

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

№3(74) 2012

всеукраинский научно-технический и производственный журнал

с 1959 по 1993 год журнал "Строительные материалы и конструкции"

УЧРЕДИТЕЛИ:Министерство регионального
развития, строительства и
ЖКХ УкраиныУкраинский научно-
исследовательский и проектно-
конструкторский институт
строительных материалов и изделий
ГП "НИИСМИ"Акционерное общество
"Киевгортройматериалы"**Редакционный совет:**

БАРЗИЛОВИЧ Д.В.

КОБЯКО И.П.

КРУПА А.А.

МХИТАРЯН Н.М.

НЕСТЕРОВ В.Г.

РУНОВА Р.Ф.

РЫЩЕНКО М.И.

САЙ В.И.

САНИЦКИЙ М.А.

СВИДЕРСКИЙ В.А.

СЕРДЮК В.Р.

СУЧКОВА Е.А. –

отв. секретарь

ФЕДОРКИН С.И.

ЧЕРВЯКОВ Ю.Н.

ЧЕРНЯК Л.П.

Материалы рассмотрены на заседании
Ученого совета НИИСМИ, одобрены
и рекомендованы к опубликованию,
протокол №4 от 07.05.2012 г.Журнал зарегистрирован
Государственным комитетом информа-
ционной политики, телевидения и
радиовещания Украины КВ №4528
от 01.09.2000 г.Постановлением Президиума ВАК
Украины от 26.01.2011 г. №1-05/1
журнал включен в перечень научных
изданий Украины, в которых могут быть
опубликованы результаты работ на
соискание ученых степеней доктора и
кандидата наукРедакция не несет ответственности
за содержание рекламы и объявлений

Авторы опубликованных материалов

несут ответственность за
достоверность приведенных сведений,
точность данных по цитируемой
литературе и отсутствие в статьях
данных, не подлежащих открытой
публикацииРедакция может опубликовать статьи
в порядке обсуждения, не разделяя
точку зрения авторов**Адрес редакции:**04080, Украина, Киев-80,
ул. Константиновская, 68, оф. 316,
тел./факс (044) 417-62-96;
тел.: (044) 417-86-13; 417-07-15Подписано до друку 16.05.2012 р.
Формат 60x84/8.Папір офсетний. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 5,58. Обл.-вид. арк. 7,75.
Тираж 5000 прим.**Выготовано:**Київська нотна фабрика, КО
04080, м. Київ, вул. Фрунзе, 51-а
тел. (044) 417-02-48,
тел./ факс.(044) 417-02-25**Содержание****Зміст****Наука – производству****Наука – виробництву**

ДВОРКИН Л.Й., ДВОРКИН О.Л., ГАРНІЦЬКИЙ Ю.В., ЧОРНА І.В., МАРЧУК В.В.

Цементи низької водопотреби та бетони на їх основі
із застосуванням дисперсних техногенних продуктів 2

БАБИЧЕНКО В.Я., ДАНЕЛЮК В.І., ДМИТРІЄВА Н.В.

Новий спосіб укладання та ущільнення бетонних сумішей
та його техніко-економічне обґрунтування 8

МАЛЫШЕВ В.В., ГЛАДКАЯ Т. Н., БОРЕЙКО С.В.

Системный подход к изучению процессов структурообразования
цементного камня с позицийnanoуровня 10

ДОРОГАНЬ Н.О., МИРОНЮК О.В., ЧЕРНЯК Л.П.

Коагуляційна структура шламу для виготовлення білого цементу 14

ЛАПОВСКАЯ С.Д.

К вопросу о влиянии эксплуатационной влажности
на свойства автоклавного ячеистого бетона 17

КОРНЫЛО И.М., СУШИЦКАЯ Т.А.

Технико-экономическое обоснование применения
ячеистого бетона в ограждающих конструкциях 21**Керамика****Кераміка**

ОГОРОДНИК И.В.

Особенности производства эффективной стеновой керамики 23

Деревянные конструкции в строительстве**Дерев'яні конструкції в будівництві**

МИХАЙЛОВСЬКИЙ Д.В., МАТЮЩЕНКО Д.М.

Еволюція карнизных вузлов рам з клееної деревини 27

Сухое строительство**Сухе будівництво**

ГАВРИШ О.М.

Шляхи підвищення енергоефективності виробництва
гіпсовых будівельних матеріалів 30

СТАРЧЕНКО А.Ю., КЛИМЕНКО С.В., БРАТЧУН В.И.,

БАРМОТИН А.А., КОСИК А.Б.

Исследование долговечности цементной плиты
КНАУФ AQUAPANEL® Outdoor 34**Информация и сообщения****Інформація та повідомлення**

7-я Международная научно-практическая конференция

«Опыт производства применения ячеистого бетона автоклавного твердения» 38

НАУКА – ПРОІЗВОДСТВУ

УДК 666.944.21

Дворкін Л.Й., доктор техн. наук, професор;

Дворкін О.Л., доктор техн. наук, професор;

Гарніцький Ю.В., канд. техн. наук, доцент;

Чорна І.В., аспірант;

Марчук В.В., аспірант, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

ЦЕМЕНТИ НИЗЬКОЇ ВОДОПОТРЕБИ ТА БЕТОНИ НА ЇХ ОСНОВІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ДИСПЕРСНИХ ТЕХНОГЕННИХ ПРОДУКТІВ

Портландцемент залишається найбільш вживаним будівельним матеріалом, тому, враховуючи високу енергоємність його виробництва, питання зниження витрати та раціонального використання цементного клінкеру залишаються актуальними. Одним із критеріїв ефективності використання цементу в бетоні може бути відношення витрати цементного клінкеру в 1 м³ бетону до його міцності (кг/МПа). Для бетонів низької та середньої міцності цей критерій лежить в межах 15–17 [1], при міцності 35–40 МПа – 12–14, для бетонів міцністю 60–80 МПа з використанням сучасних суперпластифікаторів і мікрокремнезему – в межах 7–10. Подальше підвищення ефективності використання клінкеру можливе при збільшенні його активності, однак на сьогодні цементна промисловість певною мірою вичерпала традиційні шляхи для цього. З останньої редакції ДСТУ Б В.2.7-46 навіть виключені марки цементу вище M500. Хоча в ДСТУ Б EN 197-1:2008 передбачений клас цементу 52,5 (аналог марки M600), однак ні в Україні, ні в Європі він масово не випускається. Забезпечення високих будівельно-технічних властивостей сучасного бетону, зокрема високоміцного, виконується за рахунок суттєвого ускладнення та здороження технології його виготовлення, зокрема шляхом введення високоактивних мінеральних (мікрокремнезем) та хімічних (гіперпластифікатори) добавок, застосуванням високоякісних заповнювачів із заданою гранулометрією.

Підвищення активності при одночасному зменшенні вмісту клінкеру в цементі можливе при його тонкомеленні помелі до питомої поверхні 5000–7000 см²/г. Тонкомелені цементи (ultrafine cements) з розміром

частинок до 10 мкм дозволяють підвищити активність і зменшити вміст клінкерної складової, однак при по-мітному збільшенні нормальної густоти. Тому найбільш перспективними в'яжучими для сучасних високоміцних бетонів видаються запропоновані в середині 80-х років цементи низької водопотреби (ЦНВ) [2, 3]. Отримані сумісним помелом портландцементного клінкеру (чи товарного цементу) та двоводного гіпсу з мінеральною добавкою і суперпластифікатором, вони дозволяють зберегти переваги тонкомелених цементів при суттєвому зниженні їх водопотреби до НГ=16–18%. Застосування ЦНВ фактично повертає технологію сучасного бетону до класичної трьохкомпонентної схеми – в'яжуче, заповнювачі, вода, при цьому надавши йому принципово нових властивостей.

Традиційно в якості наповнювача ЦНВ застосовують кварцовий пісок, рідше карбонатний наповнювач у кількості 30–70%. Найкращі результати з точки зору міцності на стиск як в'яжучого, так і бетонів були отримані [4] при використанні активних наповнювачів – доменного шлаку та золи-виносу, однак у подальшому бетони на таких ЦНВ системно не досліджувались. Застосування золи-виносу чи інших пилоподібних техногенних продуктів в якості компонента ЦНВ досить також з тієї причини, що їх висока дисперсність суттєво знижує енергозатрати на помел. Крім золи-виносу, одним з таких тонкодисперсних компонентів, який у великій кількості накопичується на виробництві, є пил-виносу обертових печей цементних заводів, відібраний з відхідних газів у електрофільтрах – цементний пил (ЦП).

Таблиця 1

Хімічний склад вихідних матеріалів

Назва матеріалу	Вміст оксидів, %									
	в.п.п.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaOв
Сировинний шлам	-	20,80	5,25	4,113	67,95	0,54	0,59	-	-	-
Клінкер	-	21,80	5,32	4,11	66,80	0,95	0,63	0,54	0,42	-
Пил електрофільтрів	24,07	12,22	3,41	2,05	49,01	0,84	5,29	2,78	0,55	3,10
Зола-виносу	5,1	84,5			2,1	2,0	1,3	1,2		2,5
Доменний шлак		22,47	5,26	4,07	66,18	0,62	0,36	0,29		0,32

Метою даної роботи було встановлення оптимальних параметрів складу цементів низької водопотреби, які містять техногенні пилоподібні продукти – золу-виносу або цементний пил, а також дослідження властивостей високоміцних бетонів з використанням пропонованих ЦНВ.

У якості вихідних використовували матеріали, характерні для ПАТ «Волинь-цемент» – портландцемент ПЦ і-500, цементний пил, доменний гранульований шлак Криворізького металургійного комбінату, а також золу-виносу Бурштинської ТЕС. Усереднений хімічний склад матеріалів та сировинного шламу ПАТ «Волинь-цемент» наведений у табл. 1.

Мінералогічний склад клінкеру наступний: $C_3S = 57,10\%$, $C_2S = 21,27\%$, $C_3A = 6,87\%$, $C_4AF = 12,19\%$. У складі пилу міститься до 20 % клінкерних мінералів; з них двохкальцієвого силікату β - і γ -модифікацій – 8–10, двохкальцієвого фериту і чотирьохкальцієвого алюмофериту – 10–12, вільного оксиду кальцію – 2–14, лугів – 1–8 %. Основна маса пилу складається з суміші дегідратованої глини і вапняку, що не розклався.

Основним способом утилізації пилу в цементній промисловості є повторне введення його в сировинну суміш. Цей спосіб не є досить ефективним, оскільки при поверненні пилу повторно нагрівається, не використовується його активність і дисперсність. Якість клінкеру знижується за наявності в пилові великої кількості лугів. При випаленні клінкеру за мокрим способом пил сприяє утворенню шламових кілець, особливо при коливанні хімічного складу сировинної суміші, при нерівномірному живленні сировинною сумішшю і паливом, непостійності зернового складу шихти і твердого палива, наявності у складі сировини підвищеної кількості лужних оксидів, сульфатів, оксиду заліза, а також присадки золи палива [5]. У зв'язку із застосуванням нових суперпластифікаторів і вдосконаленням техніки помелу останніми роками досліджувались і інші способи утилізації пилу, а саме використання в якості мінеральної добавки композиційних в'яжучих. Такий досвід накопичений, зокрема, у Польщі.

Таблиця 2

Умови планування експериментів при дослідженні системи «цемент-пил-шлак»

Фактори	Значення факторів*	Рівні варіювання			Інтервал варіювання
		-1	0	+1	
X_1	(П+Ш), %	10	35	60	25
X_2	$\frac{П}{П+Ш}$	0	0,5	1	0,5
X_3	$S_{пит}$, m^2/kg	300	450	600	150
X_4	СП, %	0	1,3	3	1,5

* P – пил обертових печей, $Ш$ – доменний гранульований шлак, $S_{пит}$ – питом поверхня, СП – суперпластифікатор С-3.

Зола-виносу широко використовується як компонент цементів, бетонів і розчинів. Накопичений значний позитивний досвід її використання в першу чергу у бетонах і розчинах [6], а також у композиційних цементах [7]. Вимоги до золи як компонента цементів наведені в ДСТУ Б В.2.7-128:2006 і зводяться, в основному, до обмежень щодо втрат при прожарюванні ($\leq 5\%$) та за вмістом вільного CaO ($\leq 2,5\%$) і лужних оксидів ($\leq 3\%$). За першими двома показниками зола Бурштинської ТЕС знаходиться на межі допустимих, однак досвід цементного заводу у м. Миколаїв (Львівська обл.) свідчить про можливість використання цієї золи як активної мінеральної добавки до цементу.

Основні дослідження в'яжучих були проведені в системах «портландцемент – цементний пил (зола виносу) – доменний гранульований шлак» та «портландцемент – зола виносу». Досліджували вплив співідношення портландцемент : пил (зола) : шлак, а також величини питомої поверхні на активність та інші властивості в'яжучого, отриманого сумісним помелом вказаних компонентів в присутності суперпластифікаторів нафтальінформальдегідного (С-3), акрилатного (Dynatone SP-3) та полікарбоксилатного (Sika VC225) типів. Доменний шлак в складі цих в'яжучих виконує роль не тільки активної мінеральної добавки, але також і компенсатора негативного впливу лугів, сірчаного ангідриду і вільного оксиду кальцію. Вказані компоненти пилу чи золи не тільки поглинаються шлаком, але й сприяють підвищенню активності останніх.

Дослідження виконували із застосуванням математичного планування експерименту. Для системи «цемент-пил-шлак» був реалізований трьохрівневий план В₄. Після статистичної обробки експериментальних результатів отримані математичні моделі (1, 2) міцності на стиск композиційних в'яжучих у віці 2 (y_1) і 28 (y_2) діб у вигляді поліноміальних рівнянь регресії другого порядку. Умови планування експериментів наведені в табл. 2.

Аналіз поліноміальних моделей (1, 2), отриманих в результаті обробки експериментальних даних, дозволяє прослідкувати чітко вражений нелінійний характер впливу досліджуваних чинників на міцність композиційних в'яжучих і знайти їх оптимальні значення (рис. 1). З графіків видно, що при вмісті доменного шлаку в цементі 10%, його домолі до питомої поверхні 450 m^2/kg і введенні 1,5% суперпластифікатора активність в'яжучого перевищує 70 МПа, тобто майже в 1,5 рази активність вихідного цементу.

$$y_1 = 21,09 - 5,04X_1 - 2,24X_2 + 1,85X_3 + 1,96X_4 + 0,88X_1^2 - 3,12X_2^2 - 3,62X_3^2 - 1,38X_4^2 - 0,88X_1X_2 - 0,75X_1X_3 + 0,13X_2X_3 + 0,25X_2X_4 + 0,38X_3X_4 \quad (1)$$

$$y_2 = 53,60 - 11,65X_1 - 6,78X_2 + 6,22X_3 + 4,03X_4 + 8,82X_1^2 - 9,68X_2^2 - 3,68X_3^2 - 2,18X_4^2 - 5,81X_1X_2 - 0,94X_1X_3 - 1,06X_2X_3 - 0,56X_2X_4 + 0,81X_3X_4 \quad (2)$$

Підвищення вмісту суперпластифікатора до 3% і питомої поверхні в'яжучого до 600 m^2/kg приводить до порівняно невисокого додаткового приросту активності.

Наповнення в'яжучого мінеральною добавкою закономірно приводить до зниження міцності цементу

(рис. 1а, д). Найбільш інтенсивне падіння міцності цементу має місце в тому випадку, коли мінеральна добавка вміщує лише пил обертових печей. При введенні 60% пилу клінкеру обертових печей активність цементу знижується майже в 3,5 рази – від 51 до 15 МПа. Домол наповненого пилом цементу і введення добавки суперпластифікатора дозволяє підвищити міцність в'яжучого до 30 МПа.

Ефект зниження міцності при наповненні цементу доменним шлаком і композицією шлаку та пилу є істотно меншим, ніж лише пилом, особливо при підвищенні тонкості помелу і введенні добавки суперпластифікатора (рис. 1а, г).

Оптимальне співвідношення пилу і шлаку в пилошлаковому компоненті в'яжучого змінюється залежно від його загального вмісту у в'яжучому. При загальному вмісті композиційної мінеральної добавки 50–60% оптимальне співвідношення в ньому пилу і шлаку наближається до одиниці.

Аналіз експериментальних результатів дозволяє стверджувати можливість заміни до 50% клінкеру в портландцементі композиційною мінеральною добавкою без зниження активності цементу при його домолі до питомої поверхні 450–500 м²/кг і введенні суперпластифікатора типу С-3 в кількості 1,5–2%. Нормальна густота такого в'яжучого знаходитьться в межах 20–22%. Воно характеризується швидким нарощанням міцності, яка вже в 2-х добовому віці досягає 50% марочної (рис. 1г).

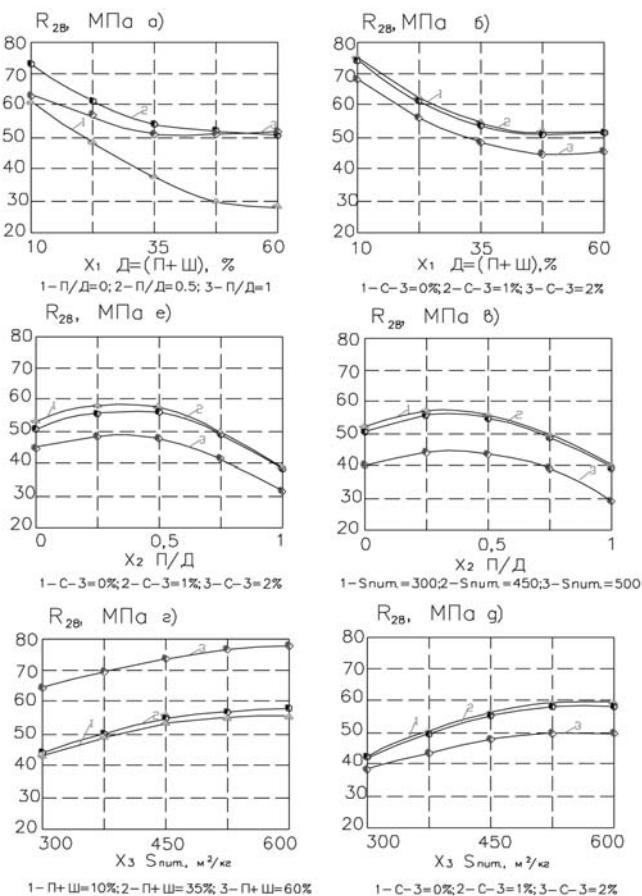


Рис. 1. Залежність міцності на стиск у віці 28 діб (R28) ЦНВ, який містить цементний пил, від технологічних факторів

Рання міцність цементу практично лінійно знижується із збільшенням вмісту в ньому пилу, при введенні композиційної добавки негативний вплив збільшення співвідношення пил:шлак відчувається тим раніше, чим більше їх сумарний вміст. При досягненні питомої поверхні в'яжучого більше 450 м²/кг її вплив на ранню міцність стабілізується. Вплив добавки суперпластифікатора в найбільшій мірі відчувається при дозуваннях в межах 1,3–1,5% від маси в'яжучого.

Проведені дослідження дозволили експериментально встановити можливість отримання композиційних високоміцних швидкотвердіючих цементів низької водопотреби з використанням пилу обертових печей і доменного гранульованого шлаку.

Дослідження в системі «цемент – зола» проводились за трохрівневим трохфакторним планом В₃, умови планування наведені в табл. 3.

У ході досліджень виготовляли цементно-піщаний розчин складу цементно-зольне в'яжуче : піск = 1 : 3, визначали водов'яжуче відношення (В/В'яж) для досягнення розпліву конуса розчину на струшуючому столику не менше 106 мм та міцність зразків-балочок на стиск і згин у віці 2, 7 і 28 діб.

Після обробки і статистичного аналізу експериментальних даних отримали математичні моделі (3–5) міцності досліджуваних золовмісних ЦНВ на стиск у віці 2 доби (y₃), 28 діб (y₄) та на згин (y₅) у вигляді поліноміальних рівнянь регресії.

$$y_3 = 19,24 + 3,06 \cdot X_1 - 1,96 \cdot X_2 - 2,22 \cdot X_3 + 0,388 \cdot X_1 X_2 - 0,663 \cdot X_1 X_3 - 0,538 \cdot X_2 X_3 + 1,694 \cdot X_1^2 - 1,551 \cdot X_2^2 + 0,149 \cdot X_3^2 \quad (3)$$

$$y_4 = 56,46 + 0,72 \cdot X_1 + 6,1 \cdot X_2 - 1,95 \cdot X_3 + 0,175 \cdot X_1 X_2 - 0,45 \cdot X_2 X_3 - 4,138 \cdot X_1^2 - 6,699 \cdot X_2^2 - 0,412 \cdot X_3^2 \quad (4)$$

$$y_5 = 9,21 - 0,75 \cdot X_1 - 0,45 \cdot X_2 - 0,23 \cdot X_3 + 0,225 \cdot X_1 X_2 - 0,075 \cdot X_1 X_3 - 0,075 \cdot X_2 X_3 - 0,082 \cdot X_1^2 - 0,682 \cdot X_2^2 + 0,018 \cdot X_3^2 \quad (5)$$

Графічні залежності, які ілюструють вплив технологічних факторів на міцність ЦНВ на стиск у віці 2 та 28 діб наведені на рис. 2. Аналізуючи їх, приходимо до висновку, що найбільший вплив на активність ЦНВ має вміст золи-виносу у в'яжучому, при збільшенні якого міцність ЦНВ зменшується. За таких умов для підвищення активності ЦНВ доцільне введення суперпластифікатора, що дозволяє зменшити його

Таблиця 3
Умови планування експерименту при досліджені системи «цемент – зола»

Фактори		Рівні варіювання факторів			Інтервал варіювання
Натуральний вид	Кодований вид	-1	0	+1	
Питома поверхня, S _{пит} , см ² /г	X ₁	5000	6000	7000	1000
Вміст добавки суперпластифікатора Sika VC225, %	X ₂	0,4	0,7	1	0,3
Вміст золи-виносу в ЦНВ, Z, %	X ₃	50	40	30	10

водопотребу. При збільшенні витрати суперпластифікатора зменшується В/В'яж-відношення, а міцність відповідно зростає.

Оптимальна витрата суперпластифікатора полікарбоксилатного типу у в'яжучому становить 0,7%, що призводить до збільшення активності в 1,5–2 рази у порівнянні з витратою СП 0,4%. Однак подальше збільшення кількості добавки недоцільне, тому що навіть при деякому зниженні В/В'яж-відношення міцність практично не зростає. Міцність на згин набагато менше залежить від витрати суперпластифікатора і практично не змінюється при збільшенні його витрати від 0,35% до 1%, при цьому початкова міцність зростає на 25–40%.

Збільшення питомої поверхні понад 5000 см²/г призводить до збільшення міцності на стиск і згин в усі терміни твердіння. Зокрема збільшення питомої поверхні від 5000 до 6000 см²/г призводить до збільшення активності цементу на 10–15%. Однак при питомій поверхні близько 7000 см²/г спостерігається в основному збільшення ранньої міцності, але у віці 28 діб можливе навіть деяке зниження активності цементу. Тому висока дисперсність в'яжучого доцільна у випадках коли необхідно забезпечити високу ранню міцність. Підвищена дисперсність ЦНВ у віці 28 діб краще проявляється на його активності ніж на міцності на згин, а у ранньому віці навпаки.

Для підтвердження доцільності використання золи-виносу Бурштинської ТЕС як компонента ЦНВ у ряді дослідних складів її замінювали на кварцовий піск (рис. 3.). Зростання активності ЦНВ-50, яке містить 38 % золи-виносу та 12% доменного шлаку у віці 28 діб становить 25–30% у порівнянні з аналогічним ЦНВ, яке містить таку ж кількість кварцевого піsku. У ранньому віці вид наповнювача має незначний вплив на активність ЦНВ.

При порівняльних дослідженнях було встановлено, що з усіх суперпластифікаторів найвищу міцність в'яжучого на стиск та згин отримали при використанні

суперпластифікатора полікарбоксилатного типу Sika VC 225. Це пояснюється тим, що даний суперпластифікатор має найвищу водоредукуючу здатність, що виражається на зменшенні НГ і В/Ц-відношення. Зокрема при використанні суперпластифікатора Sika ViscoCrete225 у кількості 0,35% НГ знижується з 27% до 22,5%, а водоцементне відношення – з 0,42 до 0,33. Збільшення вмісту суперпластифікатора до 1 % призводить до зниження НГ до 17%, а В/Ц. до 0,23. На рис. 4 наведена залежність міцності на стиск і згин ЦНВ від типу і витрати добавки суперпластифікатора при однаковій тривалості помолу.

Аналізуючи наступні графіки приходимо до висновку, що оптимальна витрата суперпластифікатора полікарбоксилатного типу в складі ЦНВ становить 0,7%, що призводить до збільшення активності вихідного цементу (до помолу) в 2–2,2 рази в усі терміни. Подальше збільшення кількості добавки недоцільне, тому що міцність практично не зростає. Суперпластифікатори акрилатного і нафталінформальдегідного типу помітно менш ефективні, ніж добавки полікарбоксилатного типу при однаковому чи навіть більшому їх вмісті у в'яжучому.

Таким чином, виконані дослідження підтвердили доцільність використання золи виносу Бурштинської ТЕС як компонента ЦНВ, дозволили встановити оптимальне співвідношення компонентів у в'яжучому, тонкість його помелу та витрату суперпластифікатора.

