

ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ І ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ ІНСТИТУТ
БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ВИРОБІВ "НДІБМВ"

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ
ім. В.Д. Глуховського

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЗБІРНИК

Засновано у 1978 р. Наказом МОН України від 29 грудня 2014 р. № 1528 збірник включено до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук

ВИПУСК 54

Товариство "Знання" України

2015 р.

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка

Науково-технічний збірник. – Випуск 54. –2015 р.

У збірнику представлено матеріали, що висвітлюють питання теорії та практики досліджень, виробництва і застосування традиційних та нових будівельних матеріалів і виробів, результати науково-дослідних робіт в галузі розробки, промислового виробництва та застосування бетонів, виробів з бетонів, теплоізоляційних виробів, гідроізоляційних матеріалів, сухих будівельних сумішей, кераміки, ніздрюватих бетонів, покрівельних матеріалів, силікатної цегли та інших матеріалів.

Призначається для спеціалістів науково-дослідних та проектних інститутів, вищих освітніх закладів, інженерно-технічних працівників будівельної галузі.

Співзасновники:

Державне підприємство “Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів “НДІБМВ”

Київський національний університет будівництва та архітектури

Науково-дослідний інститут в’язучих речовин і матеріалів імені В.Д. Глуховського

Головний редактор: Лаповська С.Д. – доктор техн. наук.

Редакційна колегія:

Бур’янов О.Ф. – доктор техн. наук, Дворкін Л.Й., доктор техн. наук, професор, Запоточна-Ситек Г. – доктор-інженер, професор, Ковальчук Ю.Г. – доктор техн. наук, Кривенко П.В. – доктор техн. наук, професор; Палієнко О.О. – канд. техн. наук; Петровський В.Я. – доктор технічних наук, професор; Пушкарьова К.К. – доктор техн. наук, професор; Рунова Р.Ф. – доктор техн. наук, професор; Саницький М.А. – доктор техн. наук, професор; Сердюк В.Р. – доктор техн. наук, професор; Ткачик П.П. – канд. техн. наук; Червяков Ю.М. – канд. техн. наук; Черняк Л.П. – доктор техн. наук; Чистяков В.В. – доктор техн. наук, професор; Фішер Г.-Б.- доктор-інженер; Шинкевич О.С. – доктор техн. наук.

Відповідальний секретар: Волошина Т.М. – старший науковий співробітник ДП “НДІБМВ”.

Збірник зареєстровано Державною реєстраційною службою України КВ 20927-10727ПР від 18.08.2014 р.

Збірник розглянуто на засіданнях вченої ради НДІБМВ, схвалено та рекомендовано до друку, протокол № 4 від 29 травня 2015 р.

Автори опублікованих матеріалів несуть відповідальність за достовірність приведених відомостей, точність даних з цитованої літератури та відсутність у статтях даних, що не підлягають до відкритої публікації.

Адреса редакції: 04080, Україна, м. Київ-80, вул. Костянтинівська, 68

Тел. +38(044) 425-37-75, 425-56-32, e-mail: mit@kievweb.com.ua

Видавець: Інформаційно-видавничий центр Товариство “Знання” України,

ТОВ “ЗАДРУГА”

04080, м. Київ, вул. Фрунзе, 86, тел. +38(044) 239-19-77

ЗМІСТ СОДЕРЖАНИЕ

Стор.

В'яжучі Вязущие

Гоц В.І., Рунова Р.Ф., Руденко І.І., Константиновський О.П., Ластівка О.В. ЛУЖНІ ЦЕМЕНТИ З ДОБАВКОЮ СУЛЬФАТУ КАЛЬЦІЮ	8
Присяжнюк М.И. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АКТИВАЦИИ ДЛЯ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ НА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТЕ	17
Черняк Л.П., Дорогань Н.О., Цибенко М.Ю., Голоух І.А. ОСОБЛИВОСТІ ФАЗОВОГО СКЛАДУ В'ЯЖУЧОГО МАТЕРІАЛУ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ СПОНДИЛОВОЇ ГЛИНИ	25
Важкі бетони та будівельні розчини Тяжелые бетоны и строительные растворы	
Розен В.П., Коновал Р.Ю., Лаповська С.Д. МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ З ВИРОБНИЦТВА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ	32
Захисні композиції та гідроізоляційні матеріали Защитные композиции и гидроизоляционный материалы	
Адров А.А. АКВАИЗОЛ ОБНОВИЛ АССОРТИМЕНТ	38
Кармазин А.М. ТРУБОФИЛЬТРЫ «ПОЛИСТОК»® ДЛЯ ВОДООЧИСТКИ И ВОДОЗАБОРА	40
Автоклавний ніздрюватий бетон Автоклавный ячеистый бетон	
Барановская Е.И., Мечай А.А., Таболич А.В., Иванов Е.Н. ПОДГОТОВКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКА В СОСТАВЕ АВТОКЛАВНОГО ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА	44
Брынзин Е.В., Парута В.А. РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭКОЛОГИИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА	50
Вольски Павел СОВРЕМЕННЫЕ АЛЮМИНИЕВЫЕ ПУДРЫ И ПАСТЫ BENDA-LUTZ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В КАЧЕСТВЕ ГАЗООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА	57
Вудвуд Т.М. ПІННА ПОРИЗАЦІЯ В ТЕХНОЛОГІЇ АВТОКЛАВНОГО БЕТОНУ	62
Вылегжанин В.П., Гринфельд Г.И. РАСЧЕТ УСИЛИЙ ВЫДЕРГИВАНИЯ ПРОФИЛИРОВАННЫХ КАНАЛЬНЫХ АНКЕРОВ ИЗ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА (КРЕПЛЕНИЕ НАВЕСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ К ГАЗОБЕТОННЫМ СТЕНАМ)	67

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Запоточна-Сытэк Геневефа ПРИМЕНЕНИЕ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ И ОШИБКИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ	76
Крутилин А.Б., Лешкевич В.В., Рыхленок Ю.А. НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОКЛАВНЫХ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ НИЗКИХ ПЛОТНОСТЕЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ НАРУЖНЫХ СТЕН ЗДАНИЙ	89
Коростыченко П.В. ГИБКИЕ СВЯЗИ ДОЛЖНЫ БЫТЬ НАДЕЖНЫМИ	99
Лаповская С.Д., Зеленина А.И., Волошина Т.Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ АВТОКЛАВНЫХ ГАЗОБЕТОНОВ ДЛЯ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ КИСЛЫХ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ И НЕВОДНЫХ ЖИДКИХ СРЕД	106
Парута В.А., Дорофеев В.С., Брынзин Е.В. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ШТУКАТУРНЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА С УЧЕТОМ НАПРЯЖЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ШТУКАТУРНОМ ПОКРЫТИИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТЕНОВОЙ КОНСТРУКЦИИ	112
Прохоров С.Б. ВЫСОКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГАЗООБРАЗОВАТЕЛЕЙ GASOBETO	119
Рудченко Д.Г. АВТОКЛАВНЫЙ ГАЗОБЕТОН НИЗКИХ ПЛОТНОСТЕЙ D150 И D300. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПРИМЕНЕНИЕ	122
Рыхленок Ю.А. СТЕНЫ ИЗ ГАЗОСИЛИКАТНЫХ БЛОКОВ В ЗДАНИЯХ СО СТЕНОВОЙ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМОЙ	129
Сиротин О.В., Вудвуд Т.Н. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ВЫХОДА НАЧАЛЬНОЙ ВЛАГИ ИЗ КЛАДКИ ИЗ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ Г. КИЕВА	136
Шинкевич Е.С., Луцкин Е.С., Бондаренко Г.Г., Койчев А.А. КОМПЛЕКСНО АКТИВИРОВАННЫЕ ПОРИЗОВАННЫЕ КОМПОЗИТЫ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОГО ТВЕРДЕНИЯ НА СИЛИКАТНОЙ МАТРИЦЕ	144
Кераміка Керамика	
Лялина Н.П. НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ РАСТЕНИЕВОДСТВА В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА	155

CONTENT

Page

Binders

Gots V.I., Runova R.F., Rudenko I.I., Konstantynovskyi O.P., Lastivka O.V.
ALKALINE CEMENTS WITH ADMIXTURE OF CALCIUM SULFATE 8

Prysyazhnyuk M.I.
EFFICIENCY OF APPLICATION PHYSICAL METHODS OF ACTIVATING
FOR BUILDING MATERIALS ON PORTLANDCEMENT 17

Cherniak L.P., Dorogan N.A., Tsybenko M.U., Goloukh I.A.
FEATURES OF PHASE COMPOSITION OF CEMENTING MATERIAL
AT THE USE OF SPONDYLUS CLAY 28

High-density concretes and mortars

Rozen V.P., Konoval R.Yu., Lapovska S.D.
METHODS TO IMPROVE THE ENERGY EFFICIENCY OF TECHNOLOGICAL LINE
FOR PRODUCTION OF REINFORCED CONCRETE PRODUCTS 32

Protecting compositions and waterproofing products

Adrov A.A. AQUAIZOL UPDATE THE PRODUCTS 38

Karmazin A.M.
DRAINAGE TUBULAR FILTERS “POLISTOK”® FOR WATER PURIFICATION
AND WATERFALL SYSTEMS 34

Autoclaved aerated concrete

Baranouskaya K.I., Miachai A.A., Tabolich A.V., Ivanov Y.N.
PREPARATION AND USE OF ELECTRICSTEEL-MELTING SLAG COMPOSITION
AUTOCLAVED AERATED CONCRETE 44

Brynzin E.V., Paruta V.A.
ADDRESSING THE ENERGY AND ENVIRONMENT IN THE APPLICATION
AUTOCLAVED AERATED CONCRETE 50

Wolski Pavel
MODERN ALUMINUM POWDER AND PASTE BENDA-LUTZ, USED AS BLOWING
AGENTS FOR THE PRODUCTION OF AUTOCLAVED AERATED CONCRETE 57

Vudvud T.M.
PORIZATION FOAM TECHNOLOGY CELLULAR CONCRETE 62

Vilegzhanin V.P., Greenfield G.I.
CALCULATION OF PROFILED CHANNEL ANCHORS PULLING EFFORTS FROM
AUTOCLAVED AERATED CONCRETE (MOUNT-ON DESIGN TO AERATED
CONCRETE WALLS) 67

Zapotoczna-Sytek Genovefa
APPLICATION OF AUTOCLAVED AERATED CONCRETE IN CONSTRUCTION
ERRORS IN CONSTRUCTION AND OPERATION 76

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Krutilin A.B., Leshkevich V.V., Ryhlenok Y.A. SOME RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF THERMAL CHARACTERISTICS OF AUTOCLAVED AERATED CONCRETE OF LOW DENSITIES AND THEIR IMPACT ON THE DURABILITY OF THE EXTERIOR WALLS OF BUILDINGS ..	89
Korostychenko P.V. FLEXIBLE CONNECTION MUST BE RELIABLE	99
Lapovska S.D., Zelenina A.I., Voloshyna T.M. USE OF WASTE AUTOCLAVED AERATED CONCRETE TO NEUTRALIZE THE ACIDIC GAS STREAM AND THE NON-AQUEOUS LIQUID ENVIRONMENTS ..	106
Paruta V.A., Dorofeev V.S., Brynzin E.V. DESIGNING THE COMPOSITION AND PROPERTIES PLASTERING MORTAR FOR AUTOCLAVED AERATED CONCRETE, GIVEN THE TENSION AS PLASTERING USE WALL CONSTRUCTION	112
Prokhorov S.B. THE HIGH EFFICIENCY OF BLOWING AGENTS GASOBETO	119
Rudchenko D.G. AUTOCLAVE AERATED CONCRETE LOW DENSITY D150 AND D300. MAIN CHARACTERISTICS AND APPLICATION	122
Ryhlenok Y.A. WALLS MADE OF SILICATE BLOCKS IN BUILDINGS WITH WALL BEARING SYSTEM	129
Sirotnin O.V., Vudvud T.N. EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE SPEED OF THE INITIAL OUTPUT OF MOISTURE FROM THE MASONRY OF AUTOCLAVED AERATED CONCRETE IN THE CLIMATIC CONDITIONS IN KIEV	136
Shinkevich E.S., Lutskin E.S., Bondarenko G.G., Koichev A.A. COMPLEX ACTIVATED AERATED COMPOSITES OF THERMAL-MOISTURE HARDENING ON SILICATE MATRIX	144
Ceramics	
Lyalina N.P. DIRECTIONS OF UTILIZATION OF PLANT-GROWER WASTES IN THE CERAMIC BRICK PRODUCTION	155

В'ЯЖУЧІ

ВЯЖУЩИЕ

BINDERS

УДК 691.5

*Гоц В.І., доктор технічних наук, професор, КНУБА
Рунова Р.Ф., доктор технічних наук, професор,
КНУБА; Руденко І.І., кандидат технічних наук,
ст. наук. співр. НДІВМ ім. В.Д. Глуховського
КНУБА, Константиновський О.П., кандидат
технічних наук, доцент, КНУБА
Ластівка О.В., кандидат технічних наук,
асистент Київській національній університет
будівництва і архітектури, КНУБА
03680, м. Київ, Повітрофлотський пр-т, 31
тел. +38 (044) 245-48-31
e-mail: alexandrkp@gmail.com*

ЛУЖНІ ЦЕМЕНТИ З ДОБАВКОЮ СУЛЬФАТУ КАЛЬЦІЮ

В роботі досліджено вплив добавок сульфату кальцію різних модифікацій на властивості лужних цементів. Встановлено, що використання в складі лужних цементів добавки сульфату кальцію модифікації напівводного гіпсу ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) в кількості 6,5-10,5 % в залежності від вмісту шлаку (0-89 %) та лужного компоненту (1-4 %) дозволяє забезпечити прийнятні строки тужавлення (45-70 хв) та підвищити як ранню (до 50 %) так і марочну (до 15-20 %) міцність у порівнянні з лужними аналогами, не модифікованими добавкою $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$. Використання в лужних цементів сульфату кальцію модифікації двоводного гіпсу ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) та ангідриду (CaSO_4) призводить до погіршення їх властивостей. Визначено фазовий склад продуктів гідратації досліджуваних цементів, який обумовлює формування властивостей.

Ключові слова: лужний цемент, сульфат кальцію, двоводний гіпс, напівводний гіпс, ангідрит, портландцементний клінкер, доменний гранульований шлак, метасилікат натрію.

Вступ

Використання лужних цементів (ЛЦ) на основі гранульованого доменного шлаку (ГДШ) відповідає тенденціям сучасного будівництва в частині ефективного використання сировини і енергоресурсів при забезпеченні високої якості, функціональності і довговічності матеріалів. ЛЦ, пріоритет в розробці яких належить професору В.Д. Глуховському [1, 2]. Заснована ним наукова школа продовжила теоретичні дослідження [3, 4] в напрямку варіантів композиційної побудови ЛЦ, що реалізовано в тому числі в національному стандарті України ДСТУ Б В.2.7-181:2009 [5].

Відомо, що ЛЦ системи «ГДШ – портландцементний клінкер – сполука лужного металу» завдяки високим експлуатаційним властивостям можуть мати широку сферу використання в будівельних розчинах та бетонах різного функціонального призначення: важкі бетони [6], дрібнозернисті [7] та ніздрюваті бетони [8].

Проблема використання замість портландцементного клінкеру звичайного портландцементу як складової відомих ЛЦ обумовлена виведенням сульфату кальцію (СК) модифікації двоводного гіпсу із структуроутворення цементного каменю в

початковий період гідратації в результаті обмінних реакції зі сполуками лужних металів [9, 10]. В залежності від співвідношення «двоводний гіпс:сполука лужного металу» відбувається формування різних сульфат-вміщуючих фаз – арканіту (K_2SO_4), сингеніту ($K_2Ca(SO_4)_2 \cdot 2H_2O$), мірабіліту ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$), а також карбонату та гідросилікатів кальцію. Реакція зі сполуками лужних металів унеможливорює сповільнення двоводним гіпсом гідратації трикальцієвого алюмінату, що призводить до занадто швидкого тужавлення цементного тіста і формування рихлої, крупнопористої структури цементного каменю [11]. Однак при виготовленні портландцементу є обов'язковим додавання до його складу добавки СК різних модифікацій для регулювання процесу його тужавлення [12].

Мета роботи: дослідити вплив добавки СК різних модифікацій на структуроутворення і функціональні властивості ЛЦ для розширення перспектив використання такого цементу в будівництві.

Матеріали та методи досліджень

В дослідженнях використовували ЛЦ двох різних типів: лужний портландцемент - тип II (клінкер – 100 %, метасилікат натрію п'ятиводний $Na_2O \cdot SiO_2 \cdot 5H_2O$ (МС) – 1-7 %) та лужний шлакопортландцемент - тип IV (клінкер – 12...50 %, ГДШ – 50...88 %, сода кальцинована технічна Na_2CO_3 – 2,5...4,5 %). Склади ЛЦ зазначених типів відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-181:2009 і є принципово різними за вмістом ГДШ. Питома поверхня цементів $S_{пит} = 4500 \text{ см}^2/\text{г}$. Цементи зазначених складів були модифіковані добавками лігносульфонату натрію (ЛСТ), гідрофобизатору на основі етилгідросилоксанового полімеру (ГФ) та сполуками сульфату кальцію – напівводним гіпсом ($CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$), двоводним гіпсом ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) та ангідритом ($CaSO_4$). Введення ГФ (0,04 %) сприяє інтенсифікації помелу складових ЛЦ та запобіганню сорбції вологи з повітря, а також обумовлює збереження властивостей ЛЦ з часом. Використання ЛСТ (1 %) в лужному шлакопортландценті (тип IV) призводить до зниження В/Ц, уповільнення швидкості гідратації клінкерної складової, запобігання «хибному» тужавленню.

ЛЦ отримували шляхом сухого змішування мелених компонентів (клінкер, ГДШ, сульфат кальцію) з лужним компонентом у лабораторному лопатевому змішувачі «НОВБОРТ». Вміст сульфату кальцію і лужного компонента прийнято понад 100 % від маси алюмосилікатної складової ЛЦ.

Строки тужавлення ЛЦ визначали згідно з ДСТУ Б В.2.7-185:2009. Міцність на стиск ЛЦ визначали згідно ДСТУ Б В.2.7-187:2009. Оптимізацію складу ЛЦ здійснювали за допомогою методів математичного планування експерименту, розрахунки здійснювали в програмному середовищі Statistica 7.0.

Для встановлення особливостей структуроутворення ЛЦ і вивчення фазового складу гідратних новоутворень використано рентгенофазовий аналіз (РФА).

Результати досліджень

Для дослідження впливу композиційного складу на властивості ЛЦ типу II сформовано двофакторний трирівневий план експеримент, в якості змінних факторів якого прийнято: X_1 – вміст МС (1...7) % (в перерахунку на Na_2O – 0,3-2,1 %) та X_2 – вміст напівводного СК (8...12) %.

Для дослідження впливу композиційного складу на властивості ЛЦ типу IV сформовано трифакторний трирівневий план експеримент, в якості змінних факторів якого прийнято: X_1 – вміст шлаку (50...88) %, X_2 – вміст соди (2,5...4,5) та X_3 – вміст напівводного СК (2,5...10,5) % (в перерахунку на Na_2O – 1,5-2,6 %).

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

При реалізації планів експериментів побудовані поверхні відгуку зміни значень критеріїв: початку тужавлення ($\Pi_{\text{туж}}$), міцності на стиск на 2 добу ($R_{\text{ст}_2}$) і 28 добу ($R_{\text{ст}_{28}}$) (рис. 1, 2).

Для оцінки ефективності впливу СК на властивості ЛЦ в якості аналогів прийнято склади без добавки СК.

Використання напівводного сульфату кальцію в лужних цементах розглянуто при дослідженні впливу композиційного складу цементів на їх фізико-механічні властивості. Отримані для ЛЦЕМ II результати, наведені на рис.1.

Аналіз поверхні відгуку початку тужавлення від змінних факторів (рис.1а) свідчить, що максимальне значення (45 хв) забезпечується при вмісті МС в межах 1 % та напівводного гіпсу - 8 %. Збільшення вмісту МС від 1 % до 7 % та вмісту напівводного гіпсу від 8 % до 10 % призводить до скорочення початку тужавлення з 45 хв до 8 хв.

Крім того, при вмісті 7 % МС та (8...12) % напівводного гіпсу інтервал часу між початком і кінцем тужавлення складає (5...6) хв, що значно ускладнює використання ЛЦ типу II.

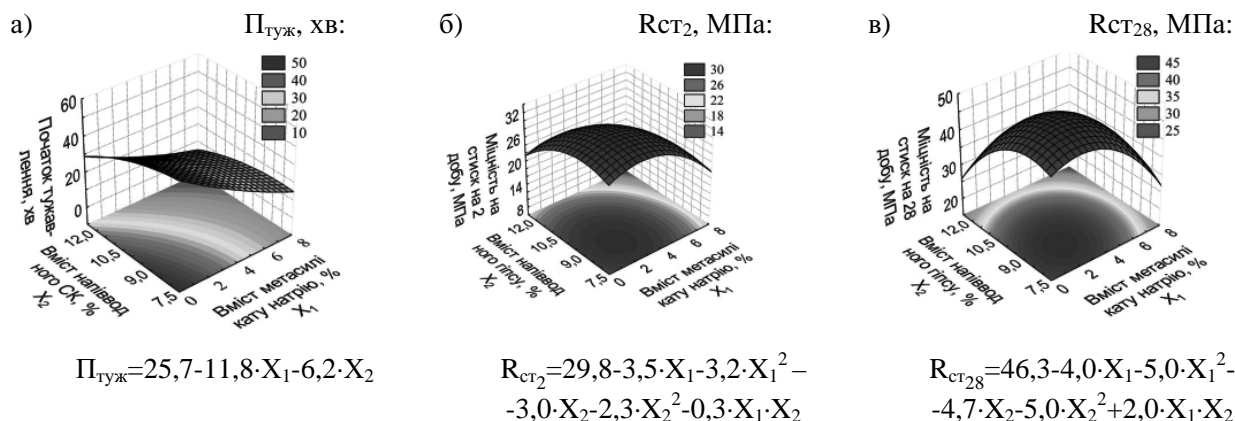


Рисунок 1 – Поверхні відгуку початку тужавлення (а), міцності на стиск на 2 добу (б) та 28 добу (в) ЛЦ типу II

Аналіз поверхонь відгуку міцності на стиск від змінних факторів (рис. 1б, 1в) свідчить, що при збільшенні вмісту МС з 1 % до (2,2...2,7) % та напівводного гіпсу з 8 % до (8,7...9,2) % спостерігається ріст міцності на стиск із забезпеченням значень: на 2 добу – 32 МПа (рис. 1б) і на 28 добу – 49 МПа (рис. 1в). Подальше збільшення вмісту МС до 7 % та вмісту напівводного гіпсу до 12 % супроводжується зменшенням міцності лужного портландцементу на 2 і 28 добу в межах (39...46) %.

Міцність на стиск ЛЦ типу II оптимізованого складу (клінкер – 100 %, напівводний СК – 9 %, МС – 2,5 % (0,7 % у перерахунку на Na_2O)) перевищує міцність аналогу після 2 діб тверднення на 45 %, після 28 діб – на 14 %. Таким чином, різниця між показниками міцності на стиск лужного портландцементу з добавкою СК і аналогу є найбільш суттєвою на ранніх термінах тверднення.

При дослідженні впливу композиційного складу ЛЦ типу IV на його фізико-механічні властивості отримано результати, наведені на рис.2.

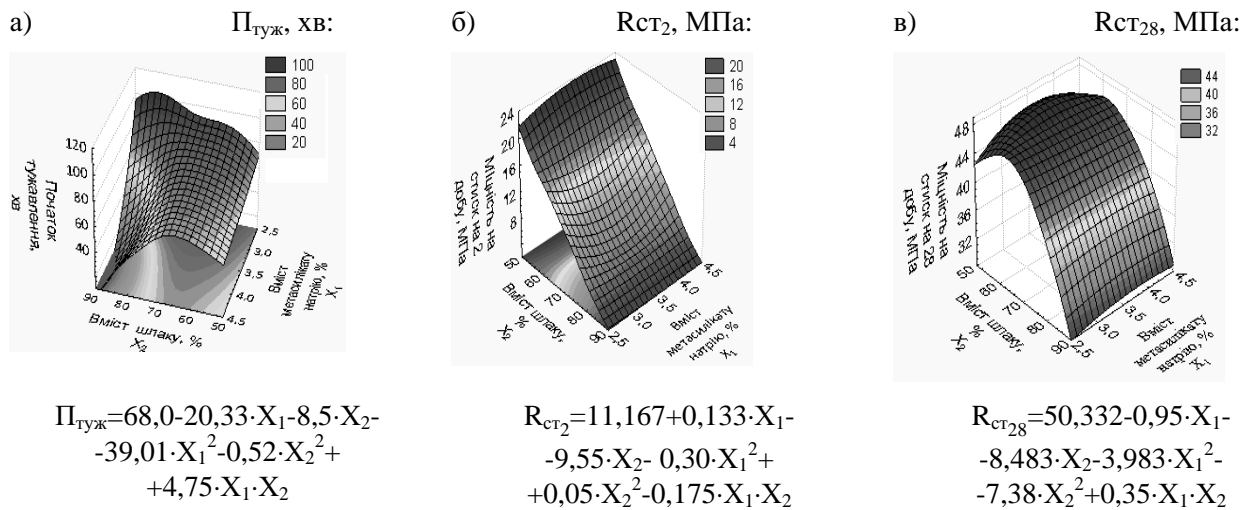


Рисунок 2 – Поверхні відгуку початку тужавлення (а), міцності на стиск на 2 добу (б) та 28 добу (в) ЛЦ типу IV з добавкою $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ (6,5 %)

Результати досліджень свідчать про те, що модифікація лужного шлакопортландцементу добавкою напівводного гіпсу в загальному випадку дозволяє подовжити терміни тужавлення. Ефективність його використання залежить від вмісту ГДШ і, відповідно, лужного компоненту. Так вміст 6,5...10,5 % напівводного гіпсу визначає подовження початку тужавлення цементу від 59 до 95 хв при вмісті ГДШ 50...69 % та кальцинованої соди 2,5% (рис. 2а) в порівнянні з безгіпсовими системами (45...80 хв). При збільшенні вмісту кальцинованої соди до 3,5...4,5 % при вказаному вмісті ГДШ початок тужавлення становить 38...64 хв., тоді як контрольних складів – 10...25 хв.

Необхідно відмітити, що введення напівводного гіпсу в межах 2,5 % призводить до скорочення терміну початку тужавлення цементу до 10...39 хв (вміст ГДШ 50%) та до 2...6 хв (вміст ГДШ у 88 %) в порівнянні з контрольними складами цементу, які становлять 14...45 хв (вміст ГДШ 50 %) і 25...110 хв (вміст ГДШ 88 %), відповідно. Проте при вмісті ГДШ 69 % початок тужавлення відтягується до 40...58 хв в порівнянні з безгіпсовим цементом (18...24 хв).

При максимальному вмісті ГДШ (88 %) та вмісті кальцинованої соди 2,5% найбільше відтягнення початку тужавлення досягається при витраті напівводного гіпсу 10,5 % і складає 100 хв, що є близьким до характеристики не модифікованого складу цементу – 110 хв. Однак, при збільшенні вмісту кальцинованої соди 3,5...4,5 % або зменшенні витрати гіпсу 2,5...6,5% терміни тужавлення різко скорочуються.

Аналіз результатів свідчить про те, що при мінімальному вмісті ГДШ (50%) і необхідному діапазоні вмісту кальцинованої соди 2,5...4,5% максимальна міцність ЛЦ на ранніх етапах тверднення (2 доби) досягається при введенні $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ в кількості 10,5 % і становить 21,7...23 МПа. Зазначені показники перевищують значення ранньої міцності ЛЦ без добавки напівводного гіпсу – 20,5...21,4 МПа після 2 діб тверднення.

При зазначеному вмісті напівводного гіпсу і з підвищенням вмісту ГДШ до 69 % рання міцність ЛЦ помітно знижується і після 2 діб тверднення становить 8...10 МПа. При максимальному вмісті ГДШ (88%) міцність цементу зменшується до 2...4 МПа. В марочному

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

віці найвищі показники міцності (48...52 МПа) досягаються ЛЦ з вмістом ГДШ в межах 55...70 % та кальцинованої соди 2,5...4,5 %, що перевищує міцність безгіпсових цементних систем-аналогів (39...42 МПа).

Зменшення вмісту добавки напівводного гіпсу в цементі з 10,5 до 6,5% (рис. 1б, 1в) приводить до зменшення як ранньої, так і марочної міцності цементу у всьому діапазоні вмісту шлаку (від 50 до 88%). Так, наприклад, при ГДШ 50% міцність ЛЦ після 2 діб тверднення складає 19...21 МПа, після 28 діб – не перевищує 44 МПа.

При мінімальному вмісті напівводного гіпсу (2,5%) і ГДШ в межах 50...88 % міцність ЛЦ знижується і складає 4...16 МПа після 2 діб тверднення та 30...42 МПа після 28 діб.

За результатами проведених досліджень виявлено, що доцільність введення добавки напівводного гіпсу до складу ЛЦ типу IV збільшується пропорційно зменшенню вмісту шлакової складової в дослідженому діапазоні (від 88 до 50%).

За критеріями початку тужавлення та міцності на стиск після 2 та 28 діб тверднення оптимальним обрано склад, який містить 50 % ГДШ, 50 % клінкеру, 2,5 % кальцинованої соди (на Na_2O – 1,5 %) та 2,5 % напівводного гіпсу. Початок тужавлення ЛЦ такого складу – 70 хв, міцність на стиск після 2 діб та 28 діб тверднення – 20 МПа і 49 МПа, відповідно. Аналог без добавки СК характеризується початком тужавлення 45 хв, міцністю на стиск після 2 діб – 18 МПа, 28 діб – 40 МПа. Отже міцність на стиск лужного шлакопортландцементу з добавкою напівводного гіпсу перевищує міцність на стиск аналогу після 2 діб тверднення на 11 %, після 28 діб тверднення – на 23 %.

Формування наведених властивостей ЛЦ є результатом фізико-хімічних процесів, в яких задіяні фази ГДШ і клінкеру в присутності лужного компонента та напівводного гіпсу.

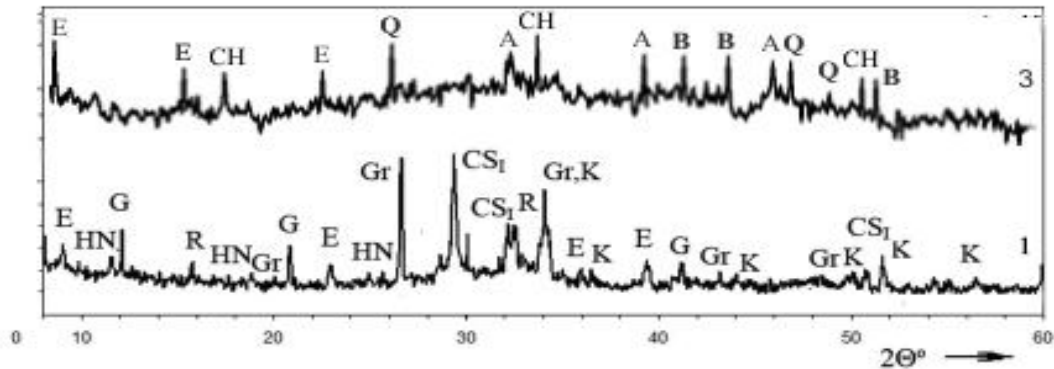
При дослідженні впливу фазового складу ЛЦ типу II системи «портландцементний клінкер – МС – напівводний СК» отримано рентгенограми продуктів гідратації цементу після 2 та 28 діб тверднення (рис. 3а, 3б кр.1,2).

При гідратації ЛЦ такої системи протягом 2 діб (рис.3а, кр.1) і 28 діб тверднення (рис.3б, кр.2) відсутній портландит, що є характерною його особливістю у порівнянні з портландцементом. Поряд з цим в системі відбувається формування гідросилікатів (ГСК) пониженої основності типу CSH(I) ($\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$) ($d = 0,98; 0,307; 0,28; 0,2; 0,183; 0,196$ нм), ксонотліту ($6\text{CaO}\cdot 6\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$) ($d = 0,307; 0,285; 0,27; 0,236; 0,222; 0,204; 0,198; 0,185; 0,174; 0,160$ нм), ріверсайдіту ($5\text{CaO}\cdot 6\text{SiO}_2\cdot 3\text{H}_2\text{O}$) ($d = 0,552; 0,299; 0,28; 0,194$ нм), гіроліту ($2\text{CaO}\cdot 3\text{SiO}_2\cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$) ($d = 0,424; 0,384; 0,336; 0,265; 0,209; 0,188$ нм) і лужного гідроалюмосилікату (цеолітоподібної фази) – гідронефеліну $\text{NaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($d = 0,76; 0,46; 0,293; 0,284; 0,279; 0,260$ нм), що визначає підвищення міцнісних характеристик цементного каменю і корелює з результатами досліджень [13]. Зменшення основності ГСК супроводжується змінами їх морфології з пластинчато-призматичної на ниткоподібну-волокнусту форму, що визначає збільшення міцності на розтяг при вигині та, відповідно, до покращення деформативних характеристик розчину – до зменшення модуля пружності і до зростання коефіцієнту Пуасона.

При гідратації лужного портландцементу напівводний гіпс на відміну від двоводного не приймає участь в обмінних реакціях з лужним компонентом, а взаємодіє з трикальцієвим алюмінатом з утворенням етрингіту $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 32\text{H}_2\text{O}$ ($d = 0,973; 0,56; 0,388; 0,256; 0,221$ нм), котрий утворює оболонку навколо зерен C_3A , що і відбивається на подовженні початку тужавлення. Поряд з цим відбувається перехід напівводного гіпсу в двоводний ($\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$), присутність якого підтверджується рефлексами $d = 0,77; 0,43; 0,307; 0,207$ нм. Фазовий склад

продуктів гідратації після 2 діб (рис. 3а) і 28 діб (рис. 3б) суттєво не змінюється, що відповідає виявленій інтенсифікації раннього структуроутворення ЛЦ типу II.

а)



б)

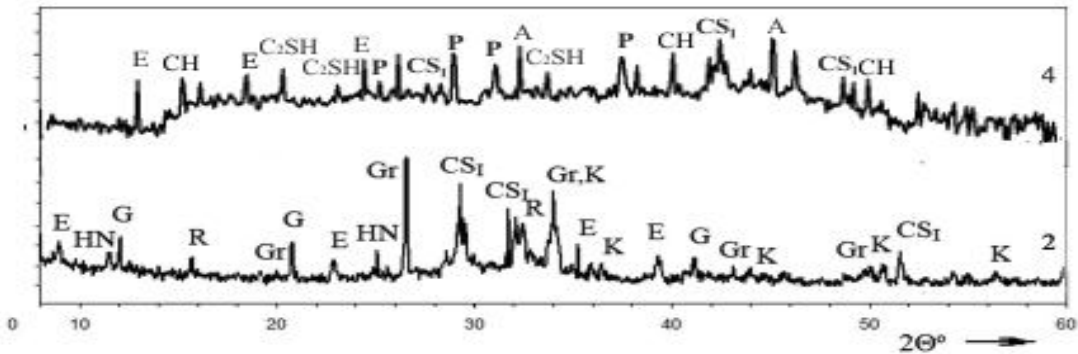


Рисунок 3 – Рентгенограми продуктів гідратації ЛЦ після 2 (а) та 28 (б) діб тверднення:
1,2 – тип II; 3,4 – тип IV

Умовні позначення: CS_1 – гідросилікати кальцію $CSH(I)$ ($CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$), C_2SH – гідросилікати кальцію $C_2SH(A)$ ($2CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$), K – ксонотліт ($6CaO \cdot 6SiO_2 \cdot H_2O$), R – ріверсайдіт ($5CaO \cdot 6SiO_2 \cdot 3H_2O$), GR – гіроліт ($2CaO \cdot 3SiO_2 \cdot 2,5H_2O$), HN – гідронефелін ($NaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$), G – гіпс двоводний ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), E – еtringіт ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$), CH – портландит $Ca(OH)_2$, P – пектоліт ($Na_2O \cdot 2CaO \cdot 3SiO_2 \cdot (OH)$), A – аліт ($3CaO \cdot SiO_2$), B – беліт ($2CaO \cdot SiO_2$), Q - трикальцієвий алюмінат ($3CaO \cdot Al_2O_3$)

Отримані результати свідчать, що такий цемент завдяки фазовому складу і морфології гідратних новоутворень характеризується задовільними строками тужавлення, швидким набором і підвищеними показниками міцності, підвищеними пружно-пластичними властивостями, ущільненням мікроструктури.

При дослідженні впливу фазового складу ЛЦ типу IV системи «ГДШ–портландцементний клінкер – МС – напівводний СК» на його властивості отримано рентгенограми продуктів гідратації після 2 та 28 діб тверднення (рис.3а, 3б, кр.3,4).

За результатами РФА фазовий склад новоутворень лужного шлакопортландцементу з добавкою $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$ представлений переважно рефlekсами портландиту ($d = 0,493; 0,263$;

0,179 нм), еtringіту ($d = 0,973; 0,561; 0,388$ нм) та негідратованими клінкерними мінералами, що визначає уповільнення тужавлення при одночасному підвищенні активності цементу за рахунок послідовності розвитку процесів без протікання обмінних реакцій між сульфатом кальцію і лужним компонентом. Через 28 діб фазовий склад характеризується появою слабозакристалізованих гідросилікатів кальцію C_2SH (A) ($2CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$) ($d = 0,422; 0,350; 0,256$ нм), CSH (I) ($CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$) ($d = 0,296; 0,210; 0,183$ нм), пектоліту $Na_2O \cdot 2CaO \cdot 3SiO_2 \cdot (OH)$ ($d = 0,328; 0,289; 0,231$ нм), еtringіту $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$ ($d = 0,973; 0,561; 0,388$ нм), а також відмічається зменшення вмісту портландиту $Ca(OH)_2$ ($d = 0,493; 0,263; 0,179$ нм) [14].

Для ЛЦ типу IV більш характерним є утворення при гідратації лужних гідроалюмосилікатів, в той час як синтез змішаних лужних-лужноземельних гідроалюмосилікатів більш ймовірний для цементів типу ЛЦ типу II. Однак, виходячи з результатів проведених досліджень, навпаки, при гідратації ЛЦ типу II утворюється гідронефелін ($NaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$), а при гідратації ЛЦ типу – пектоліт ($Na_2O \cdot 2CaO \cdot 3SiO_2 \cdot OH$). Це протиріччя можна пояснити різною природою лужного компоненту – в ЛЦ типу II використано МС, в той час як в складі ЛЦ типу IV – кальциновану соду.

Використання інших модифікацій СК призводить до значного погіршення властивостей лужного шлакопортландцементу. При введенні двоводного гіпсу ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) в межах 2,5...10,5% терміни тужавлення ЛЦ типу IV незадовільно короткі і знаходяться в межах 8...38 хв, що пояснюється утворенням тенардиту (Na_2SO_4) в початковий період гідратації внаслідок обмінної реакції між СК та кальцинованою содою. Присутність двоводного гіпсу в складі ЛЦ негативно впливає і на його міцність на стиск, яка після 28 діб тверднення становила 22...28,1 МПа.

Модифікація ЛЦ типу IV ангідритом ($CaSO_4$) також скорочує початок тужавлення цементних систем (8...17 хв) та негативно впливає на міцнісні показники – 5,5... 7 МПа після 2 діб тверднення, 16...17,5 МПа після 28 діб тверднення. Скорочення термінів тужавлення пояснюється утворенням мірабіліту ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$). Під час тверднення в нормальних умовах зразків ЛЦ модифікованих безводним гіпсом спостерігалась поява тріщин на їх поверхні, що можна пояснити утворенням в цементному камені вторинного еtringіту ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$), який викликає зниження міцності та руйнування структури.

Висновки

1. Підвищення експлуатаційних властивостей ЛЦ є можливим шляхом обґрунтованого вибору модифікації СК як добавки, вміст якої залежить від композиційного складу цементу, обумовленого співвідношенням клінкеру та ГДШ, вмістом та природою лужного компоненту. При зменшенні вмісту клінкеру та відповідному збільшенні вмісту ГДШ в ЛЦ – підвищується роль лужного компоненту і знижується доцільний вміст СК модифікації напівводного гіпсу.

2. ЛЦ типу II системи «портландцементний клінкер – МС – напівводний гіпс», завдяки фазовому складу та морфології гідратних новоутворень, характеризується прийнятними строками тужавлення, швидким набором міцності, підвищеними пружно-пластичними властивостями та ущільненням мікроструктури.

3. Сповільнення тужавлення ЛЦ типу IV системи «ГДШ портландцементний клінкер – сода кальцинована – напівводний гіпс» при одночасному підвищенні його міцності є можливим забезпечити шляхом направленої формування фазового складу новоутворень за рахунок послідовності розвитку процесів без протікання обмінних реакцій між сульфатом кальцію і лужним компонентом.

4. Використання інших модифікації СК призводить до значного погіршення властивостей ЛЦ через утворення тенардиту (Na_2SO_4) - у випадку добавки двоводного гіпсу, мірабіліту ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) та вторинного еtringіту ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) - у випадку добавки ангідриту.

5. Модифікація ЛЦ добавкою СК модифікації напівводного гіпсу дозволяє розширити сферу використання таких цементів, зокрема в будівельних розчинах та бетонах з інтенсивним набором міцності на ранніх термінах тверднення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Glukhovskiy V. D. High strength slag-alkaline cements / Glukhovskiy V. D., Rostovskaja G. S., Rumyna G. V. // 7th Int. Congress on the Chemistry of Cement. – Paris, 1980.
2. Щелочные и щелочно-щелочноземельные гидравлические вяжущие и бетоны / Под ред. Глуховского В. Д. К.: Вища школа, 1979. - 232 с.
3. Krivenko P.V. Alkali-activated cements, concretes and structure: 50 years of theory and practice / Krivenko P.V. // Proc. of the Symposium “Breakthrough innovations in non-traditional cements”. – Eindhoven, 2008. – p.27-56.
4. Krivenko P.V. Alkali-activated aluminosilicates: past, present and future / Krivenko P.V. // Proc. of the 4-th Meeting on Chemistry and Life, Brno University of Technology. – Brno, 2008. – p.1-5.
5. ДСТУ Б В.2.7-181:2009 Цементи лужні. Технічні умови.
6. Бондаренко О.П. Швидкотверднучі лужні шлакопортландцементи та бетони на їх основі: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кандидата техн.наук: спец. 05.23.05 / О.П. Бондаренко. – Київ: КНУБА, 2009. – 23 с.
7. Gelevera A.G. Rapid-hardening alkaline cements for winter concreting / Gelevera A.G., Abysova O.I. // Alkaline cements and concretes. First Int. Conf. – vol.1. – Kiev, 1994. – p.203 -211.
8. Ковальчук О.Ю. Пінобетон з підвищеними термомеханічними властивостями на основі лужного портландцементу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кандидата техн. наук: спец. 05.23.05 / О.П. Бондаренко. – Київ: КНУБА, 2008. – 19 с.
9. Безгипсовый портландцемент с добавкой поташа для зимнего бетонирования / [Шпынова Л.Г., Саницкий М.А., Шийко О.Я., Иванова О.С.] // «Бетон и железобетон», 1988. – №3. – с.21-23.
10. Эффективность применения рядового и безгипсового портландцементов с добавками поташа при зимнем бетонировании / [Шпынова Л.Г., Саницкий М.А., Шийко О.Я., Костюк П.Я.] // «Строительство и архитектура», 1985. – №10. – с.65-69.
11. Эффективные быстротвердеющие безгипсовые портландцементы / [Саницкий М.А., Соболев Х.С., Шевчук Г.Я. Лоскутов Ю.А., Шевчук Г.Я.] // «Цемент», 1989. – №8. – с.16-17.
12. ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови.
13. Krivenko P.V. Super quick hardening alkali-activated cements / Krivenko P.V., Petropavlovskii O.N., Blazhis A.R. // First Intern. Conf. on Advances of Chemically-activated Materials (CAM' 2010 - China). – Jinan, Shandong, 2010. – p.79-86.
14. Ластівка О.В. Модифіковані бетони на основі лужного шлакопортландцементу для монолітного будівництва: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кандидата техн.наук: спец. 05.23.05 / О.В. Ластівка. – Київ: КНУБА, 2015. – 21 с.

УДК 691.5

ЩЕЛОЧНЫЕ ЦЕМЕНТЫ С ДОБАВКОЙ СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ

/Гоц В.И., Рунова Р.Ф., Руденко И.И., Константиновский А.П., Ластивка О.В. /

В работе исследовано влияние добавок сульфата кальция разных модификаций на свойства щелочных цементов. Установлено, что использование в составе щелочных цементов добавки сульфата кальция модификации полуводного гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) в количестве 6,5-10,5 % в зависимости от содержания шлака (0-89 %) и щелочного компонента (1-4 %) позволяет обеспечить допустимые сроки схватывания (45-70 мин) и повысить как раннюю (до 50 %) так и марочную (до 15-20 %) прочность в сравнении с щелочными аналогами, не модифицированные добавкой $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$. Использование в щелочных цементах сульфата кальция модификации двуводного гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и ангидрита (CaSO_4) приводит к ухудшению их свойств. Определен фазовый состав продуктов гидратации исследуемых цементов, обуславливающий формирование их свойств.

Ключевые слова: щелочной цемент, сульфат кальция, двуводный гипс, полуводный гипс, ангидрит, портландцементный клинкер, доменный гранулированный шлак, метасиликат натрия.

UDK 691.5

ALKALINE CEMENTS WITH ADMIXTURE OF CALCIUM SULFATE

/ Gots V.I., Runova R.F., Rudenko I.I., Konstantynovskyi O.P., Lastivka O.V. /

The effect of calcium sulphate modifications on properties of alkaline cement was investigated. Regularity changes of efficient use sulfate content agents in cement composition depending of their modification, clinker and slag ratio, type and content of alkaline component were revealed. Acceptable setting time (45-70 min) and increasing of early strength (up to 50 %) and 28 d strength (up to 15-20 %) of AC in comparison with unmodified with CS analogs were achieved with 6,5-10,5 % of hemihydrate ($\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$) up to content of slag (0-89 %) and alkaline component (1-4 %). Use of calcium sulfate in other modifications (dehydrate, anhydrite) in alkaline cements are caused degradation of their properties. Reveal characteristics were obtained due to hydration products.

Ключевые слова: alkaline cements, calcium sulfate, hemihydrate gypsum, dehydrate gypsum, anhydrite, portland cement clinker, granulated blast-furnace slag, sodium silicate

Присяжнюк М.И., кандидат технических наук (Doctor of Philosophy, Ph.D), доцент кафедры «Городское строительство и хозяйство» Одесской государственной академии строительства и архитектуры, г. Одесса, ул. Дидрихсона, 4, 65029; тел. +38(048) 733-54-00, e-mail: kholdaeva@mail.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АКТИВАЦИИ ДЛЯ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ НА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТЕ

В статье приведены результаты анализа активации воды неионизирующими излучениями, что способствует формированию улучшившей структуры бетонов и композиционных материалов на основе цементного вяжущего на легких заполнителях. В качестве физических методов активации формовочных смесей приняты: регулируемая по мощности (управляемая) гидродинамическая кавитация в потоке смешиваются отдельно от других компонентов воды и вяжущего вещества; структурирование воды (жидкости) обработкой неионизирующими излучениями.

Ключевые слова: активация, бетон, вяжущее, гидратация, кластер, молекула, структура.

Долгое время развитие технологии бетонов шло по пути изучения свойств и возможностей эффективного использования цемента и заполнителей. Вместе с тем вода является равноправным участником формирования структуры цементного камня и бетона, а ее состояние и способ подготовки во многом определяют характер процессов гидратации и структурообразования цементных систем. Работы Г.Г. Маленкова показали, что молекулы воды соединены водородными связями, образующими непрерывную трехмерную сетку. Подобного рода идею развивал и В.И. Яшкичев в рассматриваемой им модели коллективного движения молекул H_2O , связанных в трехмерную сетку с тетраэдрическим направлением водородных связей.

Основной характеристикой движения молекул в воде является трансляционное их движение и наличие разорванных водородных связей. В этом случае структура воды может рассматриваться как трехмерная сетка с изогнутыми, растянутыми и частично разорванными водородными связями. Коллективное движение молекул в такой сетке стремится сохранить их тетраэдрическую координацию.

При этом в работах Староверова В.Д. отмечено наличие коллективного движения что характеризует способность молекул воды образовывать кластеры – группы молекул $(H_2O)_x$. Под кластером обычно понимают группу атомов или молекул, объединенных физическим взаимодействием в единый ансамбль (рис.1), но сохраняющих внутри него индивидуальное поведение, однако в работах Пухаренко Ю.В., Аубакирова И.У. по моделированию воды подчеркивается структурная неоднородность сетки водородных связей, проявляющаяся в

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

неравномерном распределении в пространстве молекул. Вода – единственный компонент цементных систем, инициирующий реакции для получения композитного материала.

К настоящему времени бетоны, в основном, на портландцементе, прочно заняли второе место после воды в экономике как материальная субстанция. При изготовлении формовочной смеси приходится заранее учитывать излишний расход вяжущего, воды, энергоресурсов для получения материала с заданной прочностью на сжатие и изгиб.

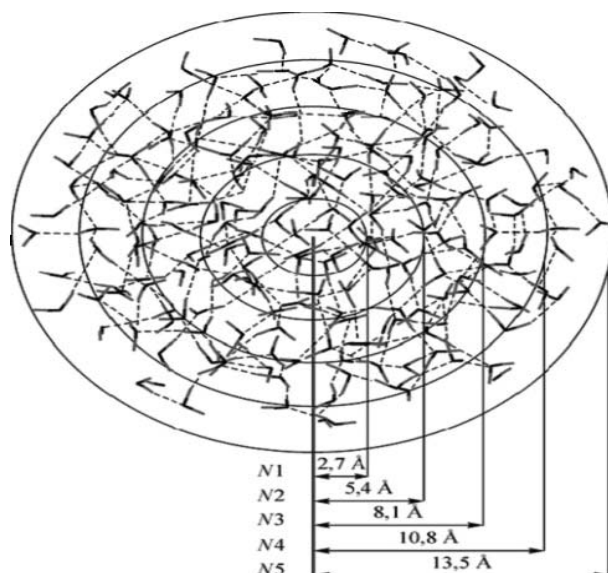


Рисунок 1 - Кластер из 216 молекул воды выделенными слоями толщиной 2,7 Å

Исследования по теме данной научной разработки экспериментально подтвердили теоретическую часть настоящего исследования. Материал – акформикс, как предполагается, показал лучшие прочностные показатели, чем обычные формовочные смеси формикс на пресной питьевой воде.

Изготовление бетонов с улучшенными физико-техническими свойствами возможно при осуществлении технологических процессов, включающих химические и/или другие воздействия на сырьевые материалы и/или формовочные смеси, приводящие к получению дисперсных систем с необходимой химической активностью.

Активация воды неионизирующими излучениями способствует формированию улучшенной структуры бетонов. К физической активации воды относят следующие виды воздействия: магнитную; электромагнитную обработку, механическую; термическую, акустическую, плазменную, разрядно-импульсную, электрохимическую с помощью гибких концентраторов и др.

Исходя из изложенного, в качестве ведущих физических методов активации формовочных смесей нами приняты: регулируемая по мощности (управляемая) гидродинамическая кавитация в потоке смешиваемых отдельно от остальных компонентов воды и вяжущего вещества; структурирование воды (жидкости) обработкой неионизирующими излучениями с помощью гибких концентраторов [2].

На основе авторских исследований по предложенной модели с одновременным анализом информации по теме [1, 2, 3 и др.] установлено, что при использовании существующих методов конструирования и изготовления формовочных смесей, как сказано выше, значительная часть

вяжущего вещества не гидратируется, то есть вода не проникает внутрь слипающихся частиц материала. Этому препятствуют «реакционные каёмки» из гидратированного вяжущего, образующиеся на частицах и упрочняющиеся со временем. Отсюда следует значительный перерасход вяжущего и воды, необходимых для получения конечного продукта с заданными показателями. При этом излишнюю воду потом необходимо удалить, что влечёт за собой неэффективный расход времени и энергии. Гидродинамическая кавитация возникает, как известно, при сужении поперечного сечения потока и не влечёт за собой затрат энергии, как при других методах создания очагов кавитации в потоке (ультразвуковом, акустическом и пр.). При этом слипающиеся при гидратации частицы вяжущего становятся зародышами (ядрами) кавитационных микропузырьков, в которых при схлопывании развивается давление 1000...4000 атм. и резко повышается температура. Известные методики расчёта кавитации использованы нами [5]. В результате удаётся раздробить частицы до атомарного уровня, увеличив тем самым степень гидратации вяжущего, следовательно, уменьшать его расход, необходимый для получения акформикса с заданными техническими показателями, расход вяжущего уменьшается на 27...30%.

Используемая в изготовлении смеси вода предварительно структурируется, то есть два атома водорода и атом кислорода располагаются под углом $104,7^\circ$ по отношению к друг к другу. В нашем исследовании это достигается воздействием на воду неионизирующим излучением через гибкий концентратор, обработанный по специальной методике.

Основным условие образования коагуляционных контактов является наличие во всей совокупности частиц твёрдой фазы частиц коллоидных размеров, способных совершать броуновское движения. Они в совокупности с более мелкими и более крупными, образуют трёхмерный каркас с фиксацией в положении дальнего энергетического минимума коагуляционного структурообразования. По мере увеличения дисперсности частиц растёт и количество контактов между ними и, одновременно, вероятность перехода в область ближнего энергетического минимума коагуляционного структурообразования, такой переход связан с синхронизацией динамических параметров движения частиц.

При взаимодействии молекул воды с частицами коллоидной дисперсности, обладающими гидрофильными свойствами, их поверхность покрывается тонким слоем воды, который удерживается благодаря адсорбционным силам, источником которых является нескомпенсированные ионные или молекулярные силы на поверхности раздела двух фаз. С явления связывания воды начинается процесс гидратации частиц, протекающий обычно в две стадии. На первой происходит разрыв водородных связей между молекулами воды. На второй – молекулы воды вступают в водородную связь с кислородными и гидроксильными группами на поверхности частиц. Возникает реакция на границе раздела двух фаз: твёрдое тело- жидкость.

Гибкие концентраторы неионизирующих излучений могут быть сконструированы с разной степенью интенсивности воздействия на жидкость. Ввиду отсутствия методологии по установлению степени интенсивности неионизирующих излучений авторами предлагается следующий подход.

Виды воздействий можно условно разделить на несколько групп:

- физическое модифицирование (безреагентное),
- химическое модифицирование (реагентное)
- их сочетание (комбинированное воздействие).

Необходимо отметить, что в данном случае под физическим и химическим модифицированием понимается направленное регулирование параметров цементных систем,

происходящее на стадии взаимодействия цемента с водой.

При этом модифицированная вода обладает большей активностью вследствие изменения ионного состава, влияющего на величину рН, удельную электрическую проводимость и другие параметры. Это позволяет направленно воздействовать на процессы, происходящие в цементных системах.

Предлагаемый способ модифицирования (активации) воды затворения позволяет за счет сокращения расходов дорогостоящих компонентов (цемента и добавок) снизить себестоимость бетона, при этом физико-механические свойства конечного продукта не ухудшаются.

С развитием нанотехнологий возникают новые возможности влияния на структуру и свойства воды, появляется возможность целенаправленного управления процессом структурообразования и свойствами цементных композитов, представляющих собой сложную иерархическую систему, включающую и наноуровень.

Углубление данного процесса приводит к возникновению вторичной наноструктуры — фрактальной объемной сетки, которая располагается во всем объеме воды и локально изменяет концентрацию гидроксильных групп, что приводит к объемному изменению рН. Выявленное подкисление суспензии благоприятно сказывается на особенностях реологии цементной системы и на процессах формирования цементного камня.

Проведены эксперименты по определению свойств воды. В экспериментальных исследованиях использовались материалы с размером частиц от 20 до 200 нм.

