

Технико-экономическое обоснование применения различных наполнителей в составе гипсовых композиций

С.В. Овчинникова¹, А.А. Лямина²

¹Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар

²Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь

Аннотация: Изделиям из гипсовых вяжущих присущи тепло- и звукоизолирующие свойства, огнестойкость, высокие технико-экономические и экологические показатели, которые свое применение в строительстве при возведении внутренних стен и перегородок, суммарная площадь которых, как правило, в несколько раз превышает площадь наружных стен. Снижая плотность гипсовых изделий за счет введения легких заполнителей, можно уменьшить массу стен, облегчить здание, снизить нагрузку на фундаменты и удешевить строительство, улучшая при этом теплозащиту. Однако, традиционные легкие заполнители увеличивают водопотребность смеси и снижают прочность материала. Поэтому в статье целью исследования являлось определение оптимального состава гипсовых композиций с различными видами наполнителя для получения лучшего комплекса свойств полученных образцов.

Ключевые слова: гипсобетон, перлит, вермикулит, эксперимент, наполнитель, плотность.

Одна из многих важнейших задач в строительной отрасли остается задача производства экологичных, энергоэффективных и с наименьшими материальными затратами строительных материалов [1,2]. К таким строительным материалам можно отнести гипсовые вяжущие, состоящие из распространенного природного сырья и гипсодержащих отходов, производство которых является малоэнергоемким [3,4]. Так, на производство 1 т строительного гипса, в среднем расходуется в 4 с лишним раза меньше топлива и электроэнергии, по сравнению с портландцементом [5].

Так как целью исследования являлось определение оптимального состава гипсовых композиций с различными видами наполнителя [6], сформулированы задачи:

– изучить влияние перлита и вермикулита на свойства гипсовых композиций [7];

– по итогам организованного многофакторного эксперимента сформировать модели зависимостей свойств композита от дозировок компонентов, определить наиболее приемлемые дозировки для отдельных свойств;

– проанализировать свойства при разном содержании заполнителя;

– найти композиции, компромиссно оптимальные по свойствам для разных требований к прочности при сжатии.

Объектом исследования выбран конструкционно – теплоизоляционный гипсобетон плотностью 800 –1100 кг/м³. Как основные показатели качества рассматриваются плотность и прочность. В качестве рецептурных факторов анализируются: вид и количество вяжущего, вид и количество заполнителя. При проведении экспериментов в качестве исходных материалов приняты:

1. Вяжущие: гипс Г–5 – российского производства. Технические характеристики применяемого гипса марок Г–5 приведены в таблице 1.

Таблица 1

Технические характеристики гипсового вяжущего

Характеристика	Единица измерения	Вид вяжущего
Активность	МПа	5
Удельная поверхность	м ² /кг	2100–2200
Нормальная густота(Ø расплыва)	см	18,0
Плотность	кг/м ³	1260
Предел прочности при сжатии в возрасте двух часов: Предел прочности при изгибе:	МПа	Более 5,00 Более 2,5
Сроки схватывания начало конец	мин.	Не ранее 6 Не позднее 30
Степень помола (максимальный остаток на сите с размерами ячеек в свету 0,2 мм)	%	До 14%

2. Заполнители: а) перлит российского производства, размер зерна – 1,3 – 2,5 мм, марка песка по насыпной плотности – 100, средняя межзерновая пустотность – 60 %; влажность, % по массе – не более 2,0, теплопроводность при температуре (20-25) °С, Вт/ м·К - 0,046–0,08; б) вермикулит российского производства: средний размер зерна – 1 мм, насыпной плотностью $\rho_{\text{нас}} = 250 \text{ кг/м}^3$; марка песка по насыпной плотности М 150.

Перлит обладает повышенной пористостью и хорошей способностью смачиваться водой, такой вспененный, или, как его называют, «вспученный» песок, который способен поглощать около 400 % воды (по массе), некоторое время удерживать и с легкостью отдавать воду обратно.

Перлит насыпной плотностью в пределах 100 кг/м^3 нашел свое применение при производстве штукатурных растворов и теплоизоляционных материалов. Применяя перлитовый песок М 75–200 с добавлением вяжущих (цемент, гипс, известь) возможно получение материала, имеющего плотность при сухом состоянии от 400 – 1000 кг/м^3 , с коэффициентом теплопроводности от 0,12 – 0,32 Вт/м·К при прочности от 0,5 – 7,5 МПа.

