

УДК 697.34:697.4:620.9

д.т.н., професор Малкін Е.С.,

к.т.н., доцент Журавська Н.Є.,

Київський національний університет будівництва та архітектури

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ВОДЯНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З БЕЗРЕАГЕНТНОЮ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЮ ОБРОБКОЮ ВОДИ

Обґрунтовано вплив магнітної обробки очищеної води на кінетику зміни фізичних характеристик її структури та вплив цих змін на енергоефективність на всіх етапах систем водяного теплопостачання. Встановлено, що магнітне поле впливає на фізико-хімічні властивості води. Отримано збільшення економії теплової енергії до 30 %, зокрема на процеси структуроутворення бетону, його міцності.

Ключові слова: енергоефективні системи водяного теплопостачання, безреагентна обробка води, електромагнітне поле.

Вступ. Один з напрямків галузі України – це раціональне використання паливно-енергетичних і матеріальних ресурсів, для зростання виробництва будівельних матеріалів (бетонних, гіпсових, цегляних тощо) [1]. Так наприклад, поєднання фізико-хімічних властивостей бетонів з використанням омагніченої води в якості активатора дає суттєві техніко-економічні переваги при виробництві та експлуатації та для рішення прикладних еколого-безпечних технологій [2].

Будівельні матеріали (бетони) представляють собою штучні камені подібні матеріали конгломератної будови (структури), які одержують в результаті твердіння ретельно змішаної та ущільненої суміші в'язучого, заповнюючого, води та домішок. Цій матеріал відрізняється складністю свого макро- та мікрорівней. Міжфазову поверхню та внутрішню поверхню матеріалу новоутворень у сумі можна вважати як поверхню фаз, що впливає на процеси синтезу властивостей та розвитком корозії каменю [3]. При взаємодії компонентів бетону, при його закладки, йдуть дуже складні реакції. Затримувати цій процес можуть некорисні домішки в воді, що може привести до зниження міцності бетону та зниження його довго тривалості. В зв'язку з тим, що при використанні звичайної води, яка входить до складу бетону, процеси змішування структурних складових може проходити недостатньо ефективно, тому цілком є розробка технології енергоефективної системи теплопостачання, на стадії споживання в промисловому комплексі з використанням безреагентної обробки в електромагнітних полях водних систем

теплопостачання на прикладі експлуатації теплової установки, з використанням пропарочної камери та без неї (по активації цього процесу, методом омагнічення води). Актуальним завданням щодо подальшого розвитку технологій з високим потенціальним ресурсом є регулювання процесів фазо- та структуроутворення будівельних матеріалів шляхом підвищення енергоефективності технологічних процесів, в зв'язку з дією омагніченої води на фізико-механічні якості будівельних матеріалів [4].

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. В 1980-х рр. було теоретично та експериментально підтверджено можливість активації водних систем магнітними та електромагнітними полями. Дослідження електромагнітної обробки водних систем Івановським університетом, а також іншими ВНЗ, показали можливість скорочення часу обробки текстильних матеріалів. В результаті досліджень була розроблена відповідна апаратура, яка була впроваджена на підприємствах текстильної та трикотажної промисловості. Виявилось, що активована електромагнітним полем водна система не тільки сприяє інтенсифікації процесів масопереносу з розчинів, а й впливає на міцність вовняного волокна (вона зростає). Проведені роботи по використанню магнітної обробки води дозволили знизити витрати на хімічні та енергетичні ресурси, тобто підвищити енергоефективність процесів виробництва [8].

В літературі [10, 11, 12] показано, що початкове використання омагніченої води веде до інтенсифікації процесів взаємодії компонентів, що приводе до зниження терміну технологічного процесу та збільшенню міцності виробів, досягнуті позитивні результати обробки води в магнітних полях. Але, слід відзначити, що ці існуючі результати в основному, базуються на емпіричних даних. Це обумовлено недостатнім розвитком фізики води, особливо при наявності у ній домішок, що призводить до недостатньої їх стабільності.

Відповідно до існуючої наукової гіпотези під час дії магнітного поля на молекули води відбувається зміна «спіну» протонів ядер цих молекул із звільненням деякої частини молекулярної енергії. Це призводить до руйнації кластерів води і перетворення омагніченої води (рідини з неврівноважених молекул H_2O). Молекули омагніченої води мають тенденцію до активної взаємодії з іншими речовинами та, внаслідок малих розмірів мономолекул, до активного зростання швидкості дифузійних процесів переносу такої води, в тому числі в ультрамікропорах капілярно-пористих тіл, в які звичайна вода не може проникнути. Ці особливості омагніченої води викликають великий інтерес не тільки в науковому середовищі, а й у працівників різних галузей: енергетиці, будівництві, легкій промисловості, та інших [9].