Після встановлення раціонального складу в'яжучого дослідували можливість отримання високоміцних бетонів на його основі. В якості заповнювачів використовували гранітний щебінь фракцій 5–10 та 10–20, а також кварцовий піск з модулем крупності 1,9 і вмістом відмулюваних домішок до 2%. Співвідношення піск : щебінь встановлювали експериментально з умови мінімальної пустотності суміші заповнювачів, співвідношення ЦНВ : заповнювач приймалось постійним і становило близько 1 : 4.

Встановлено, що кінетика твердіння бетонів на основі обох композиційних ЦНВ істотно відрізняється від характеру нарощання міцності бетону з ізопластичних сумішей, у які суперпластифікатор вводився

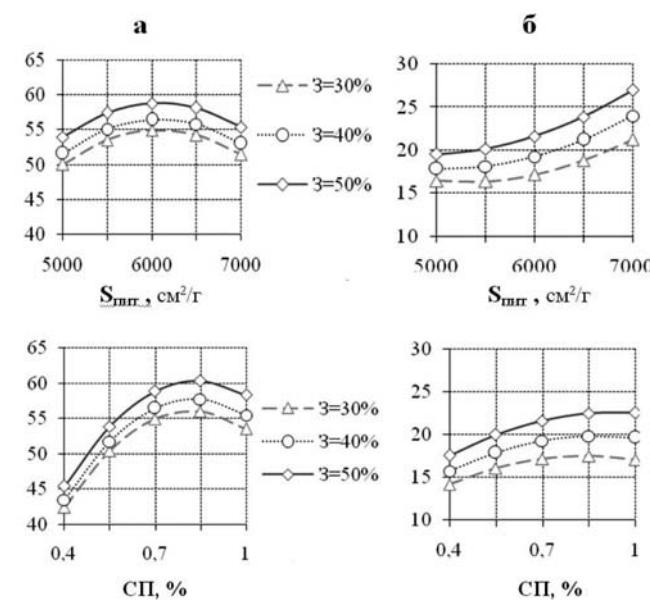


Рис. 2. Вплив технологічних факторів на міцність золовімісних ЦНВ на стиск у віці 28 діб (а) і 2 доби (б)

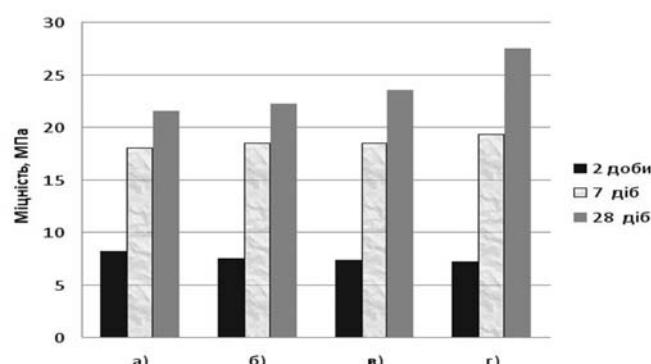


Рис. 3. Активність ЦНВ у віці 2, 7, 28 діб при застосуванні різних наповнювачів:

- а) кварцовий піск без добавки СП;
- б) кварцовий піск з добавкою СП SP-3 (1%);
- в) зола-виносу без добавки СП;
- г) зола-виносу з добавкою СП SP-3 (1%)

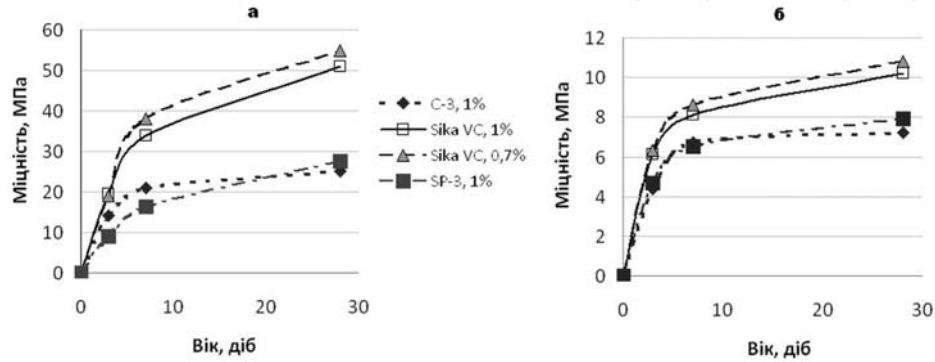


Рис. 4. Залежність міцності на стиск і згин від типу і витрати добавки суперпластифікатора

традиційною технологією при замішуванні. Вона характеризується інтенсивним набором міцності вже через кілька годин.

Експериментальні дані показують, що збільшення вмісту наповнювачів у в'яжучому для бетонів в межах 30–60% незначно зменшує міцність у віці 28 діб при оптимальних значеннях В/Ц та вмісту суперпластифікатора. Так при сумарному вмісті добавок пилу та шлаку 40% у складі в'яжучого міцність на 28 добу складає 58 МПа, а при 60% – 48 МПа. Схожі результати отримані для зольного ЦНВ при його вмісті 30–50%. Отримані показники міцності суттєво перевищують значення для контрольних зразків, виготовлених на вихідному цементі, що використовувався для виготовлення ЦНВ. Це пояснюється покращенням стану контактної зони на межі поділу «циментний камінь-заповнювач», а також складу і структури новоутворень у цій зоні.

В ході досліджень встановлені оптимальні В/Ц та визначені фізико-механічні властивості жорстких та літих бетонних сумішей на основі ЦНВ. Деякі з отриманих результатів наведені в табл. 4 та на рис. 5.

З отриманих даних відслідковується лінійний характер зміни міцності із збільшенням вмісту СП до певної оптимальної межі у літих сумішах. У жорстких сумішах вплив вмісту суперпластифікатора відчутний

слабше. Витрата в'яжучого в межах 405–500 кг на m^3 бетонної суміші підтверджує економічну доцільність використання ЦНВ, що вміщує лише 40–50% портландцементу, у виробництві бетонів. Згаданий вище критерій ефективності використання цементу в бетоні – відношення витрати цементного клінкеру в 1 m^3 бетону до його міцності (кг/МПа) для досліджених складів лежить в межах 2,5–4, що свідчить про високу ефективність використання в бетоні пропонованих цементів низької водопотреби з пиловидними техногенними продуктами.

Таким чином, технологічна доцільність використання цементів низької водопотреби, які містять пилоподібні техногенні продукти для отримання високоміцних бетонів не викликає сумнівів. При заміні до 60% цементного клінкеру золою виносу чи цементним пилом з добавкою доменного шлаку вдається отримати композиційні в'яжучі активністю 60–70 МПа та бетони міцністю до 80 МПа, в тому числі зі здатністю до самоущільнення.

Економічна доцільність використання ЦНВ також не викликає сумнівів. Виготовлення ЦНВ включає лише одну додаткову операцію – тонкий помол, максимальна енергоефективність якого не перевищує 50 кВт год/т цементу і зменшується при використанні сучасним

Таблиця 4

Результати досліджень бетонів з використанням ЦНВ

Витра-та ЦНВ, kg/m^3	В/Ц	Вид і вміст суперпластифікатора	Рухливість суміші, см	Питома поверхня ЦНВ, cm^2/g	Міцність бетону на стиск, МПа, у віці, діб		
					3	7	28
ЦНВ цемент : пил : шлак складу 3 : 1 : 1							
451	0,35	-	ОК=3	5450	29,1	37,9	52,4
451	0,28	C-3, 1	ОК=3	5500	47,0	55,5	74,4
451	0,25	C-3, 2	ОК=2	4400	49,4	55,0	70,1
406	0,60	-	РК=35	5450	7,3	11,4	22,0
406	0,39	C-3, 1	РК=35	5500	21,3	32,0	45,0
406	0,34	C-3, 2	РК=35	4400	25,0	36,0	54,0
ЦНВ цемент : зола : шлак складу 4 : 3 : 1							
500	0,27	Sika VC225, 1%	РК=32	5580	42,8	58,5	80,5
500	0,27	C-3, 1%	ОК=3	5580	36,5	49,5	64,8
500	0,27	Sika VC225, 0,7%	ОК=2	6450	46,5	63,7	79,1

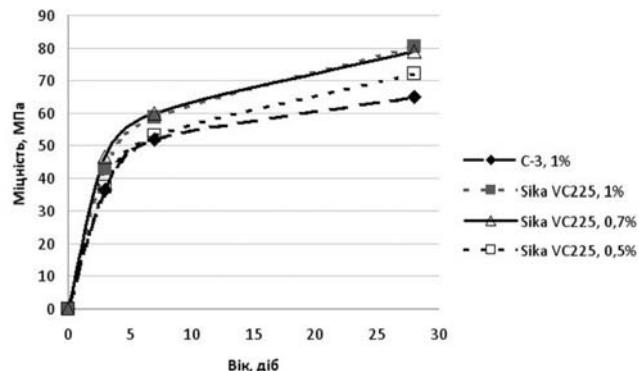


Рис. 5. Залежність міцності бетону з використанням зольного ЦНВ на стиск від віку і кількості суперпластифікатора

типів млинів – вібраційних, валкових, струменевих. Для отримання 1 кВт год електроенергії на електростанціях України затрачається від 0,3... 0,37 кг умовного палива, енергозатрати на отримання клінкеру становлять 120–140 кг ум.п /т для заводів сухого способу та до 240 кг для заводів мокрого способу [1]. При економії 50% клінкеру зменшення енергозатрат на його отримання складе 60–120 кг ум.п./т, а збільшення затрат на помол – 15–19 кг ум.п. Таким чином, зменшення енергозатрат може скласти до 100 кг ум.п./т цементу. Введення суперпластифікатора у ЦНВ не виклике додаткових затрат на бетон, оскільки вміст СП у ЦНВ принципово не відрізняється від його вмісту у сучасних бетонах.

ЛІТЕРАТУРА:

- Дворкин Л.И. Снижение расхода цемента и топлива в производстве сборного железобетона. – Киев: Вища школа, 1985.
- Батраков В.Г. Бетоны на вяжущих низкой водопотребности / Батраков В.Г., Башлыков Н.Ф., Бабаев Ш.Т. и др. // Бетон и железобетон. – 1988. – №11. – С. 4–6.
- Юдович Б.Э. Цементы низкой водопотребности: новые результаты и перспективы / Б.Э. Юдович и др. // Цемент и его применение. – 2006. – Июль-август.– С. 80–84.
- Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. М.: АО «Астра семья», 1998. – 768 с.
- Бутт Ю.М. Химическая технология вяжущих материалов / Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. – М., Выш. шк., 1980. – 472 с.
- Дворкин Л.И. Эффективные цементно-зольные бетоны / Дворкин Л.И., Дворкин О.Л., Корнейчук Ю.А.– Ровно, 1998. – 195 с.
- Саницький М.А. Структуроутворення композиційних портландцементів з хімічними додатками / Саницький М.А., Шевчук Г.Я., Хаба П.М. // Хімія, технологія речовин та їх застосування. – Вісник Державного університету “Львівська політехніка”. – Львів, 1997. – №316. – С. 195–197.

Вышла из печати книга “Специальные бетоны” (М.: Инфра-Инженерия, 2012, 368 с.).

Авторы – доктора технических наук, профессоры **Дворкин Л.И., Дворкин О.Л.**

Излагаются основы технологии, свойства и применение группы специальных бетонов, применяемых в строительстве.

Рассмотрены основные особенности, пути достижения и регулирования свойств специальных бетонов, направления повышения их долговечности и эффективности в строительных конструкциях и изделиях.

Приведены действующие нормативные данные, регламентирующие технические требования к специальным бетонам.

Книга предназначена для инженерно-технических работников строительных организаций и предприятий, а также студентов строительных специальностей высших учебных заведений.

УДК 693:546.5

Бабиченко В.Я., доктор техн. наук, доцент;

Данелюк В.І., канд. техн. наук;

Дмитрієва Н.В., канд. техн. наук,

Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса

НОВИЙ СПОСІБ УКЛАДАННЯ ТА УЩІЛЬНЕННЯ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ ТА ЙОГО ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Новий спосіб укладання та ущільнення дозволяє зменшити трудомісткість та собівартість бетонної підлоги в промислових будівлях за рахунок суміщення декількох технологічних операцій. За допомогою розробленого металевого пристрою можна проводити операції з укладання, ущільнення та вирівнювання бетонної суміші – одночасно.

Метальний пристрій для укладання та ущільнення бетонних сумішей (рис. 1) включає завантажувальне пристосування, що складається з витратного бункера 1 та живильника 2, які змонтовані на рамі 3, пристосування для попереднього розгону бетонної суміші, що встановлене над роторними металевниками паралельно до них та складається з двох гладких обгумованих роторів 4 і 5, пристосування для зрошування бетонної суміші водою, що поступає в міжроторний простір роторних металевників і складається з двох груп відцентрованих форсунок 6 і 7, розташованих між пристосуванням для попереднього розгону бетонної суміші і роторними металевниками 8 і 9 з приводом 10 та ротором для вирівнювання поверхні свіжукуладеного бетону 11 [1].

Процес бетонування підлоги в промислових будівлях на перших етапах не відрізняється від класичних технологій влаштування бетонної підлоги.

Технологічні операції при влаштуванні бетонного покриття за допомогою металевого пристрою повинні складатися з наступних етапів:

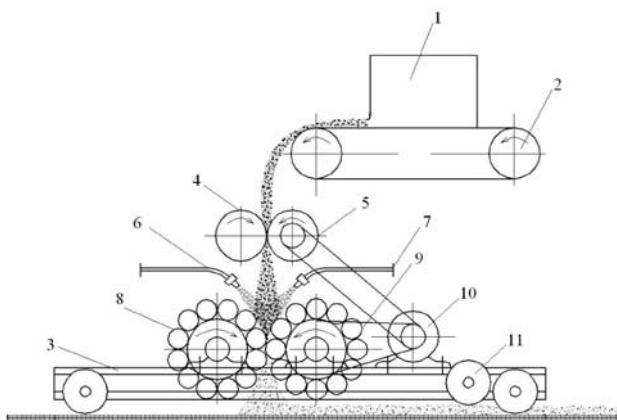


Рис. 1. Конструктивно-технологічна схема металевого пристрою із еластичним металевим обладнанням для укладання та ущільнення дрібнозернистих бетонних сумішей

- нівелювання основи бетонної підлоги;
- підготовка основи для бетонної підлоги;
- розбиття площи підлоги на захватки;
- влаштування гідроізоляції бетонної підлоги;
- установка направляючих;
- армування бетонної підлоги (при необхідності);
- приготування дрібнозернистої бетонної суміші;

підготовку бетонної суміші для укладання і ущільнення виконуємо за допомогою бетонозмішувача примусової дії. Суха дрібнозерниста бетонна суміш доводиться до вологості не більше 2–4% з метою агрегатування частинок цементу для усунення його розпилення. Підготовлена до завантаження сипка бетонна суміш дозується і завантажується у витратний бункер живильника-дозувальника;

– укладання з інтенсивним ущільненням дрібнозернистої бетонної суміші за допомогою металевого пристрою з еластичними робочими органами:

укладання бетонної суміші проводиться за допомогою металевого пристрою для укладання і ущільнення бетонної суміші (рис. 1).

Елементарний робочий цикл металевого пристрою складається із захоплення елементарної порції дрібнозернистої бетонної суміші еластичними трубчастими елементами двох металевників, передачі цій порції певної швидкості руху і метання її з робочого простору металевого пристрою на бетоновану поверхню. Що стосується рівномірності укладання бетонної суміші на поверхню бетонування, то це розв'язується шляхом виконання еластичного металевого обладнання в единому блокі з живильником-дозатором, що строго калібрує по товщині і ширині потік сировинної бетонної суміші, яка поступає в робочий простір еластичного металевого обладнання [2].

Завдяки синхронній роботі металевого обладнання з живильником-дозатором дрібнозерниста бетонна суміш безперервним потоком поступає в робочий простір металевників. Для виконання операції захоплення бетонної суміші еластичними трубчастими металевниками її потік повинен мати певну швидкість, яка може бути одержана або за допомогою пристосування для попереднього розгону бетонної суміші, або при розташуванні живильника-дозатора на певній висоті.

Бетонну суміш укладають шириною 1 метр, через смугу, потім наносять проміжні шари. Одержані таким чином бетон має високу ступінь однорідності і

Таблиця 1

Техніко-економічне порівняння способів укладання цементно-бетонних підлог

Найменування	Витрати праці на 1000 м ² люд.-год./ маш.-год.	Собіартість м ² , грн.
Улаштування наливної високоміцної підлоги з цементу М400 товщиною 24 мм	<u>1700,1</u> 285,2	49,82
Улаштування монолітних бетонних підлог ущільнених за допомогою вібраторів з бетонної суміші В15(М200) товщиною 30 мм	<u>570,4</u> 57,9	18,33
Улаштування цементної підлоги ущільненої за допомогою вібраторів з розчину М200 товщиною 30 мм	<u>457,0</u> 51,4	19,29
Улаштування високоміцної бетонної підлоги за допомогою металевого пристрою з бетонної суміші В40 (М550) товщиною 30 мм	<u>235,0</u> 58,33	26,87

Примітка: При використанні для укладання високоміцної бетонної підлоги за допомогою металевого пристрою бетонної суміші В15 (М200) товщиною 30 мм за розробленою технологією собіартість 1 м² складає 15,95 грн.

підвищенні показники міцності, щільності, стійкості до ударних дій порівняно із звичайним бетоном [3, 4, 5].

Технологічна схема улаштування бетонних підлог за допомогою металевого пристрою та схема організації робочого місця представлена на рис. 2:

- грубе затирання поверхні;
- фінішне затирання поверхні;
- нарізка швів в бетонній підлозі;
- заповнення швів поліуретановим герметиком.

Для визначення економічної ефективності способу укладання за допомогою металевого пристрою проведено порівняння технологічних та економічних

показників улаштування декількох видів цементно-бетонних підлог (табл. 1).

За рахунок зниження витрат праці на улаштування бетонних підлог за допомогою металевого пристрою скорочується тривалість виконання робіт, а разом із тим і скорочується термін введення об'єктів в експлуатацію. Це стало можливим за рахунок виключення декількох трудомістких операцій в т.ч. таких як, розрівнювання та ущільнення бетонної суміші. Собіартість улаштування бетонних підлог за допомогою металевого пристрою складає 15,95 грн. за 1 м², що на 2,38 грн. менше ніж собіартість улаштування 1 м²

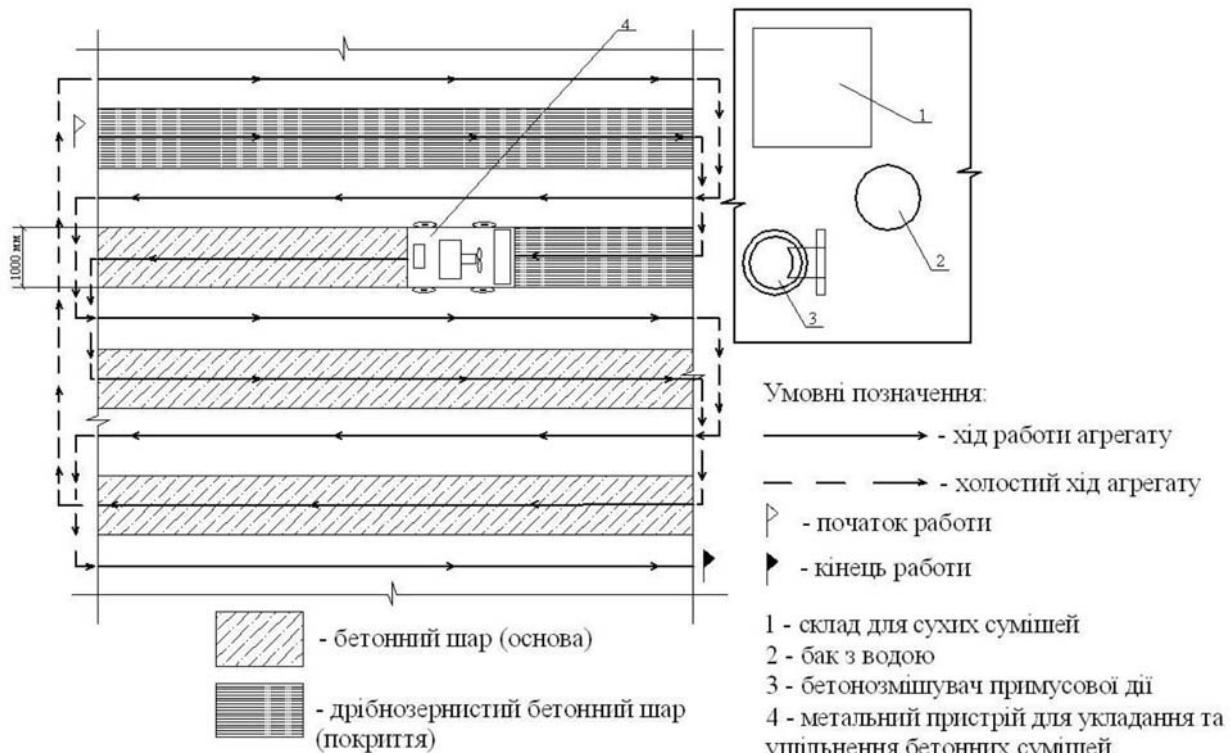


Рис. 2. Технологічна схема улаштування бетонних підлог за допомогою металевого пристрою

монолітної бетонної підлоги ущільненої за допомогою вібраторів при рівних складових та товщині.

На підставі проведених досліджень з укладання та ущільнення наджорстких бетонних сумішей можна зробити **Висновки**:

1. При використанні технології бетонування із застосуванням металевого пристрою можливе отримання бетону, що відповідає критеріям високоміцного.

2. Максимальні показники якості дрібнозернистого бетону отримані при наступних значеннях технологічних факторів бетонування: швидкість обертання металевників – 4000 об/хв; відстань від центра металевника до поверхні бетонування – 30 см; водоцементне відношення бетонної суміші В/Ц = 0,26.

3. При оптимальному відношенні факторів бетонування, що досліджувалися, значення технологічних та експлуатаційних показників дрібнозернистого бетону наступні:

– міцність дрібнозернистого бетону на стиск – 58, 36 МПа;

– міцність дрібнозернистого бетону на розтяг при згині – 7,294 МПа;

– стираність дрібнозернистого бетону – 3,967 кг/м².

4. При дослідженні на стійкість до ударних дій доведено, що для розкриття першої тріщини в бетонній підлозі, яка укладена за допомогою металевого пристрою, затрачено роботи більше в порівнянні із підлогою укладеною з вібруванням.

5. Результати наукових досліджень з розробленої технології влаштування підлог вказують на практичну цінність розробок і їх застосування в будівництві. Використання розробленої технології дозволяє скоротити трудомісткість (в 1,9–7,2 рази), витрати на матеріали

та собівартість підлог (в 1,2–1,9) в порівнянні з існуючими технологіями влаштування бетонних підлог при відповідних експлуатаційних вимогах та показниках міцності.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Пат. 92794 України, МПК (2009) В 28 В 1/30, В 28 В 13/00. Метальний пристрій для укладання та ущільнення бетонних сумішей / Бабиченко В.Я., Данелюк В.І.; заявка та власник Одеська державна академія будівництва та архітектури. – № а 2008 12967; заявка 07.11.2008; публікація 10.12.2010, Бюл. № 23.

2. Бабиченко В.Я. Новая струйная технология бетонирования, элементы теории, перспективы практического применения / Бабиченко В.Я., Данелюк В.И. // Зб. наук. пр. «Будівельні конструкції». – Вип. 72. – Київ: НДІБК, 2009. – С. 622–630.

3. Бабиченко В.Я. Новый способ и технологические основы получения высокоплотных бетонов / Бабиченко В.Я., Данелюк В.И. // Журнал «Будівництво України». – 2009. – №. 9–10 – С. 30–34.

4. Бабиченко В.Я. Уплотнение мелкозернистых бетонных и других смесей с помощью нового технологического оборудования в виде эластичных метательных устройств / Бабиченко В.Я., Данелюк В.И., Можина С.Р. // Зб. наук. пр. «Вісник». – Вип. 22. – Харків: НТУ «ХПІ», 2009. – С. 160–165.

5. Бабиченко В.Я. Вглив технологічних параметрів струменевого бетонування промислових підлог на якісні показники дрібнозернистого бетону / Бабиченко В.Я., Корнило І.М., Данелюк В.І., Шідловський О.М., Дуднік Г.В. // Зб. наук. пр. «Будівельні конструкції». – Вип. 74. Кн. 2. – Київ: ДП НДІБК, 2011. – С. 213–220.

УДК 62.002 – 181.4 (075.8)

Малышев В.В., доктор техн. наук, профессор;

Гладкая Т.Н., канд. техн. наук, доцент;

Борейко С.В., магистр, Открытый Международный Университет развития человека «Украина», г. Киев

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ПРОЦЕССОВ СТРУКТУРОБРАЗОВАНИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ С ПОЗИЦИЙ НАНОУРОВНЯ

В настоящее время перед строительным материаловедением стоят задачи создания новых материалов, в частности, таких как особо прочные, легкие, устойчивые в агрессивных средах бетоны ультравысоких технологий для высотного и промышленного строительства, а также специальных видов вяжущих, например, тампонажных, расширяющихся, для дорожного строительства, для укрепления грунтов. Решение таких задач связано с конструированием и управлением структурой материалов с заданными свойствами, а, следовательно, требует их изучения на новом метрическом уровне – наноуровне.

