

УДК 620.197.119

Чепурна С.М.,
s.chepurna0274@gmail.com, ORCID/ 0000-0002-1991-7391,
Харківський національний університет
міського господарства ім. О.М. Бекетова,
к.т.н., доцент Борзяк О.С.,
borziak.olga@gmail.com, ORCID/ 0000-0002-8815-6936,
Українського державного університету залізничного транспорту

БЕТОНИ ПІДВИЩЕНОЇ ВОДОНЕПРОНИКНОСТІ З ДОБАВКОЮ ВИСОКОДИСПЕРНОГО ОРГАНОГЕННОГО КАЛЬЦИТУ (КРЕЙДИ)

Розглянуто та проаналізовано вплив високодисперсного органогенного кальциту (крейди) на властивості бетонної суміші, зокрема водонепроникність. Визначено, що бетони, модифіковані високодисперсною крейдою в кількості 10%, 20 % від маси цементу мають поліпшені показники водонепроникності. При цьому показники водонепроникності не залежать від показників міцності на стиск.

Ключові слова: кальцит, гідрокарбоалюмінат кальцію, високодисперсна крейда, водонепроникність, щільність.

Постановка проблеми. Поліпшення фізико-механічних характеристик бетонів досягається за рахунок введення до складу добавок різного характеру впливу. Мінеральні добавки є невід'ємним компонентом сучасних бетонів. Їх використання дозволяє знизити кількість клінкерного цементу, підвищити щільність структури і, міцність, довговічність та стійкість бетонів у агресивному середовищі. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є розробка високоякісних бетонів, що орієнтовані на використання місцевих мінеральних ресурсів. В якості природних добавок досить часто використовують карбонатні породи, проте в Україні при виробництві цементів загальнобудівельного призначення використовується в якості основного компонента практично тільки вапняк-черепашик, а така карбонатна порода як крейда в загальному не використовується. Використання меленої крейди ускладнене її основними властивостями: підвищеною липкістю, гідрофільністю, високою питомою поверхнею. Однак досить об'ємні запаси крейди, з високим вмістом карбонату кальцію, який здатний брати участь у структуроутворенні цементного композиту і бетону, а також слабка цементация частинок з високою питомою поверхнею створює передумови для використання меленої крейди в якості заповнювачів для бетонних сумішей і бетонів.

При досить широкому висвітленні питань впливу карбонатних заповнювачів та наповнювачів на процеси структуроутворення в цементному каменю та бетоні мало досліджений вплив на ці процеси такої карбонатної породи, як крейда. Вивченням структури та властивостей крейди займалися вчені Н.П. Кудеярова [1], Г.І. Бушинський [1], Є.О. Іванова [3], С.І. Шуменко [4, 5], В.А. Полуєктова [6] та інші. При більш детальному вивченні структури крейди спостерігається поява органогенного кальциту розміром 2 – 5, рідше 10 мкм, кальцитовими уламками та залишками кокколітів розміром 2-5 мкм (рис. 1). Крім того, в структурі крейди присутні невелика кількість β -кварцу, халцедону, глинистих домішок, що представлені доломітом $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, магнезитом MgCO_3 , сидеритом FeCO_3 .

