свойств бетонов: водонепроницаемости, морозостойкости, коррозионной стойкости, трещиностойкости и других свойств

Ключевые слова: бетон, мел, добавка, плотность, гидрокарбоалюминат кальция, цемент, новообразования

The research results of fine-disperse chalk addition on physical and mechanical properties of the cement stone and concrete are shown. It is determined that fine-disperse chalk addition in the binder composition increases the content of ultrafine particles. The chalk particles fill the pore space between the cement particles, increasing the packing density, which leads to a density increase, which consequently leads to improved physical and mechanical properties of the concrete: water tightness, cold resistance, corrosion resistance, crack resistance and other properties

Keywords: concrete, chalk, addition, density, calcium hydrocarboaluminate, cement, new composition

1. Введение

В настоящее время большое внимание в современном материаловедении уделяют производству новых композиционных материалов, которые обладают высокими эксплуатационными и технологическими свойствами. При получении таких материалов решаются вопросы экономии исходных материалов, энергосбережения и охраны окружающей среды. Однако в настоящее время в Украине при производстве цементов общестроительного назначения в качестве добавки мел не используется ни одним цементным предприятием.

Мел достаточно широко распространен в природе и в большинстве месторождений выходит на поверхность земли. Поэтому его добыча не представляет серьезных проблем [1]. Мел является литологической разновидностью известняков и представляет собой мягкую рыхлую, слабосцементированную тонкозернистую породу на 98 % состоящую из карбоната кальция, а также содержит катионы, которые входят в состав большинства клинкерных минералов [2]. Он отличается значительной изменчивостью механических свойств при изменении влажности и нарушении структуры, а глинистые примеси, входящие в состав мела, способствуют повышению гидрофильности, плотности и прочности мела, но при увлажнении наличие этих примесей дает более значительное снижение прочности.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

О возможности применения мела в качестве добавки к цементу рассматривал Будников П. П. еще в

прошлом веке [3]. По его мнению, мел в бетоне выполняет функции «уплотнителя и адсорбента». В присутствии мела наблюдается ускорение процесса гидратации клинкерных частиц цементного вяжущего, так как при этом увеличивается водоцементное отношение в системе и осуществляется отвод продуктов растворения из зоны реакции к поверхности частиц мела. Частицы гидрофобного мела, распределяясь в порах, создают гидрофобные участки и препятствуют продвижению воды вовнутрь составов. По мнению Михеенкова М. А. [4], Кореньковой С. Ф. [5] мел выполняет роль пластифицирующей добавки в цементной системе, уменьшая водопотребность вяжущего. Согласно исследованиям Жидковой Т. В. [6], Leo G и другие [7] цементные композиции, включающие мел, образуют комплексные соединения – гидрокарбонаты, которые обладают высокой морозостойкостью и приводят к повышению сульфатостойкости бетона и устранению высолов на его поверхности. Мел, выполняя роль пластифицирующей добавки в цементной системе, уменьшает водопотребность вяжущего.

3. Цель и задачи исследования

Главной целью проведения исследований является изучить возможность применения высокодисперсного мела как минеральной добавки, влияние ее на структурообразования бетона и формирование структуры такого композита, что обеспечит улучшение физико-механические свойства бетонов и повышения эксплуатации бетонных конструкций.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Определить роль высокодисперсного мела в структуре цементного камня.

2. Исследовать влияние высокодисперсного мела в зависимости от процентного содержания в составе вяжущего на физико-механические свойства бетонов.

