

**И.В. РУССУ**, д-р хаб. техн. наук, проф.

Технический Университет Молдовы, Кишинев

## КОМПОЗИЦИОННЫЙ КЛАДОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ

Приведены результаты исследований по оптимизации состава и свойств композиционного материала из местного сырья для кладки стен. Экспериментально доказано, что дисперсное армирование композиционного материала биомассой наряду с повышением механической прочности значительно снижает его теплопроводность.

**Ключевые слова:** кладочный материал, глина, цемент, гипс, пенообразователь, армирующий дисперсный материал.

В последние годы во многих странах наблюдается развитие строительства в большей степени индивидуальных жилых домов. Но в условиях, когда в строительство инвестиции производятся конкретными физическими лицами, существенно возрастают и требования к качеству построенных индивидуальных жилых домов.

Качество построенных жилых домов обеспечивается надежностью и их комфортностью в процессе эксплуатации.

В свою очередь надежность обеспечивается прочностью и долговечностью при эксплуатации в заданных геоклиматических условиях (возможность землетрясений, оползней, повышенная влажность, часто повторяющиеся циклы замораживания и оттаивания и др.).

Под комфортностью подразумевается хорошая тепло-, звуко- и гидроизоляция [1 – 3] строительство из экологически чистых материалов и наличие всех инженерных систем. Не менее важным является и стоимость строительства домов.

Все эти требования могут быть обеспечены использованием современных строительных материалов с улучшенными свойствами, по сравнению с традиционными, а низкая стоимость строительства может быть обеспечена использованием материалов из местного сырья.

Учитывая вышеизложенное, была выдвинута гипотеза о возможности создания комфортности в жилых зданиях, в частности, разработкой и использованием при строительстве недорогих материалов из местного сырья для кладки стен, устройства полов и перекрытий, обладающих нормативной

© И.В. Руссу, 2013

прочностью, низкой тепло- и звукопроводностью, надежностью при эксплуатации и отвечающих требованиям строительства индивидуальных жилых домов в конкретных геоклиматических условиях.

Цель исследований – теоретическое и экспериментальное обоснование возможности повышения прочностных свойств материалов из местного сырья для кладки стен, устройства полов и перекрытий индивидуальных домов армированием их биомассой и снижение их тепло- и звукопроводности созданием пористой структуры.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие основные задачи:

- выполнение натурных обследований, выявление состояния кладочных материалов стен индивидуальных домов и установление особенностей их разрушения после длительной эксплуатации;
- теоретическое и экспериментальное обоснование выбора исходных сырьевых материалов для разработки состава и оптимизации свойств материала для кладки стен, устройство полов и перекрытий;
- оптимизация структуры и состава композиционного материала, позволяющие значительно повысить его прочностные свойства, снизить его тепло- и звукопроводность;
- выполнение комплексных исследований разработанного композиционного материала для кладки стен, устройство полов и перекрытий и определение его теплопроводности;
- разработка технологии и нормативной документации для производства композиционного материала для кладки стен, устройство полов и перекрытий;
- выполнением производственных испытаний и внедрением разработанного композиционного материала.

Учитывая требования к качеству, комфортности и стоимости индивидуальных жилых домов исходные материалы должны быть экологически чистыми, широко распространенными и недорогими.

Выбор глины как основного компонента материала для кладки стен, устройство пола и покрытия обосновано тем, что она широко распространена, обладает вяжущими свойствами при высыхании, экологически чиста, а ее цена складывается из расходов на добычу и транспортирование.

Гашеная известь была выбрана из предположений, что она обеспечит пластифицирование смеси, а в процессе эксплуатации при ее карбонизации

увеличит прочность. Строительный гипс был принят в качестве добавки для ускорения твердения композиционного материала.

Пенообразователь был введен с целью создания пористой структуры композиционного материала.

Портландцемент и  $\text{CaCl}_2$  вводились, соответственно, с целью увеличения прочности композиционного материала и ускорения твердения в ранние сроки.

Параметры оптимизации – плотность ( $\rho$ ,  $\text{кг/м}^3$ ) и прочность при сжатии ( $R_{\text{сж}}$ , МПа) определялись при высыхании образцов до постоянной влажности при комнатной температуре.

