



Шумаков И. В.



Казимагомедов И. Е.



Юнис Башир



Ассаад Мустафа

**Шумаков И. В.**, д. т. н., доцент.

зав. кафедрой технологии строительного производства,  
e-mail: shumakov.hisi@gmail.com, моб. тел.: +38 (097) 941-33-28  
Харьковский национальный университет строительства  
и архитектуры (ХНУСА), ул. Сумская, 40, г. Харьков, 61002,

**Казимагомедов И. Е.**, к.т.н.,  
доцент кафедры строительных материалов и изделий,  
e-mail: kazimagomedov.1957@mail.ru, моб. тел.: +38 (097) 992-46-03,  
Харьковский национальный университет строительства  
и архитектуры (ХНУСА), ул. Сумская, 40, г. Харьков, 61002,

**Юнис Башир**, к.т.н.,  
доцент кафедры строительной механики,  
e-mail: docbasheer01@gmail.com, тел. моб.: +38 (093) 661-04-94,  
Харьковский национальный университет строительства  
и архитектуры (ХНУСА), ул. Сумская, 40, г. Харьков, 61002,

**Ассаад Мустафа**, аспирант,  
e-mail: moustapha\_k88@hotmail.com, моб. тел.: +38 (093) 794-73-94,  
Харьковский национальный университет строительства  
и архитектуры (ХНУСА), ул. Сумская, 40, г. Харьков, 61002,

**Igor Shumakov, D.Sc,**

Head. the Department of construction technologies, e-mail:  
shumakov.hisi@gmail.com, +38 (097) 941-33-28,  
Kharkiv National University of Construction and Architecture,  
Str. Sumy, 40, Kharkov, 61002

**Kazimagomedov Ibrahim, Ph.D.,**  
assistant professor of building materials and products Department,  
e-mail: kazimagomedov.1957@mail.ru, +38 (097) 992-46-03,  
Kharkiv National University of Construction and Architecture,  
Str. Sumy, 40, Kharkov, 61002

**Basheer N. Younis., Ph. D.,**  
assistant professor of structural mechanics Department,  
e-mail: docbasheer01@gmail.com, +38 (093) 661-04-94,  
Kharkiv National University of Construction and Architecture,  
Str. Sumy, 40, Kharkov, 61002

**Asaad Moustapha, postgraduate student,**  
e-mail: moustapha\_k88@hotmail.com, +38 (093) 794-73-94,  
Kharkiv National University of Construction and Architecture,  
Str. Sumy, 40, Kharkov, 61002

## ПРИМЕНЕНИЕ МАГНЕЗИАЛЬНОГО БЕТОНА ДЛЯ ТОНКОСТЕННЫХ БЛОКОВ НЕСЪЕМНОЙ ОПАЛУБКИ

### ЗАСТОСУВАННЯ МАГНЕЗІАЛЬНОГО БЕТОНУ ДЛЯ ТОНКОСТІННИХ БЛОКІВ НЕЗІМНОЇ ОПАЛУБКИ

#### THE USE OF MAGNESIA CONCRETE FOR THIN BLOCKS OF PERMANENT FORMWORK

**Анотация.** Показана возможность и целесообразность использования магнезального вяжущего для изготовления пустотелых блоков несъемной опалубки при возведении объектов различного назначения. Получены результаты, характеризующие высокие прочностные параметры предложенных конструкций. Описана динамика изменения прочности во времени.

**Ключевые слова.** Магнезальное вяжущее, блоки несъемной опалубки, прочность.

**Анотація.** Показана можливість і доцільність використання магнезального в'язучого для виготовлення пустотілих блоків незімної опалубки при зведенні об'єктів різного призначення. Отримані результати, що характеризують високі параметри міцності запропонованих конструкцій. Описана динаміка зміни міцності в часі.

**Ключові слова.** Магнезіальне в'язуче, блоки незімної опалубки, міцність.

**Annotation.** The article deals the possibility and feasibility of using a magnesia astringent for the manufacture of hollow blocks of permanent formwork during the construction of various facilities. The results obtained are characterized by high strength parameters of the proposed designs. Describe the dynamics of changes in time of strength.