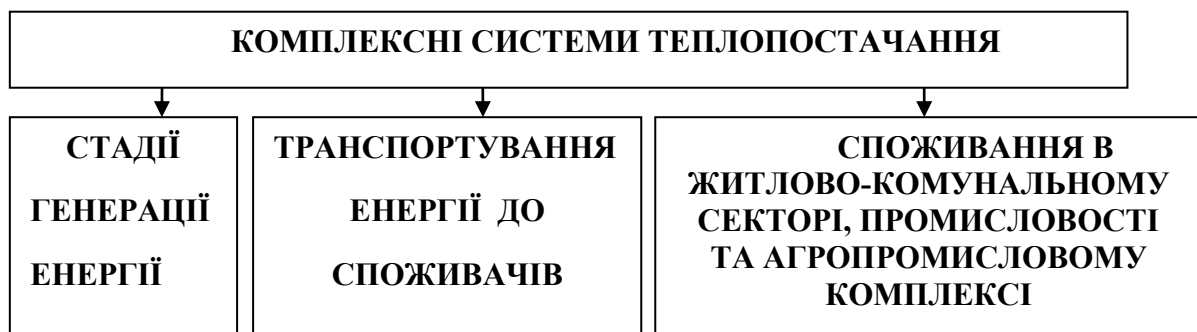
Існуючі проблеми значно спрощуються при попередньому очищенні та пом'якшенні води. Це дозволило підійти до вирішення питання по визначенню

технічних параметрів електромагнітного поля в процесі обробки чистої води та розробити фізичні моделі зміни структури чистої води після обробки в електромагнітному полі та зміни характеру взаємодії її з зовнішніми та внутрішніми поверхнями капілярно-пористих та колоїдних капілярно-пористих тіл. Тому проведені досліді по впливу омагніченої води з різними технічними параметрами електромагнітного поля на будівельні матеріали.

Ціль та задача дослідження. Метою роботи є розробка енергоефективних водяних систем теплопостачання з безреагентною обробкою води в електромагнітних полях в промисловості, на прикладі експлуатації теплової установки, з використанням пропарочної камери та без неї.

Для досягнення мети вирішували наступні задачі:

- дослідити та розробити енергоефективну систему водного теплопостачання з безреагентною обробкою води в електромагнітних полях, з подальшим використанням в комплексних системах теплопостачання на прикладі експлуатації теплової установки, з використанням пропарочної камери та без неї (на прикладі виробництва бетону);
- встановити вплив омагніченої води при використанні електромагнітної обробки води та водних розчинів для приготування будівельних матеріалів на зміну характеру взаємодії її з зовнішніми і внутрішніми поверхнями капілярно-пористих тіл (бетонів);
- отримати порівняльні характеристики з використанням омагніченої та звичайної води в складі бетону, та при використанні води, обробленої в електромагнітних полях, з різними параметрами електромагнітного поля;
- дослідити технологію з використанням безреагентної обробки в електромагнітних полях водних систем теплопостачання на прикладі експлуатації теплової установки, з використанням пропарочної камери та без неї, з показниками набору міцності та порової структури бетону.



Матеріали та методи дослідження впливу омагніченої води на процеси твердіння бетону. Згідно гіпотезам, о структурі омагніченої води, її використання, в складі будівельних матеріалів, також призводить до зменшення

їх біопшкоджень, до підвищення якості виготовлених виробів в процесів їх експлуатації та збільшення його довготривалості. Перші кроки в цьому напрямку зроблені авторами при дослідженні процесів бетонних виробів з використанням води, обробленою високочастотним імпульсним магнітним полем, отриманим із застосуванням апарату «Іліос-М» фірми «Воталі ЛТД», Україна.

Стенд для теплової обробки по виготовленню капілярно-пористих тіл.

Для теплової обробки (пропарювання) використовувалася пропарювальна камера ($t=80^{\circ}\text{C}$, $t=6$ год.), ямного типу КНУБА (рис. 1), в якій для експерименту виготовлені та оброблені більш ніж 470 зразків бетонних кубів, на рис. 2, 3.



Рис. 1. Пропарювальна камера ямного типу



Рис. 2. Бетонні зразки

Зразки - в формах кубів, з робочим перетином 70×70 , 20×20 (рис. 3), готувались партіями з пропарюванням протягом доби і без пропарювання до 28 днів (рис. 4).



