

та зовнішніх напружень з урахуванням концентраторів напружень. Одержані результати дають можливість більш точно враховувати зварювальні напруження при підсиленні труб з тріщинами та підвищувати надійність димових труб під час експлуатації.

**Ключові слова:** металеві димові труби, тріщини в металі, підсилення, зварні та силові напруження.

**Yarovyi S. RECOGNITION OF RESIDUAL WELDING STRESSES WITH STRENGTHENING SMOKE PIPES WITH CRACKED DEFECTS.** Temperature influences and cyclic loads can lead to the appearance of cracks in the metal and welded seams of metal chimneys. With the strengthening of the chimney trunk by welding the lining, the process of forming a system of welding voltages occurs. It is necessary to analyze summation of welding and external (active) stresses taking into account stress concentrators from frac-

ture-like damages. With the help of the Selena-Results software complex, an elemental model of a pipe with a crack in the welded seam has been constructed and stresses have been determined taking into account the stress concentrator (cracks). A technique was developed for calculating the summation of welding and power stresses at the site of reinforcement of the pipe. As a result of the study, formulas were obtained that take into account residual stresses during welding of linings on the basis of summation of welding and external stresses and taking into account stress concentrators. As a result of the study, formulas were obtained that take into account residual stresses during welding of linings on the basis of summation of welding and external stresses and taking into account stress concentrators.

**Keywords:** metal chimneys, cracks in metal, reinforcement, welding and power stresses.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-91-1-135-140

УДК 624.012.1

**Избаш М.Ю., Казимагомедов Ф.И., Иванова Н.В.**

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры  
(ул. Сумская, 40, Харьков, 61002, Украина; e-mail: [inbud.1994@gmail.com](mailto:inbud.1994@gmail.com); [firaz1988@gmail.com](mailto:firaz1988@gmail.com); [esipov1995@gmail.com](mailto:esipov1995@gmail.com))*

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СУЩЕСТВУЮЩИХ ДЕРЕВЯННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ОБОЙМОЙ ИЗ МАГНЕЗИАЛЬНОГО БЕТОНА

Проведен анализ современных исследований магнезиального бетона. Его применение в большинстве случаев ограничивается напольным покрытием. Высокие физико-механические свойства магнезиального бетона позволяют использовать его при реконструкции (усилении) исчерпавших свой ресурс деревянных перекрытий для усиления деревянных балок. Были проведены экспериментальные исследования прочностных и адгезионных показателей оптимального состава магнезиального бетона. Предложена концепция усиления эксплуатируемого деревянного перекрытия магнезиальным бетоном.

**Ключевые слова:** магнезиальный бетон, усиление деревянного перекрытия, прочность, адгезия, реконструкция.

### **Введение (постановка проблемы).**

Наметилась тенденция к значительному ускорению темпов строительного производства при обеспечении высокого качества строящегося жилья и максимально возможного ресурсосбережения. В связи с этим строительная индустрия испытывает потребность в современных экологических материалах и конструкциях с высокими физико-механическими свойствами. Этим

требованиям отвечают конструкции на основе магнезиального вяжущего (магнезиальный бетон). Их основные преимущества: высокая адгезия, прочность, износостойчивость, негорючесть, стойкость к бактериям и грибкам.

Магнезиальное вяжущее - строительный материал XXI века. Современной строительной наукой описан своеобразный «портрет» идеального материала будущего: «Он должен быть универсальным:

обладать одновременно высокими конструктивными способностями и теплоизоляционными свойствами; должен быть негорючим, долговечным, влагостойким, экологически чистым и обладать декоративными качествами, исключаящими необходимость в дополнительной наружной и отчасти внутренней отделке зданий и сооружений; желательно, чтобы он был получен из минерального сырья». К этому следует добавить, что подобный материал должен производиться на существующем технологическом оборудовании и, самое главное, быть конкурентоспособным в сравнении с узкопрофильными материалами-аналогами.

Основной целью настоящего исследования является определение прочностных и адгезионных свойств магнезиального бетона, а также разработка концепции усиления старых деревянных перекрытий магнезиальным бетоном. Практически все дома дореволюционной и довоенной постройки представляют собой здания различной этажности с кирпичными стенами и деревянными перекрытиями. Только над подвалами, в санузлах перекрытия выполнялись, как правило, железобетонными (на кирпичном бое) по стальным балкам.