Разработка составов и оптимизация физико-химических свойств, управляемое формирование структу-

ры этих материалов на основе нанотехнологий требуют детального изучения закономерностей и кинетики структурообразования цементных дисперсных систем. Несмотря на то, что изучению процессов структурообразования и твердения цементного камня, уделено огромное внимание многочисленных исследователей, подход к строительным материалам как образованным структурными элементами наноуровневого размера еще только развивается.

Под понятием «структур» обычно представляется закономерное расположение в пространстве и во времени ее элементов.

Однако современный принцип изучения структур не ограничивается только их систематикой и структур-

но-морфологическим анализом, но также учитывает условия их возникновения и изменения во времени, возможное многообразие или полиморфизм (1). Именно такой подход отражает нетрадиционное, но уже достаточно распространенное среди специалистов понятие структуры: «Структура есть устойчивая выделенность дискретных частей системы как целого и фаз, или стадий, процессов ее изменения и развития, а также устойчивая системная упорядоченность, определенный строй всей совокупности связей, отношений и взаимодействий между этими частями, фазами и стадиями» (2). Применяя такой подход к изучению любого материала, динамику любых процессов, происходящих в системе можно рассматривать как развитие и преобразование ее структур.

Известно, что физико-химические превращения легче всего протекают в системах, наиболее далеких от равновесия. Открытость и неравновесность системы при синтезе как условия ее возникновения одновременно сопровождаются и ограничивающими факторами.

В роли наиболее существенного фактора для гетерогенно зарождающихся систем выступает подложка, на которой происходит процесс структурообразования. В случае гомогенно зарождающихся систем лимитирующим фактором является степень неравновесности процесса, например, внешняя и внутренняя диффузия вещества в зоне синтеза. Процессы структурообразования и твердения цементов, отличаясь своей ритмичностью протекания, сочетают в себе обе эти особенности.

С учетом не только термодинамической сложности, но и фактора протяженности процессов структурообразования во времени многочисленными исследованиями структуры и состава цементного клинкера и камня на его основе доказано, что единственным правильным путем к их изучению является генетический подход (3, 4).

При объяснении механизма возникновения и природы определенной стабильности твердых активных фаз, образующихся в результате топохимического

Таблица 1

Основные характеристики ультрадисперсных кремнеземов

Характеристики	МК	БС(белая сажа У-333)
SiO ₂ , %	85,0–90,0	88,0
CaO, %	1,0–5,0	<0,3
MgO, %	1,0–5,0	<0,3
R ₂ O, %	<2,0	<1,8
Удельная поверхность, м ² /г	15–20	40
Насыпная плотность, кг/л	0,17–0,20	0,15
Потери при прокаливании, масс. %	4,0	3,5–10,0
Размер первичных частиц, мкм	0,1	0,02–0,08
Размер агрегатов частиц, мкм	5–100	5–50
Активность по связыванию извести в 28 сут., мг/л	400	650

процесса, необходимо также учитывать и влияние предшествующей фазы. Это явление, названное Хюттингом «памятью материи», связано с тем, что при образовании твердой фазы атомы или ионы стремятся кристаллографически закономерно расположиться по отношению к исходной решетке. Форма и ориентировка зародышей новых фаз при кристаллизации в анизотропной среде должны соответствовать минимуму свободной энергии, что в свою очередь может быть достигнуто только при расположении атомов на соприкасающихся гранях новой и старой фаз (5).

В известной теории Рогинского, объясняющей влияние термической предистории твердых фаз на их активность, выделены следующие источники пересыщения: фазовые, структурные, химические и пересыщения дисперсности. Последние представляют собой избыточную энергию 1 моля вещества в данной степени дисперсности в сравнении с тем же количеством вещества в бесконечно большом куске. Таким образом, факт сохранения структуры клинкера, т.е. «термической истории» в цементном порошке после помола, имеет и теоретическое подтверждение.

Эта же теория позволяет сделать вывод о том, что для возникновения пересыщений всех видов формирование структуры твердых тел должно осуществляться в условиях, максимально отличных от равновесных и за счет изменения условий синтеза. С технологической точки зрения последнему условию отвечает наличие в твердеющих системах некоторого количества частиц нанодиапазона. Способы механической активации и кавитационной обработки исходных цементных дисперсий позволяют получать такие высококонцентрированные вяжущие дисперсии, а затем на их основе и цементный камень с повышенными физико-механическими характеристиками (6).

С этих позиций следует комплексно изучать влияние и особенности минералогического состава цементного клинкера и условий его получения, высокодисперсного состояния вещества и его повышенной химической активности, а также поверхностных явлений на границах раздела фаз. Именно на этих границах происходят все химические реакции, образуются с учетом свойств поверхностных слоев сопряженных фаз продукты их взаимодействия, возникают коагуляционные, конденсационные и кристаллизационные контакты, обеспечивающие в последующем все свойства материалов. Элементы и эффекты нанотехнологии прослеживаются прежде всего на границах раздела фаз, где концентрация атомов и молекул, а также упорядоченность их расположения всегда меньше, чем в объеме. Это и вызывает их специфическое поведение в поверхностных слоях взаимодействующих фаз.

С реакционной способностью наночастиц связаны сегодня наиболее перспективные направления развития химии. Главной особенностью частицы нанометрового размера является то, что она сама представляет собой поверхность с уникальными свойствами. Такой подход дает возможность целенаправлено выбирать и вводить соответствующие компоненты с каталитическими свойствами в твердеющие системы, которые обеспечат прочные контакты на последующих этапах твердения.

Формирование структуры цементного камня происходит в двухфазной системе твердая – жидкая фазы. Отдельные явления взаимодействий, самопроизвольность и саморегулирование процессов структурообразования представляют собой последовательные звенья их развития во времени и пространстве.

Однако для всех процессов структурообразования характерной особенностью является их подчиненность законам физико-химического равновесия. А, учитывая весьма гетерогенный состав цементного клинкера, гидратацию цемента необходимо рассматривать как динамический процесс комплексных явлений упорядочения искусственно или естественно образующихся наноразмерных элементов.

Применительно к такой системе согласно правилу фаз Гиббса кристаллизация гидратных новообразований будет протекать на границе раздела фаз, т.е. на поверхности клинкерных зерен через растворение. Однако начальной стадией этого процесса служит твердофазовая реакция протонизации поверхностей клинкерных минералов. Из пересыщенного раствора на границе раздела фаз возникают активные центры роста – дефекты линейного и объемного типов и зародыши гидратных фаз, которые достаточно быстро приобретают форму чешуек для гидросиликатов кальция, гексагональных пластинок – для гидроксидов и гидроалюмоферритов кальция, а в присутствии гипса – призм этtringита (7). Появление поверхностного слоя новообразований способствует замедлению процесса гидратации в целом и приводит его к этапу, на котором скорость протекания лимитируется уже законами диффузационного массообмена. Кинетика этой стадии процесса структурообразования может управляться введением каталитических компонентов, в первую очередь с наночастицами.

Инструментальные методы нанотехнологии предоставляют возможность рассмотреть гидратацию частиц цемента и подробно описать его наноструктуру. Так, например, с помощью ядерного магнитного резонанса, используя пучок атомов азота, можно проследить взаимодействие частиц цемента вплоть до расположения атомов, можно зафиксировать образовавшиеся в ходе реакции различные поверхностные слои. Установлено, что поверхностный слой в 20 нм работает как полупроницаемая перегородка, которая позволяет воде проникать внутрь частицы цемента и выщелачивать ионы кальция. Более же крупные силикатные ионы цемента улавливаются за этим слоем. В ходе реакции под поверхностным слоем образуется силикагель, который вызывает набухание

цементных частиц и приводит к разрушению поверхностного слоя. Это разрушение позволяет поглощать силикатные ионы и формировать C-S-H-гель, который связывает частицы цемента вместе и отвечает за прочность бетона.

Детально рассмотренаnanoструктура C-S-H, образовавшаяся при длительных сроках (восьмилетней) гидратации альта, белита и портландцемента в целом при $B/C = 0,4$ при 20 и 80°C.

Методом просвечивающей электронной микроскопии исследован гидросиликатный гель (C-S-H) как в наружном, так и во внутреннем продуктах гидратации. Оказалось, что C-S-H внутреннего продукта. Образованный из больших частиц C3S, характеризуется морфологией, сложенной плотными мелкими частицами, а также скоплением мелких круглых частиц размером 4–6 нм. Волокна C-S-H внешнего продукта предположительно состоят из большого числа длинных тонких частиц, расположенных вдоль одной линии. Минимальный диаметр этих частиц, так же как частиц внутреннего продукта, составляет около 3 нм, их длина может составлять от нескольких до многих десятков нанометров.

Атомная микроскопия поверхности гидратированного альта показывает, что элементы дисперсной фазы (дисперсионной средой является насыщенный известковый раствор) существуют в виде агрегированных наночастиц C-S-H. Сеть пластинок наночастиц размерами 60x30 нм и толщиной около 5 нм и составляет гель C-S-H гидратированного цементного теста. Причем, этот гель необязательно рассматривать как аморфный. О его кристаллическом строении свидетельствуют соответствующие широкие рефлексы на дифрактограмме, связанные с малым размером связанных участков или наличием микродефектов либо с действием обоих факторов. Частицы C-S-H очень малы, поэтому если они представляют собой один кристалл толщиной 5 нм, этот размер соответствует двум кристаллическим ячейкам. Практически все эти частицы имеют наноразмер (8).

Таким образом, механизм гидратации минералов портландцемента – это типичная форма нанотехнологических процессов, проходящих на атомно-молекулярном уровне и в значительной степени зависящих от температуры, тонкости помола цемента, щелочности жидкой фазы цементного камня, времени, вида и количества добавок и др.

Идеальными кандидатами для применения наноуправления и контроля свойств также являются бетоны с их сложной структурой, отдельные элементы кото-

Свойства портландцементов с микрокремнеземом

Шифр цемента	Состав цемента, %		Удельная поверхность, м/г	Норм. густота цементного теста, %	Сроки схватывания, мин.		Активность, МПа, 28 сут	
	Клинкер+гипс	МК			начало	конец	изгиб	сжатие
1	100	-	0,34	26,0	194	380	7,0	42,1
2	95	5,0	0,46	26,0	213	356	8,7	48,3
3	90	10	0,51	26,0	272	301	8,6	50,5

рой имеют наноуровень: зерна исходного цемента (10–100нм), гидратные фазы цемента с размером частиц 1–100 нм. Максимальную эффективность и рост прочности таких материалов может обеспечить комплексное использование химических добавок в сочетании с армированием цементного вяжущего трубками и стержнями нанодиаметров. Например, имеются данные о том, что присутствии углеродных нанотрубок в количестве 1% массы цемента уже в 14-суточном возрасте вызывает прирост прочности по сравнению с контрольными образцами. Углеродные нанотрубки могут представлять собой либо однослойную трубку, либо многослойную из свернутых в трубку листов, которые имеют по длине довольно большое количество дефектов, что и обеспечивает более высокий рост прочности по сравнению с введением однослойных трубок.

Современные виды особо высокопрочных бетонов с их высокими прочностными показателями, а также износстойкостью и химической стойкостью могут быть получены только путем контролирования в наномасштабе размеров пор в процессе формирования структуры и их распределения по размерам.

С использованием углеродных нанотрубок достигается также стабилизация структуры и устранение перфорации стенок пор при изготовлении высококачественных пенобетонов (9).

Интенсивно исследовались вопросы введения в бетонную смесь добавок наноразмерных частиц микрокремнезема.

Микрокремнезем образуется попутно в результате конденсации из газовой фазы при выплавке кремниевых сплавов (ферросилиция, силикохрома, силикомарганца и др.). Его положительное влияние на свойства бетона обусловлено тем, что состав его частиц на 90% и более представлен некристаллическим SiO_2 , причем размер первичных частиц составляет порядка 100 нм, – это примерно в 100 раз меньше размеров цементных зерен. В составе бетона микрокремнезем выполняет одновременно роль ультрадисперсного наполнителя и активной добавки, способствуя формированию высокоглубокой структуры камня и повышая адгезионное взаимодействие между цементным гелем и зернами заполнителя.

К преимуществам цементов с ультрадисперсными кремнеземами можно отнести хорошее диспергирование кремнезема в процессе помола цемента, обеспечивающее его последующее равномерное распределение в структуре бетона. Можно предположить, что цементы, содержащие добавки микрокремнезема, будут характеризоваться меньшей склонностью к высолообразованию, а также к щелочно-силикатной коррозии, вследствие связывания щелочей цемента в соединения, равномерно распределенные по всей структуре бетона.

Менее изучены применительно к цементной технологии ультрадисперсные кремнеземы гидрохимического синтеза, получаемые осаждением кремнезема из раствора силикатов натрия, с последующей промывкой и сушкой осадка. Эти продукты известны под торговой маркой «белая сажа» (БС). Основные

характеристики ультрадисперсных кремнеземов представлены в табл.1 (10).

Увеличение прочности цементного камня (табл. 2) в этом случае объясняется кольматированием пор мелкими частицами микрокремнезема и образованием дополнительных количеств C-S-H при пущлановой реакции микрокремнезема с $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Присутствие добавок микрокремнезема также снижает величину усадки бетона, его проницаемость, одновременно повышая его изностойкость и сцепление со стальной арматурой. Широкое применение добавок микрокремнезема в цементных бетонах на определенном этапе сдерживалось их относительно высокой стоимостью, однако этот фактор стал менее значимым на фоне удешевления всех компонентов бетонной смеси. Кроме того, в последние годы существенно возрос интерес к высококачественным бетонам.

Цементы с добавкой высокоактивных кремнеземов имеют специальную область применения, связанную с производством высококачественных бетонов, а их использование в качестве общестроительных цементов требует дополнительной оценки, исходя из технологических и экономических факторов (11).

Изучено влияние на гидратацию портландцемента размеров частиц доменного шлака и других минеральных добавок; установлено, что более мелкие частицы минеральных добавок реагируют быстрее и способствуют достижению большей прочности. Причем, различные протекающие в цементе и бетоне процессы, как, например, кинетику гидратации, образование трещин и пор, взаимодействие цемента с минеральными добавками, образование C-S-H структуры, взаимодействие щелочи с кремнеземом трактуют, используя понятия макро- и микропереноса.

Уже установлены основные закономерности реологических свойств высококонцентрированных вяжущих супензий (ВКВС) силикатного и алюмосиликатного составов путем регулирования содержания в системе определенного количества наночастиц. На основе комплексного воздействия трех механизмов (структурно-механического, электростатического и адсорбционно-сольватного) разработан принцип оптимизации структуры ВКВС. Пластификация ВКВС достигается совместной модификацией добавками природных глин (естественные наносистемы) и комплексных дефлокулянтов, состоящих из триполифосфата натрия и суперпластификаторов. Такие физико-химические методы управления структурой в этих системах позволяют существенно снизить пористость и на 30–40% увеличить физико-механические показатели.

На данном примере доказана возможность модификации структуры ВКВС за счет введения определенного количества наночастиц с оптимальными размерами и формой, что позволяет получать на их основе высокоэффективные материалы (12).

В настоящее время эти процессы изучаются наnanoуровне с помощью растровой электронной микроскопии, малоуглового нейтронного рассеяния и других современных методов. Благодаря использованию растровой электронной микроскопии стало возможным получить изображение большинства высококон-

центрированных дисперсных систем в естественном состоянии, что обеспечивает более достоверную информацию об их структуре на наноуровне. С учетом таких данных предложена разработка имитационно-численной модели наноструктуры цементного геля, позволяющая имитировать механизмы влажностной усадки, обусловленной капиллярным давлением и изменением свободной поверхностной энергии. Распределение пор геля по размерам, определенное при помощи протонного магнитного резонанса, показывает, что значительный объем порового пространства цементного камня в 28-суточном возрасте составляют поры радиусом 0,85нм. Такая величина радиуса пор указывает на то, что размер элементов структуры геля должен составлять при этом порядка 4–5 нм (13).

Применение нанотехнологий для усовершенствования вяжущих подтвердило фундаментальный принцип индустрии наносистем о том, что ранее неизвестные свойства материалов и систем проявляются при переходе к искусственно или естественно упорядоченным объектам из наноразмерных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ч.Пул-мл.,Ф. Оуэнс. Нанотехнологии. Издание 3-е, исправленное и дополненное. – М: Техносфера, 2007. – 376 с.
2. Кремянский В.И. Структурные уровни живой материи. – М.: Наука, 1969. – С. 81.
3. Тейлор Х.Ф.У. Химия цементов/перевод с англ. под ред. д-ра техн.наук Ю.М.Бутта.-М.: изд-во лит-ры по стр-ву, 1969. – 500 с.
4. Пащенко А.А., Сербин В.П., Старчевская Е.А. Вяжущие материалы: издат-е объединение «Вища

школа»,1975. – 444 с.

5. Шпынова Л.Г. Микроструктура и прочность цементного камня.-Львов: Изд-во Львовского ун-та, 1966. – 237 с.

6. Третьяков Ю.Д., Лепис Х. Химия и технология твердофазных материалов: Учеб.пособие. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1985. – 256 с.

7. Федоткин И.М. Исследованные процессы и установленные эффекты. – К.: Изд-во «Химдвест», 2000. – 291 с.

8. Физико-химические основы формирования структуры цементного камня / Под ред.Л.Г.Шпыновой – Львов: Вища школа. Изд-во при Львов. Ун-те, 1981. – 160 с.

9. Nanotechnologien in der Bauchemie // Zement-Kalk-Gips Internationalo. – 2007. – №12. – С. 21–25.

10. Шишкина А.А. Пенобетоны с повышенными физико-механическими свойствами / А.А. Шишкина // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. Вип. 2008-1(69) "Сучасні будівельні матеріали. Композиційні матеріали для будівництва" — Маківка: ДонНАБА, 2008. – С. 48–57.

11. Брыков А.С., Камалиев Р.Т., Корнеев В.И., Мокеев М.В. Влияние ультрадисперсных кремнеземов на гидратацию портландцемента и состав цементного камня // Цемент и его применение. – 2009. – Вып. 1. – С. 91–93.

12. Шаповалов Н.А., Строкова В.В., Череватова А.В. Управление структурой и свойствами высококонцентрированных дисперсных систем с использованием нанопроцессов и нанотехнологий // Промышленное и гражданское строительство. 2007. -№8.- С. 17–19.

13. Комохов П.Г. Харитонов А.М. Имитационно-численная модель наноструктуры и свойств цементного камня // Изв.вузов. Строительство. 2008. – №4. – С. 10–16.

УДК 666.942.82 : 544.77

Дорогань Н.О., аспірант;

Миронюк О.В., канд. техн. наук;

Черняк Л.П., доктор техн. наук, Національний технічний університет України "КПІ", м. Київ

КОАГУЛЯЦІЙНА СТРУКТУРА ШЛАМУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БІЛОГО ЦЕМЕНТУ

Вступ

Технологія виробництва білого цементу характеризується обмеженнями за хімічним складом вихідної сировини, введенням мінералізаторів для зменшення максимальної температури випалу клінкеру, операціями по його відбілюванню [1–3]. Необхідність гомогенізації сировинної суміші при введенні малих добавок речовин-мінералізаторів обумовлює доцільність застосування мокрого або комбінованого способів виробництва, при цьому оптимізація технологічних параметрів вимагає урахування показників структурно-механічних і реологічних властивостей цементного шламу, в напрямку чого виконана подана робота.

Характеристика сировини і клінкеру

Відповідно до вимог хімічної технології виробництва білого цементу по мінімізації вмісту барвних оксидів в

вихідній сировині в роботі застосовували матеріали родовищ України: збагачену новгород-сіверську крейду (табл. 1), збагачений каолін, кварцовий пісок.

Розрахунок складу сировинної суміші для виготовлення клінкера білого цементу було проведено на основі аналізу хімічного складу проб компонентів при заданих значеннях коефіцієнта насичення КН = 0,87 і силікатного модуля n = 3,4 (табл. 2, 3).

Розрахований таким чином склад сировинної суміші АМ5 містить, мас. %: крейда ММС-1 80,2, каолін КС-1 8,8, пісок кварцовий 11,0. При цьому значення коефіцієнта насичення КН = 0,87, силікатного n = 3,4 і глиноземного p = 27,0 модулів відповідають характеристикам білого цементу.

Хімічний склад сировинної суміші та клінкеру

Прийнятий в роботі для порівняння шлам сировинної суміші N_p, що застосовується в діючому

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники крейди

Марка	$\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ в перерахунку на CaCO_3 , %	Масова частка ре- човин, що не розчи- няються в HCl	Fe_2O_3 , %	Вологість, %	Масова частка піска, %	Білизна, %	Залишок на ситі		
							№ 0,2	№ 0,14	№ 0,045
MMC1	98,2	1,3	0,15	0,2	0,01	85	-	-	0,2

Таблиця 2

Хімічний склад сировинних матеріалів

Компоненти	Вміст оксидів, мас. %							
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	В.п.п	Сума
Крейда	0,01	1,30	0,15	55,0	0,34	-	43,20	100,0
Каолін	48,41	37,14	0,33	0,32	0,22	0,25	13,33	100,00
Пісок кварцовий	99,60	0,20	0,05	-	-	-	0,15	100,0

виробництві портландцементу типа ПЦ-1, характеризується складом, мас. %: вапняк 80,0, глина полімінеральна 20,0.

Добавки речовин-мінералізаторів вводили в сировину суміш в однаковій кількості при виготовленні проб шламу.

Структурно-механічні і реологічні характеристики цементного шламу

Метою структурно-механічного аналізу стало визначення параметрів коагуляційної структури мінеральних дисперсій – цементного шламу [4–6].

Дослідження деформаційних процесів водних дисперсій систем показало (табл. 4–6), що за характером розвитку деформацій – швидкої еластичної ε_0' , повільної еластичної ε_2' і пластиичної ε_1'' проби шламу відносяться до IV-го структурно-механічного типу, коли $\varepsilon_1'' > \varepsilon_0' > \varepsilon_2'$. Разом з тим відзначаються суттєві відмінності в кількісних значеннях і співвідношеннях вказаних різновидів деформації.

Таблиця 3
Хімічний склад сировинної суміші та клінкеру

Компоненти	Вміст оксидів, мас. %							
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	В.п.п	Сума
Сиро- винна суміш	15,23	4,33	0,16	44,14	0,29	0,02	35,83	100,0
Клін- кер	23,73	6,75	0,25	68,79	0,45	0,03	-	100,0

Так шлам білого цементу АМ5 відрізняється від шламу №р меншим розвитком ε_0' і ε_2' , що становлять $0,32 \cdot 10^8$ і $0,09 \cdot 10^8$ проти відповідно $0,61 \cdot 10^8$ і $0,16 \cdot 10^8$, більшим розвитком ε_1'' – $16,53 \cdot 10^8$ проти $7,02 \cdot 10^8$.

Тобто, згідно з уявленнями фізико-механічної механіки дисперсних структур, у шламі АМ5 порівняно з №р при заміні полімінеральної монтморилонітвмісної глини на суміш каоліну і кварцевого піску зменшується число міцних контактів частинок типу кут-кут, кут-ребро, ребро-ребро, характерних для розвитку ε_0' , а також типу площа-на-кут, площа-на-ребро, площа-на-площа, характерних для розвитку ε_2' .

Переважний розвиток пластичних деформацій ε_1'' вказує на підвищення плинності проб шламу. При цьому кінетична стійкість, що визначається коефіцієнтом $K_y = \varepsilon_0' / C$ (де C – концентрація дисперсної фази), у випадку шламу АМ5 є меншою – 0,03 проти 0,12.

Шлам АМ5 характеризується меншим, ніж №р, умовним модулем деформації E_ε , який вказує на силу

Таблиця 4

Структурно-механічні характеристики проб цементного шламу

Код проби (вологість, мас.%)	Модуль швидкої еластич- ної дефор- мації $E_1 \cdot 10^{-4}$, Па	Модуль повільної еластичної деформації $E_2 \cdot 10^{-4}$, Па	Умовна стати- чна межа плинності P_{k1} , Па	Найбільша пластична в'язкість $\eta_1 \cdot 10^{-2}$, Па·с	Еласти- чність λ	Статична пласти- чність $R_{k1} \cdot 10^2 \text{ c}^{-1}$	Період істинної релаксації θ_1 , с	Умовний модуль деформації $E_\varepsilon \cdot 10^{-3}$, ерг/см ³
№р (37,6)	32,6	125,4	1,40	28,5	0,21	0,05	110	2,57
AM5 (37,4)	63,4	218,1	0,77	12,1	0,23	0,06	25	1,18
AM2 (38,1)	69,06	146,97	3,79	44,9	0,32	0,08	96	4,10
AM2a (37,8)	21,04	37,90	1,45	19,5	0,36	0,07	144	1,70
AM2b (37,4)	12,13	20,89	0,25	5,4	0,38	0,05	10	0,50

Таблиця 5

Розвиток деформацій в пробах цементного шламу

Код суміші	Характер деформації			Коефіцієнт стійкості $\epsilon_0' \cdot 10^8$ /С	Структурно-механічний тип
	швидка еластична $\epsilon_0' \cdot 10^8$	повільна еластична $\epsilon_2' \cdot 10^8$	пластична $\epsilon_1' \cdot 10^8$		
Nр	0,61	0,16	7,02	0,12	IV
AM5	0,32	0,09	16,53	0,03	IV
AM2	0,29	0,14	4,45	0,10	IV
AM2a	0,95	0,53	10,28	0,13	IV
AM2b	1,65	0,96	37,24	0,07	IV

молекулярної взаємодії та енергію зв'язку частинок дисперсної фази, що корелюється з відзначенням зменшенням кінетичної стійкості Ку та підвищеннем плинності.