Рис. 3. Зразки куби з ребром 70 мм та 20 мм

Капілярно-пористі тіла (бетонні куби) готувались за рецептурою (для 1 м^3 бетону) двома способами:

1) цемент (ПЦ М500) – 250 кг/м^3 ; пісок – 760 кг/м^3 ; щебінь фракції 5 ... 10 мм – 650 кг/м^3 ; вода – використовується звичайна вода – 193 л/м^3 ,

2) цемент (ПЦ М500) – 250 кг/м^3 ; пісок – 760 кг/м^3 ; щебінь фракції 5 ... 10 мм – 650 кг/м^3 ; замість звичайної води – використовувалась омагнічена вода – 170 л/м^3 .



Рис. 4. Зразки в пропарювальній камері ямного типу

Омагнічену воду готували з використанням двох різних електромагнітних апаратів з підвищеною частотою електричного струму: апарат «Іліос» (ТОВ фірма «Votali», Україна) з частотою $0,9 \text{ кГц}$, апарат «Calmat» (фірма «Едельвейс», Німеччина) з частотою $3 \dots 32 \text{ кГц}$, але індукція поля значно

менше ніж у апарата «Іліос-М»; а також на апараті «ЕК», розробленим НУБіП (рис. 5), з індуктивністю постійного магнітного поля 0,49 Тл (рис. 6).

Визначення міцності зразків на стиск виконувалось на гідравлічному пресі (рис. 7), згідно з чинними стандартами України.



Рис. 5. Апарат «ЕК»



Рис. 6. Залежність зміни магнітної індукції у центрі повітряного зазору вздовж осі транспортера апарату «ЕК»

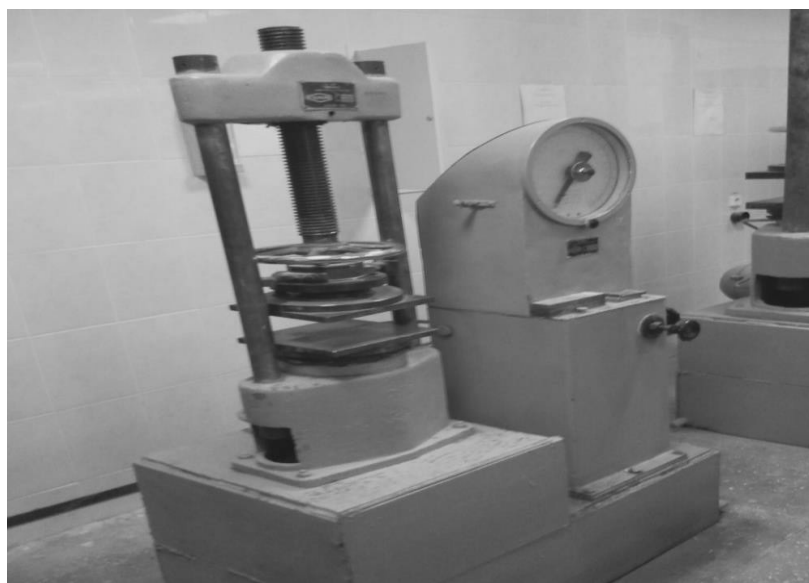


Рис. 7. Прес гідравлічний 25т.

Підвищення енергоефективності матеріалу шляхом відмови від енергоємного процесу пропарювання. Основним напрямком розвитку сучасної технології бетону є отримання бетонів із заданими технічними та технологічними властивостями при мінімізації матеріальних і енергетичних витрат. З метою регулювання властивостей бетонів застосовуються різні способи. Одним з найпоширеніших є застосування пропарювальних камер для швидкого набору міцності будівельних матеріалів, спеціальних добавок, які в більшості своїй значно збільшують вартість бетону, покращуючи одні властивості, погіршують інші. Для модифікації бетонів також знайшло широке застосування активування компонентів бетонної суміші, в т. ч. замішування води. Встановлено, що вода – єдиний компонент цементних композитів, який ініціює різні реакції в цементній системі. Відомо, що при направленому зовнішньому впливі фізичних сил (електричних, магнітних, електромагнітних, теплових та ін.) змінюються властивості води. Використання омагніченої води – активованої води – для замішування бетону на портландцементного в'язучому робить істотний вплив на процес твердіння цементу і призводить до поліпшення ряду властивостей утворюється композиту. Незважаючи на велику кількість досліджень [6, 7, 8], проведених в області активації води замішування, теорія, що дозволяє систематизувати та обґрунтувати фізико-хімічні процеси при формуванні фазового складу цементних композицій, розвинена недостатньо. Тому актуальним напрямком поліпшення якості бетону, є поєднання. Наприклад, елементів мінімальних питомих затрат і максимальних модифікуючих ефектів механомагнітоактивованих водних систем з органічними добавками в мікродозах, як рідини замішування.