Определение нормальной плотности цементного теста показало, что активированная вода в цементном тесте обладает пластифицирующими свойствами. В наших исследованиях заданную пластичность смеси на портландцементе удалось обеспечить при меньшем на 12...15% расходе предварительно структурированной воды равной 0.023Ен на 1 литр - время активации 12 часов = const.

На первом этапе работы был осуществлен подбор составов и изготовлены образцы ячеистых бетонов на основе портландцемента и кварцевого песка ($M_{кр} = 1,41$) в количестве 25, 47 и 65 масс. % от массы цемента. Все образцы твердели в гидрозатворе и испытывались в возрасте 3, 7, 28, 90 и 360 суток. Для всех исследованных составов наблюдается прямая зависимость прочности бетона ячеистой структуры от прочности материала матрицы. При этом расположение и угол наклона зависимости для рабочей смеси содержащей 47 масс. % песка указывает на то, что соотношение вяжущего и заполнителя, в данном случае, близко к оптимальному и позволяет получить более высокий уровень прочности ячеистого бетона при одинаковом значении уровня прочности матрицы по сравнению с ячеистыми бетонами на основе смесей, содержащих 25 и 65 масс. % песка. При этом необходимо отметить, что абсолютные уровни прочности у ячеистых бетонов на основе рабочей смеси, содержащей 25 % песка, во все сроки твердения характеризовались максимальными значениями.

С целью установления влияния активности с использованием заполнителя на процесс формирования прочности ячеистого бетона естественного твердения был осуществлён подбор составов и изготовлены образцы ячеистых бетонов на основе рабочих смесей, содержащих кремнезёмистый компонент микросферы - алюмосиликатные полые частицы диаметром 10-350 мкм - в количестве 14 масс. % от массы вяжущего.

Прочность ячеистых бетонов с добавкой микросфер в возрасте 3, 7 и 28 суток находится практически на одном уровне, однако при дальнейшем твердении в случае использования микросфер с активированной водой неионизирующими излучениями уровень прочности ячеистого бетона резко возрастает и достигает уровня прочности образцов без добавки. В то

же время прочность ячеистого бетона с микросферами без активации воды в период твердения до 360 суток существенно не изменяется.

Для всех исследованных составов наблюдается взаимосвязь прочности бетона ячеистой структуры и прочности материала матрицы.

На основании выявленных закономерностей формирования структуры ячеистых бетонов был предложен способ производства ячеистых бетонов естественного твердения, основные физико-механические характеристики которых, в случае использования портландцемента, приведены в табл. 1.

Приведённые данные показывают, что уже в возрасте 3 суток прочность ячеистого бетона, изготовленного в соответствии с разработанной технологией, превышает значения, регламентируемые нормативным документом.

Предложенный способ производства ячеистых бетонов естественного твердения на основе портландцемента был успешно реализован в условиях промышленного производства (акт внедрения). В качестве базового состава для производственных условий был принят ячеистый бетон D700.

По результатам испытаний, которые были выполнены в ОГАСА, установлены следующие эксплуатационные характеристики ячеистых бетонов:

- средняя плотность – 648...676 кг/м³;
- прочность при сжатии – 42,7...45,8 кг/см²;
- сорбционная влажность при относительной влажности воздуха 40% - 2,68 масс. %, при относительной влажности воздуха 80% - 2,79 масс. %, при относительной влажности воздуха 90% - 5,83 масс. %, при относительной влажности воздуха 97% - 11,30 масс. %;
- потеря прочности после 50 циклов замораживания и оттаивания – 6,0 %;
- потеря массы после 50 циклов замораживания и оттаивания – 1,2 масс. %;
- коэффициент паропроницаемости – 0,23 мг/(м·ч·Па);
- коэффициент размягчения – 0,91;
- теплопроводность ячеистого бетона средней плотности 670 кг/м³ в стандартных условиях - 0,18 Вт/(м·К), в расчётных условиях эксплуатации А – 0,21 Вт/(м·К), в расчётных условиях эксплуатации Б - 0,23 Вт/(м·К).

Таблица 1

Марка бетона по средней плотности		D600	D700	D800
Максимальное значение класса по прочности в соответствии с требованиями ДСТУ для неавтоклавного бетона		B 2,5	B 2,5	B 3,5
Прочность при сжатии, МПа, ячеистого бетона естественного твердения на основе портландцемента, в возрасте (*/**)	3 сут.	3,0/2,22	4,9/3,13	6,6/4,45
	7 сут.	3,4/2,35	5,2/3,78	6,9/5,51
	28 сут.	3,8/2,74	5,6/3,95	7,7/6,18
	360 сут.	4,1/3,46	5,9/4,94	8,1/7,59
Примечание: * с активированной водой и вяжущими; ** без активации воды и вяжущих				

Высокие физико-механические характеристики ячеистых бетонов, изготовленных по разработанной технологии, позволили производителю организовать производство стеновых ячеистобетонных панелей размером 3300×1500×500 мм, которые были использованы при возведении жилых малоэтажных зданий.

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

С целью получения ячеистых бетонов естественного твердения с повышенными физико-механическими характеристиками был разработан способ изготовления ячеистых бетонов на основе микросфер и активацией воды неионизирующими излучениями.

В случае использования кремнезёмистого компонента - микросфер реализация предлагаемого способа ячеистого бетона позволяет получить бетоны с характеристиками, приведёнными в табл. 2.

Таблица 2

Марка бетона по средней плотности	Максимальное значение класса по прочности в соответствии с требованиями ДСТУ для неавтоклавного бетона	Средняя плотность образцов, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа, ячеистого бетона естественного твердения на основе микросфер в возрасте	
			7 сут.	28 сут.
D500	В 2	520*	2,5	4,1
		550**	3,3	4,1
D600	В 2,5	590*	4,5	7,0
		610**	3,6	4,5
D700	В 2,5	720*	5,5	8,3
		740**	5,1	6,9

Примечание: * с активированной водой и вяжущими;
** без активации воды и вяжущих

Приведенные данные показывают, что после семи суток нормального твердения прочность ячеистого бетона на основе микросфер и активацией воды неионизирующими излучениями превышает значения, регламентируемые нормативным документом. С увеличением времени твердения прочность, так же как и в случае использования портландцемента, увеличивается. Увеличение физико-механических характеристик ячеистого бетона на основе микросфер и активацией воды неионизирующими излучениями (образцы со средней плотностью 590 и 720 кг/м³) достигается за счет усовершенствования разработанной технологии.

Анализ свидетельствует об изменении свойств цементных систем, приготовленных с использованием структурированной воды, и позволяет сделать следующие выводы:

- при различной по времени активации воды затворения в диапазоне, соответствует интервалу пониженных рН, имеет место некоторое удлинение сроков схватывания, увеличение подвижности цементного теста и сохраняемости его реологических характеристик во времени;
- структурирование воды затворения не оказывает значительного влияния на размер пор и однородность их распределения в объеме цементного камня;
- выявлено существенное снижение величины водопоглощения при капиллярном подсосе, что свидетельствует об увеличении объема условно замкнутых пор, недоступных проникновению воды.
- при активации в водной среде происходит изменение величины водородного показателя: наблюдается сдвиг в кислотную область. Объяснить данный эффект можно только с позиций изменения ионного произведения воды, вызванного специфической сорбцией гидроксильных групп ОН⁻ на поверхности зон активации в жидкость, сопровождающейся образованием ионов водорода Н⁺ оксония Н₃О⁺ (рис. 2).

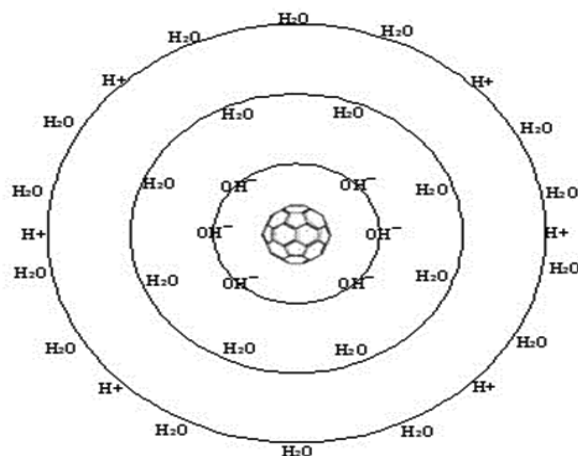


Рисунок 2 - Ориентация молекул воды вокруг зон активации

По данной разработке выделяются следующие элементы научной и инженерной новизны. Представляемые научные исследования стали основой для создания конкретных инженерных разработок, прошедших практическую апробацию. Ниже приводятся краткие сведения по таким разработкам:

- конструирование и изготовление тяжёлых и лёгких бетонов на портландцементе и других минеральных вяжущих;
- смешивание компонентов формовочных смесей с использованием физических методов: регулируемой гидродинамической кавитации, создаваемой в потоке воды и вяжущего, и обработка неионизирующими излучениями компонентов конструкций формовочной смеси, не применяются различные химические добавки;
- проведенные исследования физико-механических характеристик цементного камня выявили тенденцию к увеличению прочностных характеристик в пределах 15-20% в зависимости от вида цемента, водоцементного отношения и других факторов в том же интервале концентраций излучений;
- исключение крупных заполнителей, использование которых антиэкологично и увеличивает стоимость изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. Учеб. для вузов. - М.: Стройиздат, 1986. - 464 с.
2. Шамис Е.Е. ОШ №3737. Научно-инженерные физические методы конструирования и изготовления формовочных смесей / Е.Е. Шамис, В.Д. Иванов, М.И. Присяжнюк (Холдаева) // - АGERI RM, 15.07.2013.
3. Выровой В.Н. Системный подход при анализе структуры строительных конструкций / В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, В.Г. Суханов // Сб. Ресурсоэкономные материалы, конструкции, здания и сооружения. – Ровно: НУВХ, выпуск 16, ч.1., 2008. – С. 133-139.
4. Шамис Е.Е. Активация воды затворения для бетонов / Е.Е.Шамис, М.И. Холдаева, В.Д. Иванов // Bulletin incercom Scientific Reserch Institute of Construction, 2012. Chisinau, republik of Moldova./ p.231 – 235. ISSN 1857-3762.
5. Кнапп Р. Кавитация. М.: Мир, 1974. – 688 с.

УДК 699.86

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ АКТИВАЦІЇ ДЛЯ ФОРМУВАЛЬНИХ СУМІШЕЙ НА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТІ

/ Присяжнюк М.І./

У статті наведено результати аналізу активації води неіонізуючими випромінюваннями, що сприяє формуванню поліпшеної структури бетонів та композиційних матеріалів на основі цементного в'язучого на легких заповнювачах. В якості фізичних методів активації формувальних сумішей прийняті: регульована по потужності (керована) гідродинамічна кавітація в потоці що змішуються окремо від інших компонентів води і в'язучих речовин; структурування води (рідини) обробкою неіонізуючими випромінюваннями.

Ключові слова: активація, бетон, в'язуче, гідратація, кластер, молекула, структура.

UDC 699.86

EFFICIENCY OF APPLICATION PHYSICAL METHODS OF ACTIVATING FOR BUILDING MATERIALS ON PORTLANDCEMENTE

/ Prysazhnyuk M.I./

To the article the results of analysis of activating of water are resulted by unionizing radiations, that is instrumental in forming of improving structure of concretes and composition materials on the basis of cement astringent on easy fillers. In quality physical methods activating of formings mixtures accepted: hydrodynamic kavitations managed for powers (guided) in a stream that mixed up separately from other components of water and building matters; strukturutions of water (liquids) by treatment unionizing radiations.

Keywords: activation, concrete, binder, hydration, cluster, molecule, structure.

УДК 666.9.015.22

Черняк Л. П., д.т.н., професор кафедри
хімічної технології композиційних матеріалів
Дорогань Н.О., асистент,
Цибенко М.Ю., бакалавр, Голоюх І.А., бакалавр
Національний технічний університет України
«КПІ», 03056, м.Київ, пр-т Перемоги, 37
тел. +38(067)298-57-75,
e-mail: lpchernyak@ukr.net

ОСОБЛИВОСТІ ФАЗОВОГО СКЛАДУ В'ЯЖУЧОГО МАТЕРІАЛУ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ СПОНДИЛОВОЇ ГЛИНИ

Наведено результати аналітичних і експериментальних досліджень фізико-хімічних процесів формування фазового складу в'язучого матеріалу на основі сировинної суміші з застосуванням спондилової глини. Показано зв'язок хіміко-мінералогічного складу вихідних сумішей з фазовими перетвореннями при випалі в інтервалі температур 1050-11500С.

Ключові слова: матеріал в'язучий, глина, суміш сировинна, мінералогія, випал, температура, фазовий склад.

Вступ

Невід'ємною складовою сировинних сумішей для виготовлення в'язучих матеріалів є глинисті компоненти [1-3]. При цьому, головним чином, їх розглядають як алюмо- і кремнеземвмісний компонент, необхідний для реалізації фізико-хімічних процесів у силікатних системах при їх випалі, наслідком яких є формування фазового складу, який має забезпечити задані властивості кінцевого продукту. Проте процес випалу пов'язаний з високими питомими витратами технологічного палива, що не відповідає сучасним вимогам ресурсозбереження та екології. В цьому зв'язку вирішення питань інтенсифікація процесу спікання та зменшення максимальної температури випалу потребує поглиблення уявлень про відповідні особливості формування фазового складу з урахуванням різновиду глинистого компоненту [4], що стало предметом дослідження у поданій роботі.

Характеристика об'єктів дослідження

Об'єктом дослідження в даній роботі стали сировинні суміші на основі бінарної системи вапняк – полімінеральна глина для виготовлення в'язучого матеріалу (табл. 1).

Таблиця 1

Склади сировинних сумішей

Код суміші	Вміст компонентів, мас. %	
	вапняк дубовецький	глина спондилова
9-1	55	45
9-2	60,5	39,5
9-3	65	35
9-4	68,5	31,5

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Як карбонатний компонент застосовували вапняк Дубовецького родовища Івано-Франківської області, що використовується вітчизняними виробниками, як кремнезем- і глиноземвмісний компонент – спондилову глину, родовища якої розповсюджені у Київській та Харківській областях України [5,6].

Встановлено, що у обраному для дослідження інтервалі кількісного співвідношення вапняку і спондилової глини забезпечується варіювання числа гідравлічного модулю від 1.10

$$HM = \frac{CaO}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3} \text{ до } 1,70 \text{ при наявності його обернено пропорційної}$$

залежності від вмісту глини (рис. 1).

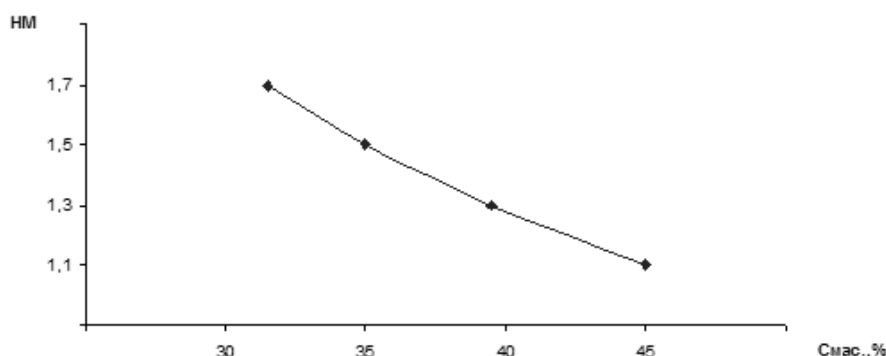


Рисунок 1 - Залежність гідравлічного модулю в'язучого (НМ) від вмісту глини (С).

Вказані зміни кількісного співвідношення компонентів і гідравлічного модулю сумішей суттєво впливають на їх мінералогічний склад (табл. 2).

Таблиця 2.

Мінералогічний склад сировинних сумішей

Назва проби	Вміст основних породоутворюючих мінералів, %							
	кальцит	доломіт	каолінит	гідрослюда	монтморилоніт	кварц	альбіт	гідроксиди заліза
9-1	62,4	1,32	1,35	7,88	9	15,21	1,13	2,24
9-2	66,14	1,45	1,19	6,91	7,9	13,73	0,99	2,11
9-3	69,2	1,56	1,05	6,13	7	12,52	0,88	2,01
9-4	71,12	1,64	0,95	5,51	6,3	11,57	0,79	1,92

При зростанні числа НМ найбільше це проявляється у збільшенні концентрації кальциту (з 62,4 до 71,1 мас.%), зменшенні концентрації глинистих породоутворюючих мінералів, перш за все гідрослюди (з 7,9 до 5,5 мас.%) та кварцу (з 15,2 до 11,6 мас.%).

Аналіз фазового складу матеріалу після випалу

Вказані відмінності складу досліджуваних сировинних сумішей значно впливають на фізико – хімічні процеси, що мають місце при випалі. Очевидно, що проба суміші 9-4 з відносно більшим вмістом кальциту при руйнуванні його ґратки в інтервалі температур 800-900°С відрізняється від інших утворенням більшої кількості СаО, що при підвищенні температури перш за все утворює сполучення з оксидами – продуктами руйнування інших породоутворюючих мінералів, що характеризуються підвищеною реакційною здатністю [7,8].

Та, за отриманими даними рентгенофазового аналізу [9] після випалу на максимальну температуру 1050 і 1150 °С проби отриманого матеріалу 9-4 при аналогічному пробі 9-1 складі кристалічних фаз відзначаються більшою інтенсивністю розвитку алюмінатів кальцію, перш за все майєніту $C_{12}A_7$ (рис. 2-5).

Вказані відмінності у ступені розвитку кристалів майєніту мають місце в інтервалі максимальних температур випалу 1050-1150°С, проте при збільшенні температури зростає кількість сполучень кальцієвих силікатів із зменшенням кількості майєніту.

Вплив розвитку рідкої фази на процеси кристалотворення найбільше проявляється при підвищенні температури випалу. Так, матеріал із суміші 9-1 з більш високим вмістом гідрослюди, польового шпату та гідроксидів заліза характеризується відносно більшим утворенням рідкої фази, що фіксується на дифрактограмах при порівнянні гало та крім кремнезему поглинає певну кількість Al_2O_3 [10].

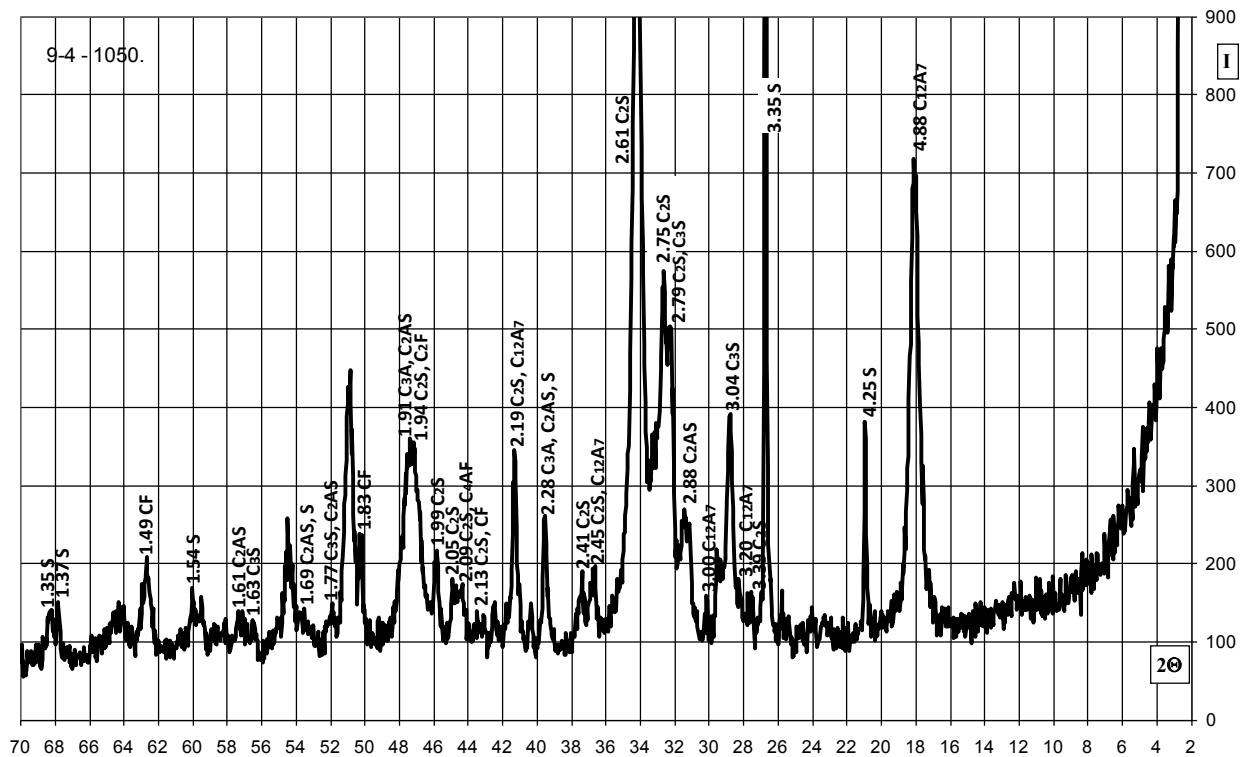


Рисунок 2 - Дифрактограма матеріалу з суміші 9-4 після випалу на 1050°С.

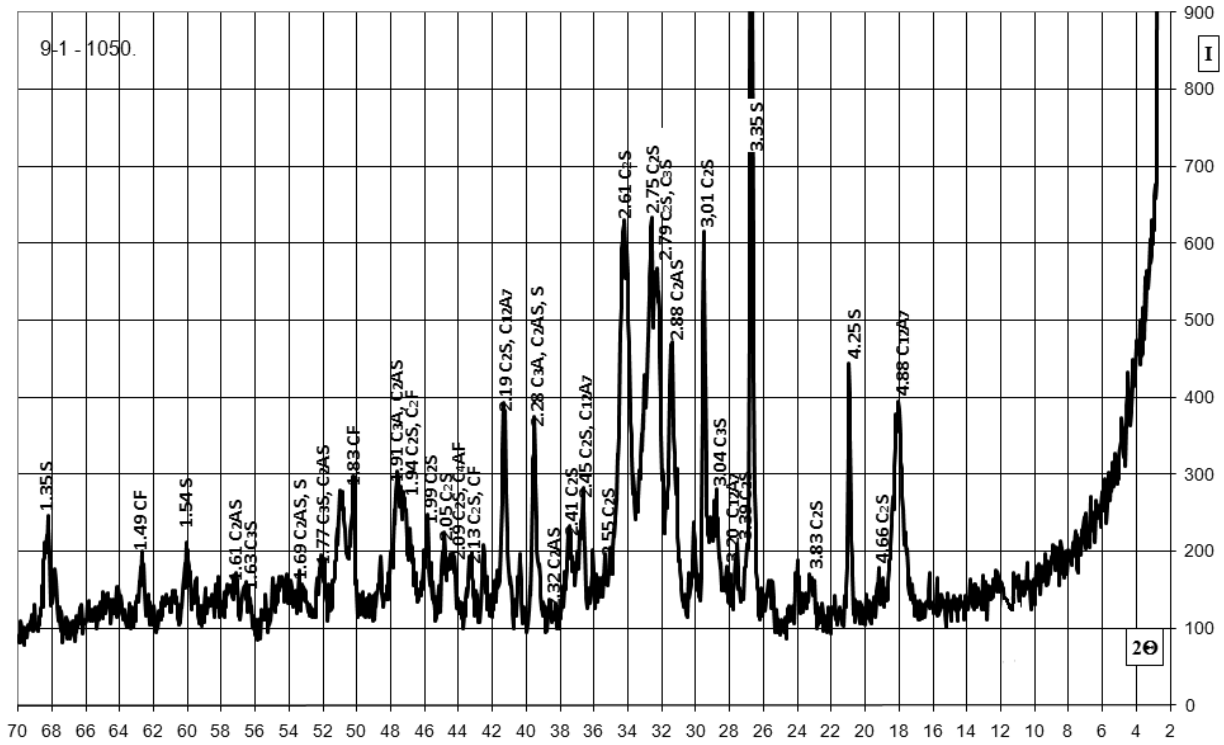


Рисунок 3 - Дифрактограма матеріалу з суміші 9-1 після випалу на 1050°C

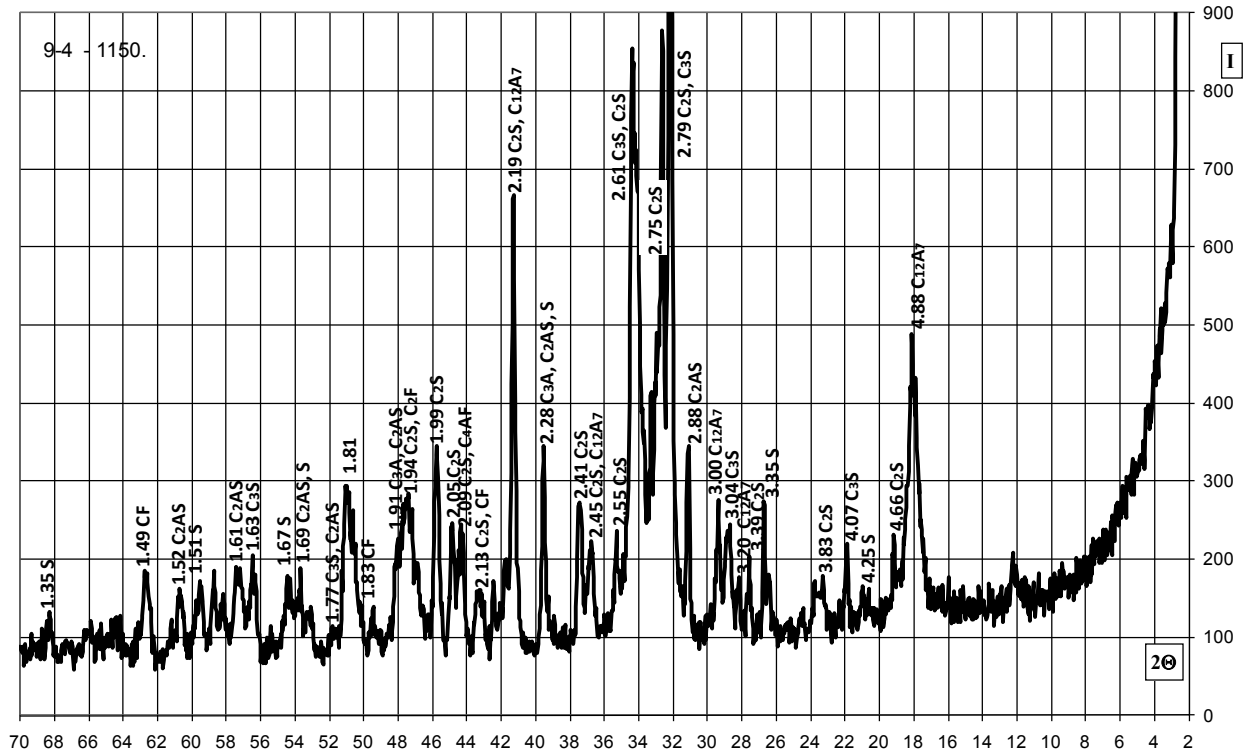


Рисунок 4 - Дифрактограма матеріалу з суміші 9-4 після випалу на 1150°C

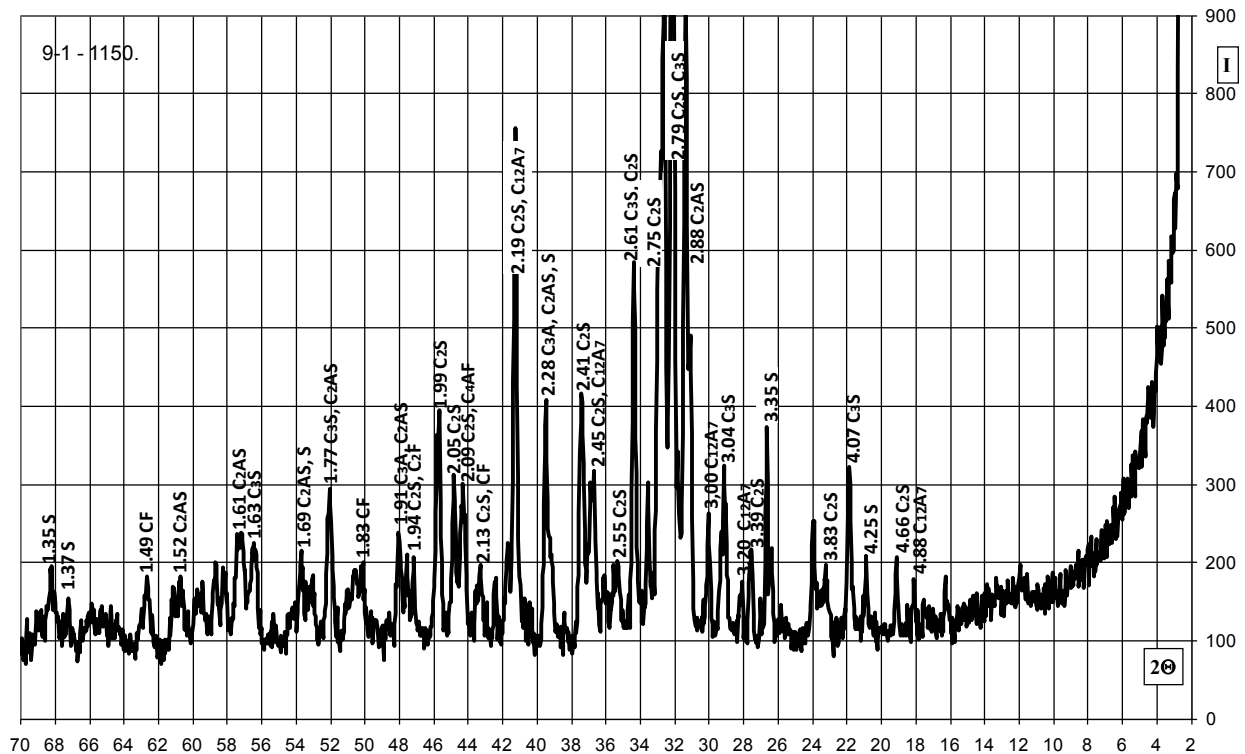


Рисунок 5 - Дифрактограма матеріалу з суміші 9-1 після випалу на 1150⁰C

При цьому проба 9-1 відрізняється від 9-4 суттєвим зменшенням сполучень $C_{12}A_7$ і збільшенням C_2AS після випалу на 1050⁰C, а після випалу на 1150⁰C - зменшенням $C_{12}A_7$ і збільшенням C_3A та C_2AS . В свою чергу при більшій концентрації SiO_2 у вихідній суміші проба 9-1 у порівнянні з 9-4 відзначається інтенсифікацією розвитку кристалічних фаз кальцієвих силікатів, головним чином C_2S .

Висновки

1. У технології в'язучих матеріалів важливою є комплексна оцінка карбонатної та глинистої складових вихідної сировинної суміші. Особливості складу спондилової глини визначаються високим вмістом лужноземельних оксидів, поданих тонкодисперсним кальцитом і монтморилонітом, поряд із лужними оксидами, поданими гідрослюдою та польовим шпатом, що загалом обумовлює кінетику процесу спікання та легкоплавкість

2. Ефективність застосування спондилової глини у виробництві в'язучих матеріалів пов'язана з можливістю регулювання кінетики і напрямку фазових перетворень при зменшенні максимальної температури випалу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бутт Ю.М. Химическая технология вяжущих материалов [Текст] / Ю.М/ Бутт, М.М. Сычев, В.В. Тимашев - М.: Высшая школа, 1980. - 460 с.
2. Пашенко А. А. Вяжущие материалы / А. А.Пашенко, В. П.Сербии, В. А.Старчевская – К.: Вища школа, 1985. - 440 с.

3. Ghosh S.N. *Advances in Cement Technology: Chemistry, Manufacture and Testing* / Taylor & Francis, 2003. – pp. 828.
4. Черняк Л.П. Минералогический состав и спекание глинистых систем / Л.П. Черняк, В.Е. Гонтмахер // *Стекло и керамика*. – М., 1980. - № 5. - С. 22 – 23.
5. The GUIDE-BOOK on the Ukrainian cement and concrete industry 1998/99 – К.: Company «Leocement»@State Concern «Ukrceмент», 2000.– 110 p.
6. Строкатобарвні глини Київської області як сировина для виробництва керамзиту / Солонінко І.С., Виходець Л.Д., Малашевський В.В., Кальонов Є.М., Давидсон І.С., Литвинчук Н.Г. – К.: Будівельник, 1972. – 52 с.
7. Кононов М.Е. Исследование зависимости физико-технических свойств и фазового состава кианитового концентрата от температуры обжига / М.Е. Кононов, О.В. Поваляева, О.А. Ефимова // *Силикатные материалы из минерального сырья и отходов промышленности*. – Л.: Наука. – 1982. - С. 27 – 35.
8. Балкевич В. Л. *Техническая керамика*/ В. Л. Балкевич — М.: Стройиздат, 1984. —256 с.
9. Горшков В.С *Методы физико-химического анализа вяжущих веществ*/ В.С. Горшков, В.В. Тимашев, В.Г. Савельев – М.: Высш. шк., 1981. – 334 с.
10. Полубояринов Д.Н., Балкевич В.Л., Попильский Р.Я. *Высокоглиноземистые керамические и огнеупорные материалы*. -М.: Госстройиздат, 1960.- 232 с.

УДК 666.9.015.22

ОСОБЕННОСТИ ФАЗОВОГО СОСТАВА ВЯЖУЩЕГО МАТЕРИАЛА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СПОНДИЛОВОЙ ГЛИНЫ

/ Черняк Л.П. Дорогань Н.О., Цибенко М.Ю., Голоух І.А. /

Приведены результаты аналитических и экспериментальных исследований физико-химических процессов формирования фазового состава вяжущего материала на основе сырьевой смеси с использованием спондиловой глины. Показана связь химико-минералогического состава исходных смесей с фазовыми превращениями при обжиге в интервале температур 1050-1150°C.

Ключевые слова: материал вяжущий, глина, смесь сырьевая, минералогия, обжиг, температура, фазовый состав.

UDC 666.9.015.22

FEATURES OF PHASE COMPOSITION OF CEMENTING MATERIAL AT THE USE OF SPONDYLUS CLAY

/ Cherniak L.P., Dorogan N.A., Tsybenko M.U., Goloukh I.A. /

The results of analytical and experimental studies of physical and chemical processes of the phase composition formation of cementing material from raw material mixture using spondylus clay. The connection between chemical and mineralogical composition of the starting mixtures with phase changes during firing in the temperature range 1050-1150°C are shown.

Keywords: cementing material, clay, mixture raw material, mineralogy, burning, temperature, phase composition.

**ВАЖКІ БЕТОНИ
ТА БУДІВЕЛЬНІ РОЗЧИНИ**

**ТЯЖЕЛЫЕ БЕТОНЫ
И СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ**

**HIGH-DENSITY CONCRETES
AND MORTARS**

*Розен В.П., професор, Коновал Р.Ю., аспірант,
НТУУ «КПІ»*

*Лаповська С.Д., доктор технічних наук, заст.
директора з наукової роботи, ДП «НДІБМВ»
e-mail: konovalr@gmail.com*

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ З ВИРОБНИЦТВА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ

У даній статті представлені основні шляхи мінімізації виробничих втрат енергоресурсів та вихідної сировини за рахунок аналізу проблемних для даного виробництва ділянок і устаткування, вибору з їх числа найбільш критичних, а також розробка рекомендацій щодо підвищення ефективності їх функціонування.

***Ключові слова:** методи, виробничі процеси, енергоефективність, оптимізація, залізобетон, втрати, електроенергія.*

Постановка проблеми. Промисловість виробництва збірного залізобетону являється одним з найбільш енергоємних у будівельній галузі. Річні витрати електричної енергії на галузь будівельних матеріалів і конструкцій досягає 1900 млн . На виробничих підприємствах витрати на придбання енергії можуть складати більше 20% від виробничої собівартості продукції, а енерговитрати на виробництво одного кубічного метра збірного залізобетону, на окремих підприємствах, удвічі перевищує науково-обґрунтований норматив [1]. Отже актуальним являється питання досягнення максимального рівня енергоефективності за рахунок впровадження технічно можливого потенціалу енергозбереження.

Ціль статті. Ціллю даного дослідження є вирішення питання щодо аналізу виробничих втрат теплової і електричної енергій, а також розробка енергоефективних заходів для впровадження на виробничих лініях підприємства з виробництва залізобетонних виробів [2,3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз енерговитрат в промисловості збірного залізобетону дозволяє виявити найбільш енергоємні технологічні процеси та окремі переділи, раціональне витрачання енергії якими може дати найбільший економічний ефект. Більшість виробничих ліній не модернізувалися починаючи з 1989 року, момент впровадження діючих виробничих ліній, а на виробництво одного куб. метра бетону в середньому витрачається приблизно 53,1 кг. у.п.

Основні матеріали дослідження. На нагрів одного куб. метра бетону у виробі, разом з металевою формою, потрібно витрачається лише до 30% від фактично виробленого тепла, більше 20% енерговитрат неминуче втрачається при несправному стані або застарілості існуючого на підприємствах обладнання.

У загальному випадку, основне зниження витрат тепла і, відповідно використовуваних енергоресурсів, можливо при організації обліку витрат за всіма видами продукції [2], удосконаленні існуючих формувальних агрегатів, автоматизації режимів теплової обробки, додатко-

вого утеплення теплових агрегатів, перехід на низькотемпературні режими теплової обробки виробів, економному витрачанні енергії на побутові потреби підприємств та ін.

Понад 90% випущеної заводами збірного залізобетону продукції піддається пропарюванню, хоча цей традиційний спосіб прогріву і не відноситься до найбільш економічних [4]. У період завантаження і розвантаження втрачається велика кількість теплоти, камера остигає і на її нагрівання, з кожною закладкою, доводиться знову витратити енергію. Аналіз роботи ямних пропарювальних камер на багатьох заводах збірного залізобетону показує, що більшість з них мають не щільні водяні затвори, перекошені кришки, щілини між елементами затвора і стінкою камери. Все це призводить до постійних і великих втрат теплової енергії.

Оскільки ямних камер на заводах налічується велика кількість, рекомендується розробити методи теплової обробки, які дозволять економічно витратити теплоту при їх експлуатації. Теоретично, скорочення теплових втрат на 30-35% можна домогтися за рахунок утеплення стінок і кришок камер.

Одним з найбільш дорогих і енергоємних компонентів бетонної суміші є цемент, на виробництво однієї тони якого витрачається близько 300 кг у.п. Отже, скорочення витрат цементу дає економію енерговитрат для виробника і знижує вартість продукції для споживача. Домогтися цього можна насамперед за рахунок використання чистих фракціонованих заповнювачів.

Застосування піщано-гравійної суміші, непромитих і нефракціонованих заповнювачів призводить до 20-30% перевитрати цементу. Забезпечення заводів високоякісними заповнювачами і цементами необхідних марок сприятиме зниженню енерговитрат приблизно на 15-22 кг у.п. на один куб. метр бетону.

Застосування піщано-гравійної суміші, непромитих і нефракціонованих заповнювачів призводить до 20-30% перевитрати цементу. Забезпечення заводів високоякісними заповнювачами і цементами необхідних марок сприятиме зниженню енерговитрат приблизно на 15-22 кг у.п. на один куб. метр бетону.

Значної економії теплової енергії можна домогтися при впровадженні технології стендового виробництва типових виробів і конструкцій [3, 5]. У касетних формах, зважаючи на наявність великої температурного перепаду у верхній і нижній частинах виробів, а також наявності середовища, необхідно провести комплекс досліджень і розробити конструктивно-технологічні рішення, спрямовані на різке скорочення теплових витрат у касетних камерах.

Необхідно дослідити та розробити низькотемпературні режими термообробки виробів у теплових агрегатах і розробити практичні рекомендації заводам щодо даного питання [4]. Впровадження таких режимів у виробництві, в поєднанні з комплексними хімічними добавками, дасть можливість знизити температурний рівень прогрівання виробів, а в теплий період року відмовитися від теплової обробки, що дозволить зменшити питому витрату теплової енергії приблизно в 1,3-1,5 рази в порівнянні зі значенням фактичних витрат при існуючих теплових режимах.

Різні заходи, пов'язані з економією паливно-енергетичних ресурсів при виробництві бетонних і залізобетонних виробів і конструкцій, а також при виробництві товарного бетону і розчину, зводяться до наступних напрямків:

- підвищення енергоефективності виробничого обладнання (модернізація виробничого обладнання, використання перетворювальної техніки, використання енергоефективних джерел освітлення, введення позмінної роботи, використання нічного тарифу);

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

- проведення заходів з технологічного вдосконалення (можна виділити оптимізацію виробничих потоків на технологічній лінії, поліпшення якості бетонної суміші, модернізація бетонозмішувальної машини, забезпечення кращого зберігання сировини);
- впровадження автоматизованих систем управління (автоматизацію можливо провести за наступними напрямками: системи подачі сировини, роздавальна система, транспортувальне обладнання, системи освітлення);
- скорочення витрат вихідних матеріалів (цементу, арматури, наповнювачів, води та ін.) на кожний виріб або конструкцію без погіршення їх фізико-механічних та експлуатаційних характеристик;
- вдосконалення методів, режимів і устаткування для термовологісної обробки виробів і конструкцій для зниження витрат теплової енергії на 1 продукції;
- максимальне використання вторинних енергоресурсів при тепловій обробці виробів;
- оптимальний режим термообробки бетонних і залізобетонних виробів, який залежить від багатьох факторів: виду і витрати цементу, його мінералогічного складу і тепловиділення, відношення води і цементу в бетонній суміші, її температури, легкоукладуваності (технологічна характеристика бетонної суміші), товщини конструкції і модуля її відкритої поверхні.

Згідно наведених факторів, щодо можливих шляхів підвищення енергоефективності роботи виробничого цеху, для більшої наочності інформацію можна представити у вигляді причинно-наслідкової діаграми, відомої також як схема Ісікава (рисунок 1).

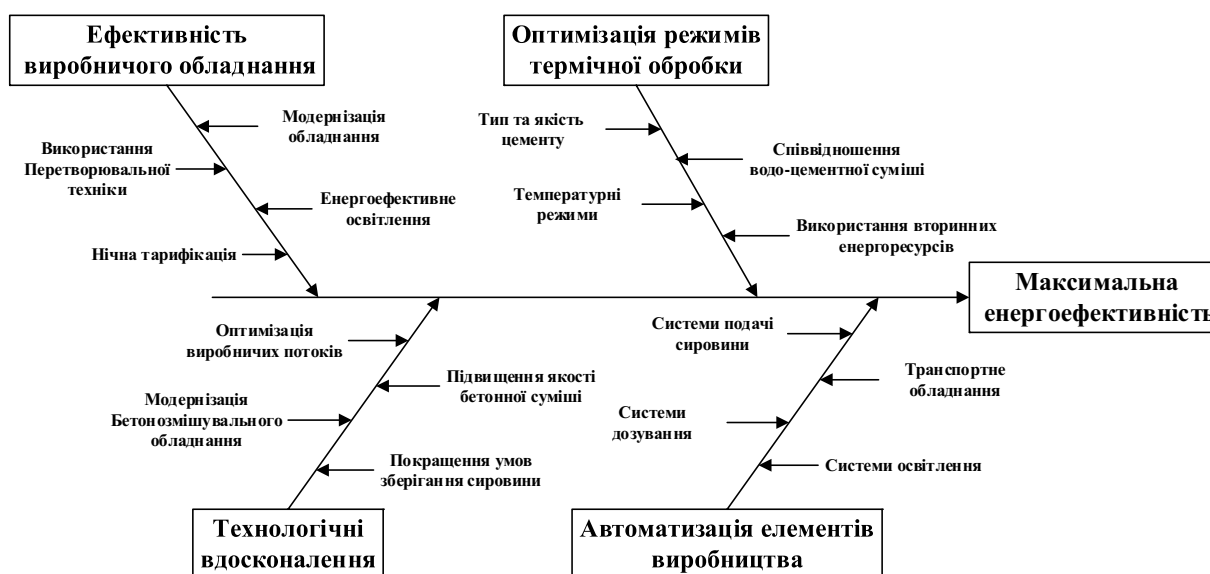


Рисунок 1 – Діаграма Ісікава по чинникам, що визначають потенціал енергозбереження на підприємстві

Таким чином, проаналізував ряд основних факторів та отриманих результатів наукових досліджень [6], можуть бути запропоновані наступні основні шляхи зниження витрат теплової енергії при виробництві бетону та залізобетону.

1. Збільшення коефіцієнта корисного використання тепла за рахунок підвищення термічного опору елементів огорожі камер.
2. Автоматизація процесу термовологісної обробки для підтримки температурно-вологісних режимів пропарювання бетону, яка забезпечує необхідні показники міцності бетонних виробів і знижує витрату теплової енергії на 1520% в порівнянні з витратою енергії в теплових установках без автоматизації.
3. Поліпшення тепло- і масообмінних процесів в робочому об'ємі теплових агрегатів (камер) за рахунок отримання пароповітряної маси однакової температури завдяки направленій подачі пари.
4. Скорочення енерговитрат при приготуванні бетонної суміші шляхом зниження швидкості обертання барабана, застосування хімічних добавок.
5. Істотно скорочується тривалість теплової обробки виробів при суміщенні інтенсивного механічного та теплового впливу на бетон (динамометрична обробка).
6. Застосування плівкоутворюючих матеріалів, які наносяться шляхом рівномірного розпилення на поверхню свіжосформованого бетону.
7. Зниження температури при тепловій обробці бетону до 65 і 50 °С дозволяє знизити на 2025% енерговитрати в порівнянні з прогріванням при температурі 80 °С.
8. Використання модифікуючих добавок пластифікаторів і прискорювачів твердіння.
9. До значних перевитрат цементу призводить застосування непромитих, нефракціонованих нерудних матеріалів. Використання наповнювачів, що не відповідають стандартним вимогам, призводить до додаткового (до 10%) витрати цементу.
10. Удосконалення методів підведення тепла до виробів і вибору найбільш економічного теплоносія, в тому числі за рахунок застосування електричних методів нагрівання (електродні, контактні, індукційні та ін.).
12. Зниження витрати теплової енергії за рахунок застосування пропарювальних камер випарно-конденсаційного типу з інжекторним способом подачі пари.
13. Використання вторинних енергоресурсів. Виробництво збірного залізобетону має ряд джерел ВЕР: газу з температурою 125300 °С; охолоджуюча вода з температурою 4050 °С; конденсат від установок теплової обробки з температурою 80100 °С.

Висновки

Детальний аналіз виробничих ліній і систем на підприємствах дозволяє повною мірою визначити якість споживання основних енергетичних та сировинних ресурсів. Першим кроком на шляху досягнення максимально високого рівня енергоефективності на підприємстві є визначення факторів, що мають найбільшу вагу (пріоритет) в досягненні поставленої мети. Надалі основною і головною задачею стає детальне вивчення наявних факторів та розробка енергоефективних заходів на основі отриманих результатів. Розглянуті в даній роботі матеріали, при їх належній реалізації, дозволять значно знизити витрати на оплату енергетичних ресурсів як розглянутої виробничий лінії, так і схожих виробництв.

ЛІТЕРАТУРА

1. Соколовский Л. Г., Энергосбережение при производстве строительных материалов / Л.Г. Соколовский //Строительство и недвижимость. - 2003. - №38.
2. Бадин Н. И., Эффективность технологических нововведений. — К., 1987.
- 3.

4. Гинзбург Е. Г., Законы и методология организации производственных систем. — Иваново, 1988.
5. Вяземская А. П., Энергосберегающие технологии в сфере строительства [Текст] / А. П. Вяземская // Строительство и недвижимость. - 1997- № 15.
6. Дружинин С. Б., Нормирование запасов в строительстве // Экономика строительства. — 1989. — № 7.
7. Курочкин А. С., Деловая игра: «Управление научно-техническим развитием производства»: Метод. указания к проведению. — К., 1989.

УДК 65.011.46

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

/ Розен В.П., Коновал Р.Ю., Лаповская С.Д. /

В данной статье представлены основные пути минимизации производственных потерь энергоресурсов и исходного сырья за счет анализа проблемных для данного производства участков и оборудования, выбора из их числа наиболее критичных, а также разработка рекомендаций относительно повышения эффективности их функционирования.

Ключевые слова: методы, производственные процессы, энергоэффективность, оптимизация, железобетон, потери, теплота, электроэнергия.

УДК 65.011.46

METHODS TO IMPROVE THE ENERGY EFFICIENCY OF TECHNOLOGICAL LINE FOR PRODUCTION OF REINFORCED CONCRETE PRODUCTS

/ Rozen V.P., Konoval R.Yu., Lapovska S.D. /

This article presents the main way to minimize production losses of energy resources and feedstock at the expense of analysis of the production sites and equipment issues, selection the most critical of them, as well as the development of the recommendations to improve energy efficiency of production operation.

Keywords: *methods, production processes, energy efficiency, optimization, reinforced concrete, losses, electricity.*

**ЗАХИСНІ КОМПОЗИЦІЇ
ТА ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ**

**ЗАЩИТНЫЕ КОМПОЗИЦИИ
И ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**PROTECTING COMPOUNDS
AND WATERPROOFING PRODUCTS**

*Адров А.А., главный технолог
ООО «Завод кровельных материалов
«АКВАИЗОЛ»
62371, Украина, Харьковская область,
Дергачёвский район, пос. Подворки,
ул. Свердлова, 47 «б»
тел. (057) 783-72-61, e-mail: adrov@aquaizol.ua*

АКВАИЗОЛ ОБНОВИЛ АССОРТИМЕНТ

Ключевые слова: еврорубероид, текстура, наплавление, Акваизол ЭКО, Акваизол СБС, Акваизол ЭЛАСТ.

С началом кровельного сезона 2013 г. неблагоприятная экономическая ситуация и погодные условия поставили вопрос о необходимости снижения материальных и трудовых затрат при проведении кровельных работ на плоских кровлях промышленных и гражданских объектов с применением рулонных битумно-полимерных наплаваемых материалов. Положительное решение данного вопроса возможно только при выполнении следующих требований:

- 1) Увеличение скорости укладки материалов при сохранении существующего оборудования и уровня квалификации рабочих-кровельщиков.
- 2) Сохранение и улучшение существующих физико-технических характеристик материалов.
- 3) Корректирование цен на материалы, полученные в результате вышеуказанных улучшений в соответствии с рыночной ситуацией - как минимум материал не должен подорожать.

Благодаря работе исследовательской лаборатории и конструкторского отдела, с начала 2013 года на все наплаваемые кровельные материалы, выпускаемые Заводом «Акваизол», стала наноситься дополнительная текстура с наплаваемой стороны.

В результате введения дополнительного текстурирования нижней стороны кровельного материала, удалось получить следующие преимущества:

- облегчение сгорания защитной полиэтиленовой плёнки;
- увеличение площади нагреваемой поверхности;
- увеличение скорости наплавления материала;
- снижение расхода газа;
- снижение вероятности перегрева материала.

Параллельно с усовершенствованием существующего ассортимента рулонных наплаваемых кровельных и гидроизоляционных материалов, в первом полугодии 2013 года Заводом «Акваизол» начато серийное производство четырёх новых наименований АПП-модифицированного материал **Акваизол ЭКО** с характеристиками:

- гибкость на брусе с радиусом 25мм за 5 сек. -10°C;
- теплостойкостью в течении 2 часов +90°C.

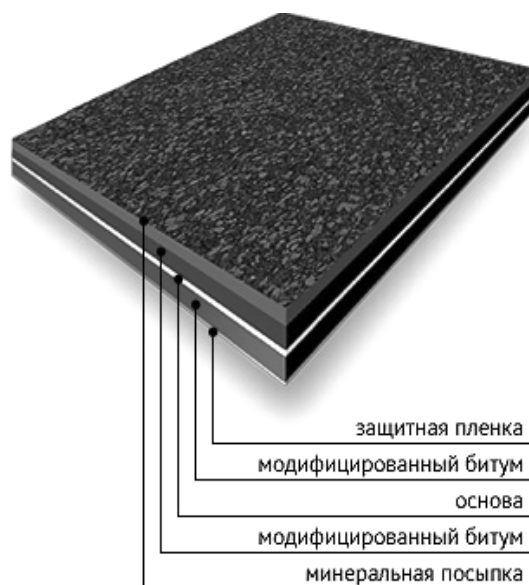


Рисунок 1 – Структура наплавляемого кровельного материала



Рисунок 2 – Текстура с наплавляемой стороны кровельного материала

В 2014 году Завод «Акваизол» продолжил обновление ассортимента выпуском шести наименований улучшенного СБС-модифицированного материала Акваизол СБС с характеристиками:

- гибкость на брусе с радиусом 25мм за 5 сек. -15°С;
- теплостойкостью в течении 2 часов +95°С.

Одновременно было начато серийное производство трёх наименований СБС-модифицированных материалов бизнес класса Акваизол ЭЛАСТ с характеристиками:

- гибкость на брусе с радиусом 25мм за 5 сек. - 20°С;
- теплостойкостью в течении 2 часов +100°С.

Сейчас, когда кровельный сезон 2014 года завершён, можно сделать вывод, о том, что новые рулонные материалы нашли своего потребителя и были оценены им по достоинству.

УДК 691.175:696

*Кармазин А.М., зам. директора
ООО Научно-техническая фирма
«ПОЛИСТОК», г. Харьков
+38 067 748-09-36, mail@polistok.com*

ТРУБОФИЛЬТРЫ «ПОЛИСТОК»® ДЛЯ ВОДООЧИСТКИ И ВОДОЗАБОРА

В данной статье представлена информация о стеклопластиковых фильтрах «ПОЛИСТОК»®, их конструктивных особенностях и сферах применения

Ключевые слова: дрена, трубофильтр, фильтрация, стеклопластик

С начала 1990-ых гг. в условиях становления новой для нас рыночной экономики была создана наша фирма. Исходя из профессиональных предпочтений, мы занялась разработкой водоочистного оборудования из композиционного материала – стеклопластика. Тогда это было в полном смысле слова инновационное направление - стеклопластик мало использовался в СССР, в основном, в военно-промышленном комплексе и космических технологиях. В тоже время за рубежом производство разного оборудования из стеклопластика и др. композитов бурно развивалось.

Мы занялись разработкой стеклопластиковых изделий для той отрасли, в которой работали, – водоподготовка и очистка сточных вод.

Преимущества композитов для применения в водных технологиях очевидны: коррозионная стойкость, прочность и легкость, а также возможность работать с ними, как с металлом и текстилем. Благодаря этим уникальным свойствам нам удалось разработать, а впоследствии запатентовать **трубчатый фильтр-аэратор «ПОЛИСТОК»® СТФ/СПФА**, который впоследствии претерпел ряд усовершенствований и модификаций. Суть «ноу-хау» состояла в том, что фильтровальная перегородка «упрятана» между слоев ячеистого каркаса, т.е. пористый слой снаружи и внутри защищен от внешних воздействий, и фильтр может безопасно подвергаться механическим и динамическим нагрузкам. В результате многочисленных проб разработаны три основных вида изделий:

- пневматический аэратор для биологической очистки сточных вод (рис. 1);
- трубчатый элемент дренажно-распределительной системы (ДРС) для скорых водопроводных фильтров (рис. 1);
- трубофильтры для вертикального, горизонтального и лучевого водозабора и дренажа

Технологическое различие аэратора и элемента ДРС сводится к применению разных типов фильтровальных перегородок и обусловлено тем, что аэратор диспергирует сжатый воздух в воду, а дрена ДРС, во-первых, принимает и транспортирует осветленную в скором фильтре воду, во-вторых, равномерно распределяет промывную воду в обратном направлении (рис. 2).



Рисунок 1 - Аэратор/элемент ДРС (неполный разрез)



Рисунок 2 - Сбор отфильтрованной и распределение промывной воды дренажно-распределительной системы

Аэраторы СПФА и дренажно-распределительные трубы эксплуатируются в условиях высоких динамических нагрузок, создаваемых мощными потоками воды и воздуха. Несмотря на такую интенсивность, длительный опыт эксплуатации – до 20 лет – аэраторов и дрен «ПОЛИСТОК»[®] свидетельствует об их устойчивости и технологичности.

Примером такой работы является программа полной замены ДРС устаревших типов на скорых фильтрах крупнейшей водопроводной станции Украины – ГПП «КРИВБАССПРОМВОДОСНАБЖЕНИЕ».

