

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

№5(76) 2012

всеукраинский научно-технический и производственный журнал

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

**УЧРЕДИТЕЛИ:**

Министерство регионального  
развития, строительства и  
ЖКХ Украины

Украинский научно-  
исследовательский и проектно-  
конструкторский институт  
строительных материалов и изделий  
ГП "НИИСМИ"

Акционерное общество  
"Киевгорстройматериалы"

**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 №7 от 12.09.2012 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 наук

Редакция 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  
публикации

Редакция 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; 417-07-15

Підписано до друку 17.09.2012 р.  
Формат 60x84/8.

Папір офсетний. Друк офсетний.  
Ум. друк. арк. 5,58. Обл.-вид. арк. 7,75.  
Тираж 5000 прим.

**Виготовлено:**

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

ЧЕРВЯКОВ Ю.М.

Нарощування обсягів житлового будівництва –  
нагальна потреба сьогодення ..... 2

ЯКИМЕЧКО Я.Б., САНИЦЬКИЙ М.А.

Вапняно-гіпсові в'язучі з покращеними експлуатаційними характеристиками ..... 4

ГАВРИШ А.М.

Производство гипсовых строительных материалов  
из отходов промышленности ..... 9

КОЛЕСНИК Д.Ю., ФАЙНЛЕЙБ О.М., САХНО В.І.

ГКЖ-94М в радіаційній технології модифікації бетону ..... 11

ЛАПОВСЬКА С.Д.

Дослідження впливу дисперсного армування на структуроутворення  
ніздрюватого фібробетону автоклавного тверднення ..... 14

РУДЧЕНКО Д.Г.

AEROC или белорусский блок – правильный выбор ..... 19

#### Иновационные и высокотехнологичные материалы Компании CAPAROL

#### Інноваційні та високотехнологічні матеріали Компанії Caparol

ПІПА В.В.

Енергозбереження при будівництві та капітальному ремонти споруд  
із застосуванням європейського досвіду та систем утеплення CAPATECT ..... 22

#### Сухие строительные смеси

#### Сухі будівельні суміші

СОХА В.Г., КАРАПУЗОВ Е.К., ЛЯШЕНКО Т.В., КРЮКОВСКАЯ С.А.

Реологические характеристики и механические свойства полимерцементных  
растворов с полипропиленовой фиброй и VINNAPAS® 5014 F ..... 24

#### Сухое строительство

#### Сухе будівництво

Міжнародна науково-практична конференція «СУХЕ БУДІВНИЦТВО:

ТОВАРОЗНАВЧІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ ГАЛУЗІ», 1–2 листопада 2012 р., м. Київ ..... 30

# НАУКА – ПРОІЗВОДСТВУ

УДК 69.001.18

Червяков Ю.М., канд. техн. наук, ДП "Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів "НДІБМВ", м.Київ

## НАРОЩУВАННЯ ОБСЯГІВ ЖИТЛОВОГО БУДІВНИЦТВА – НАГАЛЬНА ПОТРЕБА СЬОГОДЕННЯ

Будівельна галузь – одна з визначальних в економіці країни. Промислове та житлове будівництво створює базу для подальшого розвитку всіх галузей народного господарства та покращення якості життя народу.

Про обсяги промислового будівництва можна розбити висновки за інвестиціями в основні фонди.

Житло є одним із головних інструментів досягнення соціальних цілей найширшого спектра. Від забезпечення громадян комфорtnим житлом в значній мірі залежить і здоров'я нації, і демографічна ситуація, і щасливе дитинство, і якість життя, і багато іншого. Уряд кожної країни ставить перед собою завдання впливу на соціальну структуру населення, і най-ефективнішою підйомою перерозподільних функцій є житло. Житловий сектор є також безпомилковим індикатором успішності державної політики, причому навіть наочнішим, ніж інші галузі економіки та соціальної сфери. Чим нижчим є добробут населення, тим більшої ваги набуває житлове питання в усьому спектрі соціальних проблем. І навпаки, у розвинутих країнах житлове питання за гостротою поступилося місцем іншим соціальним проблемам – зокрема, освіти, безробіття, охорони здоров'я тощо [1].

Найбільш поширеним і широко вживаним у світі критерієм стану "квартирного питання" є показник забезпеченості житлом населення країни.

За даними Державного комітету статистики України, в 2010 році на кожного жителя країни в середньому доводилося 23,3 кв.м загальної площині (в 1990 р. – 17,8 кв.м, в 2000 р. – 20,7 кв.м). Порівняні показники відмічені і в європейських країнах СНД. Згідно інформації національних статистичних бюро в 2010 році на кожного жителя Росії в середньому припадало

22,6 кв.м загальної площині, Білорусі – 23,6 кв.м, Молдові – 22,3 кв.м [2].

В той же час забезпеченість житлом населення країн Європейського Союзу в середньому в 2 рази вище, ніж в Україні (табл. 1).

У США на кожного жителя припадає 67 кв.м загальної площині. В Китаї, який за підсумками 2010 р. обігнав Японію і став другою економікою у світі після США, середня забезпеченість житлом площею – 26 кв.м на людину.

Щодо кількості квартир на 1000 жителів, то за цим показником Україна знаходиться на рівні європейських країн (табл. 2). Але тільки тому, що середня українська квартира в два рази менше за середню європейську.

Динаміку житлового будівництва та питомі обсяги введення житла в окремих країнах наведено в таблицях 3, 4 [3, 4].

Перспективні плани житлового будівництва мають орієнтуватись на забезпечення громадян України житлом на рівні передових країн світу.

За останні 40 років в США побудовано 62,5 млн. одиниць житла загальною площею близько 12,5 млрд. кв.м. З розрахунку на одного жителя – це понад 40 кв.м або по 1 кв.м щорічно.

У 2003 році Китай досяг введення в експлуатацію 1 кв.м загальної площині житла на одну людину.

У сусідніх пострадянських країнах взято курс на стрімке зростання обсягів будівництва житла. На нараді з питань розвитку житлового будівництва в регіонах (03.02.2011 р.) Голова Уряду Російської Федерації наголосив на необхідності нарощування обсягів житлового будівництва до 90 млн.кв.м у 2015 р., в 2016 р. вийти на обсяг будівництва 100 млн.

Таблиця 1

### Забезпеченість житлом

Країна	Загальна площа, кв.м, на одного жителя
Польща	22,9
Угорщина	28,0
Чехія	28,7
Франція	37,5
Німеччина	41,9
Голландія	41,0
Італія	36,5
Швеція	44,5
Данія	52,4
Норвегія	74,0

Таблиця 2

Країна	Кількість квартир на 1000 жителів
Україна	408
Росія	413
Угорщина	423
Чехія	423
Австрія	421
Німеччина	486
Франція	513
Голландія	422
Італія	479
Данія	456

Таблиця 3

**Динаміка будівництва житла**

Збудовано житла, млн.кв.м, за роками													
1987	1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Україна													
21,3	17,5	5,6	5,9	6,1	6,4	7,6	7,8	8,6	10,2	10,5	6,4	9,3	9,4
Російська Федерація													
		26	35	31	32	32	43,6	50,2	60,9	63,8	59,9	58,1	
Республіка Білорусь													
		3,5	3,0	2,8	3,0	3,5	3,8	4,1	4,7	5,7	5,75	6,7	
Китай													
		750	800	1000	1100	1220	1480	1600	1800				

Таблиця 4

**Питомі обсяги введення житла**

Збудовано житла, кв.м/мешканця, за роками							
2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Україна							
0,11	0,17	0,19	0,22	0,23	0,14	0,12 (0,20)	0,21
Російська Федерація							
0,21	0,30	0,36	0,43	0,45	0,42	0,41	
Республіка Білорусь							
0,35	0,39	0,42	0,48	0,53	0,60	0,69	
Китай							
0,60	1,15	1,22	1,40				

кв.м на рік, а на 2020 р. – 142 млн.кв.м, тобто 1 кв.м житлової площа на одного мешканця.

«Основними напрямками соціально-економічного розвитку Республіки Білорусь на 2006–2015 роки», затвердженими постановою Ради Міністрів РБ від 04.11.2006 р., передбачено введення в 2015 р. в експлуатацію загальної житлової площа 8,2–8,7 млн.кв.м., що становитиме 0,9 кв.м на одну особу. При цьому забезпеченість одного мешканця житловою площею в 2015 р. становитиме 29,1–30,1 кв.м.

Таблиця 5

**Введення в експлуатацію житла за видами житлових будинків**

Рік	Всього	В тому числі у житлових будинках					
		одноквартирних		з двома та більше квартирами		гуртожитках	
		тис. кв.м	%	тис. кв.м	%	тис. кв.м	%
2003	6432,9	3873,9	60,2	2553,4	39,7	5,6	0,1
2004	7566,0	5037,8	66,6	2508,9	33,2	19,3	0,2
2005	7815,9	4385,7	56,1	3410,9	43,7	19,3	0,2
2006	8628,4	4686,0	54,3	3917,0	45,4	25,4	0,3
2007	10243,7	5716,7	55,8	4519,7	44,1	7,3	0,1
2008	10495,6	5919,9	56,4	4531,1	43,2	44,6	0,4
2009	6399,6	2363,3	36,9	4015,8	62,8	20,5	0,3
2010	9339,3	6266,8	67,1	3050,4	32,7	22,1	0,2
2011	9410,4	5189,0	55,1	4178,9	44,4	42,5	0,5

З огляду на темпи зростання обсягів будівництва житла в докризовий період, обсяги житлового будівництва в передових країнах і прийняті плани в сусідніх країнах, Україна повинна щороку збільшувати обсяги введення в експлуатацію житла на 2,3 млн.кв.м (0,05 кв.м на кожну особу) і в 2020 р. збудувати 30,1 млн.кв.м житла, а в 2027 р. – 46,2 млн.кв.м або 1 кв.м на кожного мешканця. При таких обсягах будівництва за 2012–2027 роки в Україні буде введено 463,2 млн.кв.м загальної житлової площи або 10 кв.м на одну особу.

Щодо видів житлових будинків, то з огляду на статистичні дані [5] половину попиту задовольняють індивідуальні житлові будинки (табл. 5).

В Фінляндії 44,3% домогосподарств мають квартири в багатоквартирних будинках, а 55,7% мешкають

Таблиця 6  
**Введення в експлуатацію житла в 2011 р. за регіонами**

Регіон	Введено житла, тис.кв.м	Чисельність населення станом на 01.12.2011, чол.	Введено житла, кв.м/мешканця
Східний (Донецька, Луганська, Харківська області)	740,2	9 422 971	0,078
Північний (Житомирська, Київська, Сумська, Чернігівська області)	3057,0	8 047 478	0,380
Центральний (Вінницька, Дніпропетровська, Кіровоградська, Полтавська, Черкаська області)	918,3	8 715 512	0,105
Південний (Запорізька, Крим, Миколаївська, Одеська, Херсонська області)	1833,6	8 786 638	0,209
Західний (Волинська, Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська, Рівненська, Тернопільська, Хмельницька, Чернівецька області)	2861,3	10 671 820	0,268
РАЗОМ	9410,4	45 644 419	0,206

в окремих будинках, в Норвегії – відповідно 41,6 і 58,3%, тоді як в Швеції більша частина населення проживає в багатоквартирних будинках – 53,6% (дані на 1 січня 1993 р.).

За даними Державного комітету статистики України введення в експлуатацію житла в 2011 р. за регіонами становило від 0,078 до 0,380 кв.м на одного мешканця (табл. 6) [6].

У результаті аналізу стану забезпечення житлом, обсягів будівництва та перспективних планів розвитку житлового будівництва, а також досвіду розвинутих країн світу, можна зробити такі висновки:

1. Україна має нарощувати обсяги будівництва житла щонайменше на 0,05 кв.м на одного мешканця щорічно і в 2027 році досягти введення в експлуатацію 1 кв.м загальної житлової площини на одну особу.

2. Частка житлової площини в багатоквартирних та індивідуальних будинках має бути у співвідношенні приблизно 1:1.

3. Найменші обсяги будівництва житла спостерігаються у східному та центральному регіонах України. Для залучення інвестицій у житлове будівництво цих

регіонів необхідно реалізувати особливий режим кредитування.

## ЛІТЕРАТУРА

- Белінський Ю. /Методи впливу держави на ринок житла: завдання для розробки житлової політики в Україні // Економіка України. – 1998. – №7. – С. 42.
- Квартирне питання [www.rb.com.ua/ukr/marketing](http://www.rb.com.ua/ukr/marketing)
- Рудченко Д.Г. / Строительство жилья в Украине в контексте увеличения производства ячеистого бетона.// Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка – 2011. – Вип. 41. – С. 46–54.
- Калабеков И.Г. Российские реформы в цифрах и фактах. – М.: РУСАКИ, 2010. – 498 с.
- Ukrstat Новини Державної служби статистики України.
- Житловий фонд України у 2011 році. Статистичний бюллетень. – К.: Державна служба статистики України, 352 с.

УДК 691.51: 691.533

Якимечко Я.Б., канд. техн. наук, доцент;

Саницький М.А., доктор техн. наук, професор, Національний університет „Львівська політехніка”, м. Львів

## ВАПНЯНО-ГІПСОВІ В'ЯЖУЧІ З ПОКРАЩЕНИМИ ЕКСПЛУТАЦІЙНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

**Постановка проблеми.** Будівельне вапно має широке застосування в народному господарстві, причому не тільки в будівництві, але і в інших галузях. Це пов'язано з тим, що воно є місцевим в'яжучим, а сировинні матеріали (вапняки хімічного та органогенного походження, крейда, доломітовані вапняки, доломіти) є найбільш поширеними породами та зустрічаються у всіх регіонах України.

Аналіз ринку [1] показує, що найбільша кількість негашеного вапна використовується при виробництві автоклавних виробів (силікатна цегла та газосилікат), в дорожньому будівництві для закріplення ґрунтів. Великі об'єми негашеного вапна використовуються для виготовлення тампонажних розчинів, з метою надання їм здатності до розширення [2]. Негашене вапно вводиться в сухі суміші для зменшення усадочних деформацій при влаштуванні наливних підлог [3]. Останнім часом велика кількість досліджень присвячена вапняно-пуцолановим в'яжучим [4, 5]. Вапняно-пуцоланові в'яжучі знаходять застосування для виготовлення будівельних розчинів та бетонів, а також як основний компонент ніздрюватих бетонів автоклавного і неавтоклавного тверднення.

Однак здатність негашеного вапна утворювати міцний портландитовий камінь в результаті гідратаційного тверднення використовується в неповній мірі. З позиції термодинаміки більша частина енергії, що затра-

чена на випал вапна втрачається, оскільки отримання традиційних в'яжучих на вапні передбачає операцію гасіння, яке супроводжується великими втратами теплової енергії в навколошнє середовище.

Існують певні технологічні прийоми, при дотриманні яких можливий перевід тверднення вапна за карбонатною схемою в гідратаційну. Вперше вони були викладені в роботах Б.В. Осіна [6, 7]. Однак, в реальних умовах важко керувати явищами перегріву, паровиділенням та кристалізаційним тиском, який виникає при цьому, особливо, коли вапняне в'яжуче використовується для виготовлення масивних виробів.

**Мета роботи** – встановлення фізико-хімічних та технологічних факторів, за яких відбувається гідратаційне тверднення негашеного вапна та отримання на його основі ефективних видів в'яжучих, що характеризуються покращеними фізико-механічними та експлуатаційними характеристиками.

**Матеріали та методи досліджень.** Для синтезу вапняновмісних в'яжучих було використано два види негашеного вапна (середньо- та низькоактивне), що відрізняються часом гасіння. Середньоактивне вапно отримували випалом в шахтних печах за температури 1200 °C з використанням в якості палива вугілля, час гасіння такого вапна становить 10 хв. Для низькоактивного вапна, випаленої за температури 1350 °C, характерна повільна швидкість гасіння (до 25 хв).

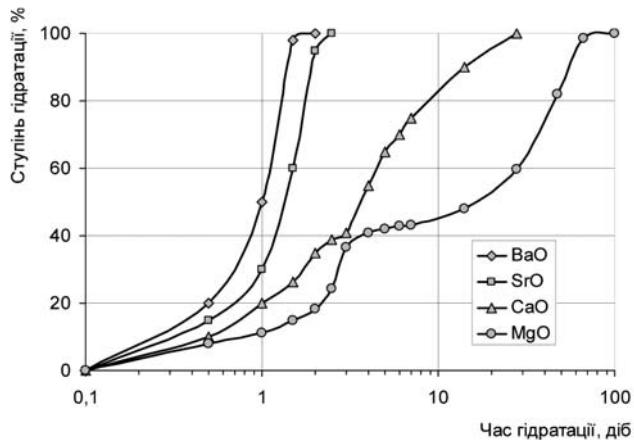


Рис. 1. Ступінь гідратації оксидів лужноземельних металів при витримці в середовищі з відносною вологістю 75 %

Обидва види вапна відносяться до I сорту з вмістом активних CaO та MgO не менше 90 %. Регулювання швидкості гідратації вапна здійснювали органічними та мінеральними добавками, що дозволило збільшити час перетворення CaO в Ca(OH)<sub>2</sub> з 10 хв до 12–72 год. Це є необхідною умовою при отриманні різних видів в'яжучих, що вміщували від 5,0 до 50,0 мас.% вільного CaO.

Фізико-механічні та експлуатаційні властивості в'яжучих композицій визначали згідно стандартних методик, а також розроблених для спеціальних видів випробувань. Якісний і кількісний склад продуктів реакції та фазовий склад каменю досліджували методами рентгено-фазового (РФА), диференційно-термічного (ДТА) аналізів та інфрачервоної спектроскопії (ІЧС).

**Результати експериментів.** Гідратація CaO супроводжується бурхливим тепловиділенням, в результаті чого процес тверднення негашеного вапна закінчується утворенням не каменеподібного стану, а порошкоподібного гідратного вапна. За даними М.А. Саницького [8] висока активність CaO та інших оксидів II групи (BaO, SrO) пов'язана з кристалохімічними особливостями їх структури, зокрема нестабільністю координації катіонів. Встановлено також [9], що при декарбонізації CaCO<sub>3</sub> проходить утворення активних центрів з різним ступенем енергетичної неоднорідності, яка зумовлена наявністю дислокаций, ребер та вершин мікрокристалів CaO. Причому, активні центри представляють собою іон-радикали O<sub>2</sub> –

з ненасиченими валентними зв'язками, що мають високу енергію та реакційну здатність.

Для вивчення впливу стану поверхні оксидів на активність визначали ступінь гідратації при зберіганні їх в ексикаторі над поверхнею насиченого розчину (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, в якого тиск пари знаходиться в рівновазі з твердою фазою при відносній вологості 75% (рис. 1). Як видно, для оксидів BaO та SrO, повне перетворення в гідроксид відбувається протягом трьох діб, в той же час для CaO процес розтягується до 13 діб, а для MgO – до 100 діб. Тобто в даному випадку, визначальним фактором, який впливає на швидкість гідратації лужноземельних оксидів, являється кристалохімічна характеристика оксиду. Зокрема, нещільність кристалічної гратки змінює енергетичний стан поверхневих шарів частинок, який в значній мірі впливає на швидкість хімічної адсорбції води поверхнею кристалів відповідних оксидів.

Поява горизонтальних ділянок на кривих гідратації (для CaO та MgO) пов'язана з меншою розчинністю гідроксидів, а також станом поверхні зерен даних оксидів. Продукти гідратації, в даному випадку гідрокси, повільно виводяться із зони реакції, що зменшує швидкість доступу води до реакційних поверхонь.

Дослідження гідратації CaO методом електронної мікроскопії показали, що процес гідратації CaO можна розділити на декілька стадій. На *першій стадії* поверхня частинок вапна покривається новоутвореннями, які відщеплюються від поверхні (рис. 2 а). Проникнення води у внутрішні пори частинок (*друга стадія*) і утворення Ca(OH)<sub>2</sub> викликає виникнення внутрішніх напружень (*третя стадія*). Причому, за характером утворених тріщин можна зробити висновок, що величина напружень зростає від поверхні до глибини частинки (рис. 2 б). На *четвертій стадії* швидкість гідратації зростає та супроводжується утворенням великої кількості кристалітів портландиту, що відрізняються за розмірами та зовнішніми обрисами.

Спираючись на отримані результати, можна ціленаправлено регулювати гідратаційну активність CaO. Так, швидкість проходження першої стадії гідратації можна зменшити за рахунок введення в воду для гасіння поверхнево-активних речовин чи сполук, що утворюють на поверхні CaO малорозчинні плівки. Змінювати швидкість проходження другої стадії можливо або за рахунок впливу на рухливість молекул води, чи

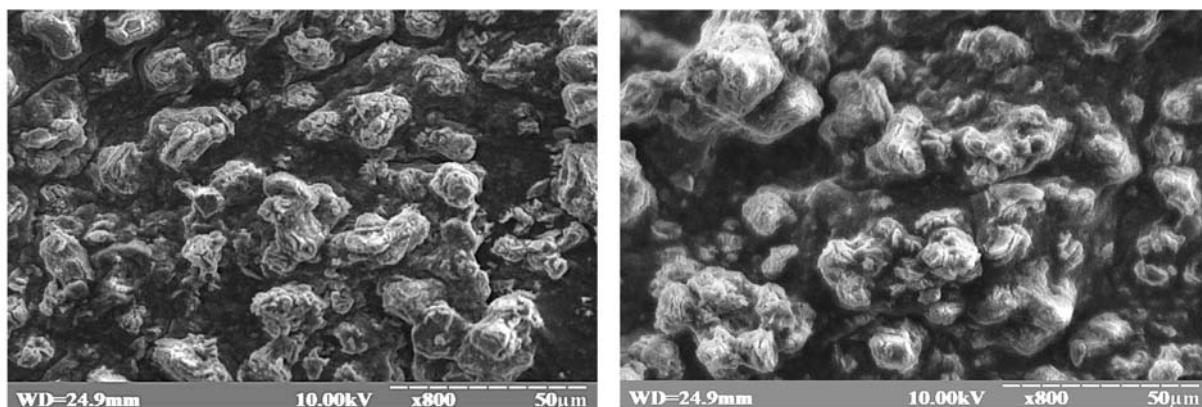


Рис. 2. Поверхня частинок негашеного вапна, гідратованого: а – 30 с; б – 1 хв.