Підвищення експлуатаційних якостей бетону та залізобетонних виробів в сучасному будівництві, особливо в різних умовах, є актуальним завданням. Одним із шляхів вирішення цієї задачі є використання в технології бетону механохімічної активації в'язучих композицій, яка може здійснюватись в сухому вигляді в традиційних помольних агрегатах або в рідкому середовищі в різних млинах та ін. Ці методи вимагають використання спеціальних установок і великих енерговитрат. Рішення проблеми підвищення ефективності в'язучих композицій будівельних матеріалів пов'язано з використанням малоергоємкої електромагнітної активації води, як найбільш перспективного методу.

Результати експериментальних досліджень представлені на рис. 8, 9.

Міцність зразків, виготовлених на 7 день з омагніченою водою більша на 30 % від міцності зразків, виготовлених на звичайній воді. На 7...11 день зразки, виготовлені на омагніченій воді, набирають міцність, як зразки на звичайній

воді на 28 день. Міцність зразків на 28 день, виготовлених на омагніченій воді, більше на 7...12 % від зразків, виготовлених на звичайній воді [13].

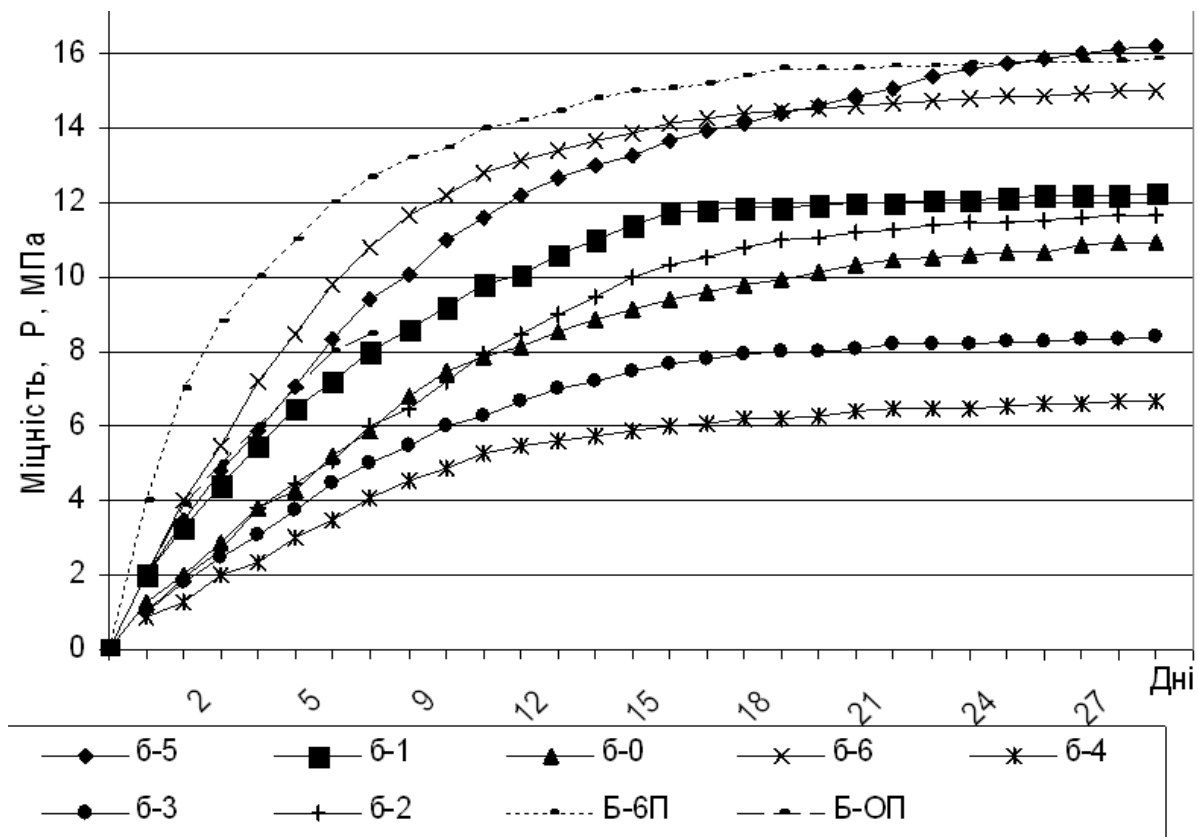


Рис. 8. Залежність міцності зразків від часу, серія «б, Б» - зразки, виготовлені за класичною технологією, з використанням звичайної води (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 - номер експериментальної серії); Б-6П - зразки, виготовлені за класичною технологією, серії № 6, з використанням пропарювання; Б-ОП - зразки, виготовлені за класичною технологією, серії № 0, з використанням пропарювання; б-1, В / Ц = 0,72; б-2, В / Ц = 0,61 (-15 %, від запропонованої рецептури), б-3, В / Ц = 0,66 (-7,5 %, від запропонованої рецептури); б-4, В / Ц = 0,74 (з добавкою бішофіту 0,14 %); б-5, В / Ц = 0,71 (шлакопортландцемент); б-6, В / Ц = 0,71 (шлакопортландцемент); б-0, В / Ц = 0,77 (з порушеною структурою цементу, більше 4 місяців не використаний)