4. Материалы и методы исследования

Для проведения экспериментальных исследований использовался портландцемент ПЦ I-500Н произ-

водства ОАО «Балцемент» следующего минералогического состава: $C_3S - 63,7\%$; $C_2S - 14,8\%$; $C_3A - 6,0\%$; $C_4AF - 12,5\%$. В качестве минеральной добавки использовался мел Славянского месторождения, который представляет собой частицы сферической формы со средним диаметром до 3 мкм, а также сегрегированные конгломераты. Мел вводили в бетонную смесь взамен части цемента в различном процентном соотношении от 10 % до 40 %. Составы, используемые в исследованиях, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Марка цемента	№ образцов	Расход материала, %		В/Ц
		Цемент	Мел	
ПЦ I-500Н	1.1	100	–	0,466
	1.2	90	10	0,460
	1.3	80	20	0,462
	1.4	70	30	0,468
	1.5	60	40	0,472

5. Результаты исследования

Исследования показали, что бетоны, в составе которых содержится высокодисперсный мел, изменяли показатели поровой структуры и фазового состава новообразований [8, 9].

Высокими показателями водонепроницаемости, морозостойкости, коррозионной стойкости обладают образцы в составе вяжущего, которого содержится 10 % высокодисперсного мела [10–12]. Это объясняется тем, что частицы высокодисперсного мела, распределяясь в капиллярных порах, коагулируют их и препятствуют продвижению воды вовнутрь составов, уплотняя зону «цементный камень – наполнитель». При этом происходит «зарастание» пор продуктами гидратации цемента.

Продукты гидратации, представленные гексагональными пластинчатыми кристаллами гидрокарбоната кальция $3CaO \times Al_2O_3 \times CaCO_3 \times 30H_2O$, заполняют пустоты между частицами цемента, увеличивая при этом плотность упаковки. Гидрокарбонат кальция образуется на зернах C_3A в виде экранизирующей пленки, срастаясь между собой и с поверхностью высокодисперсного мела, образуют плотный кристаллический конгломерат, что ведет к образованию плотной структуры и повышая прочность цементного камня. Результаты исследования показали, что образцы с добавкой 10 % мела обладают высокими показателями прочности (рис. 1) и морозостойкости (рис. 2).

Несмотря на высокие показатели водонепроницаемости и морозостойкости образцов с добавками 20 %, 30 %, 40 %, следует отметить для данных образцов значительное снижение прочностных характеристик. Это связано с тем, что увеличение процентного содержания мела в составе вяжущего ведет к уменьшению количества гидрокарбоната кальция. При этом увеличивается количество кубического гидроалюмината C_3AH_6 , который образуется в результате перекристаллизации гидроалюминатов кальция типа C_4AH_{13-19} , а также образование гидросиликатов, преимущественно типа CSH, это делает

структуру более рыхлой, увеличивает количество пор и ведет к снижению прочности.

