

## **ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОАКТИВНОЙ ПУЦЦОЛАНОВОЙ ДОБАВКИ НА СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННОГО ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО И АРБОЛИТОБЕТОНА НА ЕГО ОСНОВЕ**

**Линник Д.С., науч. сот., Юсипчук В.И., науч. сот.,  
Шинкевич Е.С., д.т.н., проф.**

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,  
Украина*

На сегодняшний день наибольшую популярность приобретают так называемые «теплые дома» и «экодома». Одним из подходящих материалов для строительства данного типа домов является арболит, так как его характеристики отвечают всем технологическим и строительным требованиям.

Арболит (ДСТУ Б В.2.7-271:2011) – это уникальный экологически чистый материал. Он относится к классу легких бетонов. В основе арболита лежит органический наполнитель – деревянная щепка, костра конопли, солома. Его теплосберегающие качества очень высоки (0.12-0.20Вт/м\*С). По свойствам арболит ближе всего к дереву (более 85% от объёма составляет органический наполнитель). В отличие от дерева преимуществами арболита являются: устойчивость к горению, не гниёт, слабое поражение плесенью, грибами и химическими веществами в условиях агрессивной среды. Структура органического наполнителя арболита позволяет достичь предела прочности на изгибе в 1.5-2 раза выше, чем у керамзитобетонных и газоблоках.

Стены домов, построенные из арболита – дышат, поэтому в данных домах отсутствует сырость. Перепады температур на характеристики арболита не влияют. Арболит легко поддается порезке, сверлению, что позволяет вырезать сегменты любой формы. Для регионов Украины, где налажено производство конопли, перспективным является использование костры конопли в качестве наполнителя для легкого бетона. Костра – это частички одревесневевшей части стебля прядильных растений (конопли, льна, кенафа). Отдельные виды костры – широко распространенные отходы, которые могут быть использованы в качестве наполнителя для конструкционно-теплоизоляционного и теплоизоляционного материала костробетона (арболитобетона). Насыпная плотность костры находится в пределах 100-120 кг/м<sup>3</sup>. Размеры частиц по длине 10-70, ширине - 2-2,5, по толщине - 0,5 мм. Костра позволила

получить экологически чистый продукт, не выделяющий токсинов в нормальных условиях эксплуатации. При горении этот материал выделяет гораздо меньшее количество токсинов, чем пенополистирол [1,2].

Существенным недостатком кострбетона на основе цементного-вяжущего является то, что набор марочной прочности происходит в течение 90 сут и более, т.е. гораздо медленнее, чем у обычных бетонов. Перспективным направлением для решения данной проблемы является использование композиционного гипсового вяжущего для производства кострбетона.

Научной школой А.В. Волженского были разработаны гипсоцементно-пуццолановые вяжущие [4], позволившие преодолеть серьезный недостаток гипса - низкую водостойкость и большую деформативность. Применение гипсоцементно-пуццолановых вяжущих (ГЦПВ) для производства бетонов с повышенными прочностными характеристиками в раннем возрасте является перспективным и в настоящее время. ГПЦВ на сегодня представляет одну из разновидностей композиционных гипсовых вяжущих - КГВ. Однако в монолитном строительстве приготовление и переработка смесей на гипсовых вяжущих по сравнению с цементными более сложна.

Сегодня на рынке есть пуццолановые добавки нового поколения, к которым относятся метакаолины и с некоторой степенью микрокремнезема. Традиционные пуццолановые добавки (трепел, опока, цеолит, золы, шлаки) имеют меньшую активность чем новые почти на порядок. В настоящее время широкое распространение получили составы ГПЦВ с добавками микрокремнезема [5] и гораздо реже - метакаолина. Разновидностью метакаолина является высокоактивный метакаолин. Высокоактивный метакаолин (ВМК) – это искусственно изготовленная пуццолановая добавка, обладающая наиболее высокой активностью среди имеющихся на рынке активных минеральных добавок. В частности, ВМК способен связать извести примерно в 2,5 раза больше, чем широко применяемый в стройиндустрии микрокремнезем (МК).

Основной отличительной особенностью ВМК от МК является его химическая природа. В отличие от МК, ВМК является смесью активного кремнезема и глинозема почти в равных пропорциях, т.е., является не силикатным, а алюмосиликатным пуццоланом. Высокое содержание активного глинозема обуславливает химические особенности этой добавки.

- Глинозем способен связывать в несколько раз больше извести по сравнению с кремнеземом, что и обуславливает более высокую пуццоланическую активность ВМК по сравнению с МК.

