

ИССЛЕДОВАНИЕ ЮЖНО-СЫЧЕВСКИХ ГЛИН И ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА САМАНА

А.О. Аль-Хаддад, Б.Я. Трофимов, Л.Я. Крамар

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Рассматривается метод получения оптимального состава самана на основе математического планирования эксперимента. В качестве переменных факторов выбраны расходы органического компонента и отощителя – кварцевого песка. В качестве откликов использовали: прочность при сжатии и изгибе, плотность, влажность и усадку в высушенном состоянии.

Проведены испытания компонентов самана на основе реальных данных, полученных в лаборатории. Получены математические модели изменения свойств самана в зависимости от соотношения компонентов: глины, соломки, песка и воды.

Установлены составы саманов для использования в цоколе и облегченные для строительства верхней части стен.

Ключевые слова: свойства глины, оптимальные соотношения компонентов самана, матрица планирования эксперимента, математические модели состав-свойства.

Введение

Архитектура глиняных сооружений – одна из наиболее важных сторон материальной культуры человека, отражает уровень цивилизации общества и человеческой жизни. Саман является одним из старейших и наиболее распространенных доступных строительных материалов. Подсчитано, что примерно 30 % населения Земли проживает в саманных зданиях, что составляет около 50 % населения развивающихся стран, включая большую часть сельского населения, и не менее 20 % городского [1–3].

Анализ технической литературы на основе источников [4–9] показал, что во многих странах мира по сегодняшний день отмечается большой интерес к саману как к основному материалу, используемому при строительстве зданий и сооружений, кроме того, он является одним из самых дешевых и экологически чистых материалов. В связи с этим были изучены существующие стандарты и технические рекомендации для самана, применяемого в строительстве [10].

В каждом конкретном случае при производстве саманов разного назначения, т. е. с повышенной несущей способностью для оснований жилых зданий и облегченных для возведения стен, в литературе нет данных об их составах.

В связи с этим целью настоящей работы является разработка оптимальных составов тяжелого и легкого саманов для жилищного строительства.

Для этого были применены местные материалы и современные методы исследования.

Материалы и методы исследования

В исследовании использовали глину Южно-Сычевского месторождения, кварцевый песок Бе-

лоновского месторождения с модулем крупности $M_k = 2,5$ – песок средний по крупности, в качестве органической добавки использовали пшеничную соломку.

Для изучения фазового состава глины применяли рентгенофазовый анализ (РФА), исследования проводили на дифрактометре ДРОН-3М, дериватографические исследования (ДТА) проводили на дериватографе системы LuxxSTA 409 PC немецкой фирмы Netzsch, для определения оптимальных составов самана и выявления влияния его составляющих (песка и соломки) на свойства использовали математическое планирование эксперимента.

Результаты исследования

Анализ свойств и состава глины Южно-Сычевского месторождения проводили по данным РФА, ДТА, которые представлены на рис. 1–2.

По данным РФА, глина Южно-Сычевского месторождения включает:

каолинит с $d/n = 7,14; 4,17; 3,57; 2,48; 2,33; 2,29 \text{ \AA}$;

монтмориллонит $d/n = 4,47; 3,42; 2,60; 1,71 \text{ \AA}$ и кремнезём в виде кварца $d/n = 4,24; 3,34; 1,81; 1,54 \text{ \AA}$.

Дериватограммы подтвердили потерю массы при $T = 480\text{--}590 \text{ }^\circ\text{C}$, что соответствует температуре разложения каолинита, и потери массы при $590\text{--}800 \text{ }^\circ\text{C}$ указывают на разложение монтмориллонита.

Анализ по количеству химически связанной воды позволяет определить содержание глинистых минералов:

$(\text{Al,Mg})_2(\text{OH})_2 [\text{Si}_4\text{O}_{10}] \text{ H}_2\text{O}$ – монтмориллонит – 27,8 %.

$(\text{Al}_2\text{O}_3)_2\text{SiO}_2\text{H}_2\text{O}$ – каолинит – 29,6 %.