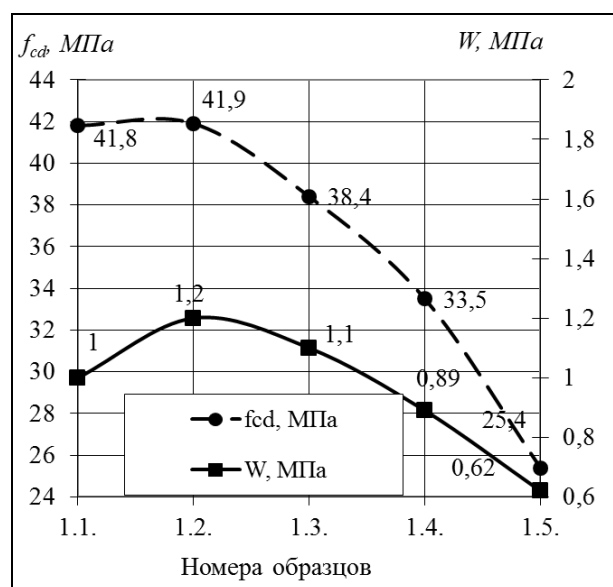


Рис. 1. Зависимость прочности на сжатие и водонепроницаемости

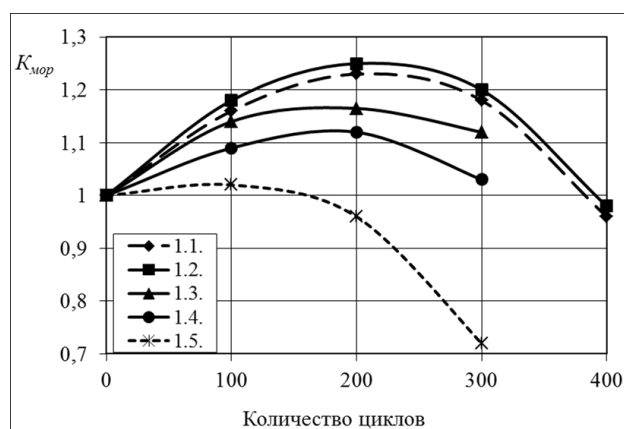


Рис. 2. Зависимость коэффициента морозостойкости ($K_{мор}$) от % содержания мела

6. Выводы

В результате проведенных исследований установлено:

1. Высокодисперсный мел участвует в структурообразовании цементного камня, увеличивается объем кристаллической фазы, изменяется характер пористости, образуются моногидрокарбоалюминаты кальция и твердые растворы гидрокарбоалюмината и гидроксида кальция.

2. Добавка высокодисперсного мела в количестве 10 % положительно влияет на водонепроницаемость, морозостойкость и прочностные показатели бетонов.

3. Добавка мела в пределах 20–40 % от массы цемента снижает прочностные характеристики, при этом характеризуется повышенными показателями водонепроницаемости и морозостойкости.

Литература

1. Паус, К. Ф. Химия и технология мела [Текст] / К. Ф. Паус, И. С. Евтушенко. – М.: Стройиздат, 1977. – 137 с.

2. Полуэктова, В. А. Коллоидно-химические свойства водных дисперсий мела и мрамора [Текст] / В. А. Полуэктова, В. А. Ломаченко, З. В. Столярова, С. М. Ломаченко, В. М. Малиновкер // *Фундаментальные исследования. Технические науки.* – 2014. – № 9. – С. 1205–1209.

3. Будников, П. П. К вопросу о роли высокодисперсных карбонатных добавок в формировании структуры и состава новообразований, возникающих в гидратирующем цементном камне [Текст] / П. П. Будников, В. М. Колбасов // *Тр. VI совещание по экспериментальной и технической минералогии и петрографии АН СССР.* – 1962. – С. 189–196.

4. Михеенков, М. А. Влияние карбонатного наполнителя на свойства бетонов [Текст] / М. А. Михеенков, С. А. Мамаев, И. С. Анакин // *Технологии бетонов.* – 2011. – № 11-12. – С. 41–45.

5. Коренькова, С. Ф. Структура и свойства цементного бетона с добавкой микродисперсного карбоната кальция [Текст] / С. Ф. Коренькова, В. Г. Зимица, Л. Н. Безгина, Е. В. Ренкас // *Известия вузов. Строительство.* – 2008. – № 6. – С. 34–37.

6. Жидкова, Т. В. Исследование коррозионной стойкости вяжущих композиций, содержащих мел и суглинки [Текст] / Т. В. Жидкова // *Реконструкция и капитальный ремонт зданий и сооружений.* – 1989. – С. 7–10.

7. Leo, G. Adding limestone fines as cementitious paste replacement to improve tensile strength, stiffness and durability of concrete [Text] / G. Li. Leo, A. K. H. Kwan // *Cement and Concrete Composites.* – 2015. – Vol. 60. – P. 17–24. doi: 10.1016/j.cemconcomp.2015.02.006

8. Donatello, S. Comparison of test methods to assess pozzolanic activity [Text] / S. Donatello, M. Tyrer, C. R. Cheeseman // *Cement and Concrete Composites.* – 2010. – Vol. 32, Issue 2. – P. 121–127. doi: 10.1016/j.cemconcomp.2009.10.008

9. Тараканов, В. А. Формирование микроструктуры наполненных цементных материалов [Текст] / В. А. Тараканов, Е. О. Тараканова // *Инженерно-строительный журнал.* – 2009. – № 8. – С. 13–16.