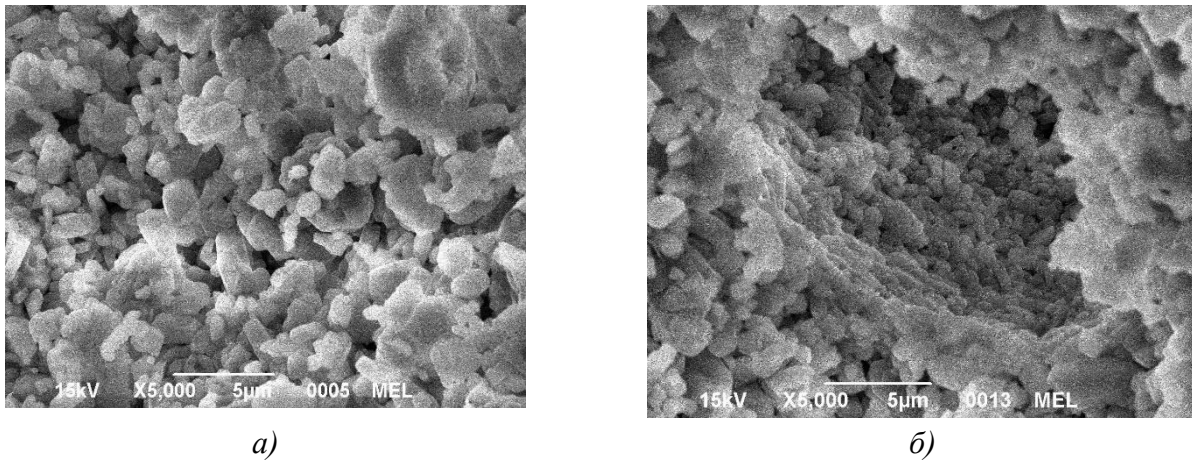


Рис. 1 Електронікроскопічний знімок природної поверхні сколу крейди Слов'янської (кокколіти): а – збільшення 3000; б – збільшення 5000

Дослідження показали, що крейда містить катіони, які входять до складу більшості клінкерних мінералів. Поверхня крейди у водних дисперсіях має надлишковий від'ємний заряд, про що свідчить невелике від'ємне значення ζ -потенціалу, при цьому еквіпотенціальна крапка крейди відповідає рН від 5 до 7. На відміну від карбонатних порід крейді присутні специфічні властивості. Крейда гідрофільна, але гігроскопічність її дуже маленька в наслідок малої дисперсності та малого розміру активної поверхні. При введенні у суміш частинок гідрофобної крейди, що розмішуються у порах, створюються гідрофобні ділянки, що перешкоджають просуванню води всередину сумішей.

Гідрофобна крейда не тільки сприяє ущільненню і пластифікації суміші, але й впливає на формування фазового складу гідросилікатів кальцію. При цьому основними продуктами гідратації є низькоосновні гідросилікати типу CSH(I) і гідрокарбосилікати кальцію, що веде до підвищення міцності і морозостійкості таких сполук. Крейда має низьку розчинність, не утворює кристалогідратів і не взаємодіє з водою, але при диспергації легко

розмучується. Поверхня крейди вкрита вільною кремнекислотою, тому механізм взаємодії крейди з клінкерними мінералами та продуктами їх гідратації суттєво відрізняється від відомих механізмів взаємодії інших карбонатних порід.

Мета роботи даної роботи є розробка бетонів з добавкою високодисперсного органічного кальциту (крейди) з підвищеними показниками водонепроникності.

Матеріали і методи дослідження. Водонепроникність бетонних зразків визначалася згідно з ДСТУ Б В. 2.7-170:2008 за методом «мокрої плями» на зразках – циліндрах висотою та діаметром 150 мм. Тиск води підвищують ступенями по 0,2 МПа протягом 2 хв і витримують на кожному ступені протягом 16 год. Випробування зразків проводили поки на верхній поверхні не просочувалася вода, з'являлася «мокра пляма».

Дослідження водонепроникності проводили на зразках, модифікованих 10 %, 20 %, 30 % та 40 % високодисперсною крейдою (табл. 1).

Таблиця 1.

Склад бетонних зразків

Марка цементу	№ зразків	Витрати матеріалу, %		В/Ц
		Ц	К	
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
ПЦ 400	2.1	100	-	0,48
	2.2	90	10	0,473
	2.3	80	20	0,473
	2.4	70	30	0,478
	2.5	60	40	0,487

*Ц- портландцемент; К- високодисперсна крейда

Результати дослідження. Водонепроникність характеризується здатністю бетону чинити опір проникненню води і є одним з визначальних параметрів довговічності і корозійної стійкості бетону. Фільтрація води у бетоні здійснюється не тільки через капіляри цементного каменю, а й через «седиментаційні капіляри» - маломіцні утворення в зоні контакту цементного каменю із заповнювачем, адже з боку зерен заповнювача не надходять речовини, які здатні зв'язувати та ущільнювати цементний камінь, а відповідно і бетон. Водонепроникність бетонів значно нижче, ніж цементного каменю. Це

можна пояснити тим, що бетони мають меншу однорідність, наявність великих нещільних пор, що виникають в місцях контакту цементу з заповнювачем.

Дослідження водонепроникності бетонів, модифікованих високодисперсною крейди, показали, що цей показник не залежить від міцності на стиск. Марка за водонепроникності бетонів, модифікованих 20 % і 30 % високодисперсною крейдою, підвищується на 20 % і 15 % відповідно (рис. 2).