Отримані результати експериментів дозволили виявити та порівняти вплив добавок мінералізаторів на характеристики шламу білого цементу. Очевидно, що введення 1 мас.% K_2SiF_6 в суміші AM2 практично не змінює рівень розвитку ϵ_0' у порівнянні з AM5, збільшує ϵ_2' , що вказує на певне зростання числа контактів типу площа-каут, площа-ребро, площа-площа, зменшує $\epsilon_1' \cdot t$ та відповідно плинність шламу. Збільшенню в'язкості η_1 ($44,9 \cdot 10^{-2}$ проти $12,1 \cdot 10^{-2}$) і η_m^x ($3,5 \cdot 10^{-2}$ проти $1,05 \cdot 10^{-2}$) відповідають зростання P_{k1} (3,79 проти 0,77), P_{k2} (17,23 проти 3,83) та E_ϵ ($4 \cdot 10^{-3}$ проти $1,18 \cdot 10^{-3}$).

Введення 1 мас.% NaF в суміші AM2a призводить до збільшення всіх різновидів деформації: ϵ_0' і ϵ_2' – до рівня, що перевищує проби AM2, AM5 і Nр, $\epsilon_1' \cdot t$ – до рівня, що перевищує AM2 і Nр. При цьому у порівнянні з пробою AM2 відносно більший розвиток пластичної деформації $\epsilon_1' \cdot t$ і менші показники в'язкості η_1 і η_m^x вказують на поліпшення рухомості та плинності шламу.

При введенні 1 мас.% $CaCl_2$ в суміші AM2b відзначається найменший серед досліджуваних проб рівень в'язкості, межі плинності та модуля умовної деформації. Відповідно з цим такий шлам характеризується найбільшим розвитком всіх різновидів деформацій.

Отримані експериментальні дані показують, що за рівної концентрації дисперсної фази зміни структурно-механічних і реологічних показників проби AM5 визначаються, головним чином, відмінностями мінералогічного складу – підвищеннем концентрації кальциту і каолініту у порівнянні з пробою Nр, а ефект впливу мінералізаторів залежить від хімічного складу речовин, що застосовуються, і пов'язується із зміною складу і поверхневого натягу дисперсійного середовища та відповідним зменшенням сил молекулярної взаємодії та енергії зв'язку частинок дисперсної фази.

Висновки

1. Важливою умовою оптимізації складу сировинної суміші для виробництва портландцементу мокрим і комбінованим способами є досягнення певних параметрів коагуляційної структури шламу.

Таблиця 6

Реологічні показники проб цементного шламу

Код проби (вологість, мас.%)	Умовна динамічна межа плинності R_{K_2} , Па	Найменша пластична в'язкість $\eta_m^x \cdot 10^{-2}$, Па · с	Динамічна пластичність $\Psi \cdot 10^4$, с ⁻¹
Nр (37,6)	4,34	0,40	0,108
AM5 (37,4)	3,83	1,05	0,036
AM2 (38,1)	17,23	3,51	0,049
AM2a (37,8)	16,91	1,79	0,094
AM2b (37,4)	3,40	0,24	0,142

2. Структурно-механічні та реологічні властивості шламу як водної дисперсної системи залежать від хіміко-мінералогічного складу, властивостей поверхні, розміру частинок і концентрації дисперсної фази. При цьому підвищення концентрації кальциту і каолініту у сировинній суміші для виготовлення клінкеру білого цементу сприяє збільшенню плинності шламу.

3. Введення речовин-мінералізаторів, необхідних для інтенсифікації спікання клінкеру при випалі, суттєво впливає на показники коагуляційної структури цементного шламу, що необхідно враховувати при визначенні раціонального складу сировинної суміші.

ЛІТЕРАТУРА

1. Технология белого портландцементу. /А.Н. Гравчян, П.П.Гайджурев, А.П.Зубехин, Н.В.Вэтыч. М.: Стройиздат, 1970. – 72 с.
2. Рояк С.М., Рояк Г.С. Специальные цементы. – М.: Стройиздат, 1983. – 277 с.
3. Зубехин А.П., Голованова С.П., Кирсанов П.В. Белый портландцемент. Ростов н/Д,: Ростовский гос.ун-т, 2004. – 263 с.
4. Регулирование процессов структурообразования сырьевых цементных шламов. / Пашченко А.А., Круглицкий Н.Н., Чередниченко Л.С., Руденко И.Ф./ – К.: Вища школа, 1973. – 67 с.
5. Физико-химическая механика дисперсных минералов. Под общ. ред. Круглицкого Н.Н. / Ничипоренко С.П., Круглицкий Н.Н., Панасевич А.А., Хилько В.В. – К.: Наукова думка, 1974. – 246 с.
6. Ходаков Г.С. Реология суспензий. Теория фазового течения и ее экспериментальное обоснование // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), – 2003. – т. XLVII – № 2. – С. 33–44.

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ВЛАЖНОСТИ НА СВОЙСТВА АВТОКЛАВНОГО ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

Ячеистый бетон автоклавного твердения – материал, позволяющий обеспечить современный уровень теплоизоляции в однослойной ограждающей конструкций. В Украине, в основном, производятся изделия из конструкционно-теплоизоляционного газобетона пониженной плотности, особенно на мощных современных предприятиях, которые введены в действие в последние годы.

Исследование строительных конструкций, изготовленных на основе изделий из ячеистого бетона, позволили значительно расширить возможности их использования в практике отечественного строительства. В то же время, учитывая значительную начальную влажность этого материала, обусловленную технологией изготовления изделий, следует тщательным образом проанализировать влияние этого фактора на эксплуатационные характеристики и показатели тепловой надежности конструкций.

На сегодня в нашей стране и в ряде других накоплен значительный опыт изучения состояния микроклимата в жилых домах, построенных с применением ячеистого бетона в ограждающих конструкциях. Некоторыми исследователями выполнено сравнение показателей микроклимата в панельных домах и домах со стенами из ячеистого бетона. По результатам этих наблюдений установлено, что снижение влияния происходит через определенный промежуток времени при достижении строительными конструкциями эксплуатационных показателей влажности. Параметры микроклимата отвечают оптимальным значениям для помещений со стенами из ячеистого бетона и составляют: температура $t=20\text{--}22^{\circ}\text{C}$ и относительная влажность 40–55 %.



Рис. 1. Последствия от высокой технологической влажности автоклавного ячеистого бетона при нарушении правил эксплуатации

В Украине основные физико-технические и эксплуатационные требования к ячеистым бетонам регламентируются следующие нормативные документы:

- ДСТУ Б В.2.7-45:2010 “Строительные материалы. Бетоны ячеистые. Общие технические условия”;

- ДСТУ Б В.2.7-137:2008 “Блоки из ячеистого бетона стеновые мелкие. Технические условия”;

- ДСТУ Б В.2.7-164:2008 “Строительные материалы. “Изделия из ячеистых бетонов теплоизоляционные. Технические условия”.

Все эти стандарты содержат требования относительно ограничения отпускной влажности ячеистых бетонов и изделий из них (% по массе, не более):

- согласно ДСТУ Б В.2.7-45:2010:

- 35 – для бетонов марок от D200 до D400 и для бетонов марок D500-D1100, изготовленных на других кремнеземных компонентах;

- 30 – для бетона марки D500, изготовленного на песке;

- 25 – для бетонов марок D600-D1100, изготовленных на песке;

- согласно ДСТУ Б В.2.7-137:2008:

- 35 – для бетонов, изготовленных с использованием зол и других вторичных продуктов промышленности;

- 25 – для бетонов, изготовленных с использованием песка.

Сегодня в Украине больше половины всех автоклавных ячеистых бетонов производится по литьевой технологии. Это автоматически означает их несоответствие действующим отечественным стандартам относительно ограничения по отпускной влажности.

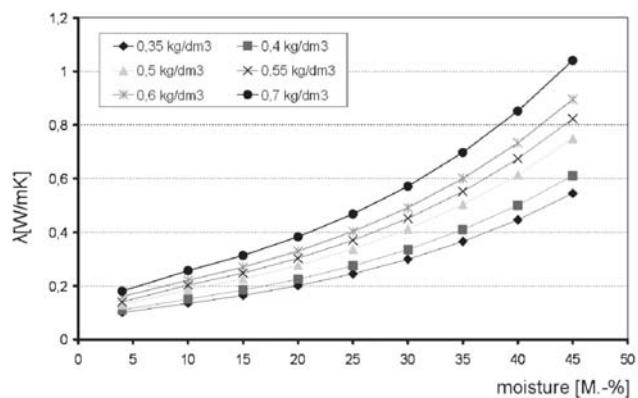


Рис. 2. Величина λ_{moist} , рассчитанная для разных плотностей в сухом состоянии и влажности от 4% до 45% по массе в соответствии с EN ISO 10456 с применением фиксированного поправочного коэффициента $f_u = 4$ (согласно DIN EN 1745)

Следует отметить также, что в гармонизированном европейском стандарте на стеновые изделия из автоклавного ячеистого бетона EN 771-4:2003 отсутствуют требования относительно нормирования отпускной влажности.

Вопросы влияния повышенной отпускной влажности ячеистого бетона на основные теплотехнические и эксплуатационные показатели являются актуальными и остаются дискуссионными. Значительная часть учебных приводят данные о негативном влиянии высокой влажности, другая – отрицает такие последствия.

Эксплуатационная влажность стеновых конструкций из ячеистого бетона по результатам исследований ведущих специалистов других стран не превышает 5% по массе.

Показатель эксплуатационной влажности ячеистого бетона, полученный путем обобщения результатов исследований в натурных условиях различных конструктивных элементов, составляет 4–6% по массе. Эта величина достигается, как правило, через 1–2 года эксплуатации зданий.

Сравнительные исследования ячеистых бетонов автоклавного твердения, изготовленных по ударной и литьевой технологиям для определения скорости снижения отпускной влажности до уровня равновесной эксплуатационной, до сих пор в Украине не выполнялись.

Согласно ДБН В.2.6-31:2006 величина расчетного содержания влаги по массе в условиях эксплуатации для ячеистых бетонов принята 4–6%. Даные значения включены в нормы на основании результатов зарубежных исследований.

Определение же скорости выхода на эксплуатационные показатели ограждающих конструкций, выполненных из ячеистого бетона, является важной задачей, поскольку:

1) отечественными нормативными документами (ДСТУ Б.2.7-45:2010; ДСТУ Б.2.7-137:2008) допускается отпускная влажность автоклавного газобетона, изготовленного на песке, до 25 % по массе (в основном, это характерно для изделий, изготовленных по вибродаварной технологии);

2) для изделий из ячеистого бетона автоклавного твердения, производимых по литьевой технологии, послеавтоклавная влажность достигает 35–45% по массе и более;

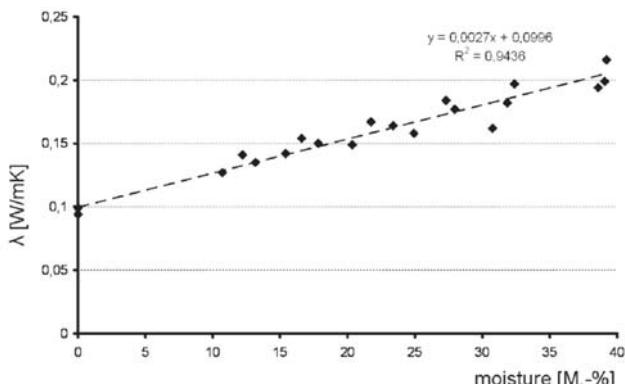


Рис. 3. Зависимость величины λ от содержания влаги, определенная для класса автоклавного газобетона P2 0.35 (завод Xella Schrottenhausen, Германия)

3) на всех отечественных предприятиях склады готовой продукции не отапливаются, то есть в осенне-зимний период отсутствуют условия для досушивания изделий перед отправкой потребителю;

4) на современных технологических линиях практически сразу после выгрузки из автоклава изделия упаковывают в термоусадочную пленку, которая наряду с защитными свойствами препятствует выходу избыточной влаги из материала.

Высокое содержание влаги может вызывать целый ряд негативных последствий для строительных материалов в результате действия следующих процессов: физических (поочередное замораживание-оттаивание, набухание при увлажнении и усадка при высыхании), химических (насыщение углекислотой, коррозия, кристаллизация солей) или микробиологических (образование плесени).

В отличие от морозного разрушения, которое происходит исключительно при отрицательных температурах, химические и биологические процессы протекают постоянно при любой температуре.

Актуальность проблемы влияния влажностного состояния ячеистых бетонов на механические и теплофизические свойства и их изменения во времени обусловлена тем, что в составе всех физико-климатических влияний среды влажностные действуют постоянно. От влажностного состояния бетона зависят, практически, все основные его характеристики – прочность, деформативность, теплопроводность, морозостойкость. То есть влажность материала определяет напряженно-деформированное состояние конструкции, которое трансформируется во времени в соответствии с изменением влажности.

Последствия высокой отпускной влажности материала при несоблюдении норм эксплуатации приведены на рис. 1.

Ячеистый бетон является капиллярно-пористой системой, которая отличается достаточно высокой способностью отдавать влагу в окружающую среду, невзирая на то, что абсолютное большинство пор этой системы являются замкнутыми.

Как известно, влажностное состояние материалов ограждающей конструкции определяет ее долговечность, пригодность конструкции к эксплуатации и уровень тепловых потоков в отапливаемый период

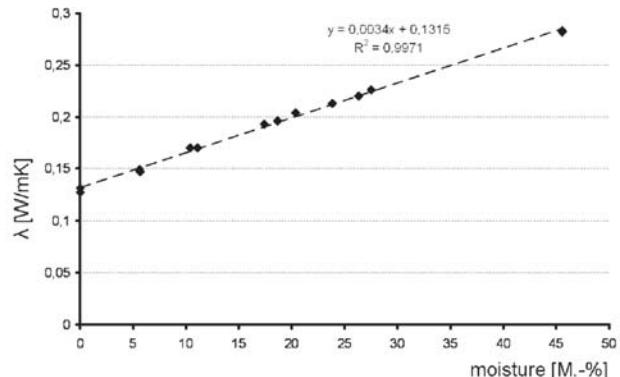


Рис. 4. Зависимость величины λ от содержания влаги, определенная для класса автоклавного газобетона P4 0.6 (завод Xella Alzenau, Германия)

года. Существуют следующие виды влаги, которая находится в ограждающей конструкции:

- строительная (технологическая);
- грунтовая или осмотическая ;
- атмосферная или метеорологическая ;
- эксплуатационная.

Влияния грунтовой и метеорологической влаги на ухудшение эксплуатационного влажностного режима стеновых ограждающих конструкций возможно избежать за счет эффективных конструктивных решений.

Эксплуатационная влага является функцией теплофизических параметров материалов ограждающих конструкций, а также начальной (строительной) влажности слоев материалов.

Строительная влага – это влага, которая присутствует в материале в результате технологии его производства и находится под действием химической, физико-химической и физико-механической связи со «скелетом» материала.

Влияние влажности на основные теплофизические параметры ячеистого бетона изучали ряд зарубежных и отечественных ученых, что приведено в литературе [1–7].

Невзирая на большой объем накопленных данных, научная и прикладная информация отличаются определенной фрагментарностью. В основном, все исследования направлены на выяснение влияния высокого уровня влажности на теплопроводность автоклавного ячеистого бетона, повышение расходов на отопление помещений, а также вероятность появления плесени из-за образования тепловых мостиков.

В связи с этим очевидна необходимость систематизации существующих представлений с позиции современного структурного материаловедения и разработка на этой основе общих теоретических подходов к вопросу управления свойствами ячеистых бетонов при изменении их влажности. Анализ и систематизация процессов взаимодействия бетонов со средой, влагопереноса в их структуре основываются на теориях адсорбции и поверхностных явлений, капиллярности и фильтрации.

Согласно действующим европейским стандартам, влияние влажности вычисляется по формуле:

$$\lambda_{moist} = \lambda_{10, dry} \times F_m, \quad (1)$$

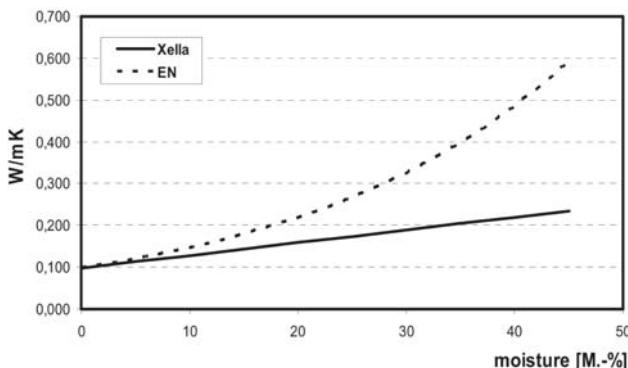


Рис. 5. Зависимость величины λ от влажности.
Результаты измерений (Xella, сплошная линия) в сравнении с данными, вычисленными согласно Европейским нормам (EN ISO 10456, DIN EN 1745, пунктирная линия)

где λ_{moist} – теплопроводность во влажном состоянии, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

$\lambda_{10, dry}$ – теплопроводность в сухих условиях, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

F_m – переводной коэффициент влажности (согласно EN ISO 10456).

Переводной коэффициент влажности F_m вычисляется по формуле

$$F_m = e^{f_u(u_2-u_1)} \quad (2)$$

где f_u – поправочный коэффициент, который учитывает влажность по массе (согласно DIN EN 1745, табл. А.10, величина f_u для автоклавного ячеистого бетона составляет 4 кг/кг);

u_1 – содержание влаги за массой для предельных условий первого пункта;

u_2 – содержание влаги по массе для предельных условий второго пункта.

Через экспоненциальный характер функции, при вычислении по формуле (2), получают завышенные величины λ , когда применяют ее для высоких уровней влажности (рис. 2). По результатам исследований, проведенных компанией Y_{tong} известно, что даже влажность 35–45% по массе, характерная для ячеистых бетонов на выходе из автоклава, в большинстве случаев приводит к удвоению значения λ вместо шестикратного увеличения, которое вычисляется согласно европейским стандартам.

Зависимость величины λ от содержания влажности, которая определена для класса автоклавного газобетона P2 0,35 (завод Xella Schrottenhausen, Германия) приведено на рис.3, для класса автоклавного газобетона P4 0,6 (завод Xella Alzenau, Германия) – на рис. 4.

Для вычисления использована формула

$$\lambda_{moist} = \lambda_R / 1,05 + 0,76 \cdot u \cdot \rho (\text{кг}/\text{дм}^3) \quad (3)$$

Для вычисления использована формула

$$\lambda_{moist} = \lambda_R / 1,05 + 0,064 \cdot u \cdot \rho (\text{кг}/\text{дм}^3) \quad (4)$$

На рис. 5 приведены результаты измерений, проведенных специалистами Xella с вычислениями, выполненными согласно европейским стандартам (средняя плотность в сухом состоянии $\gamma = 400 \text{ кг}/\text{м}^3$; $\lambda_R = 0,1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$). Измеренные значения показы-

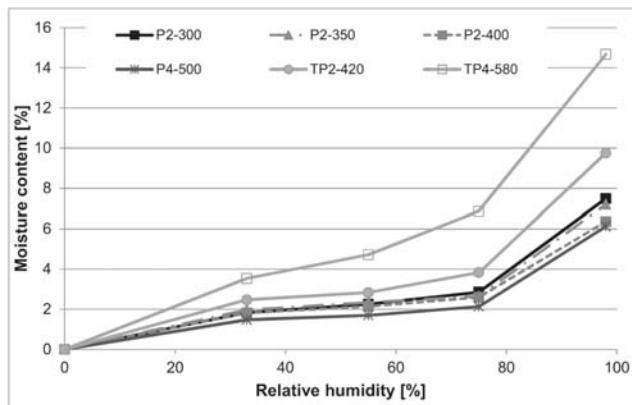


Рис. 6. Кривые величин равновесной адсорбционной влажности образцов автоклавного ячеистого бетона при температуре +23°C

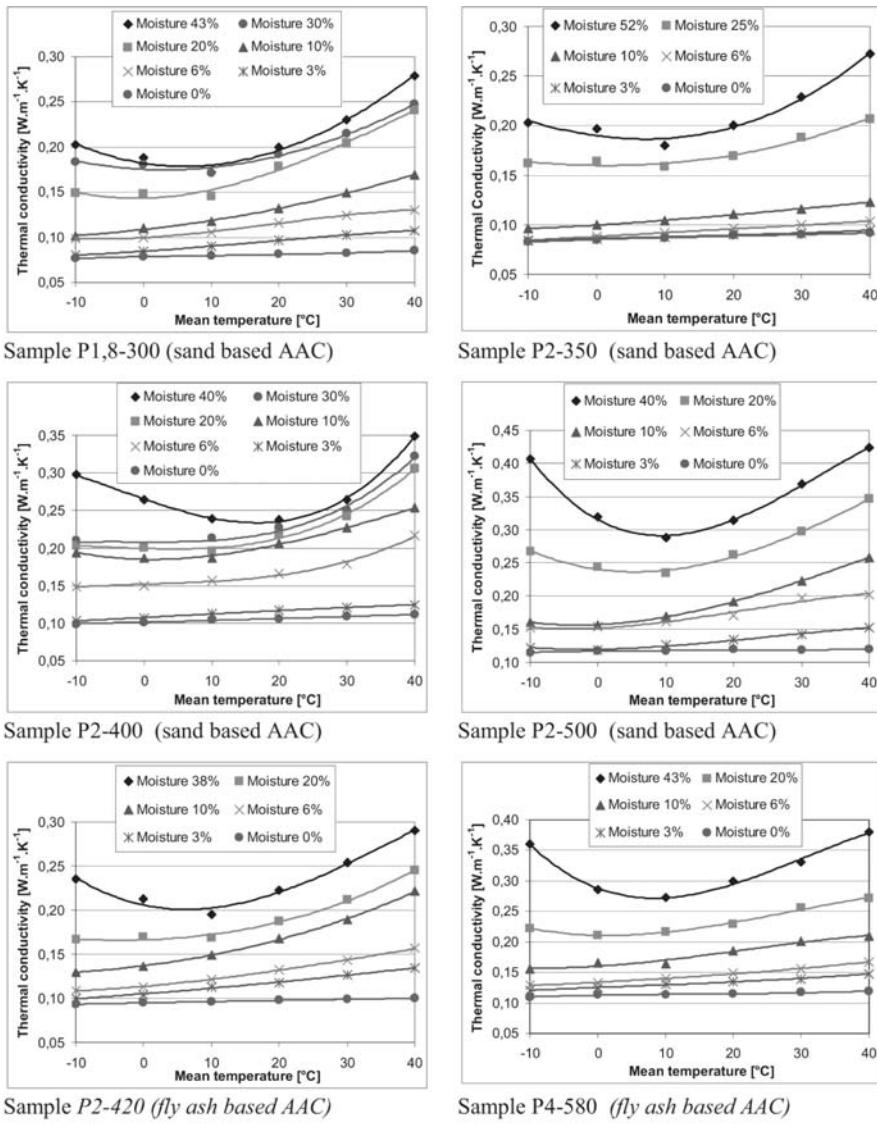


Рис. 7. Зависимость теплопроводности от температуры образцов ячеистого бетона при разных значениях влажности и температурном градиенте 10 К

вают значительно меньшую совокупную погрешность и отсутствие экспоненциального увеличения зависимости влажности, по сравнению с вычисленными.

Во время исследований, проведенных в Чехии [8] относительно определения влияния влажности на теплоизоляционные свойства ячеистого бетона, были изучены четыре вида автоклавного газобетона, изготовленного на основе песка, и два вида автоклавного газобетона, изготовленного на основе золы. Все опытные образцы были получены из стеновых блоков, которые изготавливаются заводами автоклавного ячеистого бетона в Чехии. В ходе эксперимента исследовали образцы средней плотностью 300, 350, 400, 500 и 600 кг/м³. Диапазон влажности: 0%, 3%, 6%, 10%, 20%, 40%. Первые четыре значения влажности близкие к значениям сорбционной влажности пористого бетона. Влажность 20% и 40% отвечает отпускной и послеавтоклавной влажности ячеистого бетона. Диапазон температур: 10°C, 0°C, 10°C, 20°C, 30°C, 40°C. Температуры были избраны относительно выполнения фактических условий эксплуатации ячеистых бетонов.

Результаты исследований приведены на рис. 6-7.

Согласно результатам исследований [8] образцы ячеистого бетона с влажностью после автоклава 30-35% и выдерживания на протяжении 7 месяцев в климатической камере при постоянной температуре ($t = 20 \pm 2$)°C и относительной влажности воздуха $\phi = 45 \pm 5$ % имеют значительно меньшую влажность (рис. 8).

По данным рис. 8 видно, что за семь месяцев испытаний в климатической камере величину сорбционной влажности 6% имеют образцы толщиной 10 см, у образцов большей толщины влажность составляет от 12% до 18%.

Таким образом, по результатам большого количества исследований получены данные о влажностном состоянии и физико-технических характеристиках ячеистых бетонов в различные временные периоды после изготовления и установки изделий в ограждающие конструкции зданий. Для подтверждения результатов в институте НИИСМИ проводятся натурные исследования – изготовлены фрагменты стен из автоклавного ячеистого бетона, на которых будет прослеживаться процесс установления равновесной влажности стены.