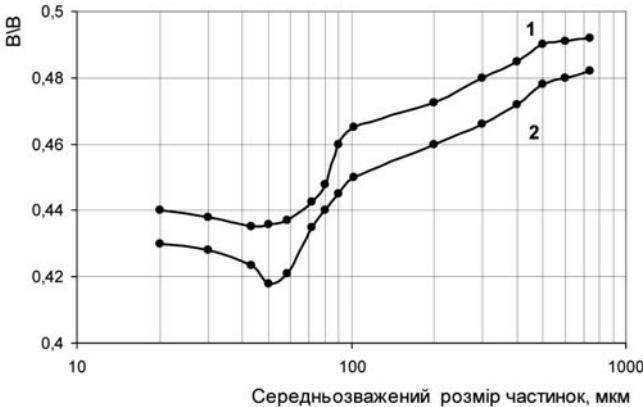


Рис. 3. Зміна водопотреби вапняної суспензії при однаковій рухливості за Суттардом ( $180\pm 5\text{мм}$ ) в залежності від розміру частинок:  
1 – середньоактивне вапно;  
2 – низькоактивне вапно

створюючи певне зовнішнє обтискування системи, яке б обмежувало саморуйнування частинок.

Важливим фактором, який впливає на кінетику гасіння  $\text{CaO}$ , є дисперсія розмірів внутрішніх пор, які утворилися в процесі випалу вапняку. Визначення тепловиділення двох типів вапна – низькоактивного та середньоактивного – показало, що кінетика їх гасіння значно відрізняється. Встановлена відмінність пов’язана із характером пористості негашеного вапна. Про характер дисперсності та розмір пор можна судити за зміною водопотреби вапняної суспензії за температури  $0^\circ\text{C}$  (рис. 3). Наявність мінімального значення  $B/V$ , при досягненні якого розмір частинок вапна не впливає на рухливість суспензії, свідчить про те, що при таких розмірах частинок процеси внутрішньої дифузії практично відсутні. В той же час, на кривій водопотреби середньоактивного вапна відсутній яскраво виражений мінімум значень  $B/V$ , що вказує на більш полідисперсний характер внутрішньої пористості.

Автори [10] стверджують, що схема проходження гідратації  $\text{CaO}$  залежить від водомісту системи. Так, при значеннях  $B/V < 2,0$  гідратація відбувається за топохімічним механізмом, а при надлишку рідкої фази

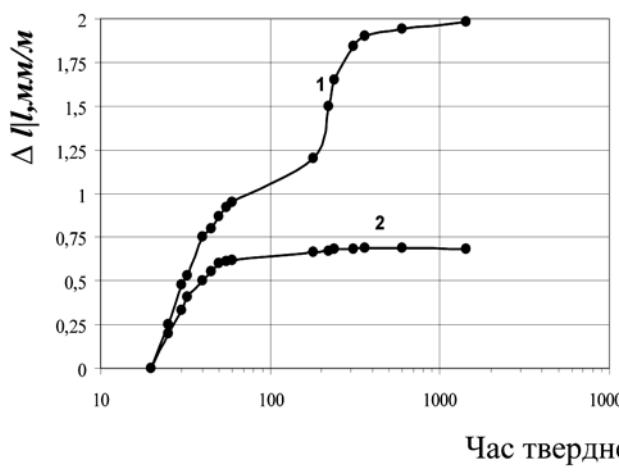
Таблиця 1  
Фізико-механічні характеристики вапняного-гіпсового каменю (тісто нормальної густоти)

№	Склад в'яжучого, мас. %			В/Т	Міцність при стиску, МПа, в віці, діб			Коефіцієнт водостійкості
	негашене вапно	гідратне вапно	гіпс Г-5		1	7	28	
1	-	-	100	0,65	5,10	5,82	6,21	0,45
2	5	-	95	0,62	5,56	6,75	7,01	0,56
3	10	-	90	0,53	6,84	7,98	8,02	0,65
4	20	-	80	0,50	7,35	8,87	9,22	0,78
5	30	-	70	0,51	8,56	9,21	10,28	0,89
6	40	-	60	0,62	8,98	7,45	6,43	0,56
7	-	5	95	0,60	4,56	5,01	5,23	0,56
8	-	10	90	0,59	4,21	4,55	4,60	0,60
9	-	20	80	0,66	4,02	4,20	4,55	0,62
10	-	30	70	0,70	3,78	3,80	3,85	0,55
11	-	40	60	0,73	3,20	3,54	3,56	0,51

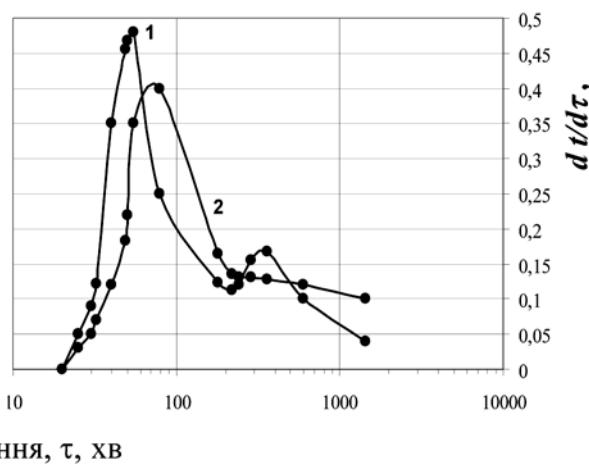
( $B/V > 3,0$ ) – переважаючим є розчинний механізм. А це, в свою чергу, впливає на властивості кінцевого продукту, зокрема, на розмір кристалів  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , міцність отриманого каменю та величину його розширення.

Вплив кількості води на процеси гідратації  $\text{CaO}$  вивчались на спеціальній установці, на якій одночасно фіксувалась величина розширення та кінетика тепловиділення негашеного вапна (рис. 4) з добавкою 2,0 мас. % борної кислоти, яка, як відомо [11], є ефективним сповільнювачем реакції гасіння.

На деформаційній кривій вапняного каменю, що тверднув без надлишку води (рис. 4, а, 1), можна відмітити два інтервали, коли деформації розширення є максимальними: (20–70 хв.) та (200–600 хв.). Під час першого інтервалу відбуваються процеси структуроутворення, які супроводжуються утворенням кристалічного каркасу. Другий період відповідає стадії, коли взаємодія  $\text{CaO}$  з водою відбувається за топохімічним механізмом. В цей період до 60% води, що була використана для затворення, вже зв’язана в структурі портландиту або утворила кристалогідратну форму  $\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  [12]. Тобто гідратація відбувається в умовах недостачі порової рідини. Це призводить до утворення гідратованого шару на поверхні частинок



а



б

Рис. 4. Вплив умов тверднення на деформації розширення (а) та кінетику тепловиділення (б)  $\text{CaO}$  з добавкою 2,0 мас. %  $\text{H}_3\text{BO}_3$ : 1 – без доступу води; 2 – у водному середовищі

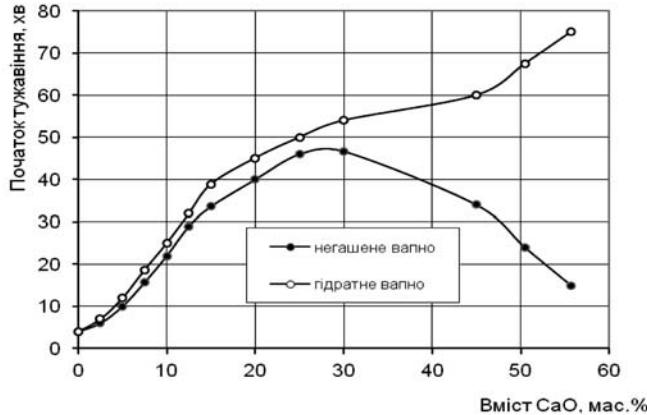


Рис. 5. Вплив виду та кількості вапна на початок тужавіння будівельного гіпсу

СаО, який відривається від поверхні та викликає розширення системи. Швидкість гідратації в цей період дещо зростає, про що свідчить поява невеликого температурного максимуму (рис. 4, б, 1).

В умовах зовнішнього підведення води на деформаційній кривій присутня тільки тільки одна ділянка, на якій деформації є максимальними (рис. 4, а, 2). Період топохімічної реакції відсутній, що підтверджується зникненням максимуму на температурній кривій (рис. 4, б, 2).

Отримані результати показують, що для зменшення величини розширення необхідне максимальне диспергування частинок вапна та створення умов, за яких процес гідратації відбувається за розчинним механізмом. На практиці ці умови можна здійснити системою прийомів, яка включає зміну теплового балансу в композиції вапно-вода шляхом „розбавлення” її рідкою фазою чи термопасивним компонентом, хімічним регулюванням кінетики процесу гідратації та управлінням теплообміном між тверднучим вапном і середовищем. Причому найбільший ефект буде досягнутий при одночасному використанні декількох прийомів.

На основі результатів досліджень були розроблені композиційні вапняно-гіпсові в'яжучі з підвищеним вмістом негашеного вапна. Встановлено, що мелене негашене вапно збільшує час досягнення початку тужавіння гіпсу, однак при вмісті його більше

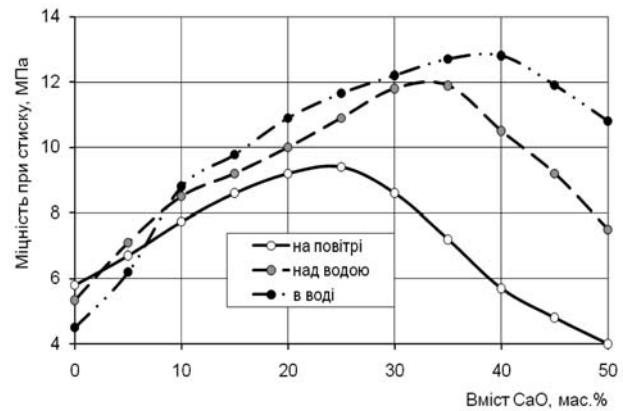


Рис. 6. Вплив умов тверднення на міцність гіпсового каменю з добавкою негашеного вапна

30,0 мас.% спостерігається зворотня залежність (рис. 5). У той же час гідратне вапно відтягує початок тужавіння гіпсу при всіх його кількостях.

Лінійне зростання міцності гіпсового каменю при збільшенні кількості СаО в в'яжучій композиції вказує на визначальну роль гідратного тверднення при формуванні структури каменю (табл. 1), що проявляється також у збільшенні міцності у віці 28 діб.

Значний вплив процесів гідратаційного тверднення СаО на структуроутворення вапняно-гіпсовых в'яжучих підтверджується визначенням їх фізико-механічних характеристик при різній вологості середовища (рис. 6). Помітно, що при зростанні вологості з 70 % до 90% оптимальний вміст вапна збільшується з 25 мас.% до 35 мас.%. В умовах, коли взірці відразу ж після кінця тужавіння поміщались у воду, міцність у віці 7 діб зростала до 12,8 МПа при максимальному вмісті вапна – 42 мас.%. Це підтверджує попередні висновки про необхідність надлишку рідкої фази у порах каменю для забезпечення умов гідратаційного тверднення СаО.

На рис. 7 наведені результати фізико-механічних випробувань гіпсо-вапняного в'яжучого з добавками борної кислоти при твердненні у воді. Можна помітити тенденцію до зменшення оптимальної кількості  $H_3BO_3$  з часом тверднення, що підтверджує її сповільнюючий вплив на процеси гідратації СаО.

За даними диференційно-термічного аналізу вапняно-гіпсового каменю, що тверднув 1 добу (рис.8), спостерігаються наступні ендоефекти: при  $155^{\circ}C$  та  $172^{\circ}C$  відповідають ступінчастому виділенню води з

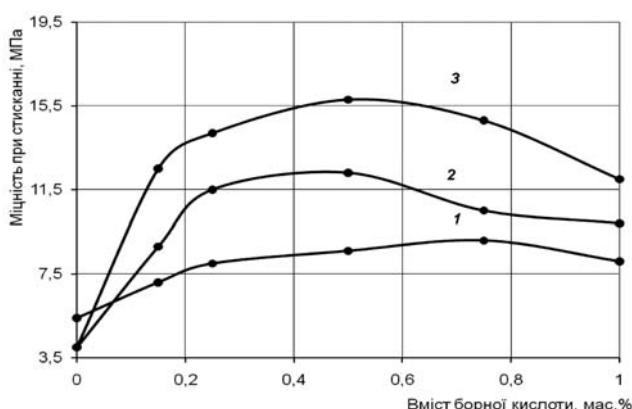


Рис. 7. Кінетика структуроутворення вапняно-гіпсового в'яжучого з добавкою борної кислоти в віці: 1 – 3 доби; 2 – 14 діб; 3 – 28 діб

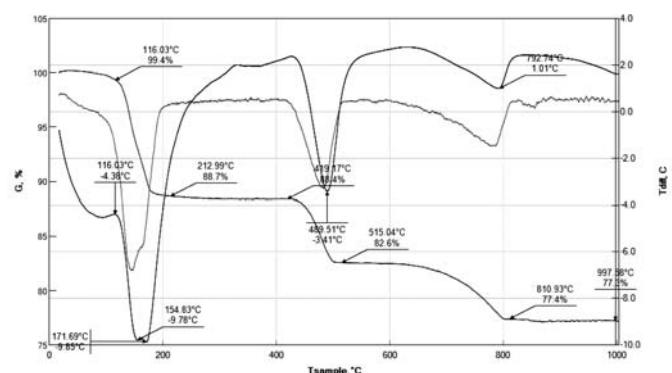
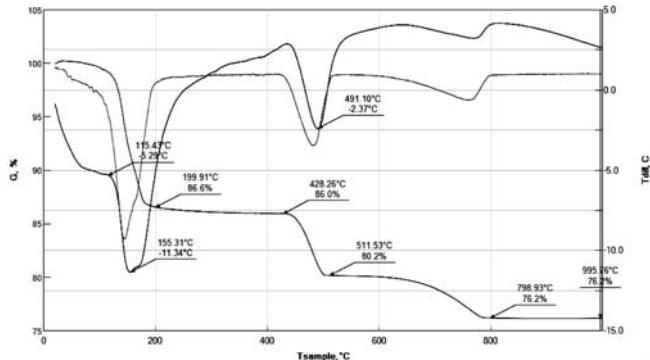


Рис. 8. Термограма вапняно-гіпсового каменю, що тверднув 1 добу в нормальних умовах



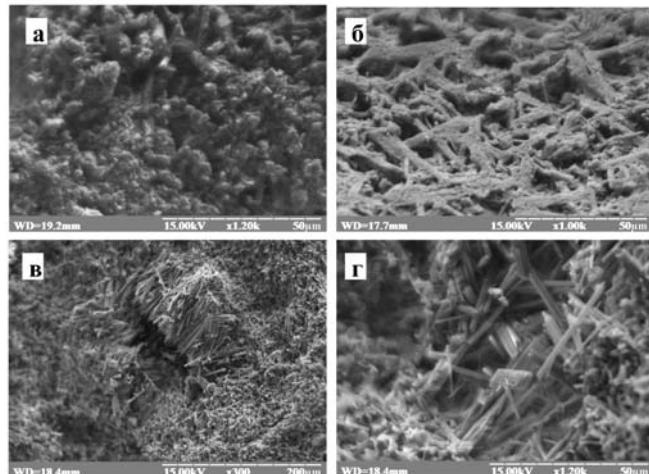
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; ендоефект при  $489^{\circ}\text{C}$  відноситься до розкладу портландиту; ендоефект при  $792^{\circ}\text{C}$  пов'язаний з розкладом кальциту, що утворився за рахунок карбонізації проби в процесі її приготування та кальциту, що знаходився в складі негашеного вапна. У віці 6 місяців (рис. 9) відмічено зміщення температури розкладу портландиту в біквищих температур ( $492^{\circ}\text{C}$ ), що може бути пов'язано з більш досконалою структурою останнього та зростанням розмірів кристалів за рахунок перекристалізації.

Електронно-мікроскопічний аналіз вапняно-гіпсового каменю (рис. 10) показав, що в присутності  $\text{CaO}$  змінюється морфологія кристалів гіпсу. Так, на першу добу структура представлена голкоподібними кристалами  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , які повністю покріті новоутворенням портландиту виглядом губкоподібної маси. Через три місяці розміри кристалів гіпсу збільшуються і вони рівномірно заповнюють всі ділянки каменю. Слід відмітити, що в цей період тверднення спостерігається збільшення розмірів частинок портландиту. При наявності рідкої фази та довготривалому твердненні відбувається перекристалізація  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  з утворенням паралельно орієнтованих агрегатів, які іноді об'єднуються в суцільні маси дендрито-подібної форми (рис. 10 в). Ці процеси сприяють зростанню механічної міцності та водостійкості каменю, який отриманий на основі гіпсу з добавкою 30,0 мас. % негашеного вапна і 1,0 мас.% борної кислоти та тверднув у воді до повного перетворення  $\text{CaO}$  в  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Вапняно-гіпсова в'яжуча використане для виготовлення архітектурних деталей при оздобленні фасадів будинків у м. Львові. Виготовлення виробів включало наступні операції: приготування вапняно-гіпсового тіста нормальної густоти, формування в полімерних формах, занурення виробів в 0,5% розчин борної кислоти та витримка в ньому 72 год. Візуальними обстеженнями не виявлено руйнування, деформаційних тріщин та втрати форми виробами після трьох років перебування їх в умовах доступних до дії води та морозу.

## ЛІТЕРАТУРА

- Руденко О.В. Производство извести и энергозатраты в шахтных и во врачающихся печах / О.В.Руденко, О.И.Федорищев, В.А.Мартыненко // Строительство, материаловедение, машиностроение: серия Теория и практика производства и применения



ячеистого бетона в строительстве: Сб. науч. трудов. Вып.4. – 2009. – С. 294–308.

2. Овчинников В.П. Облегченный тампонажный цемент для низкотемпературных скважин/ В.П. Овчинников, В.Г.Кузнецов, А.А.Фролов, Ю.О.Газгиреев // Бурение и нефть. – 2004. – № 5. – С. 25–28.

3. Овчаренко, Г.И. Безусадочные цементно-зольные композиции / Г.И. Овчаренко, Е.Ю. Хижинкова, Н.В. Музалевская, Т.С. Балабаева // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2010. – №9. – С. 73–75.

4. Ubbriaco P. A study of the hydration of lime-pozzolan binders / P.Ubbriaco, F.Tasselli // Journal of Thermal Analysis. – 1998. – Vol.52. – Р. 1047–1054.

5. Johansson Stig, Andersen Per Just. Pozzolanic activity of calcined moler clay / Stig Johansson, Per Just Andersen // Cem. and Concr. Res. – 1990. – 20, №3. – Р. 447–452.

6. Осин Б.В. Негашеная известь / Б.В.Осин . – М.: Гос. изд. л-ры по стр. м-лам, 1954. – 370 с.

7. Осин Б.В. Условия высокопрочного гидратационного твердения извести / Б.В. Осин, В.А. Ульянова, В.В. Волкова // Изв. вузов. Строительств и архитектура. – 1973. – №10. – С. 73–76.

8. Саницкий М.А. Некоторые вопросы кристаллохимии цементных минералов. – К.: УМК ВО, 1990. – 64 с.

9. Speziale S. Determination of the elastic constants of portlandite by Brillouin spectroscopy / S.Speziale, J.Reichmann, F. R.Schilling [та ін.] // Cem. and Concr. Res.– 2008. – №10, V. 38.– Р. 1148–1153.

10. Нестерова Л.Л. Стадии гидратации модифицированной извести при различном водо-твердом отношении / Л.Л.Нестерова, Д.В.Леонтьева // Вестник Югорского государственного ун-та. – 2010. – Вып. 4(19). – С. 33–38.

11. Boynton, R. S. Chemistry and technology of lime and limestone . 2nd ed./ R. S. Boynton // John Wiley & Sons, Inc, New York, 1980. – 578 p.

12. Lõhmus,H. A Trend to the Production of Calcium Hydroxide and Precipitated Calcium Carbonate with Defined Properties / Hilja Lõhmus, Ahto Räni, Urve Kallavus and Rein Reiska // The Canadian Journal of Chemical Engineering. – 2002 . – Vol. 80. – Р. 911–919.

## ПРОИЗВОДСТВО ГИПСОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Производство некоторых минеральных и органических веществ, а также мероприятия по охране окружающей среды связаны с получением отходов, содержащих сульфаты кальция. Известно примерно 50 видов гипсосодержащих отходов [1], среди которых сульфогипс – результат жидкофазной очистки специальными методами содержащих  $\text{SO}_2$  промышленных газов – в большом количестве применяется во многих странах для производства гипсовых строительных материалов и изделий.

Сульфогипс (сернистый гипс; нем.: REA – Gips = Rauchgas – Entschwefelungs – Anlagen – Gips; анг.: FGD – Gypsum = Flue Gas Desulfurization Gypsum) возникает в виде тонкодисперсного влажного порошка при очистке от сернистых газов ( $\text{SO}_2$ ) продуктов сгорания природных ископаемых углеводородов (каменный и бурый уголь, мазут и т.п.) в промышленных топках, например, на теплоэлектростанциях. Обессеривание происходит путем прохождения промышленных газов через известняковую или известковую водную суспензию. При этом из 1 т серы в продуктах сгорания углеводородов получается 5,4 т гипса. Уже в восьмидесятых годах прошлого столетия такие высокоразвитые индустриальные страны как Япония, Германия и США производили совместно 3 млн. т сульфогипса в год [2]. Сегодня только в Европе производится более 15 млн. т сульфогипса, что существенным образом изменило картину сырьевой базы промышленности гипсовых строительных материалов. Так, в Германии 50% всех гипсовых изделий производится из синтетических гипсов. Во Франции в связи с незначительным использованием угольных электростанций проблема утилизации сульфогипса отсутствует, и вся гипсовая промышленность работает на натуральном сырье. В Англии в качестве гипсового сырья в основном применяется сульфогипс – 51,6%, одна треть из которого импортируется, 10,4% – титаногипс и другие синтетические гипсы и только 38% – импортируемый натуральный гипсовый камень. В связи с все более жесткими требованиями к охране окружающей среды и применением установок по обессериванию дымовых газов в большинстве экономически развитых стран получение сульфогипса будет возрастать и в дальнейшем.

Применение гипсосодержащих отходов возможно с учетом и устранением некоторых негативных факторов. Во-первых, такие отходы могут содержать в своем составе минеральные и органические примеси, часто токсичные, а также влияющие на качество сульфогипса как сырья для гипсовой промышленности. В таких случаях необходима предварительная очистка отходов от этих примесей. Во-вторых, техногенные гипсы получаются в виде шлама с влажностью от 10 до 60%, сушка которых предполагает разработку новых

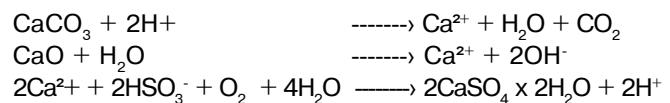
технологий производства гипсовых вяжущих, отличных от применения природного гипсового сырья [3].