При реконструкции усиление или замена деревянных перекрытий обязательна, так как нормативный срок их службы (80-100 лет) в большинстве случаев исчерпан.

**Материалы и методы исследования.** Конструкции из магнезиального вяжущего не новы, но в большинстве случаев их используют в качестве напольного покрытия благодаря их прочностным показателям, отсутствию усадки, высокой адгезии, негорючести, декоративности. Нами рассматривается возможность использования магнезиальных бетонов для применения в несущих конструкциях или для усиления существующих при реконструкции.

Еще в 1867 г. М. Сорель установил, что при твердении магнезиального вяжущего, закрытого водным раствором хлорида магния, формируется прочный искусственный камень.

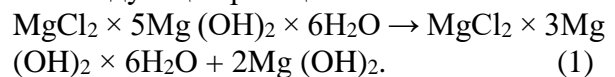
Дальнейшие исследования [1] показали, что при затворении оксида магния высококонцентрированными растворами  $MgCl_2$  структура магнезиального камня формируется в основном 5- и 3-оксигидрохлоридами, так как образование и существование гидроксида магния в этих условиях становится энергетически невыгодным.

Исследованиями П. А. Ребиндера [2] подтверждено, что при гидратации цемента Сореля в нормальных условиях (температура  $20 \pm 500^\circ C$  и относительная влажность среды 65-70%) структура магнезиального камня формируется в основном гидроксидом магния, 5 и 3-оксигидрохлоридами магния.

Гидратация магнезиального вяжущего протекает в несколько этапов. На начальном этапе образуется пентаоксигидрохлорид магния по следующей реакции:

$$5MgO + MgCl_2 + 12H_2O = MgCl_2 \times 5Mg(OH)_2 \times 6H_2O.$$

Затем, по мере изменения концентрации исходных веществ в жидкой фазе, происходит перекристаллизация 5-оксигидрохлорида магния в триоксигидрохлорид магния. Этот процесс сопровождается выделением гидроксида магния и может быть описан следующей реакцией:



Микроскопическими исследованиями было установлено, что данное сочетание кристаллизуется в виде игл или волокон, что придает камню повышенную прочность при изгибе [3].

При этом 5-оксигидрохлориды магния образуются первыми, независимо от концентрации  $MgCl_2$  в затворителе, и являются метастабильной фазой, которая при твердении постепенно переходит в 3-оксигидрохлорид. Затворение магнезиального вяжущего высококонцентрированными растворами хлорида магния способствует формированию структуры магнезиального камня 5- и 3-оксигидрохлоридами, при этом повышение концентрации затворителя способствует увеличению стабильной 3-оксигидрохлоридной фазы, а гидроксид

магния в таких системах образуется в небольших количествах или вообще отсутствует.

Изменяя концентрацию затворителя, можно регулировать качественный и количественный состав продуктов гидратации магниального камня и, соответственно, его свойства.

В строительстве используются магниальные стеновые конструкционные материалы, облицовочные плитки (для полов, стен, в т. ч. искусственный мрамор, для лестничных ступеней, подоконники), декоративные особо прочные штукатурки для внутренних и наружных работ, быстротвердеющие бетоны и строительные растворы, пористые теплоизоляционные материалы.

Одним из важнейших показателей прочности магниального бетона является количество (концентрация)  $MgCl_2 \times 6H_2O$ . Многочисленные эксперименты показали, что лучшие прочностные показатели у бетона с 20-30%  $MgCl_2 \times 6H_2O$  от общей массы вяжущего, таким образом плотность раствора составит 1,2-1,3 г / см<sup>3</sup> [4].

На базе лаборатории Харьковского национального университета строительства и архитектуры были изготовлены следующие серии образцов (рис. 1):

- балочки размерами 40x40x160мм - для определения прочности на сжатие и изгиб, 3 образца;
- «восьмерки» - для определения прочности на растяжение, 3 образца;
- образцы древесины с бетоном - для определения сил сцепления, 3 образца.

Все образцы изготавливались из одного замеса, плотность раствора затворителя - 1,25г/см<sup>3</sup> ( $MgCl_2 \times 6H_2O$  - 25%), отношение раствора к вяжущему (р/в) - 0,45. Магниальное вяжущее было приобретено в строительной фирме в г. Днепр.