- Помимо связывания щелочноземельных металлов (гидроокисей кальция и магния), метаксаолин способен надежно связывать и щелочи, содержащиеся в портландцементе, либо попадающие в бетон с добавками (в частности, противоморозными) или извне (например, антиобледенительные составы). Это обеспечивает надежную защиту бетонных конструкций от таких проблем, как силикатно-щелочная реакция, а так же выделение щелочей на поверхности изделий в виде высолов, ухудшающих внешний вид изделий и конструкций.

- Алюминатная составляющая метаксаолина способна активно взаимодействовать с гипсом содержащимся в портландцементе, либо добавляемым специально в цементные составы. Контролируемое образование этрингита на ранних этапах твердения бетонов и растворов позволяет существенно снижать усадочные деформации и даже получать безусадочные и расширяющиеся составы [6].

Целью проведенных исследований было подбор состава строительной смеси на основе КГВ для производства кобробетона и регулирования физико-механических свойств путем введения высокоактивных минеральных добавок: высокоактивного метаксаолина и микрокремнезема.

На первом этапе исследования авторами было исследовано влияние на прочность при сжатии, прочность при изгибе, водостойкость, плотность КГВ высокоактивного метаксаолина (ВМК) и микрокремнезема (белая сажа), а так же проведен сравнительный анализ влияния этих добавок на свойства вяжущего[7].

Для исследований были отформованы образцы-балочки размером 4x4x16 см и испытаны на сжатие, изгиб, водостойкость в возрасте 14 и 28 сут. На рис. 1 представлены диаграммы изменения исследуемых свойств под влияние указанных добавок. Из полученных диаграмм видно, что прочности при сжатии образцов с белой сажой составляет 8 МПа на 28е сутки, при этом образцы с ВМК набирает ту же прочность уже на 7е сутки, а на 28 е сутки прирост прочности составляет 40% (12МПа) по сравнению с аналогичными показателями образцов с белой сажой.

Прочности при изгибе при содержании ВМК 2.1% от массы вяжущего составляет 3 МПа, что аналогично с аналогичной прочностью состава содержащего 0.9% микрокремнезема; Плотность всех составов на метаксаолине на 20% меньше чем в составах с белой сажой. Показатели водостойкости составов с метаксаолином выросли на 10% по сравнению с составами на белой саже. С учетом приведенных результатов дальнейшие исследования проведены с использованием добавки ВМК.

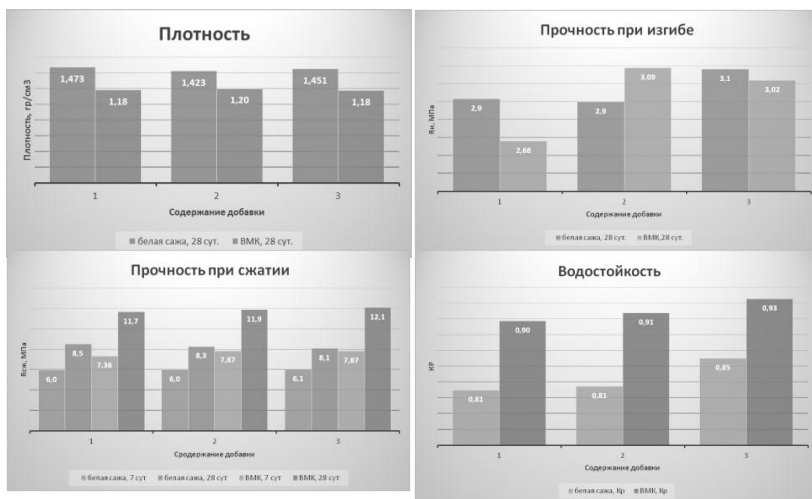


Рис. 1. Сравнительный анализ влияния белой сажи и ВМК на свойства КГВ

На втором этапе исследований был проведен эксперимент по оценке влияния количества высокоактивного метаксаолина на прочность ГКВ и кострбетона на его основе. В эксперименте варьировалось содержание метаксаолина от 8 до 22% от массы цемента или от 1,7% до 4,4% от массы вяжущего.

Как видно из представленных результатов, наибольшая прочность образцов достигается при содержании ВМК 8-12% от массы цемента. При увеличении количества высокоактивного метаксаолина в вяжущего прочность падает. Рост прочности начинается при 22% ВМК от массы цемента (рис.2).

Водостойкость композиционного гипсового вяжущего составляет 0,89-0,9 (рис.3), что больше чем в 2 раза выше водостойкости гипса, и зависит от содержания ВМК.

Для оценки влияния добавки ВМК на прочность кострбетона были отформованы образцы-кубы со стороной 15 см и испытаны на сжатие в возрасте 90 сут. Как видно из представленных результатов (рис.4), прочность образцов кострбетона при содержании ВМК 8-12% от массы цемента составляет 0,57 МПа, что удовлетворяет техническим требованиям для теплоизоляционного арболитобетона средней плотностью 300 кг/м<sup>3</sup>. Рост прочности наблюдается при значениях ВМК в

костробретоне 16% до 22% от массы цемента. Прочность при этом составляет более 0,6 МПа.