Для **трубофильтров СТФ «ПОЛИСТОК»[®]**, применяемых для водозабора и водопонижения, наряду с вышеприведенными эксплуатационными свойствами, играет роль т.н. «**дуракоустойчивость**» конструкции. Она как раз обусловлена тем, что фильтровальная сетка надежно защищена изнутри, а, главное, снаружи от механических воздействий, сопровождающих транспортировку, эксплуатацию и, особенно, установку фильтров. В частности, после экстракции **металлопластиковых** трубофильтров «ПОЛИСТОК»[®] из вертикальных скважин композиционная каркасно-фильтрующая оболочка оставалась неповрежденной.

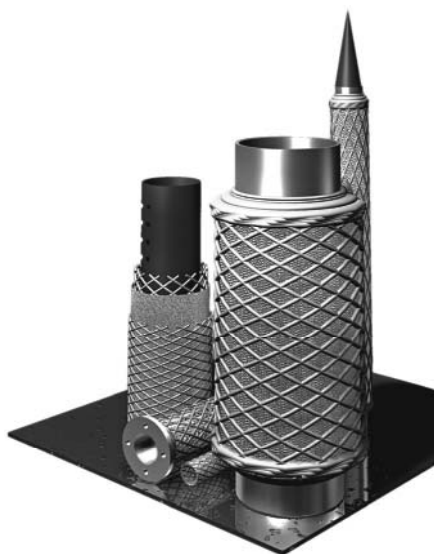


Рисунок 3 – Модификації трубофільтра СТФ

Отличительными чертами трубофильтров СТФ являются:

- **большая скважность** – до 30 % - гарантированная каркасно-сетчатой структурой фильтра;

- **стойкость к кольматации фильтровальной перегородки и способность к регенерации**, обусловленная применением плоскопоористой структурированной сетки из гладких мононитей.

Основные диаметры выпускаемых трубофильтров СТФ – **80, 100, 125, 140, 175, 210, 270, 420 мм** (рис.3).

УДК 691.175:696

ТРУБОФІЛЬТРИ «ПОЛІСТОК»® ДЛЯ ВОДООЧИСТКИ ТА ВОДОЗАБОРУ/
/ Кармазін О.М. /

В даній статті надана інформація про склопластикові фільтри «ПОЛІСТОК»®, їх конструктивні особливості та сфери застосування

Ключові слова: дрена, трубофільтр, фільтрація, склопластик

UDC 691.175:696

DRAINAGE TUBULAR FILTERS “POLISTOK”® FOR WATER PURIFICATION AND WATERFALL SYSTEMS

/ Karmazin A.M./

In this article described design of composite tubular filters “POLISTOK”®. Examples of their use for waterfall systems and purification are given.

Keywords: tubular filter, filtration, fiberglass

**НІЗДРЮВАТІ БЕТОНИ
АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДНЕННЯ**

**ЯЧЕИСТЫЕ БЕТОНЫ
АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ**

AUTOCLAVED AERATED CONCRETE

*Барановская Е.И., научный сотрудник
кафедры химической технологии вяжущих
материалов, кандидат технических наук,
Мечай А.А., заведующий кафедрой химической
технологии вяжущих материалов, кандидат
технических наук, доцент,
e-mail: elf01@tut.by, e-mail: AA_M@tut.by
Учреждение образования
«Белорусский государственный
технологический университет» г. Минск, РБ,
Таболіч А.В., зам. директора филиала,
Иванов Е.Н., зам. директора филиала,
«Научно-технический центр»
ОАО «НПО Центр» г. Минск, РБ
e-mail: eivanov@npo-center.com*

ПОДГОТОВКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКА В СОСТАВЕ АВТОКЛАВНОГО ЯЧЕЙСТОГО БЕТОНА

В статье приведены результаты исследований по подготовке очищенного от металлических включений тонкомолотого электросталеплавильного шлака и использованию его в качестве сырьевого компонента ячеистобетонной смеси, что позволило обеспечить формирование хорошо закристаллизованной структуры продуктов гидросиликатного твердения, повысить прочность бетона, увеличить его морозостойкость. Подготовка шлака осуществлялась на помольном оборудовании ОАО «НПО «Центр» и включала очистку его от металлических включений и помол в центробежно-ударной мельнице с воздушной сепарацией. Процент замены цемента на шлак для оптимальных составов бетона составил 50–70 мас.%. Результаты исследований прошли опытно-промышленную апробацию и в настоящее время находятся на стадии внедрения.

***Ключевые слова:** автоклавный ячеистый бетон, электросталеплавильный шлак, центробежно-ударная мельница, гидросиликатное твердение, структура, прочность на сжатие, морозостойкость, долговечность бетона.*

ВВЕДЕНИЕ

В связи с тем, что электросталеплавильные шлаки, образующиеся при выплавке стали в электродуговых печах на металлургических предприятиях, являются крупнотоннажным отходом в настоящее время остро стоит вопрос об их утилизации. В Беларуси, России, странах Евросоюза регулярно принимаются решения, направленные на наращивание производственных мощностей по переработке данного отхода. Ежегодный рост производства приводит к постоянному накоплению сталеплавильного шлака на специализированных площадках хранения предприятий. За год в ОАО «БМЗ – Управляющая компания холдинга «БМК» образуется более 700 000 т шлаков [1]. Результаты исследований, полученные авторами [2-4], показывают эффективность использования подготовленного шлака в составе

ячеистобетонных смесей. В рамках выполнения задания Государственной программы освоения в производстве новых и высоких технологий на 2011-2015 годы «Разработка и внедрение ресурсосберегающей технологии автоклавного ячеистого бетона с использованием очищенного от металлических включений электросталеплавильного шлака ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» в настоящее время проводятся работы по адаптации и внедрению указанной технологии в Филиале №5 «Гродненский комбинат строительных материалов» ОАО «Красносельскстройматериалы» (г. Гродно, РБ). На указанном предприятии выпущены опытно-промышленные партии ячеистого бетона с марками по плотности D250–D500 с заменой 50–100 мас.% цемента на шлак. Полученные опытные образцы прошли испытания в аккредитованной лаборатории ГП «Институт НИИСМ» (г. Минск, РБ) и по своим физико-механическим и теплофизическим свойствам соответствуют нормативным требованиям, предъявляемым к автоклавному ячеистому бетону. Актуальность исследований в данном направлении обусловлена острой необходимостью повышения долговечности ячеистого бетона, что возможно, в том числе за счет снижения расхода цемента в сырьевых смесях и замены его на сталеплавильный шлак.

Как показывает практика, зачастую задача повышения прочности бетона, снижения его средней плотности, улучшения теплофизических свойств оставляет второстепенным вопрос долговечности. В процессе эксплуатации ограждающие конструкции постоянно подвергаются воздействию факторов окружающей среды, в результате чего происходит значительное снижение их эксплуатационных характеристик. Для того чтобы гарантировать сохранение показателей долговечности, необходим комплексный подход, учитывающий рациональный подбор сырьевой смеси с прогнозируемым составом и структурой продуктов гидротермального твердения, особенности технологии производства и условия эксплуатации материала.

В связи с этим, настоящая работа посвящена вопросам подготовки электросталеплавильного шлака с целью использования его в составах сырьевых смесей для получения автоклавного ячеистого бетона.

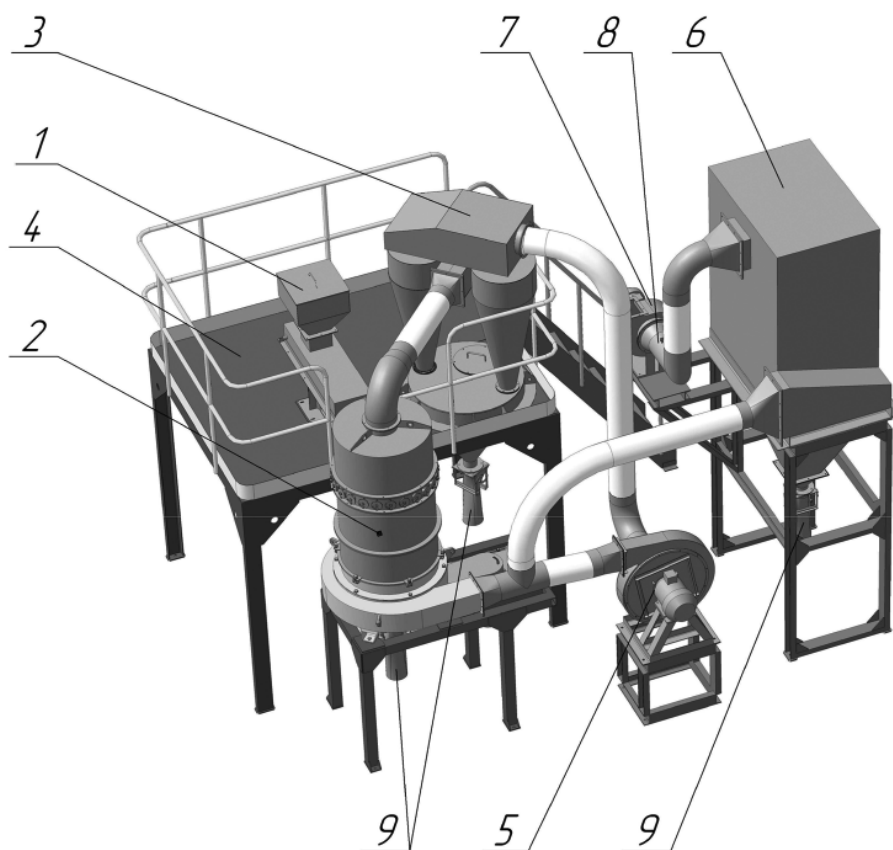
МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для приготовления ячеистобетонной смеси использовались следующие сырьевые материалы: кальциевая известь CL70, портландцемент СЕМ I-42,5 R, кварцевый песок с содержанием свободного кварца 89%, алюминиевая пудра с содержанием активного алюминия 92-93% в соответствии со стандартом [5]. Минералогический состав портландцементного клинкера, мас. %: $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ – 59,01; $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ – 17,53; $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ – 5,57; $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ – 13,07. Содержание активных CaO и MgO в кальциевой извести – 72–73 %, время гашения – 3–4 мин. Кварцевый песок соответствовал стандарту [5]. Модуль крупности песка – 2,4. В качестве газообразователя использовали алюминиевую пудру с удельной поверхностью – не менее 700 м²/кг. Очищенный от металла молотый шлак характеризовался отсутствием остатка на сите № 008 и удельной поверхностью 450–500 м²/кг. Распределения частиц в указанных диапазонах (мкм) было следующим, мас. %: 0–1 – 1,76; 1–5 – 14,08; 5–10 – 21,13; 10–35 – 47,53; 35–70 – 15,50. Минералогический состав используемого в работе шлака характеризуется наличием β - $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, γ - $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, мервинита $3\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$, монтичеллита $\text{MgO}\cdot\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, ранкинита $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2$, а также железосодержащих фаз – $3\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot 3\text{SiO}_2$ и магнетита Fe_3O_4 . Составы сырьевых смесей соответствовали рецептурам Филиала №5 «Гродненский комбинат строительных материалов» ОАО «Красносельскстройматериалы».

Изучение размеров кристаллогидратных соединений и их распределение в образцах ячеистого бетона, а также определение элементного состава кристаллических фаз проводили методом точечного микрорентгеноспектрального анализа на сканирующем электронном микроскопе JSM–5610 LV с системой химического анализа EDX JED-2001 JEOL, на сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения «Mira» («Tescan») с микрорентгеноспектральным анализатором «INCA 350» «Oxford Instruments». Гранулометрический состав сырьевых компонентов определяли на лазерном микроанализаторе размеров частиц «Analysette 22». Для исследования фазового состава разработанных составов автоклавного ячеистого бетона применяли рентгеновский дифрактометр D8 Advance с излучением CuK α . Для идентификации кристаллических фаз использовали международную картотеку Joint Comite on Powder Diffraction Standarts 2003 и программное обеспечение Match.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Подготовка шлака осуществлялась на высокоэффективном помольном оборудовании ОАО «НПО «Центр» и включала очистку его от металлических включений и помол в центробежно-ударной мельнице с воздушной сепарацией. Принципиальная схема измельчительного комплекса представлена на рис. 1.



1 – бункер с питателем; 2 – мельница центробежная; 3 – циклон; 4 – площадка;
5 – вентилятор транспортный; 6 – фильтр рукавный; 7 – вентилятор аспирационный; 8 – шибер регулировочный; 9 – затвор рукавный

Рисунок 1 – Схема измельчительного комплекса ОАО «НПО «Центр»

Способ центробежно-ударного измельчения, реализуемый в указанном измельчительном комплексе, позволяет получить материал, характеризующийся качественными показателями, труднодостижимыми с помощью других видов измельчения. Полученный продукт обладает высокой удельной поверхностью и физико-химической активностью частиц за счет однородной изометрической формы с хорошо развитой поверхностью, имеет заданный узкий гранулометрический состав. Снижение удельной энергоемкости и отсутствие переизмельченных классов обеспечивается за счет непрерывного цикла работы комплекса. По сравнению с другими способами измельчения материалов снижение затрат электроэнергии составляет до 50 %. Производительность комплекса составляет до 10 т/ч.

На рис. 2 представлены электронно-микроскопические снимки подготовленного порошка шлака и его фракционный состав.

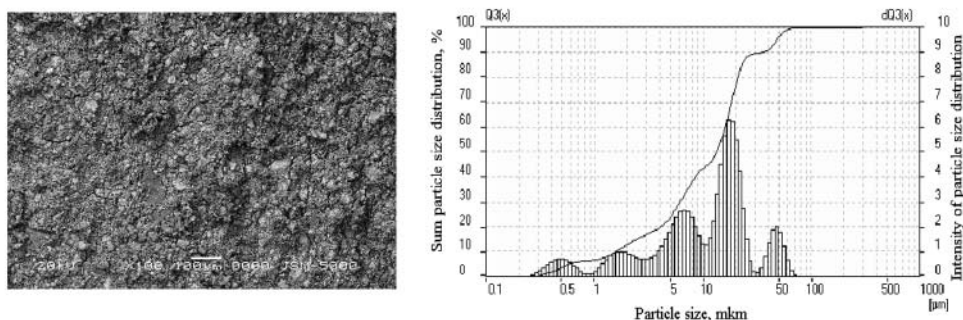


Рисунок 2 – Электронно-микроскопические снимки шлака и его фракционный состав

В публикациях [2-4] были представлены данные по твердению шлака в естественных условиях и условиях гидротермальной обработки, полученные в лабораторных условиях. Установлено, что микроструктура продуктов твердения шлаковых образцов представлена гидросиликатами кальция и магния с различным строением кристаллов (пластинчатым, чешуйчатым и волокнистым), что зависит от их основности, а также аморфной фазой. Как показали результаты электронной микроскопии, они объединены в относительно крупные блоки размером 2,5–3,5 мкм, заполняющие поры и сшитые между собой волокнами. Очевидно, что морфологические особенности продуктов гидратации шлака в условиях его химической активации (более высокая плотность структуры, наличие хорошо закристаллизованных гидросиликатов кальция различных размеров и формы) обуславливают значительное повышение прочности матрицы межпоровой перегородки ячеистого бетона. При этом существенно изменяется процесс твердения бетона в присутствии шлака по сравнению с бетоном на основе портландцемента. Минералогический состав шлака характеризуется не только повышенным содержанием высокоосновных силикатов кальция и магния, обладающих вяжущим потенциалом, но и наличием алюминий- и железосодержащих соединений, которые при гидротермальной обработке способны подвергаться гидролизу с выделением в раствор $Fe(OH)_3$ и $Al(OH)_3$, участвующих в образовании алюминий- и железозамещенных гидросиликатов кальция. Высокое содержание в составе гидросиликатов кальция ионов железа и алюминия способствует увеличению их кристаллизационной способности и формированию пластинчатых кристаллов размером 2–4 мкм, прошивающих поровое пространство и дополнительно упрочняющих структуру материала.

Исследование процессов гидратации и твердения ячеистого бетона показало их значительное ускорение и качественное изменение в присутствии компонентов шлака.

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Следствием этого является снижение основности гидросиликатов кальция, бóльшая степень их закристаллизованности, образование кристаллогидратов, нехарактерных для контрольного состава, что способствует формированию пространственной кристаллической матрицы и повышению в связи с этим прочности структуры бетона, а также улучшению его других физико-механических и теплофизических свойств. Одним из факторов долговечности бетона является сохранение качественных характеристик продуктов гидросиликатного твердения в условиях воздействия различных видов химической коррозии. Способность противостоять большинству видов агрессивных сред определяется составом и структурой гидросиликатов кальция. Модифицирование бетонов способствует образованию при автоклавной обработке алюминий- и железозамещенных гидросиликатов кальция. Кроме установленного факта повышенной склонности к кристаллизации и положительного влияния указанных соединений на прочность структуры бетона установлена их бóльшая устойчивость к воздействию различных агрессивных сред.

Исследованию в лабораторных условиях подвергались образцы ячеистого бетона на основе электросталеплавильного шлака с марками по плотности D250–D500. Для определения оптимального состава ячеистобетонной смеси на основе шлака были синтезированы образцы бетона с заменой на шлак 10–100 мас. % портландцемента. Установлено, что максимальной прочностью по сравнению с контрольными обладают составы бетона с заменой 50–70 мас. % портландцемента на шлак (повышение прочности в 1,3–1,5 раза). Зависимость прочности бетона от процента замены цемента на шлак представлены на рис. 3.

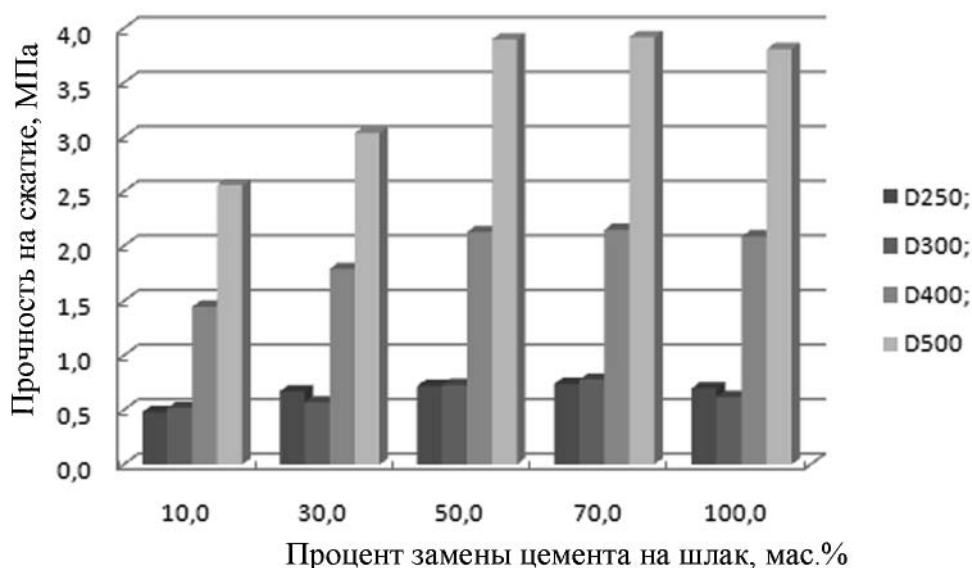


Рисунок 3 – Зависимость прочности бетона от процента замены цемента на шлак

Макро- и микроструктура ячеистого бетона оказывает значительное влияние на показатели морозостойкости. Были изготовлены образцы-кубы размером 100×100×100 мм в индивидуальных формах, испытания проводились в соответствии с ГОСТ 31359-2007. Установлено, что марка по морозостойкости ячеистого бетона (D400–D500) с заменой 50–100 мас. % портландцемента на шлак соответствует F35.

Ресурсосберегающие составы и технология автоклавного ячеистого бетона с использованием шлака взамен 50–100 мас. % цемента прошли успешные опытно-

промышленные испытания в Филиале №5 «Гродненский комбинат строительных материалов» ОАО «Красносельскстройматериалы», где в настоящее время осуществляется их внедрение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований показали эффективность использования подготовленного электросталеплавильного шлака в составе ячеистого бетона автоклавного твердения. Изменение состава и структуры продуктов гидротермального твердения, повышение прочности и марки по морозостойкости разработанных составов бетона позволяют увеличить его долговечность, а также получить теплоизоляционный бетон с улучшенными физико-механическими свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Панковец, А.И. Утилизация электросталеплавильных шлаков / А.И.Панковец, С.В. Мироевский // *Литье и металлургия*. – 2013. – № 1(69). – С. 26–27.
2. Мечай, А.А. Модифицированный автоклавный ячеистый бетон на основе электросталеплавильного шлака / А.А. Мечай, Е.И. Барановская // *Проблемы современного бетона и железобетона: материалы III Междунар. симпоз., Минск, 9–11 нояб. 2011 г.: в 2 т. / РУП «Институт БелНИИС»; редкол.: М.Ф. Марковский [и др.]. – Минск, 2011. – Т. 2. – С. 369–387.*
3. Мечай, А.А. Автоклавный ячеистый бетон с использованием электросталеплавильного шлака / А.А. Мечай, Е. И. Барановская, С.В. Ласанкин // *Труды БГТУ*. – 2011. – № 3: *Химия и технология неорган. в-в*. – С. 40–44.
4. Барановская, Е. И. Использование сталеплавильного шлака в производстве ячеистого бетона автоклавного твердения / Е. И. Барановская, А.А. Мечай // *Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения: сб. мат. 8-й Междунар. науч.-практ. конф. / редкол.: Н.П. Сажнев [и др.]. – Минск: Стринко, 2014. – С. 53–56.*
5. СТБ 1570-2005 «Бетоны ячеистые. Технические условия».

УДК 666.973.6/666.972.16, 669.187.28

ПОДГОТОВКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКА В СОСТАВЕ АВТОКЛАВНОГО ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

/ Baranouskaya K.I., Miachai A.A., Tabolich A.V., Ivanov Y.N./

This article is about results of the researches dedicated to the preparation of the fine electric furnace slag refined of metal inclusions and its usage as a raw material component of the aerated concrete mix. This made it possible to form well-crystallized structure of the hydrasilicate hardening products, to increase the hardness of the concrete and improve its frost resistance. The preparation of slag was performed on grinding equipment of Open Joint Stock Company «NPO Center» and included slag refinement of metal inclusions, grinding in the centrifugal-impact mill with air separation. The replacement percentage of cement by slag for optimal concrete compositions was 50-70%. The results of the researches have been pilot tested and are currently in the implementation phase.

Keywords. Autoclave aerated concrete, electric furnace slag, impact-centrifugal mill, hydrosilicate hardening, structure, compressive strength, frost-resistance, longevity of concrete.

УДК 504.75

*Брынзин Е.В., кандидат технических наук,
начальник отдела маркетинга,
ООО «ЮДК»,
Украина, 49051 г. Днепропетровск,
ул. Комиссара Крылова, 7Д,
тел. 38(0562) 33 80 09, 38(067) 523 10 64,
e-mail: Yevgen.Brynzin@udkgazbeton.com
Парута В.А., кандидат технических наук,
доцент,
Одесская государственная академия
строительства и архитектуры (ОГАСА),
Украина, 65029, г. Одесса
ул. Дидрихсона, 4,
тел. 38(067) 635 89 91, (048) 723 84 34,
e-mail: docent2155@gmail.com*

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭКОЛОГИИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

Аннотация. Концепция «Устойчивого развития» предусматривает удовлетворение потребностей нынешнего поколения без ущерба будущим. Один из акцентов делается на решение глобальных проблем - ресурсосбережение и предотвращение загрязнения окружающей среды при строительстве, эксплуатации и демонтаже отработанных, срок зданий. Этим требованиям в полной мере отвечает автоклавный газобетон. Экологическая нагрузка на окружающую среду, при его производстве, применении и утилизации, наи-меньшая по сравнению с другими стеновыми материалами искусственного происхождения (кирпич керамический и силикатный, бетонные и керамические камни и др.).

Ключевые слова: Концепция «Устойчивого развития», экология и энергосбережение, автоклавный газобетон.

Деятельность человеческого сообщества оказывает существенное влияние на природу. Из-за безответственного отношения к последствиям хозяйствования на планете, происходит необратимое нарушение биологических процессов очистки воздуха, почвы и воды. Даже такая, созидательная деятельность, как жилищное строительство, приводит к разрушению окружающей среды. Концепция «Устойчивого развития» предполагает удовлетворение потребностей нынешнего поколения без ущерба будущим. Для проведения в жизнь этого принципа необходимы разнообразные экологические, экономические, энергосберегающие и социокультурные мероприятия.

Эта позиция определена в международных стандартах серии ИСО (ISO) 14000 «Система управления качеством окружающей среды» и, в частности, стандартами ИСО 14040–14044, ориентированными на экологическое качество продукции. Такой подход направлен на обеспечение «устойчивого строительства», «устойчивой реставрации». При этом акцент

делается на решение основных, глобальных экологических проблем - ресурсосбережение и предотвращение загрязнения окружающей среды при строительстве, эксплуатации и демонтаже отработавших срок зданий. При возведении зданий приоритетными являются задачи не только эстетические, инженерные, но и эколого-материаловедческие, энергосберегающие. Исходя из них, необходимо использовать долговечные, экологически безопасные, с малыми энергозатратами, на производство и эксплуатацию, строительные материалы [5].

В соответствии со стандартом ИСО 14040–14044 в строительную практику внедряется концепция экологической оценки строительных материалов и рационального их выбора с точки зрения экологической безопасности для окружающей среды и человека. Вводится такое понятие, как жизненный цикл материала (ЖЦМ), производится классификация материалов согласно требованиям по защите окружающей среды.

Согласно стандартам ИСО – 14000 производят анализ нагрузки на окружающую среду материала, при его прохождении по жизненному циклу. Учитывают влияние процессов протекающих от стадии добычи сырья для его изготовления, до стадии уничтожения, захоронения или, что более предпочтительно, повторного его использования для изготовления новых материалов. Это позволяет «замкнуть» их жизненный цикл и решить экологические задачи — сократить количество отходов и способствовать ресурсосбережению. Строительные материалы рассматриваются и оцениваются по экологической безопасности не по принципу «здесь и сейчас», а «везде и всегда». При этом оцениваются не только прямые негативные воздействия (эмиссия вредных веществ, образование отходов и т.п.), но и косвенные (дефицит сырья, нагрузки при перевозке материалов, ухудшение качества окружающей среды, влияние на здоровье человека и т.д.) [5].

Столь жестким требованиям в полной мере соответствует автоклавный газобетон. Экологическая нагрузка на окружающую среду, при его производстве, применении и утилизации, наименьшая по сравнению с другими стеновыми материалами искусственного происхождения (кирпич керамический и силикатный, бетонные и керамические камни и др.).

К негативным экологическим эффектам по жизненному циклу материала (ЖЦМ) относят: истощение ресурсов, загрязнение атмосферы, загрязнение водной среды, уничтожение почвенного покрова, изменение ландшафта, возникновение техногенных ландшафтов, опасное шумовое загрязнение, образование отходов, нарушение природного равновесия в экосистеме, уничтожение, деградация, угнетение растительности, ликвидация мест гнездовий птиц, распугивание животных, нарушение их путей миграции, изменение гидрогеологического режима, изменение напряженного состояния пластов земли и прочие прямые и косвенные эффекты.

Оценка строительного материала производится по следующим показателям: повреждение экосистем, дефицит сырья, эмиссия вредных веществ в окружающую среду, потребление энергии, влияние на здоровье человека, положение с отходами [5].

В соответствии с методикой экологической оценки строительного материала по его жизненному циклу, предложенной проф. Князевой В.П. [5], мы проведем анализ жизненного цикла автоклавного газобетона. Он включает этапы: добыча сырья, изготовление на заводе, строительство, эксплуатация (ремонт, реставрация, реконструкция), уничтожение или повторное использование (при замене материала, сносе здания) [7].

Добыча сырья: Известно, что уже на стадии добычи происходит разрушение природных ландшафтов и начинается загрязнение среды. Поэтому при экологической оценке учитывают объем добычи материала, его запасы, количество выбросов или возможности экологических

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

катастроф. При производстве автоклавного газобетона используют сырье: кварцевый песок (61%), портландцемент (18%), воздушную известь (18%), ангидрид (3%) алюминиевую пасту и воду. Запасы их значительны и не относятся к исчерпаемым, в ближайшей и долгосрочной перспективе. Особенностью автоклавного газобетона является то, что его пористость составляет 85%, т.е. объем сырьевых материалов на один метр кубический (1000л) материала составляет лишь 150 л, остальной объем (850л), занимает воздух, замкнутый в закрытых, ячеистых порах. Следовательно, и объем добычи сырья для производства газобетона, значительно меньше, чем у других стеновых материалов.

Транспортировка: При оценке жизненного цикла материала обязательно учитывается также комплекс нагрузок на окружающую среду и человека при транспортировке сырья. Предпочтение отдается строительным материалам произведенным в непосредственной близости от места добычи для них сырья [5]. Автоклавный газобетон относится именно к типу изделий с минимальной нагрузкой по этим параметрам. Заводы по производству автоклавного газобетона размещают возле месторождения песка, основного сырьевого компонента, добыча которого не сопряжена со значительной нагрузкой на окружающую среду.

Производство: На этапе производства строительных материалов необходимо знать, объемы выбросов-загрязнителей в окружающую среду [5]. Производство автоклавного газобетона является безотходным. В связи с низкими энергозатратами, при производстве газобетона, количество вредных выбросов в атмосферу значительно меньше, чем при производстве других строительных материалов (Рис.1) [10,11].



Рисунок 1 - Энергозатраты при производстве стеновых материалов

Строительство: На этапе проектирования и строительства важно предварительно оценить долговечность здания и строительных материалов, из которых оно будет возведено. Показателем для предпочтительного выбора материалов в строительстве становится его долговечность. Благодаря высокой долговечности материала, нагрузка на окружающую среду на этот период уменьшается. Важно, чтобы долговечность материалов отдельных строительных узлов всегда соответствовала жизненному сроку всего здания. При экологической оценке материала учитывается, возможно ли образование отходов и выбросов в окружающую среду вредных веществ при производстве строительных работ [5]. Автоклавный газобетон является долговечным материалом, со сроком эксплуатации 150-200 лет. При его применении не образуются отходы и нет выбросов в окружающую среду вредных веществ.

Эксплуатация: На этапе эксплуатации, экологическая нагрузка в большой мере определена выбором, сделанным на предыдущих этапах, здесь дополнительно необходимо определить эколого-гигиеническую безопасность применяемых строительных материалов и эксплуатационные затраты на уход за материалом для сохранения его свойств [5]. Эколого-гигиеническая характеристика является оценкой наличия или отсутствия вредного воздействия

материала на человека, находящегося в здании, в конструкциях которого использован этот материал [2]. Для комплексной эколого-гигиенической оценки материалов необходимо знать весь комплекс отрицательных свойств и их влияние на здоровье человека, то есть его гигиеническую безопасность на всех стадиях жизненного цикла материала, а в данном случае, прежде всего, на стадии его эксплуатации, так как от выбора материала для интерьера зависит не только безопасность жилья, но и его комфорт [2]. Запрет на их использование может быть основан на показателях, характеризующих качество внутренней среды в здании (влажность, шум и т. д.) [5].

Повышение гигиенических требований к строительным материалам, связаны с необходимостью обеспечения максимальной комфортности и безопасности для здоровья человека. Городской житель проводит в помещениях почти 80% своего времени, поэтому экологичность внешней и внутренней среды здания относится к числу факторов, наиболее существенно влияющих на его здоровье. Ученые-гигиенисты пришли к выводу, что многие болезни определяются качеством жилищных условий, так называемые «жилищные болезни». Существует и такое понятие, как синдром больных зданий, причина заболеваний в них является неудовлетворительное влияние внутренней среды помещения на здоровье человека.

Для экологической оценки строительных материалов необходимо знать весь комплекс его свойств и их влияние на здоровье человека, то есть гигиеническую безопасность, на всех стадиях жизненного цикла материала. При возведении зданий и сооружений должны быть использованы такие строительные материалы, которые благоприятны для человека и окружающей среды. Строительный материал можно назвать экологически чистым, если он не выделяет токсичных и раздражающих веществ, имеет минимальную естественную радиоактивность, обеспечивает комфортные условия, для находящихся в помещении.

Различают параметры: физиолого-гигиенические (температура поверхности кожи при контакте с материалом), физико-гигиенические (пористость, средняя плотность, коэффициент теплопроводности и теплоусвоения, воздухо- и паропроницаемости, электризуемость, радиоактивность и др.), микробиологические (влияние материала на развитие микроорганизмов). Современная тенденция направлена на использование экологически чистых строительных материалов (древесина, солома, камыш, грунт). В этот ряд можно поставить и автоклавный газобетон. Он достаточно прочный, долговечный, обеспечивает минимальные теплопотери при эксплуатации, экологически безопасный [2].

Стандарт Евросоюза EN 15251-2006 «Исходные параметры микроклимата помещений...» понятие «комфортность жилья» определяют через его микроклимат, который характеризуется температурой и влажностью воздуха внутри помещения, кратностью воздухообмена и т.д. Коэффициент паропроницаемости газобетона, в зависимости от средней плотности, составляет 0,1 до 0,23 мг/м·ч·Па, что обеспечивает оптимальный влажностный режим в помещении [1]. В соответствии «Классификацией воздуха внутренних помещений, строительных работ и материалов покрытий» (Финляндия), определяющей показатели состояния воздуха и устанавливающей границы выделения летучих органических соединений, формальдегидов, аммиака и канцерогенов, газобетон отнесен к наиболее безопасному классу M1 [1].

Другая составляющая эколого-гигиенической оценки - радиационно-гигиеническая [3]. Сущность которой состоит в определении суммарной удельной активности естественных радионуклидов (радий Ra-226), торий Th-232, калий K-40), $A_{эфф.}$ в Бк/кг в строительных материалах. В зависимости от суммарной удельной активности, определяется возможная область применения данного материала. При $A_{эфф.} = AR_a + 1,3A_{Th} + 0,09AK \leq 370$ Бк/кг;

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

материал разрешен для всех видов строительства; при $A_{эфф.} > 370-740$ Бк/кг материал можно использовать в промышленном строительстве, где исключено продолжительное пребывание людей и в дорожном строительстве, в том числе в пределах населенных пунктов; при $A_{эфф.} > 740-1350$ Бк/кг материал можно использовать для изолированных объектов промышленного, хозяйственного и дорожного назначения, эксплуатация которых практически не связана с пребыванием людей [10].

По этому показателю автоклавный газобетон относится к наименее опасным материалам, поскольку его удельная эффективность естественных радионуклидов ниже 54 Бк/кг. Такой показатель соответствует условному первому классу (низкий уровень) экологической безопасности. Сходными характеристиками обладают дерево и гипс, у всех остальных стройматериалов он выше: тяжелый бетон и керамзитобетон соответствует второму классу (54–120 Бк/кг), керамический кирпич третьему (120–153 Бк/кг). Если же пересчитать с массы на объем, то квадратный метр газобетонной или деревянной стены имеет радиоактивность менее 2 тыс. Бк, а кирпичной от 10 до 18 тыс. Бк. [1].

В Финляндии принят такой показатель как индекс активности, характеризующей максимально допустимый уровень излучения строительных материалов, чье значение не может быть больше единицы. Значение индекса рассчитывается по формуле $I_1 = C_{Th}/200 + C_{Ra}/300 + C_{K}/3000$. В формуле делимые это числовые значения активности содержания компонентов, излучающих волны, Вг/кг. У газобетона этот индекс составил 0,5, обычного тяжелого бетона 0,66, керамического кирпича – 0,9 [1].

Наибольшую опасность для здоровья людей в помещениях представляет природный радиоактивный газ – радон, выделяющийся из горных пород оснований зданий и сооружений, а также строительных материалов при радиоактивном распаде. Большая часть облучения исходит от продуктов распада (ДПР) радона, а не от него самого. Имеющиеся прямые данные показывают, что люди, прожившие 20 лет в домах, где концентрация радона достигает 1000 Бк/м³, на 2...3 % чаще заболевают раком легких. Эти цифры нельзя считать незначительными. Доза облучения легких от ДПР определяется величиной эквивалентной равновесной объемной активности радона:

$$C_{Rn(экр)} = 0,104n_{RaA} + 0,514n_{RaB} + 0,382n_{RaC}$$

где n_{RaA} , n_{RaB} , n_{RaC} – объемные активности радона и его дочерних продуктов (соответственно RaA, RaB, RaC) в Бк/м³ [1].

Нормируется суммарное содержание радона в воздухе помещений: для новых зданий — не более 100 Бк/м³, для уже эксплуатируемых — не более 200 Бк/м³ [16, 17]. Выделение из газобетона радиоактивного газа радона в десять раз меньше, чем у обычного тяжелого бетона. В целом же было признано, что излучение от газобетона незначительно, оно незначительно влияет на здоровье человека и является типичным для каменных построек [1].

Пожарная опасность строительных материалов определяется следующими пожарно-техническими характеристиками: горючестью, распространением пламени по поверхности, воспламеняемостью, дымообразующей способностью и токсичностью. Газобетон не горюч, поэтому даже при высоких температурах не поддерживает горение, не выделяет опасных для здоровья веществ и газов [1].

Исследования свидетельствуют о том, что газобетон стоек к биологической коррозии. Он не гниет, при обеспечении нормальных условий эксплуатации, на нем не образуются грибки, которые в процессе своей жизнедеятельности выделяют вредные, опасные для здоровья, вещества [1].

Что касается шума, то его предельно допустимые нормы – 70дБ днем и 60дБ ночью. Но на улице с интенсивным движением транспорта эта величина достигает 90дБ. Шум – далеко не безобиден. Он причина большей части нервных расстройств, головной боли и функциональных расстройств в организме. Газобетон со средней плотностью 400-600 кг/м³, при толщине стены 0,4-0,5 м, обеспечивает требуемые показатели, предъявляемые нормативными документами к стеновой конструкции.

Коэффициент теплопроводности газобетона, при средней плотности 250-600кг/м³, составляет 0,09-0,16 Вт/м·К, что обеспечивает оптимальный тепловой баланс в помещении, предотвращает резкие перепады температуры в помещении, при резком изменении ее снаружи [1].

Известно, что жилищный сектор – самый энергоемкий из всех отраслей экономики. Здания потребляют около 40% всей производимой энергии в стране, больше, чем все виды транспорта [6,7,8]. Исследованиями установлено, что здания, стены которых имеют термическое сопротивление 0,5-0,7 м²·К/Вт (панельные дома), теряют более половины потребляемого тепла, причем треть потерь приходится на стены [4]. Использование автоклавного газобетона для возведения стен толщиной 0,4-0,5м, обеспечивает снижение теплопотерь при эксплуатации на 40-50%, что обеспечивает уменьшение расхода энергоносителей и количество вредных выбросов в атмосферу [1]. Если рассматривать полный срок жизни здания, то эксплуатация и техническое обслуживание составляют примерно 85% от его общей нагрузки на окружающую среду. Приблизительно 15% приходится на строительство здания, и менее 1% – на его ликвидацию [9,11].

Если при учете энергопотребления здания, как предлагает профессор Савин В.К. и Гертис К., учитывать не только энергию, используемую при эксплуатации здания, но и энергию затраченную на добычу сырья, создание строительных материалов, их транспортировку, строительство и ремонт здания, энергоёмкость сноса и утилизации здания, то получатся полные энергозатраты, которые у зданий из автоклавного газобетона будут одними из наименьших..

Ранее было отмечено, что экологическая оценка строительных материалов должен учитывать влияние на окружающую среду не только самого материала, но и всего комплекса процессов, сопровождающих материал по его жизненному, от «рождения» - изготовления или добычи до самой его «смерти», т.е. до полного уничтожения, захоронения или, что более предпочтительно, повторного использования для получения новых материалов и изделий. Последнее позволяет замкнуть жизненный цикл материала, сократить количество отходов и количество добываемого сырья, т.е. жизненный цикл при его глубочайшей оценке с позиции экологии способствует ресурсосбережению [5,18]. Такой материал должен использоваться в качестве сырья для других материалов или использоваться повторно (рисайклинг).

Отслужившие свой срок стеновые конструкции из автоклавного газобетона могут использоваться для производства строительных материалов, например, в качестве сырьевых компонентов для штукатурных растворов, в качестве теплоизоляционной засыпки и др. Такие конструкции легко демонтируются, материал легко дробится, превращаясь в крупный или мелкий заполнитель.

ЛИТЕРАТУРА

1. http://professional.ru / Soobschestva / chastnoe_domostroenie/gazobeton_i_ekologiya
2. Гусев Б.В., Дементьев В.М., Миротворцев И.И. Нормы предельно допустимых концентраций для стройматериалов жилищного строительства//Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. - №5/99.
3. Банников А.Г. и др. Основы экологии и охрана окружающей среды. М.: Колос, 1999. – 304с.

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

4. В.Н. Шмигальский, И.И. Грабовой Экологические аспекты свойств и качества строительных материалов // Строительство и техногенная безопасность. Выпуск 8, 2003 г. С.151-154
5. Князева В.П., «Экологические аспекты выбора строительных материалов» Методические указания, МАРХИ, Москва, 2010. –23с.
6. Розенфельд А. Г., Хафмейстер Д. Энергоэкономичные здания // В мире науки. 1988. № 6. С. 34–43.
7. Булгаков С. Н. Энергосберегающие технологии в вторичной застройке реконструируемых жилых кварталов // АВОК. 1998. № 2. С. 5.
8. Кочегаров А. Д. Повышение эффективности ЖКХ обеспечит его переход к рыночным отношениям // Теплоэнергоэффективные технологии: ИБ. 2002. № 2. С. 11–13.
9. Гиббонс Д., Блэр П., Гуин Х. Стратегия использования энергии // В мире науки. 1989. № 11. С. 76–85.
10. «Нормы радиационной безопасности» НРБ–99.
11. Гертис К. Здания XXI века – здания с нулевым потреблением энергии // Энергосбережение. 2007.- 3.- с. 34-36

УДК 504.75

ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕКОЛОГІЇ ПРИ ВИКОРИСТАННІ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНУ

/Бринзін Є.В., Парута В.А. /

Концепція «Сталого розвитку» передбачає задоволення потреб нинішнього покоління без збитку майбутнім. Один з акцентів робиться на вирішення глобальних проблем - ресурсозберігання і запобігання забрудненню довкілля при будівництві, експлуатації і демонтажі відпрацьованих термін будівель. Цим вимогам повною мірою відповідає автоклавний газобетон. Екологічне навантаження на довкілля, при його виробництві, застосуванні та утилізації, найменша в порівнянні з іншими стіновими матеріалами штучного походження (цегла керамічна і силікатна, бетонні і керамічні камені і ін.).

Ключові слова: Концепція «Сталого розвитку», екологія і енергозбереження, автоклавний газобетон.

UDC 504.75

ADDRESSING THE ENERGY AND ENVIRONMENT IN THE APPLICATION AUTOCLAVED AERATED CONCRETE

/ Brynzin E.V., Paruta V.A. /

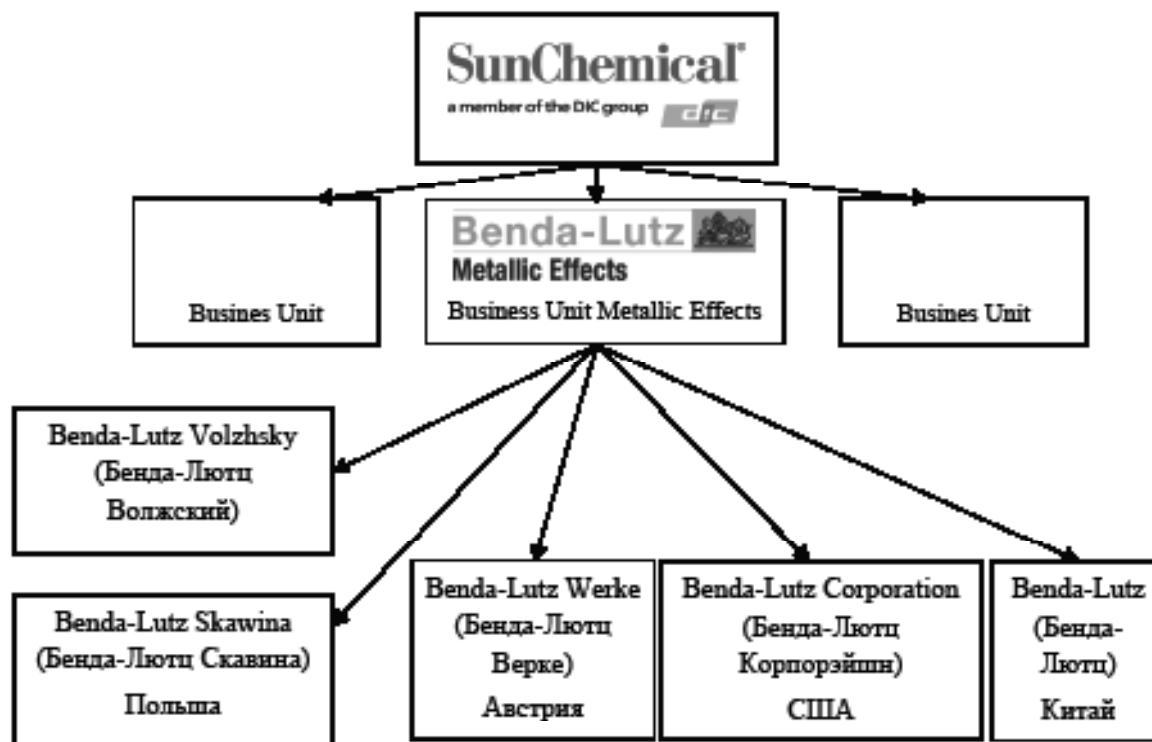
Abstract: Conception of «Steady development» foresees satisfying with of necessities of present generation without harm the future. One of accents is done on the decision of global problems is resursosberezhnie and prevention of contamination of environment at building, exploitation and dismantling of exhaust, term of buildings. These requirements are to a full degree answered by an autoclave aerocrete. Ecological loading on an environment, at his production, application and utilization, nai-less as compared to other wall materials of artificial origin (a brick is ceramic and silicate, concrete and ceramic stone and other).

Keywords: Conception of «Steady development», ecology and energy-savings, autoclave aerocrete.

Павел Вольски,
 Руководитель по продажам / Технический консультант
 Benda-Lutz Skawina Sp. z o.o., Pilsudskiego 23,
 32-050 Skawina, Poland,
 tel./fax: +48(12) 2761110 / 2763661
 E-mail: plsk.office@sunchemical.com

**СОВРЕМЕННЫЕ АЛЮМИНИЕВЫЕ ПУДРЫ И ПАСТЫ BENDA-LUTZ,
 ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В КАЧЕСТВЕ ГАЗООБРАЗОВАТЕЛЕЙ
 ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА**

Компания Benda-Lutz существует на рынке более 100 лет, она основана в Австрии в 1910 г. Георгом Бендой и Фердинандом Лютцем. В 1991 была основана компания Benda-Lutz Skawina / Бенда-Лютц Скавина в Польше, а в 2008 Benda-Lutz Volzhsky / Бенда-Лютц Волжский в России. Оба эти предприятия производят алюминиевые пудры и пасты, предназначенные для производства автоклавного газобетона. Кроме того, в состав компании Benda-Lutz входят предприятия в Австрии, США и Китае. Их деятельность, однако, сосредоточена на производстве металлических пигментов для красок и лаков. Вся группа Benda-Lutz является частью международного концерна Sun Chemical / Сан Кемикал, занимающегося производством самых разнообразных пигментов.

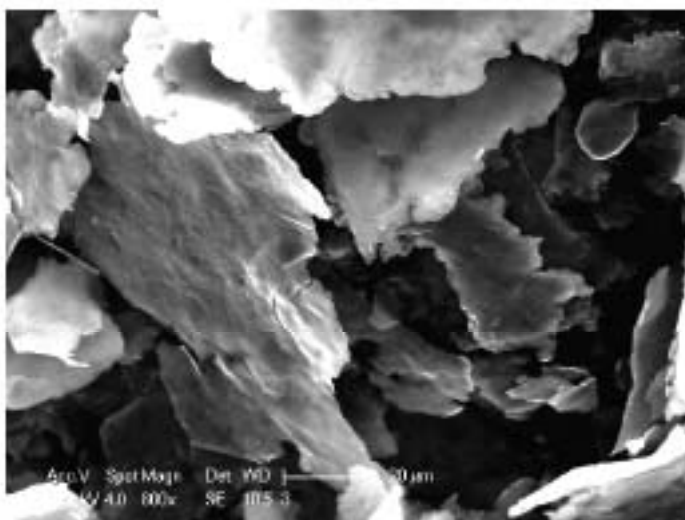


Алюминиевая пудра в качестве порообразователя

В производстве автоклавного газобетона применяется алюминиевая пудра разной степени измельчения. При этом используют способность алюминия в щелочной среде выделять водород, который вспучивает смесь до требуемой средней плотности. Из одного килограмма алюминия получают около 1,2 м³ водорода. Процесс размола алюминия отличается от размола, например, песка, в котором отдельные частицы ломают, и таким образом происходит их измельчение. Частицы алюминия очень мягкие и пластичные, поэтому в первой фазе размола происходит изменение формы, то есть сплющивание частиц. Через некоторое время образующиеся пластинки распадаются на более мелкие, которые снова подвергают процессу размола и распада, до момента получения соответствующего размера частиц.

У полученных таким образом частиц форма напоминает лепестки (пластинки), а отношение диаметра к толщине частиц может составлять 100:1 или больше. Для иллюстрации степени измельчения и размера частиц можно сказать, что для создания одной поры диаметром 1 мм нужно количество водорода, выделяющееся из свыше 1000 алюминиевых хлопьев.

У измельченных частиц алюминия очень большая площадь поверхности, и именно это свойство используют при производстве автоклавного газобетона.



Подбор соответствующего размера частиц, а также управление степенью образования хлопьев позволяет производить разные виды газобетона. Это позволяет также сглаживать нежелательные свойства отдельного сырья или, по крайней мере, положительно влиять на него. Другими словами, путем подбора соответствующего вида алюминиевой пудры к параметрам применяемого сырья, можно заметно влиять на управление процессом производства автоклавного газобетона.

Технология производства

В Benda-Lutz Skawina основным сырьем для производства является первичный алюминий чистотой минимум 99,7 % в виде чушек или Т-образных слитков.

Алюминий расплавляют в газовой печи, а затем распыляют в струе сжатого воздуха. Частицы расплавленного алюминия охлаждаются в специальной камере, после чего их просеивают на различные требуемые фракции.

Таким образом, получают порошкообразный алюминий, который является сырьем для производства пудры в виде хлопьев.





Распыленный алюминий размалывают в шаровой мельнице до достижения требуемых параметров, сепарируют, и подвергают стабилизации и гомогенизации в оксидизаторе.

Специальное оборудование, установленное на размольных установках компании Benda-Lutz Skawina / Бенда-Лютц Скавина позволяет в автоматическом режиме с высокой степенью точности осуществлять контроль за размером алюминиевых частиц, поступающих на выгрузку из мельницы.

Мы можем производить алюминиевую пудру с требуемым размером частиц и узким разбросом внутри заданного диапазона. В таком виде она может продаваться или служить в качестве сырья для производства алюминиевой пасты.

Алюминиевые пасты являются более технологичным газообразователем.



Они гидрофильны, не пылят в процессе переработки, и по сравнению с алюминиевыми пудрами значительно безопаснее при транспортировке и использовании.

Во время производства пасты, алюминиевую пудру в миксере смешивают с диэтиленгликолем (ДЭГ) и другими специальными добавками до получения однородной партии с заданными свойствами.

Готовая паста упаковывается в мешки из антистатического полиэтилена и затаривается в стальные барабаны, картонные или пластмассовые контейнеры.

Методы испытания

В Benda-Lutz Skawina до поступления в продажу пудры или пасты для каждой партии выполняют испытания. Основные параметры, по которым проводят испытания, это:

1. Средний размер частиц, измеряемый с помощью лазерного анализатора [D50, мкм]
2. Остаток на сите 45, 71, 125, 160 или 200 мкм, измеряемый мокрым методом в растворителях и воде, а также сухим методом [%]
3. Объемная плотность [кг/м³]
4. Кроющая способность на воде [см²/г]
5. Содержание активного алюминия [%]
6. Смачиваемость водой [%]
7. Содержание нелетучих компонентов [%]
8. Содержание органических соединений [%]
9. Кривая газовыделения [мл/мин.]

Некоторые из этих испытаний выполняют для каждой производственной партии, другие выполняют единично или по желанию клиента.

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Продукты Venda-Lutz

Компания Venda-Lutz Skawina производит гидрофильные и обыкновенные алюминиевые пудры с размером частиц от 20 до 110 микронов. Для подбора наших продуктов к индивидуальным потребностям клиента мы применяем разные добавки для размола и производства паст, позволяющие изменять физико-механические параметры готового продукта. Примерные виды наших продуктов приведены в таблицах ниже.

Алюминиевые пудры для газобетона / Aluminium Powders for AAC

Blitz		5-7305	5-7342	5-7345	5-7346	5-7350	5-7360	5-7375	5-7390
Metal content Металлический алюминий	мин. %	92	92	92	92	92	92	92	92
Water coverage Кроющая способность на воде	см ² /г	-	4.000 -6.000	5.000 -6.000	6.000 -7.000	-	-	-	-
Residue on sieve 200µm Остаток на сите 200 мкм	макс. %	2	-	-	-	-	-	-	-
Residue on sieve 125µm Остаток на сите 125 мкм	макс. %	-	-	2	1	-	-	-	-
Residue on sieve 45 µm Остаток на сите 45 мкм	макс. %	55-72	-	-	-	17-21	10-15	-	-
Average particle size D50 Средний размер частиц D50	мкм	115	70	55-75	45-65	52	46	30	20
Dispersable in water Смачиваемость водой	%	+ ¹⁾	+ ¹⁾	+ ¹⁾	+ ¹⁾	+ ¹⁾	+ ¹⁾	+ ¹⁾	+ ¹⁾
Raw density class Класс плотности	кг/м ³	700	>>	>>	>>	>>	>>	>>	300

¹⁾ With wetting agent / С добавкой поверхностно-активного средства

Blitz		5-6320	5-6327	5-6355	5-6380	5-6390
Metal content Металлический алюминий	мин. %	92	92	92	92	92
Residue on sieve 160µm Остаток на сите 160 мкм	макс. %	1	1	-	-	-
Residue on sieve 71 µm Остаток на сите 71 мкм	макс. %	-	-	6	1	-
Residue on sieve 45µm Остаток на сите 45 мкм	макс. %	-	-	-	-	5
Average particle size D50 Средний размер частиц D50	мкм	82	72	48	26	20
Dispersable in water Смачиваемость водой	%	+	+	+	+	+
Raw density class Класс плотности	кг/м ³	700	>>	>>	>>	300

Предлагаем также широкую линейку паст на основе перечисленной выше пудры. Параметры этих продуктов приведены в нижеуказанной таблице.

Алюминиевые пасты для газобетона, диспергируемые в воде
Aluminium Pastes for AAC, dispersible in water

Blitz		5-7305/70	5-7335/70	5-7350/70	5-7360/70	5-7375/70	5-7390/70
Solid content Содержание нелетучих компонентов	min. %	70	70	70	70	70	70
Solvent Растворитель		Diethylene Glycol (DEG) Диэтиленгликоль (ДЭГ)					
Residue on sieve 200 мкм Остаток на сите 200 мкм	max. %	2	-	-	-	-	-
Residue on sieve 100µm Остаток на сите 100 мкм	max. %	-	4	1	1	-	-
Residue on sieve 45µm Остаток на сите 45 мкм	max. %	55-72	34-40	17-21	10-15	-	-
Average particle size Средний размер частиц	мкм	108	63	50	45	30	20
Raw density class Класс плотности	кг/м ³	700	>>	>>	>>	>>	300

Blitz		5-6320/80	5-6327/80	5-6355/80	5-6380/80	5-6390/70
Solid content Содержание нелетучих компонентов	min. %	80	80	80	80	70
Solvent Растворитель		Diethylene Glycol (DEG) Диэтиленгликоль (ДЭГ)				
Residue on sieve 160 µm Остаток на сите 160 мкм	max. %	1	1	-	-	-
Residue on sieve 71 µm Остаток на сите 71 мкм	max. %	-	-	6	1	-
Residue on sieve 45µm Остаток на сите 45 мкм	max. %	-	-	-	-	5
Average particle size Средний размер частиц	мкм	82	72	48	24	20
Raw density class Класс плотности	кг/м ³	700	>>	>>	>>	300

Кроме выпуска продуктов, приведенных в вышеуказанных таблицах, компания Benda-Lutz Skawina / Бенда-Лютц Скавина предлагаем также технологическую консультацию в области применения алюминиевой пудры и пасты при производстве автоклавного газобетона.