Что же касается вермикулита, то его главным и важным свойством является такая особенность, что при прокаливании быстро увеличивается в объемах в 8 – 10 раз, обладает высокой огнестойкостью, низкой теплопроводностью и звукопоглощающей способностью, материал практически инертный не конденсирует влагу, сопротивляется выветриванию, низкий коэффициент расширения, обладает хорошими сорбционными свойствами для газовых и жидкостных сред.

Вермикулит в строительстве целесообразно применять в следующих направлениях:

- огнезащита несущих стальных металлоконструкций;
- стеновые панели с утеплителем из вермикулита;

– теплый пол с использованием вермикулита;
– плиты из вермикулита, армированные минеральным волокном – при формировании противопожарных и теплоизоляционных поясов промышленных зданий [8].

Свойства гипсобетона для внутренних стен определяют такие показатели, как плотность, прочность при сжатии и т.д.

В соответствии с ГОСТ 23789–79 «Вяжущие гипсовые. Методы испытаний» определялись физико-механические свойства опытных образцов в виде гипсовых балочек размером 160x40x40мм [9]. Формование образцов осуществляли без уплотнения в трехместных металлических формах. Приготовление растворной смеси осуществляется при температуре не ниже 20⁰ С следующим образом: в первую очередь в отдельной емкости смешиваются сухие компоненты: образец 1: гипс (330 гр); образец 2: гипс (300 гр) + вермикулит (10 гр); образец 3: гипс (300 гр) + перлит (10 гр).

Таблица 2

Процент наполнителя от общего количества вяжущего

	Перлит (заполнитель)	Вермикулит (заполнитель)
Соотношение в % (от количества вяжущего)	3	3

В чашу для замеса добавляется вода в соотношении 60% от общего веса сухих компонентов, после чего в чашу засыпаются сухие компоненты и тщательно перемешиваются в течение 1 минуты, до получения однородной консистенции. Готовое гипсовое тесто укладывается в формы.

Отформованные образцы до распалубливания в течение 2 часов находились в формах в помещении с температурой воздуха 20+/-2 °С. Затем образцы извлекались из форм и до момента испытания хранились в нормальных температурно-влажностных условиях. Испытания образцов

проводились в возрасте 2 часов, 2 суток, при равновесной влажности и в высушенном состоянии.

Плотность гипсовых образцов определяли в соответствии с ГОСТ 23789-79 «Вяжущие гипсовые. Методы испытаний». Штангенциркулем определяли геометрические размеры образцов правильной формы с допустимой погрешностью до 0,1 мм и вычисляли объем. Определение массы образцов производилось взвешиванием с погрешностью до 0,1 грамма. Плотность ρ , кг/м³, вычисляли по формуле (1):

$$\rho = V/m, \text{ кг/м}^3, \quad (1)$$

где ρ – плотность, m – масса тела, V – объем.

Механические свойства характеризуют способность материалов противостоять силовым, тепловым и другим напряжениям, возникающим в них без нарушения структуры.

Прочностные характеристики определялись только для гипсовых образцов и для гипсобетона с заполнителями в соответствии с ГОСТ 23789–79 «Вяжущие гипсовые. Методы испытаний». Прочность при изгибе определялась на образцах-балочках при размерах 4x4x16 см. Испытания образцов на прочность при изгибе проводились по схеме балки, свободно лежащей на двух опорах, расстояние между которыми 100 мм, с одной центрально приложенной сосредоточенной нагрузкой.

Испытание образцов производилось электромеханическим прессом ДТС–06–50/100 (Российского производства). Используемое приспособление позволяет определить мгновенное значение усилия на испытываемый образец, максимальное значение усилия, мгновенное значение скорости нагружения, кгс/с.

Мгновенная скорость нагружения контролировалась по прибору. Средняя скорость нарастания нагрузки составляла 0,05 кН/с.

На табло прибора индицировалось значение максимальной разрушающей нагрузки.

Предел прочности при изгибе, МПа с учетом расстояния между опорами и размеров сечения образца рассчитывают по формуле (2):

$$\sigma = \frac{3FL}{2bh^2} = 0,234F \quad (2)$$

где F – разрушающая нагрузка, МПа.