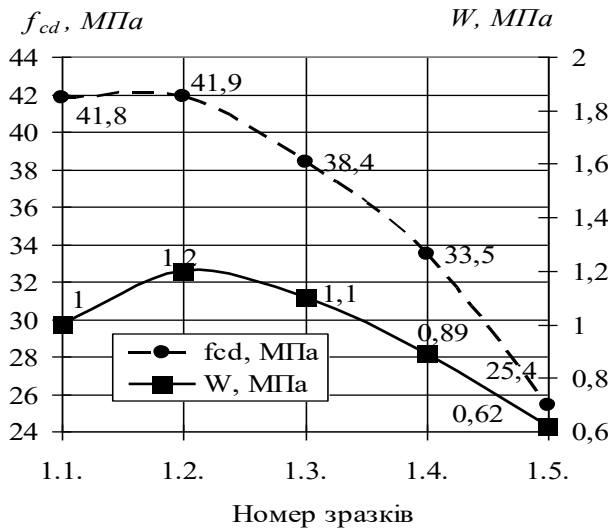


Рис. 2 Залежність міцності на стиск (f_{cd}) та водонепроникності (W) бетонних зразків

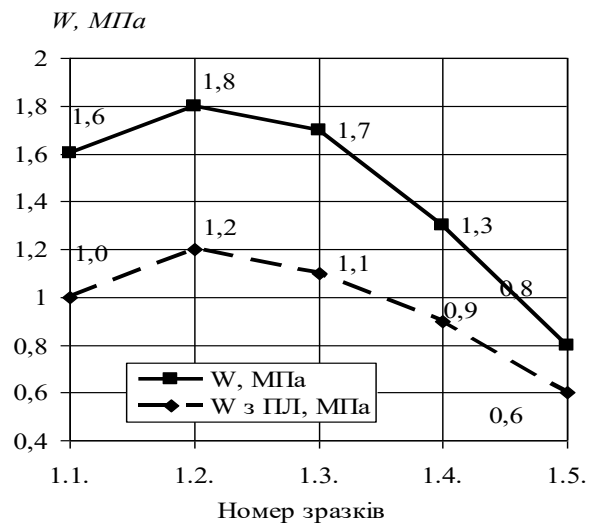


Рис. 3 Залежність міцності на стиск (f_{cd}) та водонепроникності (W) бетонних зразків з пластифікатором:

Підвищення водонепроникності бетонних зразків, модифікованих 20 % і 30 % високодисперсною крейдою, обумовлено тим, що розміри частинок високодисперсної крейди можна порівняти з розмірами капілярів цементного каменю. Високодисперсна крейда, розподіляючись у капілярних порах, кольматує їх і перешкоджає просуванню води всередину зразків, що веде до ущільнення зони «цементний камінь - наповнювач». При цьому відбувається «заростання» пор продуктами гідратації цементу, що зумовлює зменшення загальної пористості бетону і підвищується його щільність. Ці дані підтверджується рентгенографічними дослідження [7] і оптичною мікроскопією [8]. На рентгенограмі бетонного зразку, модифікованого 10% високодисперсною крейдою, з'являються дифракційні максимуми, що відповідають гідрокарбоалюмінату кальцію $C_3A \times CaCO_3 \times 12H_2O$, утворення якого обумовлено взаємодією C_3A із $CaCO_3$ крейди (рис. 3).

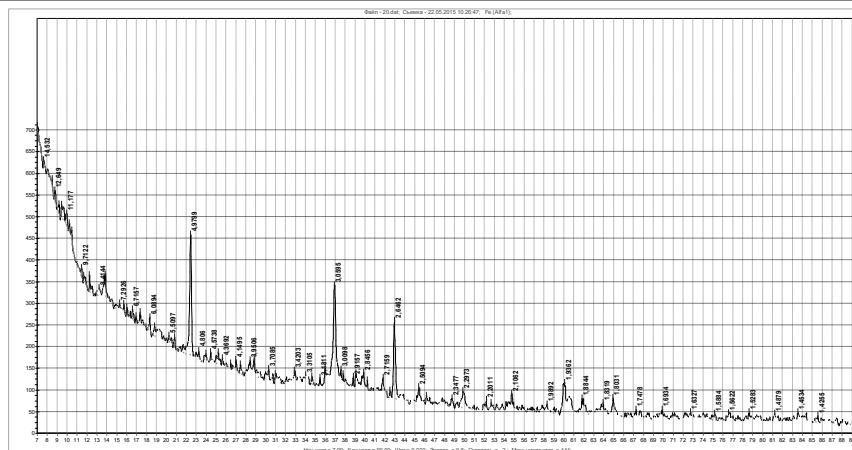


Рис. 3. Рентгенограма бетонного зразку, модифікованого 10% високодисперсною крейдою

За даними рентгенограми на рис. 4 для бетонного зразку, зразку, модифікованого 20% високодисперсною крейдою характерно зменшення кристалів гідрокарбоалюмінату кальцію та початок утворення гідроксидів кальцію.