**Keywords.** Magnesia binder, blocks of permanent formwork, strength.

#### Постановка проблемы

При обеспечении современных теплозащитных требований толщина наружных стен зданий из традиционных материалов (кирпича, керамзитобетона) существенно уменьшается посредством применения эффективных керамических и ячеистых блоков. Существенным показателем являются также прочностные характеристики данных изделий. Однако, пенобетонные блоки, которые интенсивно применяются в последние годы, часто имеют недостаточную прочность, отклонения в размерах, характеризуются усадкой, сравнительно невысокой морозостойкостью. Кроме того, при создании такого производства требуются значительные финансовые и временные затраты.

В настоящее время актуальной является разработка систем ограждающих конструкций малоэтажного строительства, удовлетворяющих требованиям по прочности, долговечности, теплозащите и экономической эффективности. Сочетание данных параметров наблюдается в трехслойных конструкциях стен. В малоэтажном здании для таких стен может использоваться несъемная опалубка из кирпича, блоков и других мелкоштучных изделий, а также листовых материалов. При этом высокой эффективностью обладает сборно-монолитная конструкция из

блоков, изготавливаемых в заводских условиях из магнезального бетона, с заполнением внутренней полости теплоэффективным бетоном.

Магнезальное вяжущее – инновационный строительный материал с выраженными свойствами универсальности – высокие конструктивные и теплоизолирующие характеристики; негорючесть, долговечность, влагостойкость, экологичность, достаточные декоративные качества без необходимости дополнительной наружной и внутренней отделки [1]. Кроме того, материал производится из минерального сырья с возможностью использования существующего технологического оборудования и имеет конкурентоспособность при сочетании его высоких вяжущих свойств и совместимости практически с любыми видами заполнителей.

#### Анализ последних публикаций

В работе [2] отражены исследования по повышению водостойкости упомянутых конструкций, формированию структур твердения и свойств магнезальных вяжущих веществ, разработаны технологические принципы их рационального использования на основе природного и техногенного сырья.

Авторы работы [3] установили зависимость эффективности использования в строительстве магнезиального цемента от размеров кристаллов оксида магния. Требования к каустическому магнезиту проработаны в труде [4], а в европейском стандарте [5] изложены область применения, характеристики и требования к магнезиальным вяжущим и необходимость имплементации изложенных положений для 28 европейских государств. Работа [6] демонстрирует анализ современного рынка магнезиальной строительной продукции, опыт ее практического использования. Здесь отмечена необходимость повышения качества магнезиальных цементов для повышения водонепроницаемости и трещиностойкости изделий. Различные вопросы эффективности использования магнезитов приведены в исследованиях [7–12], где авторы обосновывают объективные потребности гражданского строительства в применении таких материалов.

При этом нами установлено, что в описанном проблемном поле недостаточно отражены аспекты исследований, касающиеся перспектив применения магнезиальных вяжущих для сборно-монолитного малоэтажного строительства.

### Цель исследований

Определить эффективность использования магнезиального вяжущего для изготовления несъемной опалубки в виде пустотелых блоков при малоэтажном строительстве.

### Изложение основного материала

Группа конструкций из магнолита (общее название камнеподобных материалов на магнезиальном вяжущем) обладает рядом важных достоинств, среди которых: высокая внутренняя адгезия практически ко всем видам органических и минеральных заполнителей, к бетонным, кирпичным, деревянным основаниям; консервирующие свойства, дающие возможность использовать техногенные заполнители; биологическая инертность; эффективность при производстве конструкций специального назначения для защиты от электромагнитного излучения. Это подтверждает, что у таких материалов есть перспективы применения в строительстве в странах, где сосредоточены большие запасы магнезиального сырья.

Эффективность несъемной опалубки для малоэтажного монолитного строительства давно известна. Предлагаемая несъемная опалубка в виде тонкостенных блоков на основе магнезиального вяжущего предназначена для возведения стен зданий. На сегодняшний день эта технология превосходит известные способы строительства по теплозащите, звукоизоляции, экологии, комфортности, простоте, долговечности, скорости и стоимости выполнения работ. С помощью такой несъемной опалубки можно возводить объекты гражданского и промышленного назначения. Особенно эффективно использовать данное решение на территориях с высокой сейсмичностью, в условиях сухого и жаркого климата, с недостаточно развитой базой стройиндустрии.