УДК 666.973

*Вудвуд Т.М., молодший науковий співробітник,
ДП «НДІБМВ»,
04080, м. Київ, вул. Костянтинівська, 68,
т/ф +38 (044) 425-13-50,
e-mail: silicate@inbox.ru*

ПІННА ПОРИЗАЦІЯ В ТЕХНОЛОГІЙ АВТОКЛАВНОГО БЕТОНУ

Досліджена можливість часткової або повної заміни газоутворюючої добавки при виробництві автоклавного ніздрюватого бетону за рахунок введення в суміш піни.

Ключові слова: бетон, газоутворювач, густина, міцність, піна, поризація, структура.

Ніздрюватий бетон - ефективний будівельний матеріал з пористою структурою, в якому міститься від 45 до 95% заземленого повітря.

Відомо два способи утворення пористості в ніздрюватому бетоні перший - газовий, що полягає в веденні в сировинну суміш тонкомеленого порошку алюмінію з наступним його хімічним реагуванням з лужним середовищем, в наслідок чого утворюються дрібні бульбашки водню, а суміш при цьому поступово спучується у формі. Другий - пінний, що полягає в веденні в сировинну суміш визначеного об'єму пінних бульбашок, які попередньо отримані з водного розчину піноутворювача (1-5 % піноутворювача та 85-89 % води), при цьому суміш постійно перемішується.

Пінні пори заповнені повітрям і парами води, а їх внутрішня поверхня має непроникну певний час плівкову оболонку, що визначає їх стійкість в поризованій суміші більш тривалий період, ніж газових.

Обидва способи дозволяють отримувати весь діапазон густин ніздрюватого бетону від 200 до 1000 кг/м³. Спеціалістам відомі як недоліки так і переваги одного та іншого способів поризації ніздрюватого бетону.

Будівельні властивості ніздрюватого бетону в першу чергу визначаються видом використовуваної сировини. Одна з основних це цементне вапняно-піщане в'язуче яке потребує тверднення в автоклаві при температурі 185-195°C. Ніздрюватий бетон отриманий з його використанням після автоклавної обробки має 100 % запроєктовану міцність, а усадка при висиханні не перевищує 0,5 мм/м. Ніздрюватий бетон автоклавного тверднення має пріоритетний розвиток як за кордоном так і у нас, що призвело до створення високовиробничих потужностей, які для поризації використовують газовий метод (автоклавний газобетон). Інший вид в'язучого – цементний. Особливість якого є розтягнутий в часі набір 100 % марочної міцності до 28 діб, а усадка при висиханні бетону на його основі може досягати до 3 мм/м. Існуючі потужності міні-виробництв ніздрюватого бетону на цементному в'язучому незначні, для поризації використовують як пінний (пінобетон) так і газовий спосіб (неавтоклавний газобетон).

Газоутворювач - алюмінієва пудра або паста на її основі в Україні не виробляється, а імпортується з Росії чи Європи, та займає частку від 15 до 25 % у вартості сировинних матеріалів, що використовуються при виробництві ніздрюватого бетону.

Сучасні ефективні піноутворювачі виготовляються в Україні з природних та синтетичних матеріалів, їх частка в вартості сировинних матеріалів при виробництві ніздрюватих бетонів не перевищує 5-10 %.

В зв'язку з чим досліджена можливість часткової або повної заміни в технології автоклавного ніздрюватого бетону пороутворювача –алюмінієвого порошку на піну.

Науково-технічні передумови застосування повітровтягуючих і піноутворюючих добавок в технології ніздрюватого бетону автоклавного твердіння створені ще в 60-70-ті роки минулого сторіччя. Але масового застосування в той період змішана поризація не отримала через відсутність промислового виробництва піноутворювачів, стійких у сировинній суміші (лужне середовище, температура від 30 до 60°C), а також піногенераторів, що дозволяють отримувати стійку піну заданої кратності.

Так в роботах /1, 2/ досліджено процес поризації сировинної суміші за рахунок повітровтягнення при інтенсивному перемішуванні компонентів. У роботі /3/ досліджено вплив добавок поверхнево-активних речовин (ПАР) на процес мокрого помелу піску в кульових млинах. Це знайшло відповідне відображення в ГОСТ 25485-89, де є термін «газопінобетон».

На даний період можливості реалізації такого технологічного рішення значно розширилися. Є досить широкий вибір піноутворювачів і піногенераторів, що дозволяють отримувати піну кратністю від 15-30 до 40-50 одиниць /4/.

Проведенні досліди з заміни в технології автоклавного бетону газової поризації пінною, при виготовленні ніздрюватобетонних зразків-блоків розмірами 400×300×150 мм.

Приготування суміші та формування проводилося з використанням обладнання для виробництва пінобетону, розробленого НДІ будівельного виробництва:

- змішувач, об'єм 20 літрів;
- піногенератор аеродинамічний;
- ємність робочого розчину піноутворювача;
- відцентровий насос;
- компресор, контрольні манометри.

Для приготування суміші використовували наступні сировинні матеріали:

- портландцемент ПЦ 500;
- вапняно-піщане в'язуче $A = 42\%$;
- мелений пісок $S_{\text{пит}} = 1800-2000 \text{ см}^2/\text{г}$;
- пудра алюмінієва ПАП-1;
- піноутворювач «ТЕАС»;
- вода питна.

З використанням даного обладнання та сировинних компонентів виготовленні ніздрюватобетонні суміші з газовою, пінною та газопінною поризацією. Витрати сировинних матеріалів наведені в таблиці 1. Водну суспензію алюмінієвої пудри та робочий розчин піноутворювача готували попередньо. Піну готували в аеродинамічному піногенераторі з робочого розчину піноутворювача концентрацією 3 % при тиску повітря 0,5-0,6 МПа. Кратність застосовуваної піни 20-25 одиниць.

Сировинну суміш готували в наступній послідовності:

- в змішувач виливали дозу води підігріту до температури 50-60 °С;
- потім подавали мелений пісок та цемент, змішували 1,5-2 хв.;
- добавляли вапняно-піщане в'язуче, змішували 1,5-2 хв.;
- вводили суспензію алюмінієвої пудри, змішували 1,5 хв.;

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

- добавляли заданий об'єм піни, змішували 1,5-2 хв.;
- заповнювали сумішю форми.

Висота заливання суміші в форму при газовій поризації склала 20 см, газопінній 25см, при пінній – 41 см, а висота спучування суміші склала 40-42 см. Властивості суміші наведені в таблиці 2.

Таблиця 1

Витрати матеріалів

Спосіб поризації	Витрати сировини, кг/м ³					
	цемент	ВПВ	пісок мелений	пудра алюмінієва	піна, літрів	вода
Газовий	145	105	140	0,45	0	255
Пінний	145	105	140	-	650	225
Газопінний	145	105	140	0,3	175	250

Таблиця 2

Технологічні показники сировинної суміші

Показники	Спосіб поризації		
	газовий	пінний	газопінний
Температура суміші, °С	35	30	34
Висота суміші у формі, см	20	41	25
Висота спучування, см	40	-	42
Початок спучування, хв.	2	-	1,5-2
Кінець спучування, хв.	18	-	20
Початок тужавіння, хв.	25	35	25-30
Осідання, см	0	0	0

Тверднення відформованих блоків відбувалося в промисловому автоклаві за наступним режимом:

- підйом тиску з «0» до 1,2 МПа – 2,5 години;
- витримка при постійному тиску 1,2 МПа – 7 годин;
- зменшення тиску з 1,2 МПа до «0» - 3 години.

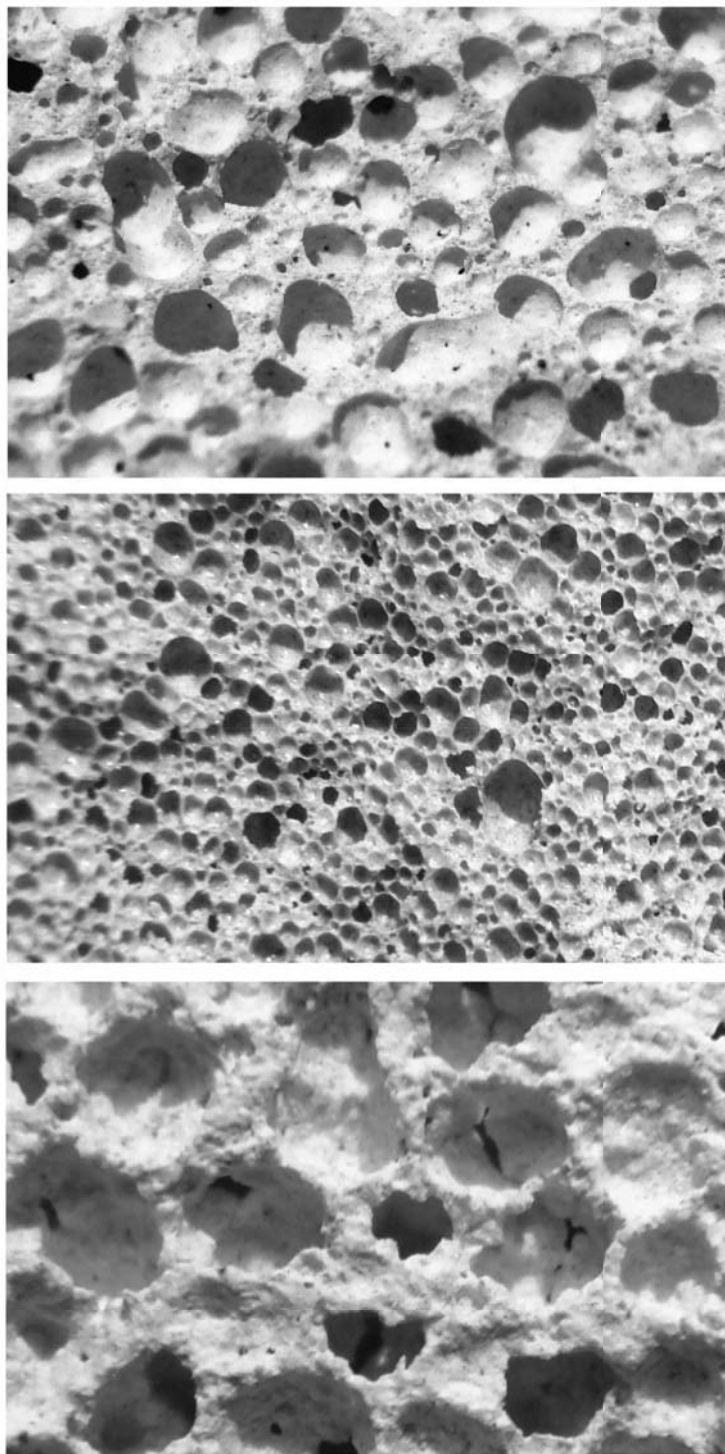
Блоки після тверднення розрізали на зразки-куби 10×10×10 см, з наступним їх випробуванням на густину і міцність при стиску. Результати випробувань наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Властивості ніздрюватого бетону

Показники	Газобетон	Пінобетон	Газопінобетон
Густина, кг/м ³ .	510	460	480
Міцність на стиск, МПа	2,0	1,9	2,2

Структура ніздрюватих бетонів отриманих з використанням газового, пінного та газопінного способу поризації суміші показана на рисунку 1



а) б) в)
Рисунок 1 — Структура ніздрюватого бетону виготовленого з використанням різних способів поризації: а – газобетон; б – пінобетон; в- газопінобетон

При дослідженні зразків структури бетону встановлено наступне:

- макроструктура газобетону (рисунок 1а) складається переважно з пор діаметром 0,8-1 мм, міжпорові перегородки товщиною 0,1-0,3 мм. деформовані спостерігаються контактні дефекти;

- структура пінобетону (рисунок 1б) складається з дрібних пор діаметром 0,1-0,3 мм. в кількості 70-80 %, також присутня незначна кількість пор розміром 0,5-0,7 мм. В порівнянні з

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

газобетоном більший об'єм закритих пор, міжпорові перегородки більш тонкі, товщиною 0,01-0,1 мм. мають окремі контактні дірки;

- макроструктура газопінобетону (рисунок 1. в) характеризується газовими порами кульовидної форми діаметром 0,7-1 мм., а міжпорові перегородки містять значно менші пори діаметром 0,1-0,3 мм, що утворені піною, міжпоровий матеріал щільніший.

Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити висновки:

- введення піни в сировинну суміш підготовлену для спучування можливо, піна не руйнується, а спучування відбувається на розрахункову висоту;

- газовиділення в сировинній суміші з пінним каркасом є рівномірним без проривів газу та осідання;

- при поризації сировинного розчину піною переважають закриті пори менших розмірів, вище густина міжпорового матеріалу що дає технологічні передумови для зниження капілярного підсосу води, водопоглинання бетону та підвищення його міцності і морозостійкості.

Виконані дослідження показали, можливість як суміщення двох способів поризації газового та пінного в один технологічний процес приготування ніздрюватобетонної суміші так і заміну традиційної газової поризації на пінну в технології автоклавного ніздрюватого бетону, з покращенням показників сировинної суміші та підвищення експлуатаційних показників бетону.

ЛІТЕРАТУРА

1. Удачкин И.Б. и др. Турбулентная технология пенобетона. //Строительные материалы и изделия, 2005, № 2, С.12-15.

2. Мирецкий Ю.И. Предварительная поризация растворной массы при изготовлении газобетона. – В кн.: Материалы 4-ой конференции по ячеистым бетонам. – Пенза, 1969, С.459-464.

3. Меркин А.П. и др. Предварительная поризация массы в технологии теплоизоляционных материалов. – В кн.: Ячеистые бетоны. – Вып.1. – Л., ЛЕНЗНИИЭП, 1968, С.74-85.

4. Вудвуд Т.М., Філатов А.М., Іваненко В.О. Дослідження процесу приготування ніздрюватобетонної суміші з застосуванням газопінної поризації. Науково-технічний збірник „Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. – 2005. - №20. – С.23-28.

УДК 666.973

ПЕННАЯ ПОРИЗАЦИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

/Вудвуд Т.Н. /

Исследована возможность частичной или полной замены газообразующей добавки при производстве автоклавного ячеистого бетона за счет введения в смесь пены.

Ключевые слова: бетон, газообразователь, плотность, прочность, пена, поризация, структура..

UDC 666.973

PORIZATION FOAM TECHNOLOGY CELLULAR CONCRETE

/Vudvud T.N. /

The possibility of a partial or complete replacement of the gassing agent in the production of autoclaved aerated concrete by introducing a mixture of foam.

Keywords: concrete, blowing agent, density, strength, foam, porization, structure.

УДК 692.232

*Вылегжанин В.П., кандидат технических наук, директор Центра ячеистых бетонов
Пинскер В.А., кандидат технических наук, научный руководитель Центра ячеистых бетонов*

*Гринфельд Г.И., исполнительный директор
Национальной ассоциации производителей автоклавного газобетона,
РФ, г. Санкт-Петербург,
тел. +7 812 454 0527, факс +7 812 640 3340
e-mail: as@gazo-beton.org*

РАСЧЕТ УСИЛИЙ ВЫДЕРГИВАНИЯ ПРОФИЛИРОВАННЫХ КАНАЛЬНЫХ АНКЕРОВ ИЗ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА (КРЕПЛЕНИЕ НАВЕСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ К ГАЗОБЕТОННЫМ СТЕНАМ)

В настоящее время блоки из автоклавного газобетона широко применяются как в малоэтажном строительстве при возведении стен, так и в многоэтажных зданиях при заполнении железобетонных каркасов.

Широкое использование при монтаже и построечной сборки навесных фасадов, фасадной облицовки и других конструкций определяет актуальность вопроса о надежности их крепления с помощью анкеров к газобетонным стенам в зависимости от прочности, плотности газобетона.

С момента широкого применения изделий из автоклавного газобетона испытывались различные виды анкерных креплений с целью определения усилий их выдергивания.

Однако никаких теоретических обоснований и формул предложено не было. Проведенные испытания показали, что прочность на срез (перпендикулярно оси анкера) как правило больше, чем на вырыв (выдергивание). Поэтому осевая прочность, как слабое звено, явилось предметом исследований, так как при использовании анкерных креплений для навесных фасадов последние подвергаются значительным усилиям от ветрового отсоса, доходя до 100 кгс/м^2 , что и определяет необходимость разработки теоретических и практических аспектов прочности на вырыв анкеров из автоклавного газобетона.

Выбор физической модели, описывающей работу анкера при его выдергивании из газобетона, опирается на следующие закономерности, установленные в результате испытаний:

1. Рост предельной величины усилия выдергивания анкера N_a близок к прямо пропорциональной зависимости от глубины его анкеровки.
2. Предельное усилие выдергивания анкера из газобетона есть суммарное сопротивление сил, препятствующих этому.

Анализ показал, что указанным закономерностям наиболее полно удовлетворяет трехслойная модель связей между поверхностью заанкеренной части анкера и газобетоном. Согласно этой модели сдвиговая податливость по контактной поверхности анкера выше, чем по любой площадке внутри газобетонного массива, что не противоречит опытным данным.

Касательные напряжения сцепления τ_{cy} , возникающие по длине заанкерной части анкера при его выдергивании, в рамках принятой модели численно равны силе сопротивления сдвигу, возникающей на единице площади контакта. Если предположить, что $\tau_{cy} = \bar{\kappa} \cdot \bar{\Delta}$, где $\bar{\Delta} = \bar{\Delta}(z)$ – продольное смещение анкера в сечении с координатой z (рис. 1); $\bar{\kappa}$ – коэффициент жесткости связей, препятствующих сдвигу, то, решив соответствующее дифференциальное уравнение $\frac{d^2 \Delta_a}{dz^2} - \alpha^2 \Delta_a = 0$, где $\alpha = \sqrt{\frac{4\bar{\kappa}}{E_a \cdot d}}$, E_a – модуль упругости материала анкера, d – диаметр анкера; согласно работе [8]:

$$\tau_{cy} = \frac{\alpha \cdot N_a \cdot ch \cdot [\alpha \cdot (l_a - z)]}{\pi \cdot d \cdot sh \cdot \alpha \cdot l_a} \quad (1)$$

Выполненный по формуле (1) численный анализ изменения величин касательных напряжений по всей длине l_a в газобетоне стальных анкеров диаметром от 4 мм и более показал, что их величины меняются незначительно (рис. 1), т.е. эпюра касательных напряжений близка к прямоугольной.

В настоящей статье рассматриваются только профилированные каналные анкеры, которые устанавливаются в предварительно высверленный канал. Прочность их сцепления с газобетоном выше, чем у анкеров с гладкой поверхностью. Такой характер распределения касательных напряжений позволяет принять, что при расчете усилий N_a выдергивания анкера газобетонные выступы, образованные профилями анкера, по всей длине его заделки оказывают одинаковое сопротивление. Сдвиговая податливость определяется для профилированного анкера – прочностью и деформативностью газобетона, заполняющего впадины профиля ее поверхности.

Анкера или их дюбели заделываются в газобетон в предварительно просверленный канал (форканал) диаметром равным d_g – внутреннему диаметру профиля анкера, дюбеля (рис. 4).

Величина усилия выдергивания определяется сопротивлением газобетонных выступов, расположенных по всей его заделке в газобетон, разрушению, которое характеризуется их смятием или срезом. Характер разрушения выступа зависит от его размеров: длины выступа l_B и высоты, равной $d_n - d_g/2$, где d_n, d_g – наружный и внутренний диаметр профиля, соответственно (рис. 4). Длина выступа $l_g = l_{gcp}$, при которой происходит его срез, определяется из равенства усилия $N_{cm} = N_{cp}$, где N_{cm}, N_{cp} – усилия, воспринимаемые газобетоном при смятии или срезе, соответственно.

При определении усилия, воспринимаемого выступом при смятии исходим из результатов численного анализа напряженно-деформированного состояния газобетона, находящегося между выступами профиля анкера. Он показал [3], что линии главных

напряжений (рис. 2), возникающих под выступами профиля, по своему характеру схожи с аналогичными линиями, возникающими под цилиндрическим плоским штампом при его вдавливании в хрупкий материал (рис. 2).

Эта аналогия прослеживается и в характере зависимостей между усилиями и смещениями $(N_a - \Delta)$ (рис.3) при вдавливании штампа [4], вытягивании анкера [5].

Известно, что напряженное состояние бетона под вдавливаемым цилиндрическим штампом, можно охарактеризовать как всестороннее сжатие [4]. Напряжения в материале под штампом достигают значений, соответствующих переходу бетона в пластическое состояние соответствующее его смятию [5]. Это вызывает необратимые смещения штампа, относительная величина которых на порядок выше упругих [6], что позволяет не учитывать в расчетах последние.

С увеличением усилий выдергивания зона пластически деформируемого бетона под штампом увеличивается и, в итоге, приобретает форму криволинейного сегмента (рис. 4), прилегающего к поверхности полусферы диаметром $d_c \approx d_u$ - диаметру штампа, с высотой примерно равной d_u [3].

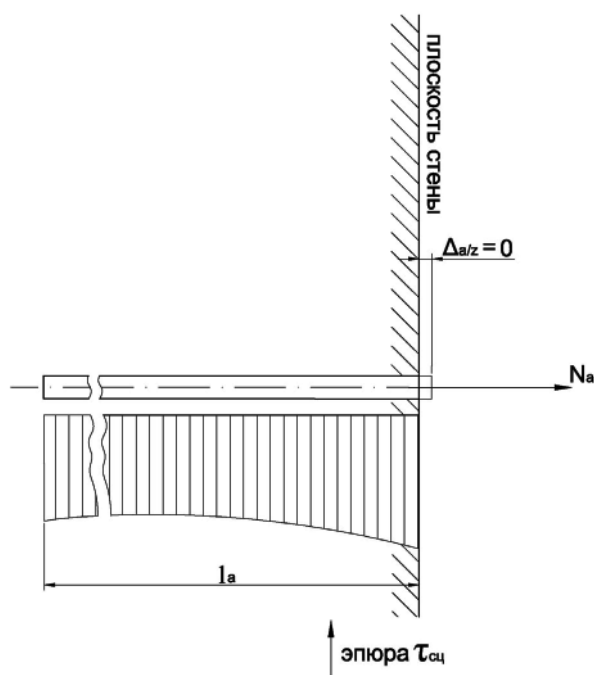


Рисунок 1 - Распределение касательных напряжений $\tau_{сш}$ по длине части анкера в газобетоне от действия продольной силы N_a .

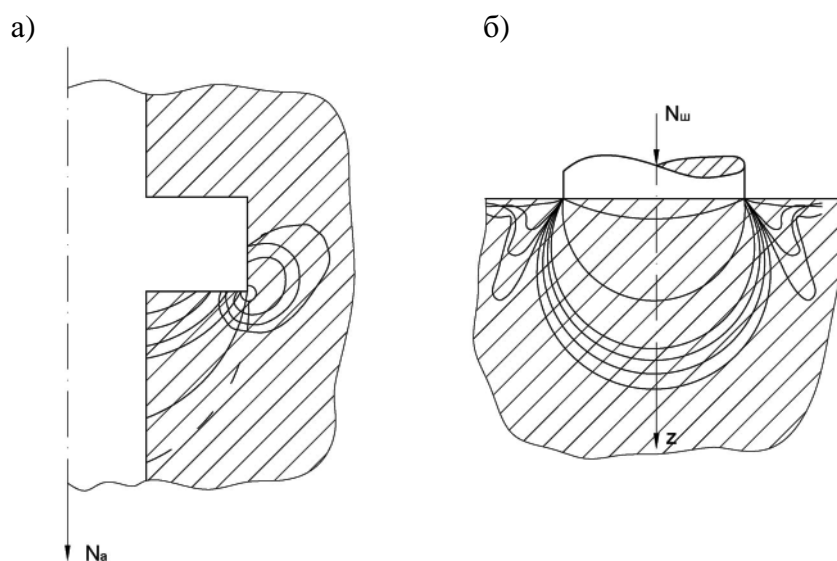


Рисунок 2 - Изолинии главных нормальных напряжений, возникающие:
 а) в бетоне под выступом профиля анкера;
 б) в хрупком материале под жестким плоским цилиндрическим штампом.

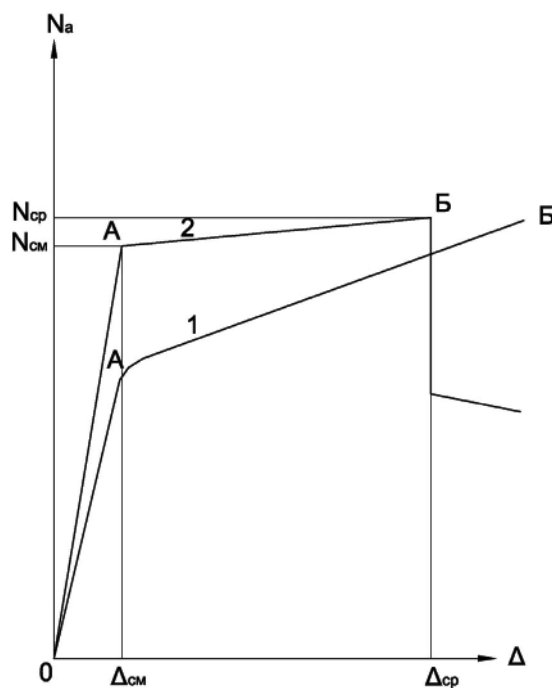


Рисунок 3 - Зависимости смещений от усилий при вдавливании цилиндрического штампа (кривая 1), выдергивании анкера (кривая 2).

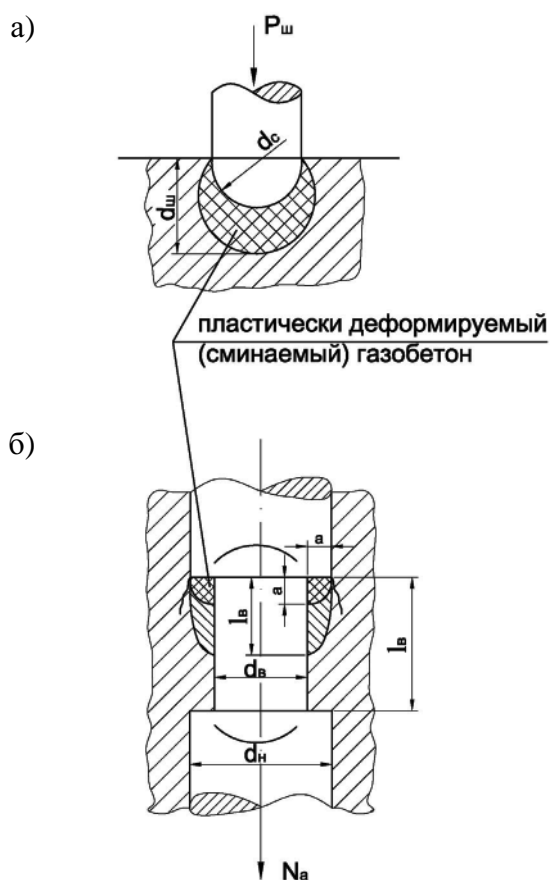


Рисунок 4 - Пластические деформации бетона:
 а) под цилиндрическим штампом при его выдавливании;
 б) под выступами профиля анкера при ее вытягивании.

Усилие вдавливания штампа в бетон на этом этапе загрузки, как показали экспериментальные исследования [4], связано с его перемещениями прямолинейной зависимостью (рис. 3, кривая 1, участок 0-А). Дальнейшее возрастание усилия вдавливания приводит к резкому увеличению смещения штампа, излом этой кривой в точке А соответствует образованию радиальных микротрещин (рис. 4) или к дальнейшему разрастанию пластически деформируемой (сминаемой) зоны [5]. Под штампом бетон пластически деформируется, уплотняется (сминается) за счет необратимого вытеснения воздуха из микро- и макропор со сдвигом материала по периметру выступа профиля.

Из аналогии зависимостей $N_a - \Delta$ (рис.3) и характера линий главных напряжений при вдавливании штампа и выдергивании анкера (рис. 2) следует, что газобетон под выступами его профиля тоже пластически деформируется при некотором значении усилия $N_a = N_{см}$. Объем пластически деформируемого газобетона в процессе вытягивания анкера формируется в виде части вытянутого сегмента эллипсоида, высота которого, исходя из работы [12], [14], может быть принята примерно равной высоте профиля (рис. 4). За счет уплотнения сминаемого газобетона происходит смещение выступа профиля анкера. На кривой $N_a - \Delta$ (рис. 3) этот момент соответствует ее излому в точке А.

Как показали исследования [5] напряжение $R_{см}$, соответствующее смятию газобетона под выступом профиля анкера, находится в прямопропорциональной зависимости от его кубиковой прочности на сжатие R .

$$R_{см} = K_{см} \cdot R, \quad (2)$$

где $K_{см} = 1,7$ – коэффициент пропорциональности, характеризующий сопротивление газобетона смятию. Коэффициент $K_{см}$ получен при приведении к кубиковой прочности расчетного сопротивления смятия газобетона $R_{с.лос} = 1,2R_g$, где R_g – расчетное сопротивление газобетона сжатию [1].

При известной высоте выступа профиля анкера равной $d_n - d_g$, где d_n, d_g – максимальный и минимальный диаметр профилированного анкера (рис. 5), и величины $R_{см}$ определяется усилие смятия $N_{см}$ газобетона под этим выступом по формулам:

$$N_{см} = 0,25\pi(d_n^2 - d_g^2) \cdot R_{см}, \quad (3)$$

$$N_{см} = 0,425\pi(d_n^2 - d_g^2) \cdot R, \quad (4)$$

Формула (4) применима для анкера с прямоугольным профилем перпендикулярным к его оси. Если профиль наклонен относительно перпендикулярного профиля на угол α_1 (рис. 5), то $N_{см}$ умножается на величину $1/\cos\alpha_1$. Величина $\cos\alpha_1 = \frac{d_n}{l_{np}}$, где l_{np} – длина наклоненного выступа профиля анкера относительно его оси (рис. 5).

Предельное усилие сопротивления газобетонного выступа может определяться, кроме смятия газобетона, его срезом $N_{ср}$. Усилие среза выступа вычисляется по формуле

$$N_{ср} = \pi \cdot d_n \cdot l_{ср} \cdot R_{ср}, \quad (5)$$

где $l_{ср}$ – длина срезаемого газобетонного выступа;

$R_{ср}$ – сопротивление газобетона срезу.

Согласно [1] расчетное сопротивление газобетона срезу $R_{sh} = 2,0R_{bt}$, где R_{bt} – расчетное сопротивление газобетона растяжению. Приведя R_{sh} и R_{bt} к средней кубиковой прочности газобетона на сжатие R или к его классу прочности на сжатие B , получим

$$R_{ср} = 0,26R = 0,37B, \quad (6)$$

Формула (5) для вычисления усилия среза выступа примет вид

$$N_{ср} = 0,26\pi \cdot d_n \cdot l_{ср} \cdot R = 0,37\pi \cdot d_n \cdot l_{ср} \cdot B, \quad (7)$$

Максимальная длина бетонного выступа $l_{ср}^{\max}$, при которой происходит его срез, определяется из равенства $N_{ср} = N_{см}$ (1). Подставив в это равенство (4) и (7), получим

$$l_{ср}^{\max} = \frac{1,63d_n}{\cos\alpha_1} \cdot \left(1 - \frac{d_g^2}{d_n^2}\right) \quad (8)$$

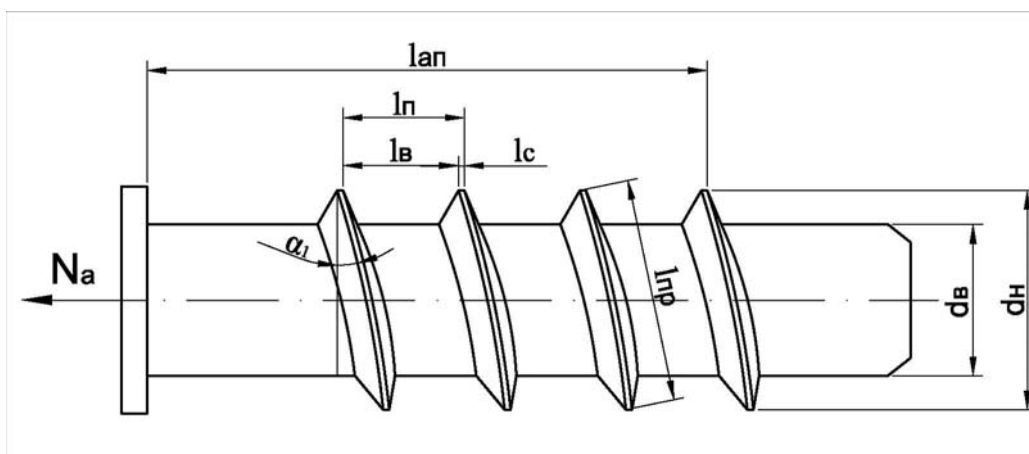


Рисунок 5 – Характерные размеры профиля анкера, используемые при расчете усилий его выдергивания

При $l_g \leq l_{gcp}^{max}$, где l_g – длина срезаемого газобетонного выступа, газобетон срезается без его смятия, $l_{gcp} = l_g$; а при $l_g > l_{gcp}^{max}$, газобетон под выступом профиля вначале сминается $l_{gcp} = l_{gcp}^{max}$. Смятие газобетона сопровождается ростом необратимых смещений анкера относительно массива газобетона. Эти смещения будут возрастать, пока оставшаяся часть несмятого газобетонного выступа не достигнет значения l_{gcp}^{max} , после чего произойдет срез на несмятой части выступа. Усилие среза газобетонного выступа, вычисляемого по (5), и будет определять максимальную величину усилия, воспринимаемого газобетонным выступом, образуемым профилем анкера.

Усилие N_a , воспринимаемое заделанной в газобетон частью анкера l_a , вычисляется по формуле

$$N_a = N_{cp} \frac{l_{an}}{l_n} = 0,26\pi \cdot d_n \cdot l_{gcp} \cdot R \cdot n, \quad (9)$$

или в зависимости от B

$$N_a = 0,37\pi \cdot d_n \cdot l_{gcp} \cdot B \cdot n \quad (10)$$

где $l_n = l_g + l_c$ – шаг профиля анкера;

l_{an} – длина профилированного участка анкера в газобетоне;

l_c – длина выступа профиля анкера (рис. 5);

$n = \frac{l_{an}}{(l_g + l_c)}$ – количество выступов профиля анкера заделанных в газобетоне.

Расчетное усилие N_{at} воспринимаемое этим анкером определяется по формуле

$$N_{at} = 2,0\pi \cdot d_n \cdot l_{gcp} \cdot R_{bt} \cdot n, \quad (11)$$

$$\text{или } N_{at} = 0,08\pi \cdot d_n \cdot l_{gcp} \cdot R \cdot n,$$

$$\text{или } N_{at} = 0,113 \cdot d_n \cdot l_{gcp} \cdot B \cdot n.$$

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Из приведенных формул расчета усилий выдергивания анкера следует, что величина усилий находится в прямопропорциональной зависимости от прочности газобетона при сжатии.

Экспериментальное определение усилий выдергивания анкер-дюбеля из автоклавного газобетона проводилось в лаборатории завода «Аэрок СПб». Испытывался пластмассовый анкер-дюбель Sormat КВТ6 (рис.5) с распорным шурупом-саморезом 6x70.

Дюбель имеет резьбу (профиль) со следующими геометрическими параметрами (рис. 5): $d_n = 14,5$ мм; $d_g = 10$ мм; $l_g = 8$ мм; $l_{an} = 36$ мм; $l_c = 1$ мм; $l_{np} = 15$ мм; $n = 4$; $\cos \alpha_1 = 0,967$.

При установке анкера-дюбеля предварительно в газобетоне высверливалось отверстие (канал) $\varnothing 9$ мм и глубиной 48 мм. В канал вкручивался дюбель с наружной анкерующей резьбой $d_n = 14,5$ мм. В дюбель вкручивался шуруп-саморез.

В таблице приведены результаты расчетов усилий выдергивания анкера Sormat КВТ6 и экспериментальные данные, полученные при различной влажности газобетона.

Таблица

Вычисленные и экспериментальные усилия выдергивания анкера-дюбеля Sormat КВТ6

Марка газобетона по средней плотности	Влажность газобетона, %	Кубиковая прочность на сжатие, R , МПа	Усилие выдергивания анкера N_a		Отклонение вычисленных усилий от экспериментальных, %
			вычисленное, кгс	экспериментальное, кгс	
D300	5	2,01	76,1	74,3	2,4
	10	1,84	69,0	67,4	2,0
	25	1,74	65,7	64,3	1,3
	87	1,49	56,1	61,1	8
D400	5	2,95	111,2	113	1,6
	10	2,81	105,4	107	1,5
	71	2,19	82,6	99,2	16,7
D500	5	3,54	133	140	4,7
	10	3,21	121	142	14,8
	38	2,78	104	123	15,0
	67	2,47	100	106	5,6
D600	5	6,45	243	246	1,2
	25	5,27	198	237	16,3
	38	5,23	197	214	7,8
	63	5,28	198	199	0,5

Как видно из таблицы, предложенная расчетная зависимость прочности анкера на выдергивание хорошо аппроксимирует экспериментальные данные и может быть использована при проектировании. Необходимо учесть, что расчетные формулы (11) дают коэффициент запаса 3.27, по зарубежным данным этот коэффициент равен 3.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 53231-2008 Бетоны. Правила контроля и оценки прочности
2. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из ячеистых бетонов, М., 1986.
3. Решетов Д.Н., Кирсанова В.Н. Касательная контактная податливость деталей. – М.: Наука, Машиноведение, №2, 1970.
4. Карпенко Н.И., Судаков Г.Н., Лейтес Е.С., Золотов А.Б. Напряженно-деформированное состояние бетона в зоне контакта с арматурой до и после образования контактных трещин. – М.: НИИЖБ, 1979.
5. Шрейнер Л.А., Павлова Н.Н., Якушев В.П., Байдлюк Б.В. Применение метода вдавливания для установления сопротивляемости горных пород разрушению при бурении и качественной оценки пластичности горных пород. Сб. статей: Экспериментальные исследования в области разработки глубоких нефтяных месторождений. – М.: Наука, 1964.
6. Холмянский М.М., Ерин Н.Н. Исследование механизма сцепления арматуры периодического профиля с бетоном при помощи испытаний бетона на местное смятие. – В кн.: Анкеровка арматуры в бетоне. – М: Стройиздат, 1969.
7. Холмянский М.М. Контакт арматуры с бетоном. – М.: Стройиздат, 1981.
8. Галин Л.А. Контактные задачи теории упругости. – М.: Госиздат, 1953.
9. Вылегжанин В.П. Определение деформаций элементов конструкций из сталефибробетона при растяжении и изгибе на различных стадиях загрузки. – Л.: ЛенЗНИИЭП, 1982, с. 53-60.

УДК 69.022.321

*Геновефа Запоточна-Сьтэк, доктор
инженер, профессор ИКиСМ
Ассоциация производителей бетона,
Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych
02-676 Warszawa ul. Postępu 9
tel.: (22) 843 19 65; fax.: (22) 843 17 89
e-mail: sekretariat@icimb.pl,
Info ICiMB <info@icimb.pl>*

ПРИМЕНЕНИЕ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ И ОШИБКИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ

В докладе представлены направления применения автоклавного ячеистого бетона (АЯБ), а также системы и масштаб выполнения объектов из АЯБ в Польше. Указаны самые распространенные ошибки, допускаемые во время проектирования и выполнения объектов из АЯБ, приведены их примеры. Представлена основная информация о проектировании объектов из АЯБ в Польше, а также, об изменениях, введенных в европейские стандарты для изделий, изготовленных из ячеистого бетона.

Ключевые слова: автоклавный ячеистый бетон, свойства, проектирование, стена, конструкция, ошибки.

Введение. Современность и экология – это естественное требование нынешнего дня. Прочность, высокое качество строительных материалов и системные решения гарантируют удачную инвестицию и оптимизацию затрат.

Экология обеспечивается за счет использования для производства соответственных материалов и соблюдения строгого технологического режима закрытого цикла, благодаря чему, в окружающую среду не выводятся отходы.

Анализ процесса производства автоклавного ячеистого бетона (АЯБ) показывает, что современные технологии его изготовления являются процессами дружественными к окружающей среде, они не выпускают вещества вредные для живых организмов и окружающей среды. Это безотходные процессы, характеризующиеся небольшим расходом сырья и энергии по сравнению с технологиями производства других строительных материалов [1].

Изделия, изготовленные из автоклавного ячеистого бетона, отличаются достаточно хорошей прочностью, высокой теплоизоляционной способностью и существенным образом влияют на экономию энергии, необходимой для отопления объектов, при обеспечении здорового микроклимата. Применяемые в Польше современные технологии производства АЯБ и свойства изделий показывают, что, как процесс производства, так и применение ячеистого бетона «вписываются» в условия сбалансированного развития. Этому способствуют ограничения выброса в атмосферу CO₂ и NO_x.

Проблематика сбалансированного развития входит, естественно, также в строительство. Сбалансированное строительство сводится с некоторой упрощенностью, к минимизации

расхода энергии и сырья во всем процессе создания и существования строительных объектов, а также к минимизации воздействия на окружающую среду.

Необходимо помнить, что строительство, осуществляемое по принципам сбалансированного развития, и тем самым, его будущее развитие, должно учитывать экологические, экономические и культурные цели.

Для стремления к сбалансированному развитию строительства переломным оказался 2011 год, т.е. 25 лет спустя после выдвижения идеи сбалансированного развития. В 2011 г., распоряжением Европейского парламента и Совета Европейского Союза (305/2011 от 9 марта 2011 г.) [2] была введена новая версия основных требований для строительных объектов. В частности, были введены новые требования № 7 под заглавием: «Сбалансированное использование природных ресурсов». Новые формулировки, связанные с защитой природных ресурсов появились также в основном требовании № 3. «Гигиена, здоровье и окружающая среда» и в Основном требовании № 6 «Экономия энергии и теплоизоляционная способность».

В Польше автоклавный ячеистый бетон является востребованным строительным материалом, его процентная доля в возводимых стенах составляет около 40 %. С небольшими исключениями, производители АЯБ являются членами польской Ассоциации производителей бетона, которая активно участвует в работах Европейской ассоциации производителей автоклавного ячеистого бетона (EAACA The European Autoclaved Aerated Concrete Association). Общее производство АЯБ в странах – членах EAACA составило в 2014 г. около 16 млн. м³, а в Польше – 4,3 млн м³, что обеспечивает Польше место в группе крупнейших производителей АЯБ в Европе [3]. Развитие АЯБ в Польше, а также комплексные вопросы энергетической эффективности в строительстве, параметры ячеистого бетона, его применение в строительстве, обсуждались на 5-й Международной конференции АЯБ в г. Быдгощ, 14-17.09.2011 г., организованной совместно польскими организациями и EAACA.

Возможности применения изделий, **изготовленных** из АЯБ в разных видах строительства

В настоящее время в мире производится богатый ассортимент изделий, особенно - неармированных. В разных странах они применяются согласно локальной традиции во всех видах строительства. Возводятся конструкции, изготовленные исключительно из элементов АЯБ (системы с подвала по крышу), а также конструкции с участием других строительных материалов, в том числе, сборных бетонных элементов. Элементы из АЯБ применяются в разных климатических зонах, в том числе – в сейсмических районах.

Благодаря высокому техническому уровню изделий по допуску размера, внешнему виду и эксплуатационным параметрам [4,5], из армированных изделий небольшого, среднего и крупного размера можно, при разумных финансовых затратах создавать энергоэкономные, интересные строительные объекты (рис. 1), как жилые дома, так и здания общественного назначения и промышленные объекты.

Благодаря свойствам, которыми обладает АЯБ, из него можно изготавливать: элементы стен (небольшие блоки и перемычки), детали перекрытий, крыш, заполняющие элементы для часторестристых перекрытий, вентиляционные элементы и детали отделки вентиляционных и дымоходных труб, элементы утепления, детали для выполнения отделочных работ (ниши, перегородки, полки и т.п.).

Так как ячеистый бетон может выполнять изоляционную или конструкционную функцию, либо обе эти функции одновременно, основным заданием проектировщика является определение того, какую функцию элемент из ячеистого бетона будет выполнять для строительного объекта (в конструкции здания).



Рисунок 1 - «Кривой домик» в Сопоте с замысловатым фасадом из АЯБ – проект архитекторов: Шотинских и Залеского (Материалы компании Rezydent s.a.)

Элементы, изготовленные из АЯБ можно применять в разных зданиях, в том числе в многоквартирных домах, многоквартирных домах, производственных зданиях, зданиях с большой кубатурой, постройках для содержания живого инвентаря (при условии создания проекта и выполнения соответственной системы вентиляции помещений и комплексной гидроизоляционной защиты), коммерческих зданиях (цеха логистики, здания с большой кубатурой, и т.п.).

Из АЯБ строят малоэтажные здания, здания средней высоты и высотные здания. Он используется для сооружения наружных и внутренних стен (деление по выполняемой функции). АЯБ применяется для следующих конструкций стен: несущие стены, перегородки и заполняющие стены, а по месту применения для: наземных стен и фундаментных стен (подвалов).

Элементы, изготовленные из автоклавного ячеистого бетона, успешно применяются также для надстройки дополнительных этажей и расширения существующих объектов. С этой целью используется его легкость, высокая теплоизоляционная способность. Важным является также быстрый и мало обременительный процесс выполнения строительных работ и легкость механической обработки.

Системы выполнения объектов из АЯБ в Польше

Богатый ассортимент выпускаемых в Польше мелких стеновых элементов, армированных перемычек и элементов для производства часторебристых перекрытий (рис. 2), а также факт,

что этот материал сочетает в себе свойства изоляционного и конструкционного материала привели к тому, что, особенно в жилищном строительстве, объекты выполняются согласно определенным системам [1, 6]. Эти системы охватывают комплексные решения в области стен зданий и перекрытий. Это альтернативное решение для применяемых в некоторых западных странах решений выполнения всего здания из ячеистого бетона – от подвала по крышу [1]. Для этого необходимы армированные элементы, которые в нашей стране перестали выпускаться. Системы выполнения объектов из АЯБ в Польше основаны на сочетании элементов стен из АЯБ разной плотности. Они включают в себя мелкие блоки, плиты, армированные перемычки, или перемычки, изготовленные из U-образных фасонных деталей, а также строительную химию в виде растворов, штукатурки, клеев для систем утепления, и инструментов. Лучше всего дело обстоит тогда, когда весь ассортимент изделий, дополнительных материалов и инструментов, предлагается одним производителем [1, 6], так как параметры и свойства этих продуктов в данном случае аккуратно подобраны и подогнаны.

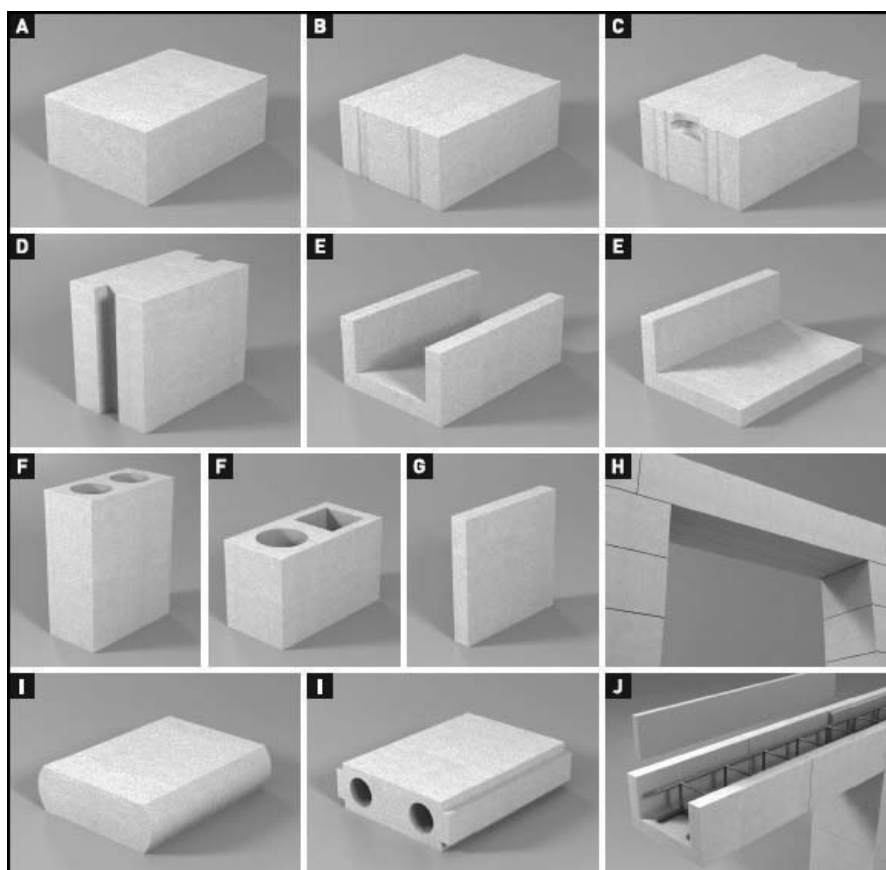


Рисунок 2 - Примерный ассортимент элементов из АЯБ, изготавливаемых в Польше

В вышеуказанных системах наружная стена здания может быть однослойной, без утепления, или многослойной – с утеплением.

Однослойная стена выполняется из небольших блоков самого низкого класса плотности (300, 350, 400), т.е., отличающихся очень хорошей теплоизоляционной способностью и хорошей прочностью. Элементы стен, соединяемые тонкими швами, выполняют изоляционную и

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

конструкционную функцию. Однослойная стена является простой и ее легко возвести. Без утепления она выполняет требования в области теплопроводности – U значительно ниже $0,30 \text{ Вт(м}^2\cdot\text{К)}$. На основании данных о свойствах АЯБ, полученных от производителя, проектировщики проверяют, выполняют ли выбранная ими плотность и толщина элементов стен, установленные требования.

Многослойную стену с дополнительной теплоизоляцией выполняют из небольших блоков класса плотности 500 и выше + теплоизоляция. Задачей блоков (и других элементов стен), соединенных раствором для тонких швов или обычным традиционным раствором, является перенесение нагрузки в конструкции здания. В свою очередь, теплоизоляция здания выполняется из минеральной ваты или пенопласта. Выполнение многослойных стен является более трудоемким. Кроме двухслойных стен, выполняются трехслойные стены, напр. небольшой блок АЯБ, утепление, клинкерный кирпич.

Предложение одним производителем изделий для выполнения вышеуказанной системы, применяемой, главным образом, в жилищном строительстве, облегчает инвесторам выбор материалов, ускоряет проектирование и упрощает выполнение.

Подборка для выполнения объектов материалов, изготовленных несколькими производителями, осложняет как процесс проектирования, так и выполнения.

Ниже, на рис. 3 указаны примеры выполнения стен по системе производителя, который кроме элементов стен предлагает заполняющие элементы для часторесбристых перекрытий, а также детали отделки дымоходных труб и вентиляционных систем, небольшие энергоблоки, применяемые для возведения фундаментных стен. [3]

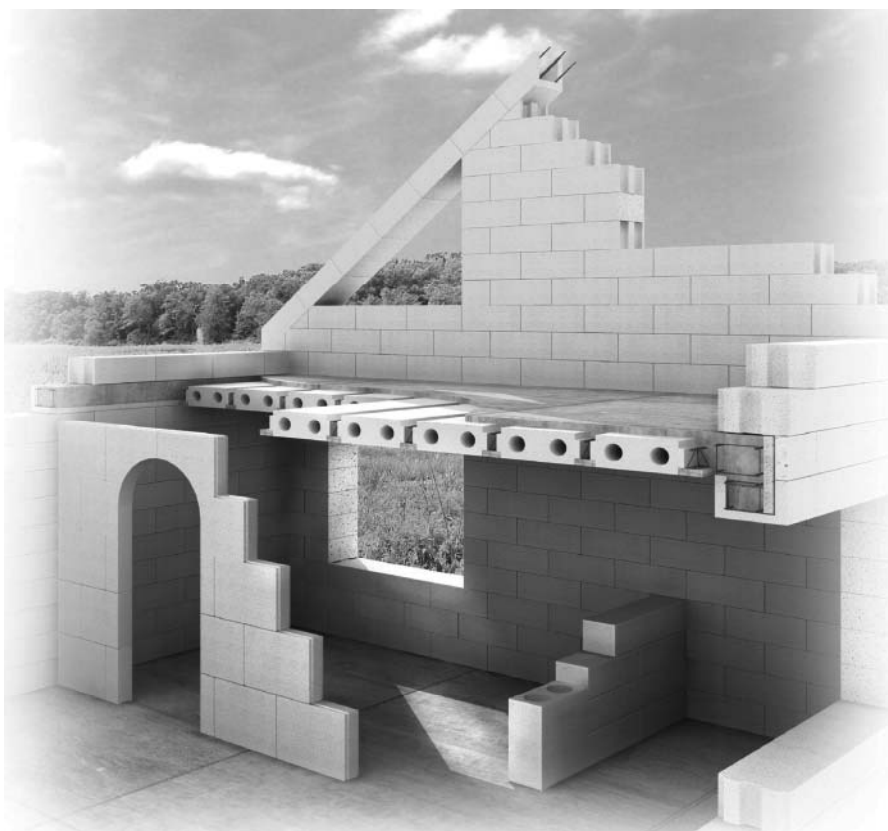


Рисунок 3 - Пример системы выполнения здания из АЯБ [3]

Следует добавить, что стены, выполненные из ячеистого бетона в описанных системах, могут также изготавливаться из мелких элементов с гладкими поверхностями, профилированных на шпунт и гребень; и одни и другие могут выпускаться с захватными отверстиями, облегчающими кладку. При использовании для кладки профилированных элементов, не заполняются вертикальные швы.

В применяемых системах выполнения объектов из элементов АЯБ, внутренние стены выполняют разделяющую или /и конструкционную функцию. Толщина внутренних несущих стен зависит от назначения. Рекомендуемый класс плотности АЯБ – 600 и выше.

Фундаментные стены и стены подвалов в применяемых системах выполнения зданий из АЯБ, сооружаются, как правило, из заполнителя бетона (небольшие блоки и/ или литой бетон). Некоторые производители предлагают пустотелые блоки для опалубки [1,3]. Очень редко для возведения стен подвалов в стране применяются элементы из ячеистого бетона. Для сооружения стен подвалов не следует использовать мелкие профилированные блоки, все швы заполняются раствором. На эти стены устанавливается изоляция и утепление.

В описанных системах выполнения стен из элементов АЯБ, производители рекомендуют применение часторесбистых перекрытий. При этом кроме заполняющих элементов, они предлагают также балки «Терива». (рис. 4). Могут также применяться сборные или монолитные перекрытия. Необходимо помнить об утеплении перемычек и венцов перекрытия (что, к сожалению, не всегда применяется подрядчиками).