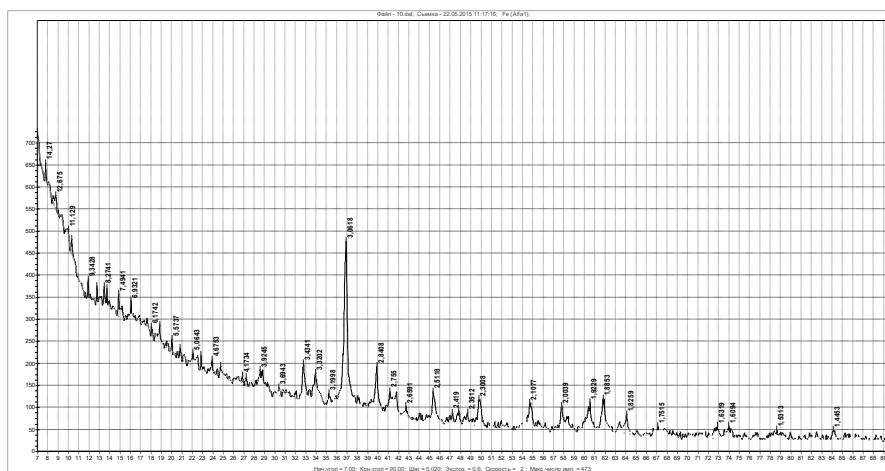


Рис. 4. Рентгенограма бетонного зразку, модифікованого 10% високодисперсною крейдою

Проведені електронно-мікроскопічні дослідження цементного каменю підтвердили, що структура цементного каменю, модифікованого 10 % високодисперсною крейдою є достатньо щільна, в якій пори, що заповнені повітрям, мають різний розмір та розташовані нерівномірно. В структурі наявні кристали портландиту, еtringіту та гідрокарбоалюміната кальцію типу $3\text{CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times \text{CaCO}_3 \times 10\text{H}_2\text{O}$ або $\text{CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 3\text{CaCO}_3 \times 31\text{H}_2\text{O}$, який заповнює порожнечу між частинками цементу та збільшує щільність упаковки і веде до збільшенню щільності зразків(рис. 5).

Під дією високодисперсної крейди з'являються низькоосновні гідросилікати – астроподібні кристали, які мають високі ковалентні зв'язки, що створює умови для створення бетонів з високими показниками

водонепроникності та корозійної стійкості. Поверхня часток крейди вкрита вільною кремнекислотою, тому для взаємодії з алюмінатом кальцію необхідно вивільнити карбонатну складову крейди, тобто до початку утворення гідрокарбоалюміната кальцію поверхнева кремнекислота крейди повинна провзаємодіяти з гідросилікатом кальцію рідкої фази цементного каменю. Структура складу бетонних зразків, модифікованих 20 % і 30 % високодисперсної крейди щільні, але відрізняються зменшенням кількості пор (рис. 6).