10. Чепурная, С. Н. Морозостойкость бетона на основе вяжущего компонента, содержащего карбонат кальция (мел) [Текст] / С. Н. Чепурная, М. С. Золотов // *Научный вестник будівництва.* – 2009. – № 54. – С. 66–70.

11. Cherpurna, S. Modified properties of concrete of fine-disperse chalk [Text] / S. Cherpurna, T. Zhydkova // *Scientific letters of Academic Society of Michal Baludansky.* – 2016. – Vol. 1, Issue 4. – P. 59–62.

12. Чепурна, С. М. Підвищення водонепроникності бетонів з добавкою высокодисперсної крейди [Текст]: зб. наук. пр. / С. М. Чепурна, Т. В. Жидкова, М. С. Чепурна // *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві.* – 2016. – № 5. – С. 85–91.

References

1. Paus, K. F., Evtushenko, I. S. (1977). *Himiya i tehnologiya mela.* Moscow: Stroyizdat, 137.

2. Poluektova, V. A., Lomachenko, V. A., Stolyarova, Z. V., Lomachenko, S. M., Malinovker, V. M. (2014). *Kolloidno-himicheskie svoystva vodnykh dispersiy mela i mramora. Fundamentalnyie issledovaniya. Tehnicheskie nauki,* 9, 1205–1209.

3. Budnikov, P. P., Kolbasov, V. M. (1962). *K voprosu o roli vyisokodispersnykh karbonatnykh dobavok v formirovani i strukturyi i sostava novoobrazovaniy, vznikayuschih v gidratiruyuschem tsementnom kamne. Tr. VI soveshanie po eksperimentalnoy i tehnicheckoy mineralogii i petrografii AN SSSR,* 189–196.

4. Miheenkov, M. A., Mamaev, S. A., Anaskin, I. S. (2011). *Vliyanie karbonatnogo napolnitelya na svoystva betonov. Tehnologii betonov,* 11-12, 41–45.

5. Korenkova, S. F., Zimina, V. G., Bezgina, L. N., Renkas, E. V. (2008). *Struktura i svoystva tsementnogo betona s dobavkoy mikrodispersnogo karbonata kaltsiya. Izvestiya vuzov. Stroitelstvo,* 6, 34–37.

6. Zhidkova, T. V. (1989). *Issledovanie korrozionnoy stoykosti vyazhushchih kompozitsiy, sodержaschih mel i suglinok. Rekonstruktsiya i kapitalnyiy remont zdaniy i sooruzheniy,* 7–10.

7. Li, L. G., Kwan, A. K. H. (2015). Adding limestone fines as cementitious paste replacement to improve tensile strength, stiffness and durability of concrete. *Cement and Concrete Composites,* 60, 17–24. doi: 10.1016/j.cemconcomp.2015.02.006

8. Donatello, S., Tyrer, M., Cheeseman, C. R. (2010). Comparison of test methods to assess pozzolanic activity. *Cement and Concrete Composites,* 32 (2), 121–127. doi: 10.1016/j.cemconcomp.2009.10.008

9. Tarakanov, V. A., Tarakanova, E. O. (2009). *Formirovanie mikrostrukturyi napolnennykh tsementnykh materialov. Inzhenerno-stroitelnyiy zhurnal,* 8, 13–16.

10. Cherpurnaya, S. N., Zolotov, M. S. (2009). *Morozostoykost betona na osnove vyazhushchego komponenta, sodержaschego karbonat kaltsiya (mel). Naukoviy visnik budivnitstva,* 54, 66–70.

11. Cherpurna, S., Zhydkova, T. (2016). Modified properties of concrete of fine-disperse chalk. *Scientific letters of Academic Society of Michal Baludansky,* 1 (4), 59–62.