Таким образом, производство гипсосодержащих отходов можно рассматривать как важную альтернативную сырьевую базу строительной отрасли, если технология их получения будет в наибольшей степени способствовать устраниению вышеназванных негативных факторов. Определенный положительный опыт, благодаря которому сульфогипс нашел широкое применение, накоплен в Германии.

В 1983 году в ФРГ вступило в силу распоряжение № 13 Федерального закона по выбросам «О больших сжигающих установках», согласно которому были ограничены выбросы в атмосферу сернистых соединений при сжигании углеводородов. До 1988 года все теплоэлектростанции Германии, работающие на угле или мазуте, были оснащены установками по обессериванию дымовых газов. Создание концепции по переработке гипсосодержащих отходов при очистке промышленных газов на теплоэлектростанциях [4] воспрепятствовало тому, что сульфогипс оказался ненужным продуктом на свалке.

Концепция разработана тремя общественными организациями: Федеральным союзом гипсовой и гипсокартонной промышленности, Объединением немецких электростанций и Техническим объединением больших теплоэлектростанций. Она содержит сравнительный анализ природного и техногенного (сульфо-) гипса, описание технологии его производства и возможности применения.

Обессеривание промышленных газов происходит в специальных установках с применением водных суспензий известняка ( $\text{CaCO}_3$ ) или негашеной извести ( $\text{CaO}$ ). Продукт очистки сначала является смесью сульфида и сульфата кальция и лишь после окисления атмосферным воздухом становится дигидратом ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), т.е. сульфогипсом:



После обезвоживания сульфогипс представляет собой тонкодисперсный шлам с остаточной влажностью до 10 %. При необходимости вредные примеси удаляются путем промывания. Сравнение химического состава природного гипсового сырья и сульфогипса (таблица 1) показало несущественные отклонения, которые не должны оказывать влияние на переработку последнего. Тем не менее, во время анализа учитывались не только технологические аспекты изготовления гипсовых строительных материалов и изделий, но и их поведение на строительной площадке и, самое главное, влияние на самочувствие и здоровье людей.

**Таблица 1**  
**Химический состав природного гипсового сырья и сульфогипса**

Показатель	ед. изм.	Природный гипс	Сульфогипс
pH (водородный показатель)		7,4	7,2
Кристаллическая вода	%	16,5	20,3
Гипс ( $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ )	%	81,0	97,0
Магний ( $\text{MgO}$ )	%	0,06	0,03
Натрий ( $\text{Na}_2\text{O}$ )	%	0,03	0,03
Калий ( $\text{K}_2\text{O}$ )	%	0,006	0,007
Железо ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	%	0,2	0,1
Сера ( $\text{SO}_2$ )	%	0,02	0,03
Фосфор ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )	%	0,0003	0,0003
Фтор (F)	%	0,001	0,002
Хлор (Cl)	%	0,007	0,007
Свинец (Pb)	мг/кг	4,0	5,5
Кадмий (Cd)	мг/кг	0,17	0,07
Хром (Cr)	мг/кг	7,5	3,4
Медь (Cu)	мг/кг	5,5	3,1
Никель (Ni)	мг/кг	4,4	2,5
Ртуть (Hg)	мг/кг	0,03	0,3
Цинк (Zn)	мг/кг	13,0	15,0

В результате всесторонних исследований ни в представленном для сравнения натуральном гипсовом сырье, ни в сульфогипсе не были найдены вредные с медицинской точки зрения диоксины или полициклические ароматические углеводороды. В экспертном заключении была, таким образом, подтверждена пригодность использования сульфогипса для производства строительных материалов.

При изготовлении вяжущего из сульфогипса необходимо, как и в случае применения натурального гипсового сырья, произвести его гомогенизацию и предварительную сушку перед подачей в обжиговый агрегат. Требования Международной ассоциации европейской гипсовой промышленности к сульфогипсу приведены в таблице 2 [5].

В 1990 году в Германии было произведено 3,3 млн.т сульфогипса, из них 1,95 млн.т – на теплоэлектростанциях, сжигающих каменный уголь. Почти весь сульфогипс, полученный при очистке дымовых газов при сжигании каменного угля, был использован промышленностью стройматериалов для производства строительного гипса, гипсокартонных и гипсоволокнистых плит, пазогребневых плит, гипсовых шпаклевок и штукатурок, гипсовых наливных полов, а также в качестве добавки для производства цемента. Сульфогипс, полученный при очистке дымовых газов при сжигании бурого угля, в связи с наличием большего количества примесей и неэкономичностью их удаления, применялся в основном для рекультивации горных выработок и в сельском хозяйстве.

Применение сульфогипса взамен натурального гипсового сырья возможно в тех областях, где используется дигидрат. Сейчас прорабатывается также возможность поставок высокопрочного

**Таблица 2**  
**Требования гипсовой промышленности к сульфогипсу**

Свойство	ед.изм.	Требования
Влажность	%	$\leq 10$
Содержание $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$	%	$\geq 95$
Содержание $\text{MgO}$	%	$\leq 0,1$
Содержание хлоридов	%	$\leq 0,01$
Содержание $\text{Na}_2\text{O}$	%	$\leq 0,06$
Содержание $\text{SO}_2$	%	$\leq 0,25$
pH (Водородный показатель)		5–9
Цвет		Белый
Запах		Нейтральный
Токсичные вещества		Нет

гипса, изготовленного из сульфогипса, в горную промышленность для укрепления шахтных проходок, где традиционно использовался ангидрит. Требование к такому материалу касательно примесей несколько ниже, чем для производства стройматериалов.

Необходимость удаления примесей, особенно из сульфогипса, полученного в результате очистки дымовых газов при сжигании бурого угля, представляет собой еще один довольно дорогостоящий технологический процесс. Это приводит к многочисленным дискуссиям среди специалистов гипсовой отрасли о целесообразности производства гипсового вяжущего из ненатурального сырья. Тем не менее, в настоящее время согласно интернетисточникам в Германии производится более 7 млн.т сульфогипса, более половины которого получают при сжигании бурого угля. Современные технологии очистки с одной стороны и ограниченность сырьевых гипсовых ресурсов, увеличение расходов на их добычу (шахтный метод) и транспортировку к местам переработки – с другой способствуют все более широкому промышленному применению сульфогипса в разных отраслях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гипс в малоэтажном строительстве // Под общей ред. А.В. Ферронской. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 240 с.
2. Wirsching F. Chemische Technologie. Band 3. Gips. Carl Hanser Verlag München, Wien, 1983.
3. Wirsching F., Hamm H., Hüller R. Technische und wirtschaftliche Möglichkeiten bei der Verwendung von Gips aus der Rauchgasentschwefelung. VGB – Konferenz „Kraftwerk und Umwelt 1981“, VGB Kraftwerkstechnik GmbH, Essen. – S. 96 – 101.
4. Verwertungskonzept für Reststoffe aus Kohlekraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland. Teil I: Rückstände aus Rauchgas-Entschwefelungs-Anlagen – REA-Gips. Darmstadt, 1992. – 27 S.
5. FGD Gypsum: quality criteria and analysis methods // [www.eurogypsum.org](http://www.eurogypsum.org)

## ГКЖ-94М В РАДІАЦІЙНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ МОДИФІКАЦІЇ БЕТОНУ

Одним із кращих кремнійорганічних гідрофобізаторів для бетону є олігометилгідродіксилоксан [1], відомий під технічною назвою рідина 136-157 М, або ГКЖ-94М. У вигляді розчину або емульсії ГКЖ-94М проникає в поверхневі шари бетону і закріплюється в поровому просторі за рахунок кінцевих гідроксильних груп і карбонізації силилгідридних бічних радикалів [2]. До її недоліків варто віднести: високу в'язкість, що перешкоджає глибокому проникненню, відсутність зміцнюючого ефекту бетону, достатньо тривале закріплення. До завершення хімічних перетворень, пов'язаних з закріпленням в бетоні, ГКЖ-94М утворює липкі покриття, що здатні утримувати різні забруднення.

У зв'язку з вищевикладеним, метою роботи було удосконалення методів застосування ГКЖ-94М із застосуванням радіаційної технології.

В якості активного розчинника для ГКЖ-94М використовували промисловий кремнійорганічний мономер – вінілгептаметилциклотетрасилоксан (ВЦС). Він представляє собою рухливу низьков'язку рідину, здатну глибоко проникати в поровий простір бетону. Представляло інтерес вивчити властивості імпрегнуючого складу ГКЖ-94М/ВЦС при різному співвідношенні компонентів.

ВЦС не здатний самостійно закріплюватися в бетоні, він випаровується і вимивається з нього. Для його полімеризації використовували енергетичний вплив прискореними електронами з енергією 4...5 Мев, щільністю струму 200...300 mA/cm<sup>2</sup>, в діапазоні доз 25...300 кГр. Дослідження проводили на радіаційній установці ІЯД НАН України [3].

Модельні зразки цементного каменю у вигляді циліндрів d=H= 22 мм виготовляли з цементного тіста нормальної густини В/Ц 0,27 з портландцементу марки 500 тип I. Твердіння зразків відбувалося в умовах лабораторії протягом 28 діб.

ІЧ спектри речовин отримували на приладі Tensor-37 фірми Bruker методами відображення НВПО та на просвіт.

В літературі [1, 2] представлена дослідження твердіння олігометилгідродіксилоксану (ГКЖ-94М) при гідрофобізації різноманітних поверхонь. Загальною закономірністю є тривалість цього процесу. Представляло інтерес вивчити радіаційне твердіння продукту ГКЖ-94М під дією прискорених електронів.

Виявилося, що при опроміненні «in vitro» ГКЖ-94М швидко переходить в прозорий гумоподібний продукт, що мутнішає при дозі опромінення D>100 кГр.

ІЧ спектр продукту ГКЖ-94М характеризується рядом смуг валентних ( $\nu$ ) та деформаційних ( $\delta$ ) коливань зв'язків C-H, Si-O, Si-H, Si-C, C-O, O-H (див. рис. 1), см<sup>-1</sup>:  $\nu$  C-H 2967, 2906 і 2867,  $\nu$  Si-H 2167,  $\delta$  C-H 1408,  $\delta$  Si(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 1260, 891, 840, 768,  $\nu$  SiOSi 1097 і 1055 (широва подвійна смуга). Кінцеві гідроксильні групи олігомера дають слабкі смуги поглинання 3060, 3265, 3656, 3315 см<sup>-1</sup> та  $\delta$  H-O 1050 см<sup>-1</sup>, на котру накладається поглинання більш сильної смуги силоксанового зв'язку. Віднесення смуг зроблено на підставі [4].

Відомо [5], що в поліметилсилоксанах твердіння під дією електронного опромінення відбувається за рахунок первинного розщеплення зв'язку C-H, що має енергію 366 кДж/моль. Виходячи з того, що в молекулі олігомера ГКЖ-94М знаходяться більш слабкі зв'язки Si-H з енергією 315 кДж/моль, можна було очікувати їх перетворення в першу чергу. З аналізу ІЧ спектрів опромінених зразків (рис. 1) слідує, що радіаційне твердіння ГКЖ-94М відбувається в результаті конденсації гідроксильних кінцевих груп (схема 1), про що свідчить вичерпування смуг поглинання, см<sup>-1</sup>:  $\nu$  O-H 3656, 3265, 3060 і незначний перерозподіл інтенсивності смуг 1076/1032, куди входить смуга  $\delta$  Si-O. Найбільша зміна профілю смуги з максимумом

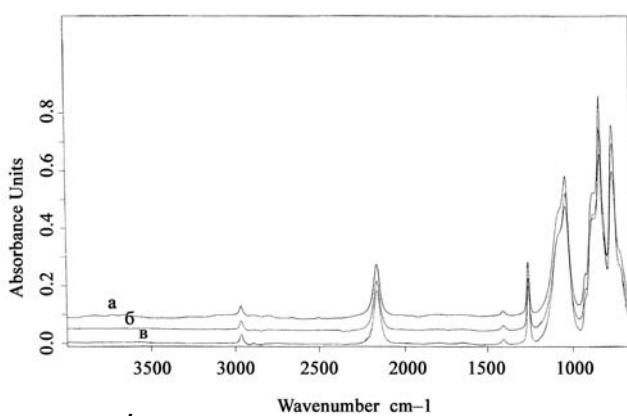


Рис. 1. ІЧ спектри олігометилгідродіксилоксану:  
а – вихідного, б – опроміненого D = 100 кГр,  
в – D = 300 кГр

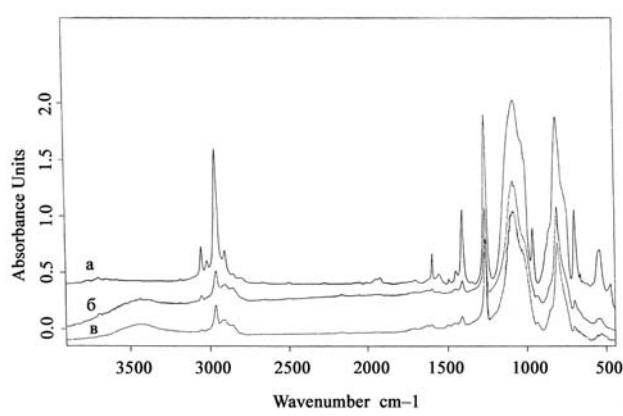
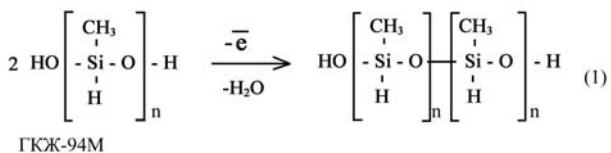


Рис. 2. ІЧ спектри ВЦС: а – вихідна сполука,  
б – після D = 100 кГр, в – D = 300 кГр

835/870 см<sup>-1</sup>, що відображає  $\delta$  Si-CH<sub>3</sub>, очевидно, пов'язано з подовженням ланцюга та відповідно зміною енергії метильних груп. При цьому в ІЧ спектрах (рис. 1) зміни інтенсивності смуги  $\nu$  Si-H (2167 см<sup>-1</sup>) не спостерігається.



Твердіння ГКЖ-94М по кінцевим OH-групам, що мають енергію зв'язку 424 кДж/моль свідчить, що при радіаційній активації органосилоксанів в першу чергу слід враховувати ступінь іонності зв'язків [6].

ІЧ спектр вихідного ВЦС (рис. 2а) характеризується смугами валентних та деформаційних коливань вінільної групи CH=CH<sub>2</sub> (зв'язки C=C, H-C=), см<sup>-1</sup>: =C-H ( $\nu$ ) 3056 і 3018, та  $\delta$  1598, 1408 і 960;  $\nu$  C-H 2964 і 2907 та  $\delta$  C-H 1493 і 1450. Активно прописуються валентні коливання зв'язків Si-O-Si у вигляді широкої смуги з максимумом 1076 та підліком 1032, та група Si(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> – 1262 і 809.

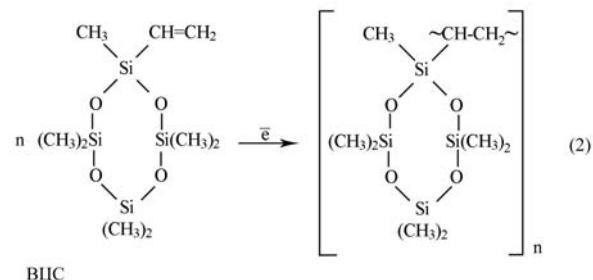
У процесі енергетичного впливу прискореними електронами ВЦС підвищує в'язкість та послідовно переходить в гелеподібний та склоподібний стані в діапазоні доз 25-300 кГр. На рис. 2 представлена ІЧ спектри ВЦС, що поглинув дозу 100 кГр – (б) та 300 кГр – (в), зняті «на просвіт». Їх зіставлення свідчить, що у вказаному діапазоні доз відбуваються суттєві і закономірні зміни піків валентних та деформаційних коливань зв'язків вінільних груп. В області 3100–3000 см<sup>-1</sup> смуги  $\nu$  коливань =C-H (3056 та 3018 см<sup>-1</sup>) втрачають свою інтенсивність при D=100 кГр і остаточно вичерпуються при D=300 кГр. Аналогічна картина спостерігається для валентних коливань зв'язку =C-H при 960 та 1408 см<sup>-1</sup>. Смуга  $\nu$  коливань зв'язку C=C 1598 см<sup>-1</sup> складна, на ній накладається смуга  $\delta$  C-H. При інтенсивності опромінення D=300 кГр мономер ВЦС переходить в прозорий твердий продукт. В опроміненому зразку зникають смуги, см<sup>-1</sup>: 1600 – скелетних коливань подвійного зв'язку, та дещо змінюється смуга 1023, що відповідає за валентні коливання силоксанової групи. Основна смуга Si-O 1072 см<sup>-1</sup> істотно не змінюється, що свідчить про збереження циклічності вихідного мономеру в умовах експерименту.

Деякі зміни профілю смуг деформаційних коливань силілметильних груп в області 650–950 см<sup>-1</sup>, свідчить про їх участь в реакції зшивки макромолекул. Поява смуги 910 см<sup>-1</sup>, що спостерігалося нами в опромінених зразках,

Таблиця 1  
Перетворення вінільних груп

Поглинена доза, кГр	Відносна площа піків поглинання груп атомів			Вінільні групи, %	Ступінь конверсії, %
	=CH <sub>2</sub>	-CH	=CH <sub>2</sub> /-CH		
0	0, 172	1,740	1,0000	100,0	0,0
100	0,030	1,831	0,0164	16,4	83,6
300	0,007	1,609	0,0040	4,0	96,0

на думку авторів [4], відповідає виникненню ≡SiCH<sub>2</sub>Si≡ зв'язку. На підставі спектроскопічних досліджень можна припустити, що при малих дозах опромінення основним напрямком реакції є радикальна полімеризація вінілциклосилоксану по вінільній групі (схема 2).



При збільшенні поглиненої дози в процес хімічного перетворення залучаються метильні групи у атомів кремнію, що входять в силоксановий цикл. Судячи з інтенсивності поглинання смуги 910 см<sup>-1</sup>, дана реакція є побічною в умовах експерименту.

За стандартною методикою [7] нами був оцінений ступінь перетворення вінільних груп в умовах експерименту (табл. 1). Розрахунок вичерпування вінільних груп проводили за зменшенням інтенсивності (площи) смуги валентних коливань =CH<sub>2</sub> груп при 3056 см<sup>-1</sup>, за внутрішній стандарт приймалася смуга поглинання валентних коливань –C-H 2964 см<sup>-1</sup>.

З таблиці 1 видно, що при D=300 кГр в продукті полімеризації спостерігаються залишкові вінільні групи і ступінь конверсії мономеру складає 96 %.

Опромінення розчинів олігометилгідродилосилоксану, що містять різну кількість вінілциклосилоксану, приводить до твердих продуктів. Причому збільшення вмісту ВЦС в суміші підвищує твердість полімерів, що утворюються. Методом ІЧ спектроскопії вивчена суміш (ГКЖ-94М):(ВЦС)=25:75, яка достатньо близько відповідає осново-еквімолярному співвідношенню гідродилосилільних та вінілсилильних груп в компонентах суміші.

З рис. 3 видно, що спектр (а) вихідної композиції представляє собою сумарне накладення спектрів двох речовин з урахуванням пропорції сполучень. Хімічної взаємодії при кімнатній температурі не спостерігається. В опромінених зразках при поглинених дозах 100 і 300 кГр смуги валентних та деформаційних коливань =C-H зв'язків (3055, 3017, 1598 і 1408 см<sup>-1</sup>) практично

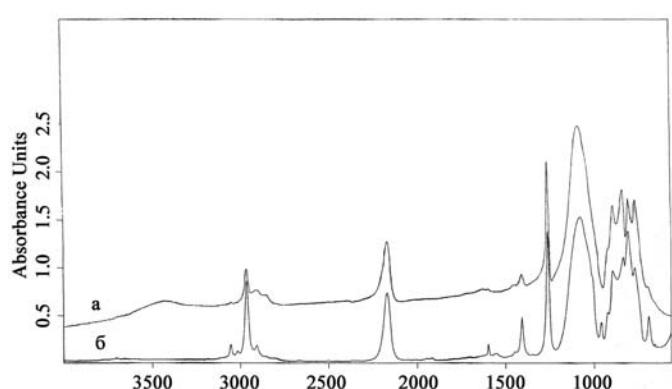


Рис. 3. ІЧ спектри суміші ВЦС (75%) та ГКЖ-94М (25%): а – вихідної, б – опроміненої після D = 100 кГр

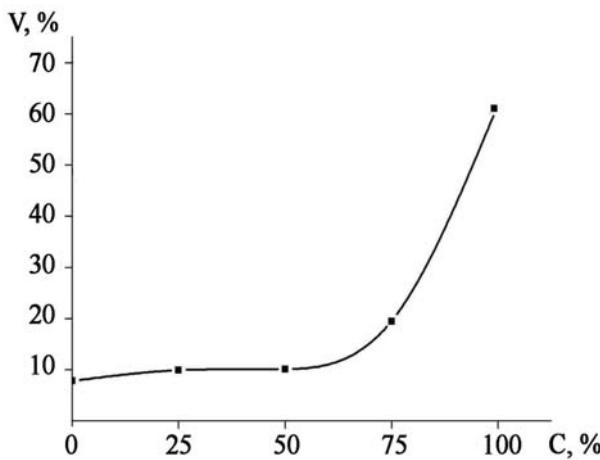
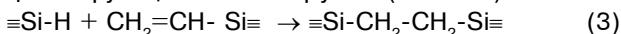


Рис. 4. Заповнення пор цементного каменю ( $V$ ) рідиною протягом 24 год при 25 °C в залежності від вмісту ВЦС в ГКЖ-94М

зникають по відношенню із спектром вихідної суміші. Ця обставина свідчить про більш інтенсивне вичерпування вільних груп ВЦС в суміші, ніж в індивідуальному сполученні в процесі опромінення.

В спектрі (в) спостерігається явне зменшення інтенсивності валентних коливань Si-H зв'язку при 2167 см<sup>-1</sup> і поява нової смуги 907 см<sup>-1</sup>.

Виходячи з аналізу ІЧ спектрів зразків композиції при малих дозах, що поглинаються, проходить роздільна полімеризація ВЦС по вільним групам (схема 2) та нарощання молекулярної маси олігомеру ГКЖ-94М за рахунок конденсації кінцевих гідроксильних груп (схема 1). При D>100 кГр ініціюється реакція ГКЖ-94М і ВЦС по функціональним групам (схема 3):



Отримані плівки представляють собою непрозорі мутні речовини, що може свідчити про відсутність взаєморозчинності полімерів.