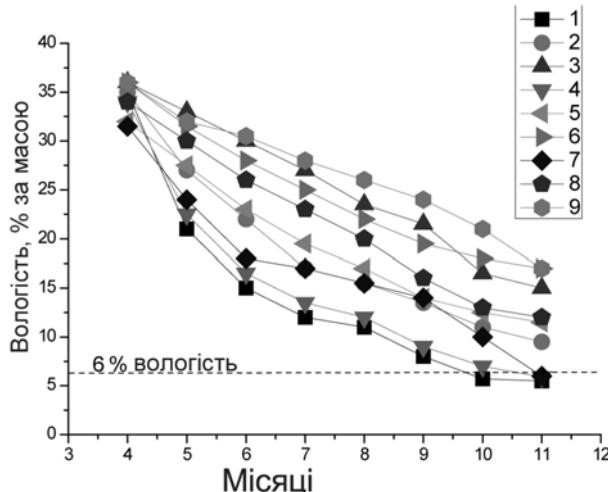


Рис. 8. Кинетика висихання образцов автоклавного ячеистого бетона ($t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$; $\phi = 45 \pm 5\%$) при средней плотности: 1, 2, 3 – 400 кг/м³; 4, 5, 6 – 500 кг/м³; 7, 8, 9 – 600 кг/м³; толщине: 1, 4, 7–10 см; 2, 5, 8 – 15 см; 3, 6, 9 – 20 см

ЛИТЕРАТУРА

1. Drochytka R., Zach J., Hroudova, J., 2010. Problematic of Determination of Design Thermal Values of Cellular Concrete Masonry Structures. Conference Testing and Quality in Civil Engineering. Brno, Brno University of Technology, 279-287. ISBN 978-80-214-4144-6.
2. Spooner D.C., 1982. Autoclaved Aerated Concrete: Moisture and Properties. Elsevier Scientific Publishing Co.

Netherlands, November. ISBN 0 444 42117 3.

3. Фаренюк Г.Г. Функціональне проектування сучасних огорожувальних конструкцій / Г.Г.Фаренюк // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка - К.: 2007. – Вип. 25. – С. 109–113.

4. Галкин С.Л. Применение ячеистобетонных изделий. Теория и практика / Галкин С.Л., Сажнев Н.П., Соколовский Л.В., Сажнев Н.Н. – Минск: Стрінко, 2006. – 448 с.

5. Горнашевич Г.С. О теплофизических свойствах ячеистобетонных изделий / Горнашевич Г.С., Гончарик В.Н. // Будівельні матеріали та вироби – 2006 - № 4 (39). – С. 24–25.

6. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій / Г.Г.Фаренюк. – К.: Гама-Принт, 2009. – 216 с.

7. Scheffler G.A., Plagge R., 2011. Methods for moisture storage and transport property determination of autoclaved aerated concrete. Article submitted to the 5th International Autoclaved Aerated Concrete Conference in Bydgoszcz, September 2011, Poland.

8. Высыхание наружных стен из автоклавного ячеистого бетона с системой скрепленной теплоизоляции в процессе эксплуатации зданий / Сеземан Г.В., Синица М.С., Захарченко П.В., Щербина Н.А., Пивень Н.Н. // Материалы 6-й Международной конференции “Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения” 26-28.05.2010. – Минск. – СТРИНКО

УДК 666.97

Корнило И.М., канд. экон. наук, доцент;

Сушицкая Т.А., ассистент,

Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ

В условиях роста стоимости энергоресурсов на передний план выдвигается необходимость разработки новых энергоэффективных конкурентоспособных конструктивно-технологических решений зданий. Реализация данных решений предполагает развитие строительного комплекса и производства строительных материалов, изделий и конструкций с применением инновационных, в том числе энергосберегающих технологий. Технологии эффективных строительных материалов должны обеспечивать:

- возможность практически неограниченного увеличения сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций при минимальном увеличении их стоимости;
- низкую трудоемкость, высокую сборность и минимальные сроки возведения зданий и надстроек, сокращение инвестиционного цикла;
- максимальную экономическую эффективность строительства и реконструкции, низкую себесто-

имость вновь возводимых зданий, максимальную дополнительную площадь надстроек.

Материалом, отвечающим данным требованиям, является ячеистый бетон, который широко используется в строительстве как один из эффективных строительных материалов. Этот материал заслуживает особого внимания в результате эффективных физико-механических свойств, таких, как низкая теплопроводность, негорючность, биологическая и радиологическая стойкость. Изделия из ячеистых бетонов, имея такие достоинства, как долговечность, низкую теплопроводность, низкую плотность, наилучшим образом адаптированы к климатическим и экономическим условиям Украины. Кроме того, ячеистые бетоны не содержат вредных для здоровья человека химических и синтетических веществ, обладают повышенной паропроницаемостью и гигроскопичностью, в результате чего создается благоприятный микроклимат в помещении.

Ускоренное развитие производства ячеистого бетона как эффективного, практически безальтернативного и освоенного в промышленных масштабах конструкционно-теплоизоляционного материала является одной из неотложных задач в области производства строительных материалов. Если учесть, что объем ячеистого бетона в стеновой конструкции может составлять 70–100%, то наращивание физических объемов их производства позволит существенно снизить общие трудозатраты и стоимость, соответственно, рыночную стоимость жилья при одновременном обеспечении новых нормативных показателей теплозащиты зданий.

Ограждающие конструкции из ячеистых бетонов характеризуются высокой экономической эффективностью по сравнению с конструкциями из легких бетонов на пористых заполнителях. Подавляющее большинство изделий из ячеистых бетонов выпускается по автоклавной технологии. Дальнейшее расширение производства изделий из ячеистых бетонов сдерживается дефицитностью и высокой металлоемкостью автоклавов и сравнительно высокими энергозатратами на производство изделий по автоклавной технологии, которая предусматривает использование пара с температурой 175–190°С и давлением 0,8–1,6 МПА. Подавляющее большинство изделий из ячеистых бетонов изготавливается на известково-цементном вяжущем при соотношении известняк-цемент близко к 1:1. Достигнутые технико-экономические показатели производства ячеистых бетонов позволили уменьшить массу наружных стен из ячеистобетонных панелей и мелких блоков в 1,5–3 раза, а расход энергии на производство изделий снизить в 2–3 раза по сравнению с аналогичными изделиями из бетонов на пористых заполнителях.

Вместе с тем, при производстве ячеистого бетона имеют место нереализованные резервы по снижению энергозатрат и использованию местных строительных материалов и отходов производства. Изготовление ячеистых бетонов, твердеющих в режимах пропаривания при атмосферном давлении, позволяет значительно расширить объем производства, снизить энергозатраты и металлоемкость. Особенно эффективно изготовление изделий из неавтоклавных

**Таблица 1
Сравнительная характеристика ограждающих конструкций**

Характеристика	Кирпич	Ячеистый бетон
1. Толщина стен для обеспечения теплопроводности, согласно требованиям строительных норм	Не менее 1200мм	600
2. Расход кладочного материала, м ³ /м ²	0,12	0,008
3. Вес 1 кв.м. стены, кг.	2730	250
4. Толщина фундамента	Не менее 1950 мм	600мм
5. Коэффициент экологичности	10	2
6. Трудоемкость кладки	—	В 5 – 7 раз ниже чем у кирпича

ячеистых бетонов на основе известково-пуццолановых вяжущих, в которых в качестве активных минеральных добавок используют отходы производства и местные строительные материалы.

Данная информация является объективной так, как стена из неавтоклавных ячеистых бетонов по стоимости в 2–3 раза ниже, чем стена из кирпича, а по качеству значительно выше (табл. 1). Экономично используются транспортные мощности. Точные размеры и ровная поверхность стен дает значительную экономию отделочных материалов.

При изготовлении изделий из неавтоклавных ячеистых бетонов, замена автоклавирования пропариванием при атмосферном давлении позволяет уменьшить энергозатраты на тепловую обработку более чем в 2 раза. Исследования в области ячеистых бетонов неавтоклавного твердения относятся в основном к ячеистым бетонам на цементном вяжущем. В настоящее время научно обоснована эффективность известково-пуццолановых вяжущих, твердеющих при атмосферном давлении. Однако до сих пор неавтоклавные ячеистые бетоны на известково-пуццолановых вяжущих не получили достаточного распространения в связи с отсутствием систематических исследований рецептуры, технологии, свойств.

Важной задачей при изготовлении изделий из ячеистых бетонов является снижение их технологической влажности. В работах Меркина А.П. показано, что снижение В/Т с 0,5 до 0,34 позволяет снизить энергозатраты на тепловую обработку в среднем на 20–25% [1]. Кроме того, уменьшение В/Т обеспечивает повышение ряда физико-технических свойств автоклавных ячеистых бетонов. Это относится в еще большей степени к неавтоклавным ячеистым бетонам, недостатком которых является высокая технологическая влажность, что связано с дополнительными затратами на сушку изделий и с повышенной влажностной усадкой ячеистых бетонов. В связи с этим вопросы оптимизации рецептуры и технологии изготовления неавтоклавных ячеистых бетонов на известково-пуццолановых вяжущих являются актуальными, так как решение этих вопросов позволяет снизить энергозатраты и металлоемкость, уменьшить расход обжиговых компонентов вяжущего и расширить производство изделий из ячеистых бетонов, особенно в условиях сельского строительства при использовании недефицитного оборудования при формовке и тепловой обработке изделий.

Таким образом, проведенные исследования позволяют снизить энергозатраты при изготовлении изделий из ячеистых бетонов неавтоклавного твердения за счет использования известково-пуццолановых вяжущих с минимальным расходом обжиговых компонентов и снижения формовочной влажности смесей.

ЛИТЕРАТУРА:

- Меркин А. П. Ячеистые бетоны: научные и практические предпосылки дальнейшего развития / А.П. Меркин // научно-технический и производственный журнал «Строительные материалы». –1995.– № 2. – С. 11–15.

КЕРАМИКА

УДК 666.3\7

Огородник И.В., канд. техн. наук, руководитель Научно-Исследовательского Центра Технологии Керамики, ООО «Фирма Порцекс-ВРБТ», г. Киев

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЭФФЕКТИВНОЙ СТЕНОВОЙ КЕРАМИКИ

Стагнация строительного рынка 2009–2011г.г. практически уничтожила производителей рядового керамического кирпича. Демпинг по цене привел заводы по производству рядового кирпича к банкротству. Рост цены на энергоносители этого года выдержат не многие заводы. Перед возрождающейся строительной отраслью возникла новая проблема — нехватка и в некоторых областях отсутствие рядового керамического кирпича марки «75» и «100». Тот керамический кирпич, который еще выпускается сегодня, в большинстве случаев, отличается низким качеством, высоким процентом боя и отходов.

На Европейском рынке производителей строительной керамики такое понятие как рядовой кирпич отсутствует полностью. В качестве стеклового материала используют эффективную керамику – блоки различных размеров. В качестве облицовочного материала – керамический клинкер для облицовки фасадов.

С 2004-2005 года на рынке Украины присутствует компания "Wienerberger", мировой лидер по производству стекловых керамических изделий известных в мире под маркой «Поротерм». Крупноформатные пористо-пустотельные блоки характеризуются маркой «100» и низкой теплопроводностью 0,18–0,24 Вт\м. К.

В ДСТУ Б В.2.7-61: 2008. «ЦЕГЛА ТА КАМЕНІ КЕРАМІЧНІ РЯДОВІ І ЛИЦЬОВІ. Технічні умови» определены параметры эффективности керамических стекловых материалов (см.табл.1).

Как следует из таблицы 1 керамические стекловые материалы по эффективности делятся на 5 групп. Полнотелый и пустотелый керамический рядовой кирпич относится к 4 и 5 группам с теплопроводностью 0,46- 0,58 Вт\м.К и более.

Таблица 1

Группа изделий	Средняя плотность изделий, кг\м³	Теплопроводность изделий, Вт\м. К
Высокой эффективности	≤800	<0,24
Увеличенной эффективности	801–1000	0,24–0,36
Эффективные	1001–1200	0,36–0,46
Условно-эффективные	1201–1600	0,46– 0,58
Малоэффективные	больше 1600	больше 0,58

Эффективные стекловые материалы характеризуются теплопроводностью 0,38–0,46 Вт\м.К. Высокоэффективные материалы крупноформатные блоки характеризуются теплопроводностью менее 0,24 Вт\м. К.

Учитывая ситуацию сложившейся на энергетическом рынке Украины, рациональное использование энергоресурсов является одной из основных задач экономики. Производство эффективной стековой керамики является одним из путей их решения.

Эффективные стекловые керамические материалы, возможно, получать следующими способами:

- производство пористого кирпича за счет поризации керамического черепка выгорающими добавками;
- производство пустотелых керамических блоков;
- производство пористо-пустотелых керамических блоков.

Для реконструкции существующих кирпичных заводов по производству рядового полнотелого кирпича, перспективным является организация производства пористого, пустотелого или пористо-пустотелого керамического кирпича или блоков.

Пористый керамический кирпич имеет ряд преимуществ перед обычным кирпичом. Расход условного топлива, энергии, трудовых затрат и капиталовложений на 1м² стены из обычного и пористого кирпича приведен в таблице 2.

Толщина кладки стены при одинаковом коэффициенте теплопередачи, изменяется, в зависимости от того какого типа кирпич, был применен для кладки. Уменьшение толщины стены и снижение веса составляют главное преимущество пористого кирпича как стеклового материала, так как способствуют сокращению расхода кирпича и трудовых затрат на строительство, снижению весы стены, экономии топлива, сокращению транспортных расходов, уменьшению строительных объемов и стоимости сооружений, облегчению фундамента и наконец ускорению строительства.

Производство пористого кирпича по сравнению с производством обычного имеет также ряд преимуществ и прежде всего в снижении расхода сырья и топлива, сокращении сроков сушки и обжига, уменьшении брака и улучшении качества изделий. Себестоимость изготовления пористого кирпича не превышает себестоимости полнотелого.

Хотя способ изготовления пористого легковесного кирпича известен давно, но широкого применения он не получил вследствие того, что прочность его

Таблица 2

Расход кирпича разных типов в штуках на 1 м² стены разной толщины, но при одинаковом коэффициенте теплопередачи

Тип кирпича	Объемный вес кирпича в кг\м ³	Толщина стены в см	Расход в штуках кирпича на 1 м ² стены	Площадь стены в м ² , из 1000шт. кирпича
Обыкновенный	1800	62	255	3,9
	1800	50	204	4,9
Пористый	1200	38	154	6,5
	1000	25	105	9,5

ниже, чем обыкновенного кирпича. При производстве пористого кирпича основное внимание должно быть уделено вопросам выбора пригодного для его производства сырья, подбора оптимальных количественных соотношений глин и выгорающих добавок, их гранулометрическому составу и отработке процессов формования, сушки и обжига.

Одним из основных параметров характеризующих технологические свойства глинистого сырья для производства кирпича методом пластического формования, является пластичность. В случае производства пористого кирпича или пористо-пустотелых блоков пластичность базового состава шихты является определяющей для дальнейшей разработки технологии.

Сырье для производства керамического кирпича, согласно ДСТУ Б.В.2.7-60-97, по пластичности глины делятся на 4 группы: малопластичные глины (число пластичности от 3-7); умеренно пластичные (число пластичности от 7 до 15) и среднепластичные (число пластичности от 15-25) и высокопластичные (число пластичности более 25). Чем выше пластичность глин, тем более прочный и морозостойкий черепок можно получить на ее основе.

В связи с этим, в зависимости от пластичности сырья или шихтовых составов, на основе которых производится поризованный кирпич или блоки проводится подбор поризаторов.

Использование добавок – поризаторов в случае умеренно пластичных или среднепластичных глин позволяет получить высококачественный пористый черепок.

В свою очередь на основе тонких глин производство качественного как полнотелого, так и пористого черепка невозможно. В данном случае необходимо разрабатывать шихтовые композиции позволяющие получить умеренно – или среднепластичные шихты.

Одним из способов получения эффективных керамических материалов является производство пустотелого кирпича или блоков.

В ДСТУ Б.В.2.7-61: 2008. «ЦЕГЛА ТА КАМЕНІ КЕРАМІЧНІ РЯДОВІ І ЛИЦЬОВІ. Технічні умови» представлены размеры эффективных керамических камней и блоков (табл.3).

Технологический процесс производства пустотелых керамических блоков отличается от технологии производства полнотелого кирпича более жесткими требованиями на всех этапах производства.

Так для производства пустотелой керамики необходима тщательная обработка сырья, без чего нельзя получить качественную продукцию.

Методы технологической обработки глины и необходимое для этого оборудование должны быть подобраны в каждом отдельном случае в зависимости от особенностей и качества сырья. Для обеспечения соответствующего качества глины, предназначенной для производства пустотелых керамических блоков необходимо введение дополнительных операций в технологический процесс, способствующих улучшению свойств глины – вымораживание глин, вылеживание валюшки и паропрогрев массы. Глины должны вылеживаться в буртах не менее 6 месяцев включая зимний период. Для вылеживания пластичных глин затрачивается больше времени, чем для тонких, так как пластичные глины медленно впитывают влагу.

Формовку пустотелых блоков осуществляют на ленточных вакуум-прессах. Скорость выхода глиняного бруса из мундштука оказывает большое влияние на качество бруса. Чем больше сечение бруса, тем меньше должна быть скорость выхода его из мундштука. Практикой определено, что при формовке крупных блоков число оборотов шнекового вала, установленное для полнотелого кирпича следует снижать. При слишком быстром продвижении массы не обеспечивается равномерное распределение давления по всему выходному сечению мундштука. При замедленной скорости глина имеет возможность более равномерно заполнять мундштук и выходить из него со сравнительно одинаковой скоростью по всему сечению.

Сложность процессов сушки пустотелых керамических блоков заключается в том, что тонкостенные пустотелые изделия могут коробиться и давать трещины, особенно в местах резких перегибов. При сушке тонкостенных блоков в искусственных сушилах очень важным фактором является прогревание сырца в первый период сушки газами насыщенными влагой. Несоблюдение этого условия может вызвать дефекты в блоках. Блоки размещаются пустотами в направлении тепловых потоков в камере сушила.

Обжиг сырца является ответственным процессом в технологии производства пустотелых керамических блоков. Основным условием правильной работы печи являются равномерное распределение пламенных газов по всему сечению печного канала и создание условий для оптимальной скорости хода огня.

Как правило пустотелые блоки следует садить в печь в таком положении, чтобы пустоты в них были расположены паралельно движению дымовых газов

по обжиговым каналам. Однако, принимая во внимание нагрузку, которую блоки должны выдерживать в нижних рядах, садку нижних рядов блоков производят по необходимости и на торец. Садка пустотелых блоков в печи может быть более плотной, чем садка полнотелого кирпича, так как пустоты в блоках освобождают от необходимости оставлять зазоры между блоками, как это делается при садке полнотелого кирпича. Чем больше размеры пустот в блоках, тем плотнее можно их садить. Режим обжига пустотелых блоков отличается от режима обжига полнотелого кирпича повышенной скоростью хода огня и меньшим расходом топлива.

Для предварительной оценки глин, планируемых для производства пустотелых керамических блоков можно руководствоваться следующими соображениями.

Так для производства блоков особенно пригодны пластичные, тонкозернистые кирпичные глины, характеризующиеся значительным содержанием глинозема Al_2O_3 – от 15 до 20 % и соответственно содержанием кремнезема SiO_2 – 51–74%.

Крупнозернистые тощие глины, характеризующиеся высоким содержанием кремнезема SiO_2 – 74–82% и соответственно низким содержанием Al_2O_3 7–15%, пригодны для толстостенных блоков простейших конфигураций. Большое содержание органических веществ в глине обуславливает пористую структуру изделий, что снижает их качество.

Для производства сложных пустотелых керамических блоков глины должны быть среднепластичными. Глины содержащие более 55% частиц размерами менее 0,01мм, могут быть рекомендованы для производства как мелких, так и крупных пустотелых блоков сложного профиля.

Глины, содержащие до 55% частиц с размерами менее 0,01 мм, могут быть использованы для производства пустотелых камней небольшого размера

**Таблица 3
Размеры керамического кирпича и камней**

№ п\п	Тип изделия	Номинальный размер, мм			Коэффициент перерасчета на условный кирпич
		длина (L)	ширина (B)	толщина (H)	
1(1)	Керамический кирпич нормального формата - одинарный	250	120	65	1,00 НФ
1 (8)	Камень обычного размера	250	120	138	2,12 НФ
2 (9)	Камень модульного размера	288	138	138	2,81 НФ
3(10)	Камень модульного размера укрупненный	288	288	88	3,74 НФ
4(11)	Камень укрупненный	250	250	138	4,42
5(12)	Камень укрупненный з горизонтальным расположением пустот	250	250	120	3,85 НФ
6(13)	Камень крупногабаритный	510	250	219	14,5 НФ
		398	250	219	11,3 НФ
		380	250	219	10,8 НФ
		380	255	188	9,3 НФ
		380	250	140	6,7НФ
		380	180	140	4,8НФ
		250	250	188	6,0 НФ
		250	250	140	4,4 НФ
		250	180	140	3,2 НФ

и простого профиля. Применение вакуум-пресса позволяет изготавливать из таких глин более крупные и более сложные по форме керамические блоки.

Интервал температур, при которых происходит спекание глины, должен быть не менее 50–60°С. При меньшем интервале спекания, пустотелые керамические блоки могут деформироваться.

При производстве пористо-пустотелых крупногабаритных блоков типа «Поротерм» основным переделом является подбор шихты, которая обеспечит высокую степень эффективности (низкий объемный вес) и при этом достаточную прочность черепка.

Технология поризации керамического черепка широко распространена в мировой практике для получения стеновой керамики с высокими теплозащитными свойствами ($\lambda=0,14-0,33 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{К}$). При этом достигается высокое термическое сопротивление стены при сохранении достаточно высоких прочностных свойств и морозостойкости керамики. Подсчитано, что ограждающие конструкции с термическим сопротивлением $R = 3,0 \text{ м}^2\text{ЧК}/\text{Вт}$ обеспечивают экономию топлива за отопительный сезон до 5 кг условного топлива на 1 м² стены.

Низкая теплопроводность обусловлена в первую очередь высокой пустотностью изделий, рациональным объемом, конфигурацией и расположением пустот, а также, хотя и в значительно меньшей степени, повышенной пористостью керамического черепка. Поризация достигается за счет введения выгорающих добавок. В качестве поризующих добавок применяют древесные опилки, лигнин, торф, вспененный полистирол, песок перлитовый всученный, отходы целлюлозного производства (скоп). Широко применяются смеси полистирола с опилками, лигнином и торфом в различном соотношении.

Для получения крупногабаритных керамических блоков в качестве добавок используют опилки и отходы бумажного производства (скоп). Более однородная пористая структура в кирпиче получается при использовании мелких опилок (менее 3 мм) по-перечной резки.

Скоп – отход целлюлозно-бумажной промышленности. Влажность скопа до переработки в листообразный материал составляет 19–65 %, pH-5,9–6,5. Степень дисперсности составляет 60–630 (в целлюлозно-бумажной промышленности степень дисперсности волокнистых материалов измеряется в градусах). Скоп оказался идеальным порообразующим материалом, наиболее подходящим по фракционному составу и сохраняющим форму частиц при глинопереработке.

Перлит всученный, представляет собой песок, получаемый быстрым обжигом кислых вулканических стекловидных перлитовых пород во взвешенном состоянии при температуре 900–1150°С. Он, активно применяется, как поризующая добавка в керамические крупногабаритные изделия. Уникальность использования перлитового песка в керамических композициях заключается в том, что наряду с порообразованием, происходит и твердофазовое спекание черепка. В результате этого мы достигаем

при уменьшении объемного веса, рост прочностных показателей черепка.

Оценку эффективности добавки определяют по степени поризации керамического черепка и его прочности в зависимости от количества и вида вводимой поризующей добавки. Основным фактором, определяющим выбор той или иной поризующей добавки, является химико-минералогический состав и керамико-технологические свойства глинистого сырья используемого в шихтовых композициях. Степень поризации в зависимости от состава шихты составляет 6,3 до 60,8 %.

В 2008–2009 году производство крупноформатных пористо-пустотелых блоков ТМ «Кератерм» было организовано на Кузьменецком кирпичном заводе Киевская обл. По своим эксплуатационным свойствам изделия не уступают польской продукции компании «Wienerberger», а цена на 25–30 % ниже. В качестве добавки – поризатора используются отходы целлюлозной промышленности (скоп).

Кроме этого на одном из заводов компании «СБК» (Озера, Киевская обл.) в 2009 г. освоили производство пустотелого блока (2,12НФ). При объемном весе 900 кг/м³, теплопроводности 0,29 Вт/м.К, марка по прочности составила 100-150. Данная продукция пользуется значительным спросом у строительных организаций.

В 2011 году на рынок стеновых керамических материалов вышел новый производитель ООО «Русыния» (Мукачево Закарпатская обл.). Проект технологического производства стеновой керамики на ООО «Русыния» выполнен португальской фирмой "Metalcertima" с использованием собственного оборудования и оборудования итальянских и испанских производителей.

НИЦ ТК ООО «Фирма Порцекс-ВРБТ» проводила изучение сырья и разработку шихтовых составов масс, которые затем проходили промышленную апробацию нашими специалистами на заводах в Португалии. ООО «Русыния» первое предприятие на Украине которое внедрило особые тепловые агрегаты фирмы "Metalcertima", где в качестве топлива может использовать, как газ, так и твердое и жидкое топливо (уголь, мазут, нефтяной кокс, отходы деревообрабатывающей промышленности), что приобретает особую актуальность при сегодняшней ценовой политике на энергоносители.

ООО «Русыния» производит широкий ассортимент стеновой керамики – восемь типоразмеров от одинар-

ной до крупноформатной. Однако территориальное расположение ООО «Русыния», в Западном регионе Украины, может сделать продукцию экономически не конкурентной на рынке Центральной Украины.