12. Cherpurna, S. M., Zhidkova, T. V., Cherpurna, M. E. (2016). *Pidvischennya vodoneproniknosti betoniv z dobavkoyu visokodispersnoyi kreydi. Suchasni tehnologiyi ta metodi rozrahunkiv u budivnitstvi,* 5, 85–91.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук Романенко І. І.
Дата надходження рукопису 03.11.2016*

Чепурная Светлана Николаевна, ассистент, кафедра городского строительства, Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А. Н. Бекетова, ул. Революции, 12, г. Харьков, Украина, 61002
E-mail: s.cherpurna@mail.ru

Жидкова Татьяна Владимировна, кандидат технических наук, доцент, кафедра городского строительства, Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А. Н. Бекетова, ул. Революции, 12, г. Харьков, Украина, 61002
E-mail: tavlz@bk.ru

Chepurna Svitlana, Assistant, Department of Urban Development, O. M. Beketov Kharkiv National University of Urban Economy, Revolution str., 12, Kharkiv, Ukraine, 61002
E-mail: s.chepurna@mail.ru

Zhydkova Tetyana, PhD, Associate Professor, Department of Urban Development, O. M. Beketov Kharkiv National University of Urban Economy, Revolution str., 12, Kharkiv, Ukraine, 61002
E-mail: tavlz@bk.ru

УДК 681.5

DOI: 10.15587/2313-8416.2016.85572

ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ КЕРУВАННІ ОБ'ЄКТАМИ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

© М. А. Шуфнарович

RESEARCH OF DECISION-MAKING SUPPORT IN THE MANAGEMENT OF NATURAL RESOURCES

© M. Shufnarovych

Представлено аналіз існуючих математичних методів моделювання та прогнозування стану об'єктів природокористування під дією природних та антропогенних факторів. Виявлено, що більш ефективним є моделювання з використанням методів штучного інтелекту. Розроблено методи моделювання та прогнозування стану об'єктів природокористування, які базуються на використанні теорії штучних нейронних мереж та ідей генетичних алгоритмів

Ключові слова: об'єкт природокористування, моделювання, штучний інтелект, штучні нейронні мережі, генетичні алгоритми

The analysis of existing mathematical methods of modeling and forecasting of conditions of the natural resources under the influence of natural and anthropogenic factors is shown. It is revealed that the more effective is modeling using artificial intelligence methods. The methods of modeling and forecasting of conditions of the natural resources are developed. They are based on theory of artificial neural networks and ideas of genetic algorithms

Keywords: natural resources, modeling, artificial intelligence, artificial neural networks, genetic algorithms

1. Вступ

Питання математичного моделювання процесів, що відбуваються у природних системах під впливом різноманітних факторів, та їх подальшого прогнозування є не до кінця вивченим. Причиною є виняткова складність природних систем, їх індивідуальна унікальність та динамічність природних процесів. До таких складних для моделювання природних процесів відносяться розповсюдження важких металів в ґрунтах, зміна рівня рік та ін. Такими процесами важко керувати, тому проведені дослідження є актуальними.

2. Аналіз літературних джерел та постановка проблеми

В основі емпіричного моделювання процесів лежить метод найменших квадратів (МНК), в якому структуру моделі здебільшого вибирають лінійною відносно її параметрів [1]. Але на практиці, як правило, структура моделі є невідома і це потребує вибору як вигляду самих функцій моделі, так і їх числа. Емпіричне моделювання привернуло до себе значну

увагу після появи робіт акад. О. Г. Іваненка [2, 3], у яких започаткований ефективний апарат побудови моделей оптимальної складності – індуктивний метод самоорганізації моделей. Недоліком цієї групи методів є їх обмежене застосування у випадку великої розмірності об'єктів моделювання, якими і є об'єкти природокористування.

Аналіз існуючих методів показав, що для ефективного моделювання природних процесів доцільно залучати методи штучного інтелекту [4].

3. Мета та задачі дослідження

Метою проведених досліджень є розробка та вдосконалення математичних методів моделювання з використанням ідей штучного інтелекту і на цій основі синтез системи підтримки прийняття рішень при керуванні об'єктами природокористування.

Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні задачі:

1. Розробка методів моделювання та прогнозування стану об'єктів природокористування для прийняття ефективних рішень при керуванні ними;