Водопоглинання контрольних циліндрів із цементного каменю визначали за ДСТУ Б.В.2.7-170, воно склало 17,09 %, що відповідає їх відкритій поровості.

Спостереження за поглинанням просочуючих розчинів цементним каменем протягом 24 год при 25 °C показало (рис. 4), що у індивідуальному вигляді ГКЖ-94М заповнює простір вільних пор на 8%. Даний факт свідчить, що маючи високу в'язкість ГКЖ-94М сорбується в поверхневих шарах цементного каменю.

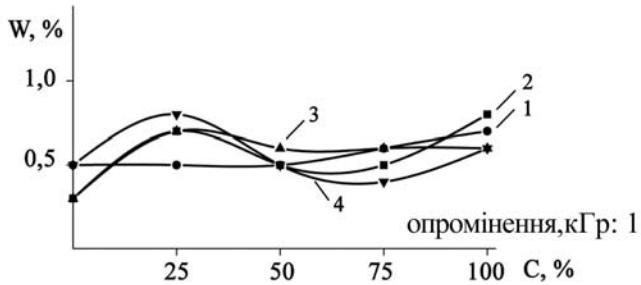


Рис. 5. Залежність водопоглинання ( $W$ ) просочених та опромінених зразків цементного каменю в залежності від вмісту ВЦС у ГКЖ-94М, при дозах опромінення, кГр: 1 – 25; 2 – 50; 3 – 100; 4 – 200

Введення в нього активного розчинника в концентрації 25–50 % від маси ГКЖ-94М збільшується об'єм заповнених пор лише до 10 %, тобто на 2 %. При вмісті розчинника 75 %, заповнюється приблизно 20 % вільних пор. Ця обставина свідчить про високі сорбаційні здатності ГКЖ-94М по відношенню до компонентів цементного каменю за рахунок активних гідрідних Si-H груп.

Водопоглинання просочених і опромінених зразків цементного каменю різко падає (рис. 5) порівняно з контролем. Причому водопоглинання зразків просочених чистим ГКЖ-94М і утворюючим поверхневу плівку складає 0,3...0,5 %, що в 34–57 разів менше, ніж контрольних.

Аналіз рис. 5 свідчить, що більший вплив на водопоглинання має склад суміші, ніж доза опромінення. Так, введення 25% ВЦС в ГКЖ-94 М призводить до підвищення водопоглинання зразків на 40–50 % порівняно з чистим ГКЖ-94М, що може бути пояснено роздільним перетворенням олігомера ГКЖ-94М і мономера ВЦС. При цьому «in vitro» виходять мутні продукти реакції, характерні для неоднорідних, а як наслідок, більш проникних для води плівок. Стабільні дані отримані при співвідношенні компонентів 50/50. Вірогідно, при даному співвідношенні досягається максимальне суміщення компонентів. Переважання ВЦС (75 %) погіршує суміщення ГКЖ-94М з продуктами опромінення, хоча водопоглинання модифікованих зразків при цьому не перевищує 0,4...0,6 %.

Визначення показників міцності зразків цементного каменю проводили за ГОСТ 10180, межа міцності при стиску контрольних зразків складала 23 МПа. З аналізу рисунка 6 слідує, що додавання до просочувального складу на основі ГКЖ-94М активного розчинника – мономера ВЦС і збільшення дози опромінення призводить до зміцнення цементного каменю. Причому максимальну міцність при стиску виявляють зразки імпрегновані складом ГКЖ-94М/ВЦС = 25/75. Даний склад, як було відмічено раніше, відповідає осново-еквімольному співвідношенню реакційних груп компонентів і при D=200 кГр, на ряду з конденсацією гідроксильних груп олігомеру ГКЖ-94М, відбувається полімеризація і прищеплення ВЦС на ГКЖ-94М за схемою (3).

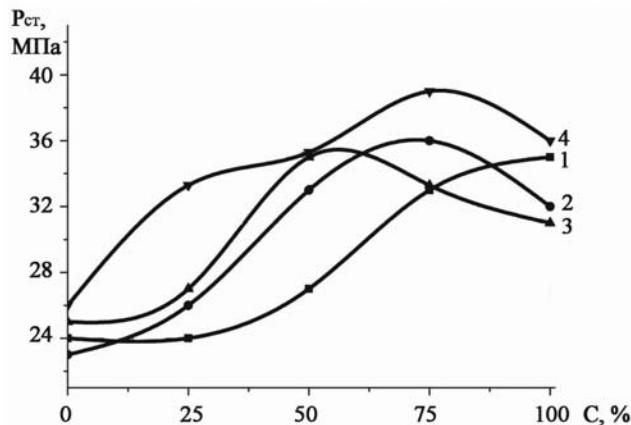


Рис. 6. Межа міцності при стиску ( $P_{cr}$ ) модифікованих цементних зразків в залежності від концентрації (C) ВЦС в ГКЖ-94М, при дозах опромінення, кГр: 1 – 25, 2 – 50, 3 – 100, 4 – 200

Таким чином проведені дослідження свідчать, що при радіаційному впливі з дозою 25–300 кГр на ГКЖ-94М основним напрямком реакції є твердиння за рахунок конденсації кінцевих гідроксильних груп. Вінілгексаметилциклотетрасилоксан в подібних умовах полімеризується за вінільними групами.

При змішуванні компонентів при дозах більше 100 кГр, наряду з описаними перетвореннями ініціюється реакція приєднання гідридної групи ГКЖ-94М до вінільної групи ВЦС.

Максимальне зниження водопоглинання цементного каменю досягається його просочуванням ГКЖ-94М з мінімальною дозою опромінення. У випадку необхідності максимального збільшення міцності цементного каменю імпрегнування слід вести складом ГКЖ-94М/ВЦС = 25/75 і опроміненням дозою більше 200 кГр.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Гидрофобизация / А.А. Пащенко, М.Г. Воронков, Л.А. Михайленко и др. – К.: Наукова думка, 1974. – 240 с.
2. Хананашвили Л.М., Андрианов К.А. Технология элементоорганических мономеров и полимеров. – М.: Химия, 1983. – 416 с.
3. Радиационная установка с ускорителем электронов ИЯИ НАН Украины / В.И. Сахно, И.В. Вишневский, А.Г. Зелинский и др. // Атомная энергетика. – 2003. – Т. 94. – № 2. – С. 163–166.
4. Colthup N.B. Introduction of Infrared and Raman Spectroscopy. – Academic Press: New York. – 1975. – 335 с.
5. Delides C.G., Cook B.W. IR and solubility studies of irradiated linear polysiloxene / Radiat. Phys. Chem. – 1980. – V. 15, № 4. – P. 547 – 552.
6. Андрианов К.А. Методы элементоорганической химии. Кремний. – М.: Наука, 1968. – 699 с.
7. Гусельников Л.Е., Полак Л.С., Наметкин Н. С., Чернышева Т.И. Радиационная полимеризация полифункциональных кремнийорганических

УДК 666.92:517.9

Лаповська С.Д., зав. лабораторією, канд. техн. наук, старш. наук. співроб.,

Державне підприємство "Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів", м. Київ, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДИСПЕРСНОГО АРМУВАННЯ НА СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ НІЗДРЮВАТОГО ФІБРОБЕТОНУ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДНЕННЯ

Досвід виготовлення виробів з ніздрюватого фібробетону свідчить, що отримана в результаті ретельного перемішування рівномірна і упорядкована структура суміші може зазнавати різних, в тому числі і деструктивних, змін на будь-якому з подальших етапів, починаючи від формування виробів.

Найважливішою задачею є визначення умов, що забезпечують збереженість структури ніздрюватобетонної суміші та набір спученим ніздрюватобетонним масивом міцності, необхідної для сприйняття напружень, що виникають в процесі тверднення та під час експлуатації.

Як відомо, процес тверднення ніздрюватого бетону пов'язаний з протіканням реакції гідратації і починається безпосередньо після затворення сухих компонентів водою. В перший період міцність матеріалу носить чисто механічний характер, обумовлений силами внутрішнього тертя між компонентами. При низьких значеннях величини цих впливів порушується структура ніздрюватої матриці, що є наслідком впливу механічних дій або осадки під дією гідростатичного тиску.

Як показав ряд експериментів, в результаті додавання полімерних волокон відбувається зближення часток цементу і заповнювача, яке призводить до обмеження їхнього вільного переміщення, що і викликає підвищення в'язкості суміші. Армуючі волокна, що мають певну довжину, утворюють просторовий каркас і перешкоджають осіданню суміші.

Найміцніший каркас утворюється при додаванні оптимальної кількості волокон визначеної довжини, що утворює достатню кількість контактів між волокнами. При використанні коротких волокон їхню кількість необхідно збільшити, але обов'язково враховувати можливість агрегування при надлишку арматури, що може спровокувати утворення ослаблених зон, здатних привести до осідання суміші та підвищення маси виробів. Проведені попередні дослідження підтвердили гіпотези щодо активної ролі дисперсної арматури в формуванні структури ніздрюватого фібробетону та забезпечені його властивостей при наступному твердненні [1–2].

Мета даної роботи – це дослідження впливу дисперсного армування на структуроутворення ніздрюватого фібробетону автоклавного тверднення.

В якості об'єкта досліджень використовувався газобетон автоклавного тверднення марки за середньою густиною D400. В ході підготовки експериментів готовувались суміші з волокнами та без них.

Для дослідних формовок зразків ніздрюватого фібробетону автоклавного тверднення використано наступні сировинні матеріали:

- портландцемент ПЦ I-500 згідно з ДСТУ Б В.2.7-46 (виробництва ВАТ «Балцем»);
- вапно негашене кальцієве згідно ДСТУ Б В.2.7-90-99 (виробництва ВАТ «ЭЗЯБИ») активністю 82%;

Таблиця 1

**Вплив целюлозних волокон на процес спучування газобетонної суміші**

Вміст целюлозних волокон, %, від маси сухих	Об'єм суміші в ємності, см <sup>3</sup> , через час, хв.												
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	45	60
0	500	540	576	625	690	754	870	990	1000	1000	1000	990	990
0,10	500	553	600	672	712	770	906	992	1018	1018	1018	1018	1018
0,20	500	565	618	673	695	765	870	985	996	1000	1000	1000	1000
0,30	500	540	573	620	681	744	830	964	970	970	970	967	967

- алюмінієва пудра ПАП 1 згідно з ГОСТ 5494-95 (виробництва фірми СУАЛ, м. Шелехово, Росія)

- пісок кварцовий згідно з ДСТУ Б В.2.7-32;
- поверхнево-активну речовину – сульфанол;
- пластифікуючу добавку – суперпластифікатор С-3;
- фібрю целюлозну Technocel 1004-6 густиною 1,5 г/см<sup>3</sup>, довжина волокна 1,0–2,5 мм, діаметр волокна 20–25 мкм.

Процент армування суміші целюлозними волокнами змінювався від 0 до 0,3% від маси сухих складових.

Визначення складу новоутворень автоклавного газобетону, отриманого на сировині з перемінними нестабільними параметрами та модифікованого добавками ПМС і целюлозним волокном, проводили за допомогою комплексу фізико-хімічних методів дослідження: рентгенофазового, диференційно-термічного та електронної мікроскопії.

Рентгенофазовий аналіз (РФА) проводили на дифрактометрі ДРОН-2М за порошковим методом. Зйомку виконували в інтервалі кутів  $2\theta=10\text{--}60^\circ$  при швидкості обертання лічильника  $2^\circ/\text{хв}$ . Рентгенограми ідентифікували за допомогою комп'ютерної бази даних PC-PDF, Version 2.13a, Copyright JCPDS – International Centre for Diffraction Data, 1992 із використанням програми “XPowder” і бази даних AMSCD і робіт [3–8].

Комплексне термографічне дослідження (ДТА) зразків автоклавного газобетону виконано на дериатографі системи Р. Паулік, И. Паулік, Л. Эрдей фірми МОМ (Будапешт, Угорщина). Нагрівання зразків, виготовлених згідно рекомендацій [9], проводили до температури 1000°C зі швидкістю 10°C/хв. У якості еталону використовували пропалений технічний глинозем. Отримані дані ідентифікували згідно даних, наведених в літературі [6, 8, 11].

Електронно-мікроскопічні дослідження мікроструктури штучного пористого каменю проведенні на мікроскопі РЕММА – 101А методом мідних реплік по методиці [10]. Ідентифікацію новоутворень проводили у відповідності з даними робіт [6, 12, 13].

Фізико-механічні випробування зразків газобетонів розмірами 4x4x16 см і 10x10x10 см проводили згідно діючих в Україні нормативних документів.

В лабораторних умовах ДП «НДІБМВ» для дослідних формовок було виготовлено вапняно-піщане в'яжуче з наступними характеристиками: співвідношення вапна і піску В:П=1,5:1, активність в'яжучого 40±2%, питома поверхня в'яжучого 4500 см<sup>2</sup>/г, питома поверхня піску у в'яжучому 1400 см<sup>2</sup>/г.

Поетапне збільшення кількості волокон порівнювались з базовим складом без армування за показниками:

- діаметра розпліву суміші за Суттардом;
- висоти масиву після спучування;
- часу спучування;
- швидкості набору пластичної міцності;
- вологості після автоклавної обробки;
- середньої густини;
- міцності на стиск;
- міцності на розтяг при вигині.

Ніздрюватобетонні суміші являють собою суспензії композиційного типу, в яких густина дисперсних фаз відрізняється у більше ніж у два математичних порядки, а тверда та газова фази здатні змінювати величину дисперсності в період, коли агрегативна стійкість компонентів забезпечується тільки в'язкими силами.

Для визначення впливу целюлозних армуючих волокон на процес спучування ніздрюватобетонних сумішей було проведено дослідження, в процесі якого суміші, що були приготовані, виливались в форми місткістю 1000 см<sup>3</sup> і в процесі спучування фіксувалися час початку та закінчення процесу спучування,

Таблиця 2

**Характеристики ніздрюватобетонних сумішей та зразків ніздрюватого фіробетону до автоклавної обробки**

№ ч/ч	Вміст волокон, %	Діаметр розпліву суміші за Суттардом, см	Висота масиву після спучування, см	В/Т	Час спучування., хв.	Швидкість набору пласт. міцності 0,5 МПа, год.
2	0	31	10,2	0,60	21,33	2,83
4	0,10	31	10,5	0,60	21,10	2,87
8	0,20	31	10,3	0,60	22,03	2,92
12	0,30	31	10,0	0,60	23,00	2,98

максимальний об'єм спученої суміші, наявність та величина осідання суміші. Результати дослідження представлено у таблиці 1.

З підвищеннням вмісту целюлозних волокон понад 0,2% за масою сухих спостерігається зменшення об'єму спущених сумішей внаслідок появи в композиті деструктивних процесів, викликаних гальмуванням процесу спочування та агрегації в клубки надлишку волокон, що призводить до появи відшарувань і розривів в суміші при спочуванні (табл. 2).

Як видно з наведених результатів, целюлозні волокна рівномірно розподіляються по всьому об'єму газобетонної суміші і помітно стабілізують процес поліризації та набору пластичної міцності до початку формування мінерало-волокнистої структури фібробетону. Очевидно, отриманий результат пов'язаний з поверхневими явищами в системі «волокно-вода-в'яжуче» і може бути пояснений закономірностями колоїдної хімії: між частками дисперсних систем виникають міжмолекулярні та електростатичні сили, під дією яких близько до поверхні розділення утворюються тонкі шари рідини з аномальними властивостями. Ймовірно, на розвиненій поверхні целюлозних волокон, здатних при достатньому вмісті їх в суміші створювати систему переплетінь, протікають наступні процеси: структурування молекул води, адсорбція інших молекул та іонів з рідкої фази, а також адгезія більш крупних часток в'яжучих. При цьому мінеральні зерна можуть мати більш тісний зв'язок, що здійснюється через капілярні сили, з поверхнею волокон, ніж між собою.

Таким чином, формується структура «волокно-вода-цемент», що визначається не тільки механічними впливами на суміш в процесі її приготування, а й процесами гідратації в'яжучих в присутності волокон [14]. Кінетика гідратації характеризується здатністю молекул води проникати до поверхні зерен в'яжучого; їхньою безпосередньою хімічною взаємодією та дифузійним відведенням утворених продуктів з поверхневого шару в навколошне середовище. При цьому дифузійні процеси протикають

значно повільніше безпосередньої взаємодії реагентів на границі розділення фаз, тому концентрація новоутворень завжди вища біля поверхні зерен в'яжучого, ніж в навколишньому об'ємі рідкої фази.

В початковий період гідратації дифузійному відведеню продуктів реакції з поверхні зерен в'яжучого сприяє перемішування компонентів в змішувачі в присутності великої кількості води. На відміну від звичайної, у фібропармованій суміші не вся вода знаходитьться в русі. За даними І.І. Бернея, між зернами в'яжучого, адгезійованими на волокні, вода утворює застійні зони (які в гідромеханіці називають зонами Прандтля) та залишається нерухомою навіть у випадку інтенсивного перемішування. Тобто, концентрація новоутворень в зонах контакту в'яжучого з волокнами вирівнюється лише за рахунок дифузії, і тому залишається вищою, ніж середня концентрація в суміші. В зв'язку з цим в індукційний період в рідкій фазі контактних зон раніше, ніж в решті об'єму, утворюється пересичений розчин, необхідний для початку кристалізації гідратних новоутворень. По мірі накопичення в рідині зародків нової фази відбувається утворення просторової коагуляційної структури, що по мірі тужавлення цементного тіста перетворюється в міцну структуру цементного каменя, що оточує волокно.

В процесі приготування суміші армуючі волокна, рівномірно розподіляючись по її об'єму, утворюють просторовий каркас, розмір комірок якого визначається геометричними характеристиками фібр та їхньою об'ємною концентрацією. Таким чином, при визначеному проценті армування організується мінерало-волокниста ніздрювата структура з більшістю дрібних, однорідних за розміром, переважно замкнутих повітряних пор.

У фіброармованій суміші наявність поверхонь розділення у вигляді волокон виключає можливість укрупнення пор за рахунок їхнього злиття, значно зміцнює перегородки, тим самим стримуючи їхні пластичні деформації в період проведення технологічних операцій.

На ранній стадії тверднення вплив армуючих волокон також пов'язаний з структуроутворюючою роллю

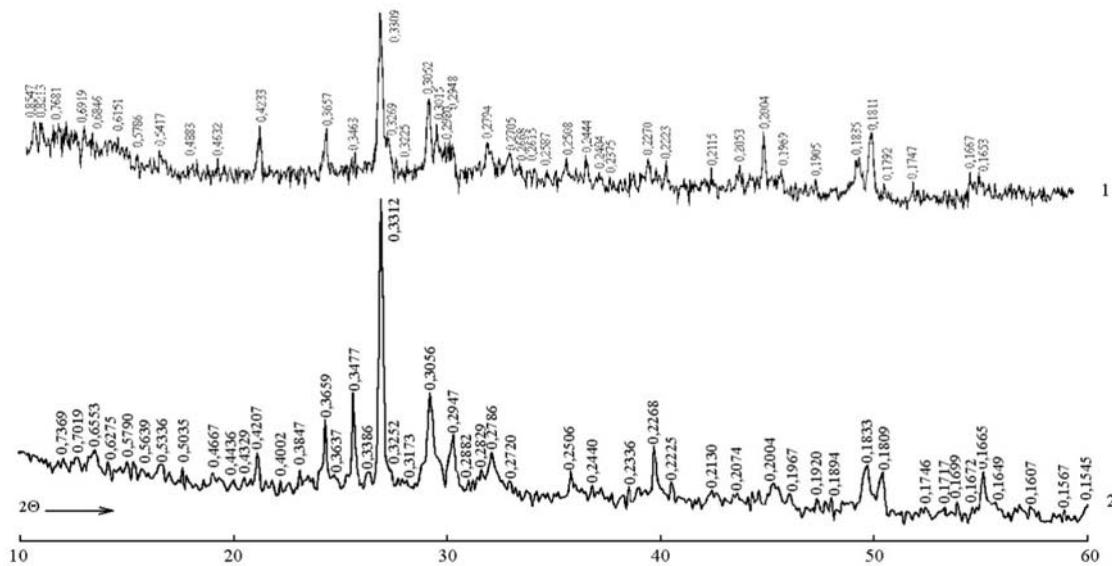


Рис. 1. Рентгенограма зразка із автоклавного газобетону при активності вапна 82% з вмістом фібри, %: 1 – 0; 2 – 0,2

Таблиця 3

**Фізико-механічні характеристики автоклавних газобетонів, що армовані фібрю при  $B/T=0,6(\text{const})$**

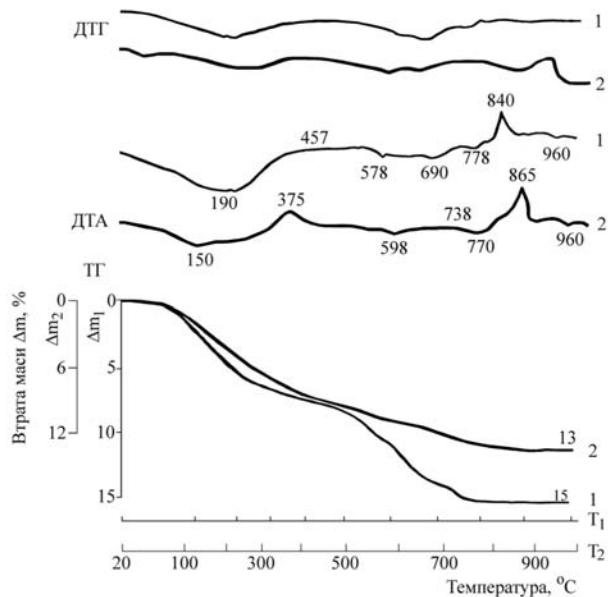


Рис. 2. Термограма зразка із автоклавного газобетону при активності вапна 82% з вмістом фібri, %: 1 – 0; 2 – 0,2

волокнистого каркасу, що провокує прискорення коагуляційних, а потім і кристалізаційних процесів в мінеральній частині композиту, обумовлений поверхневими явищами на границі розділення фаз. Завдяки поглибленню фізико-хімічної взаємодії компонентів поблизу поверхні волокон, в порівнянні з рештою об'єму, в значно короткий термін в системі утворюється фібромінеральний каркас, що має підвищену стійкість та пластичну міцність. Таким чином закладаються основи нейтралізації деструктивних процесів на етапі тверднення, які закінчуються за умов автоклавної обробки.