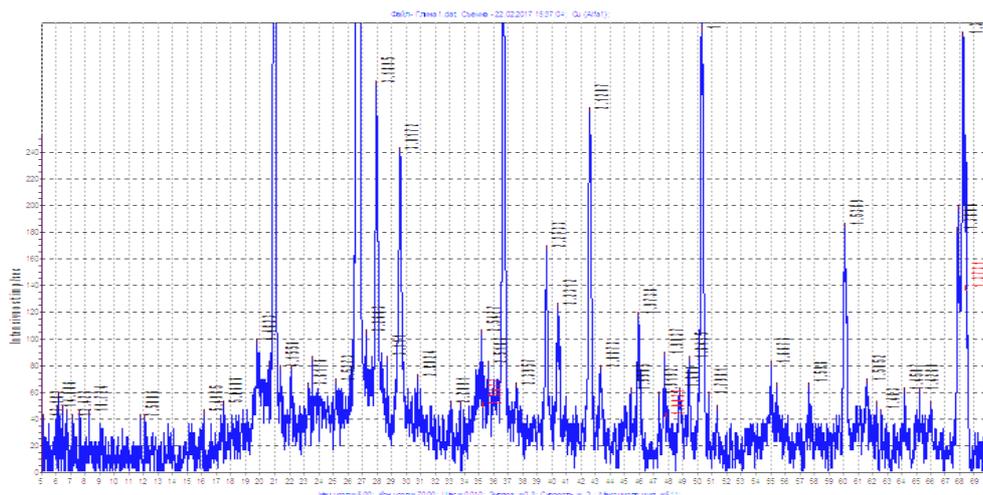


Рис. 1. Рентгенофазовый анализ (РФА) глины

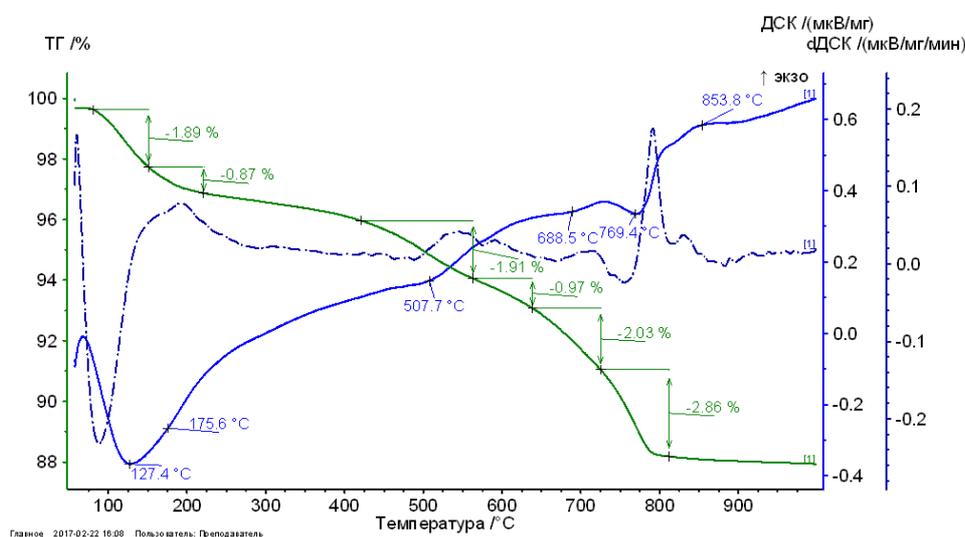


Рис. 2. Дифференциальный термический анализ (ДТА) глины

Суммарное содержание глинистых минералов в исследуемых пробах составляет 57,4 %, остальное: кварц (песок) составляет 33,4 % и 9,2 % приходится на другие минералы.

Пластичность глины составляет 13,2 %.

Для проведения испытаний были изготовлены 27 образцов размерами 4×4×16 см.

Образцы сушили при комнатной температуре первые 2 суток и далее при 45 °С в сушильном шкафу до постоянной массы, затем проводили испытание физико-механических свойств самана.

При испытании образцов самана определили прочность R при сжатии и изгибе, массу образцов, плотность, влажность и усадку.

Проведение исследования

Для проведения исследования использовали двухфакторный метод планирования эксперимента (см. таблицу).

На основании полученных результатов испы-

таний проведена оценка степени влияния факторов, определяющих расход песка и соломки, на прочность при сжатии и изгибе, а также на их плотность, влажность и усадку. Результаты исследования представлены на рис. 3–7.

При использовании Южно-Сычевской глины с содержанием до 30 % песка необходимо для повышения прочности вводить его дополнительно в количестве 20 %.

Без введения соломки был получен саман с максимальной прочностью $R_{изг} = 1,3$ МПа (рис. 3), прочность при сжатии $R_{сжа} = 8,8$ МПа (рис. 4). Полученный саман, согласно данным рис. 5–7, имеет плотность $\rho = 1400$ кг/м³ и усадку $\Delta l = 6,7$ %, при исходной влажности $W = 8,9$ %.

Введение в саман дополнительно соломки позволило получить материал с $R_{сжа} = 6,8$ МПа и $R_{изг} = 1,9$ МПа, при этом средняя плотность составляет 1250 кг/м³, а усадка снижается до 4,4 % при $W = 7$ %.