На половинках балочек проводились испытания прочности на сжатие. Опорные границы отформованных образцов-призм выбирались так, чтобы сжимающая сила при испытании была направлена перпендикулярно слоям укладки смеси в формы.

При определении предела прочности на сжатие опытных образцов использовался гидравлический пресс с предельной нагрузкой до 5 т.

Нагружение производилось в одном темпе, обеспечивающей повышение расчетного напряжения в образце до его полного разрушения, в пределах 0,6 +/- 0,2 МПа/с.

Прочность на сжатие гипсобетона вычислялась с точностью до 0,1 МПа по формуле (3):

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3)$$

где, F – разрушающая нагрузка, Н (кгс); A – площадь рабочей поверхности нажимных пластин, 25 см².

В ходе эксперимента был исследован гипс марки Г–5. Вяжущее в чистом виде удовлетворяет требованиям к перегородочным материалам по прочностным свойствам [10]. Прочность исследуемого чистого гипса марки Г–5 составила 5 МПа в 2–часовом возрасте. Были использованы такие заполнители, как перлит и вермикулит.

Влияние вида и количества заполнителей на прочность при сжатии гипсобетона показано на графике (рис. 1).

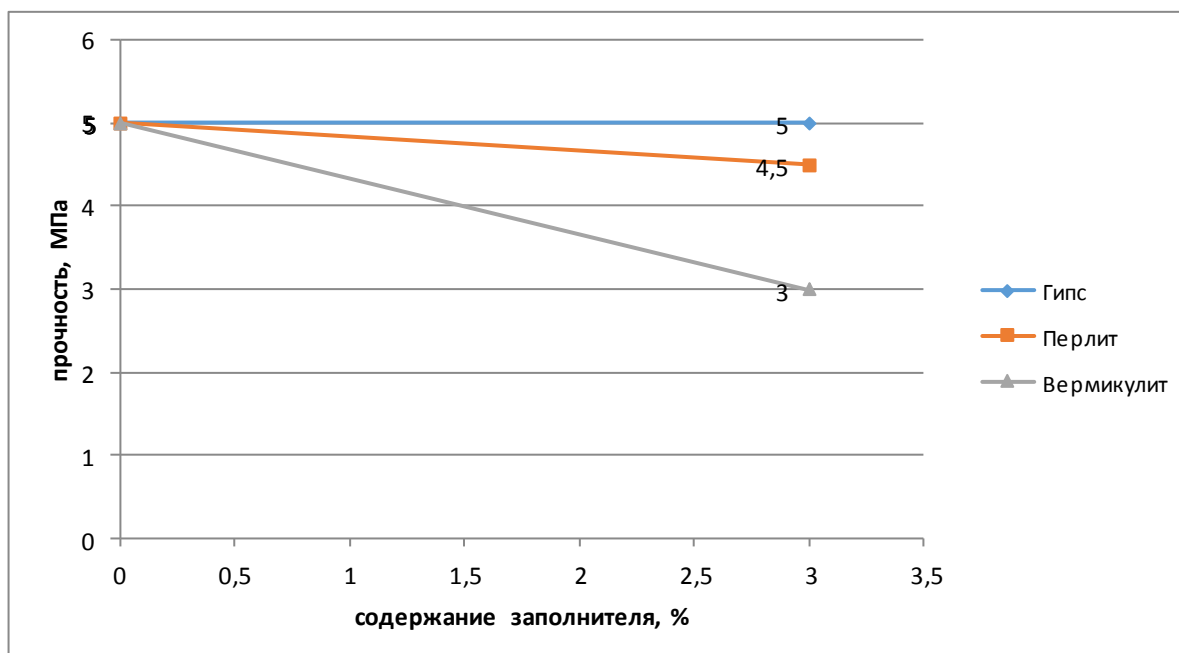


Рис. 1. - Влияние вида и количества различных заполнителей на прочность при сжатии гипсобетона

Перлит и вермикулит вполне предсказуемо стабильно снижают прочность гипсобетона. Введение в гипсобетон перлита в количестве 3% снижает прочность незначительно (с 5 до 4,5 МПа) в сравнении с чисто гипсовым образцом. Вермикулит, по сравнению с перлитом, оказывает наихудшее влияние на прочность гипсобетона; при его содержании в 3% прочность падает с 5 до 3 МПа соответственно.