В результаті проведених досліджень, при використанні впливу різних частот коливань електричного струму та індукції поля на воду, підтверджено ефективність застосування діапазон роботи апарату «Іліос-М» з позиції очищення 2 (ОЧ2) (режим установки), в порівнянні з ОЧ1, рекомендується – пріоритетним, для підвищення міцності бетонних зразків.

Міцність зразків, виготовлених на омагніченій воді, на 7...28 день для усіх серій показало стабільне підвищення на 10...30 % міцності зразків, у порівнянні зі зразками, виготовлених на звичайній воді. Застосування води, обробленої високочастотними електромагнітними полями, отриманої на апараті «Іліос», дозволяє знизити енергетичні витрати при теплової обробці бетону.

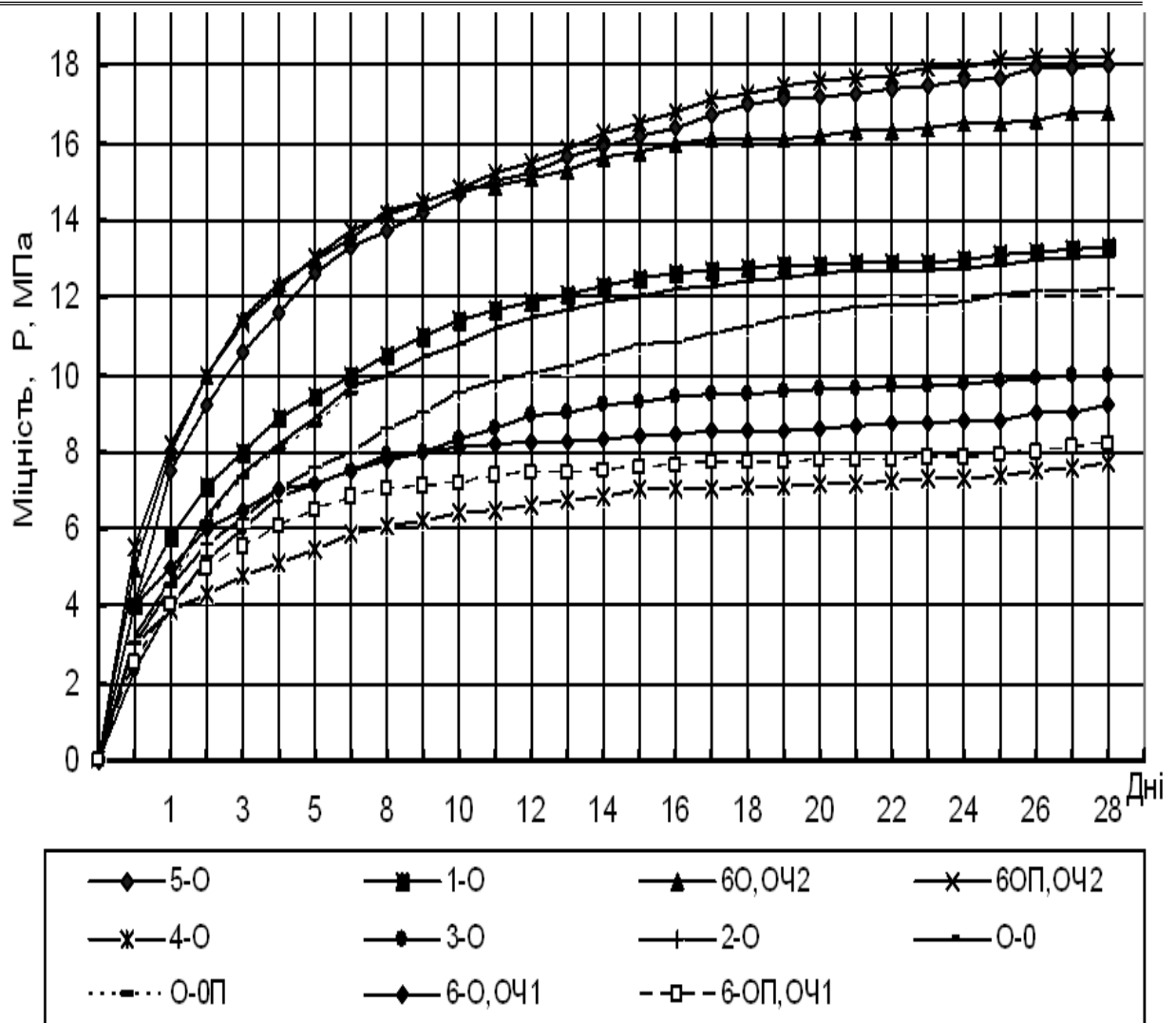


Рис. 9. Залежність міцності зразків на омагніченій воді, від часу, серія «О» – зразки, виготовлені на омагніченій воді (1, 2, 3, 4, 5, 6 – номер експериментальної серії), діапазон роботи апарату «Іліос-М» з позиції очищення 2 (ОЧ2) (режим установки); 6-ОП, ОЧ1 – зразки, виготовлені на омагніченій воді, серії № 6, з використанням пропарювання, з режимом установки ОЧ1; 6-ОП, ОЧ2 – зразки, виготовлені на омагніченій воді, серії № 6, з використанням пропарювання, з режимом установки ОЧ2; 6-О, ОЧ1; 6-О, ОЧ2 – зразки, виготовлені на омагніченій воді, серії №6, з режимами установки ОЧ1, ОЧ2; О-ОП – зразки, серії № О, з використанням пропарювання; 1-О, В / Ц = 0,72; 2-О, В / Ц = 0,61 (-15 %); 3-О, В / Ц = 0,66 (-7,5%); 4-О, В / Ц = 0,74 (з добавкою бішофіту 0,14 %); 5-О, В / Ц = 0,71 (шлакопортланцемент); О-О, В / Ц = 0,77 (з порушеною структурою цементу), 6-О, В/Ц = 0,71 (шлакопортланцемент)

Для порівняльної характеристики дії магнітного поля при обробки води на енерго- і матеріалоефективність в технологічних процесах виготовлення бетонних виробів проведено дослідження на апаратах омагнічування води. Результати досліджень для зразків виготовлених з омагніченою водою апарату «ЕК» (рис. 5), без пропарки; зразків виготовлених з омагніченою водою апарату апаратами «Іліос» з позиції ОЧ2, без пропарки; зразків виготовлених з

омагніченою водою апаратам «Calmat», без пропарки; зразків зі звичайної водою, без пропарки та з пропаркою, обробка результатів зроблена в логарифмічній системі координат (рис. 10).