Згідно даних РФА (рис. 1, кр. 1) у фазовому складі газобетону, отриманого з вапна при перемінних характеристиках (активністю 82%), після автоклавної

Показники	Вміст фібri, %, від маси сухих компонентів			
	0	0,1	0,2	0,3
Середня густина, кг/м3	405,0	390,0	380,0	385,6
Міцність при стиску, МПа	2,90	2,98	3,14	2,91
Міцність при згині, МПа	0,73	0,80	0,97	0,92
Вологість після автокл., % за мас.	39,8	39,3	38,7	41,2

обробки продукт дегідратації  $C_3AH_6$  реагує з кремнеземом, утворюючи незначну кількість гідрогранату виду  $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot xSiO_2 \cdot (6-2x)H_2O$  ( $d=0,270; 0,187; 0,165$  нм). Серед новоутворень штучного каменю за умов автоклавної обробки відмічені наступні фази: пластинчаті та голкоподібні кристали риверсайдиту (рис. 3, з)  $C_5S_6H_3$   $d=0,305; 0,298; 0,279$  нм, який після термодеструкції (+)  $840^\circ C$  (рис. 2, кр. 1) кристалізується у неорієнтований  $\beta-C_2S$ ; зростки дрібних листочків пломбериту (рис. 3, з)  $CSH_2$   $d=0,542; 0,207; 0,183; 0,167$  нм із волокнисто-голкоподібними кристалами  $CSH(B)$   $d=0,307; 0,280; 0,240; 0,210; 0,183; 0,167$  нм (рис. 3, з), які дегідратуються при температурах (-)  $220^\circ C$  і кристалізуються при (+)  $800$  і  $840^\circ C$  у  $\beta-CS$  (рис. 2, кр. 1); відмічено прихованокристалічні зростки гіроліту (рис. 3, з)  $C_2S_3H_2$   $d=0,774; 0,69; 0,46; 0,42; 0,336; 0,302; 0,266; 0,251; 0,212; 0,205$  нм, який дегідратується при температурах (-)  $150$  і  $778^\circ C$  та кристалізується при (+)  $810^\circ C$  у  $\beta-CS$  і неорієнтований  $\beta-C_2S$ .

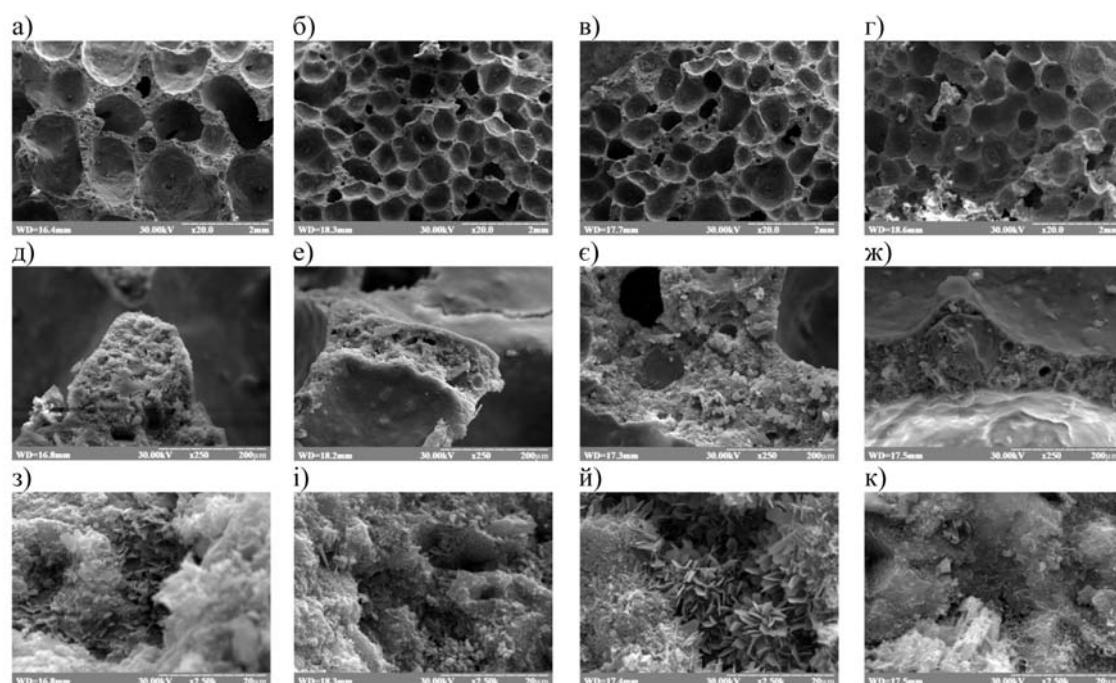


Рис. 3. Електронні мікрофотографії поверхні сколу зразка газобетону при активності вапна 82% та вмісті фібri в кількості, %: 0 (а, д, з); 0,1 (б, е, і), 0,2 (в, е, ї), 0,3 (г, ж, к)

Серед частково закристалізованих тоберморитоподібних новоутворень по даним РФА (рис. 1, кр. 1) зафіковані дифракційні сплески  $C_2SH$ ,  $d=0,490; 0,307; 0,280; 0,240; 0,200; 0,183; 0,172; 0,162$  нм,  $C_2SH(B)$ ,  $d=0,480; 0,334; 0,301; 0,292; 0,268; 0,196; 0,181; 0,174$  нм і тобермориту  $11,3A^o$  ( $C_5S_6H_5$ ) у вигляді гофрованих пластин, призматичних кристалів і подовжених пластин (рис. 3, з), які дегідратуються при температурі  $(-)120, 240$  і  $600^oC$  із кристалізацією при температурі  $(+)700\div840^oC$  у  $\beta-CS$  і  $\beta-C_2S$ ; афвліту  $C_3S_2H_3$ ,  $d=0,578; 0,420; 0,327; 0,319; 0,305; 0,274; 0,267; 0,244; 0,237; 0,205; 0,197; 0,181$  нм у вигляді подовжених кристалів (рис. 3, з), дегідратація якого відбувається при температурі  $(-)470^oC$  із подальшою кристалізацією при температурі  $(+)820^oC$  у  $\beta-CS$  (рис. 2, кр. 1). Відмічена наявність групи мінералів, які утворюються за умов автоклавної обробки: оканіт  $C_3S_6H_6$ ,  $d=0,740; 0,680; 0,610; 0,522; 0,420; 0,360; 0,305; 0,298; 0,293; 0,280; 0,277; 0,267; 0,238; 0,230; 0,222; 0,197$  нм у вигляді кристалів-планок (рис. 3, з), який дегідратується при температурі  $(-)700^oC$ ; некоїт  $C_3S_6H_8$ ,  $d=0,760; 0,680; 0,570; 0,460; 0,336; 0,304; 0,292; 0,250; 0,227; 0,190; 0,183; 0,179; 0,165$  нм у вигляді заплутано-волокнистих мас (рис. 3, з), дегідратація якого проходить при температурі  $(-)690^oC$  з наступною кристалізацією при  $(+) 750$  і  $800^oC$  у  $\beta-CS$  і  $\alpha'-SiO_2$  (рис. 2, кр. 1); голчаті кристали фошагіту  $C_4S_3H$ ,  $d=0,490; 0,337; 0,326; 0,292; 0,279; 0,268; 0,230; 0,212; 0,184; 0,174; 0,166$  нм, який дегідратується при температурі  $(-)690^oC$  із наступною перекристалізацією в  $\beta-CS$  і неоріентований  $\beta-C_2S$ ; ксонотліт  $C_6S_6H$ ,  $d=0,700; 0,420; 0,365; 0,323; 0,307; 0,271; 0,266; 0,251; 0,205; 0,184; 0,175$  нм у вигляді волокнисто-голчатих агрегатів (рис. 3, з), який дегідратується при температурі  $(-)778^oC$  із утворенням  $\beta-CS$ .

До реліктових дифракційних відображені на кривій РФА (рис. 1, кр. 1) можна віднести  $\beta-SiO_2$ ,  $d=0,423; 0,334; 0,244; 0,228; 0,212; 0,197; 0,181; 0,166$  нм (ендоефект при температурі  $(-) 578^oC$ , рис. 2, кр. 1–2) і незначну кількість карбонатного спуриту  $2(2CaO-SiO_2)\cdot CaCO_3$ ,  $d=0,301; 0,271; 0,266; 0,262$  нм, який розкладається з виділенням  $CO_2$  при температурі  $(-) 960^oC$  (рис. 2, кр. 1–2).

Середній діаметр сфероїдальних чарунок становить величину від 0,379 до 0,586 мм (рис. 3, а), які в структурі матеріалу розташовуються досить рівномірно. Середня товщина міжчарункових перегородок становить від 0,276 до 0,862 мм, в перегородках знаходяться сфероїдальні чарунки розміром від 0,069 до 0,086 мм. Такі особливості порової структури автоклавного газобетону відображаються і на міцнісних характеристиках штучного каменю.

Введення до складу ніздрюватобетонної суміші в якості добавки целюлозної фібри в кількості від 0,1 до 0,3% від сухих компонентів не призводить до зміни фазового складу продуктів гідратації (рис. 1, кр. 2), але сприяє підвищенню міцнісних характеристик, особливо міцності при згині (табл. 3). Целюлозні волокна розташовуються на поверхні сфероїдальних чарунок та в міжчарункових перегородок. Відмічено наявність чередування чарунок більшого та меншого діаметрів

в структурі автоклавного газобетону (рис. 3, б-г). На кривій ДТА (рис. 2, кр. 2) виділення фізично зв'язаної води фіксується при температурі  $150^oC$  та інші ендотекти аналогічні складу газобетону без добавок. Наявність екзоекфту при температурі  $(+)375^oC$  свідчить про термодеструкцію целюлозного волокна.

Отримані результати підтверджують каркасний характер армування ніздрюватобетонної суміші целюлозними волокнами, оскільки при певному вмісті волокон (0,1–0,2%) осадка суміші рівна нулю. В результаті введення дисперсної арматури процес сполучання газобетонної суміші дуже незначно збільшується в часі, що не впливає негативно на формування ніздрюватобетонної структури. Також спостерігається деяке зниження середньої густини через додаткове повітровтягнення в процесі перемішування суміші, що сприяє формуванню структури газобетону з рівномірно розподіленою пористістю по всьому об'єму матеріалу та підвищує міцносні характеристики штучного каменю в порівнянні з неармованим складом газобетону.

#### Висновки:

1) встановлено, що целюлозні волокна рівномірно розподіляються по всьому об'єму газобетонної суміші і помітно стабілізують процес поризації та набір пластичної міцності (від 2,87 до 2,98 МПа) до початку формування мінерало-волокнистої структури фібробетону;

2) показано, що в процесі приготування суміші армуючі волокна, рівномірно розподіляючись по її об'єму, утворюють просторовий каркас, розмір комірок якого визначається геометричними характеристиками фібр та їхньою об'ємною концентрацією. Таким чином, при оптимальному проценті армування (0,2% від маси сухих компонентів) організується мінерало-волокниста ніздрювата структура з переважанням дрібних, однорідних за розміром, переважно замкнутих повітряних пор;

3) відмічено, що в результаті введення дисперсної арматури процес сполучання газобетонної суміші незначно збільшується в часі (24–27 хв.), що не впливає негативно на формування ніздрюватобетонної структури. Також спостерігається деяке зниження середньої густини (до 380 кг/м<sup>3</sup>) через додаткове повітровтягнення в процесі перемішування суміші

4) доказано, що збільшення міцності при стиску та згині в 1,1–1,3 рази в порівнянні зі складом автоклавного газобетону без добавок, забезпечується не тільки за рахунок формування тоберморитоподібних новоутворень, але й за рахунок уведення целюлозної фібри в кількості 0,2% від сухих компонентів, що впливає на зниження середньої густини та вологості після автоклавної обробки в 1,1 рази.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Автоклавний ніздрюватий бетон, дисперсно-армований мікроволокнами технічно чистої целюлози / Лаповська С.Д., Волошина Т.М., Вознесенський В.А., Гаврилюк В.П. // Збірник «Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка». – 2011. – №40. – С. 107–111.

2. About application of insoluble cellulose short fibres in autoclaved aerated concrete with improved physicotechnical characteristics manufacture /S. Lapovskaja, T. Voloshina // 5th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete "Securing a sustainable future" to be held at Bydgoszcz to celebrate 60 years of AAC experience in Poland , September 14-17, 2011, University of Technology and Life Sciences. Р 87-95: tab.8, fig. 4. Bibliography: 21 titles
3. Химия цемента / Под ред. Х. Тэйлора. – М.: Изд-во по строительству, 1969. – 502 с.
4. Project website containing an integrated database of Raman spectra, X-ray diffraction and chemistry data for minerals. <http://rruff.info>
5. <http://www.webmineral.com>
6. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1984. – 335 с.
7. Powder Diffraction File. Alphabetical Index Inorganic Compounds / Managing Editor [Електронний ресурс]: W.F. McClune. – NY, Published by International Centre for Diffraction Data, 2001. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. Вимоги: Pentium; 32 Mb RAM, CD-ROM Windows 95/98/2000/XP. Назва з контейнера.
8. Горбунов Н.И. Рентгенограммы, термограммы и кривые обезвоживания минералов, встречающихся в почвах / Н.И. Горбунов, И.Г. Цюрупа, Е.А. Шурычина – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 187 с.
9. Борг Л.Г. Введение в термографию / Л.Г. Борг – М.: Изд-во АН СССР, 1969. – 395 с.
10. Боровский И.В. Электронно-зондовый анализ / Под ред. И.Б. Боровского. – М.: Мир, 1974. – 260 с.
11. Термический анализ минералов и горных пород. – Л.: Недра, 1974. – 399 с.
12. Винчелл А., Винчелл Г. Оптические свойства искусственных минералов. – М.: Мир, 1967. – 526 с.
13. Минералогическая энциклопедия / Под ред. К. Фрея. – Л.: Недра, 1985. – 511 с.
14. Пащенко О.О. В'яжучі матеріали: підручник. - / О.О. Пащенко, В.П. Сербін, О.О. Старчевська . – К.: Вища школа, 1995. – 416 с.

УДК 666.972

**Рудченко Д.Г., Ген. директор ООО «АЭРОК», г. Обухов, Киевская область**

## АЭРОК ИЛИ БЕЛОРУССКИЙ БЛОК – ПРАВИЛЬНЫЙ ВЫБОР

В последнее время на строительном рынке Украины, особенно в западных ее регионах, все чаще стали появляться блоки из автоклавного газобетона производства Республики Беларусь. И хоть на вид они сильно уступают современным газобетонным блокам флагмана Украины по их производству – компании Аэрок, однако для потенциального покупателя заманчивой выглядит цена на белорусскую продукцию.

Впрочем, не следует забывать народную мудрость, которая гласит: «Дешевая рыбка – плохая юшка». Так и при выборе блока не стоит делать поспешные выводы, оперируя лишь первоначальной ценой куба продукции. И дело здесь не столько в том, что цена газа в Белоруссии, от которого зависит себестоимость продукции, гораздо дешевле продающегося в Украине. Блоки Аэрок и их белорусские собратья выпускаются по разным технологиям, которые напрямую влияют на конечные потребительские свойства продукции.

Блоки, импортируемые из Беларуси, хоть и производятся в большинстве случаев на импортном оборудовании, однако выпускаются еще по советской, так называемой «ударной» технологии. Данная технология изначально была призвана, во-первых, экономить на качественных сырьевых компонентах, из которых производится автоклавный газобетон, и, во-вторых, увеличивать производительность труда. И то, и другое, как мы знаем, практически всегда сказывается на качестве готовой продукции, причем не в лучшую сторону. К тому же в белорусской продукции отсутствует очень важный сырьевой компонент – гипс, который увеличивает морозостойкость готовых изделий, их прочность на сжатие и растяжение, а также существенно уменьшает усадку при высыхании. А это очень важные характеристики, от которых зависит долговечность и надежность будущих стен дома в целом. Поэтому белорусские технологии не рискуют выпускать конструкционно-теплоизоляционный газо-

Таблица 1

**Влияние гипсового камня на прочностные характеристики газобетона автоклавного твердения плотностью 500 кг/м<sup>3</sup>, изготовленного по разным технологиям**

Содержание добавки, %	Литьевая технология AEROC		Ударная технология Республика Беларусь	
	Предел прочности при сжатии, МПа	Предел прочности на изгиб, МПа	Предел прочности при сжатии, МПа	Предел прочности на изгиб, МПа
0	1,5–2,0	0,79–0,8	2,4	0,8–0,83
7	3,5–4,0	0,96–1,01	–	–

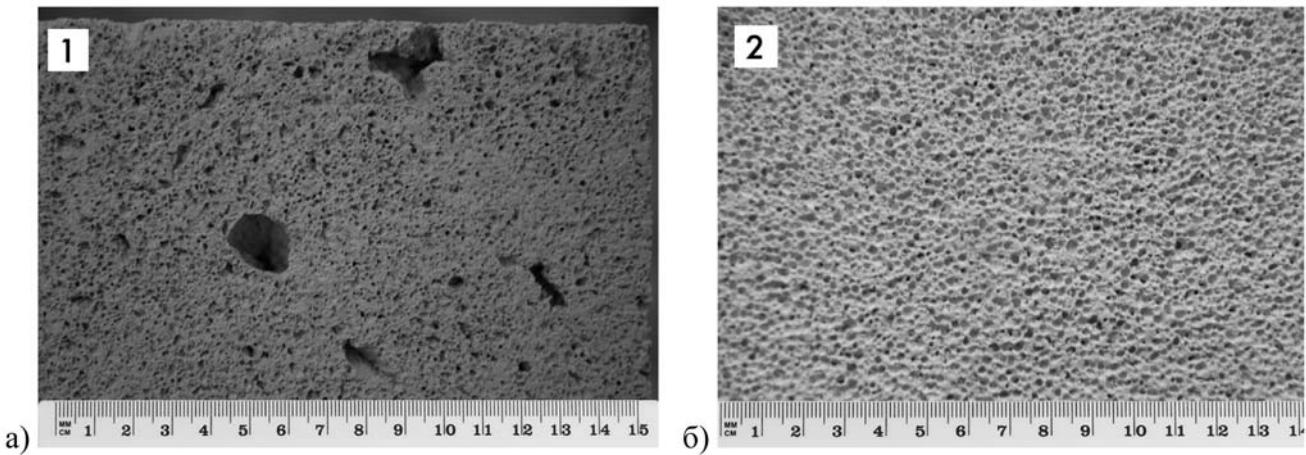


Рис. 1. Макроструктура ячеистого бетона: а) ударная технология  
б) литьевая технология с гипсовым камнем

бетон плотностью 300 или 400 кг/куб.м, а перестраховываются, выпуская изделия плотностью 600 или в лучшем случае 500 кг/куб.м. А если и производят газобетон с плотностью 400, то такие блоки имеют прочность всего лишь В1,0. По всем строительным нормам, включая и украинские, такая продукция относится к сугубо теплоизоляционной и не может использоваться в качестве несущих стен. Даже если дом из таких блоков все-таки построен, очень велика вероятность будущего обрушения стен. С другой стороны, чем ниже плотность газобетона, тем теплее стены здания. В данном случае, покупатели дешевой белорусской продукции плотностью 500–600 существенно проигрывают в экономии энергоносителей на отопление дома. Или вынуждены строить стены, которые необходимо дополнительно утеплять снаружи. А отсутствие паза-гребня на таких блоках приводит к увеличению нормы расхода клеевого состава.

Автоклавный газобетон торговой марки Аэрок выпускаются на самом современном импортном оборудовании, по так называемой «литевой» технологии, которая распространена в Европе.

Изначально данная технология привязана к очень качественному сырью, что с одной стороны увеличивает себестоимость продукции, зато с другой – несомненно, улучшает ее качество. При производстве блоков Аэрок используется небольшое количество

гипса, который заметно улучшает физико-механические характеристики готовой продукции, в частности ее прочность на сжатие и растяжение при изгибе (таблица 1).

Введение гипса в качестве сырьевого компонента способствует улучшению макроструктуры ячеистого бетона. Поры при этом получаются круглой формы с равномерным распределением по всему объему (рис. 1). Снижается количество раковин и других дефектов бетона.

За счет правильной формы межпоровых перегородок увеличивается прочность бетона на сжатие, повышается его морозостойкость. Равномерное распределение пор способствует уменьшению коэффициента теплопроводности материала.

При введении в состав ячеистобетонной смеси более 3,5 % гипсового камня с использованием литьевой технологии предел прочности при сжатии и на изгиб материала существенно возрастает. Введение же гипсового камня при ударной технологии, которой пользуются белорусские производители, является не целесообразным ввиду быстрого набора массивом пластической прочности перед порезкой блока, что ведет к высокому проценту брака при массовом производстве.

Улучшение прочностных характеристик ячеистого бетона с добавкой гипсового камня объясняется изме-

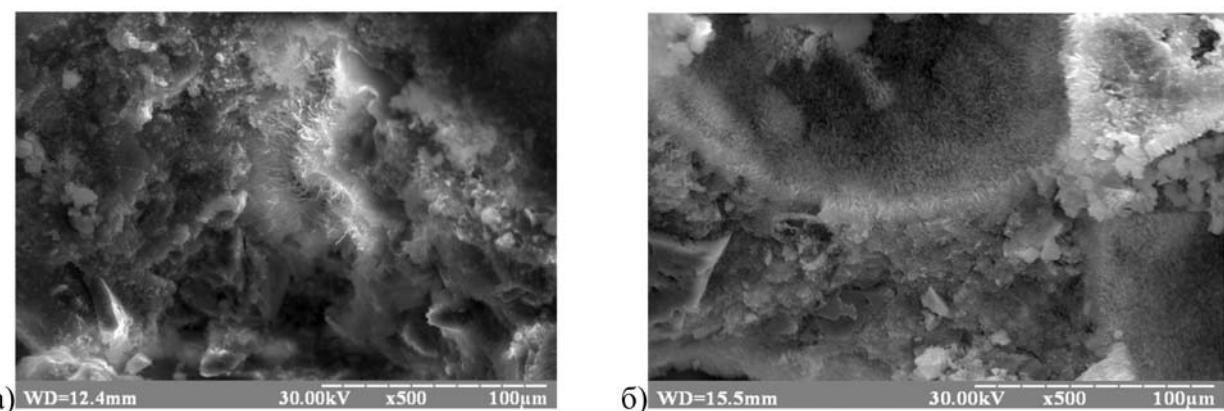


Рис. 2. Электронно-микроскопическое изображение микроструктуры межпоровой перегородки ячеистого бетона: а) без добавки гипсового камня; б) с добавкой гипсового камня

**Таблица 2**  
**Морозостойкость образца ячеистого бетона AEROC с добавкой гипсового камня, изготовленного по литьевой технологии**

№ п.п.	Количество циклов попеременного замораживания и оттаивания	Относительное снижение прочности, $\Delta R$ (%)	Потеря массы, $\Delta m$ (%)
1.	75	5,34	0,51
2.	100	1,48	0,62

нением микроструктуры материала. Гипс интенсифицирует связывание кремнезема  $SiO_2$  с  $CaO$ , ускоряет гидратацию  $C_3S$  и приводит к увеличению в составе новообразований количества низкососновных гидросиликатов кальция и тоберморита. Как видно на рис. 1, межпоровая перегородка образца с добавкой гипсового камня имеет большую степень закристаллизованности по сравнению с образцом без добавки гипса.