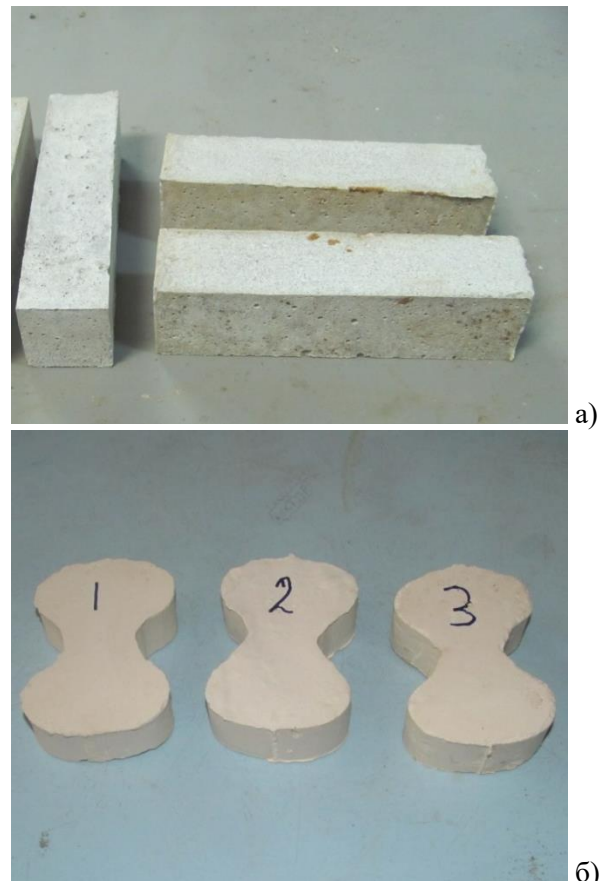


Рис.1. Общий вид исследуемых образцов: а - балочки, б - «восьмерки»

**Результаты исследований.** Исследования прочностных характеристик были проведены в испытательной лаборатории конструкций, материалов и изделий ХНУСА. Прочность на сжатие и изгиб определялась на гидравлическом прессе ПСУ 50, прочность на растяжение - на приборе Михаэлиса, сила сцепления - динамометром. Образцы твердели в нормально-влажностных условиях в течение 28 суток, после чего испытывались по ГОСТ [5].

Процесс испытания образцов представлен на рисунках 2-4. Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Прочностные показатели магниального бетона

	Показатель	Среднее значение
1	Прочность на сжатие, $f_{cm}$ , МПа	75,2
2	Прочность на изгиб, $f_{cmk}$ , МПа	33,7
3	Прочность на растяжение, $f_{ctk}$ , МПа	12
4	Адгезия, $f_R$ , МПа	4,6



*Рис. 2. Испытание образца на изгиб*



*Рис. 3. Испытание образца на сжатие*



*Рис. 4. Испытание образца на растяжение*

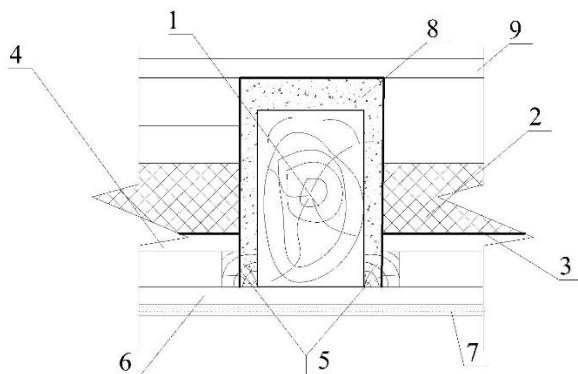
**Обсуждение результатов.** Полученные результаты показывают, что магнезиальный бетон по своим прочностным показателям превосходит традиционный бетон класса С50/60 в два раза, это говорит о реальной перспективе использования его в

несущих строительных конструкциях и при усилении существующих конструкций, например, для усиления деревянных балок перекрытия.

Усиление старых деревянных перекрытий с использованием магнезиального бетона можно осуществлять в следующей последовательности (рис. 5). Удаляется верхняя часть старого перекрытия: доски пола, лаги и т.д. При необходимости, в случае больших прогибов балки, её можно «подтянуть» в проектное положение. Балка зачищается, на её поверхности механически создаются борозды для лучшего сцепления с бетоном. Бетонирование следует выполнять с использованием опалубки (съёмной или несъёмной). Высота опалубки должна быть выше уровня балки для того, чтобы бетон «укутал» балку с трех сторон. Толщина слоя магнезиального бетона определяется расчетным путем исходя из необходимых прочностных и деформативных требований к перекрытиям.