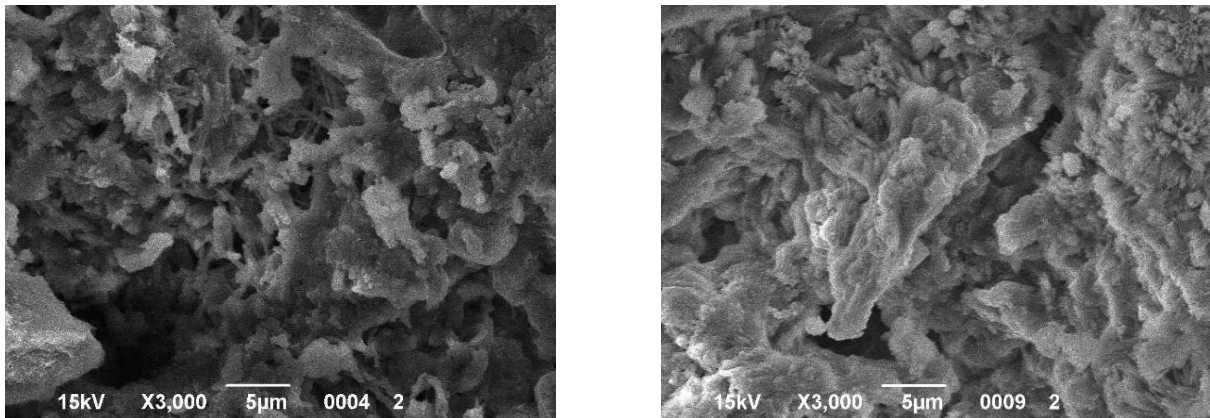


Рис. 5. Мікроструктура цементного каменю, модифікованого 10 % високодисперсною крейдою при збільшенні $\times 3000$

Слід зазначити, що бетони, модифіковані 30 % і 40 % мають високі марками за водонепроникністю ($W8$, $W6$ відповідно), незважаючи на значне зниження міцності при стисканні. Проте у складі бетону з добавкою 40 % крейди структура більш рихла, частинки цементу вкриті шаром новоутворень, що виникли під час процесу гідратації (рис. 7).

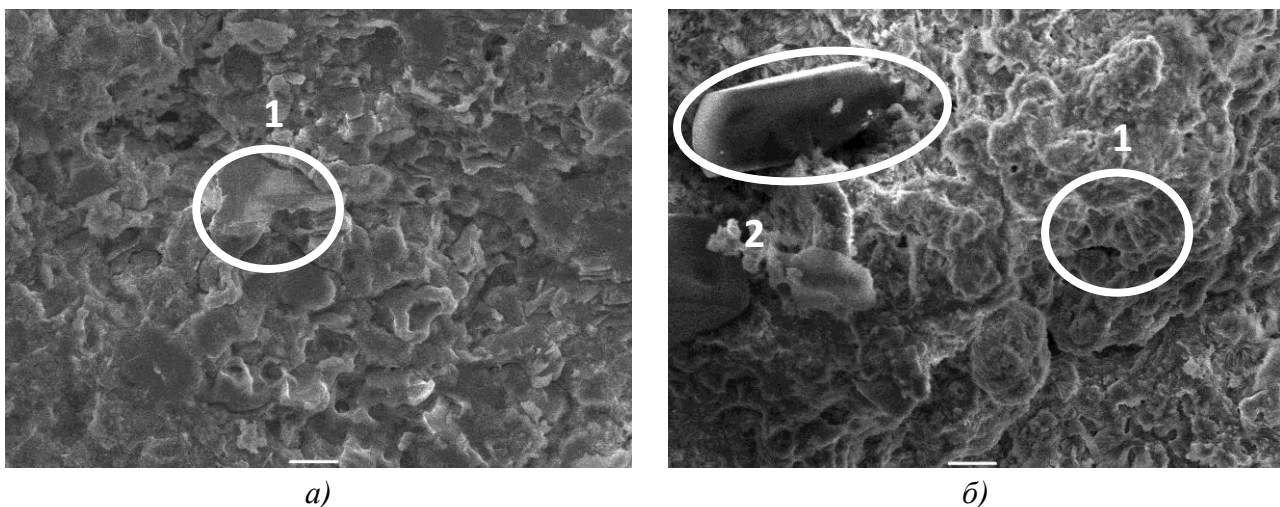


Рис. 6. Мікроструктура цементного каменю при збільшенні $\times 1000$
 а) склад з добавкою 20 %; б) склад з добавкою 30 %;
 1 – пластинки з нерівними краями; 2 – лусочки

Новоутворення розташовані шарами на поверхні цементних частинок, що сформовані у вигляді пластинок з нерівними краями та лусочок, які внаслідок їх слабкої закристалізованості адсорбуються на поверхні. Товщина пластинок та лусочок становить 2 – 3 нм, вони формують окремі блоки і структуру, яка походить на структуру природного мінералу – торембориту, що дозволяє створити більш щільну структуру.

Висновки. Отримані підвищені показники водонепроникності забезпечують зниження ступеня впливу агресивного рідкого середовища, зокрема сульфатних і магнезіальних поверхневих та підземних вод [9, 10, 11].

