

9. Кваша В.Г., Мельник І.В., Климуш М.Д., Шевчик О. Міцність і деформативність залізобетонних мостових балок, підсилених неметалевою арматурою CFRP // VI міжнар. конф. «Актуальні проблеми будівництва та інженерії довкілля», Україна, Львів, 12–15 вересня 2001 р. – С. 223–230.

10. Мурин А.Я. Міцність нормальних перерізів залізобетонних балок, підсилених зовнішньою композитною арматурою // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва. – №627. – Львів, 2008. – С. 155–158.

УДК 666.942

М.А. Саницький, Х.С. Соболев, О.Р. Позняк
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра автомобільних шляхів

БЕТОНИ НОВОГО ПОКОЛІННЯ ТА ЕНЕРГООЩАДНІ ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА

© Саницький М.А., Соболев Х.С., Позняк О.Р., 2010

Описано бетони нової генерації, а також сучасні системи енергоощадного будівництва з врахуванням енергосмітності будівельних матеріалів та ефективного використання теплової енергії в житлово-комунальному господарстві.

The new generation concrete and modern energysaving building systems based on decreasing of building materials energycontaining and effective heat energy using in housing sector have been analyzed in this work.

Ефективність і відповідність світовому рівню конструкційних матеріалів нового покоління визначається загалом двома показниками – високою якістю та технологією їх застосування в конкретних умовах будівництва. Найголовнішою фундаментальною проблемою розробки та впровадження конструкційних матеріалів є забезпечення їх високої технологічності, що передбачає максимальне уникнення трудомістких операцій, і забезпечення властивостей, які окреслюють його довговічність.

Конструкційним матеріалом, що здатний вирішувати комплекс найскладніших задач у будівництві є бетон. Цей композит є складною, частково наномасштабною структурою з гідратованих цементних фаз, хімічних добавок, мікронаповнювачів і заповнювачів, регулювання та контроль властивостей якого здійснюється на нанотехнологічному рівні. Головне навантаження у формуванні властивостей конструкційних матеріалів нового покоління несе цементуюча матриця, що утворюється за рахунок процесів конденсації мінеральних дисперсних систем різної хімічної природи. Виявлення нових характеристик складових таких систем на рівні нано- і мікроструктури, а також поведінки системи на рівні коагуляційних явищ дозволить забезпечити тверднення цементуючих систем будівельного композиту з урахуванням можливостей їх модифікування в напрямку покращання їх властивостей. Використання модифікуючих добавок дозволить підвищити ефективність вкладання бетону, розпалубку монолітних споруд у найкоротші терміни при достатній якості останніх, виготовляти тонкостінні густоармовані будівельні конструкції підвищеної міцності. При цьому вирішуються складні завдання подолання суперечностей між необхідністю дотримання вимог до ведення технологічного процесу і проявом деяких небажаних явищ, що супроводжують гідратацію цементних систем і формування структури конструкційних матеріалів [1].

Значення бетону, як основного конструкційного матеріалу сьогодення у разі зведення будівель і споруд із монолітного, збірно-монолітного і збірного залізобетону зростає пропорційно до освоєння матеріалів і бетонів нового покоління, які вдосконалюють технології будівництва, виробів і конструкцій [2]. Одна з актуальних проблем сучасного бетонознавства – застосування і вдосконалення нового покоління бетонів, що отримали в світовій науковій спільноті назву "High Performance Concrete". Високофункціональний бетон характеризується високими експлуатаційними властивостями і в літературі може розглядатися як бетон високоякісний. Основними галузями використання високофункціональних бетонів є енергоощадне висотне будівництво, атомні електростанції, морські гідротехнічні споруди, мости, різні інженерні споруди, дорожні покриття, монолітних і збірно-монолітних спеціальних споруд, покриттів аеродромів, злітно-посадочних смуг, монолітних конструкцій стартових комплексів для космічних систем і інших спеціальних об'єктів [3]. Вміння оцінювати фізико-технічні властивості та енергоефективність будівельних матеріалів і раціональні сфери їх використання в будівництві дає змогу вибрати сучасні конструкційні матеріали для систем енергоощадного будівництва на базі техніко-економічного аналізу з урахуванням експлуатаційних вимог, зменшення матеріальних та енергетичних затрат.