План-матрица исследования влияния добавок песка и соломки на свойства самана

№	Песок X		Соломка Y		Отклики				
	Код	Масса <i>m</i> , %	Код	Масса <i>m</i> %	Плотность ρ , г/см ³	Прочность <i>R</i> , МПа		Усадка ℓ %	Влажность <i>W</i> %
						изгиб	сжатие		
1	-1	0	-1	0	1,367	0,97	3,6	6,7	8,9
2	-1	0	0	25	1,241	1,46	4,8	5,9	7,6
3	-1	0	+1	40	1,132	1,55	3,4	5,6	7,9
4	+1	30	-1	0	1,419	1,11	8,6	4,9	7,1
5	+1	30	0	25	1,241	1,87	6,3	4,6	6,8
6	+1	30	+1	40	1,220	1,93	5,1	4,4	7,3
7	0	15	-1	0	1,407	1,09	8,8	5,8	7,1
8	0	15	0	25	1,239	1,73	5,6	5,6	7,2
9	0	15	+1	40	1,214	1,87	5,5	5,2	7,6

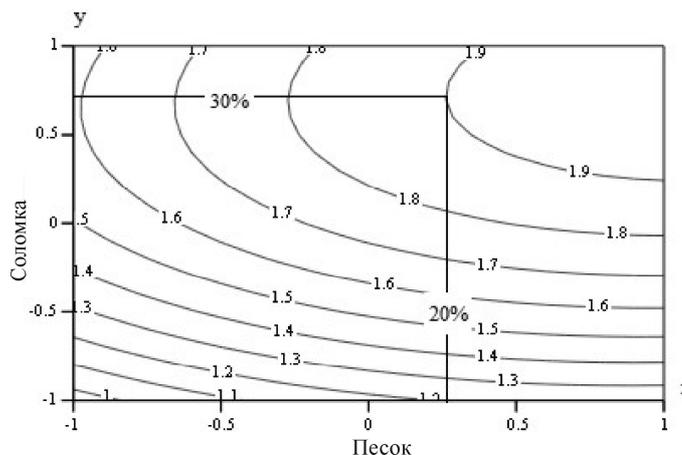


Рис. 3. Влияние количества заполнителей на прочность при изгибе, МПа

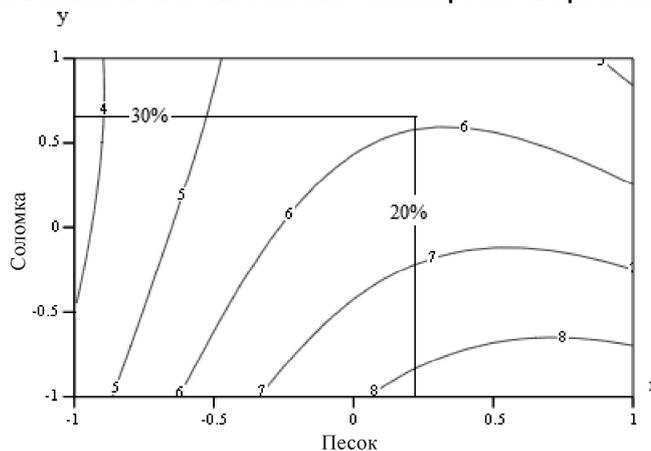


Рис. 4. Влияние количества заполнителей на прочность при сжатии, МПа

Таким образом, введение 30 % соломки совместно с 20 % песка способствует увеличению прочности при изгибе до 1,9 МПа и обеспечивает достаточную прочность при сжатии.

Анализ изменения плотности (ρ) указывает, что при увеличении процентного содержания соломки плотность самана снижается. И при оптимальном соотношении песка и соломки достигает 1250 кг/м³ (рис. 5).

Увеличение содержания песка в самане при-

водит к снижению усадки, а повышение расхода соломки способствует начальному увеличению влажности и в итоге повышению усадки самана.