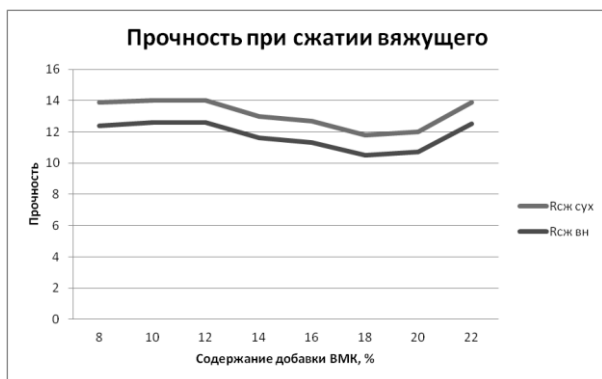


Рис. 2. Характеристика прочности вяжущего

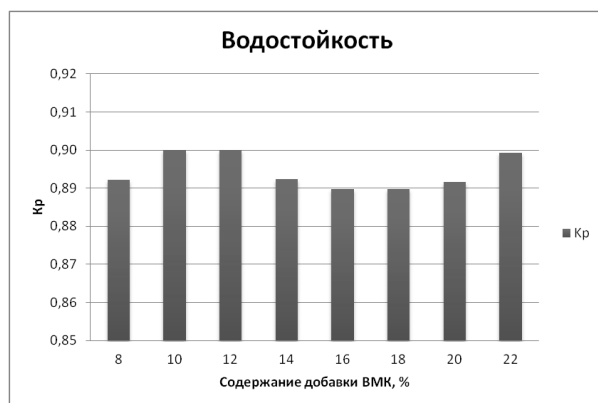


Рис. 3. Показатель водостойкости вяжущего.

### **Выводы**

Экспериментально установлено, что добавка высокоактивного метакаолина оказывает более эффективное влияние на физико-механические свойства КГВ и арболитобетона на его основе: прочность при сжатии, прочность при изгибе, водостойкость, пор сравнению с широко применяемыми микрокремнеземами (белая сажа).

Экспериментально установлено что применение добавки ВМК позволяет повысить водостойкость вяжущего КГВ до 0,9-0,92 что выше значения водостойкости КГВ на микрокремнезема (0,81-0,85).

Использование в монолитном домостроении быстротвердеющих бетонов на основе КГВ позволит строить качественное, экологичное и дешевое жилье в кратчайшие сроки и с минимальными трудозатратами; значительно повысить эффективность малоэтажного строительства, в том числе коттеджного, с применением местных материальных ресурсов.

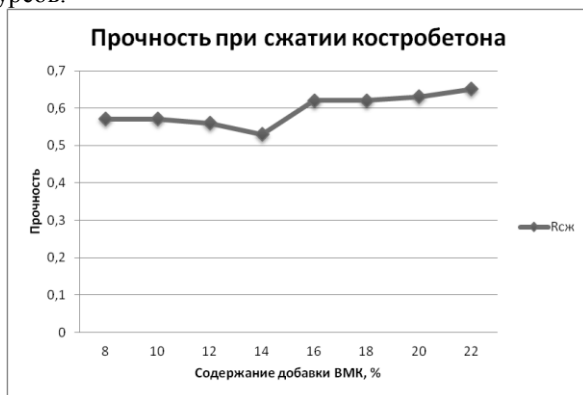


Рис. 4. Характеристика прочности костробоетона

## Summary

**The result of effect of highly active metakaolin and silica fume on the properties of the composite gypsum binder, which serves as the basis for the preparation hempcrete.**

1. П.И. Крутов, И.Х. Назашвили. Справочник по производству и применению арболита. М. Стройиздат, 1987. 208с. 2. Клименко М. И. Легкие бетоны на органических заполнителях. Саратов: Изд-во Саратовского университета. 1977. 156 с. 3. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник / Под общей ред. А.В. Ферронской. М.: Издательство АСВ. 2004. 488 с. 4. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. М.: Стройиздат. 1986. 464 с. 5. Баженов Ю., М., Коровяков Ф.В. Строит. материалов, оборудование, технологии XXI века, 1999, №7-8, с.18-19. 6. Захаров С.А., директор ЗАО «МетаПро». Преимущества применения высокоактивного метакАОлина в бетонах и сухих строительных смесях. <http://www.korytov.su/library/articles/41/80/> 7. Шинкевич Е.С., Линник Д.С., Юсипчук В.И. Экостроительство из арболитобетона на основе композиционно-гипсового вяжущего. Строительные материалы, изделия и санитарная техника, научно-технический сборник, 2014, №52, с.112-116.