Эксперимент был выполнен в 2 этапа.

Исходное сырье и условия выполнения 1-го этапа эксперимента (7-ми факторный насыщенный план) [4] приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Исходное сырье и условия выполнения 1-го этапа эксперимента

| Факторы и уровни их варьирования, %              |     |     |     |
|--|-----|-----|-----|
| $X_i$  | -1  | 0   | +1  |
| $X_1$ – глина                                    | 90  | 100 | 110 |
| $X_2$ – известь гашеная                          | 2,5 | 3,0 | 3,5 |
| $X_3$ – гипс строительный марки Г-5              | 8   | 10  | 12  |
| $X_4$ – пенообразователь FOAMCEM                 | 3   | 4   | 5   |
| $X_5$ – ускоритель твердения ( $\text{CaCl}_2$ ) | 5   | 10  | 15  |
| $X_6$ – портландцемент М 400                     | 8   | 10  | 12  |
| $X_7$ – вода                                     | 55  | 60  | 65  |

Уравнения регрессии имеют вид:

$$Y(\rho) = 868,4 + 119,3 \cdot X_1 - 4,6 \cdot X_2 + 30,3 \cdot X_3 - 51,7 \cdot X_4 + 20,0 \cdot X_5 + 22,8 \cdot X_6 - 62,2 \cdot X_7, \text{ кг/м}^3;$$

$$Y(R_{\text{сж}}) = 13,3 + 2,6 \cdot X_1 + 0,6 \cdot X_2 + 1,5 \cdot X_3 - 2,2 \cdot X_4 - 0,3 \cdot X_5 + 0,1 \cdot X_6 - 2,4 \cdot X_7, \text{ МПа.}$$

Исходное сырье и условия выполнения 2-го этапа эксперимента (5-ти факторный D-оптимальный план) и результаты испытаний приведены в табл. 2. Уравнения регрессии имеют вид:

$$Y(\rho) = 796,13 + 115,84 \cdot X_1 - 44,50 \cdot X_2 + 7,64 \cdot X_3 - 13,58 \cdot X_4 - 2,94 \cdot X_5 + 1317,73 \cdot X_1^2 + 1307,23 \cdot X_2^2 + 1318,47 \cdot X_3^2 + 1331,38 \cdot X_4^2 + 1317 \cdot X_5^2 + 1,91 \cdot X_1 \cdot X_2 - 4,72 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,03 \cdot X_1 \cdot X_4 - 1,67 \cdot X_1 \cdot X_5 - 6,72 \cdot X_2 \cdot X_3 - 10,03 \cdot X_2 \cdot X_4 - 3,41 \cdot X_2 \cdot X_5 + 6,34 \cdot X_3 \cdot X_4 - 2,78 \cdot X_3 \cdot X_5 + 6,28 \cdot X_4 \cdot X_5, \text{ кг/м}^3;$$

$$Y(R_{\text{сж}}) = 8,38 + 0,37 \cdot X_1 - 0,81 \cdot X_2 + 1,87 \cdot X_3 - 0,43 \cdot X_4 + 0,44 \cdot X_5 + 11,71 \cdot X_1^2 + 11,37 \cdot X_2^2 + 12,80 \cdot X_3^2 + 11,64 \cdot X_4^2 + 11,64 \cdot X_5^2 - 0,32 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,04 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,30 \cdot X_1 \cdot X_4 - 0,33 \cdot X_1 \cdot X_5 - 0,20 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,34 \cdot X_2 \cdot X_4 + 0,34 \cdot X_2 \cdot X_5 + 0,15 \cdot X_3 \cdot X_4 + 0,24 \cdot X_3 \cdot X_5 + 0,02 \cdot X_4 \cdot X_5, \text{ МПа.}$$