В результате экспериментов было принято решение использовать заполнитель – перлит, который позволяет сэкономить вяжущее.

Литература

1. Павлычева Е.А., Пикалов Е.С. Современные энергоэффективные конструкционные и облицовочные строительные материалы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2020. - № 7. - С. 76-87.

2. Кондратенко Т.О., Сайбель А.В. Экологическая оценка при выборе строительных материалов для нового строительства, реконструкции и реставрации // Инженерный вестник Дона, 2011, № 4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1299

3. Керш В. Я., Колесников А. В., Керш Д. В. Синтез гипсовых композитных материалов на основе теории перколяции // Сухие строительные смеси. - 2015. - № 3. - С. 41-43.

4. Ovchinnikova S., Lyamina A., Borovkov A., Gadzhialieva I. Environmental Aspects of Assessing the Radiation State of Building Materials // Lecture Notes in Networks and Systems. - 2023. - № 574. pp. 1478–1484.

5. Старостина И.В., Ефремов Р.О., Порожняк Е.В., Старостина Ю.Л., Шайхиев И.Г. Использование кремнийсодержащих промышленных отходов в технологии композиционных гипсовых вяжущих // Вестник технологического университета. 2016. № 13. С. 178-181.

6. Лукьянова А.Н., Старостина И.В. Строительные композиционные материалы на основе модифицированных гипсовых вяжущих, полученных из отходов производства // Фундаментальные исследования. 2013. №4 (4). С. 818- 822.

7. Рахманова И.А., Саркисов Ю.Г. Теплоизоляционные материалы на основе перлита и вермикулита // Вестник ТГАСУ. - 2013. - № 2. - С. 257-262.

8. Хежев Х.А., Хежев Т.А., Кимов У.З., Думанов К.Х. Огнезащитные и жаростойкие композиты с применением вулканических горных пород // Инженерный вестник Дона, 2011, № 4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/710

9. Гордина А.Ф., Полянских И.С., Токарев Ю. В., Бурьянов А.Ф., Сеньков С.А. Водостойкие гипсовые материалы, модифицированные цементом, микрокремнеземом и наноструктурами // Нанотехнологии в строительстве. - 2014. - № 6. - С. 35-37.

10. Garkavi M.S., Garkavi E., Fischer H.B., Buryanov A., Abdrakhmanov R., Abdrakhmanova R. Aspects of gypsum dihydrate crystallization in the artificial aging of gypsum binde // ZKG International. - 2017. - № 70 (11). pp. 52-56.

References

1. Pavlycheva E.A., Pikalov E.S. Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy. 2020. №7. pp. 76-87.
2. Kondratenko T.O., Sajbel A.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2011. № 4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1299
3. Kersh V. YA., Kolesnikov A. V., Kersh D. V. Sukhie stroitelnye smesi. 2015. № 3. pp. 41 - 43.
4. Ovchinnikova S., Lyamina A., Borovkov A., Gadzhialieva I. Lecture Notes in Networks and Systems. 2023. № 574. pp. 1478 - 1484.
5. Starostina I.V., Efremov R.O., Porozhnyuk E.V., Starostina YU.L., SHajkhiev I.G. Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. 2016. № 13. pp. 178-181.
6. Lukyanova A.N., Starostina I.V. Fundamentalnye issledovaniya. 2013. №4 (4). pp. 818- 822.
7. Rakhmanova I.A., Sarkisov YU.G. Vestnik TGASU. 2013. № 2. pp. 257-262.
8. KHezhev KH.A., KHezhev T.A., Kimov U.Z., Dumanov K.KH. Inzhenernyj vestnik Dona. 2011. № 4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/710
9. Gordina A.F., Polyanskikh I.S., Tokarev YU. V., Buryanov A.F., Senkov S.A. Nanotekhnologii v stroitelstve. 2014. № 6. pp. 35-37.
10. Garkavi M.S., Garkavi E., Fischer H.B., Buryanov A., Abdrakhmanov R., Abdrakhmanova R. ZKG International. 2017. № 70 (11). pp. 52-56.