Література

1. Кудеярова Н.П. Меловые толщи Белгородской области: состав, структура и свойства / Н.П. Кудеярова, В. В. Назарова, В.П. Рожков // Строительные материалы, 2010. – № 8. – С. 64–66.
2. Бушинский Г.И. Литология меловых отложений Днепропетровско-Донецкой впадины: труды ИГН АН СССР / Изв. Ак. наук СССР. – М., 1954. – Вып. 156. – 308 с.
3. Иванова Е.О. Электронномикроскопическая характеристика верхнемеловых пород Курской и Белгородской областей / Иванова Е.О. // Вестник ВГУ, серия : Геология, 2008. – № 1. – С. 169 – 172.
4. Шуменко С.И. Генезис мергельно-меловых пород на основе их изученности под электронным микроскопом / Шуменко С.И. // Литология и полезные ископаемые, 1970. – № 4. – С. 83-89.
5. Шуменко С.И. Литология и порообразующие организмы (кокколитифориды) верхнемеловых отложений востока Украины и области Курской магнитной аномалии / Шуменко С.И. – Харьков : Изд-во Харьковского университета, 1971. – 163 с.
6. Полуэктова В.А. Коллоидно-химические свойства водных дисперсий мела и мрамора / Полуэктова В.А., Ломаченко В.А., Столярова З.В., Ломаченко С.М. [и др.] // Фундаментальные исследования: Технические науки, 2014. – № 9. – С. 1205–1209.
7. Ларионова З.М. Петрография цемента и бетонов / Ларионова З.М., Виноградова Б.Н. – М.: Стройиздат, 1988. – С. 392–352.
8. Макарова И.А. Физико-химические методы исследования строительных материалов: учеб. пособие / И.А. Макарова, Н.А. Лохова // Братск : Изд-во БрГУ, 2011. – 139 с.
9. Чепурная С.Н. Физико-химические исследования цементных систем, содержащих высокодисперсный мел / Чепурная С.Н., Золотов М.С., Жидкова Т.В. // Современные строительные материалы, технологии и конструкции. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова» (24-26 марта 2015 г., г. Грозный). – Т. 1. – С. 176-183. ISBN 978-5-9906268-7-4.
10. Чепурная С.Н. Влияние тонкодисперсного мела на водонепроницаемость бетона. / Чепурная С.Н., Жидкова Т.В. // Perspective Trends in Scientific Research – 2015: Materials of International scientific and practical conference. Bratislava, Slovak Republic, 2015. – V. 2. – P. 156-157.
11. Чепурна С.М. Підвищення водонепроникності бетонів з добавкою високодисперсної крейди. / Чепурна С.М., Жидкова Т.В., Чепурна М.Є. // Зб. наукових праць «Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві» – Луцьк, 2016. Вип. 5. – С. 85 – 91.

Чепурная С.Н,
Харьковский национальный университет
городского хозяйства им. А.Н. Бекетова,
к.т.н. Борзяк О.С.,
Украинский государственный университет
железнодорожного транспорта

БЕТОНЫ ПОВЫШЕННОЙ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ С ДОБАВКОЙ ВИСОКОДИСПЕРНОГО ОРГАНОГЕННОГО КАЛЬЦИТА (МЕЛ)

Рассмотрено и проанализировано влияние высокодисперсного органогенного кальцита (мела) на свойства бетонной смеси, в частности водонепроницаемость. Определено, что бетоны, модифицированные высокодисперсной мелом в количестве 10%, 20% от массы цемента имеют улучшенные показатели водонепроницаемости. При этом показатели водонепроницаемости не зависят от показателей прочности на сжатие.

Ключевые слова: кальцит, гидрокарбоалюминат кальция, высокодисперсный мел, водонепроницаемость, плотность.

Assistant Chepurna Svitlana,
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv,
PhD, Associate Professor Borziak Olga,
Ukrainian State University of Railway Transport

CONCRETE INCREASING WATER RESISTANCE WITH AN ADMINISTRATIVE ORGANOGENIC CALCITE ADDITIVE (CHALK)

The influence of highly dispersed organogenic calcite (chalk) on the properties of a concrete mixture, in particular, water impermeability, is considered and analyzed. It is determined that concretes modified with finely dispersed chalk in an amount of 10%, 20% of the mass of cement have improved water resistance. At the same time, the water-tightness indices are independent of the compressive strength.

Key words: calcite, calcium hydrogen carbonate, fine chalk, waterproofness, density.