Очевидно, что сегмент производства эффективной стеновой керамики в Центральном и Восточном регионе Украины на сегодняшний день свободен. Емкость строительного рынка огромна и требует увеличения объемов производства эффективной стеновой керамики.

Учитывая актуальность производства стеновой керамики Научно-Исследовательским Центром Технологии керамики ООО «Фирма Порцекс-ВРБТ» в 2012 г. начаты работы по созданию нового эффективного керамического материала так называемой «ЯЧЕИСТОЙ КЕРАМИКИ». Изделия из «ЯЧЕИСТОЙ КЕРАМИКИ» должны обладать низким объемным весом и соответственно низкой теплопроводностью, как дерево, высокой прочностью, морозостойкостью и долговечностью. Из плит «ЯЧЕИСТОЙ КЕРАМИКИ» возможно, будет собирать большемерные стековые панели, которые должны отличаться легкостью и прочностью.

Мы будем рассказывать в Вашем журнале о продвижении работ по созданию «ячеистой керамики».

ЛИТЕРАТУРА

1. Бутт Ю.М., Дударев Г.Н, Матвеев М.А. Общая технология силикатов. – М.:гостройиздат, 1962. – 457 с.
2. Будников П.П., Бережной А.С., Булавин И.А.и др. Технология керамики и оgneупоров. – Гос. изд. лит. по строит. матер. М., 1950. – 575 с.
3. Чернова О.А., Кузьмина А.П. Класификация легкоплавкого глинистого сырья// Стройт. матер.- 1973. – №11. – С. 34–35.
4. Нагибин Г.В. Технология строительной керамики. – М.:Вышш. школа, 1975. – 280 с.
5. Дударев И.Г., Матвеев Г.М., Суханова В.Б. Общая технология силикатов. – М.: Стройиздат, 1987.– 560 с.
6. Павлов В.Ф. Физико-химические основы обжига изделий строительной керамики.М.: Стройиздат, 1977. – 270 с.
7. Производство пустотелой керамики на заводах Украинской ССР. «Стекло и керамика» №1, 1949 г.
8. А. Носова «Организация производства пустотелых изделий». – БТИ МПСМ РСФСР. – М., 1946 г.

ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

УДК 624.011

Михайловський Д.В., канд. техн. наук, доцент;

Матющенко Д.М., аспірант,

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ЕВОЛЮЦІЯ КАРНИЗНИХ ВУЗЛІВ РАМ З КЛЕЄНОЇ ДЕРЕВИНІ

В останні десятиріччя все ширшого застосування в багатьох країнах світу набувають конструкції з клееної деревини. Найчастіше застосовуються прольотні конструкції (ферми, арки, рами тощо). З 50-х років минулого сторіччя в Західній Європі широко використовуються рами [1], з яких побудовано багато складських, сільськогосподарських, будівель спортивного призначення тощо. В даній роботі простежено еволюцію застосування різних типів рам з клееної деревини.

З використанням гнутоклеєних рам були побудовані десятки сільськогосподарських будівель на теренах колишнього Радянського союзу [2]. Полурами виконувалися з суцільноклеєного блоку заводського виготовлення (рис. 1, а) та мали малу висоту стійки, тому їх було легко транспортувати. Знижувались трудомісткість монтажу, транспортні витрати та зменшувались строки будівництва. Але гнутоклеєні рами мають недолік – висока вартість виробництва, яка пов’язана з застосуванням тонкого пиломатеріалу, товщиною 10–12 мм на всю довжину полурам. Збільшувались витрати деревини та клею, зростала трудомісткість виготовлення конструкцій порівняно з прямолінійними елементами. Найбільші проблеми при застосуванні рам з клееної деревини виникають в зоні карнизних вузлів. Саме міцність останніх вирішувала якими слід приймати поперечні перерізи. З метою зменшення матеріалоємності було запропоновано ригель робити з уступами (рис. 1, б), але влаштування уступів привело до виникнення локальної концентрації напружень та можливості появи тріщин в місцях переходів. Питання найбільш раціонального конструктивного рішення карнизного вузла рами хвилювало науковців постійно. За останні 50 років, щоб спростити технологію та зменшити вартість конструкції було запропоновано наступні конструктивні рішення карнизних вузлів рам (детальніше ці рішення розглянуті нижче):

- застосування двосторонніх накладок з бакелізо-ваної фанери на клею (рис. 2);
- армування ділянки карнизного вузла металевими стержнями (рис. 3);
- з’єднання з прямолінійних елементів з’єднаних на зубчастий шип по бісектирисному куту (рис. 4);
- застосування п’ятикутних клеєних вставок з’єднаних на зубчастий шип з ригелем та стійкою (рис. 5);
- застосування гнутоклеєної вставки, яка з’єднанна на зубчастий шип з прямолінійним ригелем та стійкою (рис. 6);
- застосування стійко-карнизного блоку, який з’єднаний на зубчастий шип з прямолінійним ригелем (рис. 7);

- застосування V-подібних вклєєних стержнів по всій довжині карнизного вузла.

Застосування в карнизних вузлах двосторонніх накладок з бакелізованої фанери на клею (рис. 2) [3], показало високу технологічність процесу. Прямолінійні елементи рами постійної висоти виготовлялись з клеєного блоку дошок шляхом діагонального розпилу. Однак недоліком такого рішення є сумнівна міцність клеєвого шва між бакелізованою фанерою й клеєдощатими пакетами, особливо для приміщень з підвищеним вологістним режимом експлуатації. Враховуючи, що в залежності від орієнтації граней дошок по відношенню до річних шарів деформації розбухання та усушки деревини поперек волокон складають від 3 до 10%, а у фанери від 0,1 до 0,5%, можна стверджувати, що у вузлі можуть виникати великі внутрішні напруження. Це підтвердили результати обстежень будівель з різними температурно-вологістними режимами експлуатації [4]. Будівлі які експлуатувалися 2–3 роки, мали недостатню міцність карнизного вузла,

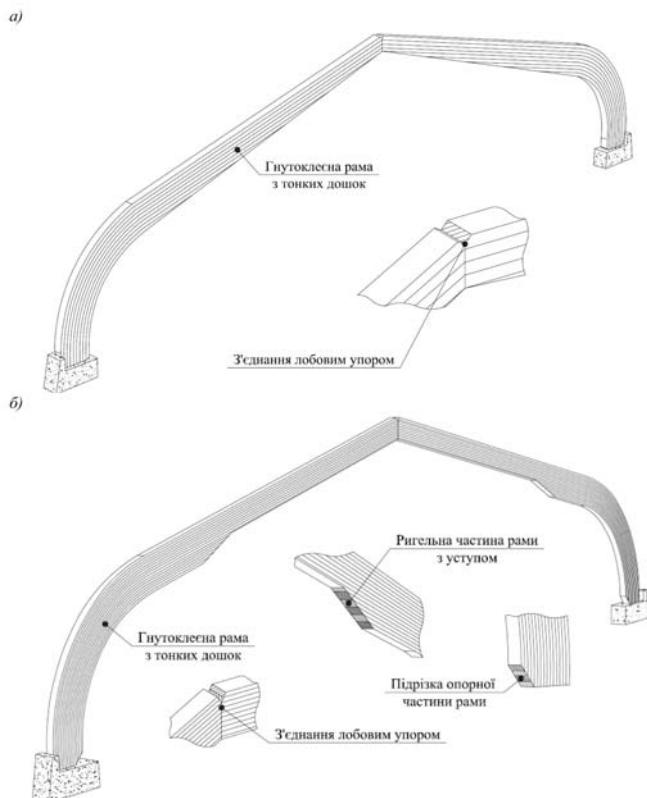


Рис. 1. Гнутоклеені рами типу ДГР з тонких дошок по всій довжині полурамами:
а – без уступів в ригельній частині полурамами,
б – з уступом в ригельній частині полурамами

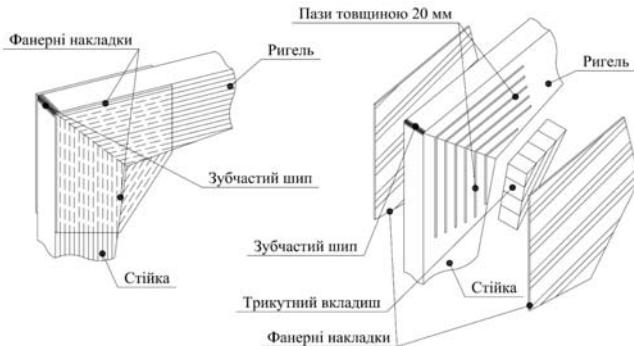


Рис. 2. Карнизний вузол з застосуванням накладок з бакелізованої фанери

особливо при режимах експлуатації з підвищеною вологістю.

Після досліджень по вдосконаленню рамних карнизних вузлів проведених в Новосибірському державному архітектурно-будівельному університеті було запропоновано армування металевими стержнями в межах карнизного вузла (рис. 3) [6, 7]. При цьому переріз рами підбирається по розрахунковим значенням внутрішніх зусиль в прямолінійній частині ригеля, а згинальний момент сприймається металевими стержнями, які розміщені в каналах поблизу нижньої та верхньої грані перерізу. Але економічна доцільність такого рішення визиває сумніви, бо зростають витрати металу, застосовується дорогий епоксидний компаунд та зростає трудомісткість.

Більшу технологічну привабливість мають рами з прямолінійних елементів з'єднаних по біссектрисному куту (РДП Серія 1.822-4 вип.0,1) (рис. 4) [7, 8]. Впровадження цих конструкцій стало можливим завдяки великій роботі проведений ЦНДІБК ім. Кучеренко та ЦНДІЕПСільбуд. Основною перевагою такого конструктивного рішення є висока технологічність виготовлення рам. Але такі рами мають суттєвий конструктивний недолік, безпосереднє з'єднання елементів з анізотропного матеріалу під кутом, призводить до значної втрати міцності. Як наслідок, міцність вузла залежить від кута нахилу ригеля. Як показали дослідження, міцність з'єднання може зменшитися в 1,5-2 рази, а напруження розтягу в розтягнутій зоні призводять до розтріскування деревини.

Застосування п'ятикутної вставки (рис. 5) в карнизних вузлах, дало змогу зменшити кут стикування з елементами рами. Однак, в такому випадку виникає велика небезпека, що пов'язана з косообрізаними дошками, які виходять на розтягнуту грань п'ятикутної вставки.

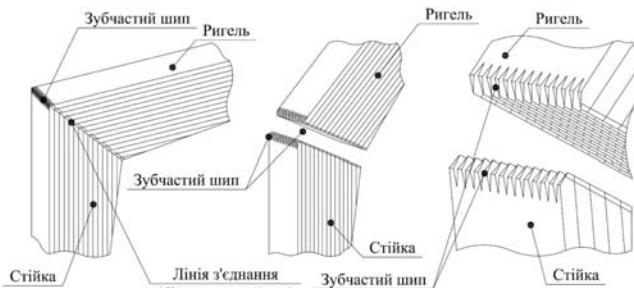


Рис. 4. З'єднання прямолінійних елементів на зубчастий шип по біссектрисному куту

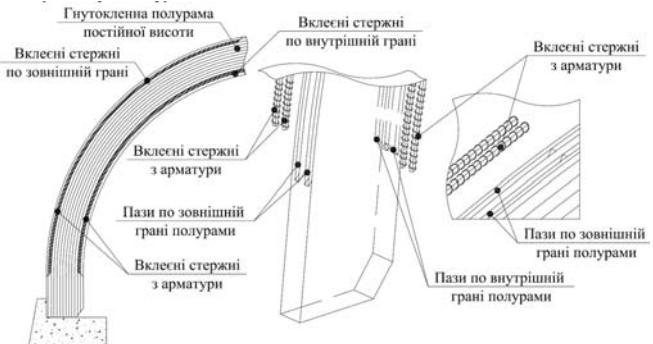


Рис. 3. Армування карнизного вузла металевими стержнями

В Санкт-Петербурзькому державному архітектурно-будівельному університеті було запропоноване нове рішення карнизного вузла – за допомогою гнутоклесеної вставки, яка з'єднувалася з прямолінійним ригелем та стійкою на зубчастий шип вздовж волокон (рис. 6) [8, 9, 10]. Застосування такого рішення змінює характер роботи деревини в порівнянні з безпосереднім стикуванням під кутом. Таке рішення має ряд переваг, основні з яких наведені нижче:

- з'єднання ригеля та стійки зубчастим шипом вздовж волокон, тобто в напрямку найбільшої міцності деревини;

- зміщення стику з'єднання ригеля та стійки з зони максимального згинального моменту, внаслідок цього покращується робота зубчастого шипу та карнизного вузла загалом;

- плавна передача силових потоків з ригеля на стійку, без небезпечних концентрацій напружень;

- підвищення в 1,5–2 рази міцності всієї рами в порівнянні з рамами, які мають стикування елементів на зубчастий шип під кутом.

Такі конструкції мали масове застосування в будівництві сільськогосподарських будівель та отримали назву ДГР (ДГР серія 1.822-1 вип. 2,3). Однак, через високу матеріалоємність та велику вартість, об'єми виробництва таких рам почали знижуватись.

Після всіх пошуків раціонального карнизного вузла в Санкт-Петербурзькому державному архітектурно-будівельному університеті була розроблена нова конструкція, запропонована проф. Серовим Є.М., яка одержала назву тип ДГРП [10, 11, 12]. Новизна її полягала у стійко-карнизному блоці який з'єднаний на зубчатий шип з прямолінійним ригелем (рис. 7). При малій висоті стійки було раціонально об'єднати стійку з криволінійною ділянкою рами. Основними перевагами такого рішення

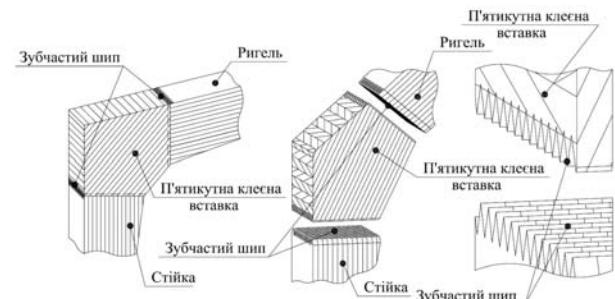


Рис. 5. З'єднання прямолінійних елементів за допомогою п'ятикутної вставки на зубчастий шип

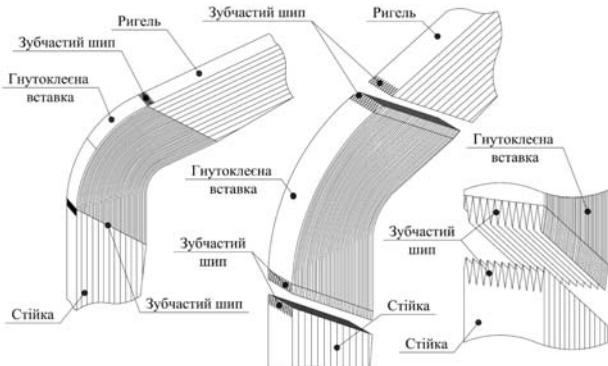


Рис. 6. З'єднання прямолінійних елементів за допомогою гнутоклееної вставки на зубчастий шип

є підвищення економічності виробництва в порівнянні з іншими рамами типу ДГР та РДП і зменшення в 1,5..2 рази витрат тонкого пиломатеріалу при однакових з рамою ДГР загальних об'ємах деревини.

Застосування підсилення V-подібними анкерами за технологією ЦНДІБК ім. Кучеренка дозволило влаштувати жорсткий вузол з'єднання стійко-карнизного вузла з прямолінійним ригелем [13]. Застосувалась металева закладна деталь, яка кріпилася декількома парами вклеєних V-подібних сталевих анкерів. В парі кожен анкер розходиться похило в різні сторони від місця свого прикріплення до закладної деталі. Такий вузол відрізняється підвищеною жорсткістю та надійністю в порівнянні з паралельно вклесеними стержнями, особливо при зміні вектора зусиль. В з'єднаннях використовується очищена від іржі та знежирена сталева арматура періодичного профілю діаметром від 14 до 25 мм класів А300С та А400С. Для вклєювання (під кутом 30..45° до напрямку волокон) використовують епоксидні клеї на базі смол ЕД20 з наповнювачем – молотий пісок (маршаліт). Завдяки цьому вдалося отримати рівноміцні жорсткі стики та забезпечити надійність анкеровки вклесених стержнів. Закладні деталі з'єднуються болтами або сваркою при вклєюванні на термостійких kleях.

Виконані таким чином жорсткі стики карнизних вузлів рам при випробуваннях ЦНДІБК ім. Кучеренка показали підвищену міцність. Це пояснюється сумісною роботою клееної деревини та вклесених стержнів.

Враховуючи вище викладене можна зробити висновок, що пошук раціональної конструкції карнизного вузла рам з клееної деревини є актуальною науковою задачею, для вирішення якої велике значення відіграють дослідження дійсного деформовано-напруженого стану клееної деревини в зоні карнизних вузлів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Клеевые деревянные конструкции в зарубежном и отечественном строительстве: Обзор / Под ред. Д.А. Берковской, Л.В. Касатьян. М.: ЦНИС Госстроя СССР, 1975.
2. Штейнберг С.Е. Сборные здания с применением клеенных деревянных конструкций. – В кн.: Повышение эффективности конструкционного использования древесины в строительстве: Материалы Всесоюзного совещания. – М.: Стройиздат, 1968. – С. 121–126.
3. Штейнберг С.Е. Опыт производства деревянных конструкций и перспективы его развития. – В кн.: Повышение эффективности конструкционного использования древесины в строительстве: Материалы Всесоюзного совещания. – М.: Стройиздат, 1968. – С. 202–207.
4. Преображенская Н.П., Турковский С.Б., Баранов Г.Р., Кувшинов А.П. Обследование kleеных деревянных конструкций в Сибири. Тезисы докладов зональной науч.-техн. конф. Новосибирск, 1975. – С. 97–105.
5. Дмитриев П.А., Колпаков С.В., Осипов Ю.К. и др. Конструктивные решения kleеных деревянных рам. – В кн. Деревянные конструкции в современном строительстве: Материалы Всесоюзного совещания. – М.: Стройиздат, 1972. – С. 93–95.
6. Дмитриев П.А. Актуальные вопросы совершенствования деревянных конструкций. – Изв.вузов. Стро и архит. – Новосибирск, 1980. – №7. – С. 15–21.
7. Светозарова Е.И., Душечкин С.А., Серов Е.Н. Конструкции из kleеной древесины и водостойкой фанеры: Примеры проектирования. – Л.: ЛИСИ, 1974. – 133 с.
8. Светозарова Е.И., Серов Е.Н., Гнубкин В.П., Дрезбеков Е.А. О несущей способности и технологичности kleеных рам для каркасных деревянных зданий. – В кн.: Совершенствование технологии и техники производства kleеных деревянных рам. – Л.: ЛДНТП, 1975. – С. 92–99.
9. А.с. 234638 (СССР). Сопряжение элементов kleеных деревянных конструкций./ Светозарова Е.И., Серов Е.Н., Попов В.Д. Опубл. В БИ, 1969. – №4.
10. Попов В.Д. Влияние расположения зубчатого соединения в kleеоштатах рамах на них несущую способность. В кн.: Исследование конструкций из kleеной древесины и пласмасс. Л.: ЛИСИ, 1977. – С. 93–99.
11. Светозарова Е.И., Серов Е.Н. Перспективы использования прогрессивных конструкций на сельских стройках. Строительство и архитектура Ленинграда. – 1977. – №9. – С. 31–33.
12. Испытания гнутоклеенных рам пролетом 18 м под нагрузку 900 кгс/м.: Научно-технический отчет/ ЦНИИСК им. Кучеренко. – М., 1973. – 162 с.
13. Рекомендации по изготовлению и применению деревянных конструкций в строительстве (проект). М.: АПКДК, 2004. – С. 148.
14. Шмидт А.Б., Дмитриев П.А., Атлас строительных конструкций из kleеной древесины и водостойкой фанеры; Учебное пособие./ М.; Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2001. – 292 с., ил.

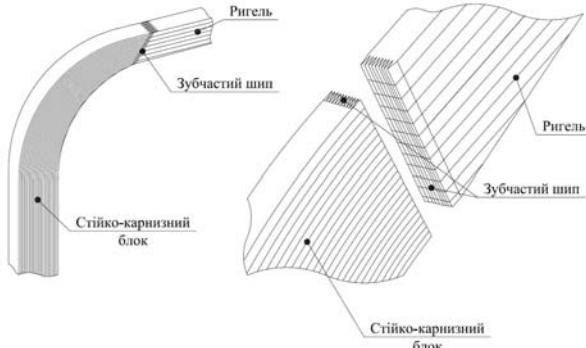


Рис. 7. З'єднання стійко-карнизного блоку з прямолінійним ригелем за допомогою зубчастого шипу

шение эффективности конструкционного использования древесины в строительстве: Материалы Всесоюзного совещания. – М.: Стройиздат, 1968. – С. 202–207.

4. Преображенская Н.П., Турковский С.Б., Баранов Г.Р., Кувшинов А.П. Обследование kleеных деревянных конструкций в Сибири. Тезисы докладов зональной науч.-техн. конф. Новосибирск, 1975. – С. 97–105.

5. Дмитриев П.А., Колпаков С.В., Осипов Ю.К. и др. Конструктивные решения kleеных деревянных рам. – В кн. Деревянные конструкции в современном строительстве: Материалы Всесоюзного совещания. – М.: Стройиздат, 1972. – С. 93–95.

6. Дмитриев П.А. Актуальные вопросы совершенствования деревянных конструкций. – Изв.вузов. Стро и архит. – Новосибирск, 1980. – №7. – С. 15–21.

7. Светозарова Е.И., Душечкин С.А., Серов Е.Н. Конструкции из kleеной древесины и водостойкой фанеры: Примеры проектирования. – Л.: ЛИСИ, 1974. – 133 с.

8. Светозарова Е.И., Серов Е.Н., Гнубкин В.П., Дрезбеков Е.А. О несущей способности и технологичности kleеных рам для каркасных деревянных зданий. – В кн.: Совершенствование технологии и техники производства kleеных деревянных рам. – Л.: ЛДНТП, 1975. – С. 92–99.

9. А.с. 234638 (СССР). Сопряжение элементов kleеных деревянных конструкций./ Светозарова Е.И., Серов Е.Н., Попов В.Д. Опубл. В БИ, 1969. – №4.

10. Попов В.Д. Влияние расположения зубчатого соединения в kleеоштатах рамах на них несущую способность. В кн.: Исследование конструкций из kleеной древесины и пласмасс. Л.: ЛИСИ, 1977. – С. 93–99.

11. Светозарова Е.И., Серов Е.Н. Перспективы использования прогрессивных конструкций на сельских стройках. Строительство и архитектура Ленинграда. – 1977. – №9. – С. 31–33.

12. Испытания гнутоклеенных рам пролетом 18 м под нагрузку 900 кгс/м.: Научно-технический отчет/ ЦНИИСК им. Кучеренко. – М., 1973. – 162 с.

13. Рекомендации по изготовлению и применению деревянных конструкций в строительстве (проект). М.: АПКДК, 2004. – С. 148.

14. Шмидт А.Б., Дмитриев П.А., Атлас строительных конструкций из kleеной древесины и водостойкой фанеры; Учебное пособие./ М.; Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2001. – 292 с., ил.

СУХОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 691.311-419

Гавриш О.М., к.ф.н., професор КНУБА, Генеральний директор, ТОВ «Кнауф Гіпс Київ», м. Київ

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ГІПСОВИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Нагальною потребою сьогодення є втілення в життя принципів сталого розвитку, задекларованих на конференції ООН з навколошнього середовища та розвитку в 1992 році. Сталий розвиток – це розвиток суспільства, при якому задоволення потреб в природних ресурсах теперішніх поколінь не повинно ставити під загрозу можливості майбутніх поколінь задовольняти в них свої потреби, коли будуть узгоджені екологічні та соціальні складові розвитку, коли техногенне навантаження не буде перевищувати можливостей природного довкілля до самовідновлення, а суспільство усвідомить перевагу екологічних пріоритетів над іншими.

Сталий розвиток визначено ООН як основний напрям розвитку людської цивілізації на ХХІ століття, альтернативи якому немає, бо інший шлях призведе до всесвітньої екологічної катастрофи. Принципи сталого розвитку торкаються багатьох сфер людської діяльності, в тому числі і будівництва. Будівництво на засадах сталого розвитку (енергоефективне, раціональне будівництво) означає, що необхідно прагнути на всіх етапах життєвого циклу (проектування, будівництво, експлуатація, перепланування, модернізація, капремонт і в кінці кінців – демонтаж та утилізація) до економії енергії та природних ресурсів, до найнижчого рівня негативного впливу на навколошнє середовище та до найвищих показників комфорту при врахуванні потреб майбутніх поколінь.

Яким чином можна цього досягти? Щоб оцінювати потребу та використання природних ресурсів в будівельній галузі розроблено методику на основі визначення «вмісту» первинної енергії в будівельному матеріалі та впливу його виробництва та використання на екологію. Порівняння різних будматеріалів за цією методикою стало основою для їх екологічної характеристики – «екобалансування» (анг. life cycle assessment, нім. Ökobilanz).