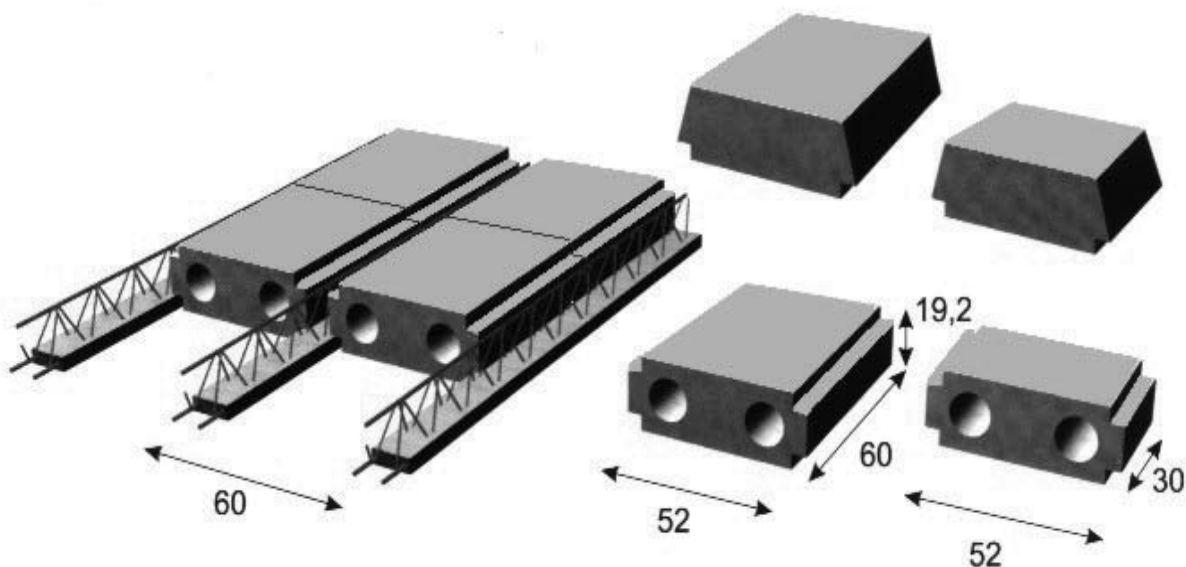


Рисунок 4 - Часторесбистое перекрытие (балки «Терива» и пустотелые блоки из АЯБ) [3]

В многоквартирных домах выгодно использовать скатные крыши – деревянные стропила и любое покрытие.

Из ячеистого бетона можно возводить энергосберегающие здания с малым расходом тепла во время эксплуатации. Ячеистый бетон может также применяться в качестве составного элемента стен пассивных домов с очень малым расходом тепла $< 15 \text{ кВтч/м}^2\text{-год}$. В зависимости от типа стены, это может быть АЯБ разной плотности.

Возведение пассивных домов в Польше продолжает находиться в зачаточном состоянии. При возведении объектов из ячеистого бетона, применяются те же основные правила, которые действуют при возведении стен, перекрытий и т.п. из других материалов. Однако изделия, изготовленные из ячеистого бетона, обладают своими специфическими свойствами, которые следует учитывать на всех стадиях строительного процесса. Поэтому, в частности, рекомендуется применение специализированного оборудования и инструментов для кладочных работ, указанных компаниями, выпускающими ячеистый бетон, как правило, на основании указаний, содержащихся в технической документации. При нынешних классах плотности АЯБ (300; 350; 400) и толщине стены до 48 см, коэффициент теплоотдачи U для однослойных стен должен составлять $0,18 - 0,23 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$. Понижение этого коэффициента возможно путем сооружения многослойных стен, содержащих утепляющий слой, толщина которого зависит от запланированного коэффициента U .

Ошибки выполнения и эксплуатации объектов из АЯБ

До настоящего времени АЯБ чаще всего применяется для выполнения каменных конструкций. Выполнение каменных конструкций существенным образом влияет на их несущую способность, способность к деформации и прочность [7 и 9]. Ошибки выполнения могут сделать напрасным труд проектирования, и даже при самом лучшем проекте, могут способствовать возникновению повреждений стены.

Каменная конструкция – это компонент, составленный из многих элементов. В ее состав входят: каменные элементы, раствор, дополнительные элементы (напр. клей для крепления изоляционного слоя, клей для сетки, арматура, соединительные детали, и т.п.), изоляционные слои и отделочные слои (штукатурка, затирка, и т.п.).

Следует отдавать себе отчет в том, что даже если строительство ведется с использованием лучших материалов, но применен, напр. неправильный кладочный раствор, каменная конструкция, как финальный продукт, не будет выполнять технические требования. В строительном деле нельзя допускать случайностей. Все элементы должны быть правильно подобраны и подогнаны. Таким подходом к строительству должны отличаться производители, проектировщики и подрядчики [10].

На ошибки, появляющиеся во время выполнения и эксплуатации строительных объектов, в частности, влияют ошибки проектирования, производственные ошибки, дефекты изделий, неправильная эксплуатация.

- Ошибки проектирования чаще всего возникают в случае, когда не учитываются некоторые проектные задания, которые необходимо учитывать при выполнении каменных конструкций. Это может быть вызвано, напр. тем, что традиционным конструкциям стен уделяется меньше внимания, чем железобетонным конструкциям (балкам, колоннам, перекрытиям). Иногда ошибки возникают в результате упрощенных решений, принятых во время проектирования или из-за непонимания самой каменной конструкции и ее специфики.

- К типовым производственным ошибкам относятся [11]

- неблагоприятные отклонения от проекта,
- плохое качество работ,
- неправильная перевязка элементов кладки,
- применение разных материалов для возведения стен и всего объекта,
- неправильная расшивка на фасадах,
- применение материалов плохого качества,

- неправильное предохранение стены от влияния атмосферных факторов во время ее возведения и после ее возведения,
- неправильное выполнение ственных каналов и ниш,
- неправильное соединение стен, заполняющих каркас, с железобетонной конструкцией (трещины на стенах, образующиеся ввиду прогиба перекрытия, рис. 5).
- неправильное выполнение гидроизоляции,
- отсутствие армирования сеткой в подоконной зоне (рис. 6; рис. 7 – правильное выполнение оконных перемычек и сеток в углах стен).

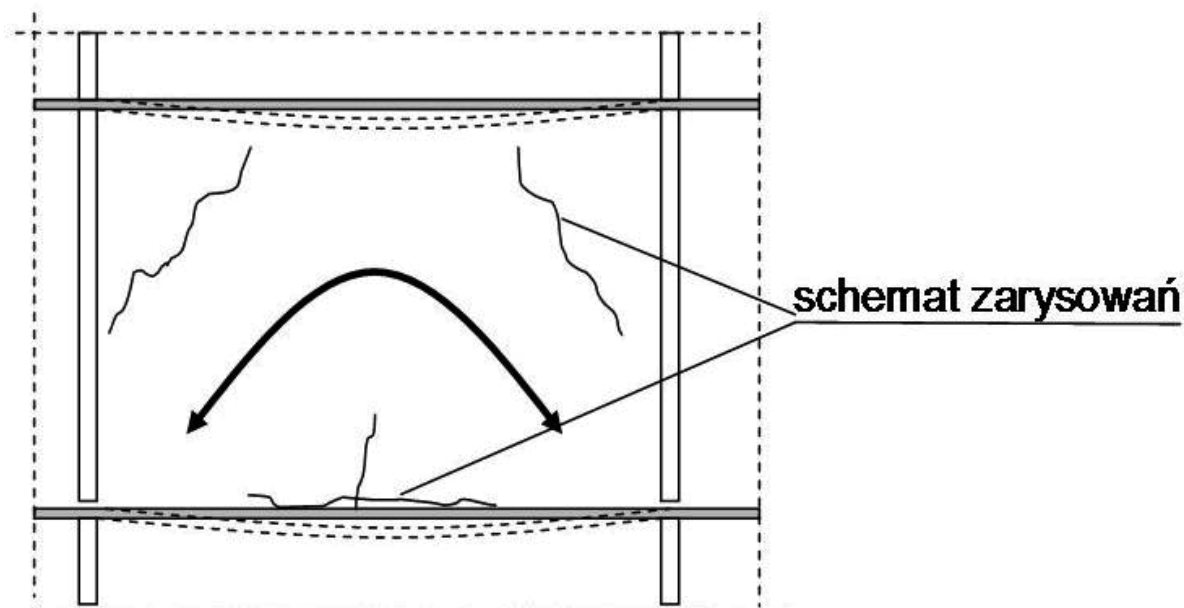


Рисунок 5 - Трещины на стенах, возникшие в результате прогиба перекрытия [10]

Исследования показали, что во избежание возникновения трещин на стенах объектов, важным является также применение на объекте выдержанного ячеистого бетона [11].

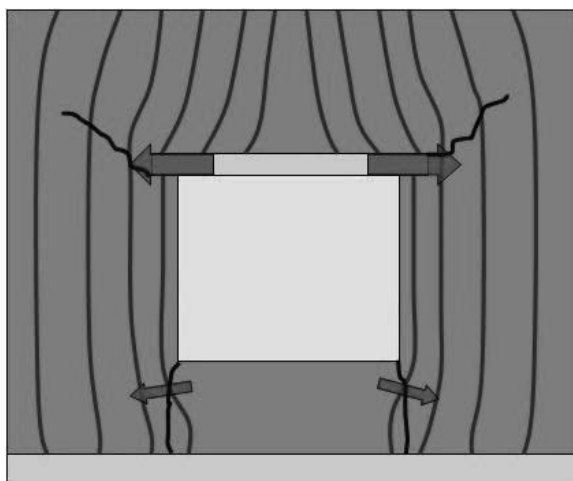


Рисунок 6 -. Трещины на стене, возникшие в результате отсутствия арматуры в подоконной зоне [10]



Рисунок 7 - Правильное выполнение укрепления в подоконной зоне.

При росте влажности применяемого ячеистого бетона, появляется риск образования трещин на возводимых стенах, самый большой риск возникает при использовании ячеистого бетона влажностью характерной для ячеистого бетона после автоклавной обработки (30-37 % по массе). Чем ниже влажность укладываемого АЯБ, тем меньше вероятность появления трещин на стене, так как основная усадка происходит во время его высыхания перед устройством ограждающих конструкций. Сокращается также время достижения перегородками стабилизированной влажности.

Стены, в которых происходит быстрое высыхание, и которые во время возведения и высыхания подвержены колебаниям температуры и влажности окружающей среды, более подвержены риску образования трещин.

Вероятность возникновения трещин выше для стен, выполненных из ячеистого бетона, соединенного прочным клеевым раствором, чем соединенного теплоизоляционным раствором (обычно – менее прочным). На основании, проведенных ранее полигонных испытаний и лабораторных исследований, было установлено, что при выполнении стен из ячеистого бетона, лучшим является применение клеевых растворов, прочностью ниже 16 МПа и теплоизоляционных растворов прочностью 5-8 МПа.

Возникшие на стене трещины стабилизируются, приблизительно, по истечении 1 года и позднее их ширина изменяется лишь в незначительной степени.

Ячеистый бетон с более высоким значением усадки (обозначенным с использованием нормативных исследовательских методов), характеризуется большей вероятностью образования трещин.

На основании проведенных исследований, можно сделать вывод, что устранение явления образования усадочных трещин на стенах, изготовленных из АЯБ, возможно при использовании выдержанного материала и учете проектировщиком при проектировании конструкции размера усадки, заявляемого производителем на основании проведенных исследований.

- На условия проживания и прочность зданий, изготовленных из АЯБ, влияет также способ их эксплуатации. Во время эксплуатации, здания следует подвергать систематической консервации и периодическим ремонтам. Упущения в данной области приводят к возникновению повреждений и могут стать причиной вывода зданий из эксплуатации. Очень важным является уход за водосточными и спускными трубами, выводящими воду. Старые листья, забивающие водосточные и спускные трубы, выводящие воду, могут привести к заливанию стен. Это вызывает ухудшение теплоизоляционной способности, понижение прочности, разрушение штукатурки, образование плесени и ухудшение санитарных условий в зданиях.

Особое внимание следует обратить на частое и правильное проветривание помещений в течение всего периода эксплуатации зданий, несмотря на то, что стены, изготовленные из ячеистого бетона «дышат». Особенно в последние годы подчеркивается роль заботы о воздухообмене в зданиях и обеспечении хорошей вентиляционной системы. Интересные исследования в этой области провели шведы. Было установлено, что высокая герметичность зданий (стен, окон, крыш) вызывает значительное повышение влажности в помещениях, что в результате, может вызвать опасность образования плесени и появления аллергических реакций у людей.

Основные сведения, касающиеся проектирования в Польше изделий, изготавливаемых из ячеистого бетона

Проектирование конструкций из сборных армированных элементов или элементов стен из ячеистого бетона, осуществляется с использованием положений соответствующих Еврокодов. Еврокоды – это совокупность европейских стандартов, касающихся проектирования строительных конструкций. Они были разработаны для того, чтобы выполнять роль эталонных документов для указания соответствия зданий и сооружений основным требованиям, содержащимся в Распоряжении Европейского парламента и Совета ЕС [2], касающемся строительных изделий, а также в законе *Строительное право*.

В Польше Еврокоды были введены в национальные стандарты (PN), переведены на польский язык и дополнены национальными приложениями, содержащими параметры для

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

применения на территории Польши. Это лишь те параметры, которые в основном тексте Еврокода были указаны в качестве параметров, которые следует установить на национальном уровне.

При проектировании каменных конструкций, проектировщики могут в равной степени кроме Еврокодов использовать польский стандарт PN-B 03002:2007. Следует подчеркнуть, что данный стандарт в решительном большинстве случаев учитывает требования Еврокодов.

В целом принимается принцип, что каменную конструкцию следует запроектировать так, чтобы не превысить предельных состояний несущей способности и эксплуатационных возможностей. Чтобы не превысить предельных состояний конструкции, необходимо обращаться к указаниям Еврокода 6, и осуществлять проверку по методу частичных коэффициентов безопасности.

Введение изменений и дополнений в стандарты на изделия, изготовленные из ячеистого бетона

- Решением Европейского технического комитета CEN/TC 125, в 2014 г. в стандарт EN 771-4:2011 было введено изменение A1. Консолидированный стандарт, включая данное изменение, будет доступен на английском, немецком и французском языках с августа 2015 г.

Что касается главных изменений, в A1 был изменен подход к определению плотности АЯБ – было указано, что плотность АЯБ в сухом состоянии, это плотность ниже 1000 кг/м³ (раньше она определялась значениями от 300 до 1000 кг/м³). Была также введена запись о том, что вопрос опасных веществ регулирует национальное законодательство. Кроме того, в приложении ZA указан другой способ поведения при заявлении эксплуатационных свойств. Помещение приложения ZA было вызвано тем, что с 1 июля 2013 г. во всех странах ЕС действует Распоряжение Европейского парламента и Совета (ЕС) № 305/2011 от 9 марта 2011 г. (CPR*), отменяющее Директиву Совета 89/106/ЕЭС, и устанавливающее гармонизированные условия введения в оборот строительных изделий. Согласно этим условиям, производители строительных материалов обязаны выставлять декларации эксплуатационных свойств (DoP) вместо деклараций соответствия, а также ввести изменения в способ обозначения CE своих изделий. Согласно CPR не только производитель, но также дистрибьютор, импортер и уполномоченный представитель, несут ответственность за вводимые в оборот строительные материалы. Введение распоряжения CPR на территории ЕС является автоматическим. В свою очередь, необходимо привести национальное законодательство в соответствие с CPR.

- Решением Европейского технического комитета CEN/TC 177, в стандарт EN 12602:2008 вводится изменение A1. Консолидированный стандарт после включения данного изменения, имеет обозначение EN 12602:2008 + A1:2013. Одним из наиболее важных изменений, включенных в A1, является введение шести классов усадки, имеющих, соответственно, следующие значения усадки $\epsilon_{cs,ref}$ в мм/м $\leq 0,15; \leq 0,20; \leq 0,25; \leq 0,30; \leq 0,35; \leq 0,40$. Кроме того, в изменении A1 уточнен вопрос, касающийся видов стали, применяемых для изготовления армированных элементов, в частности, в области антикоррозийной защиты и диаметров стержней.

Изменением A1 данного стандарта не были еще введены изменения, предусмотренные Распоряжением Европейского парламента и Совета (ЕС) № 305/2011. Ведутся согласования по данному вопросу.

Подведение итогов

- Автоклавный ячеистый бетон выполняет требования сбалансированного развития, как на стадии производства, так и применения. Позволяет возводить энергоэкономные

объекты (дома).

- За период почти 100-летнего существования АЯБ, наступило развитие технологий его производства, изделия менялись и приводились в соответствие с требованиями, способами и тенденциями, господствующими в строительстве.

- То, что было донныне достигнуто в области технологии производства и применения АЯБ, вероятно не является пределами развития этого материала.

- Развернутый до настоящего времени масштаб и диапазон применения свидетельствуют о том, что должным образом были оценены его технические и экономические достоинства.

- Опыт показывает, что при проектировании и выполнении объектов из АЯБ, допускаются нарушения, связанные с несоблюдением общих строительных правил, а также – со спецификой этого материала. В значительной степени, они вызваны ошибками выполнения и недобором всех строительных параметров и деталей.

- Необходимо следить за тем, чтобы все строительные элементы были соответственным образом подобраны и подогнаны. Такой подход к вопросу строительства должны проявлять проектировщики, производители и подрядчики

*) CPR – Construction Products Regulation

ЛИТЕРАТУРА

[1] Zapotoczna-Sytek G., Balkovic S.: Autoklawizowany beton komórkowy. Technologia – Właściwości – Zastosowanie, Wydawnictwo Naukowe PWN, Stowarzyszenie Producentów Betonu, Warszawa 2013

[2] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające Dyrektywę 89/106 EWG. Dziennik Urzędowy UE nr L 88 z 4.4.2011, wraz z późniejszymi poprawkami z roku 2013 i 2014.

[3] Materiały techniczne i informacyjne polskiego Stowarzyszenia Producentów Betonów oraz Producentów Betonów Komórkowych głównie SOLBET i PREFABET Śniadowo

[4] PN-EN 771-4:2012/A1:2014 Wymagania dotyczące elementów murowych. Część 4: Elementy murowe z autoklawizowanego betonu komórkowego.

[5] PN-EN 12602:2014 Prefabrykowane elementy zbrojone z autoklawizowanego betonu komórkowego.

[6] Zapotoczna-Sytek G.: Systemy realizacji obiektów z betonu komórkowego. Konferencja Dni Betonu. Tradycja i Nowoczesność, Wisła 2012, s. 449-459

[7] Drobiec L., Jasiński R., Piekarczyk A.: Konstrukcje murowe według Eurokodu 6 i norm związanych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2014.

[8] Eurokod 6 (PN-EN 1996-1) Projektowanie Konstrukcji Murowych

[9] Rybarczyk T.: Beton komórkowy materiałem o wielkich możliwościach – przykłady realizacji budynków ABK w Polsce. 5 Międzynarodowa Konferencja” dotycząca Autoklawizowanego Betonu Komórkowego. Zapewnienie zrównoważonego rozwoju”, Bydgoszcz, 14-17 września 2011, s. 311-322

[10] Rybarczyk T.: Uszkodzenia konstrukcji murowych. Przyczyny powstawania uszkodzeń. Przykłady uszkodzeń. 5 Międzynarodowa Konferencja” dotycząca Autoklawizowanego Betonu Komórkowego. Zapewnienie zrównoważonego rozwoju”, Bydgoszcz, 14-17 września 2011, s. 629-650

[11] Drobiec Ł.: Problem powstawania zarysowań w narożnikach ścian z betonu komórkowego. 5 Międzynarodowa Konferencja” dotycząca Autoklawizowanego Betonu Komórkowego. Zapewnienie zrównoważonego rozwoju”, Bydgoszcz, 14-17 września 2011, s. 27-42

[12] Łaskawiec K., Dynarowski R., Królikowski R., Misiewicz L. Deklaracje właściwości użytkowych i oznakowanie CE elementów murowych zgodnie z rozporządzeniem CPR. Materiały Budowlane 7`2013 (nr 491) s. 64-67

UDC 69.022.321

APPLICATION OF AUTOCLAVED AERATED CONCRETE IN CONSTRUCTION ERRORS IN CONSTRUCTION AND OPERATION

/ Zapotoczna-Sytek G. /

This paper presents the main directions of autoclaved aerated concrete (AAC) application in the construction. AAC systems and the scale of AAC construction in Poland are discussed as well. The paper also addresses the most common errors in designing and building AAC buildings and civil engineering structures in Poland with examples, in the context of the latest changes in the European standards for aerated concrete.

Keywords: autoclaved aerated concrete, properties, design, wall, errors.

УДК 697.1:691.327.666.973.6:69.022.3

*Крутилин А.Б., зав. лаб. теплофизических исследований (РУП «Институт БелНИИС»)
Лешкевич В.В., научный сотрудник
(Белорусский национальный технический университет)
Рыхленок Ю.А. зав. отделом ограждающих конструкций (РУП «Институт БелНИИС»)*

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОКЛАВНЫХ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ НИЗКИХ ПЛОТНОСТЕЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ НАРУЖНЫХ СТЕН ЗДАНИЙ

В работе представлены результаты экспериментальных исследований теплофизических характеристик автоклавных ячеистых бетонов плотности 400 и 500 кг/м³. Определены зависимости коэффициентов теплопроводности от температуры и влажности. Установлены граничные влажности, при которых для отрицательных температур в порах материалов лед не образуется или его количество незначительно. Установлено, что при отрицательных температурах образцов ячеистого бетона с влажностями более 30 % по массе одним из основных механизмов перемещения влаги является термовлагопроводность. По результатам испытаний ячеистого бетона на морозостойкость выполнена приблизительная оценка влияния влажности на долговечность наружных стен.

Ключевые слова: автоклавный ячеистый бетон, теплофизические характеристики, плотность, влажность, теплопроводность термовлагопроводность.

Введение

Сокращение сроков строительства зданий приводит к возведению наружных стен с материалами, имеющими технологическую и строительную влажность. Во многих случаях данные влажности материалов значительно превышают их расчетные массовые отношения влаги, принимаемые при теплотехнических расчетах. Данные проблемы выявлены и при эксплуатации наружных стен из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения. Использование в конструкциях наружных стен материалов с диаметрально противоположными свойствами на сегодняшний день привело к образованию в первые годы эксплуатации зданий дефектов, некоторые из которых вызваны истощением ресурса морозостойкости вследствие повышенной влажности ячеистого бетона. С целью определения долговечности (здесь и далее по тексту под термином “долговечность” принят срок службы ограждающей конструкции до разрушения или повреждения ее части вследствие истощения ресурса морозостойкости), а также для прогнозирования влажностного режима наружных стен зданий, необходимо иметь теплофизические характеристики материалов. В настоящей работе приведены некоторые экспериментальные данные для ячеистого бетона низких плотностей ($\rho = 400$ и 500 кг/м³).

1. Влияние влажности на коэффициент теплопроводности ячеистого бетона

Несмотря на то, что вопрос зависимости теплопроводности от влажности считается достаточно изученным, данные для ячеистого бетона низких плотностей ($\rho = 400$ и 500 кг/м^3) в области отрицательных температур ограничены.

Экспериментальные исследования выполнены на образцах предоставленных ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» (далее – тип «З») в БНТУ на установке для измерения теплопроводности типа «NETZSCH HFM 436 Lambda». Экспериментальные данные приведены на рисунках 1 и 2. Следует отметить, что при больших влажностях материалов, вид графиков в области отрицательных температур может иметь отличия (иметь скачки при возникновении льда в их порах).

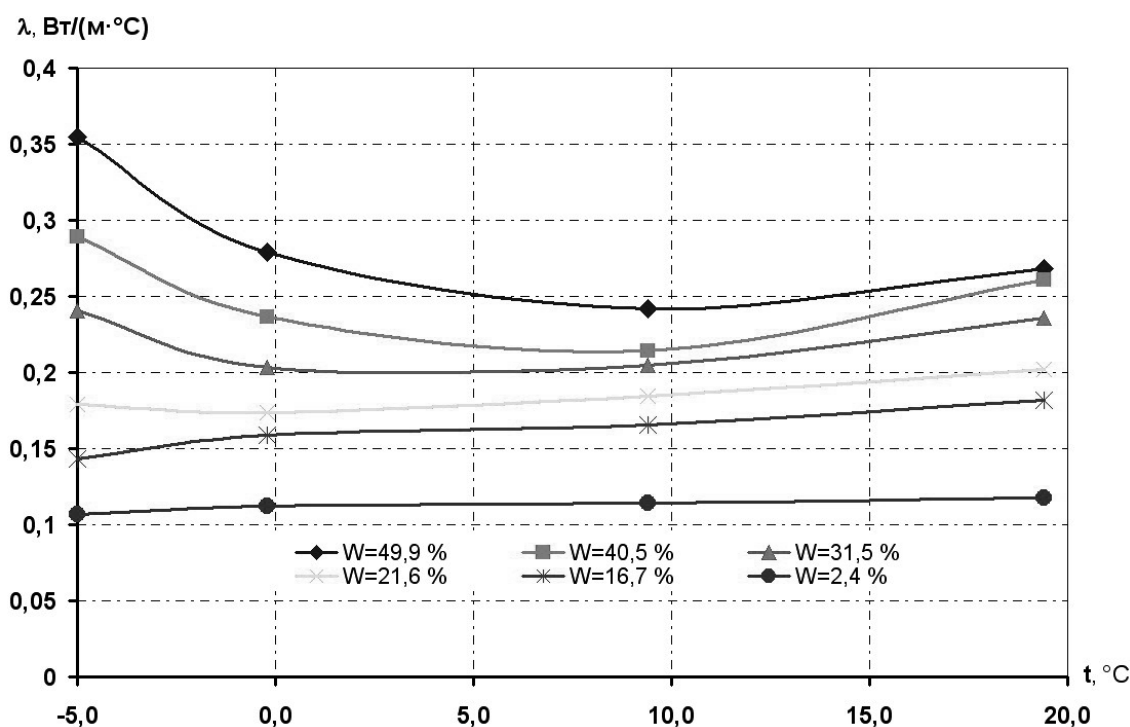


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента теплопроводности ячеистого бетона ($\rho = 400 \text{ кг/м}^3$) от температуры и массовой влажности

Для отрицательных температур увеличение коэффициента теплопроводности материала происходит при массовой влажности ячеистого бетона $W \approx 20\%$ для плотности $\rho = 400 \text{ кг/м}^3$ и $W = 17,5\%$ – для плотности $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$, что связано с началом образования льда в порах материалов.

С понижением температуры коэффициенты теплопроводности ячеистого бетона в зависимости от влажности могут как увеличиваться, так и уменьшаться. Это позволяет определить граничные влажности, при которых для отрицательных температур в порах материалов лед не образуется или его количество незначительно.

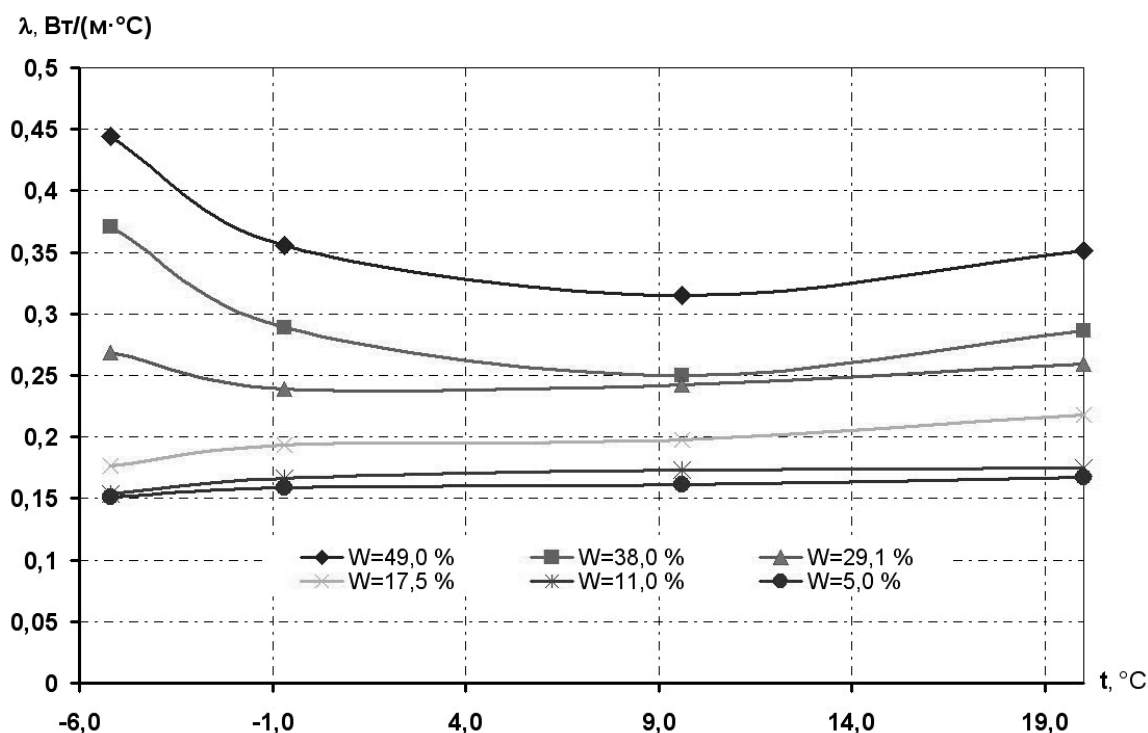


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента теплопроводности ячеистого бетона ($\rho = 500 \text{ кг/м}^3$) от температуры и массовой влажности

2. Коэффициенты изотермической влагопроводности ячеистого бетона при положительных и отрицательных температурах

Исследования влияния влажности на коэффициент изотермической влагопроводности ячеистого бетона выполняли на образцах типа “З” плотностью $\rho = 400$ и 500 кг/м^3 .

Образцы увлажнялись водой до влажностей близких к 20 %, 35 %, 45 и 60 % по массе и упаковывались со всех сторон в полиэтиленовую пленку. В таком состоянии образцы выдерживались в условиях, близких к изотермическим, для равномерного перераспределения жидкой влаги по их объему. Температуры образцов для проведения эксперимента приняты $t = + 20 \text{ }^\circ\text{C}$ и $t = - 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

После выдержки в изотермических условиях образцы стыковались методом разрезной колонки друг с другом с влажностями, близкими по показателям и со всех сторон теплоизолировались полиэтиленовой пленкой. После определенной временной выдержки в изотермических условиях для принятых температур образцов, колонки периодически разбирали, образцы взвешивали и собирали заново.

Коэффициенты изотермической влагопроводности для различных температур определяли по формуле:

$$\beta_w = \frac{G_w}{\frac{dw}{dx}}, \tag{1}$$

где G_w — количество влаги, проходящей через 1 м^2 площади в 1 час, $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$;
 $\frac{dw}{dx}$ — перепад массовой влажности по длине образца, $\%/ \text{м}$.

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Зависимости коэффициентов изотермической влагопроводности в зависимости от влажности для различных температур приведены на рисунках 3 и 4.

Результаты экспериментальных исследований изотермической влагопроводности ячеистого бетона показали, что при отрицательных температурах также имеется перемещение влаги вследствие наличия незамерзшей воды в порах материалов. Для области положительных температур перемещение воды в образцах наблюдается при влажностях $W > 17\%$ по массе для ячеистого бетона плотности $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$ и при $W > 20\%$ по массе для ячеистого бетона плотности $\rho = 400 \text{ кг/м}^3$. Для области отрицательных температур перемещение воды в образцах наблюдается при влажностях $W > 37\%$ по массе для ячеистого бетона плотности $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$ и $W > 45\%$ по массе для ячеистого бетона плотности $\rho = 400 \text{ кг/м}^3$. Результаты показывают значительное влияние на коэффициент изотермической влагопроводности температуры и плотности материала.

3. Определение коэффициентов термовлагопроводности в образцах ячеистого бетона

При эксплуатации наружных стен с повышенной влажностью ячеистого бетона при наличии градиента температуры возможно также движение влаги по сечению стены за счет механизма термовлагопроводности.

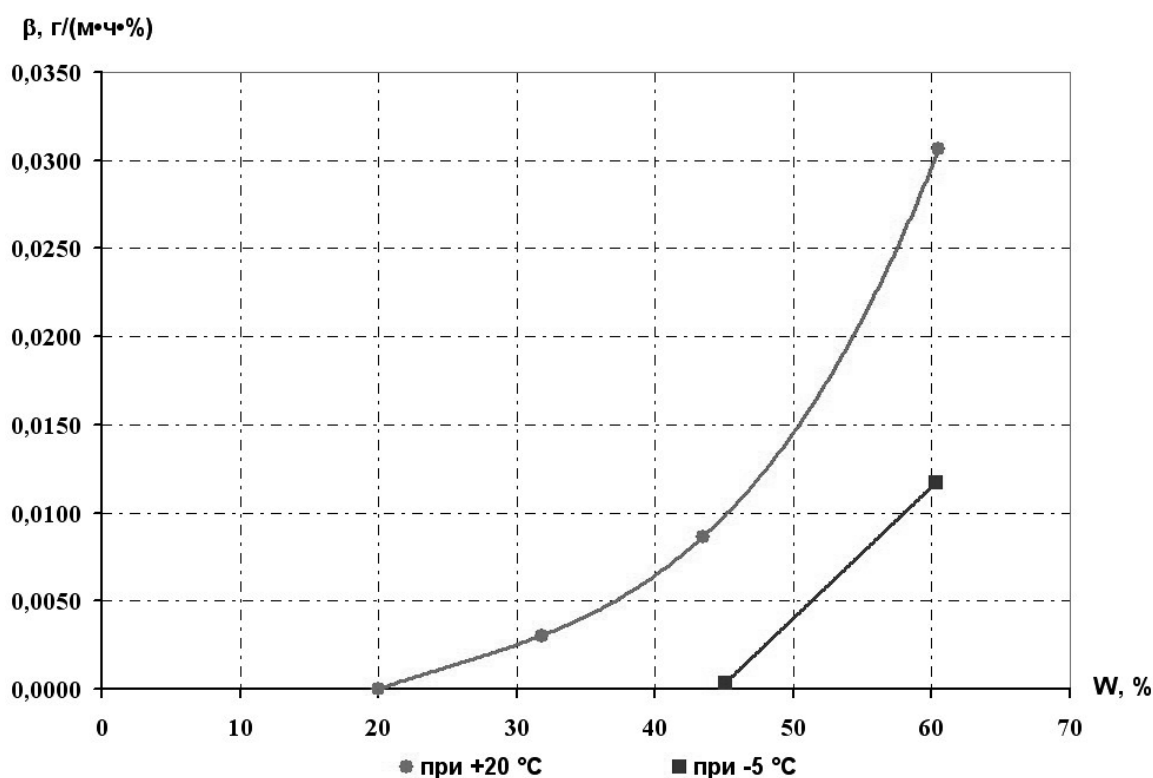


Рисунок 3 – Коэффициенты изотермической влагопроводности ячеистого бетона ($\rho = 400 \text{ кг/м}^3$) в зависимости от влажности

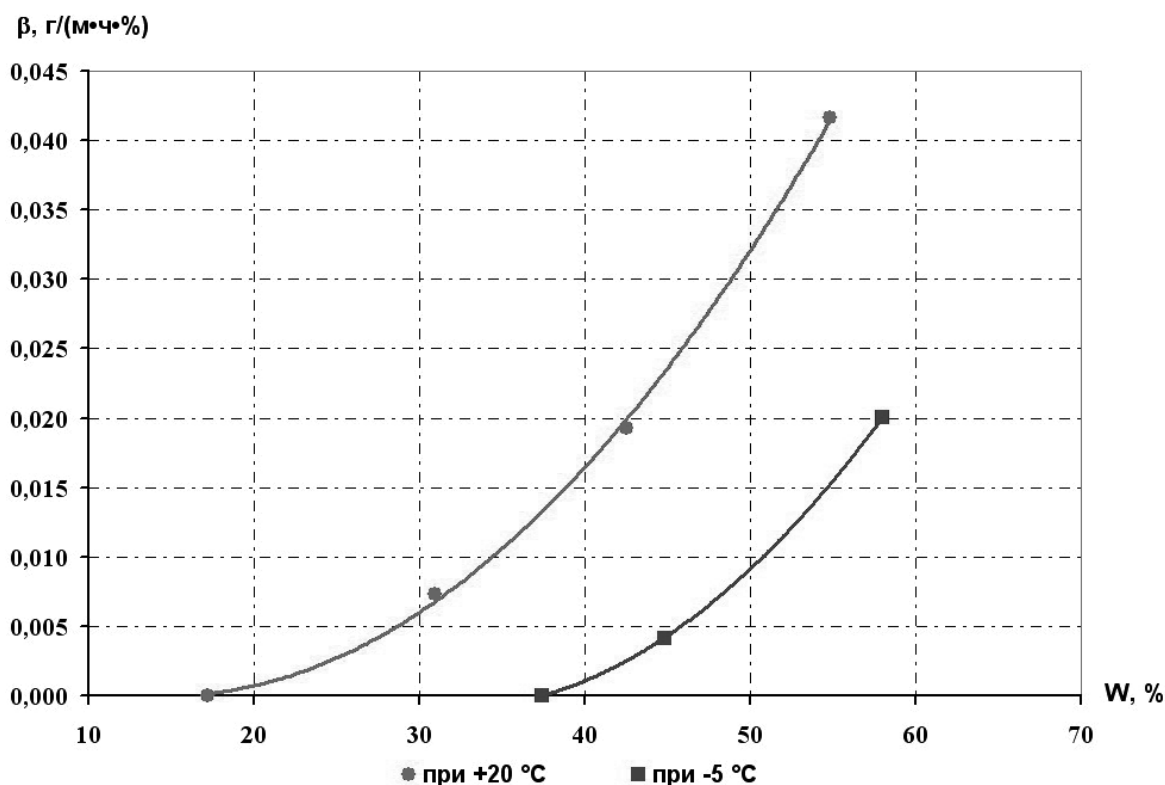


Рисунок 4 – Коэффициенты изотермической влажпроводности ячеистого бетона ($\rho = 500 \text{ кг/м}^3$) в зависимости от влажности

Впервые данный механизм движения влаги установил Лыков А.В. в середине прошлого века. Исследования по изучению этого механизма велись, преимущественно, в области сушки материалов вследствие наличия при протекании данных процессов значительных градиентов температуры. Определение термоградиентных коэффициентов строительных материалов производилось преимущественно советскими учеными до конца 1990-ых годов. Данные по их величинам, а также исследования их зависимостей для ячеистых бетонов низких плотностей ограничены, а для отрицательных температур образцов не найдены.

При раздельном учете основных механизмов переноса влаги в модели прогнозирования влажностного режима наружных ограждающих конструкций предлагается вместо термоградиентного коэффициента определять коэффициент термовлажпроводности (по аналогии с коэффициентом влажпроводности):

$$\beta_t = \frac{G_t}{\frac{dt}{dx}}, \quad (2)$$

где G_t — количество влаги, проходящей через 1 м^2 площади в 1 час за счет термовлажпроводности, г/($\text{м}^2 \cdot \text{ч}$);

dt/dx — перепад температуры по длине образца, $^\circ\text{C/м}$.

Методика выполнения экспериментальных исследований по определению термоградиентных коэффициентов приведена в [1]. Результаты экспериментальных исследований зависимостей коэффициентов термовлагопроводности ячеистого бетона от влажности при средней температуре образцов $t \approx -5^\circ\text{C}$ приведены на рисунках 5 и 6.

Из экспериментальных зависимостей видно, что для обеих плотностей материала значительное увеличение коэффициентов термовлагопроводности происходит при влажностях, превышающих 30 % по массе. При влажностях менее 20 % поток влаги через единицу площади материала сопоставим с потоком водяного пара для условий выполнения эксперимента. При влажностях материала более 40 % по массе и средней температуре образцов $t \approx -5^\circ\text{C}$ коэффициенты термовлагопроводности на порядок превышают коэффициенты изотермической влагопроводности.

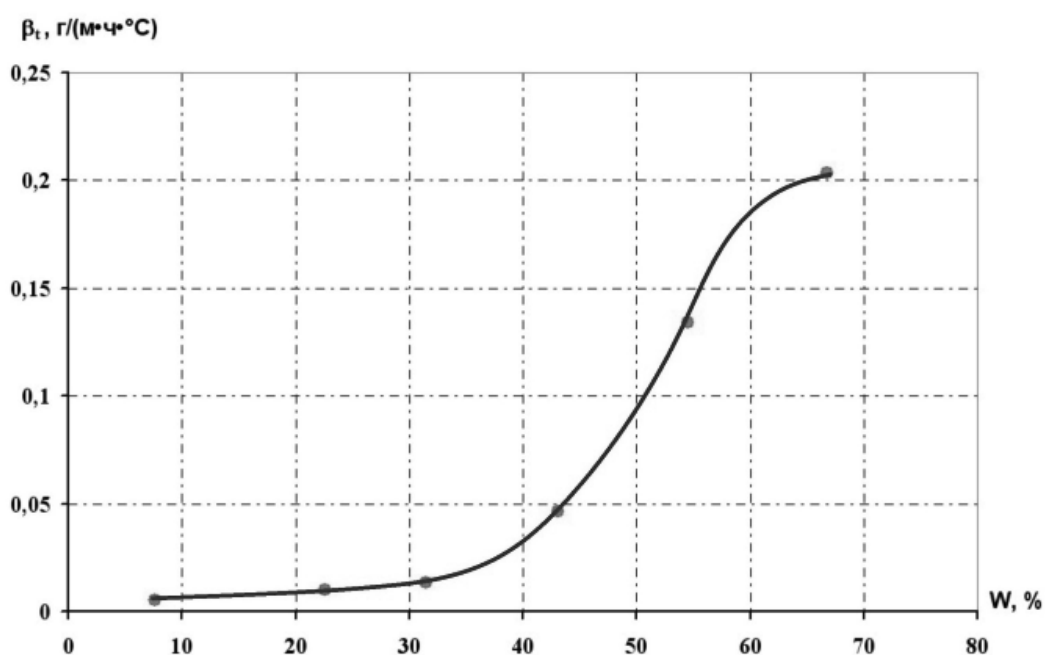


Рисунок 5 – Коэффициенты термовлагопроводности ячеистого бетона ($\rho = 400 \text{ кг}/\text{м}^3$) в зависимости от влажности при средней температуре образцов $t \approx -5^\circ\text{C}$

4. Влияние влажности на долговечность ячеистых бетонов

Для оценки долговечности ограждающих конструкций из ячеистых бетонов принято использовать понятие «марка по морозостойкости». При этом циклы попеременного замораживания и оттаивания образцов ячеистого бетона происходят при определенной влажности ячеистого бетона, которая при определении его марки по морозостойкости, как правило, никого не интересует. В тоже время остается открытым вопрос о возможности исчерпания циклов морозостойкости ячеистого бетона при эксплуатации стен, возведенных из ячеистобетонных блоков с определенной влажностью.

Для исследований выбраны образцы двух типов — типа «З» и типа «Г». Образцы изготовлены в виде кубов размерами $100 \times 100 \times 100$ мм двух плотностей — $\rho = 400 \text{ кг}/\text{м}^3$ и $\rho = 500 \text{ кг}/\text{м}^3$.

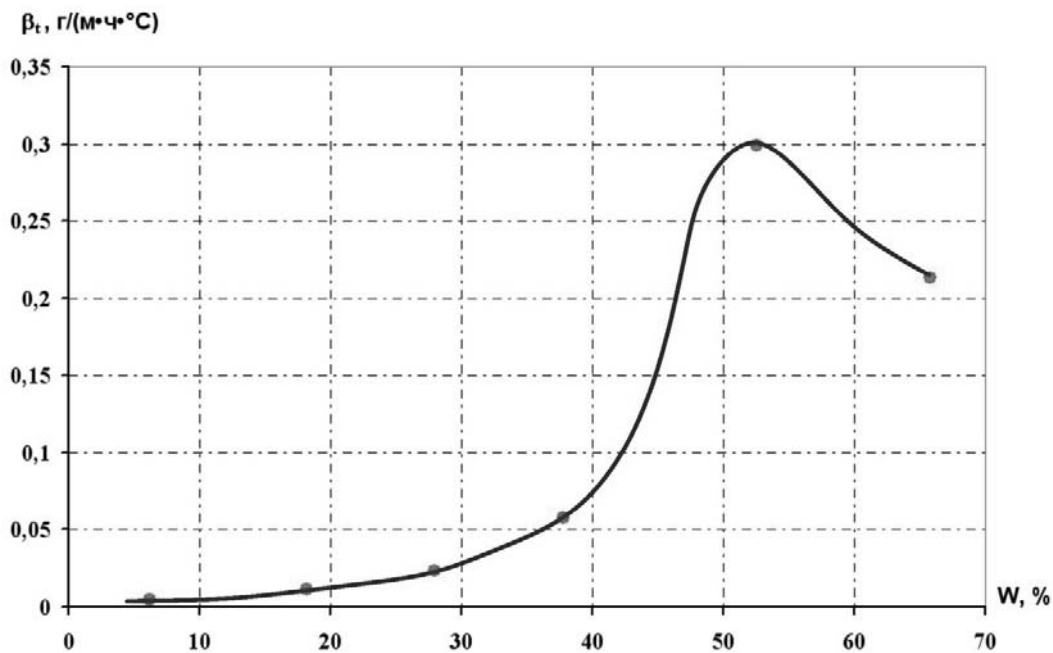


Рисунок 6 – Коэффициенты термовлагопроводности ячеистого бетона ($\rho = 500 \text{ кг/м}^3$) в зависимости от влажности при средней температуре образцов $t \approx -5 \text{ }^\circ\text{C}$

Зависимость циклов морозостойкости от влажности для образцов ячеистого бетона типа «Г» ($\rho = 400 \text{ кг/м}^3$ и $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$) показаны на рисунке 7, для образцов ячеистого бетона типа «З» ($\rho = 400 \text{ кг/м}^3$ и $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$) — на рисунке 8. Следует отметить, что на рисунке 8 точки обведенные красными кружками получены не на основании опытов (по результатам 2-х годового эксперимента они не потеряли прочности и массы), а экстраполяцией с учетом результатов опытов образцов типа «Г».

Сравнение образцов типа «З» и «Г» показало значительное различие в показателях морозостойкости материалов одинаковой плотности. Образцы обоих типов плотностью $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$ имеют более высокие показатели морозостойкости в сравнении с образцами плотностью $\rho = 400 \text{ кг/м}^3$.

По результатам испытаний в зависимости от массовой влажности определена долговечность для климатических условий Республики Беларусь в условных годах эксплуатации (см. рисунки 9, 10). При этом приняты определенные (близкие к худшим) условия эксплуатации ячеистого бетона:

- ячеистый бетон в процессе эксплуатации стен зданий не изменяет влажность (в реальных конструкциях влажность изменяется с разной интенсивностью);
- коэффициенты льдистости приняты равными $\xi(t) = 1,0$;
- отделка кладки снаружи выполнена штукатурными покрытиями с низким термическим сопротивлением ($R < 0,2 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}$).

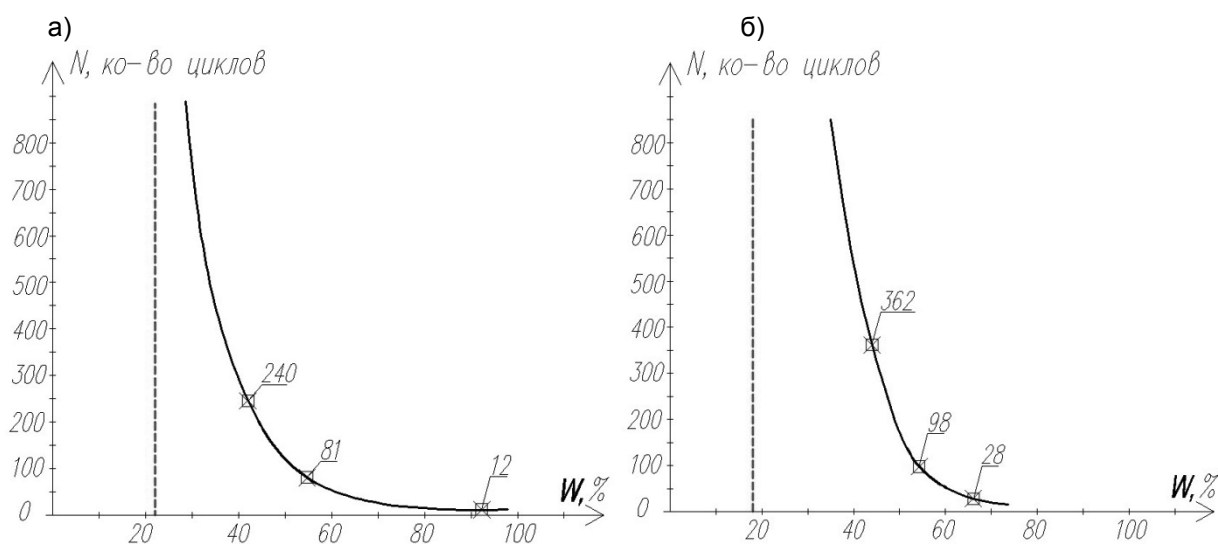


Рисунок 7 – Зависимость количества циклов морозостойкости от весовой влажности образцов ячеистого бетона типа «Г» (а – $\rho = 400 \text{ кг/м}^3$, б – $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$)

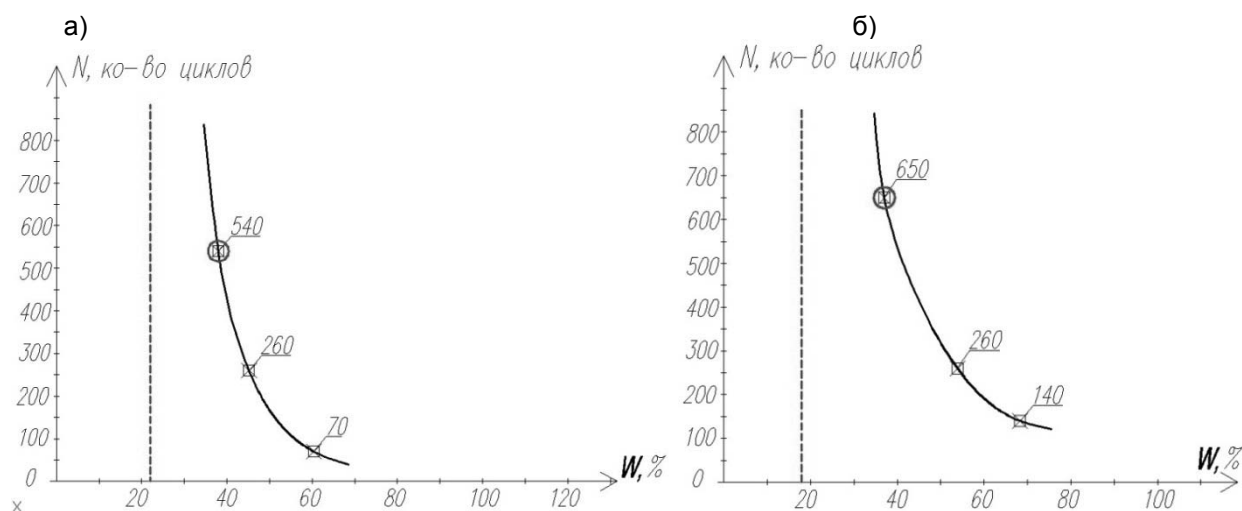


Рисунок 8 – Зависимость количества циклов морозостойкости от весовой влажности образцов ячеистого бетона типа «З» (а – $\rho = 400 \text{ кг/м}^3$, б – $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$)

Из графиков видно, что при массовых влажностях менее 25 % по массе идет резкое увеличение долговечности наружных стен из ячеистого бетона независимо от его марки по морозостойкости. Образцы с лучшей маркой по морозостойкости (образцы типа «З») имеют лучшие показатели в пределах массовой влажности 30 ... 35 %. Следует отметить, что данные влажности соответствуют максимальным при отпуске продукции заводами-изготовителями.

При больших влажностях (более 50 %) долговечность ячеистого бетона резко снижается. Определяющим фактором для данных влажностей материала становится марка по морозостойкости материала. Так, например, при влажности более 50 % по массе ячеистый бетон типа «Г» разрушаются менее чем за 2 года эксплуатации, ячеистый бетон типа «З» — менее чем за 4 года эксплуатации стен.

Заключение

Экспериментальными исследованиями установлено влияние температуры и влажности на коэффициент теплопроводности ячеистого бетона типа «З» плотности 400 и 500 кг/м³. На основании полученных данных предлагается определять граничные влажности, при которых для отрицательных температур лед в порах материалов не образуется или его количество незначительно.

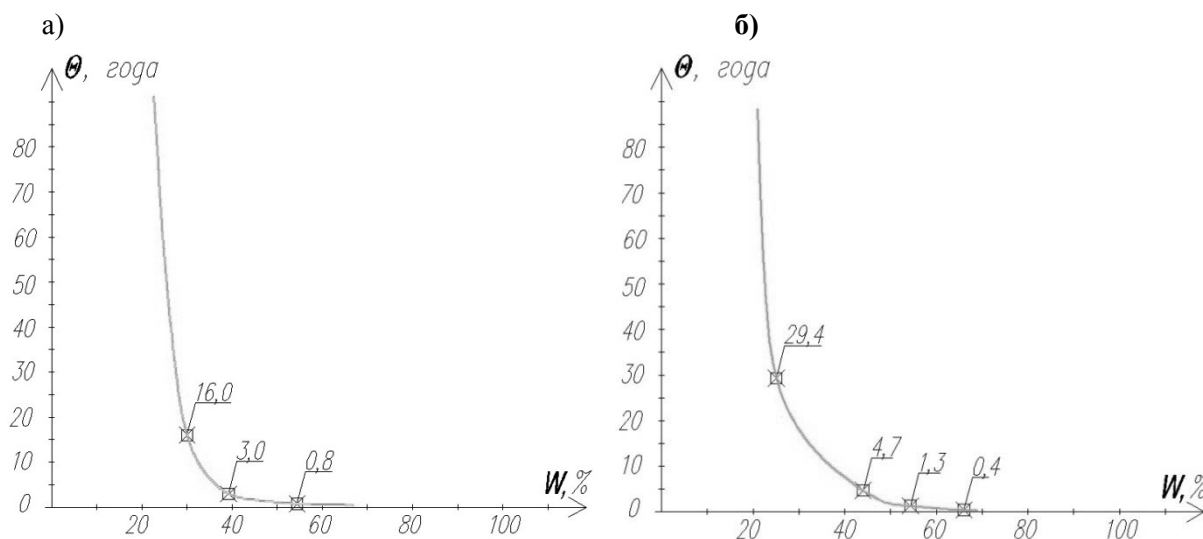


Рисунок 9 – Ориентировочное число лет эксплуатации стен из ячеистого бетона типа «Г» (а – $\rho = 400$ кг/м³, б – $\rho = 500$ кг/м³) в зависимости от весовой влажности

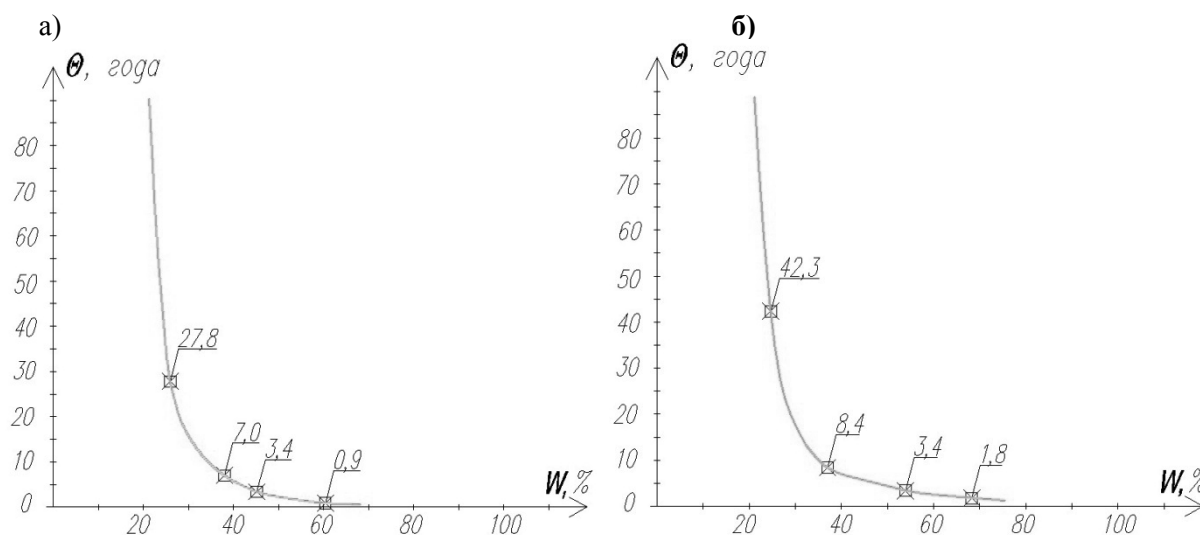


Рисунок 10 – Ориентировочное число лет эксплуатации стен из ячеистого бетона типа «З» (а – $\rho = 400$ кг/м³, б – $\rho = 500$ кг/м³) в зависимости от весовой влажности

Установлено, что при отрицательных температурах образцов ячеистого бетона с влажностями более 30 % по массе одним из основных механизмов перемещения влаги является термовлагопроводность. Для таких условий в зимний период года возможно значительное увеличение влажностей материалов у наружных защитно-отделочных слоев наружных стен.