За счет этого увеличивается прочность на сжатие, повышается морозостойкость, уменьшается усадка при высыхании.

При проведении испытаний на морозостойкость образца ячеистого бетона AEROC с добавкой гипсового камня, изготовленного по литьевой технологии, были получены следующие результаты (таблица 2).

Таким образом, было установлено, что прочность образцов ячеистого бетона, изготовленных по литьевой технологии AEROC с добавкой гипсового камня, увеличилась после 100 циклов попеременного замораживания и оттаивания, в то время как прочность образцов, изготовленных без гипсового камня по ударной технологии, заметно снижается. Как следствие, морозостойкость белорусских газоблоков плотностью D400–500, произведенных по ударной технологии, не превышает 25 циклов.

Блоки Аэрок имеют точные геометрические размеры, систему «паз-гребень», которая формирует тепловой замок по вертикальному шву, монтажные захваты, облегчающие процесс переноса блоков и кладки стены.



Основная плотность продукции, которая производится на заводах компании Аэрок, имеет плотность 300 или 400 кг/куб.м. При этом прочность блоков составляет В 2,0 или В2,5 в зависимости от плотности. Такой класс прочности позволяет смело использовать блоки для строительства несущих стен двух- или трехэтажных домов. При этом стены из газоблоков плотностью 300 на 67% теплее стен из газобетона плотностью 500. Таким образом, стена толщиной

300 мм из газобетона Аэрок плотностью 300 кг/куб.м соответствует теплоизоляции стены толщиной 500 мм из белорусского блока плотностью 500 кг/куб.м. При этом морозостойкость блоков Аэрок имеет марку от F50 до F100 против F25 белорусского газобетона, что значительно улучшает сохранность газобетонных стен без наружной отделки в осенне-зимний период.

Норма расхода клея на пазогребневые блоки Аэрок составляет от 20 до 25 кг/куб кладки против 25–30 кг/куб кладки гладких белорусских блоков.

Подводя итоги вышесказанному, сведем показатели продукции компании Аэрок и Республики Беларусь в сравнительную таблицу 3.

**Таблица 3**

Производитель	Технология	Плотность	Прочность	Морозостойкость	Необходимая толщина стены без утепления, мм
Белоруссия	Ударная	500; 600	B1,5; B2,0	F25	400; 480
Аэрок	Литьевая	300; 400	B2,0; B2,5	F50; F100	280; 350

А ведь именно толщина готовой стены, которая должна соответствовать всем необходимым прочностным и теплоизоляционным характеристикам, и определяет экономику строительства. Ведь в нее входит как и объем купленного материала, так и конечная смета работ по укладке блоков.

Необходимо также подчеркнуть, что стоимость блоков составляет всего 7–8% от общей стоимости строительства, но от их качества зависит надежность и долговечность эксплуатации здания в целом на протяжении не одного десятка лет. И будет весьма обидно сэкономить пару тысяч гривен на покупке блоков в начале строительства, но потерять десятки тысяч гривен на устранения дефектов стен, связанных с низким качеством стенового материала. А в некоторых случаях такие дефекты стен дома либо вообще не устранимы, либо напрямую несут угрозу жизни его владельцам.

Таким образом, перед покупкой блоков всегда необходим всесторонний анализ качественных и стоимостных показателей не просто куба продукции, а построенной на ее основе готовой стены. И только после этого надо принимать окончательное решение – выбирать качественный газобетон нового поколения от ведущего украинского производителя, изготовленный с применением современных технологий, или дешевый белорусский блок, произведенный по устаревшей технологии и имеющий низкие потребительские свойства.

**AEROC** LSR підприємство  
Групи  
ЛСР

# ИННОВАЦИОННЫЕ И ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ КОМПАНИИ САРАРОЛ

УДК 699.86

Піпа В.В., канд. техн. наук, ДП «Капарол Україна», с. Віта-Поштова, Києво-Святошинський р-н, Україна

## ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ТА КАПІТАЛЬНОМУ РЕМОНТІ СПОРУД ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЄВРОПЕЙСЬКОГО ДОСВІДУ ТА СИСТЕМ УТЕПЛЕННЯ САРАТЕСТ

Минула ера необмежених і дешевих енергоресурсів. Натомість відразу постало проблема наявності коштів на опалення приміщень, побудованих ще за стандартами радянських часів. Ця проблема також не менш актуальна і в архітектурно-проектних колах, де вирішуються задачі створення сучасних і одночасно енергоефективних споруд. Багато хто почав ставити собі питання: «Скільки я плачу за обігрів приміщення вже сьогодні і скільки буду платити завтра?». І тоді стане ясно, що витрата споживаного теплоносія буде прямо пропорційна теплоізоляційним властивостям конструкції будівлі. Особливо гострою є проблема енергозбереження в наявному житловому фонді внаслідок його фізичного та морального зношення. Будинки є найбільшими споживачами енергії. На їх опалення та охолодження використовується більше 40% об'єму споживання енергії в Європі. Саме тут існує величезний потенціал економії енергії. Сьогодні, на жаль, мало замислюються над тим, як важливо мати правильно запроектований та грамотно побудований дім. Великі кошти витрачаються дарма за рахунок неправильного використання будівельних технологій. Зараз як ніколи в Україні є актуальною проблема зниження витрат енергоресурсів на опалення та гаряче водопостачання. Її вирішення є важливим, оскільки тільки на опалення житлового фонду щорічно витрачається понад 70 млн. т. у.п., у перерахунку на одного мешканця – 1,4 т.у.п. – вдвічі більше ніж у Німеччині. Проблема енергозбереження у нас, як і в багатьох інших країнах світу, розглядається як один із аспектів енергетичної безпеки держави, і перший чинник, який це визначає – є невідворотність переходу на світові ціни енергоносіїв. Ситуація погіршується значним фізичним зношенням основних конструктивних елементів будинків, в результаті чого витрати тепла крізь зовнішні стіни складають близько 30%, підвальні та горищні перекриття – до 10%; віконні та дверні отвори – до 30%, системи вентиляції – до 30%. Наявний житловий фонд України складається з будинків різних періодів будівництва: 4,2% – це будинки, збудовані до 1945 року; 57,7 % – у 1946-1970 рр.; 26,3% – 1971-1990 рр., опір теплопередачі огорожуючих конструкцій яких в 2-4 рази нижчий за нормативні показники.

Існує досить широка практика впровадження технічних заходів, які дозволяють зменшити нерациональні витрати енергії в житлових будинках. Це не тільки встановлення приладів обліку та регулю-

вання споживання тепла, води, електроенергії та газу, модернізація систем тепlopостачання, а ще й реконструкція конструктивних елементів будинку, утеплення фасадів. При цьому треба враховувати накопичений досвід, який свідчить про те, що вдвічі вигідніше утеплити будинок, ніж намагатися в погано захищенному будинку досягти такого ж результату за рахунок покращення ефективності тільки систем тепlopостачання.

Отже, щоб знизити вартість опалювання в майбутньому, необхідно вже сьогодні починати роботи по утепленню. Застосування системи зовнішньої теплоізоляції ефективне не тільки при новому будівництві, але і при реставрації, реконструкції, капітальному і поточному ремонті будівель і споруд різного призначення. Тому це один з головних методів вирішення проблеми енергозбереження. Термоізоляція підвищує комфортність проживання у будинку. Якщо потужність системи опалення не здатна забезпечити нормальну температуру приміщень у холодний період, то за допомогою надійної термоізоляції можна забезпечити зниження потреби в енергії і запобігти зниженню температури в будинку. За умови достатньої подачі тепла в будинок комфортність умов проживання значно збільшується завдяки підвищенню температури внутрішньої поверхні стіни, що настільки ж важливо, як і температура самого повітря.

Термоізоляція дозволяє знизити ризик пошкодження конструктивних елементів будинку. За рахунок підвищення температури внутрішніх поверхонь та елементів конструкцій будинку можна звести до мінімуму проблеми, викликані конденсацією парів води та підвищеннем вологості структурних елементів. Енергозбереження подовжує життя будинків. Оскільки більше 99% житлового фонду країни має потребу і в тому, і іншому, то варто задуматися – наскільки доцільно застосовувати систему зовнішньої теплоізоляції.

Серед безліч поширеніх методів утеплення найпростішим, відносно не дорогим і надійним є легкий мокрий метод. В основу такої технології покладений «мокрий спосіб» нанесення шарів. Однією з таких технологій, є системи «САРАТЕСТ» скріпленої зовнішньої теплоізоляції будівель і споруд. Застосування цієї технології, дає можливість створити на всій поверхні будівлі суцільний, нерозривний, водостійкий, теплоізоляційний шар, стійкий до механічних дій і несприятливих кліматичних умов.

Така система утеплення є конструктивним елементом будівлі і складається з наступних елементів:

- шару клейового розчину, призначеного для приkleювання теплоізоляційних плит (Capatect Klebemasse 190 S);
- плитного утеплювача, який кріпиться до основи за допомогою розчину клейової суміші та механічного кріplення (дюbelь);
- клєючо-армуючого шару Capatect Klebe – und Spachtelmasse 190 grau, армованого лугостіжкою склосіткою Capatect, який служить для зміцнення системи та захисту утеплювача від механічних і атмосферних дій;
- декоративно-захисного покриття, що посилює захисну дію армуючого шару і є зовнішнім оздобленням поверхні системи утеплення (рекомендовано застосовувати мінеральні штукатурки Capatect Mineral Leichtputz із подальшим оздобленням тонованими фарбами, або одразу тоновані у відповідний колір дисперсійні штукатурки – Capatect Fassadenputz, силікатні штукатурки – Sylitol Fassadenputz, силіконові штукатурки - AmphiSilan Fassadenputz);
- допоміжних елементів з перфорованих корозійно-стійких будівельних профілів; ущільнюючих і герметизуючих матеріалів, які служать для ущільнення і герметизації місць примикання теплоізоляційного шару до віконних і дверних отворів, місць з'єднання теплоізоляційного шару з конструкціями покрівлі, та для улаштування деформаційних швів в теплоізоляційному шарі.

Така система відноситься до складних будівельних конструкцій, які вимагають грамотного і ретельного підходу при проектуванні, монтажі і експлуатації. Тому тільки при дотриманні проектних рішень улаштування системи, рекомендацій виробника системи, можна досягти очікуваного результату економії енергоресурсів при експлуатації будівлі. Правильна реалізація конструктивних рішень теплоізоляції фасадів має також ряд інших переваг, а саме:

- створює комфортні умови для мешкання в утепленій будівлі;
- знижує можливість виникнення цвілі на внутрішній поверхні зовнішніх стін;

- запобігає руйнуванню будівельних конструкцій під впливом агресивних атмосферних дій;
- сприяє економішій експлуатації опалювальних систем, а також використання альтернативних джерел енергії;
- усуває дефекти і руйнування, що винikли при експлуатації будівлі або внаслідок неякісного опорядження;
- дозволяє реконструювати старі історичні будівлі і будувати нові в будь-якому архітектурному стилі, завдяки широкій можливості формування архітектурних деталей з утеплювача, підвищити естетику зовнішнього вигляду фасадів – дає широку свободу у виборі виразних форм при опорядженні фасаду.

Сучасні підходи в будівництві дозволяють створити енергоефективні, як нові будинки, так і довести до цих параметрів те, що вже побудоване. Енергоощадливість стає дуже важливою характеристикою будівлі, а в найближчий час буде критерієм гарного проекту та якості будівництва.

У результаті, якщо ми хочемо отримати реальні і відчутні результати по енергозбереженню, основну увагу необхідно приділяти розробці і реалізації проектів будівництва, які будуть орієнтовані на мінімізацію витрат енергоресурсів в експлуатаційний період, а не на стадії зведення об'єктів. Для вирішення цього завдання компетентною групою фахівців з команди ДП «Капарол Україна» проводяться навчальні семінари і консультації, а також технічний супровід об'єктів, де застосовується система теплоізоляції САРАТЕСТ.

#### **Довідка про компанію ДП «Капарол Україна»:**

Компанія CAPAROL – один з найбільших світових виробників фасадних і внутрішніх фарб, штукатурок, систем утеплення фасадів будівель, будівельних та лакофарбових матеріалів.

З 1996 року в Україні працює представництво CAPAROL, в 2003 році – було відкрито дочірнє підприємство «Капарол Україна».

# СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ

УДК 666.9.031: 517.8

Соха В.Г., доктор техн. наук, Лауреат Государственной премии в области науки и техники, генеральный директор «Хенкель-Баутехник Украина», г. Киев;

Карапузов Е.К., канд. техн. наук., лауреат государственной премии в области науки и техники, заместитель генерального директора по техническим вопросам «Хенкель-Баутехник Украина», г. Киев;

Ляшенко Т.В., доктор техн. наук, профессор, Одесская государственная академия строительства

и архитектуры, г. Одесса;

Крюковская С.А., аспирант, Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса

## РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНЫХ РАСТВОРОВ С ПОЛИПРОПИЛЕНОВОЙ ФИБРОЙ И VINNAPAS® 5014 F

Полимерцементные композиции с полимерной фиброй представляют основу сухих смесей для строительных растворов разного назначения [1–3], в частности, для наливных самовыравнивающихся покрытий. Соединение в смесях неорганических и полимерных связующих является существенным для обеспечения высокого качества материала. Органический компонент, как правило – диспергируемые полимерные порошки. Наиболее известные из них VINNAPAS® (фирмы WACKER POLYMERS [4]), соединяясь с цементом, образуют «идеальные» вяжущие системы, значительно улучшающие технологические свойства смесей, водоудерживающую способность, адгезию, когезию, прочность при изгибе и другие критерии качества затвердевших композитов.

Из множества других компонентов сухих смесей для устройства полов [2, 3, 5] в данной работе выделены неоднозначно влияющие на свойства композиций эфиры целлюлозы, необходимые для обеспечения водоудержания и снижения седimentации, а также полимерные волокна, которые вводят для уменьшения усадочных деформаций, повышения прочности, трещиностойкости и износостойкости.

Введение фибры, направленное на улучшение свойств затвердевшего материала, может, в то же время, препятствовать этому улучшению, ухудшая удобоукладываемость и другие свойства жидкой смеси. Для определения оптимального содержания фибры, зависящего от свойств матрицы, для рационального проектирования композиций того или иного назначения необходимы зависимости критериев поведения материала ( $Y$ ) от его рецептуры (вектора  $x$ ). В набор критериев должны входить и свойства готового материала, и реологические характеристики технологической смеси. Целесообразно (как показано, в частности, в работах [6–7] и косвенно декларируется комитетом RILEM 222-SCF "Simulation of fresh concrete flow"), чтобы среди последних были характеристики состояния структурированной жидкости, определяемые в прямых реологических измерениях, а также параметры соответствующих реологических уравнений.

Зависимости  $Y(x)$  могут быть получены в виде многофакторных экспериментально-статистических (ЭС) моделей [8–10]. Описывая рецептурные поля

критериев  $Y$  (в координатах состава  $x$ ), ЭС-модели позволяют [11–14] квантифицировать и анализировать индивидуальные и совместные эффекты компонентов, а также симулировать в вычислительных экспериментах уровни свойств множества композиций в исследуемом диапазоне для выявления и измерения связей между свойствами и поиска допустимых, оптимальных и компромиссно оптимальных рецептур.

В данной работе этот подход использован при исследовании реологического поведения и свойств полимерцементных композиций, составляющих основу сухих смесей для самовыравнивающихся полов. Исследовались составы, содержащие диспергируемый полимер Виннапас «нового поколения», соединяющий функции связующего и суперпластификатора. Фирма-производитель рекомендует это полимерное вяжущее, VINNAPAS® 5014 F (F – от Flow, класс продуктов с высокой растекаемостью без разжижителей), в том числе для машинной технологии подачи и наливки раствора.

**Эксперимент и модели.** Варьируемые в эксперименте 4 параметра состава (факторы  $X_i$ ) представлены в таблице 1; их значениям соответствуют уровни нормализованных факторов,  $|x_i| \leq 1$  [8–10]. Количество цемента и песка оставалось постоянным (соответственно 39 и 57 массовых частей в 100 м.ч. сухой смеси [5]). Следует отметить, что: пересчет дозировки  $V$  в проценты от массы сухой смеси дает диапазон

Таблица 1

Значения параметров состава в эксперименте

i	Фактор $X_i$	Уровни		
		$x_i = -1$	$x_i = 0$	$x_i = +1$
1	Количество VINNAPAS® 5014 F, V (% от массы цемента)	2,3	3,9	5,5
2	Молекулярная масса мицелл целлюлозы, MMC (по вязкости водного раствора, мПа · с)	300	1500	3000
3	Дозировка метицеллулозы, MC (% от массы цемента)	0,10	0,25	0,40
4	Содержание полипропиленовой фибры (3 мм), F (% от массы цемента)	0,2	0,6	1,0

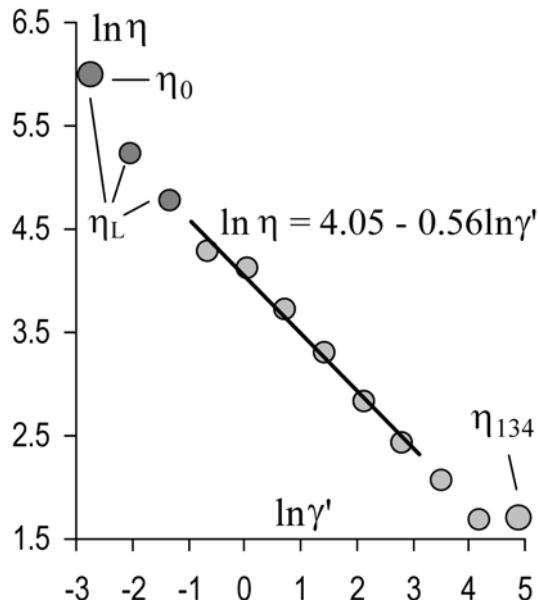


Рис. 1. Точки кривой вязкости для смеси в центре эксперимента

0.9–2.1%, накрывающий интервал достаточно низких дозировок (1–2%), рекомендуемых производителем; MMC = 1500 на самом деле соответствует  $x_2 = -0.11$ , но условно показано в таблице 1 как  $x_2 \approx 0$ .

Для 18 смесей, в соответствии с 4-факторным планом эксперимента 2-го порядка [15], прежде всего, подбирались количество воды ( $W$ , м.ч. на 100 сухой смеси), обеспечивающее заданную растекаемость технологической смеси – 180 мм (согласно ДСТУ Б В.2.7-126:2006).

Для каждой из 18 смесей на ротационном вискозиметре (с коаксиальными цилиндрами) определена эффективная вязкость  $\eta_\gamma$  (Па · с) в диапазоне скорости сдвига  $\gamma' = 0.066\text{--}134.5 \text{ c}^{-1}$ . На рис. 1 показаны данные, полученные для композиции в центре эксперимента – при центральных значениях всех 4-х факторов. В диапазоне средних скоростей (0.52–16.81) кривые вязкости для каждой смеси адекватно описаны (средняя ошибка неадекватности около 10%) уравнениями (1) Отвальда-де Виля [16], где коэффициент  $K$  равен эффективной вязкости  $\eta_1$  (при  $\gamma' = 1$ ), и  $m < 0$  характеризует [11–12, 17] темп разрушения структурированной жидкости (чем больше  $|m|$ , тем менее устойчива структура).

$$\eta_\gamma = K \cdot (\gamma')^m, \ln \eta_\gamma(x) = \ln K(x) + m(x) \cdot \ln \gamma' \quad (1-2)$$

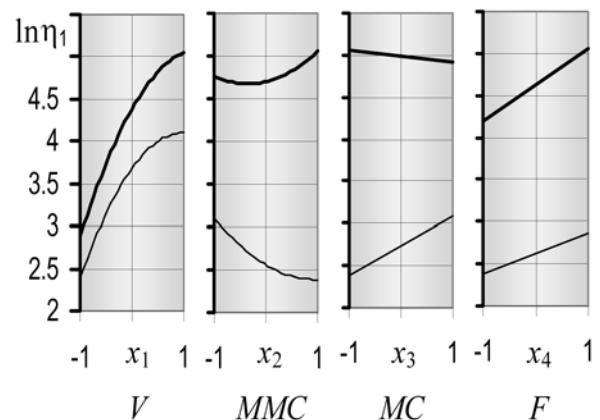


Рис. 2. Влияние параметров смеси на вязкость  $\eta_1$  в зонах минимума и максимума

Параметры тех или иных реологических уравнений, в частности,  $K$  и  $m$  в (1), характеризующие конкретную дисперсную систему с жидкой дисперсионной средой (смесь фиксированного состава), относят к так называемым «константам» физических моделей. В то же время, значения этих критериев реологического поведения технологической смеси зависят от ее состава, что отражено в логарифмической форме (2) уравнения (1). Среди других зависящих от  $x$  реометрических критериев могут использоваться и некоторые числовые обобщающие показатели кривой вязкости. Это, в частности вязкости, показанные на рис. 1:  $\eta_0$  – при минимальной  $\gamma'$  (0.066),  $\eta_L$  – средняя для 3 нижних скоростей,  $\eta_{134}$  – при  $\gamma' = 134.5$ , возможно, близкая к вязкости жидкости с предельно разрушенной структурой [18].

С помощью ЭС-моделей «константы» могут быть описаны как функции состава и проанализированы с помощью вычислительных экспериментов на рецептурных полях этих критериев. Такое объединение моделей разной природы [19–20], «квази-фундаментальных» и экспериментально-статистических, может служить мостом между общими закономерностями и конкретными технологическими условиями при разработке конкретных материалов.