Таким образом, предлагаемый метод усиления старых деревянных балок существенно повышает эксплуатационные показатели перекрытия.

Основным достоинством новых перекрытий служит их долговечность и значительное снижение зыбкости перекрытия по сравнению с традиционным деревянным.



*Рис. 5. Общий вид усиливаемого перекрытия*

1 - существующая балка перекрытия; 2 - звукоизоляция; 3 - гидроизоляция; 4 - щиты наката; 5 - черепные бруски; 6 - подшивной потолок из досок; 7 - штукатурка по дранке; 8 - магнезиальная обойма; 9 - конструкция нового пола



Такая технология замены перекрытий может быть осуществлена в любой отдельно взятой квартире, при этом минимизируются неудобства для жильцов соседних помещений.

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Проведен анализ литературных данных применения магниезальных вяжущих в строительстве. В ходе экспериментальных исследований были получены основные прочностные показатели магниезального бетона. Установлено, что прочность данного материала в несколько раз превышает прочность высокопрочных бетонов класса C50/60.

Предложено использование данного материала для усиления существующих деревянных перекрытий, разработана концепция усиления.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Выродов И.П. О структурообразовании магниезальных цементов [Текст] / И.П. Выродов // Журнал прикладной химии. – 1960. – т. 33, №11. – С. 2399–2404.
2. Соловьева Е.С. Физико-химические особенности твердения магниезального цемента [Текст] / Е.С. Соловьева, Б.И. Смирнов, Е.Е. Сегалова, П. А. Ребиндер // Журнал прикладной химии. – 1968. – т. 30, №3. – С. 754-759.
3. Бутт Ю. М. Химическая технология вяжущих материалов [Текст] / Ю. М. Бутт, М.М. Сычев, В.В. Тимашев // «Высшая школа». – 1980. – 472с.
4. Сизиков А.М., Пути повышения качества магниезальных бетонов [Текст] / А.М. Сизиков, Е.В. Шаповалова // монография. – Омск: СибАДИ, 2009. – 92 с.
5. Избаш М.Ю. Міцнісні показники конструкцій з магниезальних бетонів [Текст] / Інноваційні технології в архітектурі і дизайні: колективна монографія / під загальною редакцією В.П. Сопова, В.П. Мироненка. – Харків: ХНУБА, 2017. – С. 359-363.
6. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками [Текст]: ДСТУ Б В 2.7-214:2009. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 75с.
7. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування [Текст] : ДБН В.2.6-98:2009. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 75с.
8. Сухие строительные смеси. Бетоны. Материалы и технологии (Серия «Строитель»): Справочник [Текст]. – М.: Стройинформ, 2007. – 828 с.
9. Крамар, Л.Я. Теоретические основы и технология магниезальных вяжущих и материалов [Текст]: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Л. Я. Крамар. – Челябинск: ЮУрГУ, 2007. - 42 с.
10. DIN 273 4.1 – Каустическая магнезия тонкомолотый вяжущий материал для строительства [Текст]. (Германия).
11. ASTM 323 – Пластический магниезальный цемент для строительства [Текст]. (США).
12. Казимагомедов И.Э. Тонкомолотые шлаки металлургии в производстве строительных материалов [Текст] / И.Э. Казимагомедов, О.В. Рачковский, Ф.И. Казимагомедов // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2012. – Вип.69. – С.193-196.

**Избаш М.Ю., Казимагомедов Ф.И., Иванова Н.В. ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ІСНУЮЧИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ ПЕРЕКРИТТІВ ОБОЙМОЮ ІЗ МАГНЕЗІАЛЬНОГО БЕТОНУ.** Проведено аналіз сучасних досліджень магниезального бетону. Його застосування у більшості випадків обмежується підлоговими покриттями. Високі фізико-механічні властивості магниезального бетону дозволяють використовувати його при реконструкції (підсиленні) дерев'яних покриттів, які вичерпали свій ресурс. Були проведені експериментальні дослідження міцнісних і адгезійних показників оптимального складу магниезального бетону. Запропонована концепція підсилення дерев'яного покриття, яке експлуатується, магниезальним бетоном.