Результаты исследований морозостойкости ячеистого бетона показали, что количество циклов замораживания-оттаивания зависит от плотности и влажности образцов. **При больших влажностях (более 50 % по массе) долговечность стен из ячеистого бетона резко снижается. При массовых влажностях менее 25 % по массе идет резкое увеличение долговечности наружных стен из ячеистого бетона независимо от его марки по морозостойкости.**

ЛИТЕРАТУРА

1. Крутилин, А.Б. Теплофизические характеристики автоклавных ячеистых бетонов низких плотностей и их влияние на долговечность наружных стен зданий / А.Б. Крутилин, Ю.А. Рыхленок, В.В. Лешкевич// Инженерно-строительный журнал. – 2015. №2. с. 46 – 55.

UDC 697.1:691.327.666.973.6:69.022.3

SOME RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF THERMAL CHARACTERISTICS OF AUTOCLAVED AERATED CONCRETE OF LOW DENSITIES AND THEIR IMPACT ON THE DURABILITY OF THE EXTERIOR WALLS OF BUILDINGS

/Krutilin A.B., Leshkevich V.V., Rykhlenok Yu.A. /

The paper presents the results of experimental studies of thermophysical characteristics of autoclaved aerated concrete density of 400 and 500 kg/m³. The dependence of thermal conductivity on temperature and humidity is determined. The boundary humidities are set for which the ice is not formed either its amount is negligible in the materials pores at the temperature below zero. It is found that one of the basic mechanisms of moving water for cellular concrete samples with a moisture content over 30 % by weight is non-isothermal liquid transport. The effect of humidity on the durability of the exterior walls is estimated according to the cellular concrete frost - resistance tests.

Keywords: autoclaved aerated concrete, thermal characteristics, density, moisture, thermal conductivity, thermal hydraulic conductivity.

Коростыченко П.В., директор
 ООО «CITADEL»,
 г. Харьков, въезд Золотой 1-й, 9
 +38 (057) 75-999-76
 e-mail: citadel2002@mail.ru

ГИБКИЕ СВЯЗИ ДОЛЖНЫ БЫТЬ НАДЕЖНЫМИ

Здания с кирпичным фасадом по-прежнему в моде. Снаружи такие стены выглядят весьма эстетично: красивый лицевой кирпич, аккуратная расшивка... Однако неоднократно за последние 20 лет ужесточения теплотехнических требований к наружным стенам делают невозможным их выполнение только из кирпича. В результате в последние годы начался «ренессанс» многослойных стеновых конструкций. Решение, вроде бы, не новое, апробированное десятилетиями. Тем не менее, как показывает практика, при неправильном выполнении по истечении лет 10 эксплуатации в таких конструкциях начинают появляться различные дефекты стен: трещины, сколы лицевого слоя и даже отслоения наружного слоя.

Причины этих негативных явлений различны, но доминируют, по данным ведущего научно-исследовательского учреждения — московского ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко, следующие:



- отсутствие в лицевом слое вертикальных и горизонтальных деформационных швов;
- дефекты утепляющего слоя;
- неудовлетворительная гидроизоляция кладки наружного слоя;
- неудовлетворительное крепление наружного слоя из кирпичной кладки к внутренним слоям.

Влияние последнего пункта, на первый взгляд, кажется самым незначительным, однако на самом деле оно довольно весомо, поэтому требует более детального рассмотрения.

Какими должны быть гибкие связи?

Для чего нужны гибкие связи? Конечно же, для крепления внешней кирпичной облицовки и утеплителя к основной (внутренней, несущей) стене. Гораздо сложнее ответить на другой вопрос: какими должны быть гибкие связи? Для этого необходимо рассмотреть конструктивы, в которых используются гибкие связи, и условия их работы. В настоящее время используют, в основном, два решения:

- первое, применяемое в монолитно-каркасной схеме: и основная стена, и наружная облицовка — самонесущее заполнение, обе стены опираются на плиту перекрытия;
- второе — несущие кирпичные стены, на которые опираются плиты перекрытия, а облицовочная стена — самонесущая, связанная с основной стеной гибкими связями.

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Первый вариант можно достаточно условно назвать более щадящим: размеры облицовочной части, выполняемой толщиной в полкирпича, невелики, а потому и величины испытываемых нагрузок относительно небольшие. Угрозу же ей, по мнению начальника проектного отдела НИИСК Константина Кафиева, представляют навешиваемые на облицовочную стену (а не на плиту перекрытия) спутниковые антенны и кондиционеры, создающие динамические нагрузки на тонкую лицевую часть.

Второму решению присуще больше рисков. Основная и лицевая части стены работают раздельно, у них неодинаковая ползучесть и, следовательно, различные деформации. Кроме этого, при повышенной этажности лицевая стена обладает большой парусностью, поэтому в большей степени подвергается деформациям при всевозможных нагрузках, в первую очередь, ветровых.

Во всех решениях основная стена работает в комфортных условиях: с внешней стороны она защищена наружной облицовкой и утеплителем, а ее внутренняя часть не подвержена значительным перепадам температуры и влажности, вследствие чего ее объем можно считать стабильным. Наружный же (облицовочный) слой, наоборот, может изменяться под воздействием внешней среды: охлаждения из-за низких температур зимой и нагревания от солнца летом, ветровых нагрузок (положительных и отрицательных — прижим и отсос), намокания, обледенения. Под влиянием окружающей среды облицовка деформируется: меняет объем (расширяется или сжимается), утрачивает первоначальную геометрическую форму (становится выпуклой или вогнутой, теряет плоскостность и т.д.).

Исходя из условий работы конструкций, в которых используют гибкие связи, можно сформулировать требования к связям:

- прочность на разрыв и линейная деформация;
- прочность крепления в кладочном шве (устойчивость к выдергиванию);
- долговечность, коррозионная стойкость;
- минимальная теплопроводность;
- нейтральность к химическому влиянию кладочного раствора.

Только при условии, что гибкие связи отвечают перечисленным свойствам, можно говорить о надежности крепления облицовочной стены к основной и, следовательно, устойчивости всей конструкции, а также о соответствии возросшим теплотехническим требованиям.

Ошибки при устройстве гибких связей

Одной из самых распространенных ошибок является использование сетки из незащищенного «черного» металла для соединения несущей стены с облицовочным слоем из лицевого кирпича. Металл такой сетки не имеет защитного покрытия, и в результате получается недолговечное соединение внутреннего и наружного слоев кладки, которое никак нельзя сопоставить со сроком службы всего здания.

Назначение кладочной сетки — армирование несущей стены, а не ее соединение с облицовочным слоем. Сетка из металлической проволоки — сосудистая система холода. Это еще больше металла, чем в случае с обычными, штучными связями. А значит, еще большие потери тепла, еще большее снижение эффективности теплоизоляции. Другой недостаток такого решения — жесткое соединение, которое при температурных деформациях кладки не флюктуирует вместе с ней. Ведь наличие на стене деформационного шва, демпфирующего температурные изменения стены согласно DIN 1053 / DIN EN 1996, является обязательным требованием, а использование сетки препятствует такой деформации.

Несколько реже используют оцинкованную сетку. Такое решение, несомненно, более долговечно, но и оно может быть относительно правильным только в том случае, если толщина цинкового покрытия, во-первых, достаточно велика, а во-вторых, если слой цинка стабилен — без «провалов», в которых через короткий интервал времени появляются очаги коррозии (Как правило оцинкованная кладочная сетка не выпускается с высокими коррозионными характеристиками). Однако и оцинкованной сетке присуща жесткость, препятствующая температурной деформации кладки.

Время от времени наши местные «изобретатели» применяют оцинкованные перфорированные ленты или подвесы потолочных систем, используемых в «сухом» строительстве. На первый взгляд, такое решение имеет право на существование, так как за счет перфорации сцепление гибкой связи с кладочным раствором будет довольно высоким. Однако на самом деле подобное «ноу-хау» тоже является пагубным, так как толщина ленты всего 0,5 — 0,7 мм, да и слой цинка на ней значительно меньше определяемого нормативами, а подверженная коррозии площадь достаточно значительна для того, чтобы существенно снизить долговечность такой связи. Кроме того, сталь, из которой изготовлены лента или подвес, очень мягкая, не упругая, поэтому такая связь не выдержит нагрузок в случае сдвига слоев в многослойной кладке.

До сих пор мы иногда встречаемся на практике с использованием в качестве гибких связей электродов для электросварки. При этом «умельцы» не утруждают себя созданием каких-либо изгибов, удерживающих связь в кладочном растворе. Например, нормы Германии четко регламентируют: загиб должен быть 90°, а длина загнутого участка — не менее 25 мм. О коррозионной стойкости таких «электродных» связей можно только догадываться, но нет никаких сомнений, что удерживающая способность явно низкая.

Бывают и курьезы. Например, как-то раз мы столкнулись с применением в качестве связей даже алюминиевой проволоки. Но в этом случае, как говорится, комментарии излишни.

Самые распространенные ошибки при устройстве гибких связей, которые приводят к аварийным ситуациям, таковы:

- недостаточная стойкость к коррозии материала, из которого изготовлены гибкие связи;
- излишняя податливость гибких связей из плоскости стены, неудовлетворительная анкеровка гибких связей в кладке лицевой и основной стен;
- излишняя жесткость гибких связей при низкой прочности при изломе;
- несоответствие количества гибких связей на квадратный метр стены;
- отсутствие гибких связей в краевых зонах, зонах оконных и дверных проемов, по краям деформационных швов.

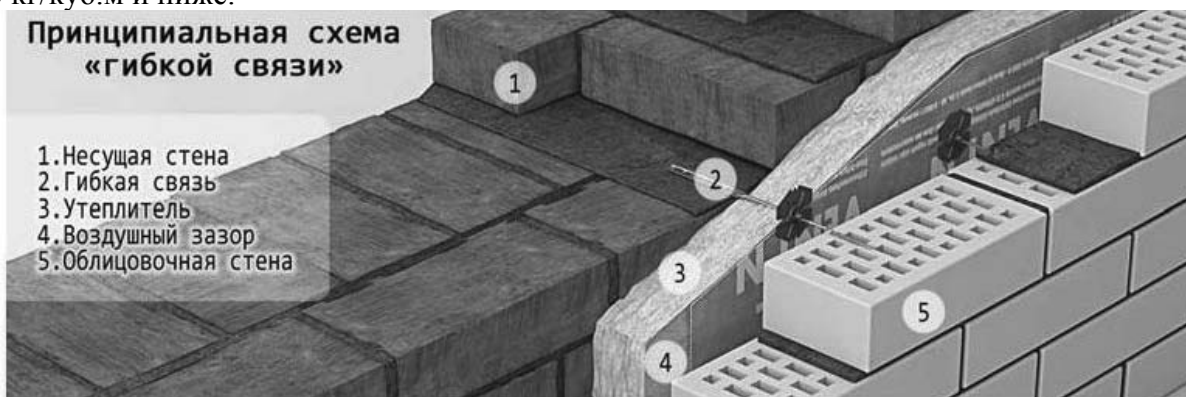
Как показывает практика, **использование материалов без коррозионной защиты** — по-прежнему частое явление. В качестве гибких связей нередко применяют всякий подручный материал. Естественно, что располагаемая в слое утеплителя связь без антикоррозионного покрытия через несколько лет полностью корродирует, а это неминуемо со временем приведет к обрушению лицевого слоя кладки.

Часто связи выполняются из оцинкованной сетки или гнутых арматурных стержней. Качество их покрытия бывает настолько неудовлетворительным, что уже при укладке в стену на них видны следы коррозии.

Связи должны быть достаточно жесткими вдоль продольной оси и относительно гибкими при изломе. Прочность анкеровки в растворные швы кладки применяемых связей

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

не регламентована і за часту невідома. Серйозне опасення викликає ненадійність анкерівки деяких видів зв'язей в тіло газобетонного блоку со середньої щільністю 400 кг/куб.м і нижче.



Растояние между связями в многочисленных проектах назначается без какого-либо обоснования. На многих из обследованных зданий расстояние между связями и места их привязки, указанные в проекте, не соблюдены.

Даже беглый, поверхностный анализ допускаемых ошибок показывает, что подавляющее большинство ошибок обусловлено использованием непригодных для решения данных задач материалов.

Материал гибких связей должен удовлетворять порой взаимоисключающим условиям: с одной стороны, быть стойким к коррозии, прочным и жестким, а с другой, — обладать необходимой степенью эластичности. Кроме этого, поскольку **гибкие связи** соединяют основную стену и облицовочную, проходя сквозь слой теплоизоляционного материала, они могут являться потенциальным мостиком холода, следовательно, эти связи должны иметь низкую теплопроводность. Этим условиям соответствуют, в общем-то, немногие материалы: некоторые марки нержавеющей стали и связи, выполненные из композитных материалов на основе базальтового волокна (базальтоволокна).

Выбор материалов для гибких связей

Сразу следует определиться: использовать гибкие связи из незащищенной стали — самый пагубный вариант. Дело в том, что в многослойной стене, где применены гибкие связи, формируются идеальные условия для коррозии стали. Утеплитель, например, из минерального волокна, расположенный между внешней облицовкой из кирпича и внутренней самонесущей стены из газо- или пеноблоков, кирпича, керамических блоков, является зоной неизбежного увлажнения. Поэтому скорость коррозии такова, что через 6–7 лет найти эти связи уже не возможно.

Следовательно, при выборе материала для гибких связей необходимо обращать внимание только материалы, устойчивые к коррозии: защищенную сталь, нержавеющую сталь 3-го класса коррозионной стойкости, композитное базальтоволокно. Сталь, защищенная от коррозии. В настоящее время используют **несколько приемов для защиты стальных гибких связей от коррозии.**

В первую очередь, конечно, применяют **оцинкованную сталь**. Цинк хорошо предохраняет черный металл от коррозии. Однако эта защита действительна только в том случае, если слой цинка достаточно толстый. Ведь, как известно, в год происходит испарение 0,5 мкм покрытия. Реальность же такова, что для гибких связей используют сталь с недопустимо тонким слоем цинка — 50–80 г/кв.м, и даже меньше. Слоя такой толщины хватает на несколько

лет, а затем начинается интенсивный процесс коррозии. Кроме этого, при цинковании должна быть достигнута хорошая диффузия слоя цинка и защищаемого изделия. В противном случае произойдет отслоение цинка от поверхности изделия.



Другой прием — нанесение материалов, которые снижают электрохимическую активность металла. Наибольшее распространение получили пассивирующие, фосфатирующие и протекторные грунтовки.

Пассивирующие грунты образуют оксидные пленки, снижающие коррозионную активность поверхности металла. Самый известный исторический пример — свинцовый сурик. Ресурс такого покрытия — приблизительно пять лет.

Технология процесса **фосфатирования** очень проста. Фосфатирование применяют

для черных и цветных металлов, и оно состоит в образовании малорастворимых фосфатов железа, марганца или цинка. Чаще всего используют цинкфосфатные преобразующие грунтовки с ортофосфорной кислотой. Покрытие с пассивирующим или фосфатирующим грунтом защищает сталь на протяжении 4–5 лет.

В **протекторные грунтовки** обычно введен металлический порошок, электродный потенциал которого ниже, чем окрашиваемый металл. Цинковая пыль, составляющая до 95% по массе протекторной грунтовки, отлично защищает металл в атмосферных условиях при повышенной влажности. Цинк, являясь анодом по отношению к металлу, разрушается сам, и, таким образом, защищает металл. Причем продукты коррозии цинка уплотняют слой грунтовки (отсюда и термин «протекторная грунтовка»).

Долговечность такого покрытия, как правило, не превышает семи лет.

Нержавеющая сталь. Нержавейка нержавейке, что называется, рознь: коррозионная устойчивость некоторых марок нержавеющей стали не намного выше стойкости черного металла. Поэтому для устройства гибких связей целесообразно применять готовые изделия известных торговых марок, например, BEVER, которые уже широко представлены на украинском рынке. Для производства этих связей-анкеров используют только специальные сорта нержавеющей стали — не ниже 3-го класса коррозионной стойкости (согласно требованиям DIN 17440), обладающие высокой стойкостью как к различным химическим соединениям, так и к факторам, вызывающим коррозию.

Нержавеющая сталь — материал очень прочный и долговечный. Она способна сохранять свои прочностные свойства в течение длительного времени, не только сопоставимого с ресурсом стен, в которых использованы гибкие связи, но и гораздо дольше.

Применение анкеров-связей из нержавеющей стали, которые количеством и сечением соответствуют расчетам, гарантирует устойчивость и долговечность стеновой конструкции.

Нержавеющая сталь обладает высокой деформационной способностью. Под влиянием тепла она расширяется, при этом ее расширение сопоставимо с величиной расширения наружного лицевого слоя. Другими словами, расширение или сужение слоя из лицевого кирпича происходит одновременно с деформациями анкеров из нержавейки.

Положительный эффект этого явления — сохраняющаяся прочность соединений анкера

и стены в местах крепления. Теплопроводность нержавеющей стали, при меняемой для гибких связей, раза в три меньше теплопроводности «черной» стали (17 Вт/(м•К) и 47–62 Вт/(м•К) соответственно). Однако даже с этим «изъяном» нержавеющей стали ведущие изготовители подобных изделий ведут борьбу. Например, компания Bever выпускает гибкие связи трубчатой конструкции, что уменьшает сечение связи и снижает теплопотери, прочность же связи при этом сохраняется.

Базальтоволокно. Преимущества у этого материала достаточно весомы:

- коррозионная стойкость. Связи из композитного базальтоволокна обладают абсолютной устойчивостью к коррозии. Ни во время пребывания в жидком кладочном растворе, ни после того, как произошла гидратация цемента в композитном базальтоволокне, процесс коррозии не происходит. Не появляется коррозия и в процессе эксплуатации, так как повышенная влажность и влага в виде конденсата негативного влияния на композитное базальтоволокно не оказывает;

- низкая теплопроводность. Композитное базальтоволокно обладает достаточно низкими значениями теплопроводности, например, компания «Гален» для своих связей приводит 0,46 Вт/(м•К), что меньше теплопроводности, например, керамического кирпича. Поэтому в результате использования гибких связей из этих материалов в стеновой кладке полностью отсутствуют теплопроводные включения — так называемые мостики холода;

- химическая стойкость. Композитное базальтоволокно устойчиво к воздействию длинного ряда химических веществ, пребывающих в материалах кирпичной кладки и в атмосфере, поэтому с этой точки зрения ресурс работы связей из композитного базальтоволокна сопоставим с долговечностью стеновой конструкции;

- прочность и деформационная стойкость. Этот материал обладает высокой прочностью: прочность на растяжение, например, арматуры компании «Гален» равна 1200 МПа (для сравнения: связи из нержавеющей стали — 550 МПа), а модуль упругости — 50 ГПа (нержавеющая сталь — 200 ГПа).

Стеклопластик — зона риска. Применение стеклопластиковых связей имеет ряд некоторых особенностей. В первую очередь, это касается протекания химических процессов. Как известно, цементному раствору в жидком виде присуща повышенная щелочная среда, негативно влияющая на стекловолокно. Однако существует расхожее мнение, что после гидратации цемента среда становится нейтральной, и цементный состав кладки разрушительного воздействия на стекловолокно уже не оказывает. На самом деле ситуация совершенно другая.

В компании «Капарол Украина» был проведен эксперимент по определению значений водородного показателя рН цементно-песчаного кладочного раствора без добавок извести. Было произведено 6 замеров: через 30 минут после затворения, спустя 1 сутки, 5 суток, 14 суток, 21 сутки и 28 суток. Как показали результаты измерений, значения рН изменялись незначительно и флюктуировали в диапазоне 13,3–13,67, что свидетельствует о сохранении высокощелочной среды кладочного раствора. В щелочной же среде происходят быстрое разрушение стекла и утрата им прочности. Это ставит под сомнение целесообразность использования стеклопластиковых связей, особенно в высотном строительстве. Однако окончательный вывод можно сделать только после всесторонних глубоких исследований.

Форма гибких связей

Одно из требований к гибким связям — прочность крепления в кладочном шве, то есть устойчивость на вырыв. Для этого гибким связям придают специальную форму, например,

загибают, при этом длина загнутой части, согласно требованиям DIN 1053 и DIN EN 1996, должна составлять не менее 25 мм.

Этого же эффекта можно достичь, используя гибкие связи из нержавеющей стали с волнистым окончанием длиной 50 мм (например, немецкой фирмы Bever) или базальтовые гибкие связи с длиной песчаного анкера 90 мм (например, «Гален»).

Длина анкера рассчитывается исходя из глубины заделки в стены (основную и облицовочную), что, согласно рекомендациям ведущих производителей, составляет от 50 мм до 90 мм, а также величин толщины утеплителя и воздушного зазора.

Следует отметить, что ведущие изготовители гибких связей, например, компании Bever, «Гален», выпускают анкеры для различных кладочных материалов — кирпича, газобетона, поризованных керамических блоков и т. д. Кроме этого, в линейке представлены устройства с различными дополнительными деталями, например, капельниками, фиксаторами для прижима и крепления теплоизоляционного слоя, дюбелями для закрепления в высокопористых стеновых материалах, и ряд других.

Количество гибких связей

Количество гибких связей и их диаметр зависят от:

- ветровых нагрузок в регионе, в котором находится здание,
- высоты стены, на которой закладывают связи, и расстояния между основной и облицовочной стенами.

Так, согласно DIN 1053 / DIN EN 1996, если стена ниже отметки +12 м, а расстояние между слоями меньше 120 мм, то рекомендуется применять связи диаметром не меньше 3 мм в количестве не менее 5 штук на квадратный метр. Если верхняя кромка стены находится выше отметки +12 м от поверхности земли или расстояние между слоями составляет от 70 мм до 120 мм, нужно использовать такое же количество связей, но диаметром уже не менее 4 мм. Еще больше связей и большего диаметра необходимо, если расстояние между слоями кирпичной кладки 120–150 мм — 7 шт./кв.м диаметром 4 мм или 5 анкеров диаметром 5 мм. Расстояние между проволочными анкерами по вертикали должно составлять не более 500 мм, по горизонтали — не более 750 мм.

Усиления требуют края проемов, углы здания, участки вблизи деформационного шва. В этих случаях DIN 1053 / DIN EN 1996 рекомендует дополнительно устанавливать еще по 3 гибких связи на погонный метр стены. При расчете количества связей, когда глубина анкерования меньше рекомендованной производителем, количество связей на квадратный метр необходимо увеличить. Суммарная длина с минимальной анкерровкой должна соответствовать нормативной.

Вместо резюме

Выбор гибких связей — задача гораздо более ответственная и сложная, чем иногда представляется. Ведь нужно учитывать не только (да, наверное, и не столько) стоимость гибких связей, но и их долговечность, то есть тот промежуток времени, в течение которого они безупречно выполняют возложенные на них функции. Практика же, которая, как известно, является критерием истины, показывает, что пока всем требованиям в наибольшей степени удовлетворяют материалы из нержавеющей стали и композитного базальтоволокна. По-прежнему много сомнений в целесообразности использования связей из стеклопластика.

Применение же других материалов или заведомо пагубно, или же сопряжено с высокими рисками. Более подробно о гибких связях от ведущих производителей, а также вариантах их использования можно ознакомиться на сайтах www.stena.ua и www.galen-ua.com.

УДК 666.972

*Лаповская С.Д., доктор технических наук, зам.
директора по научной работе,
Зеленина А.И., кандидат химических наук,
старший научный сотрудник, директор,
ООО «ОСНафтохимсерт»,
Волошина Т.Н., старший научный сотрудник,
ГП «НИИСМИ»,
г. Киев, ул. Константиновская, 68,
тел/факс +38(044) 425-37-75,
e-mail: mit@kievweb.com.ua*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ АВТОКЛАВНЫХ ГАЗОБЕТОНОВ ДЛЯ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ КИСЛЫХ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ И НЕВОДНЫХ ЖИДКИХ СРЕД

Предложено использование отходов производства мелких стеновых блоков из ячеистого бетона автоклавного твердения для производства акцептирующих контактов для нейтрализации газовых потоков и неводных жидких сред, содержащих примеси кислых соединений.

***Ключевые слова:** автоклавный газосиликат, щелочь, оксид, хемосорбент, поглощающая способность.*

Основными задачами развития г. Киева является обеспечение сбалансированного развития города как столицы Украины. Устойчивое развитие г. Киев - это экономически, социально и экологически сбалансированное решение задач по достижению запланированных результатов функционирования города в перспективе. При этом экологическая составляющая устойчивого развития выступает на первый план и является приоритетной по сравнению с достижениями экономики.

Учитывая столичный статус Киевской агломерации, именно сюда направлена значительная часть как отечественных, так и зарубежных инвестиций в строительство и сферу услуг.

Экологическое состояние столицы Украины уже переросло понятие «проблема» и если не дотянуло до понятия «катастрофа», то это вопрос времени. Подобные проблемы характерны для каждого большого города - транспорт, промышленные зоны, вредное производство, плотное строительство - но так же как и наличие проблемы, для каждого города существуют пути ее решения.

Основными источниками загрязнения окружающей среды в Киеве являются промышленные предприятия энергетического комплекса (ТЭЦ-4, ТЭЦ-5, ТЭЦ-6, завод «Энергия», «Киевэнерго»), а также химические и транспорт. Так, например, предприятия энергетического комплекса, регулярно выбрасывают в атмосферу углекислый газ и соединения азота. Станции производят тепло и электроэнергию для Киева, и является одним из крупнейших загрязнителей городской среды. Основным топливом на ТЭЦ является природный газ, резервным - мазут. Объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух исчисляется в тысячах тонн. На ТЭЦ-4, ТЭЦ-5 и ТЭЦ-6 также остаются отходы золы и золошлаковой смеси,

а также известковый и ванадийсодержащий шлам.

Несмотря на тенденцию некоторого уменьшения объемов образования отходов производства, в городе продолжается процесс накопления отходов разных видов. Нерешенными остаются такие проблемы обращения с отходами:

- Не внедрена четкая система утилизации продуктов переработки макулатуры, стеклобоя, автомобильных шин, полимерных отходов, отходов легкой и пищевой промышленности, отработанных нефтепродуктов и тому подобное;

- Не внедрена система обращения (уничтожения) с токсичными отходами. В Киеве на территории промышленных предприятий и на свалках сконцентрировано около 170 тыс. тонн промышленных токсичных отходов;

- Не организовано утилизацию золы и золошлаковой смеси, образующейся на ТЭЦ-4, на ТЭЦ-5 и ТЭЦ-6, и известкового, и ванадийсодержащего шламов;

- Не решена проблема утилизации шламов гальванического производства и ила от мытья транспорта.

Существующие технологии очистки газовых потоков и сточных вод недостаточно эффективны, поэтому отходы гальванических производств является одним из основных источников загрязнения водного бассейна города высокотоксичными тяжелыми и цветными металлами (цинк, никель, хром, медь, кадмий и т.д.).

Как правило, кислые газовые потоки очищают водой или щелочной промывкой. Основным преимуществом хемосорбционных процессов является высокая и надежная степень очистки газа от кислых компонентов при низкой абсорбции углеводородных компонентов сырьевого газа.

В качестве хемосорбентов применяют едкий натрий и калий, карбонаты щелочных металлов и наиболее широко — алканолламины.

Аминовые процессы применяют в промышленности, начиная с 1930-го года, когда впервые была разработана и запатентована в США схема аминовой установки с фенилгидразином в качестве абсорбента.

Процесс был усовершенствован применением в качестве поглотителя водных растворов алканолламинов. Алканолламины, являясь слабыми основаниями, вступают в реакцию с кислыми газами, например, H_2S и CO_2 , за счет чего происходит очистка газа. Образующиеся соли при нагревании насыщенного раствора легко разлагаются.

Наиболее известными этаноламинами, используемыми в процессах очистки газа от H_2S и CO_2 являются: моноэтаноламин (МЭА), диэтаноламин (ДЭА), триэтаноламин (ТЭА), дигликольамин (ДГА), диизопропаноламин (ДИПА), метилдиэтаноламин (МДЭА).

До настоящего времени в промышленности на установках по очистке кислых газов в качестве абсорбента, в основном, применяется моноэтаноламин (МЭА), а также диэтаноламин (ДЭА). Однако в последние годы наблюдается тенденция по замене МЭА на более эффективный абсорбент — метилдиэтаноламин (МДЭА).

Использование алканолламинов для очистки газов и жидких потоков, содержащих незначительное количество кислых соединений не обеспечивает достаточной глубины очистки целевого продукта и связано со значительными затратами химических реагентов, а также образованием химически загрязненных и агрессивных стоков и выбросов в атмосферу.

Так, например, применение растворов аминов для очистки газов с малым содержанием H_2S (менее 0,5% об.) и высоким соотношением CO_2 к H_2S считается нерациональным, так как содержание H_2S в газах регенерации составляет 3–5% об. Для очистки газов, содержащих

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

незначительные количества H_2S и CO_2 , в промышленности используют щелочные (карбонатные) способы очистки. Применение растворов щелочей (карбонатов) в качестве поглотителя повышает концентрацию H_2S в газах регенерации и упрощает схемы установок по их очистке.

Промышленный процесс щелочной очистки кислых газов имеет следующие преимущества:

- тонкая очистка газа от основных серосодержащих соединений;
- высокая избирательность к сероводороду в присутствии диоксида углерода;
- высокая реакционной способность и химическая стойкость поглотителя;
- доступность и дешевизна поглотителя;
- низкие эксплуатационные затраты.

Удаление гранулированными щелочами из-за малой доступной поверхности также недостаточно эффективно и уже при низкой степени превращения щелочи приводит к слипанию частиц и забивке аппаратов.

Все эти методы не всегда позволяют провести достаточно глубокую очистку потоков от кислых газов. В последнее время разработаны специальные твердые контакты, содержащие на инертном носителе различные активные компоненты, связывающие кислые газы в результате реализации на их поверхности топомимических реакций. При этом, в зависимости от общего количества кислого газа или его концентрации в очищаемом потоке, а также экономической эффективности, применяемые контакты могут подлежать регенерации или применяться однократно.

Принцип действия контактов основан на взаимодействии кислых газов с оксидами и гидроксидами щелочных и щелочноземельных металлов. Последние наносятся на поверхность носителя (например, кварцевого) и находятся в мелкодисперсном состоянии, что позволяет уменьшить влияние диффузионных факторов в процессе поглощения кислых соединений, резко увеличить глубину очистки и степень превращения активных компонентов в соответствующие соли металлов. Некоторые из контактов могут быть подвергнуты окислительной регенерации при повышенных температурах с выделением и возвращением в процесс элементарных целевых продуктов (напр. галоидов). Возможно также удаление из контактов целевых продуктов в виде водных растворов соответствующих солей.

НИИСМИ разработан технологический процесс производства щелочного акцептирующего контакта на основе использования отходов производства автоклавных ячеистых бетонов (газосиликата). В частности, разработанный акцептирующий контакт может быть использован для очистки газов от сероводорода и других сернистых соединений, неорганических кислот (HCl , HF , H_2SO_4 и т.д.) и других кислых примесей.

В ряде производств потоки содержат относительно небольшое количество кислых примесей, соединений серы и т.п., затрудняющих осуществление последующих стадий химического процесса, приводят к коррозии аппаратов и оборудования, ухудшают качество конечных продуктов или загрязняющих окружающую среду при их выбросе в атмосферу. В то же время удаления этих примесей в условиях данного производства нецелесообразно через небольшие количества или невозможность использования. К таким процессам, в первую очередь, относятся: получение галоидоводородов, поливинилхлорида, полиэтилена низкого давления, сварочных флюсов, спецметаллов, гальванические, травильные и сварочные участки машиностроительных, металлургических и других предприятий, нефтехимических процессов и тому подобное.

В качестве носителя для получения акцептирующих контактов используют бой и отходы от распиловки блоков из автоклавного ячеистого бетона (газосиликата). Высокая активность контакта обеспечивается наличием в нем активных компонентов в мелкодисперсном состоянии и значительным размером пор носителя. Макропористая структура контакта не затрудняет транспорт вещества к поверхности частиц активных компонентов. Значительная удельная пористость облегчает нанесение активных компонентов методом пропитки. При этом носитель (автоклавный газосиликат) практически не принимает участия в реакциях. Температурные границы эксплуатации контактов находятся в пределах от + 15 °С до + 300 °С.

В процессе исследований изучены термодинамика взаимодействия углеводородов с оксидами и карбонатами металлов и кинетика взаимодействия углеводородов оксидами некоторых металлов.

Для всех изученных систем наблюдались общие закономерности (рис.1, рис.2):

- зависимость изменения скорости реакции от времени типична для топохимической реакции;

- в начальный период скорость реакции незначительна, затем быстро растет во времени и достигая максимального значения, падает. Это объясняется образованием, ростом и слиянием ядер новой твердой фазы соли щелочного металла на поверхности оксида щелочного металла и последующим продвижением поверхности раздела фаз внутрь частиц активного компонента;

- максимальная поверхность раздела фаз относится к моменту, предшествующему перекрыванию ядер новой фазы и соответствует максимальной наблюдаемой скорости реакции;

- образующийся сплошной слой затрудняет доступ кислых газов к оксиду щелочного металла, вызывая заметное снижение скорости реакции;

- вследствие некогерентности кристаллических решеток оксида и соли щелочного металла в сформированном слое новой фазы происходит образование трещин, открывающих доступ газообразного реагента к исходной поверхности. В результате происходит новое нарастание скорости реакции, характеризующее возникновением второго максимума на кривой скорости реакции более низкого уровня.

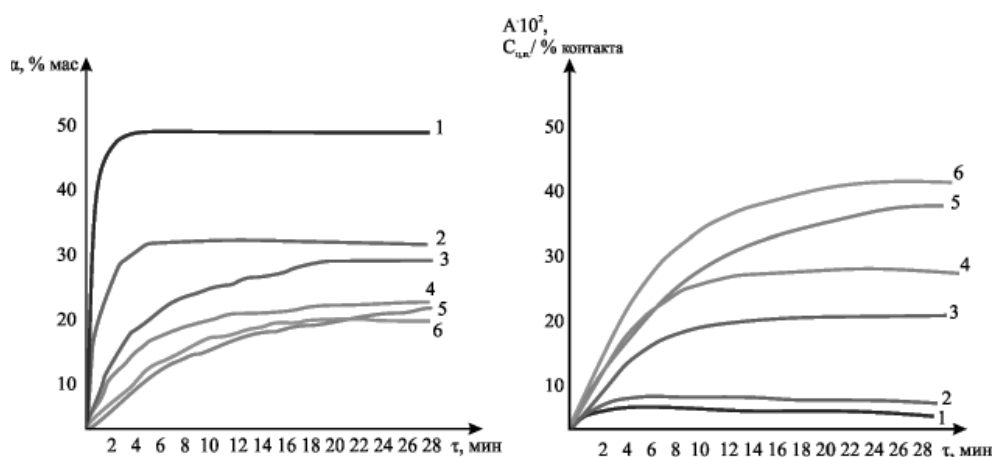


Рисунок 1 - Влияние продолжительности акцептирования при $t=300$ °С, целевой продукт : $Ar = 1:10$ для образцов с различным содержанием оксида щелочного металла на: а) степень превращения оксида щелочного металла, б) количество поглощенного целевого продукта

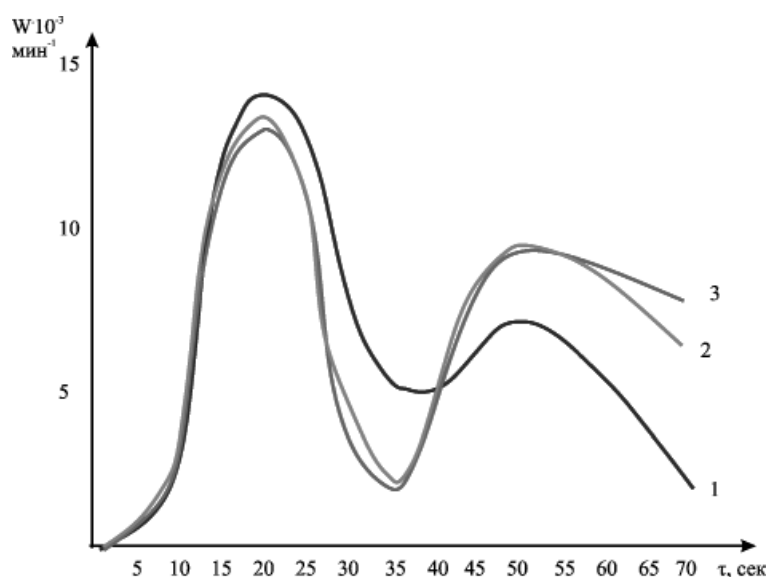


Рисунок 2 - Кинетические кривые акцептирования целевого продукта при $t=305$ oC, 1, 2, 3 - разные опыты

Этот процесс, по-видимому, является периодическим и затухающим. Последовательность стадий превращения твердого реагента можно представить в виде следующей схемы:



Зависимость удельной скорости реакции от концентрации кислого газа в потоке линейна (рис.3), что говорит о первом порядке реакции по газообразному реагенту. Содержание оксида щелочного металла не оказывает влияния на величину удельной скорости реакции.

Таким образом, предполагая, что скорость реакции на границе раздела фаз постоянна и ускорение или замедление реакции связано с изменением величины поверхности раздела и диффузионным сопротивлением слоя, анализ кинетических данных показал, что реакция имеет первый порядок по газовой фазе и не зависит от концентрации оксида щелочного металла в акцептирующем контакте.

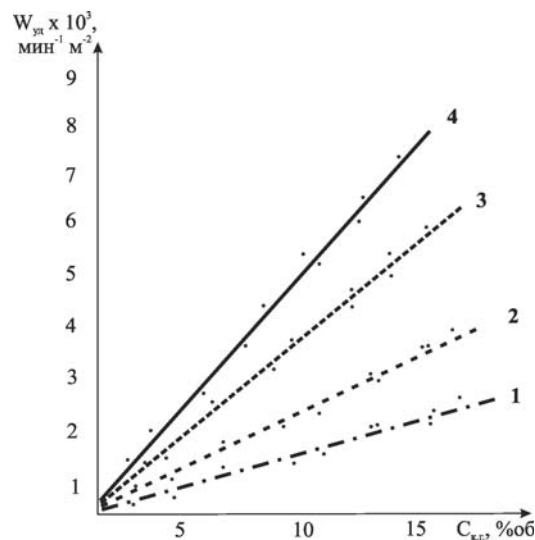


Рисунок 3 – Зависимость удельной скорости реакции акцептирования кислого соединения оксидом щелочного металла от содержания кислого соединения в газовом потоке при температуре: 1 - 273 °С, 2 - 305 °С, 3 - 330 °С, 4 - 363 °С

Акцептирующая способность полученных контактов на основе щелочных и щелочно-земельных металлов коррелируется с величиной атомного веса катионов. Установлено, что скорость и предельная степень превращения активного компонента (кислого соединения) в соль щелочного металла возрастает с уменьшением среднего размера частиц оксида щелочного металла в контакте.

Использование носителя на основе газосиликатов автоклавного твердения существенно улучшает качество акцептирующих контактов по сравнению с использованием носителей на основе керамзита или аглопорита благодаря наличию высокопористой структуры, состоящей из макропор и сквозных капилляров по всей массе гранул.

УДК 666.972

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ АВТОКЛАВНИХ ГАЗОБЕТОНІВ ДЛЯ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ КИСЛИХ ГАЗОВИХ ПОТОКІВ І НЕВОДНИХ РІДКИХ СЕРЕДОВИЩ

/Лавовська С.Д., Зеленина А.І., Волошина Т.М./

Запропоновано використання відходів виробництва дрібних стінових блоків з ніздрюватого бетону автоклавного твердження для виробництва акцептуючих контактів для нейтралізації газових потоків і неводних рідких середовищ, що містять домішки кислих сполук.

Ключові слова: автоклавний газосилікат, луг, оксид, хемосорбент, поглинальна здатність.

UDC 666.972

USE OF WASTE AUTOCLAVED AERATED CONCRETE TO NEUTRALIZE THE ACIDIC GAS STREAM AND THE NON-AQUEOUS LIQUID ENVIRONMENTS

/Lapovska S.D., Zelenina A.I., Voloshyna T.M. /

Proposed use of waste production of small building blocks of aerated autoclaved concrete to produce accepts contacts to neutralize the gas flows and non-aqueous liquid media containing impurities of acidic compounds.

Keywords: autoclaved gas silicate, alkali oxide, chemisorbent, absorptive capacity.

УДК 691.002

*Парута В.А., кандидат технических наук,
доцент,*

*Дорофеев В.С., доктор технических наук,
профессор,*

*Одесская государственная академия
строительства и архитектуры (ОГАСА),
Украина, 65029, г. Одесса ул. Дидрихсона,
4, тел..380676358991, 0487238434, e-mail:
docent2155@gmail.com*

*Брынзин Е.В., кандидат технических наук,
начальник отдела маркетинга*

*ООО ЮДК, Украина, 49051 г.
Днепропетровск, ул. Комиссара Крылова, 7Д,
тел. 380(562)338009, 380(67)5231064,
e-mail: Yevgen.Brynzin@udkgazbeton.com*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ШТУКАТУРНЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА С УЧЕТОМ НАПРЯЖЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ШТУКАТУРНОМ ПОКРЫТИИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТЕНОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

Цель. Обосновать целесообразность проектирование составов и свойств, штукатурных растворов с учетом напряжений возникающих в штукатурном покрытии из-за деформаций стеновой конструкции и самого покрытия. Методика. Результаты получены путем расчета напряжений в штукатурном покрытии при помощи программ «Ансис», «Лира» и двухфакторного планированного эксперимента с применением системы COMPEX 2000, на основании экспериментальных и литературных данных физико-механических характеристик газобетонной кладки и штукатурных растворов. Результаты. Получены данные по напряжениям в штукатурном покрытии которые, могут быть использованы при проектировании составов и свойств штукатурных растворов для газобетонной кладки. Научная новизна. Развита методология проектирования свойств и составов штукатурных растворов для кладки из автоклавного газобетона. Практическая значимость. Предложена методология получения исходных данных при проектировании свойств и состава штукатурных растворов для автоклавного газобетона.

Ключевые слова: *Кладка, выполненная из автоклавного газобетона, штукатурное покрытие для автоклавного газобетона.*

Проектирование составов и свойств, штукатурных растворов необходимо вести с учетом напряжений возникающих в штукатурном покрытии из-за деформаций стеновой конструкции и самого покрытия. При помощи программы «Ансис» были рассчитаны деформация стеновой конструкции при температурном воздействии, при положительных и отрицательных температурах (рис.1).

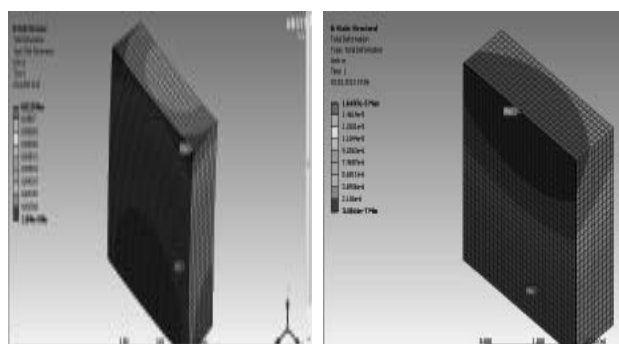


Рисунок 1 - Изополя деформаций в ограждающей конструкции при отрицательных (а) и положительных температурах (б)

В зависимости от температуры окружающей среды, деформации и напряжения стеновой конструкции имеют различный характер. При отрицательных температурах наблюдается деформация стеновой конструкции с выгибом в сторону помещения. При этом фасадная поверхность стенового материала и наружное штукатурное покрытие испытывают деформации сжатия. Разрушение происходит в контактной зоне из-за различия величин деформаций и возникающих сдвигающих напряжений. У кладки выполненной при плюс 30°C, коэффициенте температурного расширения газобетонной кладки $8 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹ и изменении температуры от +30 до -20°C, $\Delta t = 50^\circ\text{C}$, полная температурная деформация сжатия составит:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha_t \cdot \Delta t = 8 \cdot 0,000008 \cdot 50 = 0,0032 \text{ м} = 3,2 \text{ мм};$$

Полная деформация сжатия штукатурного покрытия стеновой конструкции длиной 8 м, составит:

$$\Delta \ell = \ell_0 \cdot \alpha_m \cdot \Delta \theta = 8 \cdot 0,0000104 \cdot 50 = 0,0044 \text{ м} = 4,4 \text{ мм}; \Delta \theta = 50^\circ\text{C};$$

где: $\Delta \ell$ - деформации штукатурного покрытия в м, вследствие влияния изменения температуры; ℓ_0 - первоначальная длина стеновой конструкции в м; α_t - коэффициент температурного расширения в мм/м°C (1/°C); $\Delta \theta$ - разность температур, °C; t_1 - температура окружающей среды в момент возведения нанесения штукатурного покрытия; t_2 - максимальная и минимальная температура, воздействию которой подвергается штукатурное покрытие в летний и зимний периоды;

В летний период, при нагреве поверхности стеновой конструкции до 60-80 °C, она выгибается в сторону фасада. При этом и кладка и штукатурное покрытие испытывают деформации растяжения.

При нагреве до 80 °C, полная температурная деформация расширения газобетонной кладки составит:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha_t \cdot \Delta t = 8 \cdot 0,000008 \cdot 50 = 0,0032 \text{ м} = 3,2 \text{ мм};$$

Полная деформация расширения штукатурного покрытия стеновой конструкции, при этой температуре, составит:

$$\Delta \ell = \ell_0 \cdot \alpha_m \cdot \Delta \theta = 8 \cdot 0,0000104 \cdot 50 = 0,0044 \text{ м} = 4,4 \text{ мм};$$

Эти деформации определяют напряжения в штукатурном покрытии и контактной зоне его с газобетонной кладкой, что приводит к переходу микротрещин образовавшиеся на стадии твердения, в макротрещины и росту магистральных трещин в штукатурном покрытии и контактной зоне.

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Стеновая конструкция и штукатурное покрытие имеют градиент деформаций и напряжений, которые вызывают зарождение новых микротрещин и развитие макротрещин в штукатурном покрытии и контактной зоне.

При помощи программы «Лира» были рассчитаны деформации и напряжения в стеновой конструкции, штукатурном покрытии (рис.2) и в контактной зоне «газобетонная кладка - штукатурное покрытие» (рис.3).

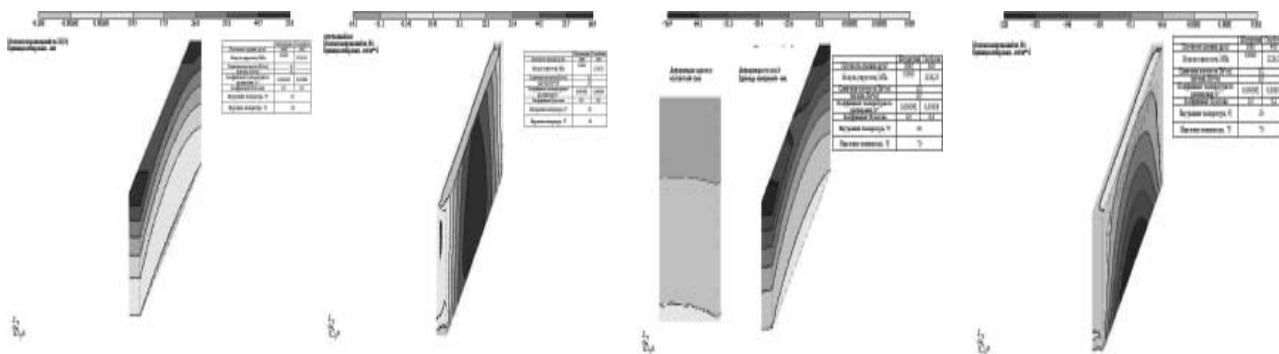


Рисунок 2 - Деформации стеновой конструкции под влиянием температурных воздействий зимой (а) и летом (б)

Приведенные данные подтверждают вышеприведенные предположения о том, что кладка, выполненная из автоклавного газобетона и штукатурное покрытие нанесенная на нее, имеют различные температурные деформации, которые вызывают градиент напряжений в системе «кладка-штукатурное покрытие».

Градиент деформаций и напряжений наблюдается как в кладке, так и штукатурном покрытии, а из-за разности коэффициентов температурного расширения возникают деформации и напряжения сдвига в контактной зоне «кладка-штукатурное покрытие» (рис.3).

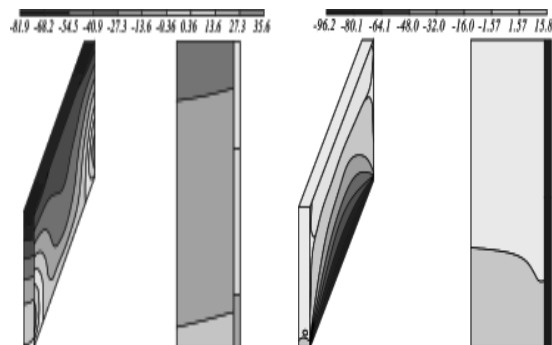


Рисунок 3 - Изополя деформаций и напряжений в стеновой конструкции и штукатурном покрытии

Это приводит к зарождению новых микротрещин в штукатурном покрытии и развитие макротрещин и магистральных трещин в нем. Также возникают микротрещины и развиваются макротрещины и магистральные трещины в контактной зоне «газобетонная кладка-штукатурное покрытие». Величины напряжений в штукатурном покрытии зависит от свойств материала кладки и штукатурного покрытия. Нами был произведен расчет, при помощи программы «Лира», величины напряжений в штукатурном покрытии при широкой комбинации вариантов этих показателей (табл.1.).

В качестве варьируемых факторов использовались средняя плотность, коэффициент температурного расширения, модуль упругости полученных штукатурных растворов и газобетонного основания. Полученные данные представлены в таблице 1 и на рис. 4.

Полученные данные и их графические интерпретации свидетельствуют о влиянии характеристик газобетонной кладки и штукатурного покрытия на напряженное состояние последнего. Для иллюстрации полученных зависимостей, на основании полученных данных был рассчитан двухфакторный план. Исследовалось влияния основных характеристик материала кладки и штукатурного покрытия, на напряжения в штукатурном покрытии, возникающем при температурном воздействии. Варьируемыми параметрами явилась средняя плотность, коэффициент температурного расширения материала, модуль упругости и коэффициент Пуассона материала кладки и штукатурного покрытия.

Таблица 1

Напряжения в штукатурном покрытии, т/м²

№ пп	Средняя плотность, кг/м ³		Напряжения Nx min, (т/м ²)	Напряжения Nx max, (т/м ²)
	газобетона	штукатурки		
1	400	600	-1,01	0,24
2	400	800	-1,54	0,35
3	400	1000	-1,62	0,42
4	400	1200	-1,72	0,48
5	400	1800	-1,83	0,54
6	500	600	-1,22	0,458
7	500	800	-1,47	0,52
8	500	1000	-2,03	0,58
9	500	1200	-3,43	0,64
10	500	1800	-4,48	0,72
11	600	600	-1,48	0,55
12	600	800	-1,83	0,64
13	600	1000	-2,87	0,72
14	600	1200	-3,74	0,78
15	600	1800	-5,33	0,87

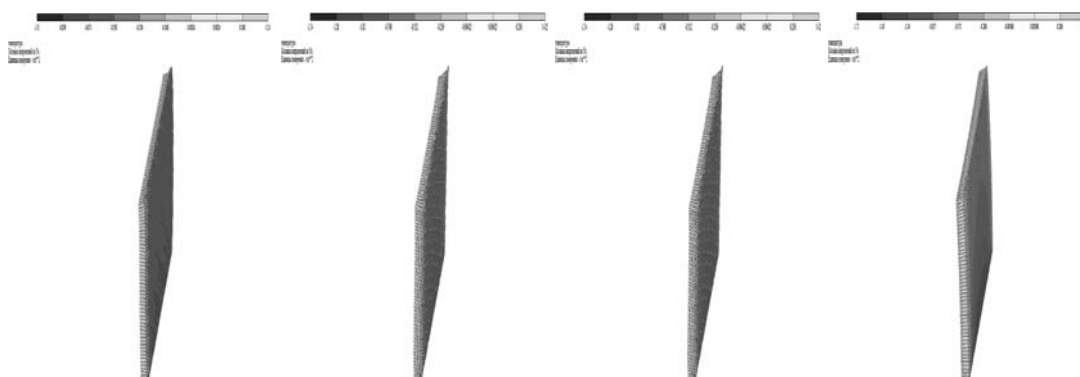


Рисунок 4 - Напряжения в штукатурном покрытии

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Уровни варьирования факторов приведены в таблице 2, матрица планированного эксперимента, в таблице 3.

Полученные графические зависимости свидетельствуют о том, что при отрицательных температурах наибольшее влияние на напряженное состояние штукатурного покрытия оказывает его собственные свойства. При уменьшении средней плотности, прочности и модуля упругости, напряжения сжатия в штукатурном покрытии уменьшаются (рис.5а).

При плюсовых температурах, на напряженное состояние штукатурного покрытия оказывает влияние, как свойства штукатурного покрытия, так и газобетонной кладки. При уменьшении средней плотности, прочности при сжатии и модуля упругости материала кладки и штукатурного раствора, напряжения в штукатурном покрытии увеличиваются (рис.5.б).

Таблица 2

Уровни варьирования факторов для расчета напряжений в штукатурном покрытии

Условные обозначения	Наименование показателя	Уровень варьирования факторов		
		-1	0	1
X1	Средняя плотность газобетона (кг/м ³)	400	500	600
X2	Средняя плотность штукатурного раствора (кг/м ³)	600	1200	1800

Таблица 3

Матрица планированного эксперимента и результаты расчета напряжений в штукатурном растворе

№ пп	X1	X2	Напряжения Nx min, т/м ²	Напряжения Nx max, т/м ²
1	-1	-1	-1,01	0,24
2	-1	0	-1,72	0,48
3	-1	1	-1,83	0,54
4	0	-1	-1,22	0,46
5	0	0	-3,43	0,64
6	0	1	-4,48	0,72
7	1	-1	-1,48	0,55
8	1	0	-3,74	0,78
9	1	1	-5,33	0,87

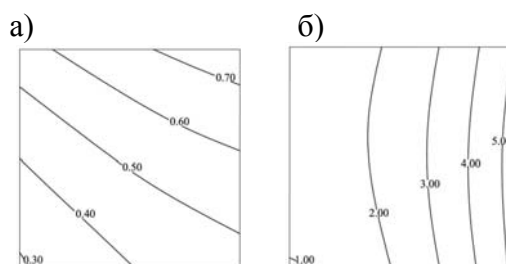


Рисунок 5 - Напряжения в штукатурном покрытии из-за температурных деформаций при минусовых и плюсовых температурах, т/м².

Выводы

При эксплуатации стеновая конструкция, испытывает различные воздействия: силовые, температурные и влажностные, ветровую нагрузку. Приведенные расчеты позволяют определить величины напряжений при температурных деформациях, которые необходимо учитывать при проектировании составов штукатурных растворов.

Отмечено, что с уменьшением средней плотности, коэффициента температурного расширения материала, модуля упругости и коэффициента Пуассона материала кладки и штукатурного покрытия, температурные напряжения уменьшаются в 2,3-5 раз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гранау Э. Предупреждение дефектов в строительных конструкциях. Москва. Стройиздат. 1980.- с.217
2. Г.В. Марчюкайтис, И.Я. Гнип Влияние состава штукатурного раствора на его деформативные свойства //Строительные материалы, 2003, № 9. С.36-38
3. Вандоловский А.Г., Казимагомедов И.Э., Деденева Е.Б. Повышение прочности композиционных материалов на цементной матрице Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. **Випуск № 35** Одеса „Місто майстрів”, 2009. с.50-55
4. Дорофеев В.С. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций / Дорофеев В.С., Выровой В.Н. – Одесса, Город мастеров, 1998. – 168с.
5. Парута В.А. Механика разрушения системы «газобетонная кладка-штукатурное покрытие» // Инженерно-строительный журнал №3, 2014, Петербург, с.48-55

УДК 691.002

ПРОЕКТУВАННЯ СКЛАДУ І ВЛАСТИВОСТЕЙ ШТУКАТУРНИХ РОЗЧИНІВ ДЛЯ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНУ, З УРАХУВАННЯМ НАПРУГИ, ЩО ВИНИКАЮТЬ В ШТУКАТУРНОМУ ПОКРИТТІ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СТІНОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ

/ Парута В.А., Дорофеев В.С., Брынзин Е.В. /

Мета. Обґрунтувати доцільність проектування складів і властивостей, штукатурних розчинів з урахуванням напружень які виникають штукатурному покритті через деформації стінової конструкції і самого покриття.