Значения  $K$  и  $m$  в (1) для 18 композиций позволили описать зависимости  $K(x)$  и  $m(x)$  в (2) нелинейными ЭС-моделями. Ниже приведена такая модель (3) для  $K = \eta_1$  (со значимыми эффектами при ошибке эксперимента 11% – ошибке оценки  $K$ ).

$$\ln \eta_1 = 4.06 + 0.70x_1 - 0.41x_1^2 + 0.25x_1x_2 - 0.05x_1x_3 + 0.11x_1x_4$$

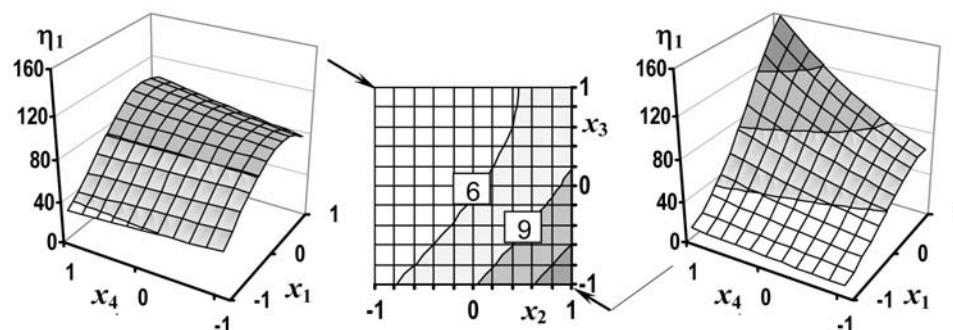


Рис. 3. Два локальных поля  $\eta_1(x_1, x_4)$  и относительный перепад  $\eta_1$  за счет  $V$  и  $F$  для разных MMC и MC – на квадрате  $\{x_2, x_3\}$

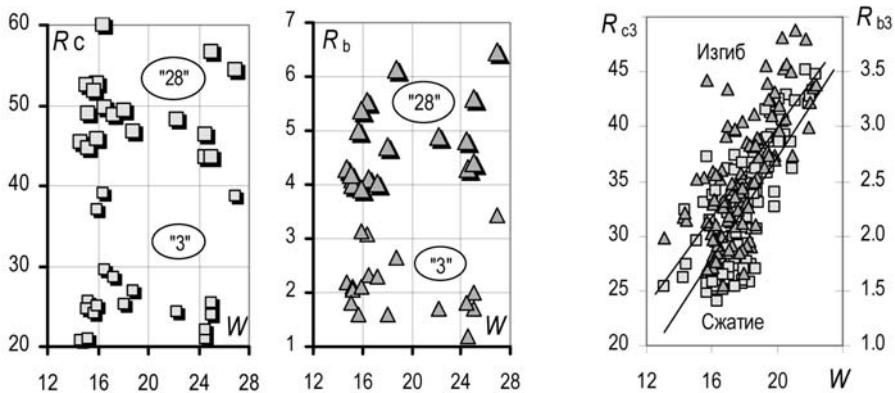


Рис. 4. Диаграммы рассеяния экспериментальных значений водопотребности и прочности и их значения для генерированных композиций при верхнем содержании VINNAPAS® (справа)

$$\begin{aligned} & -0.09x_2 - 0.20x_2^2 \pm 0 x_2x_3 \pm 0 x_2x_4 \\ & + 0.13x_3 \pm 0 x_3^2 - 0.16x_3x_4 \\ & + 0.17x_4 \pm 0 x_4^2 \end{aligned}$$

Уравнение (3) описывает рецептурное поле вязкости  $\eta_1$ , с минимальным уровнем  $\eta_{1,\min} = \exp(2.387) = 10.9$  (при  $x_1 = x_3 = x_4 = -1$ ,  $x_2 = 0.87$ ) и максимуме  $\eta_{1,\max} = 156.6$  Па·с ( $x_1 = x_2 = x_4 = +1$ ,  $x_3 = -1$ ). Однофакторные локальные поля  $\ln\eta_1$  на рис. 2, полученные подстановкой в (3) координат экстремумов, отражают влияние на эту характеристику отдельных параметров смеси.

Данные о других реометрических характеристиках, о водопотребности, о прочности при сжатии и изгибе через 3 и 28 суток твердения ( $R_{c3}$ ,  $R_{b3}$ ,  $R_{c28}$ ,  $R_{b28}$ , МПа), динамическом модуле упругости  $E$  (ГПа), водопоглощении и других свойствах для каждой из 18 композиций позволили описать рецептурные поля этих критериев качества материала аналогичными (3) ЭС-моделями.

**Реометрические характеристики.** Реологические свойства дисперсных систем [18], характеризующие формирующиеся структуры композитов в начале «рождения», в то же время определяют надежность технологии и затраты энергии. С учетом этого проанализировано влияние управляемых параметров смеси на указанные выше реометрические критерии.

Уравнение (2) с  $K(x)$  и  $m(x)$  в виде ЭС-моделей дает возможность оценить эффективную вязкость любой технологической смеси в исследуемом диапазоне для любой скорости сдвига в пределах аппроксимации Оствальда-Виля. Модель (3) и кривые на рис. 2 пока-

зывают, что количество «вяжущего – суперпластификатора» более чем другие факторы увеличивает  $K = h_1$ . То же относится и к содержанию фибры в случае достаточно вязких смесей. Факторы метилцеллюлозы значимо изменяют степень влияния  $V$  и  $F$ , причем молекулярная масса и дозировка в противоположном направлении. Это видно на рис. 3, где показаны зависимости  $h_1$  от  $V$  и  $F$  при верхнем содержании «низкомолекулярной» метилцеллюлозы ( $x_2 = -1$ ,  $x_3 = +1$ ) и наоборот ( $x_2 = +1$ ,  $x_3 = -1$ ).

Влияние Виннапас наиболее весомо и для других реометрических характеристик:  $h_0$  и  $h_L$  (тесно коррелированных),  $h_{123}$ ,  $|m|$ . Для этих критериев можно отметить следующее:

- $|m|_{\min} = 0.42$ ,  $|m|_{\max} = 0.73$ , рост  $|m|$  (а следовательно, большее падение  $\eta_1$ ) с увеличением  $F$  до 0.85–0.9% ( $x_4 = 0.69$ ), неоднозначное влияние метилцеллюлозы;

- $h_{0,\min} = 99.6$ ,  $h_{0,\max} = 63.8$ ,  $h_{0,\max} = 927$ ,  $h_{L,\max} = 619$  Па·с, неоднозначное влияние ММС и МС, заметное увеличение  $h_L$  с увеличением  $F$  в зоне максимума;

- при высокой скорости сдвига дозировка МС не оказывает влияние на вязкость смеси, в частности на  $h_{134}$ , которая заметно падает при увеличении молекулярной массы; в вязких смесях снижению вязкости при повышенных  $\gamma'$  может способствовать увеличение содержания фибры.

**Прочность.** Участие полимерного вяжущего со свойствами суперпластификатора приводит, судя по экспериментальным данным, показанным на рис. 4, к отсутствию отрицательной статистической связи

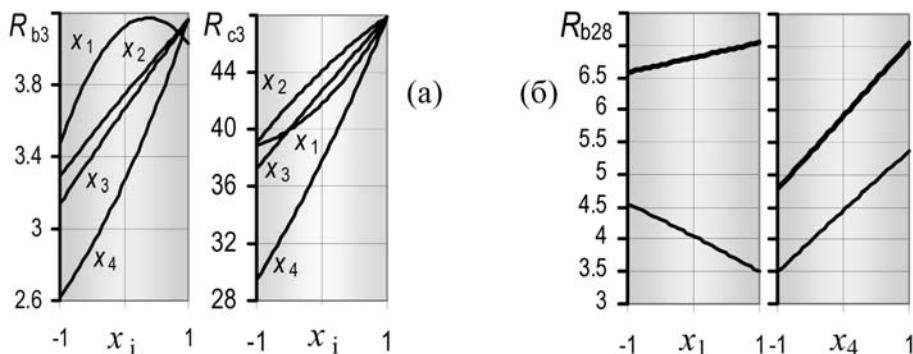


Рис. 5. Однофакторные зависимости в зонах максимумов ранней прочности (а), в зонах максимума и минимума 28-дневной прочности при изгибе (б)

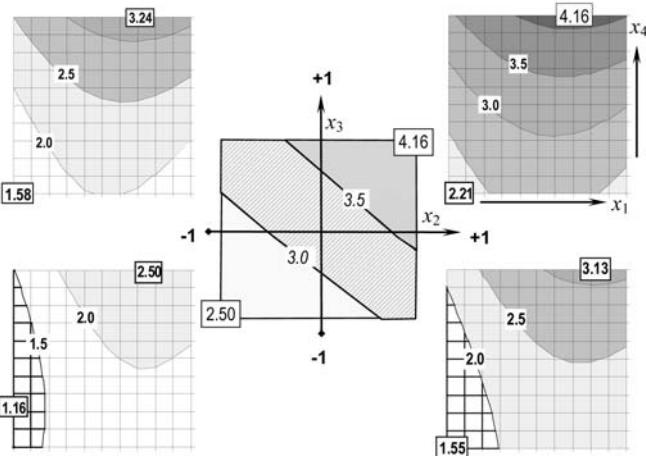


Рис. 6. Поля  $R_{b3}$  в координатах  $V$  и  $F$  (т.е.  $x_1, x_4$ ) для 4 комбинаций MMC и MC ( $x_2, x_3 = \pm 1$ ) и максимум  $R_{b3}(x_1, x_4)$  в зависимости от  $x_2, x_3$

прочности с водопотребностью, характерной для цементных композитов.

Более того, по оценкам  $W$  и  $R$ , полученным для генерированных композиций в вычислительном эксперименте (с помощью ЭС-моделей и алгоритма, описанного в частности в [11–13]), корреляция  $R$  с  $W$  становится значимо положительной при верхних дозировках полимерного вяжущего – суперпластификатора (рис. 4, справа). Очевидно, для этих соотношений компонентов увеличение количества воды приводит к улучшению условий гидратации.

Положительная корреляция ранней прочности при сжатии и изгибе (коэффициент корреляции  $r\{R_{c3}, R_{b3}\} = 0.86$  значим при риске менее 1%), естественно, сохраняется и после 28 суток ( $r\{R_{c28}, R_{b28}\} = 0.55$ ). Некоторая потеря тесноты связи отражает изменения распределения напряжений в зрелой структуре затвердевшего раствора. Об этом свидетельствует и разница в оценках автокорреляции  $R_c$  и  $R_b$ :  $r\{R_{c3}, R_{c28}\} = 0.73$ ,  $r\{R_{b3}, R_{b28}\} = 0.54$ .

Построенные по данным о прочности 18 композиций ЭС-модели позволили оценить обобщающие показатели рецептурных полей прочностных критериев, в частности, определить следующие максимальные и минимальные уровни:  $R_{b3,max} = 4.2$  (при  $x_1 = 0.40, x_2 = x_3 = x_4 = +1$ ),  $R_{b28,max} = 7.0$  МПа ( $x_1 = x_4 = +1, x_2 = 0.53, x_3 = 0.84$ );  $R_{c3,max} = 47.9$  ( $x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = +1$ ),  $R_{c28,max} = 60.8$  МПа ( $x_1 = x_3 = x_4 = +1, x_2 = -0.48$ ).

Кривые на рис. 5, представляющие индивидуальное влияние факторов состава на прочность растворов, подтверждают существенную роль полимерного вяжущего в формировании структуры композита и безусловный положительный эффект фиброармирования. Следует отметить, что  $R_{b3,max}$  достигается не на верхней границе  $V$  (как для  $R_{c3,max}$ , при  $x_1 = +1$ ), а при более низком содержании полимерного порошка ( $x_1 = 0.4–0.65$ ), и дальнейшее увеличение  $V$  не имеет смысла.

Диаграммы «квадраты на квадрате» и «кубы на отрезке» (рис. 6–7) иллюстрируют взаимное влияние факторов на прочность при изгибе – связанный с трещиностойкостью, существенный для покрытий критерий, особенно в раннем возрасте.

«Качество» и количество метилцеллюлозы (MMC и MC) изменяет значение  $R_{b3,max}$ , обеспечиваемое  $V$  и  $F$  (рис. 6). Чувствительность  $R_{b3}$  к изменениям факторов метилцеллюлозы ( $4.2 / 2.5 \approx 1.7$ ) практически та же, что и для  $R_{c3}$ . По моделям трехдневных прочностей оценена эффективность фиброармирования для определенных MMC и MC – как отношение (4) максимальной прочности на квадрате  $\{x_1, x_4\}$  к уровню прочности при  $x_1$  (т.е.  $V$ ), соответствующем максимуму, но при минимальном  $x_4$  (количество фибры). Значения эффективности фибры, в диапазоне 1.3–1.65, для ранней прочности оказываются тем больше, чем большая концентрация метилцеллюлозы.

$$EF = R_{max}\{x_1, x_4\} / R(x_{1,max}, x_4 = -1) \quad (4)$$

Диаграммы на рис. 7 демонстрируют возможности обеспечить требуемую прочность при изгибе через 28 суток за счет соответствующих  $V$ , MC и  $F$  для трех разных эфиров целлюлозы. Видно, что переход от «легкой» к более «тяжелой» метилцеллюлозе изменяет направление градиента поля  $R_{b28}(x_1, x_3, x_4)$  и характер изоповерхностей.

**Динамический модуль упругости.** Рецептурное поле модуля упругости имеет максимальный уровень  $E_{max} = 27$  ГПа при верхнем значении  $V$  и нижних значениях трех других факторов. Минимум  $E_{min} = 14.5$  ГПа соответствует минимальным дозировкам компонентов и наибольшей MMC. Прирост  $E$  в области 4-х факторов около 100%, в основном за счет Виннапас, но с учетом количества и молекулярной массы метилцеллюлозы.

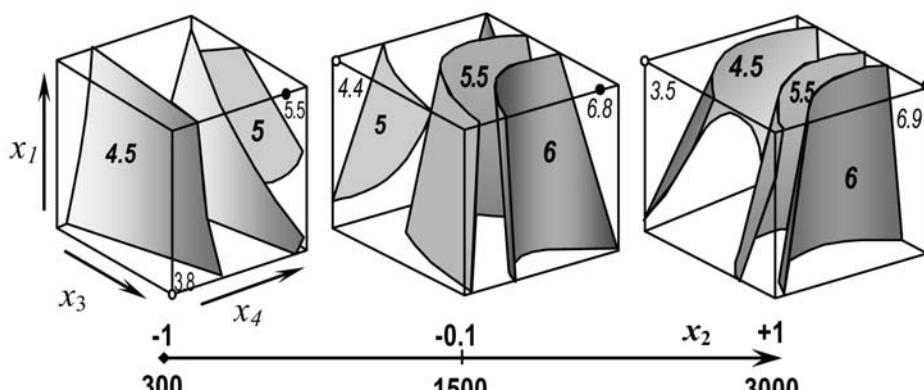


Рис. 7. Поля  $R_{b28}(x_1, x_3, x_4)$  для композиций с метилцеллюлозой разных молекулярных масс

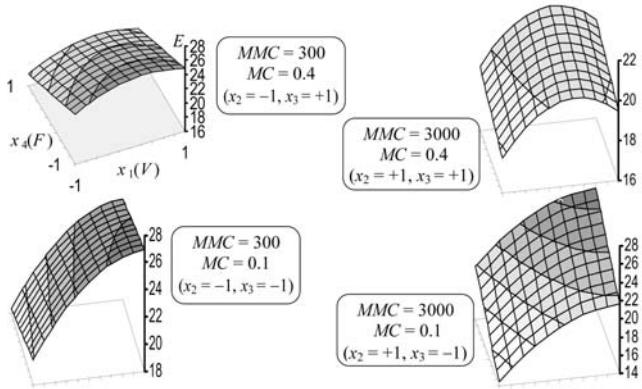


Рис. 8. Локальные поля модуля упругости в координатах  $V$  и  $F$  при двух дозировках метилцеллюлозы двух молекулярных масс

Это отражают диаграммы на рис. 8. Очевидно, что МС и MMC определяют условия формирования структуры матрицы, каркаса «фибра-песок», межфазных слоев. Именно факторы метилцеллюлозы обуславливают то или иное влияние короткой фибры на формирование структуры композита. Наименее благоприятной при формировании упругих свойств оказывается смесь с повышенным содержанием эфира целлюлозы повышенной молекулярной массы.

Экспериментальные значения  $E$  и  $R$  для 18 составов не указывают на наличие значимой связи характеристик прочности с  $E$ . Однако возможно, что эти данные представляют разные совокупности (свойства существенно разных композиций). Анализ и сепарация различных условий структурообразования могут дать основания для возможного прогнозирования  $R$  по  $E$ . Выявить наличие корреляции и существенные различия в связях прочности и модуля упругости в разных рецептурных зонах и охарактеризовать разные возможности прогноза  $R$  по  $E$  для разных рецептурных условий позволяют статистические испытания на соответствующих локальных полях свойств [11-13]. Парные выборки любого объема, необходимые для подобного анализа и для построения прогностических уравнений симулируются с помощью ЭС-моделей.

Так диаграммы на рис. 9 представляют по 100 пар значений  $(R_{b3}, E)$ ,  $(R_{b28}, E)$ ,  $(R_{c28}, E)$  для 100 генерированных композиций с разным содержанием VINNAPAS® 5014 F (во всем диапазоне  $2.3 \leq V \leq 5.5\%$ ,  $-1 \leq x_1 \leq +1$ ), при одинаковом минимальном содержании «низкомолекулярной» метилцеллюлозы и максимальном количестве фибры ( $x_2 = x_3 = -1$ ,  $x_4 = +1$ ). Помимо показанных тенденций, следует отметить значимую отрицательную линейную связь  $E$  с ранней прочностью при вариации  $F$  в составах с «низкими» MMC и MC. Полученные значения коэффициентов детерминации указали на возможность построения тарировочных зависимостей разного вида и с разными параметрами для определенных групп смесей.

Компромиссно оптимальные композиции. Ниже представлены решения двух вариантов многокритериальной задачи оптимизации при проектировании «легко текущих» смесей для устройства полов. Следовало максимизировать раннюю прочность раствора при изгибе  $R_{b3}(x)$  и минимизировать вязкость смеси

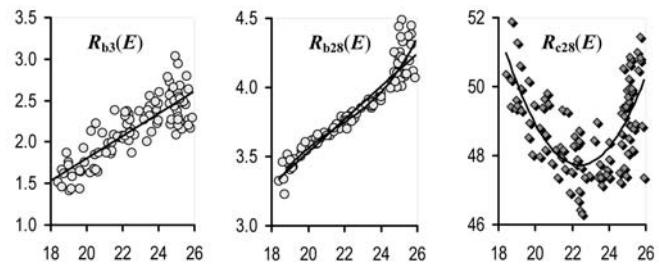


Рис. 9. Диаграммы рассеяния результатов вычислительного эксперимента при  $MMC = 300$ ,  $MC = 0.1\%$ ,  $F = 1\%$

при самой низкой скорости сдвига  $\eta_0(x)$ . При этом должны быть выполнены требования по прочности в 28 суток и вязкости при средних скоростях сдвига.

В первой задаче эти требования сформулированы следующим образом:  $R_{c28}(x) \leq 35$  MPa,  $R_{b28}(x) \leq 6$  MPa,  $30 \leq \eta_1(x) \leq 90$  Па · с.

Для того, чтобы получаемое решение гарантировало выполнение требований, к специфицированным уровням регламентируемых свойств добавлены (со знаком + или -) значения, учитывающие ошибку соответствующей модели. Требование, заданное таким «гарантирующим» уровнем [11, 13, 14], становится более жестким. В данной задаче ограничивающие значения стали равны:  $R_{c28} = 37.89$  (все составы имеют более высокую прочность на сжатие),  $R_{b28} = 6.48$ ,  $\eta_1$  от 35.42 до 76.23.

Очевидно, что должен быть найден компромисс между  $R_{b3,max}$  и  $\eta_{0,min}$ , поскольку наиболее «мощные» факторы  $V$  и  $F$  повышают и прочность, и вязкость. Для поиска компромисса использовано итерационное случайное сканирование рецептурных полей свойств [14]. На каждой итерации сначала определяется область допустимых составов, затем используется пошаговая процедура, сужающая диапазоны компромисса.

В данной задаче получены следующие результаты:

- дозировка Виннапас  $V = 2.4\%$  (по массе цемента,  $x_1 = -0.56$ );
- молекулярная масса метилцеллюлозы MMC = 3000 ( $x_2 = +1$ );
- дозировка метилцеллюлозы MC = 0.4% ( $x_3 = +1$ );
- количество фибры F = 1% ( $x_4 = +1$ );
- $R_{b3} = 3.8$ ,  $R_{b28} = 6.6$ ,  $R_{c28} = 51.7$  MPa,  $\eta_0 = 363$ ,  $\eta_1 = 37$  Па · с.

Следует отметить, что оптимальное содержание полимера находится вблизи нижней границы рекомендаций WAKER POLYMERS.

Тем же способом найдено решение второй задачи, где требовалась большая прочность и не столь низкая вязкость:  $R_{c28} \geq 40$  MPa,  $R_{b28} \geq 6.5$  MPa,  $60 \leq \eta_1 \leq 150$  Па · с. Поиск компромисса привел к решению с верхними значениями всех факторов ( $x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = +1$ ):  $V = 5.2\%$ , MMC = 3000, MC = 0.4%, F = 1%. Значения критериев следующие:  $R_{b3} = 4.0$ ,  $R_{b28} = 6.9$ ,  $R_{c28} = 55.5$  MPa,  $\eta_0 = 600$ ,  $\eta_1 = 134$  Па · с.