**Ключові слова:** магниезальний бетон, підсилення дерев'яного покриття, міцність, адгезія, реконструкція.

**Izbash M.Y., Kazimagomedov F.I., Ivanova N.V. INCREASE OF OPERATIONAL INDICATORS OF EXISTING WOODEN FLOORS WITH MAGNESIA CONCRETE CAGING.** The analysis of the use of magnesia concrete in the construction industry have been carried out. Obtained after roasting at relatively low temperatures of some natural minerals, in which a significant amount of magnesium carbonate or hydroxide, immersed in an aqueous solution of magnesium salts, forms a plastic mass with astringent properties that is caustic magnesite. The use of this material in

most cases are limited to use in flooring. Taking into account the physical and mechanical properties of magnesia concrete, we proposed to use it in the reconstruction (strengthening) of wooden floors to strengthen wooden beams. Magnesia concrete has high strength, adhesion, prevents the reproduction of bacteria and fungi, not combustible.

The proposed method of reinforcing wooden beams significantly increases the operational characteristics of the floor.

**Key words:** magnesia concrete, strengthening of wooden floors, durability, adhesion, reconstruction.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-91-1-140-145

УДК 691.328

**Сопов В.П., Сінякін Д.А., Кабусь О.В.,**

*Харківський національний університет будівництва та архітектури*

*(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: [vsopov@ukr.net](mailto:vsopov@ukr.net), [siniakinda@gmail.com](mailto:siniakinda@gmail.com), [calorimetry\\_centra@ukr.net](mailto:calorimetry_centra@ukr.net))*

### БЕТОНИ ДЛЯ ЗВЕДЕННЯ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД

Показано особливості бетонів для зведення гідротехнічних споруд. Практика використання сертифікованих сульфатостійких цементів пов'язана з наявністю агресивних ґрунтових і підземних вод, що цілком зрозуміло, але в дійсності, сертифіковані сульфатостійкі цементи не володіють повною сульфатостійкістю, вони тільки більш стійкі до сульфатної корозії ніж звичайні цементи. Вирішальне значення для сульфатостійкості бетону конструкцій має кількість цементного каменю в бетоні тому, що тільки він може кородувати в сульфатному середовищі. Наведено результати підбору складів гідротехнічних бетонів. Показано можливість доцільно використовувати для всіх гідротехнічних конструкцій цемент типу ПЦ-ІІ/А-Ш-400 при гарантованій марці 400 і відповідній активності. Обов'язковою умовою є використання ефективних пластифікуючих і регулюючих кількість залученого повітря добавок, а також забезпечення сприятливих температурно-вологісних умов для бетону в конструкціях протягом усього терміну, необхідного для гідратації цементу, твердіння і набуття міцності бетону в конструкціях.

**Ключові слова:** гідротехнічні бетони, сульфатостійкість, водонепроникність, міцність, температурно-вологісні умови, твердіння, тепловиділення при гідратації.

**Аналіз проблеми.** Як відомо, гідротехнічне будівництво було і є однією з провідних галузей у будівництві. Основним конструкційним будівельним матеріалом при зведенні греблі, різноманітних будівель гідроелектростанцій, водоводів, мостів і тунелів, завжди був залізобетон. Головні показники бетону для гідротехнічного будівництва - це довговічність конструкцій, що зводяться, їх здатність протистояти агресивному впливу води и атмосферних чинників. Гідротехнічні бетони, на відміну від бетонів промислового і цивільного призначення, мають ряд особливостей. Залежно від типу конструкції і розмірів споруд, розташування щодо рівнів води, масивності конструкцій і призначаються вимоги до гідротехнічних бетонів по водостійкості,

водонепроникності, морозо-стійкості, міцності, сульфатостійкості, а також властивостей бетонних сумішей: рухливості та її збереження, однорідності, а також рівня тепловиділення в залежності від масивності конструкцій, а так же темпу їх бетонування.

Бетон - один з найскладніших композиційних матеріалів, для якого притаманні унікальні властивості [1-3]. Розробка високоякісних бетонів можлива шляхом аналізу результатів досліджень в області синтезу міцності і підвищення довговічності будівельних композитів і на основі більш повного використання енергії портландцементу, створення оптимальної мікроструктури цементного каменю, зміцнення контактних зон цементного каменю і заповнювача за рахунок спрямованого застосування