Таблица 2 – Исходное сырье и условия выполнения 2-го этапа эксперимента

| Факторы и уровни их варьирования, %   |    |    |    |
|---------------------------------------|----|----|----|
| $X_i$                                 | -1 | 0  | +1 |
| $X_1$ – портландцемент М 400          | 8  | 10 | 12 |
| $X_2$ – вода                          | 55 | 60 | 65 |
| $X_3$ – гипс строительный марки Г - 5 | 8  | 10 | 12 |
| $X_4$ – пенообразователь              | 3  | 4  | 5  |
| $X_5$ – армирующая биомасса (солома)  | 5  | 6  | 7  |

Свойства композиционного материала приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Свойства композиционного материала

| № п/п | Свойства   | Ед. изм.          | Значение |
|-------|--|-------------------|----------|
| 1.    | Прочность при сжатие                                       | МПа               | 6,3      |
| 2.    | Плотность в сухом состоянии ( $V = 0$ )                    | кг/м <sup>3</sup> | 780      |
| 3.    | Водопоглощение   | масс. %           | 42       |
| 4.    | Коэффициент размягчения $K = R_{vl}R_c$                    |                   | 0,6      |
| 5.    | Теплопроводность при плотности $\rho = 827 \text{ кг/м}^3$ | Вт/м·К            | 0,156    |

Стоимость 1 м<sup>3</sup> композиционного материала составляет 32 € а 1 м<sup>3</sup> самого дешевого кладочного материала (блоков из пильного известняка) – 50 €

Для сравнения, в табл. 4 приведены величины теплопроводности наиболее распространенных кладочных материалов (Вт/м·К).

Таблица 4 – Величины теплопроводности наиболее распространенных кладочных материалов

| № п/п | Кладочный материал | Величина теплопроводности, Вт/м·К |
|-------|--------------------|-----------------------------------|
| 1     | Железобетон        | 1,7                               |
| 2     | Известняк          | 1,7                               |
| 3     | Керамзитобетон     | 1,2                               |
| 4     | Кирпич пустотелый  | 0,44                              |
| 5     | Кирпич сплошной    | 0,67                              |
| 6     | Кирпич силикатный  | 0,81                              |
| 7     | Ячеистый бетон     | 0,3                               |

## Выводы

1. Механическая прочность композиционного материала обеспечивается твердением добавки цемента и дисперсным армированием биомассой.

2. Сравнительно низкая теплопроводность композиционного материала обеспечивается его пористой структурой, которая создается пенообразователем и армирующей биомассой.

3. Снижение водопоглощения и повышение коэффициента размягчения возможно гидрофобизацией или его изоляцией.

**Список литературы:** 1. *Малявина Е.Г.* Строительная теплофизика и проблемы утепления современных зданий / *Е.Г. Малявина* // АВОК. – 2009. – № 1. – С. 4–7. 2. Теплозащита наружных стен зданий с облицовкой из кирпичной кладки / [*В.Г. Гагарин, В.В. Козлов, С.И. Крышов, О.И. Пономарев*] // АВОК. – 2009. – № 5. – С. 48–60. 3. Тепловая защита зданий: СНиП 23-02-2003. – Офиц. изд. – М.: М-во регионального развития РФ, 2003. – 76 с. 4. *Вознесенский В.А.* Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ / *В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Б.Л. Огарков.* – К.: Вища школа, 1989. – 328 с.

*Поступила в редколлегию 30.09.2013*

УДК 666.91

**Композиционный кладочный материал / И.В. РУССУ** // Вісник НТУ «ХПІ». – 2013. – № 57 (1030). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 110 – 114. – Бібліогр.: 4 назв.

Наведено результати досліджень по оптимізації складу та властивостей композиційного матеріалу із місцевої сировини для мурування стін. Експериментально доведено, що дисперсне армивання композиційного матеріалу біомасою поряд з підвищенням механічної міцності значно знижує його теплопровідність.

**Ключові слова:** мурувальний матеріал, глина, цемент, гіпс, піноутворювач, армирующий дисперсний матеріал.

The results of research on the optimization of the structure and properties of composite material from local raw materials for construction of walls. Experimentally proved that disperse reinforcement of composite material with biomass together with improved mechanical strength greatly reduces its thermal.

**Keywords:** masonry materials, clay, cement, gypsum, foamer, reinforcing particulate matter.