Бетон є перевіреним, надійним і добре знаним будівельним матеріалом, який використовують у всій Європі в багатьох видах будівель, але найчастіше як конструкційні елементи (балки, колони, плити), зовнішні і внутрішні стіни, разом з панелями, блоками і декоративними елементами. Аналіз проблем монолітного будівництва свідчить, що на сучасному етапі завдяки всебічному застосуванню модифікаторів нової генерації стала можливою еволюція бетонів від звичайних до високофункціональних. До того ж бетон розглядається як композиційний матеріал із заданими параметрами, які потрібні для ведення монолітного бетонування та забезпечення довговічності бетонних і залізобетонних конструкцій. Величезний потенціал модифікування бетонних сумішей створює раціональні підстави для розроблення монолітних бетонів нової генерації.

Ефективність модифікаторів нерозривно пов'язана з такими чинниками, як тип цементу і його мінералогічний склад; вид і вміст добавки та точність дозування; наявність інших хімічних та мінеральних добавок; водоцементне відношення; зерновий склад і вид заповнювача; температура навколишнього середовища; час перемішування; момент і спосіб введення добавок. До того ж одним з основних напрямків випробувань модифікаторів є встановлення сумісності системи "добавка – цемент", що визначає необхідний алгоритм вибору добавки, який дозволить оптимізувати рішення з погляду технологічної та економічної ефективності.

Найголовнішою сучасною проблемою розробки та впровадження високофункціональних бетонів є одержання їх високої технологічності, що передбачає максимальне уникнення трудомістких операцій і забезпечення властивостей, які окреслюють його довговічність. У більшості будівель високофункціональний бетон використовують завдяки його високій міцності, вогнестійкості, звукоізоляції і все частіше – термічній масі. Під час використання бетону в комплексі з сучасними технологіями енергоощадного будівництва підвищується енергетична ефективність і збільшується тепловий комфорт у будинках.

Створення високофункціональних бетонів забезпечує нові можливості в капітальному будівництві. Так, в 1995 році в Норвегії побудована платформа для видобутку нафти на родовищі Тролл в Північному морі. Її повна висота – 472 м, що в півтора рази перевищує висоту Ейфелевої вежі, зокрема висота залізобетонної частини – 370 м. Платформа встановлена на ділянці моря завглибшки більше 300 м і розрахована на дію ураганного шторму з максимальною висотою хвилі 31,5 м. Розрахунковий термін експлуатації платформи – 70 років. Аналогічні платформи на океанічному шельфі Північного Льодовитого океану в 200–400 км від берегів Аляски розраховані на експлуатацію в зоні суцільного багаторічного льодового покриву, переміщення якого розвивають величезні зриваючі зусилля. У конструкції платформ під час рекордно густого армування (800 кг сталі на 1 м³ залізобетону) укладений бетон міцністю 120 МПа з використанням 12-компонентних комплексних модифікаторів. Іншими видатними прикладами реалізації високофункціональних бетонів є створення низки унікальних об'єктів у Німеччині (віадук Кохер), Данії (міст Great Belt), Канаді (Hibernia Offshore Platform), Малазії (будівля бізнес центру "Petronas

Twin Towers”), Норвегії (нафтовидобувні платформи в Північному морі), Португалії (міст Vasco da Gama), Росії (ММДЦ „Москва-Сіті”), США (хмарочос Union Plaza), Франції (тунель під Ла-Маншем, міст Elorn), Японії (238-m high Roppongi Hills Mori Tower, міст Akashi Kaikyō) [4, 5]. Особливо слід виділити використання високоякісних бетонів при будівництві найвищого на сьогоднішній день будинку світу Burj Dubai.