Авторами были проведены исследования по определению параметров эффективного использования магнезиального вяжущего для изготовления пустотелых блоков несъемной опалубки для малоэтажного строительства. Были изготовлены образцы – балочки 4x4x16 см с характеристиками вяжущего, указанными в табл. 1, 2. В качестве заполнителя применён гранотсев (Ц:З=1:3).

Для затворения магнезиального вяжущего использовали водные растворы  $MgCl_2$  с плотностью 1,125–1,220 г/см<sup>3</sup>.

Применение в производстве строительных материалов магнезиального вяжущего, затворяемого хлоридом магния, требует учета особенностей его гидратации и формирования структуры при твердении, обеспечивающих магнезиальному камню и изделиям на его основе необходимые свойства. При затворении вяжущего раствором соли в состав твердеющей смеси вводился активный компонент – хлорид магния, что увеличивает растворимость  $MgO$  и одновременно является составной частью кристаллизующихся новообразований.

По разным источникам кристаллогидраты имеют следующий вид:



Как видно из приведенных формул, наряду с хлоридом магния в состав кристаллизующихся новообразований входит большое количество воды (табл. 3).

В данном случае наряду с увеличением содержания воды увеличивалось и количество хлорида магния по отношению к вяжущему. Для данной системы оптимальное

Таблица 1

Химический состав магнезита каустического

MgO	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO	Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O
84,4	2,7	3,3	0,9	1,6	1,7

Таблица 2

Фазовый состав магнезита каустического

Периклаз	Шпинели	Силикаты
82-85	8-12	5-8

Таблица 3

Динамика изменения количества связанной воды в магнезиальном вяжущем

Количество связанной воды, % от массы вяжущего в процессе твердения, через:	
1 мес.	12 мес.
35	40

Таблица 4

Прочность при сжатии и изгибе образцов

Номер образца	Время (сутки)	MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O, %	Прочность при сжатии, кг/см <sup>2</sup>	Прочность при изгибе, кг/см <sup>2</sup>
1	7	20	90	42
2	14	20	140	65
3	28	20	245	93
4	7	30	133	56
5	14	30	210	103
6	28	30	390	132



Рис. 1. Испытание прочности балочки на изгиб

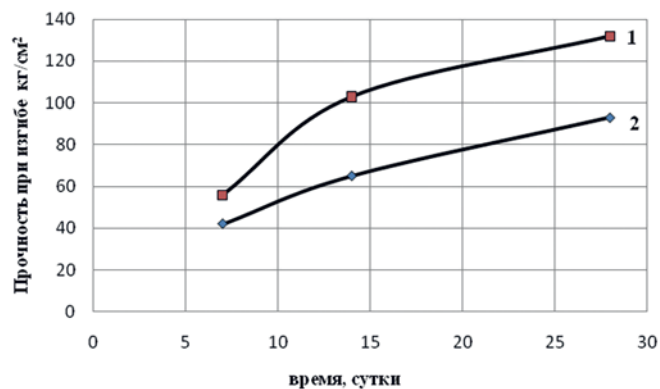


Рис. 2. Зависимость прочности при изгибе от времени при разных количествах  $MgCl_2$ : 1 – 30%  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ; 2 – 20%  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ .

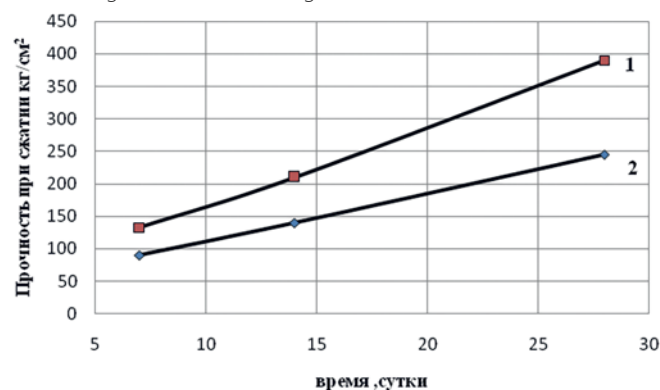


Рис. 3. Зависимость прочности при сжатии от времени при разных количествах  $MgCl_2$ : 1 – 30%  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ; 2 – 20%  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$

значение содержания хлористого магния составляло 20-30 г/100 г вяжущего.