У 2005 році почали збуватися прогнози аналітиків про кінець ери нафти і газу, їх загальносвітове споживання почало випереджувати видобуток. Вуглецевого палива на світових ринках стало не вистачати, і почали спрацьовувати ринкові регулятори – ціни поповзли вгору. Загальносвітове підвищення цін на енергоносії вимагає радикальних змін в підходах до всіх сфер людської діяльності, і в тому числі – будівництва. Оцінка екобалансу будівельних матеріалів виходить на передній край. Для прикладу: після Другої світової війни суспільство високо цінило жирну та білкову їжу, тому що багато людей під час війни жили впроголодь. Насиченість продуктових ринків сьогодні та медичні дослідження здоров'я привели до того, що дуже динамічно розвивається сегмент низькокалорійних продуктів. По аналогії можна стверджувати, що

ми вступаємо в еру «низькокалорійних» будівельних матеріалів, виготовлених з найменшими енергозатратами та з незначним впливом на екологію.

Тому питання енергоефективності у виробництві будівельних матеріалів, в т.ч. в'яжучих та похідних будівельних матеріалів є дуже актуальним. Особливо це стосується цементної промисловості, яка є лідером в енергозатратах на тонну готової продукції (табл. 1) [1].

В зв'язку з цим основними напрямками в розвитку сучасних технологій виробництва цементу є наступні:

- перехід від мокрого до менш енергозатратного сухого методу випалу клінкеру;
- використання альтернативних паливних матеріалів;
- зменшення відносних енергозатрат палива до 725 ккал/кг;
- зменшення відносних енергозатрат електроенергії до 90 кВт/т;
- автоматизація технологічних процесів для підвищення якості в'яжучого та рівня завантаженості печей;
- зменшення викидів (пил, NOx, SOx) [2].

Експерти вважають, що найближчі 10–15 років не передбачається суттєвих змін в технології виробництва цементу. А от постійне удосконалення вже існуючих потужностей та проектування нових з врахуванням наведених вище вимог допоможе крок за кроком зменшувати енергоємність виробництва та навантаження на довкілля.

Що стосується гіпсових в'яжучих, то енергозатрати на їх виробництво в сучасних високоефективних котлах безперервної дії, обертових печах або котлах-млинах складають всього 2–10% від енергозатрат в цементній промисловості. Але не завжди це було так, особливо коли мова йде про енергозатратні традиційні котли періодичної варки гіпсу.

На підприємстві «Кнауф Гіпс Київ» накопичено певний досвід в модернізації гіпсовых котлів, тобто в переобладнанні традиційних котлів періодичної варки в котли безперервної дії [3]. З початком реконструкції цеху

Таблиця 1
Відносні енергозатрати на виробництво в'яжучих

Види в'яжучих	Енергозатрати, %
Цемент	100
Негашене вапно	95
Гашене вапно	75
Гіпсові в'яжучі	2
Ангідритне гіпсово в'яжуче	10

гіпсу в 2000 році в результаті переоснащення котлів періодичної варки, енергозатрати яких складали в середньому 527 кВт/т, та переходу на безперервну їх експлуатацію, вдалося зменшити витрати палива на 20%.

Подальша модернізація котлів безперервної дії під керівництвом Кнауф Інжинірінг спеціалістами технічного відділу ТОВ «Кнауф Гіпс Київ» включала наступні кроки:

- нарощування ємності котла над вихідним отвором труби вивантаження;
- збільшення кількості труб теплообмінника для оптимальної взаємодії гіпсового порошку з теплоносієм;
- влаштування спеціальних спіралеподібних турбуляторів в трубах теплообмінника для збільшення часу перебування теплоносія в котлі та кращого теплообміну;
- заміна старих пальників на сучасні енергоекективні пристрої;
- впровадження електронної системи управління технологічним процесом для отримання оптимальних показників якості готового продукту.

Ці кроки дали змогу зменшити енерговитрати на 1 тонну гіпсового в'яжучого ще на 30%, а в цілому з початку модернізації – в 2 рази.

Використання гіпсовых в'яжучих для виготовлення плитних будівельних матеріалів (гіпсокартонних, гіпсово-волокнистих, пазогребневих плит, плит «Фаерборд», «Діамант» тощо) передбачає в технологічному процесі після формування плит їх сушку, що означає ще один доволі енергозатратний етап виробництва. Тому порівняння будівельних виробів, наприклад цементних та гіпсовых плит, за енергозатратами на їх виготовлення показує трохи іншу картину, ніж порівняння в'яжучих. Так енергозатрати на звичайну ГКП масою до 10 кг/м² становлять вже близько 25% від енергозатрат на виробництво цементної плити «Аквапанель» тієї ж товщини та геометричних розмірів, але масою до 15 кг/м².

Виробництво гіпсокартонних плит є безперервним процесом, який починається з підготовки компонентів і змішування гіпсового в'яжучого з водою та сухими і рідкими добавками для контролю за реологічними властивостями суміші (таблиця 2).

Отриманий спінений розчин надходить зі змішувача через спеціальні тічки безпосередньо на шар нижнього картону, який рухається на стрічці конвеера. При цьому необхідно, щоб розчин розплівався за всією шириною картону протягом обмеженого часу перед покриттям гіпсового розчину другим шаром картону. Цей етап триває 5–10 секунд залежно від довжини формувального столу та швидкості лінії. Після етапу змішування формуються геометричні розміри плити (ширина і товщина) та вид кромки. В процесі формування з допомогою спеціальних пристроїв механічної дії плита гіпсокартону має набути остаточної форми, тобто після цієї операції гіпсовий розчин більш не повинен розпліватися під власною масою. Приблизно через 4–10 хвилин транспортування на рольгангу суцільну плиту ріжуть у відповідності з необхідними розмірами ГКП по довжині, перш ніж вони надійдуть в сушарку для того, щоб видалити з них надлишкову воду.

Регулювання реологічних властивостей розчинів з метою отримання продукції з заданими характеристиками є сьогодні актуальним завданням будівельного матеріалознавства, аналітичної та колоїдної хімії. Досягнення в цих галузях висвітлені в багатьох виданнях фахової літератури [4, 5]. Не менш актуальним, однаке, є аналіз та вивчення регулювання реологічних властивостей розчинів в процесі виробництва будівельних матеріалів з точки зору їх енергоефективності. Розглянемо це питання на прикладі технологічного процесу виробництва ГКП.

Очевидно, що єдиною енергозатратною складовою (таблиця 2), якщо не враховувати виробництво гіпсового в'яжучого, є сушіння ГКП, тобто видалення надлишкової води. Теоретично цієї води повинно бути не більше 20%, практично ця величина коливається від 50 до 70%. Тому зменшення відсотків надлишкової води є основним регулюючим фактором енергоефективності виготовлення ГКП.

Великий відсоток надлишкової води пов'язаний з такими складовими технологічного процесу як замішування та формування ГКП, де необхідно в першу чергу дозуванням води забезпечити необхідну пластичність та в'язкість розчину. Недостатня пластичність може привести до різних небажаних ефектів, як-то незаповнення кромок ГКП гіпсовою масою, недостатня стабільність (ефект «розмоложування»), недостатня міцність зчеплення картону з гіпсовою серцевиною, тощо. Надлишкова в'язкість приводить до налипань в змішувачі, які у вигляді грудок через тічки потрапляють на лінію і приводять до пориву картону або інших небажаних ефектів. Тому технологи, щоб уникнути вищезгаданих факторів, які приводять до відбраковки продукції, рекомендують регулювати реологічні властивості суміші в першу чергу дозуванням води. А це в свою чергу приводить в процесі сушіння до значних енергозатрат.

Щоб зменшити видалення надлишкової води з ГКП, використовують зазвичай два основних чинники: виробництво гіпсового в'яжучого певного модифікаційного складу та/або застосування регулюючих додавок (роздріджувачів, пластифікаторів), які зменшують дозування води на лінії виробництва гіпсовых плит.

Водопотреба гіпсовых в'яжучих залежить від багатьох факторів, основними з яких є склад сировини (гіпсового каменю), спосіб випалу гіпсу та спосіб складування в'яжучого, який приводить до ефекту старіння. Склад сировини в свою чергу залежить від походження гіпсового каменю (родовище), відсотка $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ та домішок. Встановлено, наприклад, що з гіпсів більш давнього походження при випалі на одних і тих же агрегатах утворюється в'яжуче з більш низькою водопотребою, ніж з гіпсів порівняно ранніх періодів, які залягають неглибоко від поверхні землі. Домішки, в свою чергу, не приймають участі в процесі гідратації, тому вони теж зменшують водопотребу.

Залежність властивостей гіпсовых в'яжучих від способу випалу доволі детально описана в фаховій літературі [6]. Використання α – напівгідрата, на основі якого можна отримати легкоукладальну суміш із використанням мінімальної кількості води замішування, не рекомендується в чистому вигляді через підвищено крихкість виготовлених на його основі виробів. Засто-

Таблиця 2

Регулювання реологічних, структурно-механічних та технологічних властивостей дисперсних систем у виробництві ГКП

№	Складові технологічного процесу	Властивості дисперсних систем в різних агрегатних станах	Основні регулюючі фактори
1	Підготовка та дозування компонентів	- дисперсність - водопотреба - терміни тужавлення - модифікаційний склад	- підбір складу сировини - спосіб випалу гіпсу - гомогенізація - старіння (спосіб складування) - дозування
2	Замішування	- пластичність - в'язкість - водопотреба	- час замішування - інтенсивність - дозування води - температура дисперсних систем в різних агрегатних станах
3	Формування	- пластичність - водопотреба - стабільність (ефект «розмологування»)	- механічний вплив на суміш - дозування води - регулюючі добавки
4	Транспортування на рольгангу	- терміни тужавлення - структуроутворення з заданими характеристиками	- модифікаційний склад в'яжучого - дисперсність - температура суміші - регулюючі добавки
5	Розрізання	- міцність напівфабрикату ГКП - міцність зчеплення картону з серцевиною	- час для завершення процесу тужавлення - інертні добавки (наповнювачі) - регулюючі добавки
6	Сушіння	- кількість надлишкової водогідрату в напівфабрикаті ГКП - міцність зчеплення картону з серцевиною	- дозування води - регулюючі добавки - температурний режим
7	Пакетування	- нормована вологість серцевини ГКП	- температурний режим сушіння

совуючи β – напівгідрат і багатофазове гіпсове в'яжуче, що потребують більшої кількості води для замішування та досягнення нормальної консистенції, випускають будівельні деталі з середніми значеннями по міцності, щільноті і підвищеними еластичними показниками. Така продукція широко використовується в будівництві.

На кількість води для замішування, окрім способу виробництва, впливають також форми часток, гранулометричний склад і тонкість помелу гіпсовых в'яжучих. Дуже тонко змелені в'яжучі потребують більшої кількості води для утворення тіста нормальної густини, ніж в'яжуче, що складається з більш крупних фракцій. Голковидна форма частинок призводить до збільшення кількості води для замішування. Гранулометричний склад в'яжучих істотно впливає на легкоукладальність гіпсового тіста.

Та все ж модифікація в'яжучих в бік зменшення водогіпсового співвідношення не веде однозначно до зменшення водопотреби в системі вода – рідкі домішки – гіпсове в'яжуче – сухі компоненти при змішуванні на лінії ГКП. Як показав досвід підприємства «Кнауф Гіпс Київ», тонкодисперсний гіпс з залишком на ситі з розміром комірок 0,2 мм не більше 2% (гіпс тонкого помелу), який має вище водогіпсове співвідношення в порівнянні з гіпсом середнього помелу (залишок на ситі – до 10%) виявив в гетерогенній системі певний

синергетичний ефект до зменшення надлишкової водогідрату в напівфабрикатах ГКП. Застосування на виробництві гіпсового в'яжучого тонкого помелу дало можливість економити біля 3% використовуваних енергоносіїв під час сушіння ГКП, хоча, з іншого боку, дещо зросло споживання електроенергії в зв'язку з необхідністю більш довгої роботи молоткових млинів в процесі виробництва в'яжучих.

Гіпсовим в'яжучим, як і іншим матеріалам, властивий ефект старіння. Під старінням розуміють здатність в'яжучих змінювати свої властивості при зберіганні, наприклад, адсорбції водяної пари з навколошнього повітря. Ступінь старіння в'яжучого позначається на кількості води для замішування. Найбільша схильність до старіння спостерігається у свіжовипаленого гіпсу. При значній адсорбції води частинками гіпсового в'яжучого утворюються зародки кристалів дигідрату, які прискорюють процес гідратації. При природному старінні випалених гіпсовых в'яжучих процеси протикають поволі, і його ефект відчувається не відразу.

При необхідності може бути досягнуте штучне старіння в'яжучого шляхом додавання в гіпс перед випалом 0,2% хлористого кальцію або інших солей або при введенні невеликих порцій води. Завдяки ефекту старіння можливо досягти зменшення водопотреби гіпсового в'яжучого до 20%.

Кількість води замішування гіпсовых в'яжучих для отримання необхідної консистенції суміші може коригуватися різними добавками-пластифікаторами, наприклад, моносульфонатами або меламіновими смолами, оксидом поліетилену і ін.

Лінгосульфонати (ЛС) довгий час використовуються для виробництва ГКП. Ці натуральні модифіковані полімери є побічними продуктами деревообробної промисловості. Але вони мають обмежену розріджувальну здатність, тому необхідні дуже високі дози цієї речовини. Ще одним недоліком ЛС є сповільнюючий ефект на терміни тужавіння, через який заводи не можуть нарощувати потужності, тобто збільшувати швидкість руху конвеерної лінії.

В кінці 60-х років ХХ століття були розроблені бета-нафталінсульфонати (БНС), які ставали все більш популярними у виробництві як бетону, так і ГКП. У порівнянні з ЛС БНС майже не впливають на процес тужавіння, тому можуть використовуватися на більш швидкісних лініях. Однак подальше збільшення дози і зменшення водопотреби розчину приводить до певного граничного значення при все ще порівняно високому рівні дозування води. Сьогодні БНС все ж залишаються ефективною добавкою виробництва ГКП.

Щоб досягти більш інтенсивного зменшення кількості води і таким чином економити енергію, що використовується для висушування, протягом останніх 10 років у виробництві ГКП увага зосереджується на розробці полікарбоксилатних ефірів (ПКЕ). ПКЕ мають високу розріджувальну здатність навіть при додаванні у невеликих дозах, однак вони мають доволі високу сповільнючу дію на терміни тужавіння і можуть негативно впливати на форму кристалів. Через взаємодію з доданою піною вони негативно впливають на пористу структуру. Особливо тоді, коли ПКЕ використовуються з натуральним гіпсом, спостерігається несумісність з деякими домішками, наприклад, з глиною [7].

Сьогодні на ринку будівельних матеріалів представлени суперпластифікатори на основі полікарбоксилат фірм "BASF", "SIKA", "LGChem" та інших, які широко використовуються для модифікації бетонів завдяки високим розріджувальним властивостям. У виробництві ГКП однаке все ще тривають експерименти в зв'язку з неможливістю застосування ПКЕ на швидкісних лініях. Але і тут намітився прорив: нещодавно компанія BASF розробила нове покоління пластифікаторів для виробництва ГКП – комбіновані полімери з фосфатними групами. Це нове покоління пластифікаторів поєднує переваги БНС і ПКЕ. Їх можна використовувати у дуже малих дозах (завдяки чудовій розріджувальній здатності і потенціалу зменшення кількості води), і вони мають незначний вплив на процес тужавіння. Абсолютно нова структура полімеру запобігає негативній взаємодії з будь-якими домішками, особливо з глиною, що здатна до розбухання, яка зустрічається в природних покладах гіпсу.

За даними компанії експерименти, проведені на техногенному сульфогіпсі, показали зменшення водопотреби суміші на лінії виробництва ГКП на 10% при дозуванні всього 15% ПКЕ з фосфатними групами в порівнянні з БНС, взятого за 100% [8].

Таким чином, ГКП як гетерогенний композиційний будівельний матеріал складається з окремих структурних елементів, взаємодія яких має адитивний та/або синергетичний ефект. Високий синергетичний ефект з точки зору зменшення водопотреби розчину на лінії виробництва ГКП і, як результат, зменшення енергозатрат на видалення залишкової вологи з готових гіпсовых виробів мають застосування тонкодисперсних гіпсовых в'яжучих оптимального модифікаційного складу з одного боку та додавання суперпластифікаторів нового покоління, як, наприклад, полікарбоксилатних ефірів – з іншого. Роботи по всебічному аналізу процесів гідратації з точки зору зменшення водопотреби розчину для виготовлення ГКП продовжуються. Так на кафедрі товарознавства та комерційної діяльності в будівництві КНУБА під керівництвом проф. П.В. Захарченко проведено ряд експериментів по додаванню інертних домішок (цеоліту, крейди) до гіпсового розчину, які впливають на енергоефективність виробництва ГКП в двох напрямках:

- по-перше, додавання домішок економить в'яжуче, виробництво якого пов'язане з суттєвими енергозатратами;

- по-друге, інертні домішки не приймають участі в гідратації і, як результат, зменшують водопотребу системи вода – рідкі добавки – гіпсове в'яжуче – сухі компоненти, тобто зменшують енергозатрати на видалення надлишкової вологи при сушінні ГКП.

Результати досліджень дуже обнадійливі. Так, з додаванням до розчину 10% тонкодисперсної крейди водопотреба розчину знизилась на 5,1%, а міцність сухих зразків зросла: при згині – на 2,3%, при стиску – на 6,5%. Таким чином, додавання інертних домішок підвищує як енергоефективність виробництва ГКП, так і позитивно впливає на деякі інші споживні властивості готових виробів.

ЛІТЕРАТУРА:

- Губская А.Г., Лебедева О.Н., Меленько В.С. Гипс и материалы на его основе. Минск: Стрінко, 2009. – 184 с.
- Trends in cement kiln pyroprocessing // ZKG international, №2 2012. – S. 22 – 32.
- Гавриш О.М. Розвиток сучасних технологій виробництва будівельного гіпсу. Будівельні матеріали та вироби, №2 (61), 2010. – С. 29–31.
- Купrienko P.I. Технические суспензии: регулирование коллоидно-химических и технологических свойств. Київ, Наукова думка, 2000. – 287 с.
- Tagungsbericht der 1. Weimarer Gipstagung. F.A. Finger-Institut für Baustoffkunde. Weimar, 2011. – 450 S.
- Захарченко П.В., Ленга Г., Гавриш О.М., Півень Н.М. Технологія та товарознавство систем сухого будівництва. Підручник. КНУБА. – Вид. 2-ге, відправл. і доповн. – К.: «СПД Павленко», 2011. – 512 с.
- Dolgorew, V.A. Methods to compare the effectiveness of polycarboxylate plasticizers used in gypsum systems// Tagungsbericht der 1. Weimarer Gipstagung. Weimar, 2011. – S. 285 – 300.
- Bräu, M.F. New Dispersants for Gypsum Wallboards// Tagungsbericht der 1. Weimarer Gipstagung. Weimar, 2011. – S. 123–128.

УДК 693.32

Старченко А.Ю., Генеральный директор, ДП "Кнауф Маркетинг";
Клименко С.В., канд. техн. наук, директор Технического департамента,
ДП "Кнауф Сервис Украина", г. Киев;

Братчун В.И., доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой технологии строительных материалов,
изделий и автомобильных дорог, ДонНАСА, г. Макеевка;

Бармотин А.А., канд. техн. наук, доцент, кафедра
"Технология и организация строительства" ДонНАСА;

Косик А.Б., ассистент, кафедра "Технология и организация строительства" ДонНАСА, г. Макеевка

ИССЛЕДОВАНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЦЕМЕНТНОЙ ПЛИТЫ КНАУФ AQUAPANEL® OUTDOOR

Актуальность. При проектировании фасадных систем основным вопросом является изучение характеристик окружающей среды и обоснованный подбор материалов по долговечности и коррозионной стойкости, обеспечивающих гарантированный срок эксплуатации для данного района строительства.

Степень агрессивного воздействия на бетонные и железобетонные конструкции (композитные материалы с использованием цементных вяжущих) определяется для жидких сред – наличием и концентрацией агрессивных агентов, температурой, величиной напора или скоростью движения жидкости у поверхности; для газовых сред – видом и концентрацией газов, растворимостью их в воде, влажностью и температурой среды; для твердых тел (соли, аэрозоли, пыли) – дисперсностью, растворимостью в воде, влажностью окружающей среды. Степень и агрессивность воздействия на цементные композитные материалы определяется нормами по антакоррозионной защите строительных конструкций [3].

Отсутствие надежных экспериментальных данных о коррозионной стойкости материалов приводит к необоснованному увеличению сметной стоимости и искажению реальной оценки фактической долговечности конструкций.

В соответствии с техническим заданием ДП «Кнауф Маркетинг» проведены контрольные испытания на морозостойкость и коррозионную стойкость цементной плиты AQUAPANEL® Outdoor (производитель – фирма «Knauf USG Systems GmbH & Co. KG») для внешних работ размером 900x2500x12,5 мм (код ДКПП 26.65.12). Испытания проведены лабораторией испы-

таний дорожно-строительных материалов и изделий в Донбасской национальной академии строительства и архитектуры в соответствии с нормативными требованиями [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Подготовка образцов

Контрольные испытания проводились на образцах размерами: 12x95x245 мм, которые были выпилены из плиты на расстоянии не менее 50 мм от кромки. Образцы перед испытанием выдерживались в помещении лаборатории не менее 24 ч на расстоянии не менее 10 мм друг от друга. Образцы осматривались на наличие внешних дефектов в виде трещин, вздутий и раковин. Средняя плотность ρ_m отдельных образцов одной серии контролировалась в пределах $\pm 1\%$. При отклонении в пределах больше, чем $\pm 3\sigma$ (σ – среднеквадратичное отклонение средней плотности) образцы отбраковывались. Перед испытанием торцы защищали холодной битумной мастикой. Эталонные образцы высушивали при температуре $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ до постоянной массы и взвешивали до 0,01 г. Кроме этого определяли прочность на растяжение при изгибе, водонепроницаемость и общую пористость.

Испытания на морозостойкость

Кассеты с образцами погружали на 48 ч в емкость с водой так, чтобы уровень воды был выше образцов на 50 мм. После насыщения водой проводили попеременное замораживание и оттаивание образцов [1, 2]:

- 1) замораживание – не менее 4 ч при температуре $-18 \pm 2^\circ\text{C}$;
- 2) оттаивание – не менее 4 ч в воде при температуре $18 \pm 2^\circ\text{C}$;

Результаты испытаний на морозостойкость

Таблица 1

Наименование вида продукции	Нормативное значение	Предел прочности при изгибе после количества циклов замораживания / оттаивания Н/мм ²						
		0	10	20	30	40	50	75
Прочность плит КНАУФ AQUAPANEL® Outdoor, Н/мм ²	$\geq 6,2$	9,91	9,69	9,48	9,43	9,42	9,05	8,95
Уменьшение прочности при изгибе, $\Delta R_{0.5}$, %	≥ 10	–	2,22	4,34	4,84	4,94	8,68	9,7

Таблица 2

Результаты испытаний на водопоглощение

Наименование вида продукции	Единица измерения	Фактическое значение			
		1 образец	2 образец	3 образец	Среднее значение
Водопоглощение по массе цементной плиты КНАУФ AQUAPANEL® Outdoor	%	7,55	7,4	8,0	7,65

При проведении испытания на морозостойкость образцы осматривали через каждые 10 циклов после их оттаивания. Оценка морозостойкости производится по внешнему виду (степени повреждений) и потере прочности. При оценке морозостойкости по внешнему виду (степени повреждений) образцы считали выдержавшими испытание, если после требуемого числа циклов испытания они не разрушались или на их поверхности не было обнаружено видимых повреждений (расслоение, шелушение, отколы, сквозные трещины, выкрашивания).

Марка образцов по морозостойкости устанавливалась, если потеря прочности основных образцов после испытания не превышает 10 %. Остаточную прочность в процентах вычисляли как отношение предела прочности при изгибе образцов, подвергшихся замораживанию, к пределу прочности при изгибе контрольных образцов. За предел прочности при изгибе образцов, подвергшихся замораживанию и оттаиванию, принимали среднее арифметическое значение результатов испытаний всех образцов.

В процессе замораживания на 41-ом цикле, на отдельных образцах с тыльной стороны плит, были обнаружены незначительные повреждения в виде лущения размером до 1 мм, которые на 75-ом цикле составляли до 2% от общей площади образцов. Повреждение лицевой стороны плит (лущение, сквозные трещины, выкрашивания) не зафиксированы.

Согласно требованиям [1, 2, 4] образцы цементной плиты КНАУФ AQUAPANEL® Outdoor выдержали испытание 75 циклов попеременного замораживания и оттаивания.

Испытания на коррозионную стойкость

С учетом возможных условий эксплуатации были приняты следующие агрессивные среды:

- выщелачивающая (вымывание свободного $\text{Ca}(\text{OH})_2$ под действием дождевых вод);
- кислотная H_2SO_4 (промышленные регионы: Донецк, Запорожье, Днепропетровск);
- углекислая CO_2 (промышленные регионы: Донецк, Запорожье, Днепропетровск);
- магнезиальная Mg^{2+} (прибрежные районы Черного и Азовского морей);
- аммонийная NH_4^+ (действие биохимических процессов);
- сульфатная SO_4^{2-} (действие грунтовых вод).

Образцы помещали в неагрессивную и агрессивную среды, таким образом, чтобы они не соприкасались друг с другом и был обеспечен

равномерный доступ жидкой среды со всех сторон. Слой раствора над образцами был не менее 2–3 см. В качестве неагрессивной среды принимали питьевую воду и постоянные условия воздействия агрессивной среды:

- концентрация агрессивной среды не должна изменяться более чем на 5%;
- жесткость не должна превышать 2°;
- pH не должно изменяться в пределах более чем ±0,2;
- отклонение температуры агрессивной среды не должно превышать ±3°C;
- соотношение объема агрессивного раствора в кубических сантиметрах к 1 см² поверхности образцов должно быть не менее 5:1.