Загальні вимоги, які ставляться до високофункціональних бетонів: високі показники міцності (класи за міцністю на стиск від В 40 до В 90, що відповідає маркам за міцністю М600-М1200); швидкі темпи тверднення; водонепроникність W 12 і вище; морозостійкість F 400 і вище; стираність не більше 0,3-0,4 г/см²; водопоглинання 1–2,5 мас. %; висока хімічна стійкість; висока газонепроникність; регульовані показники деформативності (зокрема компенсація усадки бетону у віці 14–28 діб природного тверднення). Технологічні вимоги: рухливість бетонної суміші – марка Р4 (ОК від 16 до 20 см); життєздатність бетонної суміші (час, протягом якого ОК зменшується на 5 см) – не менше 2 год; максимальний розмір зерен заповнювача – 20 мм [4].

Однією з галузей сучасних технологій бетону є технологія самоущільнювальних бетонів, основною причиною розробки яких стала необхідність підвищення якості бетонних споруд. Головною відмінністю самоущільнювального бетону від звичайного є його здатність ущільнюватися без механічного впливу. Висока текучість та однорідність дозволяють самоущільнювальним бетонним сумішам проходити через густе армування і заповнювати форми під дією власної ваги без вібрації і сегрегації. До самоущільнювальних бетонів ставляться підвищені вимоги щодо експлуатаційних характеристик, зокрема міцності і довговічності, порівняно зі звичайним бетоном з таким самим водоцементним відношенням. Покращання виробничих умов, прискорення процесу будівництва, зниження необхідності в ремонті бетонних конструкцій, підвищення заводської готовності залізобетонних виробів і збільшення загальної продуктивності праці є безперечними перевагами технології самоущільнювального бетону [6, 7].

Основним видом цементів, які використовують для виготовлення бетонів є алітові портландцементи з високим значенням $КН=0,90...0,92$ із вмістом головного клінкерного мінералу C_3S понад 60 мас.%, що призводить до істотної витрати палива та визначає високу енергоємність процесу клінкероутворення (3500-7500 МДж/т). У плані зниження енергоємності та зменшення викидів CO_2 , SO_2 , NO_x , а також підвищення корозійної стійкості цементного каменю істотні переваги перед алітовими мають білітові цементы ($КН \leq 0,81$), але низька гідравлічна активність у початкові терміни тверднення обмежує їх широке використання. З часом тверднення міцність білітового каменю не поступається алітовому. До того ж за даними Х. Тейлора, енерговитрати під час виробництва білітових цементів та малоенергомістких композиційних цементів на основі алітових клінкерів перебувають на одному рівні. Тому значний практичний інтерес становить розроблення таких малоенергомістких в'язучих, які зберігають темпи тверднення алітових портландцементів і поєднують позитивні властивості білітових цементів.

Формування мікроструктури та синтез міцності цементного каменю визначаються передусім складом, розміром та формою вихідних цементних зерен, а також процесами взаємодії в неклінкерній частині між активними мінеральними додатками та продуктом гідролізу алітової фази – кальцію гідроксидом, що може бути досягнуто зміною технологічних прийомів, складів і параметрів виробництва портландцементу. На основі даних растрової електронної мікроскопії встановлено (рис. 1), що в результаті гідролізу алітової фази утворюються гексагональні пластинчасті кристали портландиту, які значною мірою сприяють кольматації пор з отриманням блоково-ритмічної мікроструктури цементного каменю та визначають можливість отримання високої ранньої та марочної міцності. До того ж внаслідок спайності по площинах (0001) в подальшому кристали портландиту обмежують ріст міцності алітового каменю. Збільшення кількості води замішування зумовлює зростання значення кристалічної складової цементного каменю. Тонкі голчасті кристали еtringіту, які формуються на початковій стадії в умовах високопересиченої рідкої фази, з часом можуть перекристалізовуватись в гексагональні гідроалюмінати кальцію та тверді розчини на їх основі (AF_m -фази), а також кубічний C_3AH_6 , що супроводжується зростанням пористості цементної системи та деформаціями зсідання з часом

тверднення. Кристалічні структури портландиту, еtringіту та гідроалюмоферитів кальцію, заповнюючи пори в цементному камені, в початковий період до певної міри сприяють синтезу його міцності, до того ж з віком тверднення блоково-ритмічна мікроструктура обмежує зростання міцності алітового каменю. Корозійна стійкість та інші будівельно-технічні властивості алітових портландцементів є недостатньо високими.