Методика. Результати отримані шляхом розрахунку напружень в штукатурному покритті за допомогою програм «Ансіс», «Ліра» і двухфакторного планованого експерименту із застосуванням системи COMPEX 2000, на підставі експериментальних і літературних даних фізико-механічних характеристик газобетонної кладки і штукатурних розчинів.

Результати. Отримано дані про напруження в штукатурному покритті які можуть бути використані при проектуванні складу і властивостей штукатурних розчинів для газобетонної кладки.

Наукова новизна. Розвинені уявлення про методологію проектування властивостей і складів штукатурних розчинів для кладки з автоклавного газобетону.

Практична значимість. Запропоновано методологію отримання вихідних даних при проектуванні властивостей і складу штукатурних розчинів для автоклавного газобетону.

Ключові слова: Кладка виконана з автоклавного газобетону, штукатурні покриття стін з для атоклавного газобетону.

UDC 691.002

DESIGNING THE COMPOSITION AND PROPERTIES PLASTERING MORTAR FOR AUTOCLAVED AERATED CONCRETE, GIVEN THE TENSION AS PLASTERING USE WALL CONSTRUCTION

/ Paruta V.A., Dorofeev V.S., Brynzin E.V. /

Purpose. To ground expediency planning of compositions and properties, clout solutions taking into account tensions o farising up clout coverage from deformation of a wall construction and coverage.

Methodology. Results are got by the calculation of tensions in clout coverage through the programs “Ansis”, “Lira” and the two factor planned experiment with the use of the system COMPEX 2000, on the basis of experimental and literary data of descriptions of the cellular concrete laying and clout solutions.

Finding. Data are got on tensions in clout coverage that can be used for planning of compositions and properties of clout solutions for the cellular concrete laying.

Originality. Developed idea about methodology of planning of properties and compositions of clout solutions for laying from an autoclave aerocrete.

Practical value. Methodology of receipt of basic data is offered at planning of properties and composition of clout solutions for autoclave aerocrete.

Keywords: Laying executed from an autoclave aerocrete, clout coverage for autoclave aerocrete.

УДК 666.972

*Прохоров С.Б., директор,
ООО «НСК-ТЕК», г. Екатеринбург
тел. (343)373-98-58, 373-98-66.
e-mail: nsk@nsktek.ru*

ВЫСОКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГАЗООБРАЗОВАТЕЛЕЙ GASOBETO

В апреле 2015 года компания «НСК-ТЕК» завершила работу над отраслевой мультифункциональной программой «Специализированные алюминиевые газообразователи», которая стартовала десять лет назад, в 2005 году. В ее основе – проект «Газобето» (Gasobeto).

Требования к сырьевым компонентам в производстве современных стеновых материалов постоянно растут. Не исключение и такой важный в формировании структуры автоклавного газобетона компонент, как газообразователь. В первую очередь, это связано с введением в строй предприятий, оснащенных современным высокопроизводительным оборудованием ведущих европейских фирм Wehrhahn, Masa-Henke, Xella, H+H, W+K, Hess AAC Systems.

Еще совсем недавно производители газобетона в качестве газообразователя использовали алюминиевые пигментные пудры (ПАП), что существенно ограничивало поиск оптимальных составов ячеистобетонной смеси и технологических режимов пластического формования. А теперь завод-производитель, хорошо зная особенности основных сырьевых компонентов (цемента, извести, песка или золы), получил возможность оптимизировать процесс газообразования и влиять на качественные показатели массива-сырца путем поиска соответствующего газообразователя, при точном подборе которого можно добиться максимальной стабильности и экономичности производства.

Активный рост производства газобетона в Украине существенным образом повлиял на развитие рынка газообразователей, и сегодня наряду с ПАП заводы все чаще выбирают специализированные продукты, полностью ориентированные на выпуск ячеистых бетонов автоклавного твердения, которые не требуют дополнительной обработки поверхностно-активными веществами (ПАВ), пожаро- и взрывобезопасны в применении, отвечают современным санитарно-гигиеническим нормам условий труда.

Высокая активность и низкая степень пыления

Опыт европейских производителей газобетона и требования технологов передовых предприятий легли в основу мультифункционального проекта по разработке, производству и продвижению в странах СНГ линейки современных специализированных газообразователей «Газобето» (Gasobeto).

С 2007 года марка Gasobeto занимает достойное место среди известных европейских марок – Eckart, Schlenk, Benda-Lutz.

Практика промышленного применения разработанных алюминиевых газообразователей показала их высокую эффективность. В 2008 году «НСК-ТЕК» занимала более 20% российского рынка.

В 2013 году уже более 30% всего газобетона в России и 70% газобетона в Казахстане выпускается с использованием газообразователей Gasobeto.

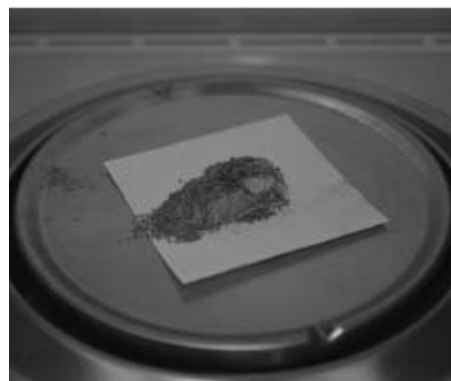
Уникальность Gasobeto заключается в их специализации. Они дифференцированы по

БУДИВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

маркам в зависимости от требуемой плотности готовой продукции и изготавливаются с учетом основных требований к газообразователям.

Gasobeto представляют собой тонкоизмельченный алюминиевый порошок серебристо-серого цвета с пониженным пылением при пересыпании.

Частицы алюминия после обработки специальными органическими добавками образуют гранулы, которые имеют незначительную прочность и легко разрушаются при взаимодействии с водой. Низкая степень пыления исключает вероятность воспламенения или взрыва в зоне приготовления суспензии. Следует отметить высокую активность Gasobeto, что, в свою очередь, значительно (на 25%–35% по сравнению с европейскими аналогами-пастами) сокращает расход газообразователя.



Кроющая способность и показатель всплываемости у газообразователей в отличие от ПАП не регламентируются и не определяются. В сертификат качества Gasobeto включены необходимые для заводских технологов характеристики: кинетика газовыделения, содержание активного алюминия, смачиваемость. Периодически контролируются такие важные показатели, как удельная поверхность и гранулометрический состав газообразователя. На основании этих показателей формируется статистические таблицы, которые используются для оценки стабильности свойств. Срок хранения готовой продукции – 1 год, в составе суспензии – 72 часа. Исследование свойств Gasobeto по истечении полуторакратного гарантийного срока (18 месяцев хранения) показало, что происходит лишь незначительное (не более 3%) снижение активности.

Таблица 1

Характеристика газообразователей Gasobeto

Марка	Кинетика газовыделения, см ³ , не менее (справочно)				Степень измельчения (остаток на сите, %, не более)			Смачиваемость	Степень пыления* %	Активность Al, % не менее
	2 мин	8 мин	16 мин	30 мин	008	0056	0045			
Gasobetolight®	20	64	71	73	1,0		8,0	смачивается	0,8	89
Gasobetolux®	22	65	69	70		0,3	0,5	смачивается	1,3	85
Gasobetoplast®	29	68	72	73	0,5		4,0	смачивается	1,0	89
Gasobeto+500®	21	62	71	73	1,0		8,0	смачивается	1,6	91
Gasobeto+400®	25	67	72	73		0,3	0,5	смачивается	2,1	90
ПАП I	-	-	-		1,0		15,0	не смачивается	3,5	-
ПАП II	-	-	-			0,3	0,5	не смачивается	5,9	-

*Оценка степени пыления производилась по специально разработанной методике, изложенной в статье Семериков И.С., Вишневецкий А.А., Запольская А.А. Сравнительная оценка новых газообразователей для производства автоклавного газобетона // Журнал «Строительные материалы», Москва, 2010.

Расход газообразователя в производстве блоков

Gasobetolight и Gasobeto+500 применяются для производства блоков с плотностью D500-D600. Время приготовления суспензии – 30–40 минут при концентрации 1/20–1/9. Время роста массива, соответственно, 10–12 минут на ударной и до 40 минут на литевой технологиях.

При этом конечная фаза газовыделения сопровождается мелкими кратковременными выхлопами практически без просадки (до 0,5 см).

Средний расход газообразователя для D500 составляет 0,4–0,5 кг/м³, для D600 0,3–0,4 кг/м³. Дополнительно проводились испытания по производству на Gasobeto+500 блоков с маркой по плотности D 450, при этом средняя плотность партии составила 430 кг/м³.


Для выпуска продукции D350-D400 используются марки Gasobetolux и Gasobeto+400. Расход газообразователя на приготовление марки D400 составляет 0,5–0,6 кг/м³. Процесс формирования массива зависит от технологии (ударная или литевая) и характеризуется небольшой просадкой (до 2,0 см) при кратковременных и спокойных выхлопах в конце фазы газовыделения. После автоклавирования газобетон имеет равномерную мелкопористую структуру с классом по прочности B2-2,5.

Переход на Gasobeto позволяет отказаться от ПАВ

«НСК-ТЕК» продолжает работу над фракционным составом, улучшением физико-химических свойств и повышением эксплуатационной стабильности продукции.

Сегодня в Украине большинство производителей выпускает высокоточный автоклавный газобетон по европейским стандартам. При этом нужно отметить, что большая часть предприятий Украины в качестве газообразователя использует ПАП. Переход на Gasobeto позволит без изменения существующей рецептуры значительно увеличить безопасность производства, санитарно-гигиенические условия труда, а также исключить дополнительную операцию и отказаться от использования ПАВ.

«НСК-ТЕК» как центр по разработке и внедрению специализированных газообразователей в России и странах СНГ производит поставку фирменных газообразователей, осуществляет консультационно-информационные услуги, проводит полное предпродажное и послепродажное сопровождение. В 2015 году поставки марок Gasobeto на территории Украины осуществляются компанией «Ферротрейд».

<p>Компания «ФЕРРОТРЕЙД» осуществляет поставки в Украину:</p> <ul style="list-style-type: none"> • специализированных алюминиевых газообразователей для производителей автоклавного и неавтоклавного газобетона: Газобето+400®, Газобетолайт®, Газобето+500®, Газобетолюкс®, Газобетопласт®. • алюминиевую пудру ПАП-1, ПАП-2 производства Шелеховского, Краснотурьинского и Волгоградского алюминиевых заводов. 	 <p>ООО «Ферротрейд» тел./факс +38 (0623) 22 33 06 моб. +38 (050) 326 87 01 моб. +38 (050) 471 54 14 e-mail: ferrotrade57@mail.ru www.ferrotrade.com.ua 70433, Украина, Запорожская обл., с. Новоалександровка, ул. Ленина 51А.</p>
---	--

АВТОКЛАВНЫЙ ГАЗОБЕТОН НИЗКИХ ПЛОТНОСТЕЙ D150 И D300. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПРИМЕНЕНИЕ

В статье рассмотрены инновационные энергосберегающие изделия из ячеистого бетона автоклавного твердения плотности 300 кг/м³ и 150 кг/м³. Двухслойные стены, выполненные из конструкционно-теплоизоляционных блоков плотностью D300-500 в сочетании с газобетонным утеплителем нового поколения плотностью D150 позволяют добиваться показателей энергопассивности наружных стен.

Ключевые слова: автоклавный газобетон, плотность, прочность, теплоизоляционные свойства, энергосбережение, конструкция.

Снижение эксплуатационных расходов на обогрев своего дома – главный тренд строительства индивидуального и многоквартирного жилья в Украине, который наметился в последние несколько лет. На первый план при выборе Заказчиком ограждающих конструкций стали выходить энергоэффективные строительные материалы и технологии, обеспечивающие минимальные потери тепла на протяжении всего срока эксплуатации здания.

Одним из лидеров стеновых материалов, сочетающим в себе высокие конструкционные и теплоизоляционные свойства, стал автоклавный газобетон. На сегодняшний день в Украине в достаточном количестве производятся современные стеновые блоки плотностью D400 и D500. Но реалии жизни, вызванные, с одной стороны, ограниченными финансовыми возможностями потенциальных застройщиков, с другой стороны, все время повышающимися ценами на энергоносители, заставляют украинских производителей автоклавного газобетона находить для своих клиентов более оптимальные и рациональные решения для строительства недорогих энергоэффективных наружных стен.

Не секрет, что теплопроводность материала напрямую зависит от его плотности. Чем ниже плотность, тем выше теплоизоляционные свойства материала.

В связи с этим, украинским потребителям был предложен ряд инновационных энергосберегающих изделий из ячеистого бетона автоклавного твердения низкой плотности.

Это стеновые блоки из конструкционно-теплоизоляционного ячеистого бетона маркой средней плотности 300 кг/м³ и теплоизоляционные плиты плотностью 150 кг/м³. Характеристики блоков плотностью D300 и D150 представлены в таблицах 1 и 2.

Если сравнивать теплопроводность этих материалов с теплопроводностью традиционных изделий из ячеистого бетона, то плотность 300 кг/м³ получается на 30% теплее плотности 400 кг/м³ и на 67% теплее плотности 500 кг/м³. Плотность утеплителя из газобетона 150 кг/м³ получается на 120 % теплее газобетона плотностью 400 кг/м³, на 170% теплее газобетона плотностью 500 кг/м³ и сопоставима с теплопроводностью утеплителя из минераловатной плиты.

Таблица 1

Основные характеристики блоков плотностью D300

Толщина, мм	Высота, мм	Длина, мм	Средняя плотность в сухом состоянии, кг/м ³	Минимально гарантированный класс прочности	Морозостойкость, циклов, не менее	Теплопроводность бетона в сухом состоянии, Вт/(м·°С), не более
300	200	600	300	B 2.0	F50	0,08
375	200	600	300	B 2.0	F50	0,08
300	250	600	300	B 2.0	F50	0,08
375	250	600	300	B 2.0	F50	0,08

Таблица 2

Основные характеристики плит плотностью D150

Толщина, мм	Высота, мм	Длина, мм	Средняя плотность в сухом состоянии, кг/м ³	Прочность на сжатие, МПа, не ниже	Морозостойкость, циклов, не менее	Теплопроводность бетона в сухом состоянии, Вт/(м·°С), не более
100	200	600	150	0,4	-	0,05
150	200	600	150	0,4	-	0,05
200	200	600	150	0,4	-	0,05

Иными словами, по своим теплоизоляционным свойствам стены плотностью 300 кг/м³ шириной 300 мм эквивалентны стенам из газобетона шириной 375 мм плотностью 400 кг/м³ или стенам шириной 500 мм из газобетона 500 кг/м³.

Таким образом, при тех же эксплуатационных затратах на обогрев Вы экономите при строительстве дома из 300 кг/м³ шириной 300 мм 25% от стоимости м² стены из газобетона 400 кг/м³ шириной 375 мм и 67% от стоимости м² стен из газобетона 500 кг/м³ шириной 500 мм. Согласитесь, в условиях кризиса в стране, это очень актуально. Снижение плотности всегда выгодно потребителю: при равной толщине стена из менее плотного камня обеспечивает большую теплозащиту, а при равных теплозащитных свойствах стена получается тоньше, т.е. дешевле.

Сопrotивление теплопередачи наружных стен из ячеистого бетона плотностью 300 кг/м³ в сочетании с дополнительной теплоизоляцией из ячеистого бетона плотностью 150 кг/м³ или без нее составляет от R= 3,5 до R= 6,95 м²·К/Вт, что гораздо выше требуемого нормативного значения.

Так, однослойная наружная стена шириной всего 300 мм из автоклавного газобетона D300 превышает нормативный показатель R= 3,3 м²·К/Вт и не нуждается в дополнительном утеплении. При этом стоимость такой стены получается дешевле стоимости альтернативных стен с аналогичными теплозащитными свойствами.

Однослойная наружная стена шириной 375 мм из автоклавного газобетона D300 обеспечивает R= 4,3 м²·К/Вт и также не нуждается в дополнительном утеплении. При этом стоимость такой стены снова так же получается дешевле стоимости альтернативных стен с аналогичными теплозащитными свойствами.

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Несущая способность кладки из блоков D300 прочностью B2,0 позволяет строить наружные несущие стены в 2-3 этажа в зависимости от ширины блока без использования усилительных конструкций в виде ж/б сердечников или ж/б каркасов (таблица 3).

Как показали проведенные в НИИ строительных конструкций испытания и расчеты фрагментов кладки из газобетона D300 прочностью B2,0, данный материал можно рекомендовать для строительства несущих стен в сейсмоопасных районах Украины (таблица 4).

Таблица 3

Несущая способность кладки из блоков D300 прочностью B2,0

Толщина кладки, мм	Несущая способность глухого участка кладки из AEROC D300 B2 при высоте этажа 3 м и центральном нагружении не более, тс/пог.м	
	расчетная (при центральном нагружении)	фактическая (с учетом эксцентриситета)
200	16	10
250	20	13
300	24	16
375	30	20

Таблица 4

Применение газобетона D300 в сейсмоопасных районах Украины

Материал несущих конструкций здания	Количество надземных этажей при расчетной сейсмичности участка		
	6 баллов	7 баллов	8 баллов
Автоклавный газобетон D300 B2,0	3 этажа	2 этажа	1 этаж

Благодаря низкому объемному весу газобетона D300 стены из такого материала испытывают меньшие моменты инерции при динамических сейсмических нагрузках, что приводит к меньшему разрушающему эффекту по сравнению с более плотными материалами.

К стенам из газобетона плотностью D300 вопреки скептическим стереотипам можно крепить практически любые бытовые и конструкционные элементы, будь то легкие шкафчики, световые приборы, картины и заканчивая тяжелыми бойлерами и блоками кондиционеров. Для этого применяются специальные дюбели и анкера для ячеистого бетона, рассчитанные на соответствующую нагрузку (таблица 5).

Возвращаясь к теплоизоляционным плитам из ячеистого бетона плотностью D150 можно уверенно сказать, что на сегодняшний день это инновационный продукт не только для Украины, но и для многих стран ЕС, России, РБ и т.д.

Теплоизоляционные плиты, по комплексу свойств - не имеющий аналогов универсальный теплоизоляционный материал. Он обладает присущими только ему уникальными теплофизическими и эксплуатационными свойствами. Плиты являются абсолютно негорючими (в отличие от пенополистирола), обладают твердой, ровной прочной поверхностью со стабильными размерами и характеризуются простотой монтажа.

Широчайший температурный диапазон применения, высокие показатели паропроницаемости, негорючести, стабильность размеров (не дает усадки), стойкость к агрессивным средам, в т. ч. кислотам, ультрафиолетовым лучам, хорошие прочностные

показатели - все это подтверждает целесообразность использования данной теплоизоляции в строительстве. Уникальная совокупность свойств теплоизоляционных изделий позволяет применять этот материал достаточно широко.

Область применения: изделия рекомендуются для внешней и внутренней тепловой защиты фасадов существующих зданий (как из газобетона, так и других стеновых материалов); как теплоизолирующий элемент при новом строительстве; при реконструкции исторических объектов; при адаптации промышленных строений в жилые; для устройства тепловую изоляции пола под стяжку, крыш и мансард.

Таблица 5

Типы крепежа в зависимости от области их применения в газобетоне D300

Область применения	Расчетная нагрузка для AEROC D300 на 1 точку крепления (дюбель), кгс	Наименование, производитель
Для крепления легких бытовых изделий (картины, светильники), малогабаритной навесной мебели, и т.д. весом до 20 кг на 2 точки крепления (дюбеля)	10	KMG 6, KMG 8 Wkret-Met TU 10x50, Friulsider HRD-U 8x80, Hilti MQ 8, Mungo X1 10x50, Friulsider NAT 6, NAT 8 Sormat KBT 6, KBT 8 Sormat
Для крепления навесной мебели, среднегабаритной бытовой техники (бойлеры 15-40 л, TV, котлы), раковин, радиаторов и т.д. весом до 50 кг на 2 точки крепления (дюбеля)	30	TML 12x60, Friulsider KPR-FAST-R 10x100, Wkret-Met HRV-H 10x100, Hilti HRD 10x140, Hilti HRD-U 10x100, Hilti MB-SS 10x100, Mungo MQL-SS 10x100, Mungo EFA 10x100, Elementa UX 10x60, Fischer GB 10, Fischer Химанкер 8x110 KEM-UP 955, Friulsider
Для крепления крупногабаритной бытовой техники (бойлеры 50-80 л) весом до 100 кг на 2 точки крепления (дюбеля) или бытовой техники (бойлеры 100 л) до 150 кг на 4 точки крепления (дюбеля)	50	KBT 10, Sormat Химанкер 10x130 KEM-UP 943, Friulsider Химанкер 10x130 EAF 350S, Elementa
Для крепления наружных блоков кондиционеров до 150 кг на 4 точки крепления (дюбеля)	50	Химанкер 10x130 KEM-UP 943, Friulsider Химанкер 10x130 EAF 350S, Elementa
Для крепления оконных и дверных коробок	30	NAT 10 L, Sormat HRD-U 10x100, Hilti MB-SS 10x100, Mungo MQL-SS 10x100, Mungo EFA 10x100, Elementa
Для крепления строительных конструкций (кронштейнов фасадных систем с воздушным зазором)	30	HPD 10x100, Hilti FPX-I M12, Fischer Химанкер 8x110 KEM-UP 955, Friulsider Химанкер 8x110 EAF 350S, Elementa

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Технология монтажа: не отличается от технологии утепления соответствующих узлов пенополистирольными либо минераловатными плитами, что не приводит к удорожанию стоимости работ. Плиты приклеиваются к утепляемой стене и в последствие фиксируются тарельчатыми дюбелями. Обязательная рекомендация – перед применением просушить плиты в течении 30 дней в весенне-летний период для удаления основного объема первоначальной влаги. После инсталляции утеплитель отделать паропроницаемыми штукатурно-окрасочными системами.

Основное неоспоримое преимущество материала – его долговечность, которая конвертируется в минимальные эксплуатационные издержки. Если утепленный пенополистиролом или минераловатной плитой дом необходимо будет «переутеплять» несколько раз за весь период эксплуатации (исходим из срока 100 лет), то благодаря высокой долговечности газобетона подобных операций с ним делать не придется. Если в целом сравнивать технико-экономические показатели теплоизоляции плотностью 150 кг/м³ с распространенными эффективными утеплителями, то по большинству показателей он выглядит предпочтительней (таблица 6).

Таблица 6

Технико-экономические показатели вариантов утепления стен.

Показатель	Пенополистирол EPS	Пенополистирол XPS (экструзионный)	Плиты из минеральной ваты	Теплоизоляционные блоки D150
Природа материала	Органический материал	Органический материал	Неорганический материал на органическом связующем	Неорганический материал
Плотность, кг/м ³	15-35	35-45	150-175	150
Коэффициент теплопроводности Вт/(м*°С)	0,05	0,04	0,045	0,055
Коэффициент паропроницаемости мг/(м*год*Па)	0,05	0,02	0,3	0,3
Стабильность размеров	изменяется	изменяется	изменяется	не изменяется
Прочность на сжатие, МПа	0,05	0,25	0,045	0,4
Огнестойкость	горючий	горючий	негорючий	негорючий
Экологическая безопасность во время эксплуатации	выделяет токсичные вещества	выделяет токсичные вещества	выделяет опасную пыль	экологически безопасный
Срок эксплуатации, лет	до 15	до 25	до 30	до 100
Замена утеплителя за время эксплуатации дома (100 условных лет), раз	6	4	3	не требует

Двухслойные стены на основе конструкционно-теплоизоляционных блоков плотностью D300-500 в сочетании с утеплением нового поколения плотностью D150 позволяют добиваться показателей энергопассивности наружных стен. При этом стена получается однородной по природе материала (рис. 1).

Зависимость сопротивления (R) по глади наружной стены с утеплением от толщины конструкционного и теплоизоляционного блоков представлена в таблице 7.

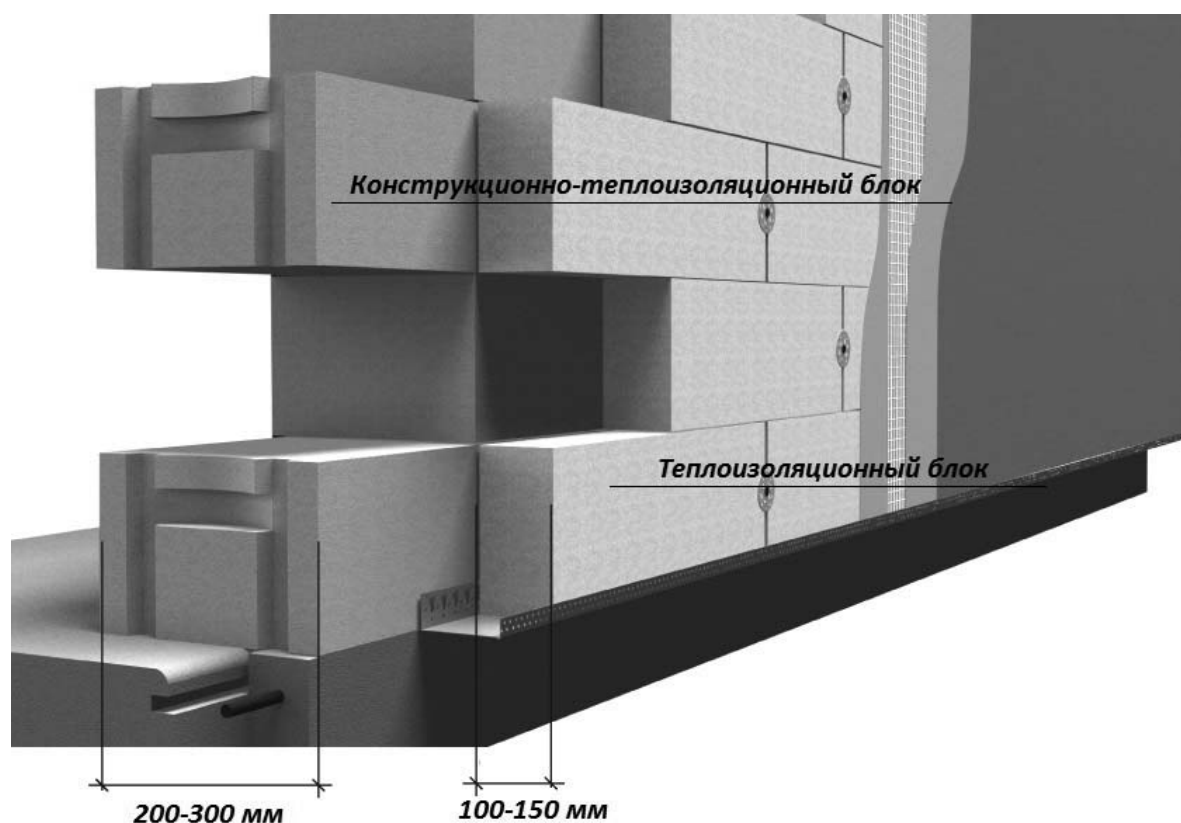


Рисунок 1 - Двухслойная стена из газобетона D300-D500 в сочетании с теплоизоляционными плитами D150.

Таблица 7

Сопротивления (R) по глади наружной стены из газобетона D300 с утеплением D150 в зависимости от толщины конструкционного и теплоизоляционного блоков

Плотность D конструкционно-теплоизоляционного блока, кг/м ³	Толщина конструкционно-теплоизоляционного блока, мм	Толщина утеплителя D150, мм	Общая толщина стены, мм	Сопротивление теплопередачи стены R, м ² •С/Вт	
300	200	100	300	4,07	
		150	350	4,98	
	250	100	350	4,60	
		150	400	5,51	
	300	300	100	400	5,13
			150	450	6,04

Низкая плотность несущих стен 300 кг/м³ в сочетании с дополнительной теплоизоляцией из ячеистого бетона плотностью 150 кг/м³ или без нее делает стены супер энергоэффективными при эксплуатации.

Главные преимущества блоков плотностью 300 кг/м³:

- снижение затрат при строительстве и эксплуатации за счет высоких теплоизоляционных показателей;

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

- увеличение полезной площади дома благодаря использованию стеновых блоков толщиной 300 мм вместо 375-400 мм;
- легкий вес блоков способствует повышению производительности труда, а значит и скорости возведения коробки дома;
- легкий вес блоков способствует увеличению нормы загрузки машины при транспортировке, что также удешевляет строительство;
- экономия при строительстве фундамента: более легкие стены предъявляют меньшие требования к несущей способности фундамента;
- это самый теплый материал для однородных несущих стен из существующих сегодня не только в Украине, но и в мире.

При использовании теплоизоляционных блоков плотностью D150 реально получить теплотехнические показатели стен, существенно превышающие новые строительные нормы Украины и приближающиеся к стандартам энергопассивного дома, а также:

- эффективную экономию на расход электроэнергии или газа (при газовом отоплении)
- эстетичный внешний вид фасада
- защиту здания от воздействия атмосферных осадков и перепадов температур
- долгий срок эксплуатации здания без ремонта
- предотвращение усадки здания за счет небольших колебаний температур в конструкции.

УДК 666.972

АВТОКЛАВНИЙ ГАЗОБЕТОН НИЗЬКИХ ГУСТИН D150 І D300. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ

/ Рудченко Д.Г./

В статті розглянуто інноваційні енергозберігаючі вироби з ніздрюватого бетону автоклавного тверднення густиною 300 кг/м³ і 150 кг/м³. Двошарові стіни, виконані з конструкційно-теплоізоляційних блоків густиною D300-500 в поєднанні з газобетонним утеплювачем нового покоління густиною D150 дозволяють досягти показників енергопассивності зовнішніх стін.

Ключові слова: автоклавний газобетон, густина, міцність, теплоізоляційні властивості, енергозбереження, конструкція.

UDC 666.972

AUTOCLAVED AERATED LOW DENSITY D150 AND D300.MAIN CHARACTERISTICS AND APPLICATION

/ Rudchenko D.G./

The article describes the innovative energy-saving products of cellular autoclaved concrete density of 300 kg / m³ and 150 kg / m³. Double wall made of structural heat-insulating blocks D300-500 density combined with a heater of a new generation of aerated concrete density D150 indicators allow to achieve energy-passive exterior walls.

Keywords: autoclaved aerated concrete, density, strength, thermal insulation properties, energy, construction.

*Рыхленок Ю.А., зав. отделом ограждающих конструкций,
РУП «Институт БелНИИС»,
Республика Беларусь, 220114, г. Минск,
ул. Ф. Скорины, 15 «Б»,
тел.: +(375 17) 267 10 01
факс: (+ 375 17) 267 87 92
e-mail: institute@belniis.by*

СТЕНЫ ИЗ ГАЗОСИЛИКАТНЫХ БЛОКОВ В ЗДАНИЯХ СО СТЕНОВОЙ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМОЙ

Произведен анализ технических решений стен, выполняемых кладкой из блоков из ячеистого бетона, применяемых в зданиях со стеновой несущей системой в практике строительного производства Республики Беларусь.

Особое внимание уделено проблемам устройства самонесущих стен из ячеистого бетона в зданиях средней и большой этажности. Приведены рекомендуемые конструктивные решения узлов сопряжения несущих и ограждающих конструкций, обеспечивающие надежность и долговечность зданий.

***Ключевые слова:** несущая стена, конструктивная система, трещинообразование, эксплуатация, перекрытие, ячеистобетонный блок.*

Развитие строительного комплекса неотрывно связано с повышением конкурентоспособности и устойчивого спроса на продукцию домостроительных предприятий. Возрастающие требования потребителей к качеству конечного продукта строительной отрасли – зданий и сооружений, современные тенденции в области ресурсо- и энергосбережения требуют разработки и внедрения принципиально новых конструктивных решений, обеспечивающих высокие технико-экономические показатели и потребительские качества зданий.

Практика строительства и эксплуатации зданий показывает, что современные конструктивные системы зданий должны базироваться на принципе разделения функций несущих и ограждающих конструкций при максимальном использовании существующей производственной базы региона строительства и доступных материалов.

Это приводит к тому, что в зданиях со стеновой несущей системой должны четко реализовываться несущие стены, а также стены, выполняющие функции только ограждающих конструкций. Причем в зданиях высотой примерно до 5 этажей, когда вертикальные нагрузки на стены относительно невелики, могут применяться, как продольные, так и поперечные несущие стены с совмещением несущих и ограждающих функций. В зданиях большей высоты при традиционных материалах несущие стены выполняют, как правило, поперечными с достаточно большим шагом (до 7,2 м) для обеспечения свободных планировочных решений. Совместно с диском перекрытия эти поперечные несущие стены образуют единый пространственный несущий остов здания, обеспечивающий его общую устойчивость и

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

восприятие всех приложенных к зданию нагрузок. Ограждающие конструкции в таком здании выполняют из легких и энергоэффективных материалов поэтажно опертыми на перекрытия или навесными. Такие здания отличаются минимальной стоимостью возведения и максимальными потребительскими качествами, включающими комфорт проживания и энергосбережение.

Действующая программа строительства жилья в Республике Беларусь до 8 млн. м² в год предусматривает в числе прочих строительство каменных многоэтажных зданий с несущими стенами.

Физико-технические свойства изделий из ячеистого бетона автоклавного твердения позволяют использовать их как для возведения непосредственно несущих стен, так и самонесущих либо ненесущих (поэтажно опертых на перекрытия), в том числе перегородок.

Как показали проведенные в РУП «Институт БелНИИС» исследования и многолетний опыт строительства, здания с несущими стенами из ячеистобетонных блоков целесообразно возводить высотой до пяти этажей включительно. Для строительства зданий малой и средней этажности конструкции из ячеистого бетона являются наиболее удобными и оптимальными с точки зрения экономичности, особенно в том случае, когда для строительства дома применяют ячеистобетонные изделия в комплексе – не только стеновые и перегородочные материалы, но и перемычки, плиты междуэтажных перекрытий и покрытия, лестницы, т.е. весь комплекс выпускаемых изделий для надземной части здания. Современные гидроизоляционные материалы позволяют выполнять из ячеистобетонных блоков даже стены подвала и цокольную часть зданий. В целом удельный расход изделий из автоклавного ячеистого бетона может составить до 95% в конструкции надземной части здания до 5 этажей.

Несущие стены в стеновой системе зданий большей этажности следует выполнять из более прочных материалов: штучных, таких как кирпич или блоки керамические или силикатобетонные, сборных панелей, монолитного железобетона и т.п.

Учитывая, что для большинства заводов-изготовителей ячеистобетонных блоков традиционным является также производство силикатного кирпича и камня, достаточно часто здания проектируются и возводятся с несущими кирпичными стенами, а в качестве материала для наружных ограждений используются ячеистобетонные блоки. Логичность такой схемы в том, что не требуется дополнительных затрат на перевозку материалов с разных производств.

В начале 2000-х гг. «Институт БелНИИС» совместно с КУП «Гомельгражданпроект» выполнены разработки и исследования несущей системы многоэтажного здания с поперечными несущими стенами в виде стеновых панелей кассетного формования толщиной 160 мм и сборно-монолитными перекрытиями из многопустотных плит.

Наружные продольные стены в зданиях с такой конструктивной схемой выполнены кладкой из ячеистобетонных блоков, поэтажно опертыми на диски перекрытия, а наружные поперечные несущие стены выполнены также из железобетонных стеновых панелей толщиной 160 мм с поэтажно опертой на консольные выпуски монолитного пояса облицовкой из кладки из ячеистобетонных блоков толщиной 400 мм.

Опытное проектирование и строительство в 2003 г. экспериментального 2-секционного 9-этажного жилого дома в г. Речица Гомельской обл., выполненное КУП «Гомельгражданпроект» и Гомельским ДСК при участии УП «Институт БелНИИС», подтвердили достаточную экономическую эффективность зданий такой конструкции. В дальнейшем эта конструктивная система получила достаточно широкое распространение в Гомельской и Брестской областях (рис. 2).

В последнее десятилетие проектная организация «Оргстрой» (Минск) стала применять конструкции многоэтажных зданий (до 16 этажей) с поперечными несущими стенами

из бетонных блоков, используемых для устройства стен подвалов (типа ФБС), и сборно-монолитными перекрытиями из многопустотных плит (рис. 3).



Рисунок 1 – Здание с поперечными несущими стенами из кирпичной кладки



Рисунок 2 – Возведение 9-этажного жилого дома с поперечными несущими стенами из железобетонных стеновых панелей в г.Барановичи

Продольные наружные стены из ячеистобетонных блоков рассчитаны из условия обеспечения теплофизических параметров и поэтажно опираются на междуэтажные перекрытия. По подобным проектам уже построены жилые кварталы в г.Минске и других

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

городах республики. В целом выявлено, что применение конструктивной системы зданий с поперечными несущими стенами в силу ее простоты, возможностей по архитектурно-планировочным решениям и невысокой удельной стоимости является перспективным для многоэтажных зданий и зданий повышенной этажности при условии увеличения шага поперечных стен свыше 6 м (например, до 7,2 м включительно). При этом доказано, что с точки зрения обеспечения жесткости и устойчивости многоэтажных зданий, особенно зданий повышенной этажности, воспринимающих большие горизонтальные (ветровые) нагрузки, здания стеновой конструктивной системы, работающие по связевой схеме, обладают наиболее высокими конструктивными показателями. Учёт пространственной работы стен при проектировании позволяет существенно снизить расчётные изгибающие моменты в стенах, значительно уменьшить их толщину, облегчить фундаменты и повысить этажность.



Рисунок 3 – Жилой дом с поперечными несущими стенами из бетонных блоков типа ФБС в процессе строительства

Если несущие стены могут быть применены в зданиях любой этажности, зависящей в основном от несущей способности и деформативности её материала, то высота самонесущих стен, как правило, должна быть ограничена в целях предотвращения неблагоприятных в эксплуатационном отношении взаимных смещений самонесущих и несущих конструкций, являющихся следствием разнагруженности стен взаимноперпендикулярных направлений, сопровождающейся появлением трещин и местных повреждений отделки помещений. В панельных домах, например, допустимо применение самонесущих стен при высоте здания не более 4 этажей. Использование конструктивной схемы с несущими поперечными стенами и самонесущими продольными стенами неминуемо приводит к неравномерной передаче нагрузок на сопрягаемые участки стен. При этом значительно усложняется работа узлов примыканий несущих поперечных стен к самонесущим продольным в силу различного деформирования сопрягаемых стен.

Основными негативными последствиями игнорирования данных особенностей работы сопряженных разнонагруженных стен является образование и развитие трещин в местах сопряжения стен, что существенно снижает эксплуатационную надежность здания и может привести к аварийным ситуациям. Анализ результатов обследования многоэтажных каменных зданий с разнонагруженными стенами показывает, что в уровне верхних этажей трещины, как правило, имеют наклонную траекторию (под углом $45-50^{\circ}$ к наружной стене), а в средних этажах и ниже - вертикальные. Как отмечено в [2], эти трещины появляются при нагрузках, не превышающих допустимые эксплуатационные, через некоторое время после окончания строительства здания первоначально на верхних этажах, а затем, в течение двух-шести лет распространяются и на нижележащие этажи, и могут достигать ширины раскрытия до 25...60 мм.

В этой связи интересным оказался опыт проектирования институтом «Гродногражданпроект» и возведения в г.Гродно двух 12-этажных жилых домов с внутренними несущими стенами из плотного силикатобетона, в которых наружные стены возведены из мелких ячеистобетонных блоков. Причем наружные стены выполнены самонесущими, опирающимися на фундаменты, и связаны с несущим остовом гибкими связями. Деформационные свойства разнодеформируемых стен из ячеистого бетона и плотного силикатобетона подобраны таким образом, что за длительный период эксплуатации (более 7 лет) трещины между наружной и внутренней стенами не образовались.

Торцевые стены зданий с поперечными несущими стенами, выполненными из плотных материалов, нуждаются в дополнительном утеплении эффективными теплоизоляционными материалами («легкими» штукатурными системами, вентилируемыми фасадными системами, устройством многослойных стен).

Известен случай устройства трехслойных торцевых несущих стен в девятиэтажном здании с внутренним слоем из кирпича, средним - из пенополистирола и наружным слоем из газосиликатных блоков. При этом наружный самонесущий слой газосиликатной кладки связан с несущей кирпичной стеной стеклопластиковыми связями с армированием угловых участков стальными арматурными сетками. К сожалению, усадочные деформации наружного слоя кладки привели к трещинообразованию по отделочному штукатурному слою по линии сопряжения с утеплителем (рис. 4), что спровоцировало беспокойство жильцов дома и повлекло существенные материальные затраты на ремонт.

В соответствии с действующими нормативными документами, если разность свободных деформаций сопряженных стен удовлетворяет условиям п. 7.19 СНиП II-22-81*, то трещины в зонах сопряжения разнонагруженных стен не образуются. При этом условно принимается, что обе стены не связаны друг с другом, и определяется свободная деформация сжатия каждой из двух стен отдельно при действии расчетных нагрузок. Приведенное условие ограничивает возможность раскрытия трещин, но не исключает полностью вероятность их появления. Трещины, отделяющие внутренние стены от наружных, могут появиться также и по причинам, не учитываемым в расчете: в результате неравномерной осадки фундаментов, температурных воздействий, усадки и др. Поэтому для обеспечения совместной, бездефектной работы продольных и поперечных стен и перекрытий при проектировании зданий рекомендуется предусматривать ряд следующих конструктивных мероприятий.



Рисунок 4 – Трещинообразование между самонесущим слоем из ячеистобетонных блоков и несущей кирпичной стеной в процессе эксплуатации 9-этажного жилого дома

Различно нагруженные стены следует выполнять из материалов, обладающих достаточно близкими величинами деформаций их кладки, или же подобранные с таким расчетом, чтобы разность абсолютных величин деформаций этих совместно работающих стен не превышала нормативной величины.

В узлах сопряжения разнодеформируемых стен верхних этажей рекомендуется устраивать скрытые осадочные (деформационные) швы, которые позволят обеспечить свободу независимых деформаций самонесущих стен и перекрытий в местах их соединения. Стены следует крепить между собой стальными связями, не препятствующими свободной осадке каждой из стен.

Для снижения вертикальных деформаций сопрягаемых стен (или их слоев), возникающих в результате разнонагруженности, вокруг каждой группы плит необходимо выполнять замкнутые монолитные железобетонные контуры, рассчитываемые на восприятие сдвигающих и растягивающих усилий, что позволит обеспечить сплошность перекрытия по всему плану здания и реализует совместную пространственную работу многопустотных плит под нагрузкой, а также обеспечит равномерную передачу нагрузки на продольные и поперечные стены.

Заклучение

Как свидетельствует многолетний опыт, использование ячеистобетонных изделий позволяет быстро и эффективно решать проблемы жилищного строительства, особенно в условиях дефицита финансовых и энергетических ресурсов. Именно вышеуказанное обстоятельство способствует массовому использованию ячеистобетонных конструкций как в малоэтажном жилищном строительстве, так и всё более широкому применению при строительстве многоэтажных зданий и объектов гражданского назначения. Однако, как и при применении других материалов, использование ячеистобетонных изделий требует соблюдения ряда правил и профессионального подхода. Только при таких условиях можно добиться оптимального результата.

ЛІТЕРАТУРА

1 Кацынель Р.Б. Особенности проектирования объектов с наружными ограждающими конструкциями из ячеистого бетона/ Кацынель Р.Б. – Минск: Архитектура и строительство. - 2008г. - №7.

2 Леденев В.И., Матвеева И.В. Физико-технические основы эксплуатации наружных кирпичных стен гражданских зданий. Тамбов. Издат-во ТГТУ, 2005г.

УДК 69.022.321

WALLS MADE OF SILICATE BLOCKS IN BUILDINGS WITH WALL BEARING SYSTEM

/ Rykhlenok Yu.A. /

The analysis of technical solutions of walls made with cellular concrete bricks that are used in buildings with wall carrier system within the construction practice in the Republic of Belarus was carried out.

Special focus was made at the problems of the arrangement of self-supporting walls made of cellular concrete in buildings of medium height and high-rise buildings. The recommended construction solutions for joints of load carrying and enclosure structures that provide sustainability and durability of a building are presented.

Keywords: bearing wall construction system, crack formation, operation, overlap, aerated concrete blocks.

*Сиротин О.В., исп. директор ВААГ,
Вудвуд Т.Н., младший научный сотрудник,
ГП «НИИСМИ»
г. Киев, ул. Константиновская, 68
тел. (044) 425-13-50, e-mail: silicate@inbox.ru*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ВЫХОДА НАЧАЛЬНОЙ ВЛАГИ ИЗ КЛАДКИ ИЗ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ Г. КИЕВА

Представлены результаты замеров влажности кладки из стеновых блоков из ячеистого бетона автоклавного твердения марок по средней плотности D300, D400, D500, D600 толщиной 300 мм в начальный период эксплуатации в климатических условиях Киева. Целью экспериментальной работы стало натурное исследование кинетики влагопереноса в однослойных ограждающих конструкциях из автоклавного ячеистого бетона и определение сроков снижения влажности стен от начальной до равновесной (эксплуатационной) влажности.

Ключевые слова: ячеистый бетон, кладка, плотность, влажность, конструкция, влагосодержание, массоперенос.

Введение

Начальный период эксплуатации каменной кладки характеризуется повышенным содержанием в ней влаги. Это свойство универсально для любой кладки и описано в работах первой половины XX века [1,2]. Технологическая влага привносится в кладку как камнями (всеми, кроме природных и керамических), так и кладочными растворами. Строительная влага попадает при хранении материалов и производстве работ. Мокрые отделочные работы дополнительно увлажняют стеновую конструкцию.

Ячеистые бетоны автоклавного твердения сразу после автоклавирования имеют влажность более 30%. Ячеистые бетоны пониженной плотности на выходе из автоклавов имеют влажность около 40% по массе. Оказавшись в стене, ячеистобетонные блоки начинают интенсивную влагоотдачу. Кинетика выхода конструкций из автоклавных ячеистых бетонов на квазистационарный влажностный режим изучалась как в 1970–80-х гг. [3, 4, 5], так и в наше время [6, 7, 8]. Рассмотренные работы показывают, что снижение средней плотности и увеличение толщины ячеистобетонных конструкций за 40 лет привело к заметному снижению влажности бетона в стене. Важность изучения кинетики влагосодержания в начальный период эксплуатации показана в работе [9], расчетная методика, применяемая для оценки влажности кладки из автоклавного газобетона [10] была разработана уже после завершения описываемой нами работы и хорошо согласуется с ее результатами.

Одной из практических задач эксперимента стало обоснование корректировки ряда нормативных документов Украины (ДСТУ на ячеистые бетоны и ДБН по проектированию тепловой защиты).

Методика проведения испытаний

В соответствии с разработанным календарным планом выполнения научно-исследовательской работы ГП «НИИСМИ» (г. Киев) проводились исследования влажностного состояния ограждающих конструкций из ячеистого бетона автоклавного твердения, выполненных в оконных проемах лабораторного помещения ГП «НИИСМИ».

В установленные сроки (1, 2, 3, 6, 9, 12, 15, 18 и 21 месяц с даты окончания кладочных и отделочных работ) выполнен отбор кернов ячеистого бетона марок средней плотности D300, D400, D500 и D600.

Отобранные керны были распилены на цилиндры высотой 50 мм и промаркированы в зависимости от глубины залегания. С цилиндров, примыкающих к наружной и внутренней поверхностям кладки был удален штукатурный слой.

Отверстие, остающееся после выемки керна, заполнялось заранее подготовленным керном из газобетона соответствующей плотности.

Схема изготовления исследуемых образцов представлена на рис. 1.

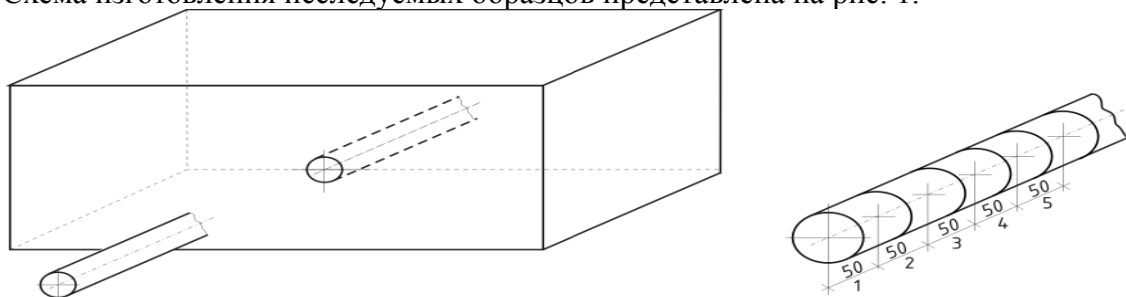


Рисунок 1 – Схема отбора кернов для исследования

Образцы взвешивались с точностью до 0,001 г и высушивались до постоянной массы в вентилируемом сушильном шкафу при температуре 105 °С.

На основании полученных данных согласно ДСТУ Б В.2.7-170:2008 было рассчитано содержание влаги w_m в отдельных слоях ограждающей конструкции из ячеистого бетона по формуле (в % по массе):

$$w_m = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100\%$$

где m – масса влажного образца, m_0 – масса образца, высушенного до постоянной массы.

В период всего срока испытаний фиксировались значения температуры и влажности в середине лабораторного помещения, а также температуры и влажности наружного воздуха (по данным Интернет-ресурса <http://www.meteorprog.ua>).

Описание испытываемой стеновой конструкции

Для проведения долгосрочных натурных испытаний влажностного состояния ячеистого бетона на первом этаже института в лабораторном помещении в оконных проемах северо-западной ориентации выполнены фрагменты стеновых конструкций.

Блоки для исследования марок средней плотности D300, D400, D500 и D600 с размерами 600×200×300 мм были предоставлены ООО «АЭРОК».

Характеристики исследуемого газобетона представлены в табл. 1.

Таблиця 1

Физико-механические характеристики блоков из автоклавного ячеистого бетона

Наименование изделий	Класс бетона по прочности на сжатие	Марка бетонопосредней плотности	Марка по морозостойкости	Теплопроводность в сухом состоянии, Вт/(м·К)	Послеавтоклавная влажность, % по массе
AerocEcoTermSuperPlus 300×200×600	B1,5	D300	F35	0,08	42,1
Aeroc EcoTerm 300x200x600	B2,0	D400	F100	0,1	40,8
Aeroc Classic 300x200x600	B2,0	D500	F100	0,12	35,0
Aeroc Econom 200x288x600	B2,0	D600	F100	0,13	34,5

С целью моделирования наиболее неблагоприятных условий перед обустройством фрагментов стеновых ограждений блоки марок по средней плотности D500 и D600 были дополнительно увлажнены до влажности 40% по массе.

Кладка фрагментов стеновых ограждений выполняли на растворе для тонкошовной кладки AEROC. В процессе выполнения фрагменты были тщательно изолированы от конструкции оконных проемов и один от одного.

Схема выполненных фрагментов стеновых ограждений приведена на рис.2, внешний вид до оштукатуривания на фотографиях рис. 3. Для изготовления каждого фрагмента было использовано по 10 блоков каждой марки по средней плотности.

После кладки блоков на фрагментах стеновых ограждений был нанесен штукатурный слой на основе смеси сухой строительной «Штукатурка фасадная для газобетона AEROC». Толщина слоя штукатурки внутренней отделки составила 3 мм, наружной – 5 мм. По своим характеристикам штукатурка гидрофобная, имеет коэффициент паропроницаемости $\mu = 0,15$ мг/(м·час·Па), повышенную трещиностойкость и морозостойкость F50.

Лабораторное помещение, предназначенное для проведения долгосрочных натурных испытаний, представляет собой рабочую комнату, температура в которой в отопительный период поддерживается на уровне 16°C, относительная влажность составляет 55-65 %. Высота оконных проемов составляет 2400 мм, ширина – 1400 мм.

Конструктивные особенности проемов позволили относительно легко выполнить монтаж фрагментов кладки и обеспечили возможность сравнения теплозащитных свойств и влажностного состояния разных фрагментов, которые были исследованы одновременно в одинаковых условиях до наступления квазистационарного влажностного режима, который характеризует величину эксплуатационной влажности.

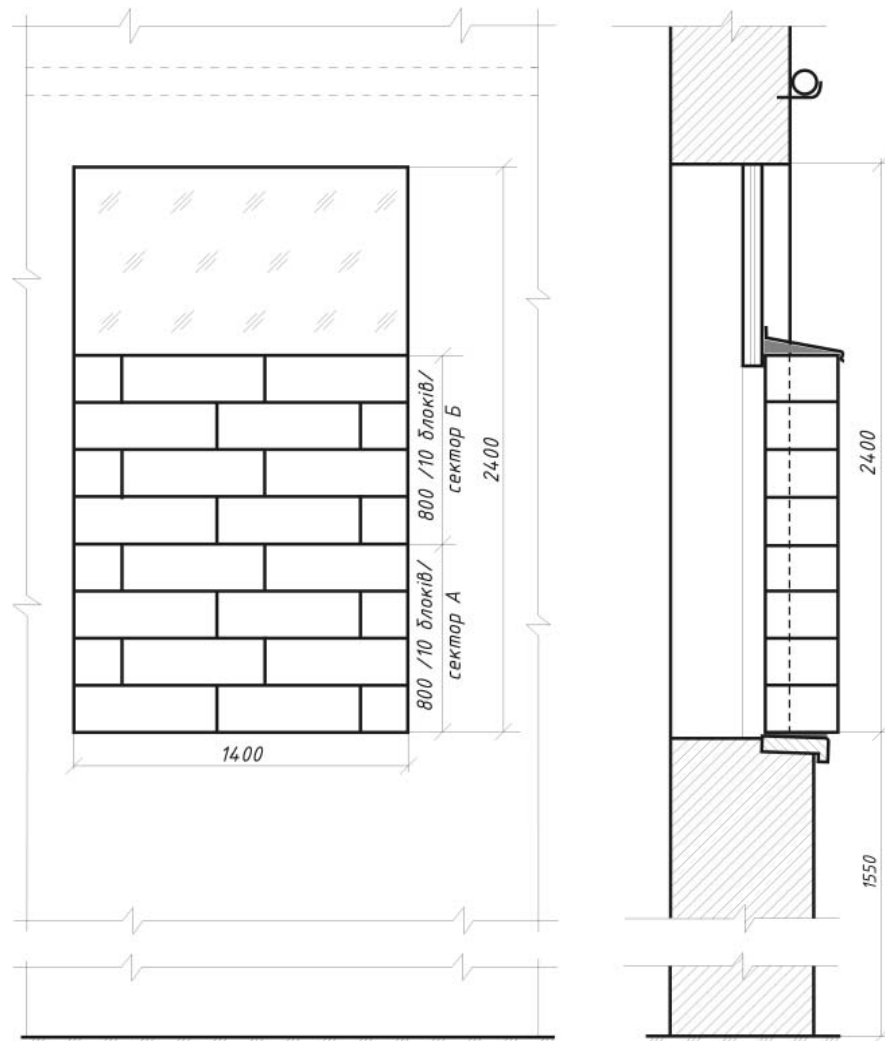


Рисунок 2 – Схема исследуемых фрагментов стеновых ограждений из ячеистого бетона



Рисунок 3 – Фотография исследуемых фрагментов

Результаты испытаний

При проведении натурального испытания наружных ограждающих конструкций из ячеистого бетона определено значение фактической влажности газобетона в начальный период эксплуатации и изменение ее во времени.

Закономерности кинетики влажностного состояния ячеистых бетонов при взаимодействии с окружающей средой есть функция характеристик материала и параметров среды. В результате проведенных натуральных испытаний получены кривые распределения влажности по толще стены в зависимости от марки по плотности ячеистого бетона (рисунки 3 и 4). Согласно календарному плану работ, период испытаний составил 21 месяц.