Через 30 суток проверялась концентрация агрессивных веществ в растворе. В случае снижения концентрации более чем на 5% от установленной, среду полностью меняли. При истечении установленного срока нахождения в условиях воздействия жидкой агрессивной среды образцы извлекали из емкости, ополаскивали водопроводной водой и протирали тканью, после чего взвешивали и определяли прочность на растяжение при изгибе.

Результаты испытаний оценивали, сравнивая значения показателей, характеризующих коррозионную стойкость испытуемых образцов, помещенных в жидкую агрессивную среду, со значениями показателей образцов, помещенных в неагрессивную среду (сравнение параллельных образцов). Оценка коррозии производилась по внешнему виду (степени повреждений), по потере массы и изменению предела прочности при изгибе.

При оценке коррозии по внешнему виду (степени повреждений) образцы считались выдержавшими испытание, если после требуемого числа суток испытания они не разрушались или на их поверхности не было обнаружено видимых повреждений (расслоение, трещины, выкрашивания, вздутия, раковины).

По результатам испытаний в пределах каждой серии находили среднеарифметическое значение показателей прочности образцов на растяжение при изгибе и их массы. Коэффициент химической стойкости $K_{\text{x.c.}}$ определяли по изменению прочности образцов на растяжение при изгибе после каждого срока испытаний:

$$K_{\text{x.c.}} = \frac{R_t}{R_0},$$

где R_0 – предел прочности серии образцов на растяжение при изгибе, не погружавшихся в среду; R_t – предел прочности серии образцов на растяжение при изгибе после выдержки в среде в течение времени t , сут.

Изменение массы образцов Δm после каждого срока испытания в процентах вычисляли по формуле:

$$\Delta m = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100 \quad ,$$

где m – масса образцов до погружения в среду; m_1 – масса образцов после выдержки в среде.

Характеристики составов агрессивных сред, принятых согласно [3, 5], используются при испытаниях на коррозионную стойкость бетонов, работающих в условиях жидких сильноагрессивных сред. В то же время атмосферные воды, выпадающие в виде осадков, содержат обычно ничтожное количество солей: хлор-ионов, как правило, в пределах 1,5–4 мг/л, а сульфатов в расчете на SO_3 от 1 до 16 мг/л [8]. Количество SO_3 может быть значительно выше в районе городов, где воздух загрязняется дымовыми газами. Кроме этого, атмосферные воды содержат некоторое количество растворенной CO_2 , снижающей pH в результате образования в воде угольной кислоты. Обычная воздушная

среда не агрессивна по отношению к композиционным цементным материалам [9]. В газовой атмосферной среде при средней относительной влажности $\varphi=61\text{--}75\%$ (нормальная влажность среды) максимальная концентрация агрессивных ионов и оксидов по отношению к цементному камню составляет: CO_2 до 2000 мг/м³; SO_2 до 0,5 мг/м³; H_2S до 0,01 мг/м³; Cl^- до 0,1 мг/м³; HCl до 0,05 мг/м³ (среда группы А).

Анализ испытаний на коррозионную стойкость цементной плиты КНАУФ AQUAPANEL® Outdoor показал, что плита выдерживает такое воздействие сильноагрессивных сред в течение 3 месяцев. С увеличением длительности воздействия с 3 месяцев до полугода образцы отвечают требованиям по степени повреждений, но значения по потере массы и прочности при изгибе превышают нормативные.

Применительно для фасадов, в период проектного срока службы, такое воздействие может носить только эпизодический характер, в случае аварийной ситуации в промзоне или стихийного наводнения (опытная концентрация сульфатной и магнезиальной среды выше, чем среднестатистическая в морской воде и минерализованных грунтовых водах).

Анализ зарубежных и отечественных исследований показывает (рис. 1), что при умеренной концентрации

Таблица 3

Результаты испытаний на коррозионную стойкость

Наименование агрессивной среды и контрольных параметров	Значение контрольных параметров в зависимости от количества суток в агрессивной среде						
	0	30	60	90	120	150	180
Прочность плит КНАУФ AQUAPANEL® Outdoor, Н/мм ² в выщелачивающей среде 60 мг·л⁻¹	10,71	10,47	10,35	10,33	10,01	9,73	9,61
Уменьшение прочности при изгибе, $\Delta R_{0.5}$, %	–	2,24	3,36	3,55	6,54	9,15	10,3
Уменьшение массы образца, Δm , %	–	0,15	0,34	0,4	0,64	1,68	2,2
Коэффициент химической стойкости, Кх.с	–	0,98	0,97	0,96	0,93	0,91	0,9
Прочность плит КНАУФ AQUAPANEL® Outdoor, Н/мм ² в кислотной среде H_2SO_4, pH 4,5	10,71	10,45	10,06	9,73	9,01	8,38	7,73
Уменьшение прочности при изгибе, $\Delta R_{0.5}$, %	–	2,43	6,07	9,15	15,5	21,75	28
Уменьшение массы образца, Δm , %	–	0	0,42	0,86	1,8	2,82	4,97
Коэффициент химической стойкости, Кх.с	–	0,98	0,94	0,91	0,84	0,8	0,72
Прочность плит КНАУФ AQUAPANEL® Outdoor, Н/мм ² в углекислой среде CO_2, 40 мг·л⁻¹	10,71	10,3	9,81	9,27	8,98	8,52	6,23
Уменьшение прочности при изгибе, $\Delta R_{0.5}$, %	–	3,8	8,4	13,44	16,15	20,4	42
Уменьшение массы образца, Δm , %	–	0,27	0,67	0,98	1,1	3,8	4,16
Коэффициент химической стойкости, Кх.с	–	0,96	0,92	0,87	0,84	0,8	0,6
Прочность плит КНАУФ AQUAPANEL® Outdoor, Н/мм ² в магнезиальной среде Mg^{2+}, 5000 мг·л⁻¹	10,71	10,52	9,94	9,65	9,09	8,91	8,7
Уменьшение прочности при изгибе, $\Delta R_{0.5}$, %	–	1,8	7,2	9,9	15,13	16,81	18,8
Уменьшение массы образца, Δm , %	–	0,31	0,78	1,0	1,7	2,8	4,77
Коэффициент химической стойкости, Кх.с	–	0,98	0,93	0,9	0,85	0,83	0,81
Прочность плит КНАУФ AQUAPANEL® Outdoor, Н/мм ² в аммонийной среде NH_4, 1000 мг·л⁻¹	10,71	10,48	9,98	9,7	8,89	8,66	8,18
Уменьшение прочности при изгибе, $\Delta R_{0.5}$, %	–	2,14	6,82	9,43	17,0	19,14	23,6
Уменьшение массы образца, Δm , %	–	0,48	0,67	0,98	1,2	2,7	5,45
Коэффициент химической стойкости, Кх.с	–	0,98	0,93	0,91	0,83	0,81	0,76
Прочность плит КНАУФ AQUAPANEL® Outdoor, Н/мм ² в сульфатной среде SO_4, 3000 мг·л⁻¹	10,71	10,19	9,95	9,73	9,19	8,61	6,98
Уменьшение прочности при изгибе, $\Delta R_{0.5}$, %	–	4,85	7,1	9,15	14,2	19,61	34,8
Уменьшение массы образца, Δm , %	–	0,32	0,71	0,85	1,1	2,7	4,19
Коэффициент химической стойкости, Кх.с	–	0,95	0,93	0,91	0,86	0,8	0,65
Общая пористость, %	52-55						

$$K_{cp} = R_{c, \text{жт}} / R_{c, \text{ж0}}$$

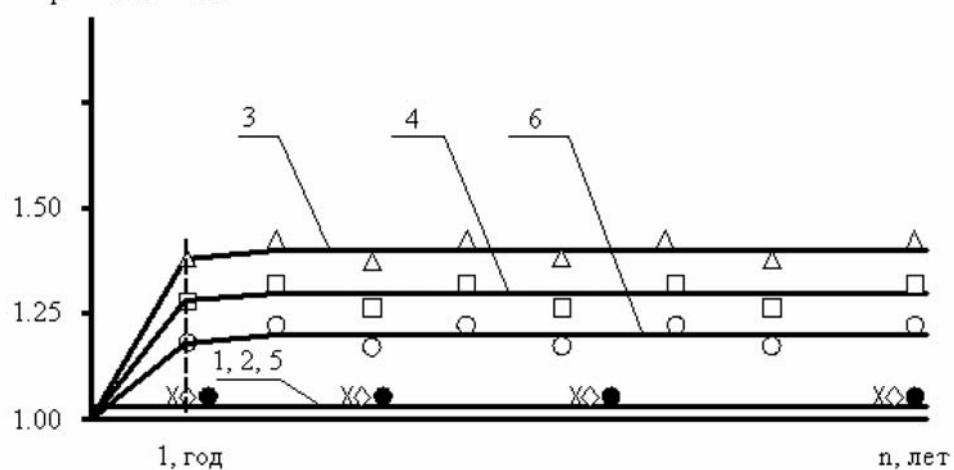


Рис. 1. Зависимость коррозионной стойкости бетонных образцов от концентрации агрессивной среды ($R_{c, \text{жт}}$ – предел прочности при сжатии плиты после нахождения в агрессивной среде в течение времени τ ; $R_{c, \text{ж0}}$ – начальный предел прочности при сжатии плиты: 1 – в щелочной среде $\text{Ca}(\text{OH})_2=20 \text{ мг/л}$; 2 – в кислой среде $\text{HCl}(\text{H}_2\text{SO}_4) \text{ pH}=5,7$; 3 – в углекислой среде $\text{H}_2\text{CO}_3 \text{ pH}=5,7$; 4 – в магнезиальной среде; $\text{MgSO}_4=16 \text{ мг/л}$; 5 – аммонийной среде $\text{NH} \text{ pH}=5,7$; 6 – в сульфатной среде $\text{CaSO}_4=50 \text{ мг/л}$;

углекислой CO_2 и сульфатной среде SO_4 средняя плотность цементно-песчаных растворов увеличивается, общая пористость и водопоглощение по объему уменьшаются, растет предел прочности при сжатии в течение года эксплуатации при благоприятных условиях ($T=20^\circ\text{C}$, $\phi=90\text{--}100\%$).

Выводы

1. Согласно требованиям [1, 2, 4] образцы цементной плиты КНАУФ AQUAPANEL® Outdoor (производитель – фирма «Knauf USG Systems GmbH & Co. KG») выдержали испытание 75 циклов попеременного замораживания и оттаивания, что применительно к требованиям для лицевого кирпича соответствует одной из высоких марок по морозостойкости.

2. Результаты и условия испытания в сильноагрессивных средах, а также анализ возможного максимального содержания агрессивных газов в атмосфере промышленных и селитебных территориях, показывают, что цементная плита КНАУФ AQUAPANEL® Outdoor относится к коррозионно стойким материалам для проектного срока службы фасадов.

ЛИТЕРАТУРА

- ДСТУ Б В. 2.7-42-97 «Методы определения водопоглощения, плотности и морозостойкость строительных материалов и изделий».
- ДСТУ Б В. 2.7-47-96 «Бетоны. Методы определения морозостойкости».
- СНиП 2.03.11-85 «Захиста строительних конструкций от коррозии».
- ГОСТ 8747-88 «Изделия асбестоцементные листовые. Методы испытаний».
- ГОСТ 27677-88(СТ СЭВ 5852-86) Защита от коррозии в строительстве. Бетоны. Общие требования к проведению испытаний».
- ГОСТ 25881-83 «Бетоны химически стойкие. Методы испытаний».
- Техническая документация производителя цементных плит КНАУФ AQUAPANEL® Outdoor.
- Москвин В.М. Коррозия бетона и железобетона, методы защиты / В. М. Москвин, Ф. М. Иванов, С. Н. Алексеев, Е. А. Гузеев. – Стройиздат, 1980. – 536 с.
- Чехов А. П. Захист будівельних конструкцій від корозії / А. П. Чехов, В. М. Глушченко. – К.: Вища школа, 1994. – 224 с.

ИНФОРМАЦИЯ И СООБЩЕНИЯ

Оргкомитет 7-й Международной научно-практической конференции
**ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА
АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ**

220005 Минск, ул. Платонова, 22, к. 705.

Тел./факс (++375 17) 292 49 56, 292 79 43, 292 79 44, моб. (++375 29) 611 66 20

22–24 мая 2012 г.

E-mail: bsr@telecom.by



ИНФОРМАЦИОННОЕ ПИСЬМО

Министерство архитектуры и строительства, Союз строителей Республики Беларусь, Всеукраинская ассоциация производителей автоклавного газобетона, Государственное предприятие «Институт НИИСМ», Республиканское унитарное предприятие «Институт БелНИИС», Редакция журнала «Архитектура и строительство», Научно-производственное общество с ограниченной ответственностью «Стринко» 22–24 мая 2012 года в Бресте и Малорите (Беларусь) проводят в 7-ю Международную научно-практическую конференцию «Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения».

Программой конференции предусмотрено

22 мая 2012 г. пленарное заседание конференции (г. Брест), экскурсия в Брестскую крепость-герой

23 мая 2012 г. Посещение современного комплекса предприятий СЗАО «КварцМелПром»: завода ячеистого бетона мощностью 420 тыс.м³ продукции с цехом армированных изделий и завода по производству изделий из плотного силикатобетона мощностью 120 млн. усл.шт. кирпича (п. Хотислав, Малоритский р-н, Брестская область).

24 мая 2012 г. Работа по секциям (г. Брест)

Секция №1. Создание (модернизация) заводов по производству ячеистого бетона автоклавного твердения.

Секция №2. Создание заводов по производству изделий из плотного силикатобетона.

Секция №3. Новые архитектурно-строительные системы. Особенности проектирования энергоэффективных объектов с наружными ограждающими конструкциями из ячеистого бетона и плотного силикатобетона.

Оргкомитет

Тел./факс (++375 17) 292 49 56, 292 79 43, 292 79 44,
моб. (++375 29) 611 66 20.

E-mail: bsr@telecom.by

<http://ais.by/sobytie/yacheisty-beton-2012>

Техническое консультирование – «MASA International Group» (Германия).

Информационные партнеры: журнал «Строительные материалы» (Москва, Россия),

журнал «Строительные материалы и изделия» (Киев, Украина),

журнал «Архитектура и строительство»,

«Республиканская строительная газета» (Минск, Беларусь)

РЕФЕРАТЫ

УДК 666.952

Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л., Гарніцький Ю.В., Чорна І.В., Марчук В.В. / Цементи низької водопотреби та бетони на їх основі із застосуванням дисперсних техногенних продуктів // Строительные материалы и изделия. – 2012. – №3. – С. 2–7. – Табл. 4. – Рис. 5. – Бібліограф. 7 назв.

Наведені результати досліджень цементів низької водопотреби з використанням пилоподібних техногенних продуктів – золи-виносу та пилу електрофільтрів цементних печей. Визначені оптимальні склади в'яжучого. Показана можливість отримання бетонів з міцністю до 80 МПа при використанні пропонованих цементів.

Приведены результаты исследований цементов низкой водопотребности с использованием пылевидных техногенных продуктов – золы-унос и пыли электрофильтров цементных печей. Определены оптимальные составы вяжущего. Показана возможность получения бетонов с прочностью до 80 МПа при использовании предлагаемых цементов. и бетонов.

There are results obtained of low water demand cements research using pulverulent waste products – fly ash and cement dust of rotary calciners electrofilters. The optimal compositions of binders have been defined. The possibility of concrete producing with the strength up to 80 MPa using the offered cements has been shown.

УДК 693:546.5

Бабиченко В.Я., Данелюк В.І., Дмитрієва Н.В. / Новий спосіб укладання та ущільнення бетонних суміші та його техніко-економічне обґрутування // Строительные материалы и изделия. – 2012. – №3. – С. 8–10. – Табл. 1. – Рис. 2. – Бібліограф. 5 назв.

Авторами доведено, що наявність нового технологічного обладнання у вигляді металевого пристроя з еластичними металниками, дозволило при здійсненні процесу бетонування минути традиційну стадію приготування бетонної суміші, а також здійснювати укладання наджорсткої дрібнозернистої бетонної суміші одночасно з інтенсивним ущільненням та вирівнюванням поверхні свіжоукладеного бетону.

Авторами доказано, что наличие нового технологического оборудования в виде металевого устройства с эластичными металлическими элементами, позволило при осуществлении процесса бетонирования миновать традиционную стадию приготовления бетонной смеси, а также осуществлять укладку сверхжесткой мелкозернистой бетонной смеси одновременно с интенсивным уплотнением и выравниванием поверхности свежеуложенного бетона.

The authors have shown that the presence of new equipment in the form of propelling the device with elastic thrower, has allowed the implementation of the process of concreting bypass the traditional stage of preparation of concrete mix, and perform fine-grained superrigid laying concrete in conjunction with intensive compaction and leveling the surface of fresh concrete.

УДК 621.38

Мальшев В. В., Гладака Т. Н., Целовальникова Л. Н. / Наноэффекты и нанотехнологии в строительных материалах. // Строительные материалы и изделия. 2012. – №3. – С. 10–14. – Табл. 2. – Бібліограф. 13 назв.

Рассмотрены возможности использования наноэффектов в технологических процессах получения различных классов строительных материалов. Показано, что интенсификация технологических процессов в конденсированных дисперсных системах базируется на управлении свойствами структуры, образованной частицами системы.

Розглянуті можливості використання наноєфектів у технологічних процесах отримання різних класів будівельних матеріалів. Показано, що інтенсифікація технологічних процесів в конденсованих дисперсних системах базується на керуванні властивостями структури, утвореною частками системи.

Possibilities of using nano effects in technological manufacturing processes of various kinds of building materials were considered. As a result, it was discovered that technological processes intensification in condensed disperse systems was based on structure properties management formed by system particles.

УДК 666.942.82 : 544.77

Дорогань Н.О., Миронюк А.В., Черняк Л.П. / Коагуляційна структура шламу для виготовлення білого цементу // Строительные материалы и изделия. – 2012. – №3. – С. 14–16. – Табл. 6. – Бібліограф. 6 назв.

Показано особливості коагуляційної структури шламу для виготовлення білого цементу на основі збагаченої сировини родовищ України. Відзначено вплив мінералізаторів на структурно-механічні та реологічні властивості цементного шламу.

Ключові слова: цемент білий, суміш сировинна, шлам, мінералізатор, структура.

Показаны особенности коагуляционной структуры шлама для изготовления белого цемента на основе обогащенного сырья месторождений Украины. Отмечено влияние минерализаторов на структурно-механические и реологические свойства цементного шлама.

Ключевые слова: цемент белый, смесь сырьевая, шлам, минерализатор, структура.

The features of coagulative structure of cement slurry for making of white cement on the basis of the enriched raw material of Ukrainian deposits are shown. Influence of mineralizers on structural-mechanical and rheological properties of cement slurry is marked.

Key words: white cement, raw mixture, cement slurry, mineralizer, structure

УДК 666.972

Лаповская С.Д. / К вопросу о влиянии эксплуатационной влажности на свойства автоклавного ячеистого бетона // Строительные материалы и изделия. – 2012. – №3. – С. 17–21. – Рис. 8. – Бібліограф. 8 назв.

Выполнена систематизация существующих представлений о влиянии влажности на основные теплофизические параметры ячеистого бетона с позиции современного структурного материаловедения. По результатам исследований получены данные о влажностном состоянии и физико-технических характеристиках ячеистых бетонов в различные временные периоды после изготовления и установки изделий в ограждающие конструкции зданий.

Виконано систематизацію існуючих уявлень щодо впливу вологості на основні теплофізичні параметри нідрівратого бетону з позиції сучасного структурного матеріалознавства. За результатами досліджені отримано дані про вологісний стан та фізико-технічні характеристики нідрівратих бетонів в різni часові періоди після виготовлення і встановлення виробів в огорожувальні конструкції будинків.

Ordering of existing representations about influence of moisture content on the basic is thermal parameters of cellular concrete from a position of modern structural materialogy is executed. By results of researches the data about moisture conditions and physic-technical characteristics of cellular concrete during the various time periods after manufacturing and installations of products in protecting designs of buildings are received.

УДК 666.97

Корнило И.М., Сушицкая Т.А. / Технико-экономическое обоснование применения ячеистого бетона в ограждающих конструкциях // Строительные материалы и изделия. – 2012. – №3. – С. 21–22. – Табл. 1. – Бібліограф.: 1 назв.

В статье экономически обосновано применение изделий из неавтоклавных ячеистых бетонов на основе известково-пушцолановых вяжущих, в которых в качестве активных минеральных добавок используют отходы производства и местные строительные материалы.

В статті економічно обґрунтовано застосування виробів з неавтоклавних нідрівратих бетонів на основі валняно-пушцоланових в'яжучих, в яких в якості активних мінеральних добавок використовують відходи виробництва та місцеві будівельні матеріали.

Article economically justified use of products from non-autoclaved aerated concrete by lime-pozzolanic binders, which as active mineral supplement use and waste production of local building materials.

УДК 666.3\7

Огородник И.В. Особенности производства эффективной стеновой керамики // Строительные материалы и изделия. – 2012. – №3. – С. 23–26. – Табл. 3. – Бібліограф.: 8 назв.

Показаны особенности производства эффективной стеновой керамики. Описаны технологические параметры, особенности глинистого сырья и порообразующих добавок пригодных для производства эффективных стенных материалов. Представлены украинские производители эффективных керамических блоков. Направление работы НИЦ ТК ООО «Фирма Порцекс-ВРБТ» в 2012г. – создание нового эффективного стенного материала – «ячеистой керамики».

Показаны особливості виробництва ефективної стінової кераміки. Подано технологічні параметри, особливості глинистої сировини та порообразуючих добавок, що використовуються для виробництва ефективних стінових матеріалів. Представлені українські виробники ефективних кераміческих блоків. Напрямок роботи НДЦ ТК ТОВ «Фірма Порцекс-ВРБТ» в 2012 р. - створення нового ефективного стінового матеріалу - «ячеистої кераміки».

УДК 624.011

Михайловский Д.В., Матющенко Д.М. / Еволюция карнизных вузлов рам з клееной деревиной // Строительные материалы и изделия. – 2012. – №3. – С. 27–29. – Рис. 5. – Бібліограф.: 14 назв.

В работе простежено еволюцию застосування різних типів карнизних вузлів рам з клееної деревини. Підтверджено, що пошук раціональної конструкції карнизного вузла рам з клееної деревини є актуальну науковою задачею.

Ключевые слова: карнизный вузол, kleene деревина, рама, гнутоклееная рама.

В работе прослежена эволюция применения различных типов карнизных узлов рам из клееной древесины. Подтверждено, что поиск рациональной конструкции карнизного узла рам из клееной древесины является актуальной научной задачей.

Ключевые слова: карнизный узел, kleene древесина, рама, гнутоклееная рама.

The paper traced the evolution of different types of nodes curtain frames made of laminated wood. It is confirmed that the search for rational design curtain unit frame of laminated wood is an actual scientific problem.

Keywords: curtain unit, laminated wood, frame, curved frame.

УДК 691.311-419

Гавриш О.М. / Шляхи підвищення енергоефективності виробництва гіпсових будівельних матеріалів // Строительные материалы и изделия. – 2012. – №3. – С. 30–33. – Табл. 5. – Бібліограф.: 8 назв.

В статті розглянуто особливості технології виробництва гіпсових плитних матеріалів з точки зору енергозатрат не тільки при випалі в'яжучого, але і при сушці готових гіпсових виробів. Наведені основні регулюючі фактори, які впливають на зменшення водопотреби системи вода – рідкі домішки – гіпсове в'яжуче та сухі компоненти на лінії виробництва ГКП.

В статье рассмотрены особенности технологии производства гипсовых плитных материалов с точки зрения энергозатрат не только при обжиге вяжущего, но и при сушке готовых гипсовых изделий. Приведены основные регулирующие факторы, которые влияют на уменьшение водопотребности системы вода – жидкие добавки – гипсовые вяжущие и сухие компоненты на линии производства ГКП.

The article deals with the technologies of gypsum board production from the viewpoint of energy consumption within the process of firing the bonding material, as well as during the drying period of the end gypsum product. Main control factors, which allow reducing water consumption within the production of gypsum plasterboards – liquid preservatives – gypsum bonding materials and dry components, are also highlighted.

УДК 693.32

А.Ю. Старченко, С.В. Клименко, В.И. Братчун, А.Ю. А.А. Бармотин, А.Б. Косик / Исследование долговечности цементной плиты КНАУФ AQUAPANEL® Outdoor // Строительные материалы и изделия. – 2012. – №3. – С. 34–37. – Табл. 3. – Рис. 1. – Бібліограф.: 9 назв.

В статье приведены условия и результаты испытания на морозостойкость и коррозийную стойкость цементной плиты КНАУФ AQUAPANEL® Outdoor в сильноагрессивных жидкых средах, а также анализ возможного максимального содержания агрессивных газов в атмосфере промышленных и селитебных территорий.

У статті приведені умови і результати випробувань на морозостійкість і корозійну стійкість цементної плити КНАУФ AQUAPANEL® Outdoor в сильноагресивних рідких середовищах, а також аналіз можливого максимального змісту агресивних газів в атмосфері промислових і сільських територій.

The paper presents conditions and findings of freezing and corrosion testing of KNAUF AQUAPANEL® Outdoor cement slab in corrosive liquid medium. It also gives analysis for approximate content of corrosive gases in the atmosphere of both industrial and residential areas.