Поєднання позитивних властивостей алітових портландцементів та белітових цементів може бути досягнуте в складі композиційних цементів за рахунок взаємодії продукту гідролізу алітової фази – кальцію гідроксиду – з активними мінеральними додатками різних типів, що зв'язують $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в гідратні фази, а також за рахунок активізації цих процесів лугомісткими компонентами з утворенням продуктів гідратації в неклінкерній частині в'язучого.

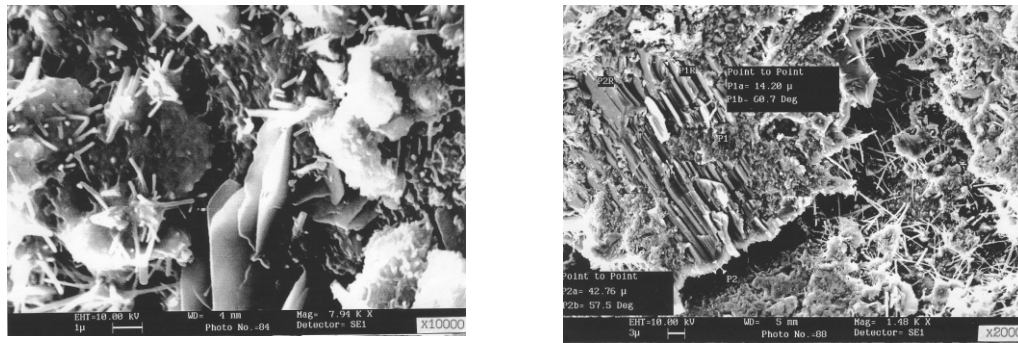


Рис. 1. Гексагональні гідроалюмінати (а), блоково-ритмічна структура та кристали еtringіту (б) в алітовому портландцементному камені ($B/C=0,5$)

Розкриття потенціалу модифікування, що криється в портландцементних системах, шляхом використання різних синергічних ефектів створює раціональні підстави для розроблення наукових основ одержання композиційних цементів для бетонів нової генерації [8].

Фізико-хімічні особливості процесів гідратації композиційних цементів з поліфункціональними додатками пластифікуючо-прискорювальної дії визначаються процесами конкурентного адсорбційного модифікування передусім алюмомістких гідратних фаз та стабілізації структурно-активних AF_m -фаз. Кінетика раннього структуроутворення модифікованих композиційних цементів визначається, переважно, особливостями утворення AF_t - і AF_m -фаз, до того ж кінетика набору міцності зумовлена гідратацією алітової фази та реакціями з лужними активаторами в неклінкерній частині в'язучого. Введення поліфункціональних додатків забезпечує підвищену пластичність цементної системи і лужну активацію мінеральних компонентів, дозволяє компенсувати недобір міцності композиційного цементу, зумовлений зменшенням в ньому частки клінкерної складової, а також досягти найбільш повної реалізації потенційних в'язучих властивостей композиційної системи та покращити будівельно-технічні властивості цементу.

На основі аналізу речовинного складу та вмісту основних компонентів (перехід до „брутто-оксидних складів”) розроблені принципи композиційної побудови багатокомпонентних цементів, що у разі істотного зниження в композиційному цементі вмісту клінкерних мінералів C_3S і C_2A дозволяє за рахунок оптимізованого поєднання додатків різних груп забезпечити підвищення вмісту головних структуроутворюючих компонентів кристалічних гідратних фаз: кількість CaO до 47-51 мас.% на рівні белітових цементів; Al_2O_3 до 7–8 мас.%, що в 1,5 раза більше порівняно з шлакопортландцементом.

Фізико-хімічне модифікування композиційних цементів комплексними додатками пластифікуючо-прискорювальної дії дозволяє напрямлено регулювати параметри цементної системи, створюючи можливість утворення гідратних фаз, що мають в'язучі властивості в мінеральній неклінкерній частині композицій. Підвищений вміст AF_t -фаз у ранній період структуроутворення, додаткова кількість низькоосновних гідросилікатів типу $\text{CSH}(\text{B})$, а також наявність у продуктах гідратації композиційних цементів дрібнокристалічного гідрогеленіту $[\text{Ca}_2\text{Al}(\text{OH})_6]$ $[\text{AlSiO}_3(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$, що належить до структурно-активних AF_m -фаз, та змішаних

лужноземельних гідроалюмосилікатів ($\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 4\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ та ін.) забезпечують синтез міцності цементного каменю з високими експлуатаційними властивостями.