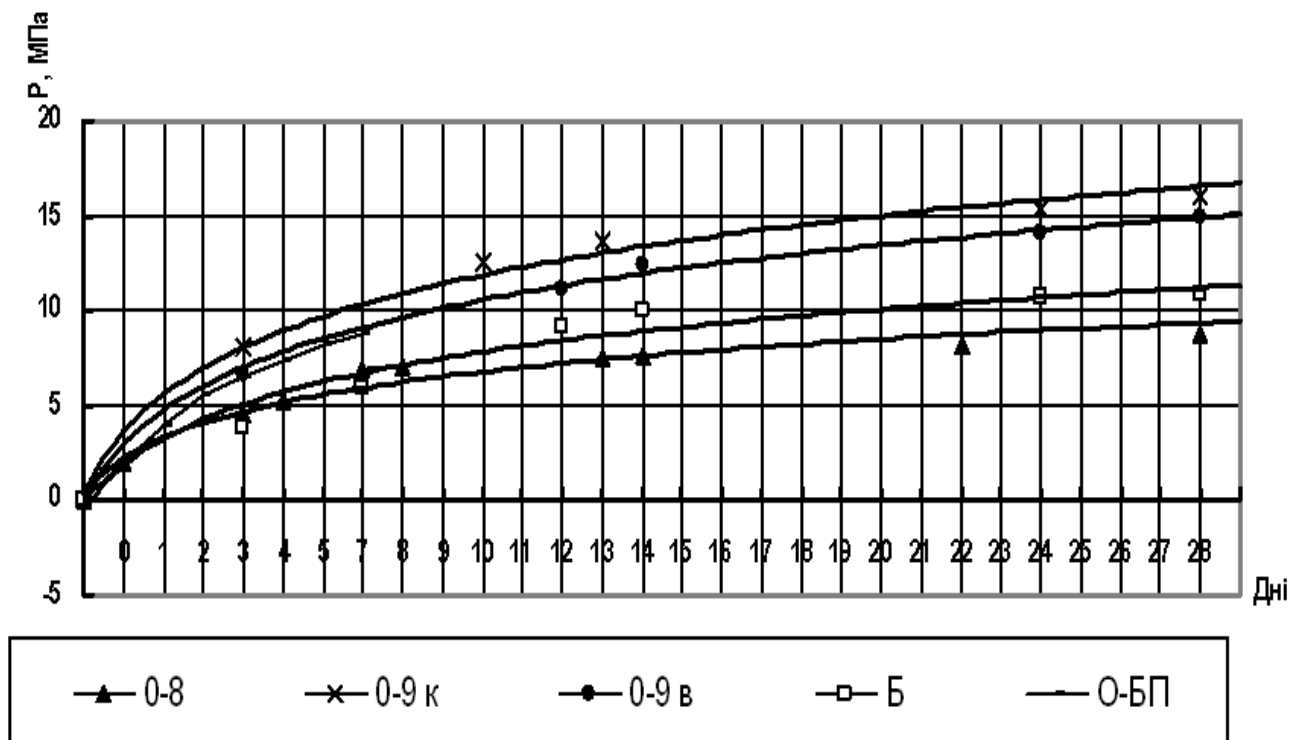


Рис. 10. Залежність міцності зразків від часу: 0-8 - зразки, виготовлені з омагніченою водою апарату «ЕК»; 0-9в – зразки, виготовлені з омагніченою водою апарату «Іліос-М» з позиції ОЧ2, без пропарки; 0-9к - зразки виготовлені з омагніченою водою апарату «Calmat», без пропарки; Б - зразки зі звичайної водою; 0-БП - зразки зі звичайної водою з пропаркою

Експериментальні дослідження показали: зразки бетону з омагніченою водою, обробленою апаратом «ЕК» 0-8, мають найнижчі результати при наборі міцності. Зразки бетону з омагніченою водою, обробленою апаратами «Calmat», «Іліос-М» з застосуванням високочастотних електромагнітних полів 0-9к, 0-9в, - підвищення міцності бетону у порівнянні із зразками, виготовлених із звичайною водою Б, та зі звичайної водою, виготовлених з бетону в умовах високотемпературної обробки 0-БП(з пропаркою), на 10...25 %.

При порівнянні порової структури зразків 0-8, виготовлених з омагніченою водою апарату «ЕК» с постійним магнітним полем, та зразків 0-9в, виготовлених з омагніченою водою апарата «Іліос-М», з позиції ОЧ2 візуально спостерігається різні розміри пор в бетонних зразках. Омагнічена вода сприяє проникненню в капілярне-пористе тіло (бетон), що підтверджує удосконалену фізичну модель про взаємодії омагніченої води с зовнішньою та внутрішніми поверхнями капілярно-пористих тіл. Технологічні параметри електромагнітного поля в чистій воді з частотою електричного струму в

електромагнітах 1...ХкГц, напруженістю магнітного поля 200...ХмТл апарату «Іліос-М» з позиції ОЧ2, мають найкращі показники.