**Заключение.** Экспериментально-статистические модели и вычислительные эксперименты позволили охарактеризовать и проанализировать влияние состава фиброполимерцементных композиций на кривые вязкости смесей, свойства затвердевшего раствора,

корреляционные связи свойств. Существенное влияние фибры и диспергируемого полимера, обладающего свойствами вяжущего и высокоэффективной пластифицирующей добавки, заметно меняется в зависимости от количества и молекулярной массы метилцеллюлозы. С помощью итерационного случайного сканирования рецептурных полей свойств найдены составы, обеспечивающие оптимальный компромисс между вязкостью смеси и максимальной ранней прочностью раствора, при выполнении требований к другим характеристикам материала.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. Dry Building Mixes Market Research. – Merchant Research and Consulting Ltd., Oct. 2010. – 474 р.
2. Карапузов Е.К., Лутц Г., Герольд Х., Толмачев Л.Г., Спектор Ю.П. Сухие строительные смеси. – Киев: Техніка, 2000. – 225 с.
3. Рунова Р.Ф., Носовський Ю.Л. Технологія модифікованих будівельних розчинів. – Київ, 2007. – 256 с.
4. WAKER POLYMERS VINNAPAS®. Product Overview 2010. Polymer Binders for the European Construction Industry. – 26 р.
5. Соха В.Г. Фіброполімерцементні суміші для уłatwлення високоміцних покрівель промислових підлог. – автореф. дис. к.т.н.: 05.23.05 / ОДАБА. – Одеса, 2005. – 20 с.
6. Wallevik O.H. Rheology – a new dimension in concrete technology // Proc.Int.Conf. "16 ibausil ". – Weimar: Bauhaus – Universitat, 2006. – Р. 2-1417-1430.
7. Kuder K., Ozyurt N., Mu E., Shah S. Rheology of fiber-reinforced cement systems using a custom built rheometer // Proc.Int.Symp. "Brittle Matrix Composites 8". Cambridge and Warsaw: Woodhead Publ. Ltd. and ZTUREK RSI, 2006. – Р. 431-439.
8. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В., Огарков Б.Л. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ. – К.: Выща школа, 1989. – 328 с.
9. ЭВМ и оптимизация композиционных материалов / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Я. Иванов, И. Николов. – К.: Будивельник, 1989. – 240 с.
10. Методические рекомендации по применению экспериментально-статистических моделей для анализа и оптимизации состава, технологии и свойств композиционных материалов на основе щелочных вяжущих систем / Науч. ред. В.А. Вознесенский, П.В. Кривенко. – ОГАСА, НИИВМ им. В.Д. Глуховского. – К., 1996. – 105 с.
11. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В. ЭС-модели в компьютерном строительном материаловедении. – Одесса: Астропринт, 2006. – 116 с.
12. Ляшенко Т.В., Вознесенский В.А. Методы компьютерного материаловедения при анализе взаимосвязи реологических показателей композиций // Вісник Дон. ДАБА. Композиційні матеріали для будівництва. – Макіївка: Дон. ДАБА. – 2001. – Вип. 2001-1(26). – С. 67–74.
13. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В. Рецептурно-технологические поля свойств материала в компьютерном строительном материаловедении // Строительные материалы. – 2006. – №3 – Приложение: Наука №7. – С. 8–11.
14. Элементы компьютерного материаловедения при поиске составов сухих смесей для фиброполимерцементных композитов с компромиссными уровнями прочности и усадки / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, В.Г. Соха, Е.К. Карапузов – Строительные материалы и конструкции. – 2004. – №4. – С.16–19.
15. Таблицы планов эксперимента для факторных и полиномиальных моделей / Ред. В.В. Налимов. – М.: Металлургия, 1982. – 752 с.
16. Шрам Г. Основы практической реологии и реометрии. – М.: КолосС, 2003. – 312 с.
17. Voznesensky V., Lyashenko T., Lapina O., Karapuzov E., Transformation of viscosity function in mixture space of polymer containing composition // Abstracts 8<sup>th</sup> Int.Conf. on Mechanics and Technology of Composite Materials. – Sofia, Bulgarian Academy of Sciences, 1997. – Р. 76–77.
18. Урьев Н.Б., Иванов Я.П. Структурообразование и реология неорганических дисперсных систем и материалов. – София: БАН, 1991. – 210 с.
19. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В. Проблема построения комплексов математических моделей различной генерации для оптимизации высококачественных материалов в компьютерном материаловедении // Рациональный эксперимент в материаловедении: Мат-лы междун. сем. МОК'39. – Одесса, Астропринт, 2000. – С. 5–7.
20. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В. ЭС-модели «КОНСТАНТ» квазифундаментальных моделей в компьютерном строительном материаловедении // Науковий вісник будівництва. – Харків, ХДТУБА, 2007. – Вип. 42. – С. 39–45.

# СУХОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

1–2 листопада 2012 року в Київському національному університеті будівництва та архітектури (м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31) за підтримки компанії Кнауф та асоціації «Українські будівельні матеріали та вироби» відбудеться щорічна Міжнародна науково-практична конференція «**Сухе будівництво: товарознавчі аспекти розвитку галузі**».

**Основні тематичні напрямки** конференції наступні:

- ринок матеріалів для сухого будівництва;
- маркетингові та економічні фактори розвитку ринку будівельних матеріалів;
- товарознавчі дослідження споживчих властивостей будівельних матеріалів і виробів;
- технологія виробництва будівельних матеріалів та забезпечення їх якості;
- будівельні матеріали для архітектурних та дизайнерських рішень.

В конференції візьмуть участь вчені, викладачі, аспіранти та студенти багатьох вищих навчальних закладів України та зарубіжних країн (КНУБА, Донбаської національної академії будівництва та архітектури, Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне), Київського національного торгово-економічного університету, Bauhaus – університету (м. Веймар), Вільнюського національного технічного університету ім. Гедімінаса (Литва)) та керівники підприємств і спеціалісти – практики провідних компаній, які працюють в галузі сухого будівництва.

Особливий інтерес представляють доповіді зарубіжних гостей. В програмі конференції – виступ члена правління німецької фірми «Кнауф Гіпс» КГ (м. Іпхофен), керівника центральної наукової лабораторії компанії Кнауф професора Х.-У. Хуммеля на тему «Санація будівель на засадах сталого розвитку. Теорія і практика». В доповіді представлені не тільки асортимент, споживні властивості та сфери застосування гіпсокартонних плит Кнауф, але й дана оцінка цього матеріалу на основі аналізу його життєвого циклу. Доктор Т. Козловські, генеральний директор компанії «Кнауф – ЮСДжі Системз» (м. Дортмунд) розповість про асортимент та технологічні особливості застосування цементних плит «Аквапанель».

Виступ архітектора, керуючого партнера фірми «Шмідхубер» (м. Мюнхен) Л. Віхелля пов’язаний з темою «Тенденції в сухому будівництві – вільні форми з легкими будівельними системами». Леннарт Віхелль закінчив архітектурний факультет Технічного університету міста Брауншвейга і пра-

цював в архітектурних бюро у Флоренції, Гербер Архітектен та Графт Архітектен у Берліні. Сьогодні фірма «Шмідхубер та партнери», яку він очолює, займається розробкою корпоративних архітектурних та дизайнерських рішень для офісів, павільйонів та тимчасових споруд таких компаній як Ауді, Ламборджіні, МАН та інші. Леннарт Віхелль був відповідальним за архітектуру німецького павільйону на виставці Ехро 2010 в Шанхаї.

Професор доктор М. Грьогер з Вищої економічної школи м. Мюнхена розповість про особливості ринку нерухомості Німеччини та про методику оцінки інвестиційних об’єктів. В рамках проведення конференції доктор Х. Фішер з Баухауз – університету м. Веймар, з яким КНУБА має тіsn зв’язки, прочитає лекцію для студентів, аспірантів та всіх бажаючих про в’яжучі гіпсові мішуючі речовини.

В програмі конференції також виступи представників таких відомих зарубіжних фірм, як ТЕБОДІН (Нідерланди) про застосування систем сухого будівництва на об’єктах «Євро 2012», Кнауф – Інсулейшн (Німеччина) про новітні розробки в галузі виробництва високоефективних екологічно чистих теплоізоляційних матеріалів АМФ (Німеччина) про асортимент плитних і комплектуючих матеріалів для підвісних стель та про новинку на ринку плитних матеріалів – акустичну панель “Heradesign” із деревного волокна на магнезіальному в’яжочому.

Конференція проводиться за ініціативи кафедри товарознавства та комерційної діяльності технологічного факультету КНУБА, завідувач кафедри – к.т.н., професор Захарченко П.В.

**Адреса оргкомітету конференції:**

03680, м. Київ,  
Повіtroфлотський проспект, 31, к. 362.  
Телефони: (099) 201 02 57  
Калугіна Ольга Миколаївна,  
e-mail: [olgakalugina@ukr.net](mailto:olgakalugina@ukr.net);  
(044) 520 01 31 Захарченко  
Петро Володимирович,  
e-mail: [tkd362@ukr.net](mailto:tkd362@ukr.net)

# РЕФЕРАТЫ

УДК 69.001.18

Червяков Ю.М. / Нарощування обсягів житлового будівництва – нагальна потреба сьогодення // Строительные материалы и изделия. – 2012. – №5. – С. 2–4. – Табл. 6. – Бібліограф.: 6 назв.

Наведено статистичні показники забезпечення житлом населення України у порівнянні з країнами Європейського Союзу та європейськими країнами СНД. Наголошено на необхідності нарощувати обсяги будівництва житла і створення особивого режиму кредитування житлового будівництва, особливо у східному та центральному регіонах України.

Приведены статистические показатели обеспечения жильем населения Украины в сравнении со странами Европейского союза и европейскими странами СНГ. Отмечена необходимость наращивания объемов строительства, особенно в восточном и центральном регионах.

Statistic indicators of providing the population of Ukraine with dwelling in comparison with European countries and CIS European countries are given. Special emphasis is laid on the necessity to increase construction volumes of dwelling and to create special policy of crediting for dwelling construction, especially in eastern and in central regions of Ukraine.

УДК УДК 691.51: 691.533

Якимчеко Я.Б., Санціцкий М.А. / Вапняно-гіпсові в'яжучі з покращеними експлуатаційними характеристиками // Строительные материалы и изделия. – 2012. – №5. – С. 4–8. – Табл. 1. – Рис. 10. Бібліограф.: 12 назв.

У статті наведені результати дослідження процесів гідратації вапна у присутності гіпсу. Показано, що залежно від умов, гідратація вапна може проходити як за топохімічним, так і за розчинним механізмом. При вмісті вапна 25...45 мас. % витримує 0,5 % розчині борної кислоти отриманий гіпсовий камінь, що характеризується високою водо- та морозостійкістю. Мікроструктура такого каменя представлена голокондібними кристалами гіпсу з розмірами 10...30 мкм, що з'єднані між собою портландитом каркасом.

В статье приведены результаты исследований процессов гидратации известняка в присутствии гипса. Показано, что в зависимости от условий, гидратация известняка может протекать как за топохимическим, так и за растворным механизмом. При содержании известняка 25...45 мас.% и выдержке в 0,5 % растворе борной кислоты получен гипсовый камень, что характеризуется высокой водо- и морозостойкостью. Микроструктура такого камня представлена игольчатыми кристаллами гипса с размерами 10...30 мкм, которые соединены между собой портландитом каркасом.

The results of researches of hydration of lime in the presence of plaster in article has shown. It is shown that depending on the conditions, hydration of lime can take place as per topochemical and by soluble mechanism. When the content of lime 25 ... 45 wt. % and endurance of 0.5% solution of boric acid obtained gypsum stone, characterized by high waterresistance and frost. Microstructure of a stone needle like crystals of gypsum is represented with the size 10 ... 30 microns, which are interconnected portlandyt frame.

УДК 691:38.3-03(387)

Гавриш А.М. / Производство гипсовых строительных материалов из отходов промышленности // Строительные материалы и изделия. – 2012. – № 5. – С. 9–10. – Табл. 2. – Бібліограф. 5 назв.

В статье рассмотрены вопросы возможности применения синтетических гипсов в производстве строительных материалов. Особое внимание уделено требованиям Европейской гипсовой ассоциации к синтетическому сырью и опыту Германии в переработке сульфогипса.

The article deals with issues related to possibility of usage the synthetic gypsum for production of construction materials. Special emphasis is laid on requirements of the European Gypsum Association to synthetic raw materials and Germany's experience in flue gas desulfurization gypsum processing

УДК 691:620.197.119

Д.Ю. Колесник, А.М. Файнлейб, В.І. Сахно. / ГКЖ-94М в радіаційній технології модифікації бетону // Строительные материалы и изделия. – 2012. – №5. – С. 11–14. – Табл. 1. – Рис. 6. – Бібліограф.: 7 назв.

У даній роботі отримано зразки модифікованого цементного каміння та визначено їх фізико-механічні властивості. Зроблено висновок щодо позитивного впливу запропонованої модифікації на експлуатаційні властивості і довговічність радіаційно-хімічно модифікованих бетонів. Просочення бетонів силіконовими мономерами та їх сумішами з подальшою їх радіаційною обробкою дозволяє підвищити міцність зразків майже в 1,5 раз, їх марку по водонепроникності в 2-3 рази, морозостійкість в 2 рази.

В этой работе получено образцы модифицированного цементного камня и определено их физико-механические свойства. Сделано вывод относительно позитивного влияния предложенной модификации на эксплуатационные свойства и долговечность радиационно-модифицированных бетонов. Пропитка цементного камня ГКЖ-94М и ВЦС с последующей обработкой ускоренными электронами позволяет повысить прочность образцов практически в 1,5 раза, марку по водонепроницаемости в 2-3 раза, морозостойкость – 2 раза

In this work, samples of the modified cement stone were obtained their physical and mechanical properties were determined. Positive effect of the proposed modification on performance characteristics and durability of radiation-chemically modified concrete was found. Depending on the composition of monomers, impregnation of concretes with GKZ-94M and VCS under further radiation treatment increases compression strength of standard concrete samples almost 1.5 times, their mark on water impermeability 2-3 times, frost resistance – 2 times

УДК 666.92:517.9

С.Д. Лаповська. / Дослідження впливу дисперсного армування на структуроутворення ніздрюватого фібробетону автоклавного тверднення // Строительные материалы и изделия. – 2012. – №5. – С. 14–19 – Табл. 3. – Рис. 3. – Бібліограф.: 14 назв.

В роботі приведені експериментальні дані щодо впливу целюлозних волокон на процес поризації, набір пластичної міцності та формування мінерало-волокнистої структури ніздрюватого фібробетону до та після автоклавної обробки. Виявлено, що оптимальним є введення до 0,2% целюлозних волокон від маси сухих компонентів, що призводить до: стабілізації спущення газобетонної суміші протягом 24-27 хв., збільшення пластичної міцності, міцності при стиску/згині в 1,1-1,3 рази, зниженню середньої густини та вологості після автоклавної обробки в 1,1 рази.

В работе приведены экспериментальные данные по влиянию волокон целлюлозы на процесс поризации, набор пластической прочности и форми-

рование минерало-волокнистой структуры ячеистого фибробетона до и после автоклавной обработки. Установлено, что введение целлюлозной волокны в количестве 0,2% от массы сухих компонентов смеси есть оптимальным, что, приводит к стабилизации времени вслушивания газобетонной смеси в течение 24-27 мин, увеличению пластической прочности, прочности при сжатии/изгибе в 1,1-1,3 раза, снижению средней плотности и влажности после автоклавной обработки в 1,1 раза.

This paper presents experimental data on the effect of cellulose fibers in the pore formation process, a set of plastic strength and the formation of mineral-fiber-reinforced cellular fibrillation before and after autoclaving. The administration of the cellulose fibers in an amount of 0.2% by weight of the dry mixture components is optimal, which leads to the stabilization time blistering gas concrete mixture for 24-27 minutes, increased plastic strength, compressive strength / bending in 1,1 - 1 .3-fold decrease in the average density and moisture content after autoclaving at 1.1 times..

УДК 666.972

Рудченко Д.Г. / Аэроп или белорусский блок – правильный выбор // Строительные материалы и изделия. – 2012. – №5. – С. 19–21. – Табл. 3. – Рис. 2.

В статье рассмотрены технологические процессы получения ячеистого бетона на предприятиях Белоруссии и в Украине на ООО "АЭРОК", рассмотрено оборудование, применяемое на этих производствах, используемые сырьевые компоненты и их состав, т.е. ряд важных характеристик, от которых зависит долговечность и надежность зданий и сооружений, а также такой важный показатель, как теплоизоляционные свойства материала, а, следовательно, и экономия энергоносителей. Т.о. сравнительные характеристики данных материалов белорусского и украинского производителя по основным показателям: качественным (надежность, морозостойкость, долговечность, теплоэффективность) и экономическим (нормы расхода сырья и энергоресурсов, стоимость), ведущую позицию занимает продукция ООО "АЭРОК".

В статье висвітлені технології виробництва ніздрюватого бетону на підприємствах Білорусі та в Україні на ТОВ «АЭРОК», розглянуто обладнання, що застосовується на цих виробництвах, сырівнинні компоненти та їх склад, тобто такі важливі показники, від яких залежить надійність будівлі та споруд, їх теплоізоляційні властивості. Таким чином, за основними порівняльними характеристиками ніздрюватого бетону білоруського та українського виробника: якісними (надійність, морозостійкість, теплоефективність) та економічними (норми витрат сировини та енергоресурсів, вартість виробів), ведучу позицію займає продукція ООО «АЭРОК».

The article describes the technological processes of cellular concrete for enterprises of Belarus and Ukraine to "AERO", considered the equipment used in the industries, the raw components and their composition, ie A number of important characteristics that determine the durability and reliability of buildings and structures, as well as an important figure, as thermal insulation material, and, therefore, saving energy. Thus Comparative characteristics of the materials of the Belarusian and Ukrainian producer of the main indicators: quality (reliability, frost resistance, durability, thermal efficiency) and economic (syrup consumption rates and energy costs), is dominated by products of "AERO".

УДК 699.86

Піпа В.В. / Енергозбереження при будівництві та капітальному ремонті споруд із застосуванням європейського досвіду та систем утеплення САРАТЕСТ // Строительные материалы и изделия. – 2012. – №5. – С. 22–23.

У статті розглянуті один із поширеніших, найпростіших, відносно не дорогих і надійних методів утеплення будинків. В основу його технології покладений «мокрий способ» нанесення шарів. Однією з таких технологій, є системи «САРАТЕСТ» скріплена зовнішньою теплоізоляцією будівлі і споруд. Застосування цієї технології, дає можливість створити на всій поверхні будівлі суцільній, нерозривний, водостійкий, теплоізоляційний шар, стійкий до механічних дій і несприятливих кліматичних умов.

В статье рассмотрен один из распространенных, простых, относительно недорогих и надежных методов утепления зданий. В основу его технологии положен «мокрый способ» нанесения слоев. Одной из таких технологий, являются системы «САРАТЕСТ» скрепленной наружной теплоизоляцией зданий и сооружений. Применение этой технологии, позволяет создать на всей поверхности здания сплошной, неразрывный, водостойкий, теплоизоляционный слой, стойкий к механическим воздействиям и неблагоприятным климатическим условиям.

The article discusses one of the most common, simple, relatively inexpensive and reliable methods of warming buildings. The basis of its technology has put the "wet method" layering. One such technology is the system «САРАТЕСТ» bonded outer insulation of buildings. This technology makes it possible to create the entire surface of the building a solid, unbreakable, waterproof, heat insulation layer, resistant to mechanical damage and adverse climatic conditions.

УДК 666.9.031: 517.8\

Соха В.Г., Карапузов Е.К., Ляшенко Т.В., Крюковская С.А. / Регологические характеристики и механические свойства полимерцементных растворов с полипропиленовой фиброй и VINNAPAS® 5014 F Строительные материалы и изделия. – 2012. – №5. – С. 24–29. – Табл. 1. – Рис. 9. – Бібліограф.: 20 назв.

Экспериментально-статистические модели и вычислительные эксперименты позволили охарактеризовать и проанализировать влияние состава фиброполимерцементных композиций на кривые вязкости смесей, свойства затвердевшего раствора, корреляционные связи свойств. Существенное влияние волокнистых и диспергируемого полимера, обладающего свойствами вязкого и высокоеффективной пластифицирующей добавки, заметно меняется в зависимости от количества и молекулярной массы метилцеллюлозы. С помощью итерационного случайного сканирования рецептурных полей свойств найдены составы, обеспечивающие оптимальный компромисс между вязкостью смеси и максимальной ранней прочностью раствора, при выполнении требований к другим характеристикам материала.

The influence of fibre polymer modified compounds on the curve viscosity of mixtures, bind mortar qualities and correlated force bonds were characterised and analysed by experiment statistical models and calculation. The essential fibre and disperse polymer influence, possessed viscosity and high fluidifier additive, visibly changes depending of quantity and molecular mass of methylcellulose. By iterative noncyclic scanning there were found the compounds which provide optimal compromise between viscosity of mortar and most primordial strength of mortar in case to stick all requirements of other characteristics of products.

Експериментально-статистичні моделі та обчислювальні експерименти дозволили охарактеризувати і проаналізувати вплив складу фіброполимерцементних композицій на криві в'язкості сумішей, властивості затверділого розчину, кореляційні зв'язки властивостей. Істотний вплив волокнистого та диспергованого полимера, що має властивості в'язкого та високоефективної пластифікуючої добавки, помітно змінюється в залежності від кількості та молекулярної маси метилцеллюлози. С помощью ітераційного сканування рецептурних полій властивостей знайдено склади, що забезпечують оптимальний компроміс між в'язкістю суміші і максимальною ранньою міцністю розчину, при виконанні вимог до інших характеристикам матеріалу.

The influence of fibre polymer modified compounds on the curve viscosity of mixtures, bind mortar qualities and correlated force bonds were characterised and analysed by experiment statistical models and calculation. The essential fibre and disperse polymer influence, possessed viscosity and high fluidifier additive, visibly changes depending of quantity and molecular mass of methylcellulose. By iterative noncyclic scanning there were found the compounds which provide optimal compromise between viscosity of mortar and most primordial strength of mortar in case to stick all requirements of other characteristics of products.

## **УСЛОВИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ РЕКЛАМЫ В ЖУРНАЛЕ “СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ”**

Размер блока	Стоимость рекламного блока в у.е.		Надбавка за размещение рекламы: 1-я страница обложки +25%, 4-я страница обложки +30%, 2-я и 3-я страницы обложки +20%
	цветной	черно-белый	
1 (196x276 мм)	1200	700	
1/2 (196x136 мм)	700	400	
1/4 (96x136 мм)	400	250	
1/8 (96x66 мм)	250	175	

**Размещение статьи формата А4 – 900 грн.**

За разработку и изготовление оригинал-макетов дополнительно оплачивается:

- ✓ для черно-белой рекламы – 8 % от стоимости рекламного блока;
- ✓ для цветной – 10 % от стоимости рекламного блока

### **ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА**

на подписку журнала  
“Строительные материалы и изделия”  
на 2012 год

Полное название организации-получателя

---



---

Фамилия, имя, отчество руководителя

---



---

Почтовый адрес получателя

---



---

Телефон \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_

Количество комплектов подписки \_\_\_\_\_

### **УСЛОВИЯ ПОДПИСКИ**

Оформить подписку на журнал “Строительные материалы и изделия” Вы сможете через редакцию журнала, оплатив нижеуказанный счет и выслав заполненную доставочную карточку вместе с копией платежного поручения по адресу:

04080, г. Киев, ул. Константиновская, 68,  
“НИИСМИ”, т./ф. (044) 417-62-96.

Мы гарантируем пересылку каждого номера журнала по указанному Вами адресу.

#### Реквизиты для оплаты:

Р/с 26001301424 в Подольском отделении №5393 ОАО Сбербанка г. Киева, МФО 320382, код 00294349