Модифіковані композиційні цементы характеризуються поліпшеними будівельно-технічними властивостями, зокрема пониженим тепловиділенням та деформаціями зсідання. Завдяки підвищеній корозійній стійкості в агресивному середовищі ($K_{C_6}=0,93$) композиційний цемент КЦ V/A-ПЛ можна зарахувати до класу сульфатостійких ССКЦ 400-Д60-ПЛ ДСТУ Б В.2.7-85-99. Бетонні суміші характеризуються зростанням марки за легкоукладальністю від Р1 до Р3, а бетони – підвищеною марочною міцністю (В35), морозостійкістю (F300); пониженим водопоглинанням у 1,5 раза порівняно з бетоном на портландцементі ПЦ II/A-III.

Отже, наукові та техніко-економічні прогнози на найближчі десятиліття свідчать про необхідність збільшення випуску модифікованих малоенергомістких композиційних цементів, що досягається за рахунок раціонального добору компонентного складу, а також використання суперпластифікаторів нової генерації та лужної активації. Фізико-хімічне модифікування властивостей в'язучих речовин та бетону на їх основі за допомогою комплексних додатків поліфункціональної дії стає основним напрямком вирішення проблем збірного та монолітного будівництва на сучасному етапі.

Підвищення довговічності бетонів нерозривно пов'язане із зменшенням значень водоцементного відношення (В/Ц) за рахунок використання суперпластифікаторів, що неминує зумовлює отримання високих показників міцності. Хімічна природа суперпластифікаторів визначає їх водоредукуючий ефект. Так, лігносульфонати технічні забезпечують водоредукуючий ефект 5–15 %, нафталінсульфонати 15–25 %, поліакрилати 20–30 %, полікарбоксилати 25–40 %. За останні роки на ринку України чітко встановилася тенденція до використання багатокомпонентних цементних систем на основі різного типу комплексних модифікаторів. Комплексні хімічні добавки-модифікатори (КМ) на основі суперпластифікаторів є найефективнішими для покращання властивостей цементних систем і бетону. Вони можуть впливати відразу на декілька характеристик бетону, причому часто не пов'язаних між собою. Крім того, такі добавки дають можливість підсилити і поглибити якийсь певний ефект, якого вже було досягнуто у разі введення однокомпонентної добавки. Ще однією перевагою застосування комплексних модифікаторів є те, що під час їх введення забезпечується істотне зменшення або практично повне блокування небажаної побічної дії кожної складової комплексної добавки. Так, поверхнево-активні речовини (ПАР), які вводять для пластифікування бетонних сумішей, одночасно сповільнюють процеси гідратаційного тверднення в'язучих. Застосування комплексної хімічної добавки (ПАР+електроліт) дає змогу усунути цей недолік. Комплексні модифікатори дають можливість досягти їх більшої універсальності, тобто практичної незалежності отриманого ефекту від хіміко-мінералогічного складу цементу, і певною мірою, від складу бетонної суміші. Використання комплексних добавок-модифікаторів може давати значну економічну вигоду, тому що дозволяє частково замінити дорогу добавку дешевшою, не втрачаючи при цьому бажаного ефекту [8].

Комплексні добавки пластифікуючо-прискорювальної дії при заданій міцності більшою мірою, ніж традиційні пластифікатори, забезпечують зростання рухливості бетонних сумішей, розміщуючись у ряді ЛСТМ<СНФМ<ПКСМ (рис. 2). Досягнення ж високої рухливості суміші (РК=170 мм) за рахунок зростання В/Ц від 0,42 до 0,52 призводить до спаду міцності дрібнозернистого бетону на 40%. Водопоглинання пластифікованих дрібнозернистих бетонів з комплексними модифікаторами порівняно з звичайним бетоном без добавок (РК=113 мм) істотно не відрізняється.