Внаслідок застосування бетонів на основі омагніченої води міцність їх зростає та зменшується пористість та біодоступність для живих організмів. Таким чином вирішується питання утворення біопошкоджень та розвиток не бажаної мікрофлори на поверхні матеріалу.

При збільшенні міцності бетону, зменшується його пористість та біодоступність матеріалу для мікроорганізмів. Біостійкість бетонних зразків, виготовлених на омагніченої воді, вивчали в лабораторії Інституту мікробіології та вірусології (м. Київ, Україна). Активізація процесу розвитку мікроструктур ще раз підтверджує необхідність виборчого підходу до будівельних матеріалів для приміщень. Разом з інститутом мікробіології проведене порівняльне визначення чисельності бактеріальної та грибової (мікроміцетної) мікрофлори двох композицій зразків бетону:

а) А(3,3×3,3)×6=65,34см³, виготовлені за класичною технологією,

б) Б(3,3×3,3)×6=65,34см³, виготовлені з використанням омагніченої води.

При змиві мікрофлори з поверхні зразків використовували методики, запропоновані в експериментальній ґрунтовій мікробіології, з перспективою використання у наземних та підземних спорудах [15]. Найбільше придатні обсіменінням на бактеріальну та грибну мікрофлору є варіант А, а для варіанта Б вона практично мінімальна, тому запропоновано для подальшого впровадження у виробництво.

Висновки. При використанні електромагнітного поля з оптимальними технологічними параметрами: частота електричного струму в електромагнітах 1...ХкГц, напруженість магнітного поля 200...ХмТл, маємо найбільш високі результати при формуванні бетонних виробів, тому ці параметри рекомендовані для підвищення енергоефективності систем водного теплопостачання з безреагентною обробкою води в електромагнітних полях.