Испытание образцов осуществляли на гидравлическом прессе ПСУ-50 (рис. 1), в результате чего были получены прочностные показатели (табл. 4).

Кроме того, были изготовлены образцы несъемной опалубки в виде пустотелых блоков размерами 600×300×200 мм с толщиной стенок 20–25 мм (рис. 4, 5) для разных значений нагрузок.

Прочностные характеристики полученных блоков следующие: прочность при сжатии составляет 40,0–50,0 МПа, при изгибе 15,0–20,0 МПа. т.е. один блок выдерживает нагрузку равную 150–200 т.



Рис. 4. Блок несъемной опалубки стен из магниезного вяжущего



Рис. 5. Фрагмент кладки блоков

### Выводы

Полученные результаты характеризуют пустотелые блоки из магниезного вяжущего как высокотехнологичные строительные стеновые конструкции для несъемной опалубки, обладающие высокими прочностными характеристиками, подтверждающими эффективность их применения.

### Литература:

- Магнезиальное вяжущее – строительный материал XXI века. [Электронный ресурс] // Уралхим. Передовые технологии отделочных материалов: [сайт] / Режим доступа: <http://uralchim.ru/> (20.05.16). – Загл. с экрана.
- Зырянова В. Н. Водостойкие композиционные магниезные вяжущие вещества на основе природного и техногенного сырья: автореф. дис. докт. техн. наук: 05.17.11 «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» / В. Н. Зырянова. – Томск : Сибстрин, 2010. – 40 с.
- Черных Т.Н., Крамар Л.Я., Трофимов Б.Я. Свойства магниезного вяжущего из бруситовой породы и их взаимосвязь с размерами кристаллов периклаза // Строительные материалы. – 2006. – № 1. – С. 52–53.
- Крамар Л.Я. О требованиях стандарта к магниезному вяжущему строительного назначения // Строительные материалы. – 2006. – №1. – С. 54–56.
- EUROPEAN STANDARD EN 14016-1:2004 (E) Binders for magnesite screeds – Caustic magnesite and magnesium chloride – Part 1: Definitions, requirements. – Brussels : European committee for standardization. – 2004. – 17 p.
- Khudiakova T. Influence of Alloying Additives Injected into Tempering Agents on Physical-Mechanical Properties of Products Based on Magnesia Cement / T. Khudiakova, V. Verner, B. Taimasov, K. Gapparova, L. Atanbaeva // Industrial Technology and Engineering. – 2014. – № 4(13). – P. 25–29.
- Хорошавин Л. Б. Зарубежный рынок магниезного сырья. Плавленный, спеченный и каустический периклазовые порошки из природного сырого магnezита и брусита / Л. Б. Хорошавин, В. А. Кононов // Огнеупоры и техническая керамика. – 1994. – № 3. – С. 24–31.
- Ведь Е. И. Белое вяжущее на основе доломитов / Е. И. Ведь, Н. И. Пивень, Б. Ф. Блудов, Т. А. Сидорова // Строительные материалы. – 1975. – № 3. – С. 29.
- Шульце В. Растворы и бетоны на нецементных вяжущих / В. Шульце, В. Тишер, В.-П. Эттель. – М. : Стройиздат, 1990. – 240 с.
- Выродов И.П., Бергман А.Г. К вопросу о твердении магниезных цементов / И. П. Выродов, А. Г. Бергман // ЖПХ. – 1959. – Т. 32. – № 4. – С. 716–723.
- Вайвад А. Я. Магнезиальные вяжущие вещества / А. Я. Вайвад. – Рига : Наука, – 1971. – 315 с.
- Каминаскас А. Ю. Технология строительных материалов на магниезном сырье / А. Ю. Каминаскас. – Рига: Моклас. – 1987. – 342 с.