Теоретичні передумови створення високорухомих бетонних сумішей полягають в тому, що початкове структуроутворення модифікованих портландцементних композицій визначається, переважно, особливостями утворення AF_t - і AF_m -фаз в присутності добавок, до того ж кінетика набору міцності зумовлена особливостями гідратації і тверднення силікатних фаз портландцементу. Аналіз формування мікроструктури цементного каменю показує, що синергічна дія ПАР+електроліт на цементні системи призводить до явища адсорбційного модифікування гідроалюмінатів та гідросульфоалюмінатів кальцію шляхом зміни їх морфології з утворенням та

стабілізацією структурно-активних компонентів – пластинчастих гексагональних AF_m -фаз. Зміни на рівні наноструктури продуктів гідратації цементного каменю за рахунок явища адсорбційного модифікування сприяють формуванню щільної мікроструктури цементного каменю, внаслідок чого створюються позитивні ефекти під час виробництва та застосування пластифікованого бетону.

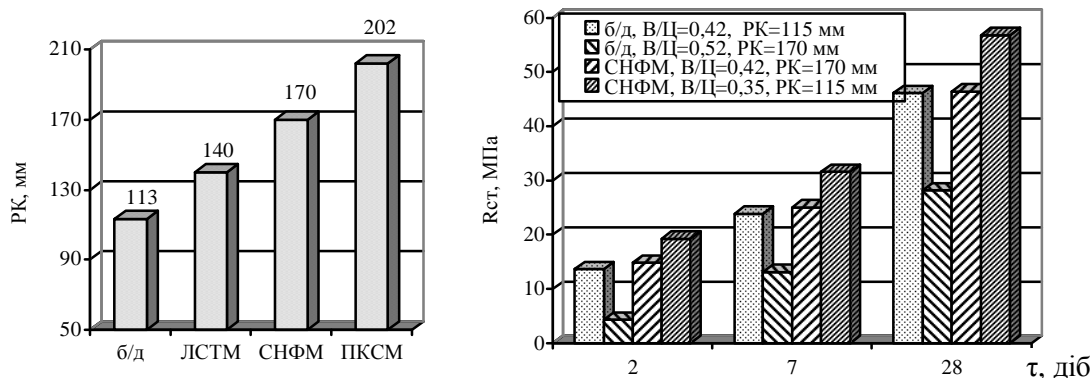


Рис. 2. Рухливість сумішей (а) та міцність дрібнозернистого бетону (б) на основі модифікованих портландцементних композицій

Під час монолітного бетонування з використанням добавок різного функціонального призначення з врахуванням їх сумісності з цементними системами алгоритм вибору модифікаторів, крім одиничної вартості, враховує: вміст добавок (мінімальна, максимальна і рекомендована кількість); величину одержаного ефекту (величина пластифікування; скорочення або відтягування термінів тужавіння, підвищення щільності бетону); додаткові позитивні та побічні негативні ефекти.

Використання комплексних модифікаторів пластифікуючо-прискорювальної дії для пластифікованих бетонів дає змогу повнішою мірою реалізувати три ефекти функціональної дії: технологічний – при постійній витраті цементу та сталому водоцементному відношенні збільшити рухливість бетонної суміші без втрати міцності від P1 до P3...P5; технічний – при збереженні рухливості без зміни витрати цементу за рахунок водоредукування сумішей (на 20–40 %) міцність бетону зростає на 30–50 %; економічний – при збереженні постійних значень рухливості, В/Ц та заданій міцності бетону витрата цементу зменшується на 20–30 %. Використовуючи модифікатори різних груп для високорухомих бетонних сумішей, повітрязахоплення підвищується від 2,7% без добавок до 4,2 і 3,6% відповідно з добавками СНФМ і ПКСМ (табл. 1). Варто відзначити, що модифіковані бетонні суміші БСГ В25 Р4 F300 W6 відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-96-2000 щодо водо- та розчиновідділення, тоді як бетонні суміші на основі портландцементу без добавок марки за легковкладальністю Р4 перевищують допустимі за стандартом значення показників розчиновідділення.