Апарат «Іліос-М», ОЧ2, рекомендується – пріоритетним, для підвищення міцності бетонних зразків. При відмові від великоенергозатратного процесу пропарювання забезпечується економія теплової енергії до 30 %, зменшення витрат води на 10%, без порушення якісних характеристик матеріалу, підвищення міцності бетонних зразків у середньому на 25 %, що призведе до значного підвищення стійкості бетону.

Література

1. Тебенихин, Е.Ф. Обработка воды магнитным полем в теплоэнергетике / Е.Ф. Тебенихин, Б.Т. Гусев. – М. : Энергия, 1970. – 144 с.

2. Малкин, Е.С. Перспективи створення ресурсозберігаючих технологій шляхом магнітної обробки води та водних розчинів [Текст] / Е.С. Малкин, І.Е. Фуртат, Н.Е. Журавська, В.П. Усачов // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: НТЗ. – Вип. 17 [под ред. Е. С. Малкіна] – К. : КНУБА, 2014. - С. 120-127.
3. Кривенко, П.В. Будівельне матеріалознавство / П. В. Кривенко, К. К. Пушкарьова, В. Б. Барановський та інш. Підручник. – К. : УВПК «ЕксОб». – 2006. – 704 с.
4. Гоц, В.І. Сучасні методи захисту бетону та залізобетону від біопшкодження / В.І.Гоц, Е.С. Малкин, О.Д. Журавський // Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник. Відпов. ред. М.М. Осетрін. – К., КНУБА, 2014. – Вип. 52. – С. 64-70.
5. Классен, В.И. Вода и магнит [Текст] / В.И. Классен. – М. : Наука, 1973 – 112 с.
6. Миненко, В.И. Магнитная обработка водно-дисперсных систем / В.И. Миненко. – К. : Техніка, 1970. – 168 с.
7. Стукалов, П.С. Магнитная обработка воды / П.С. Стукалов, Е.В. Васильев, Н.А. Глебов. – Л.: Судостроение, 1969. – 192 с.
8. Давидзон, М.И. Электромагнитная обработка водных систем в текстильной промышленности. / М.И. Давидзон. – Москва: Легпромбытиздат, 1988. – 178 с.
9. Френкель, Я.И. Кинетическая теория жидкостей. / Я.И. Френкель. – М.-Л.: изд. АН СССР, 1966. – 409 с.
10. Дмитриева. А.Ю. Применение электромагнитной обработки в технологическом цикле работы предприятий в целях умягчения воды / А.Ю. Дмитриева // СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. - 118 с.
11. Мосин, О.В. Магнитные системы обработки воды. / О.В. Мосин // Основные перспективы и направления. Сантехника. 2011. № 1. С.5-10.
12. Очков, В.Ф. Магнитная обработка воды: история и современное состояние / В.Ф. Очков // Энергосбережение и водоподготовка. – 2006. – № 2. С. 47–49.
13. Журавська, Н.Є. До питання біопшкодження бетону та залізобетону / Н.Є. Журавська // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Рівне: НУВГП, 2014. – Вип. 28. – С. 181–187.
14. Журавська, Н.Є. Енергозберігаюча, еколого-технологічна концепція організації експлуатації СВК - основа екологічного виробництва / Науково-технічний збірник «Енергоефективність в будівництві і архітектурі», вип. 7. Відпов. ред. П.М. Куліков. // Н.Є.Журавська - К.: КНУБА, 2015р. – С.89-94.

15.Волкогон, В.В. Експериментальна ґрунтова мікробіологія / В.В. Волкогон // Київ, Аграрна Наука – 2010. – 464 с.

Аннотация

Обосновано влияние магнитной обработки очищенной воды на кинетику изменения физических характеристик ее структуры и влияние этих изменений на энергоэффективность на всех этапах систем водяного теплоснабжения. Установлено, что магнитное поле существенно влияет на кинетику физико-химических свойств воды.

Получено увеличение экономии тепловой энергии до 30 %, в частности на процессы структурообразования бетона, его прочности.

Ключевые слова: энергоэффективные системы водного теплоснабжения, безреагентная обработка воды, электромагнитное поле.

Annotation

Substantiated the effect of magnetic treatment of purified water on the kinetics of changes in the physical characteristics of its structure and the impact of these changes on energy efficiency at all stages of water heating systems. The magnetic field affects the kinetics substantially the physicochemical properties of water.

An increase in thermal energy saving of up to 30%, in particular concrete structure formation processes, its strength.

Keywords: energy-efficient heating system for water, non-chemical water treatment, electromagnetic field.