Распределение влаги по толщине стены для каждой из плотностей в начальный период и по окончании испытаний приведены на графиках рис. 4 и 5.

Общее влагосодержание для каждого из стеновых фрагментов в ходе испытаний в разные периоды времени показаны в таблице 2 и на графике рис. 6.

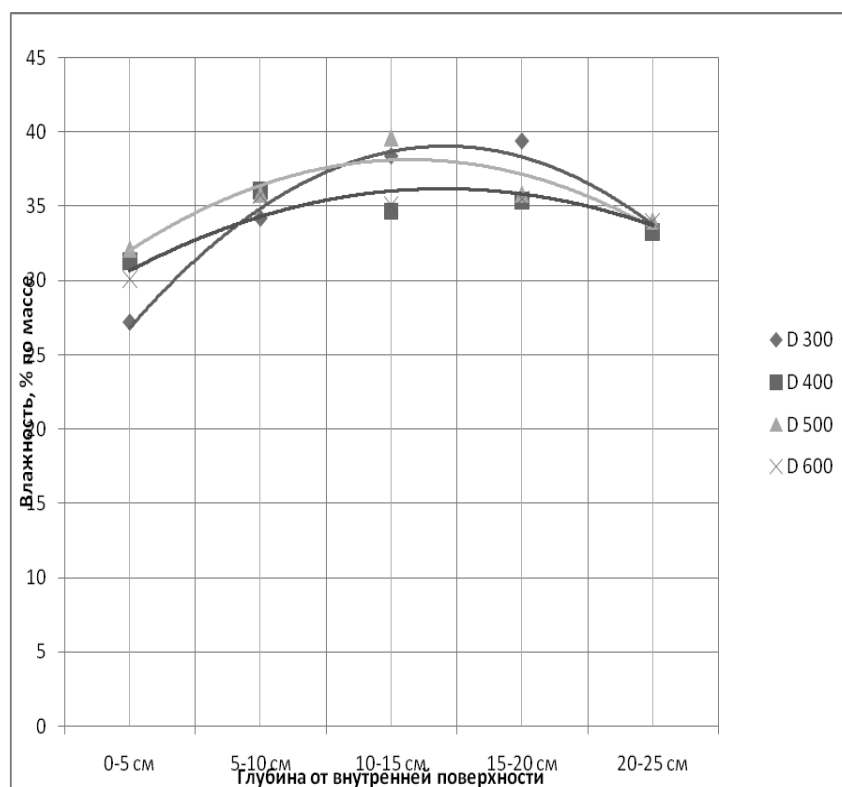


Рисунок 4 - Распределение влажности бетона по толщине стены после ее возведения

Влажность бетона в толще стены в начальный период распределена в сечении ячеистого бетона достаточно равномерно, с некоторым снижением от середины до наружной (20-25 см) и внутренней (0-5 см) поверхности стены.

Полученные результаты влажности бетона в толще стены принимаются за начальные данные и относительно них в дальнейшем проводятся исследования интенсивности снижения влажности стеновой конструкции.

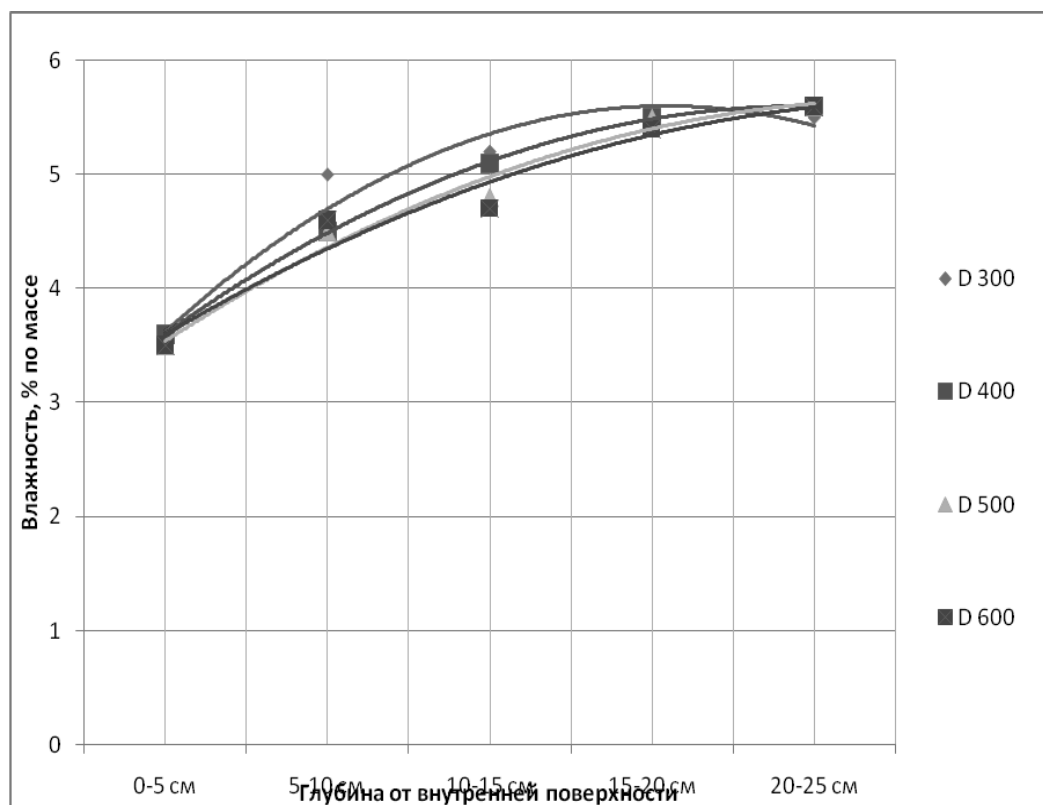


Рисунок 5 - Распределение влажности бетона в толще стены через 21 месяц после ее возведения.

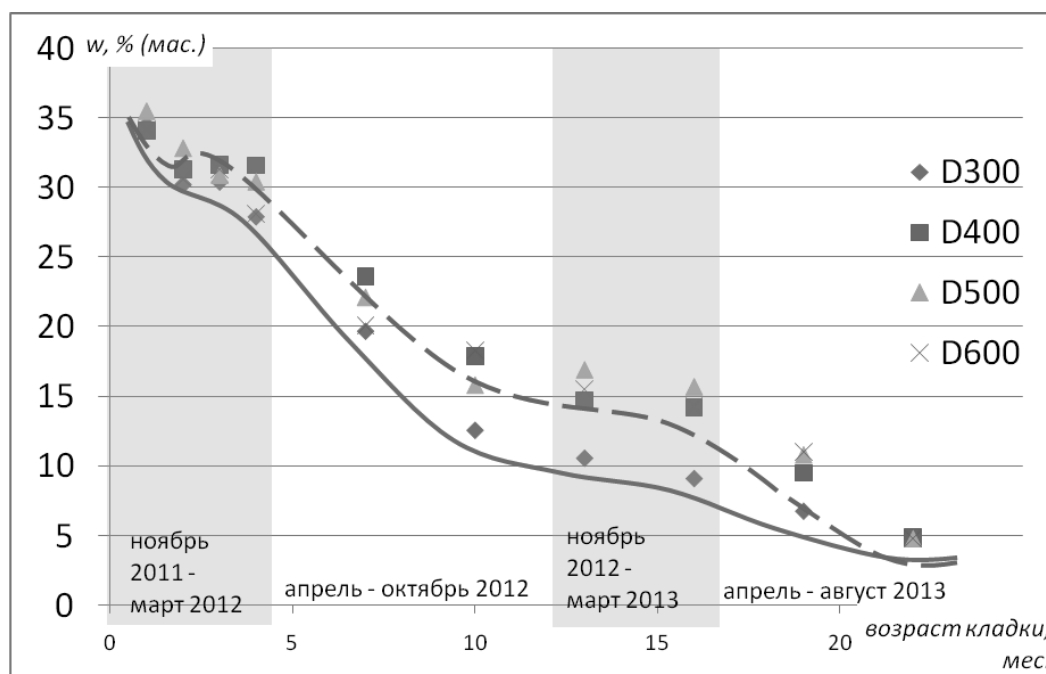


Рисунок 6- Среднее влагосодержание исследуемых фрагментов кладки в разном возрасте

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Таблиця 2

Средняя по толщине кладки влажность стеновых фрагментов, параметры наружного и внутреннего воздуха в ходе испытаний

Период года	2010		2011												2012								
	дек	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	ноя	
Возраст кладки, мес.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
D300	34,5	30,22	30,4	27,9			19,7			12,6			10,6			9,14			6,8			4,91	
D400	34,1	31,3	31,64	31,6			23,6			17,9			14,7			14,22			9,5			4,86	
D500	35,46	32,8	30,86	30,4			22,1			15,8			16,9			15,68			10,8			4,78	
D600	34,2	30,62	31,32	28,1			20,1			18,3			15,5			14,3			11			4,76	
Парам. нар. возд.	T, °C	-1	5	-5	-12	2	11	23	23	28	24	22	17	7	1	-2	1	3	17	24	22	24	27
	ψ, %	89	95	86	78	91	94	87	81	82	86	86	87	93	95	87	80	83	96	85	84	80	76
Парам. внутр. возд.	T, °C	16	16	16	16	16	17	20	22	22	22	21	19	16	17	16	16	17	20	22	22	22	22
	ψ, %	62	63	62	63	63	56	62	63	63	63	62	63	63	57	57	63	63	63	63	63	62	62

Через 21 месяц эксплуатации средняя влажность ячеистого бетона стены составила:

- фрагмент № 1 D300 - 4,91 %;
- фрагмент № 2 D400 - 4,86 %;
- фрагмент № 3 D500 - 4,78 %;
- фрагмент № 4 D600 - 4,76 %.

Обсуждение результатов исследования

В результате проведенных исследований определена скорость снижения влажности ячеистого бетона стены от начальной (40 % по массе) до равновесной. Исследовано изменение влажности бетона при эксплуатации однослойных ограждающих конструкций с наружной и внутренней тонкослойной минеральной штукатуркой.

За первые три месяца эксплуатации (декабрь, январь, февраль) стеновой конструкции выявляется интенсивное высыхание внутренней поверхности стены на глубине до 5-10 см.

Скорость снижения влажности ячеистого бетона стены значительно увеличивается и происходит по всей толще стены в весенний, летний и осенний период эксплуатации (с 3 по 12 месяц). Внутренние слои бетона теряют в этот промежуток времени влажность на уровне 30-60%. А бетон марки D300 до 70 %.

В зимние месяцы (с 12 по 15 месяц) наблюдается значительное замедление высыхания. Внутренняя часть кладки (на глубине 0-15 см) теряет влажность лишь на 2-4 %, в наружных слоях влажность увеличивается.

За следующие шесть месяцев весенне-летнего периода (с 15 по 21 месяц) влажность бетона однослойной ограждающей конструкции из мелких блоков ячеистого бетона снизилась до значений, не превышающих 5%: для марки D300 - 4,91%; D400 - 4,86 %; D500 – 4,78 %; D600 – 4,76 %.

Выводы

Анализ исследования влажности фрагментов стены показал, что влажность по массе ячеистого бетона изменяется как по величине так и по характеру распределения в сечении стены. В первый зимний период эксплуатации кладки (1, 2 и 3 месяцы) ее высыхание происходило внутри, в 10-15 см слое стены со стороны отапливаемого помещения. Влажность наружных слоев наоборот, несколько возрастала. С 6-го месяца эксплуатации, при повышении температуры окружающей среды, высыхание в наружных слоях кладки ускорилось и

дальнейший влагоперенос осуществлялся интенсивно в обоих направлениях от центра стены к ее поверхностям.

Полученные экспериментальные данные по кинетике влагосодержания кладки в начальный период эксплуатации позволяют обосновать:

- рекомендации по установлению расчетных характеристик ячеистых бетонов при проектировании конструкций из них;
- рекомендации к рациональному применению ячеистого бетона в конструкциях;
- предложения по уточнению теплофизических показателей стен из ячеистого бетона, в т. ч. для определения конструкции внешних стен в условиях обеспечения нормативного термического сопротивления для реального диапазона годовой динамики эксплуатационного влагосодержания материала;
- исключение из нормативов требований к значению отпускной влажности бетона.

УДК 697.1: 691.327.666.973.6: 69.022.3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ВИХОДУ ПОЧАТКОВІЙ ВОЛОГИ З КЛАДКИ З АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНУ В КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ М.КИЄВА

/ Сиротін О.В., Вудвуд Т.Н./

Представлені результати замірів вологості кладки з стінових блоків з пористого бетону автоклавного твердіння марок за середньою густиною D300, D400, D500, D600 товщиною 300 мм в початковий період експлуатації в кліматичних умовах Києва. Метою експериментальної роботи стало натурне дослідження кінетики влагопереноса в одношарових огорожувальних конструкціях з автоклавного ніздрюватого бетону і визначення термінів зниження вологості стін від початкової до рівноважної (експлуатаційної) вологості.

Ключові слова: пористий бетон, кладка, щільність, вологість, конструкція, вологовміст, масоперенос.

UDC 697.1: 691.327.666.973.6: 69.022.3

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE SPEED OF THE INITIAL OUTPUT OF MOISTURE FROM THE MASONRY OF AUTOCLAVED AERATED CONCRETE IN THE CLIMATIC CONDITIONS IN KIEV

/ Sirotin O.V., Vudvud T.N./

The results of measurements of moisture masonry building blocks of aerated autoclaved concrete stamps at an average density of D300, D400, D500, D600 thickness of 300 mm in the initial period of operation in the climatic conditions in Kiev. The aim of the experimental work was in situ investigations of the kinetics of moisture in single enclosing structures made of autoclaved aerated concrete and timing dehumidify the walls from the initial to the equilibrium (operational) humidity.

Keywords: cellular concrete, masonry, density, moisture content, structure, moisture content, mass transfer.

УДК 666.965:661.683.3:519.2

Shinkevich E.S.¹, D.Sc. in Eng, professor

Lutskin E.S.¹, Ph.D., docent

Bondarenko G.G.², Ph.D., director

Koichev A.A.¹, Ph.D., assistant

Dotsenko Yu.V.¹, assistant

*¹ Odessa State Academy of Civil Engineering
and Architecture, Didrikhson street, 4, Odessa,
65029;*

мел. +38(048) 733-54-00,

e-mail: elena_shinkevich@ukr.net;

tel. +38(048) 729-85-91, e-mail: lutskin@ukr.net;

tel. +38(048) 729-85-17, e-mail: koichev@bk.ru

² Nikolaev Civil Engineering College,

First Slobodska street, 2, Nikolaev, 54001

tel. +38(0512) 37-51-41,

e-mail: str-kolled@ukrpost.ua

COMPLEX ACTIVATED AERATED COMPOSITES OF THERMAL-MOISTURE HARDENING ON SILICATE MATRIX

The modern nanotechnology receptions allow receiving advanced composites of silicate matrix of thermal-moisture hardening the low-power technology today. The aerated complex activated composites on the silicate matrix are made by casting technology. A distinctive feature of aerated composites is that their properties according to the basic physical and mechanical parameters exceed of the properties of the silicate matrix.

The technological features of obtaining effective aerated composites on silica matrix of thermal-moisture hardening set out.

Keywords: *porization, lime-silica composites of thermal-moisture hardening, low-power technology, complex activation.*

1. Introduction. Traditionally the silicate materials are produced by energy-intensive autoclave technology. The basis of this technology is Michaelis W. development by patent # 14195 05.10.1880.

The modern nanotechnology processes allow today to receive progressive composites on the silicate matrix of thermal-moisture hardening according to the low-power technology. Aerated complex activated composites on the silicate matrix are made by casting technology. A distinctive feature of aerated composites is that their properties according to the basic physical and mechanical parameters exceed the properties of the silicate matrix.

At the autoclaves conditions there is activation of crystalline quartz, associated with increased silica solubility. The tendency of minimizing the dissolved lime component in the binder is observed simultaneously. These processes are determined by the peculiarities of chemical thermodynamics of lime and quartz. With higher temperature the solubility of lime decreases, although the rate of dissolution increases and the solubility of crystalline quartz increase [1]. In this case, one of the tasks was to minimize the lime in the composition to reduce the destructive processes. The consequence of

these processes was the need to minimize the lime content to its complete binding hydrous calcium to reduce the destructive phenomena.

A large number of research works were devoted to the creation of the desired phase composition of hydrosilicates calcium (GSK). These research works were carried out mainly towards the synthesis of tobermorite, which is formed by minimizing the lime content up to its full bonding. However, the presence of some types of highly basic GSK type hillebrandite, foshagite in the material determines its high frost, air and carbonation resistance under operating conditions [1].

The critical problem of the modern material science is the development and implementation of alternative energy-saving composite binders on nanotechnology and description of the mechanisms of hydration processes at different levels, including nanolevel. The first attempts, to link the mechanical properties of materials with their crystal structure, were made by Griffiths [2].

Many results of works in recent years have shown that for the activated lime-silica composites the presence or absence of any mineral is not exclusive prerequisite for certain physical and mechanical properties [3]. More important factor may be the sizes of the particles of raw mix neoplastic morphology and character of the connection between them. The reactivity mixture, changing of temperature of polymorphic transformations, solubility and kinetics of the displacement in the chemical balance in one direction or another are also connected with the particle size (Le Chatelier). It was found that the properties of ultrafine particles differ in particulate chemical content properties.

The modern nanotechnology receptions allow realizing the effects of the impact of the ultrafine fraction particles. The complex multi-step activation of multicomponent mixtures is used in the research work.

Sufficiently extensive researches of the activation of dispersed particles show the positive effects to the properties of various types of defects, dislocations, etc. It is thermodynamically unstable contacts which can have high strength.

2. Nanotechnology receptions of producing the complex activated composites on silicate matrix. Developed by the authors the complex activation includes the continuous loop of the different types and methods of activation: mechanical, chemical and thermal [4]. Each type of activation is accompanied by effects which create the conditions for the possibility of subsequent type of activation.

The result of the complex activation is the formation of linear defects, dislocations and point positions and substitutions. Furthermore, there may be angle change between the bonds and the appearance of dangling bonds, which leads to the formation of free radicals in the crystals with covalent bonds and the amorphization for molecular crystals.

Each type of activation will be caused by the prevalence of any type of deformations of the solid phase structure. The differences will be responsible for the nature and kind of dislocations with allowance for the extent and duration of external and internal influences.

2.1. Mechanical activation. Mechanical effects in the dispersion medium speed mixer activator provide mechanochemical activation of crystalline quartz surface. The term “mechanochemical reaction” was introduced by W.Ostwald in 1891.

Mechanochemical activation is carried out to the special properties of the newly formed surfaces, especially changing the local chemical and phase content of solids, as well as their aggregate state of under the influence of mechanical effects of high intensity [5].

As nanotechnology reception the mechanochemical activation reduces the viscosity of 3 or more dispersed system containing lime [4, 6]. This effect of viscosity reducing was used to compensate the increased water demand of the mixture introducing the composite porous opal-cristobalite rocks and using the activation of the binder together with the fine aggregate.

2.2. Thermal activation. Using as a binder quick lime promotes the “inner activation” of dispersed system under an elevated temperature $T = 40 \div 60^\circ\text{C}$, the formation of multiple point contacts in the dislocation fields are appeared and the conditions for the hydration hardening unrelated in hydrous calcium lime are created.

External thermal activation occurs in conditions of thermal-moisture treatment. In such conditions at $T = 85^\circ\text{C}$ contradiction is canceled, which is connected with the increasing the quartz solubility and decreasing lime solubility with increasing its dissolution. In addition, the increase of pH system causes to create favorable conditions for longevity growths GSK during the operational phase when $11.5 \leq \text{pH} \leq 12.5$.

2.3. Chemical activation. According to E. Avvakumov's works [7] with the presence of water in the inorganic solid-phase system “method of soft mechanochemical synthesis” is happened. To obtain composite oxides from the simple oxide hydroxides are used as the starting components one of which is characterized by acidic, the other one is characterized by basic properties. By means of the neutralization reaction the intensification of the processes takes place. In addition, in such system the conditions for the hydrothermal processes are created.

The acid activation occurs by introducing the amorphous-crystalline silica, alkaline activation – the introduction of increased amounts of lime; it raises pH. The replacement of ground quartz sand in the binder by opal-cristobalite rocks enhances to increase frost and water resistance of the silicate matrix while reducing its density matrix to 20-25%.

Moreover, the presence of opal-cristobalite rock in the dispersion causes formation of nanoscale in the GSK pores of these rocks; in this case they are “nanoreactor”; which walls restrict the growth of neoplasm. Also, the presence of particles of porous rocks with different dispersion binder allows adjusting the speed and reaction kinetics of hydration [8].

The use of quick lime determines the possibility of using high modulus liquid glass as one of the alkali addition, so the temperature rise on the forming stage allows regulating rapid setting of such mixture.

Alkali and alkali-containing additives increase the thermodynamic instability of systems by shifting the equilibrium caused by the formation of additional defects on the surface of silica-containing components. Alkali-containing additives are capable to aeration of mixtures under the certain conditions [9, 10].

In this work, the low-temperature aeration of concrete during introduction of the activation to the mixture for the silicate matrix by liquid glass additives $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 + m\text{H}_2\text{O}$ and sodium hydroxide NaOH was provided.

3. Experimental. In this study, one of the objectives is to identify local laws of formation of structure and properties of the aerated complex activated composites on the silicate matrix of thermal-moisture hardening in order to establish and use in practice the most effective and cost-effective methods of nanotechnology in the production process.

To analyze the possibilities of the regulation of the structure and properties of the aerated composites on the silicate matrix six factorial field experiments according to the 24-point plan, such as “triangles on the cube” type MTQ was carried out [11]. In the plan three mixed factors and three independent ones of the content vary simultaneously. As three mixed factors the surface area of tripoli as the component of lime-silica binder at levels was fixed: $v_1 - S_{\text{sp}1} = 400 \text{ m}^2/\text{kg}$, $v_2 - S_{\text{sp}2} = 500 \text{ m}^2/\text{kg}$, $v_3 - S_{\text{sp}3} = 600 \text{ m}^2/\text{kg}$. As three independent factors in the experiments the content of alkali-containing additives were varied: $x_4 - \text{NaOH} - (0.5 \div 1) \%$, $x_5 - \text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 + m\text{H}_2\text{O} - (1 \div 5) \%$ and gypsum additives $x_6 - \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} - (2 \div 4) \%$.

According to the experiment results ES model is calculated, which allowed to estimate the effect of alkali-containing additives and the specific surface area of tripoli on the properties and characteristics of the structure of aerated composites on silicate matrix.

The computation experiment has showed that the factor which has the greatest influence to the properties is the specific surface area of tripoli. Due to the synergistic action of alkali additives and liquid glass, taken in optimal ratios for each property and given S_{sp} of Tripoli, the aeration of the mixture is achieved, which lowers the density and high values of the properties: compressive strength R_b [MPa], bending strength R_{btb} [MPa], water resistance (coefficient of softening) k_s , crack resistance (critical coefficient of stress intensity) k_{lc} [$\text{MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$], heat conductivity (coefficient of heat conductivity) λ [$\text{Wt}/\text{m}\cdot\text{K}$], frost resistance F [cycles]. The introduction of additives of alkali and liquid glass increases the volume of the mixture to 1.2÷1.4 times. The density of the composite varies from 1300 to 1500 kg/m^3 , which is 17÷23% lower than the density of the matrix material and 25÷30% lower than the density of autoclaved silicate brick.

4. Results and discussion. According to the experimental results the experimental-statistical (ES) models were calculated. By ES models of optimal values of quality criteria and compositions of mixtures have been installed. Compressive strength R_b varies from 12 to 18.5 MPa, i.e. 1.5 times, and it is in the range of changing of the matrix material strength. Maximum strength is greater than 18 MPa, it is obtained for compositions which are contain 5% of liquid glass, 0.5% alkali, and 4% gypsum, $S_{sp}=400$ m^2/kg of tripoli, the same strength of the silicate matrix is obtained on tripoli with $S_{sp} = 500$ m^2/kg .

According to the ES model (1) the coefficient of heat conductivity λ of aerated composites under the influence of all six factors varies, 1.9 times, from 0.28 to 0.54 $\text{Wt}/\text{m}\cdot\text{K}$. The minimum value of the t heat conductivity coefficient $\lambda = 0.28$ $\text{Wt}/\text{m}\cdot\text{K}$ is obtained on the contents which contain 0.5% NaOH and 1% liquid glass, a mixture of tripoli particles with a specific surface $S_{sp}=400$ and $S_{sp}=600$ m^2/kg in equal ratio and gypsum additive 4% (Fig. 1a).

Softening coefficient is varied by k_s 0.81÷1. The softening factor has another impact of additives. The values $k_p \geq 0.95$ were obtained with the content 0.75% NaOH and 5% liquid glass on specific surface of tripoli $S_{sp}=400$ m^2/kg and the gypsum additive content (Fig. 1b).

Frost resistance of aerated materials is 25-30 cycles that is lay within the changes frost resistance of matrix material – F25-50. The maximum value of the frost resistance of aerated composites were obtained on $S_{sp}=400$ m^2/kg , and the content of additives gypsum is 4%. The similar values of frost resistance of silicate matrix were obtained in the mixture of tripoli particles $S_{sp}=400$ and $S_{sp}=600$ m^2/kg in equal proportions and gypsum content 2.5%.

The critical coefficient of stress intensity k_{lc} under the influence of all factors varies by 1.8 times, from 0.91 to 1.64 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$. S_{sp} tripoli acts on k_{lc} . According to the ES models, taking into account the quantities of S_{sp} tripoli, which provide maximum and minimum values k_{lc} , the ratio $\delta k_{lc} = k_{lc}^{\text{max}}/k_{lc}^{\text{min}}=1.1\div 1.47$ time was calculated.

The maximum values of the critical stress intensity factor $k_{lc}=1.64$ $\text{MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ of aerated composites are equal to k_{lc} of matrix material and the minimum value $k_{lc} = 0.91$ $\text{MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ of aerated composites are twice as k_{lc} of the matrix material [12]. In this case, the maximum and minimum values k_{lc} for porous composite and the matrix material were obtained at the different values of tripoli S_{sp} . Thus, maximum k_{lc} for aerated composites was obtained on $S_{sp}=600$ m^2/kg , and for the matrix material – on the mixture $S_{sp}=400$ and $S_{sp}=600$ m^2/kg with an equal ratio, that may be associated with different particles density in the volume and cramped conditions of aerated.

The visualization of ranges of property changes under the influence alkali-containing additives and the specific surface area of tripoli is shown in Fig. 2.

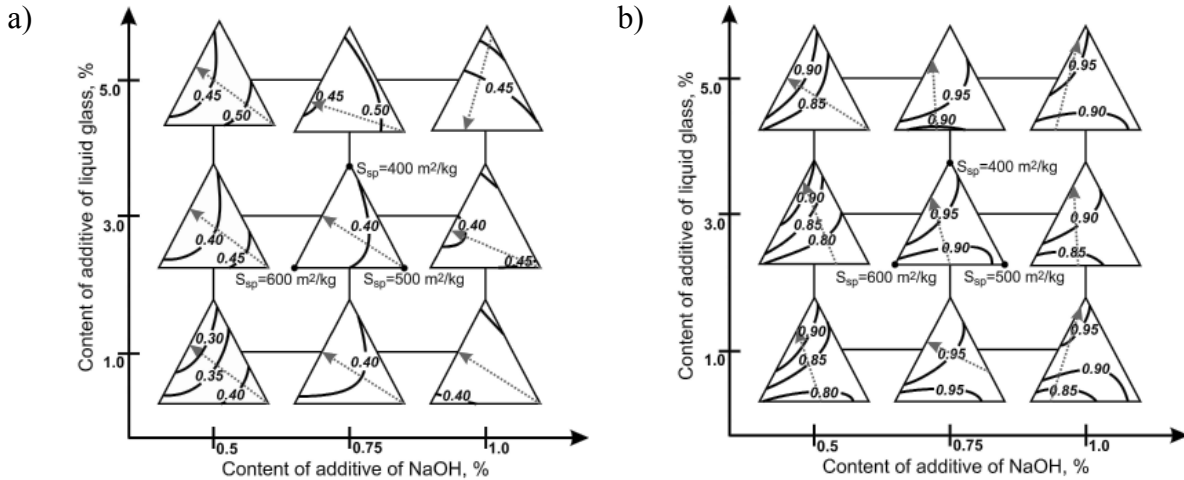


Figure 1 - The influence of additives NaOH and liquid glass on coefficient of heat conductivity λ (a) and softening coefficient k_s (b) an for a fixed value additive of gypsum

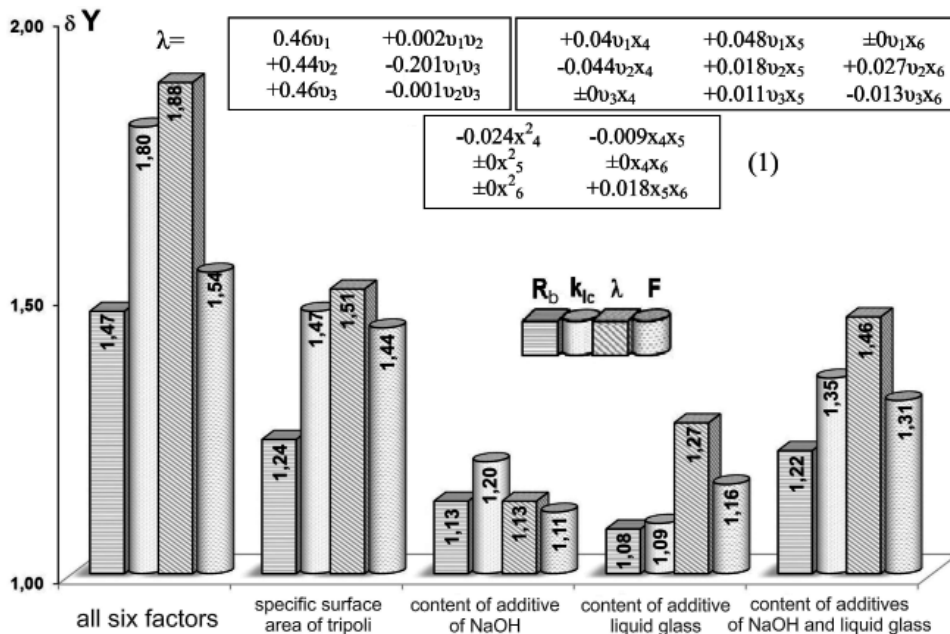


Figure 2 - The relative influence of the studied factors and their interactions on the change of properties

Thus, changed conditions of structure formation by introducing alkali-containing additives promoting aerated, predetermine the introduction of tripoli with a specific surface area, which may be connected, in this case, with the formation of the matrix structure in “straitened circumstances” of interporous partitions. For obtaining optimal compositions of porous composites, introducing alkali-containing additives they condition the necessitate of changes S_{sp} of tripoli and adjustment of the content of gypsum additives compared with the optimal composition of the silicate matrix at constant quantitative content of other components for the mixture and the conditions of their hardening.

This change of the properties is associated with the change of structural parameters of porous composites under the influence of alkali-containing additives and S_{sp} of tripoli.

To analyze the impact of the structure characteristics on the properties the ES models of change of total, open and closed porosity and parameters of capillary porosity: d_k and α_k were calculated. The content of closed pores can be increased by reducing the content of open pores 1.7 times.

The total porosity can be increased to 30%. The average size of the capillaries d_k is changed in 4.3 times, the coefficient of distribution uniformity according to their size α_k – in 2.3 times.

In the next phase of research using the computational experiments [8] according to ES models, the comparative analysis of property changes and the structure characteristics of the silicate matrix and aerated composites based on the isoparametric conditions at the constant total porosity $P_{tot} = \text{const} = 40\%$ was carried out.

It was found that at the constant total porosity $P_{tot} = \text{const} = 40\%$ the aerated composites are characterized by $k_{lc} = 1.2 \div 1.35 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{-0.5}$, that 1.5 \div 1.7 times higher and the coefficient of heat conductivity is 1.8 \div 2.8 times lower than at the matrix material, the softening coefficient is $k_s \geq 0.95$ (Fig.3a).

This improvement is connected with change of the structure parameters. Thus, at the aerated composites comparing with the silicate matrix the ratio of the open and closed pores is reduced 3.5 times, the average size of the capillaries relative d_k from 1.2 to 0.35 is reduced more than 3 times. A similar comparative analysis of property changes and structure characteristics of the silicate matrix and aerated composites based on isoparametric conditions was carried out at $R_b = \text{const} = 15.0 \text{ MPa}$ (Fig.3b).

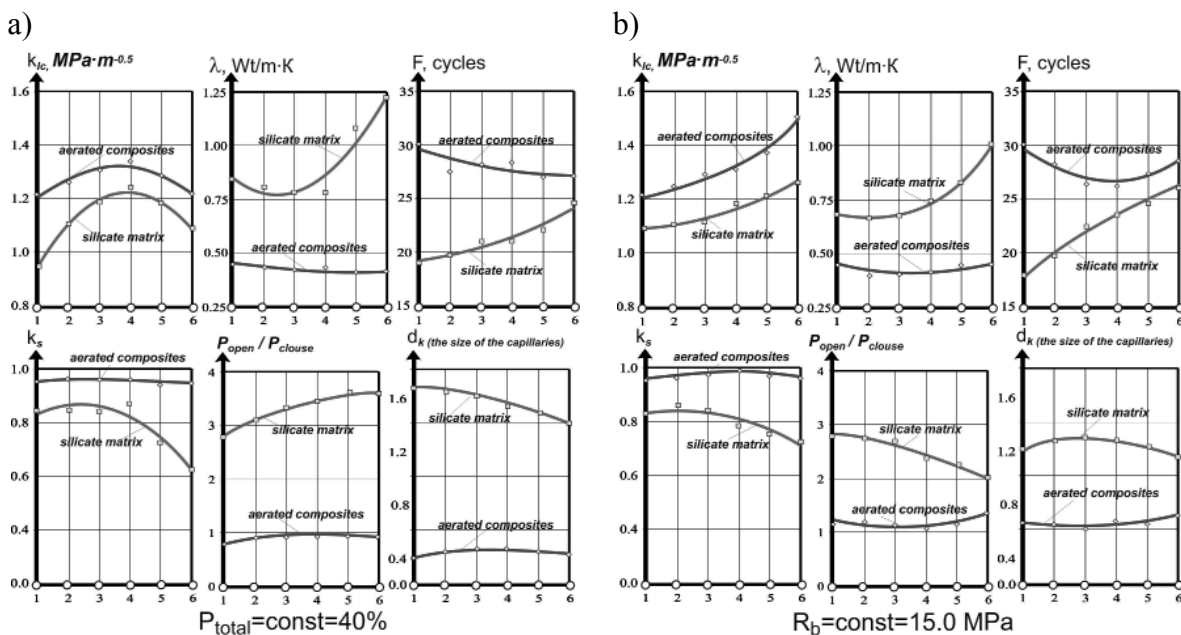


Figure 3 - The comparative analysis of the changes in the properties and characteristics of the structure of the silicate matrix and of aerated composites on based it under isoparametric conditions: $P_{tot} = \text{const} = 40\%$ (a) and $R_b = \text{const} = 15.0 \text{ MPa}$ (b).

Under these conditions, the levels of the properties and their variation intervals vary: λ is decreased 1.5 \div 2 times, $k_s = 1.0$, $k_{lc} = 1.1 \div 1.45 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{-0.5}$, it confirms the ambiguous influence P_{tot} on R_b ; R_b is determined not only by the total porosity, but also a variety of other characteristics of the structure.

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

The optimization problem was to obtain the aerated composites on the silicate matrix, which physico-mechanical properties were above the properties of the silicate matrix.

The isoparametric analysis while retaining $R_b = \text{const} = 15 \text{ MPa}$ and $P_{\text{tot}} = \text{const} = 40\%$ showed that the ranges of other properties and structure parameters are significantly reduced: $\delta\lambda = 20\%$, $\delta R_{\text{btb}} = 18\%$, $\delta k_s = 6\%$, $\delta k_{\text{lc}} = 7\%$, $\delta P_{\text{tot}} = 10\%$, $\delta \alpha_k = 5\%$ with aerated composites simultaneously with two properties of specified level (R_b и P_{tot}).

Table 1

The changing of the properties and structure parameters of aerated composites in isoparametric conditions $P_{\text{tot}} = \text{const} = 40\%$ and $R_b = \text{const} = 15,0 \text{ MPa}$

	Main properties and structure parameters of aerated composites	Specific surface area of tripoli S_{sp} [m ² /kg]		
		$S_{\text{sp}} = 400$	$S_{\text{sp}} = 500$	$S_{\text{sp}} = 600$
1	Compressive strength R_b [MPa]	constant 15 MPa		
2	Total porosity P_{tot} [%]	constant 40 %		
3	Bending strength R_{btb} [MPa]	2.45	2.75	2.98
4	Coefficient of softening k_s	1.00	0.94	0.94
5	Critical coefficient of stress intensity k_{lc} [MPa·m ^{-0.5}]	1.31	1.28	1.37
6	Coefficient of heat conductivity λ [Wt/m·K]	0.42	0.43	0.43
7	Frost resistance F [cycles]	28	27	29
8	Ration open and closed porosity	1.47	1.24	1.48
9	Average size of the capillaries α_k	0.55	0.53	0.56
10	Coefficient of uniformity of distribution of capillaries size d_k	0.58	0.72	0.60

Changes of $\delta\lambda$, δR_{btb} , δk_s , δk_{lc} associated with the presence of a mixture of tripoli different specific surface of tripoli, which confirms its significant influence on the formation of the structure as a silicate matrix and of porous composites based on it (table.1).

5. Conclusions. The mechanism of formation structure and properties of complex activated lime-silica mixture, modified by the filler in the form of tripoli on quick lime was proposed.

It is shown that the particles of tripoli contribute to seal structure of silicate matrix and the formation of discontinuous structure of capillaries, including its own microporosity. Furthermore, due to the high sorption capacity the tripoli pores can be the matrix from ultrafine size hydrosilicates, which properties differ from the properties of the calcium hydrosilicates formed in the mixture free space. It contributes to obtain the aerated composites with high physical and mechanical properties.

Thus, the structure modification of the silicate matrix by using quicklime, alkali-containing additives, and tripoli predetermined specific surface area, allows adjusting the levels of the properties and structure parameters of the aerated composites on silicate matrix in a wide range.

According to the results of optimization the contents are recommended which allow to get aerated composites on the silicate matrix given grades of strength, heat conductivity and frost resistance: compressive strength $R_b = 10 \text{ MPa}$, 12.5 MPa , density $\rho = 1300 \div 1400 \text{ kg/m}^3$, frost resistance F_{25} , heat conductivity $\lambda = 0.30 \div 0.40 \text{ Wt/m} \cdot \text{K}$, critical coefficient of stress intensity $k_{\text{lc}} \geq 1 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{-0.5}$, coefficient of softening $k_s \geq 0.9$.

REFERENCES

1. Babushkin V.I., Matveev G.M., Mchedlov-Petrosyan O.P. Thermodynamics of silicates. Moscow: Stroyizdat, 1986. – 407p.
2. Rebinder P.A., Uriev N.B. Surface phenomena in disperse systems. Physico-chemical mechanics. Selected Works of Rebinder P.A. Moscow: Nauka, 1979. – 384p.
3. Shinkevich E., Lutskin E. et al. The Influence of Modification of the Structure of Silicate Materials on Their Properties After Non-autoclaved Hardening. In: Proc. of the 8th Int. Symp. Brittle Matrix Composites 8. Warsaw 2006., 517-525.
4. Shinkevich E. Development of scientific foundations of lime -silica composites autoclave curing. Thesis (D.Sc. in Eng.). Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, 2008. – 32 p.
5. Butt Y.M., Sychev M.M., Timashev V.V., Chemical technology of binders. Moscow: Higher School, 1980. – 327p.
6. Shinkevich E., Lutskin E. The Influence of Structure Modification of Silicate Materials after Hardening in Non-autoclave Conditions on Their Coefficient of Heat Conductivity. In: Proceeding of International Conference Alkali Activated Materials – Research, Production and Utilization. Prague, June 2007, 621-635.
7. Avvakumov E.G., Senna M., Kosova N., Soft W. Mechanochemical Synthesis a Basis for New Chemical Technologies. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2001. – 216p.
8. Lutskin E., Shinkevich E. Relationship between microstructure and properties of silicate composites on the basis of activated lime-silica binder. In: Ángel Palomo, Aniceto Zaragoza and Juan Carlos López Agüí, ed. 13th International Congress on the Chemistry of Cement, Madrid 3-8 July 2011. Madrid: Los Autores, 359.
9. Gluhovskij V.D., Runova R.F., Maksunov S.E. Binders and composite materials of contact hardening. Kiev: Budivel'nik, 1991. – 242p.
10. Kryvenko P.V., Pushkareva E.K. Durability of slag-alkaline concrete. Kiev: Budivel'nik, 1993. – 224p.
11. Voznesenskiy V., Lyashenko T., Ivanov J., Nikolov I. Computer and optimization of composite materials. Kiev: Budyvel'nik, 1989. – 240p.
12. Shinkevich E., Zaytsev Y., Lutskin E. et al. Structural durability, deformation properties and fracture mechanics parameters of advanced silicate materials. In: Proceeding of the 2nd International Conference on Microstructural-related Durability of Cementitious Composites, 11-13 April 2012, Amsterdam, The Netherlands. 244-252.

УДК 666.965:661.683.3:519.2

**КОМПЛЕКСНО АКТИВИРОВАННЫЕ ПОРИЗОВАННЫЕ КОМПОЗИТЫ
ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОГО ТВЕРДЕНИЯ НА СИЛИКАТНОЙ МАТРИЦЕ**

/ Шинкевич Е.С., Луцкий Е.С., Бондаренко Г.Г., Койчев А.А. /

Современные нанотехнологические приемы позволяют сегодня получать композиты на силикатной матрице тепловлажностного твердения на основе ресурсосберегающих технологий. Поризованные комплексно активированные композиты на силикатной матрице получены по литьевой технологии. Отличительной особенностью поризованных композитов является то, что их физическими и механическими свойствами превышают свойства силикатной матрицы.

Ключевые слова: поризация, известково-кремнеземистые композиты тепловлажностного твердения, малоэнергоемкие технологии, комплексная активация.

УДК 666.965: 661.683.3: 519.2

КОМПЛЕКСНО АКТИВОВАНІ ПОРИЗОВАНІ КОМПЗИТИ ТЕПЛОВОЛОГІСНОГО ТВЕРДНЕННЯ НА СИЛІКАТНІЙ МАТРИЦІ

/ Шинкевич О.С., Луцкин Є.С., Бондаренко Г.Г., Койчев А.А. /

Сучасні нанотехнологічні прийоми дозволяють сьогодні отримувати композити на силікатній матриці тепловлажностного твердіння на основі ресурсозберігаючих технологій. Поризовані комплексно активовані композити на силікатній матриці отримані по литтевий технології. Відмінною особливістю поризованих композитів є те, що їх фізичними і механічними властивості перевищувати властивості силікатної матриці.

Ключові слова: поризація, вапняно-кремнеземисті композити тепловлажностного твердіння, малоенергоємних технології, комплексна активація.

КЕРАМІКА

КЕРАМИКА

CERAMICS

УДК 666.7

*Ляліна Н.П., кандидат технічних наук, доцент,
Херсонський національний технічний
університет, м. Херсон,
73008 м. Херсон, Бериславське шосе, 24
тел.: +38(0552) 32-69-09
e-mail: kntu@kntu.net.ua*

НАПРЯМКИ ЗАСТОСУВАННЯ ВІДХОДІВ РОСЛИННИЦТВА У ВИРОБНИЦТВІ КЕРАМІЧНОЇ ЦЕГЛИ

Дано аналіз доцільності застосування відходів сільського господарства – рослин коноплі як армуючого компоненту при пластичному формуванні та сушінні керамічної цегли, палевовмісної та вигоряючої добавки при випалі, що зменшує питомі витрати природного палива та підвищує теплофізичні характеристики виробів.

***Ключові слова:** цегла керамічна, відходи рослинництва, армування волокнисте, добавка вигоряюча, формування, випал, паливо, структуроутворення.*

Вступ

Розвиток виробництва керамічної цегли, що традиційно займає вагоме місце серед будівельних матеріалів, пов'язаний з розширенням сировинної бази із застосуванням техногенної сировини [1,2].

Одним із потенціальних різновидів техногенної сировини для виробництва будівельних матеріалів, в тому числі керамічної цегли є відходи сільського господарства, понад третина яких перепадає на відходи рослинництва.

За прийнятою класифікацією відходи рослинництва за агрегатним станом відносяться до твердих, за матеріалоемністю – до багатотоннажних, за напрямками наступного використання – як паливо, як сировина для виробництва продукції технічного призначення [3].

При цьому привертають до себе увагу коноплі як технічна культура, що здатна накопичувати значну біологічну масу порівняно з іншими культурами. Встановлено, що вміст волокна в сучасних сортах безнаркотичних конопель становить 30-35%, костриці - 65-70%. При врожайності стебел 7,0-9,0 т/га одержується костриці - 5,3 т та конопляного волокна 2,8 т. Нові дані про властивості сучасних безнаркотичних конопель, впровадження ефективних методів їх переробки з використанням усіх складових компонентів стебла конопель визначають доцільність відповідних інновацій щодо виробництва будівельних композиційних матеріалів, зокрема керамічної цегли.

Волокнисті відходи як фактор структуроутворення цегли

Науковою школою фізико-хімічної механіки дисперсних структур, розвиненою трудами українських вчених, утверджені уявлення про послідовність процесів коагуляційного, конденсаційного і кристалізаційного структуроутворення керамічних мас і виробів у технологічному циклі виробництва [4-7]. На розвиток цих поглядів сформульовано принципи технології пластичного формування керамічних виробів на стрічкових пресах [8-10],

проаналізовано процеси термічної обробки при сушінні та випалі кераміки з сировини різного хіміко-мінералогічного складу.

Основним способом формуванням керамічної цегли є пластичне формування на стрічкових вакуум-пресах (рис. 1).

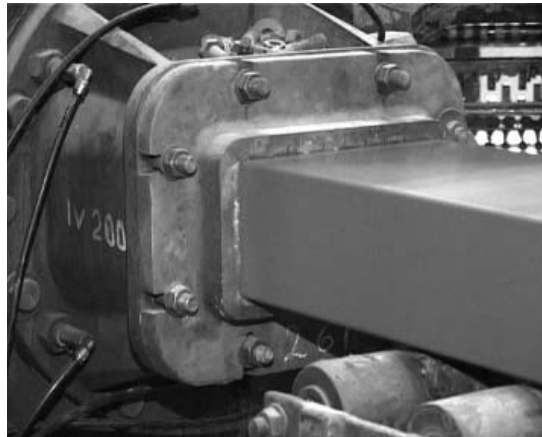


Рисунок 1 - Пластичне формування цегли на стрічковому вакуум-пресі.

Продуктивність роботи пресу та якість напівфабрикату залежать від хіміко-мінералогічного та шихтового складу формувальної маси, який визначається співвідношенням глинистих компонентів різного ступеню пластичності та дисперсності, що суттєво впливає на структурно-механічні та реологічні характеристики.

В цьому зв'язку волокна конопель, введені до складу шихти на основі бінарної дисперсної системи глина-суглинок або системи глинисті-опіснювач, здатні відігравати функцію армуючого компоненту, що сприяє:

- на стадії формування - підвищенню міцності та деформаційній стійкості цегли-сирця;
- на стадії сушіння – зміні кінетики тепло- масообміну і зменшенню порушень суцільності (трещиноватості) матеріалу.

Вказані позитивні ефекти особливо важливі при реалізації технології жорсткого формування цегли [11].

Енергетичні характеристики відходів рослинництва плідно використовуються для виготовлення різновидів біопалива [12]. Так, конопель за теплотворною здатністю менша ніж природний газ або кам'яне вугілля, але не поступається або перевищує аналогічні показники для ряду різновидів палива, зокрема деревини та торфу (табл. 1).

Таблиця 1

Енергетичні показники різновидів палива

Енергетичний показник	Безнаркотичні коноплі	Кам'яне вугілля	Деревина	Торф
Теплотворна здатність, ккал/кг	3760	6500	2750-3300	3000

Структурування керамічної цегли при випалі потребує суттєвих витрат теплової енергії, необхідної для реалізації фізико-хімічних процесів фазових перетворень породують мінералів вихідної сировини. При цьому витрати технологічного палива

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

в залежності від характеристик вихідної сировини та типу печі становлять від 200 до 300 кг ум.п на 1 тис. шт.ум. цегли. В цьому контексті добавки конопель до шихти можуть в процесі випалу відігравати роль альтернативного палива, зменшуючи питомі витрати природного газу, вугілля або мазуту.

Нарешті, вигоряючи в процесі випалу, добавки конопель здатні сприяти зменшенню густини кераміки, збільшенню пористості – головним чином закритої та зменшенню таким чином теплопровідності - підвищенню теплозахисних показників цегли і споруд з неї.

Висновки

Подані дані аналітичних і експериментальних досліджень вказують на техніко-економічну доцільність застосування відходів рослинництва, зокрема безнаркотичних конопель для впливу на процеси структуроутворення, оптимізації технологічних параметрів виробництва керамічної цегли, зменшення питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів, зменшення масоємності та поліпшення теплофізичних характеристик цегляних споруд різного призначення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Комплексное развитие сырьевой базы промышленности строительных материалов / И.Б. Удачкин, А.А. Пашенко, Л.П. Черняк и др. — К. : Будівельник, 1988. — 104 с.
2. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие. - Ростов н/Д: Феникс. - 2007. - 363 с.
3. Голубев И.Г., Шванская И.А., Коноваленко Л.Ю., Лопатников М.В. Рециклинг отходов в АПК: справочник. — М.: ФГБНУ «Росинформ-агротех», 2011. – 296 с.
4. Ничипоренко С.П. Физико-химическая механика дисперсных структур в технологии строительной керамики / С.П. Ничипоренко. — К. : Наук. думка, 1968. — 76 с.
5. Урьев Н.Б. Физико-химическая механика в технологии дисперсных систем / Н.Б. Урьев. — М. : Знание, 1975. — 60 с.
6. Круглицкий Н.Н. Основы физико-химической механики / Н.Н. Круглицкий. — Ч. 1. — К. : Вища шк., 1975. — 268 с.
7. Черняк Л.П. Критерії вибору сировини для сучасного виробництва будівельної кераміки / Л.П. Черняк // Строительные материалы и изделия. — 2003. — № 1. — С. 2—4; № 2. — С. 6—8.
8. Шлевин Д.Н. Вязко-пластическое течение глинистых масс в ленточных пресах / Д.Н. Шлевин // Конструктивная и облицовочная керамика. — К. : Госстройиздат УССР, 1963. — С. 26—47.
9. Ничипоренко С.П. О формовании керамических масс в ленточных пресах / С.П. Ничипоренко, М.Д. Абрамович, М.С. Комская. — К. : Наук. думка, 1971. — 75 с.
10. Быхова А.Ф. О выборе технологии производства керамических масс / А.Ф. Быхова, С.П. Ничипоренко, В.В. Хилько.—К.Наук. думка, 1980.—50 с.
11. Тарасевич Б. П. Оптимальные варианты производства кирпича (моделирование схемы жесткого формования) // Строительные материалы, 1994. - № 6. - с. 3.
12. Анискин В.И., Голубкович А.В. Перспективы использования растительных отходов в качестве биотоплив. - Теплоэнергетика, 2004. - № 5. - С. 60.

УДК 666.7

**НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ РАСТЕНИЕВОДСТВА
В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА**

/ Лялина Н.П. /

Приведен анализ целесообразности использования отходов сельского хозяйства – растений конопли в качестве армирующего компонента при пластическом формовании и сушке керамического кирпича, топливосодержащей и выгорающей добавки при обжиге, что уменьшает удельные затраты природного топлива и повышает теплофизические характеристики изделий.

Ключевые слова: кирпич керамический, отход растениеводства, армирование волокнистое, добавка выгорающая, формование, обжиг, структурообразование.

UDC 666.7

**DIRECTIONS OF UTILIZATION OF PLANT-GROWER WASTES
IN THE CERAMIC BRICK PRODUCTION**

/ Lyalina N.P. /

An analysis of the feasibility of using agricultural waste - plant hemp as a reinforcing component in plastic forming and drying of ceramic bricks, and a burnable fuel- additives during firing, which reduces the unit costs of fossil fuels and improves thermal characteristics of products are shown.

Keywords: ceramic brick, plant-grower wastes, re-enforcement fibred, addition burning down, forming, burning, structure formation.

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ ДО ПУБЛІКАЦІЇ

Звертаємо Вашу увагу на те, що наукові статті згідно з вимогами ДАК повинні мати такі структурні елементи:

1. Постановка проблеми. **2.** Аналіз останніх досліджень та публікацій. **3.** Формулювання цілі статті.

4. Виклад основного матеріалу. **5.** Висновки. **6.** Список літератури (згідно з ДСТУ ГОСТ 7.1:2006).

До розгляду приймаються статті або доповіді обсягом до 6 повних сторінок українською, російською або англійською мовою виключно в електронному вигляді (CD, e-mail) в редакторі MS Word.

НАЗВА ФАЙЛУ - ПРИЗВИЩЕ АВТОРА.

Також додається копія статті у форматі pdf поліграфічної якості.

Індекс УДК друкують окремим рядком у верхньому правому кутку.

Анотацію українською мовою подають перед текстом статті. Анотацію англійською та російською мовами подають після списку літератури. Обсяг анотацій – не більше 60 слів. Після анотацій **ОБОВ'ЯЗКОВО** вказують ключові слова (не більше, ніж 8) кожною мовою.

Формат аркушу А4 (210x297мм). Орієнтація книжна. Поля зверху, знизу, зліва і справа 22 мм.

Гарнітура Times New Roman; шрифт: заголовок – 14, текст – 12. Абзац 1,2 см. Міжрядковий інтервал одинарний.

Рисунки надсилаються окремими файлами; назва файлу – порядковий номер рисунка у статті. Формати рисунка: tiff, pdf, eps, cdr, jpeg. Кольорова модель – відтінки сірого або ч/б палітра, роздільна здатність не менше 300 dpi. Рисунки, створені у програмах Excel, Visio Drawing, WordPad, CorelDRAW імпортуються у файл Word за допомогою меню Вставка/Об'єкт, щоб забезпечити можливість трансформації. Рисунки, створені за допомогою засобів Word, групуються та повинні бути доступними для виправлення.

Підписи рисунків:

Рисунок 1 - Назва рисунка

Підписи таблиць:

Таблиця 1

Назва таблиці

ПРИКЛАД ОФОРМЛЕННЯ СТАТТІ **українською мовою**

УДК

*П.І.Б. автора, вчений ступінь, посада
Найменування організації, поштова адреса,
індекс
контактний тел. та e-mail автора*

НАЗВА СТАТТІ

Анотація.

Ключові слова:

Текст статті Текст статті Текст статті Текст статті Текст статті Текст статті Текст статті
Текст статті Текст статті Текст статті Текст статті Текст статті Текст статті Текст статті

ЛІТЕРАТУРА

Анотації російською та англійською мовами:

УДК

НАЗВАНИЕ СТАТЬИ

ФИО автора

Аннотация

Ключевые слова:

NAME OF ARTICLE

Name, Surname of autor

Abstract

Keywords:

***Автор статті несе відповідальність за наданий матеріал.
Будь-які вимоги до Оргкомітету щодо відповідальності та
відшкодування моральних або матеріальних збитків, спричинених через
помилково чи невірно внесені дані, виключаються.***

Підписано до друку 05.06.2015 р. Формат 60x84/8.

Ум. друк. арк.

Обл.-вид. арк.

Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Друк офсетний.

Наклад 250. Зам. №

04080, м. Київ, вул. Костянтинівська, 68

Державне підприємство «Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів «НДІБМВ»,

тел. +38(044) 425-37-75, 425-56-32

ТОВ «Задруга»

Св.-во ДК №2000 від 03.11.2004 р.

04080, м. Київ, вул. Фрунзе, 86, тел. +38(044) 239-19 77