Вплив модифікаторів на міцність бетонів

Комплексний модифікатор	Вміст, мас.%	В/Ц	ОК, см	Об'єм повітря, %	Границя міцності при стиску, МПа, у віці, діб		
					1	7	28
б/д	-	0,55	6,5	2,7	3,9	17,1	28,0
ЛСТМ	0,5	0,55	10,0	4,6	3,8	16,4	28,0
СНФМ	1,0	0,55	24,0	4,2	3,7	16,9	28,1
ПКСМ	0,5	0,55	20,5	3,6	3,5	16,3	28,0
ЛСТМ	0,5	0,52	4,5	2,7	2,9	17,6	30,0
СНФМ	1,0	0,47	2,0	4,4	5,3	25,3	40,6
ПКСМ	0,5	0,47	5,0	4,8	4,5	20,9	40,1

Методом низькотемпературної дилатометрії встановлено, що під час використання комплексного модифікатора типу СНФ-РН, який синергічно поєднує суперпластифікуючу, прискорювальну та протиморозну дії, внаслідок значної водоредукції формується дрібнопориста структура цементного каменю, концентрація електроліту в ній зростає, відповідно температура замерзання порової рідини знижується до $-10...-12^{\circ}\text{C}$, а деформації розширення зменшуються від 1,68 до 0,9–1,2 %. Комплексні модифікатори збільшують час збереження зручновкладальності бетонних сумішей та забезпечують прискорене в 1,5 рази тверднення бетонів в умовах понижених додатних та знакозмінних температур. У 1,5–2,0 рази скорочується час досягнення критичної міцності бетону на морозі, а через 28 діб тверднення при від'ємних (до -10°C) температурах одержується 30–40 % марочної міцності бетону.

Комплекс проведених досліджень структуроутворення портландцементних композицій, модифікованих комплексними добавками поліфункціональної дії, свідчить про можливість одержання високорухомих бетонних сумішей, пояснити механізм їх позитивного впливу на будівельно-технічні властивості та довговічність бетонів. Розширюються можливості використання литих бетонних сумішей у практиці монолітного будівництва, особливо під час виготовлення щільноармованих конструкцій складної форми та для транспортування сумішей бетононасосами. Фізико-хімічне модифікування вискоефективними комплексними добавками пластифікуючо-прискорювальної дії стає одним з основних напрямків вирішення проблем монолітного бетону та залізобетону на сучасному етапі.

Вагомою перевагою використання високофункціональних бетонів з енергетичного погляду є його висока термічна маса, що дає змогу заощаджувати енергію і створює сприятливе енергетичне внутрішнє середовище для мешканців. Термічна маса бетону будівлі оптимізує вигоди нагрівання на сонці, зменшуючи витрати палива на обігрівання на 2–15 %; зменшує коливання температури всередині будівлі; забезпечує краще використання низькотемпературних джерел тепла, таких, як земляні теплові помпи; за рахунок зменшення витрати енергії як для обігрівання, так і для охолодження, зменшує емісію CO_2 ; в майбутньому допоможе зберегти будівлі від кліматичних змін [10].

Сьогодні широкого розповсюдження набуло пасивне будівництво, головною перевагою якого є дуже низькі експлуатаційні витрати. Ефективний відбір енергії, використання енергозберігаючих пристроїв, відмова від традиційних джерел енергії на користь відновлюваних, — все це дає змогу заощаджувати кошти та швидко повернути інвестиційні витрати. Крім того, пасивний будинок є екологічною конструкцією, сприятливою для його мешканців. У ньому не буває протягів, панує оптимальний температурний комфорт, повітря завжди чисте і свіже. Навіть взимку вікна із зовнішнього боку теплі. У такому будинку не утворюються грибки чи пліснява, підтримується оптимальний рівень вологості. Незалежно від пори року, мешканці пасивного будинку почуватимуться комфортно, — і взимку (без додаткових обігрівачів чи необхідності збільшувати потужність системи опалення), і влітку (без системи кондиціонування), адже з герметичного будинку тепло не "втікає". Нині для пасивних будинків пропонуються комплексні системи — з тепловою помпою для впливального повітря, контрольованою вентиляцією приміщень і бойлером для гарячої води.

1. Конструкційні матеріали нового покоління та технології їх впровадження у будівництво / Р.Ф. Рунова, В.І. Гоц, І.І. Назаренко, В.Й. Сівко, П.С. Шилук, В.Н. Старчук, В.І. Братчун, А.М. Плугін, М.А. Саницький – К.: УВПК «ЕксОб». – 2008. – 360 с.

2. Cementy z dodatkami mineralnymi w technologii betonów nowej generacji /Z. Giergiczny, J. Małolepszy, J. Szwabowski, J. Śliwiński. – 2002. – 190 s.

3. Рунова Р.Ф., Руденко И.И., Троян В.В. Концепция разработки высокопрочных бетонов на основе отечественной минеральной базы / Міжвід. наук.-техн. зб. "Будівельні конструкції" – К.: НДІБК, 2009. Вип. 72. – С.24–35.

4. Зайченко Н.М. Высокопрочные тонкозернистые бетоны с комплексно модифицированной микроструктурой: Монография. – Макеевка: ДонНАСА, 2009. – 207 с.

5. Баженов Ю.М. Бетоны: технологии будущего // Современные стройматериалы. – 2005. – Июль-август. – С.50–52.
6. Храпко М. Самоуплотняющийся бетон – долгожданное решение // www.allbeton.ru.
7. Grzeszczyk S., Podkova P. Betony samozagęzczalne, wpływ mikrowypełniaczy na mikrostrukturę I właściwości // Zeszyty naukowe Politechniki Opolskiej. Seria: BUDOWNICTWO z.53 – 2009. – N311. – 45–57 s.
8. Модифікатори нової генерації для бетонів / М.А. Саницький, О.Р. Позняк, У.Д. Марущак, М.М. Чемерис та ін. // Будівельні матеріали та вироби. – 2006. – №1. – С. 5–7.
9. Соболев Х.С. Концепція застосування модифікованих композиційних цементів у будівельному виробництві // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. Теорія і практика будівництва”. – 2004. – № 520. – С. 179–182.
10. Pichór W. Beton w budynkach efektywnych energetycznie. Korzyści z masy termicznej. – Kraków, 2007. – 30 s.

С.М. Стечишин

Національний університет “Львівська політехніка”
кафедра автомобільних шляхів,
керівник ГНДЛ-108, член ЛТВ АБУ

**ГАЛУЗЕВА НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЛАБОРАТОРІЯ З ДІАГНОСТИКИ
ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ, АЕРОДРОМІВ
І СУПУТНИХ ЇМ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД (ГНДЛ-108):
НА ШЛЯХУ ПРАКТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ**

© *Стечишин С.М., 2010*

Галузева науково-дослідна лабораторія з діагностики технічного стану автомобільних доріг, аеродромів і супутніх їм інженерних споруд (ГНДЛ-108) створена в травні 2004 року при Інституті будівництва та інженерії довкілля в складі науково-дослідної частини Національного університету “Львівська політехніка”.

На договірній основі колектив лабораторії ГНДЛ-108 виконує різноманітні за складністю науково-дослідні, обстежувальні і проектно-конструкторські роботи за такими пріоритетними напрямками:

- розроблення і впровадження в практику дорожнього будівництва ефективних методів ремонту, підсилення та розширення автомобільних доріг різних категорій і супутніх їм інженерних споруд;
- установлення міцності та експлуатаційної придатності ґрунтів і ґрунтових, щебених та інших основ, а також дорожніх одягів на підставі результатів їх польових випробувань;
- комплексні обстеження і оцінка транспортно-експлуатаційних показників ділянок автомобільних доріг, внутрішньовиробничих проїздів, автомобільних стоянок, злітно-посадкових смуг та рулювальних доріжок аеродромів і промислових підлог;
- контроль якості вихідних дорожньо-будівельних матеріалів;
- установлення за результатами натурних обстежень і випробувань фактичного технічного стану мостових споруд та їх реальної вантажопідйомності з розробленням (за необхідності) рекомендацій щодо підсилення опор, прольотних будов, а також з підрахунком обсягів ремонтно-відновлювальних робіт і витрат ремонтних матеріалів. Виконання паспортизації штучних споруд;