Заключение

Из полученных результатов следует:

1. Максимальная прочность при изгибе и сжатии самана обеспечивается для южно-сычевских глин при оптимальном увеличении содержания песка до 20 % и соломки до 30 %, при этом максимальная

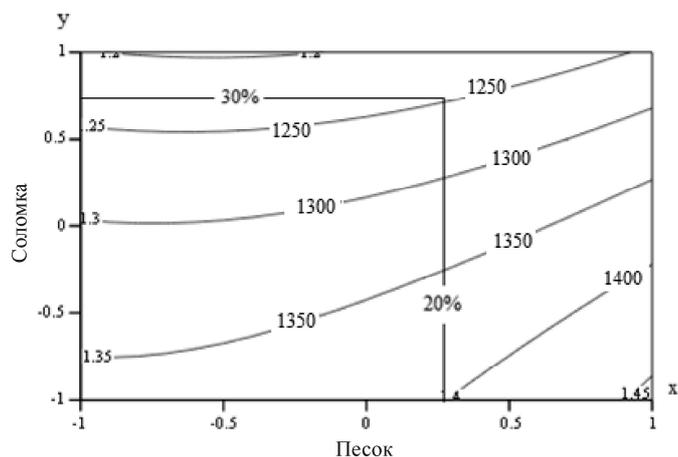


Рис. 5. Влияние содержания заполнителей на плотность самана, $\text{кг}/\text{м}^3$

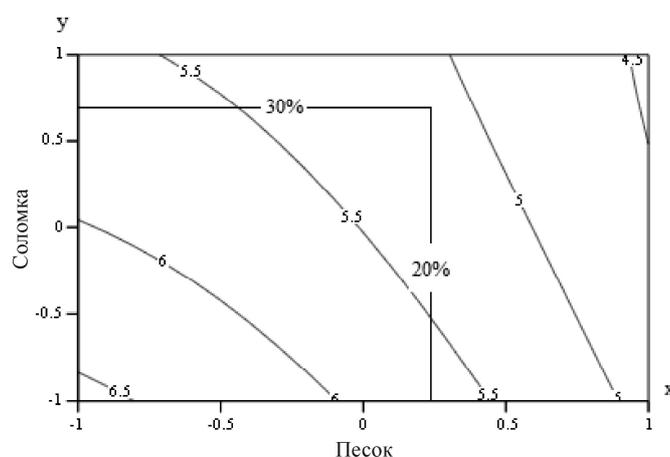


Рис. 6. Влияние содержания заполнителей на усадку самана в 12 суток, %

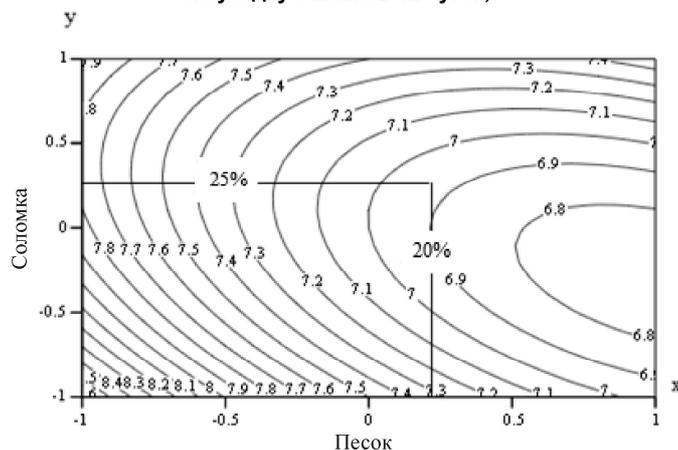


Рис. 7. Влияние количества заполнителей на влажность образцов самана в 12 суток, %

прочность составляет: $R_{\text{изл}}=1,9$ МПа; $R_{\text{сжа}}= 6,4$ МПа, а без соломки прочность при сжатии достигает 8,8 МПа.

2. Средняя плотность самана регулируется содержанием песка и соломки и может изменяться от 1250 до 1400 $\text{кг}/\text{м}^3$.

3. Величина усадки самана регулируется только песком, при этом для данной глины оптимальное его количество составляет 20 %.

Литература/References

1. Houben H., Guillaud H. Earth Construction: a Comprehensive Guide. London, ITDG Publishing, 1994.
2. North G., Kanuka-Fuchs R. *Waitakere City Council's Sustainable Home Guidelines – Earth Building*. Waitaker, Waitakere City Council; 2008. Available at: http://www.waitakere.govt.nz/abtcit/ec/bldsus/pdf/materials/earth_building.pdf. (accessed 01.05.11).

3. Webster F., Tolles E. Earthquake damage to historic and older adobe buildings during the 1994 Northridge, California Earthquake. *Proceedings of the 12th world conference on earthquake engineering* [CD-ROM], Auckland, New Zealand, January 30–February 4, 2000.

4. Reglamento nacional de construcciones. Norma técnica de edificación NTEE.080 Adobe. Lima, SENCICO, 2000.

5. NZS 4297:1998. Engineering design of earth buildings. Wellington, Standards New Zealand, 1998.

6. NZS 4298:1998. Materials and workmanship for earth buildings. Wellington, Standards New Zealand, 1998.

7. NZS 4299:1998. Earth buildings not requiring specific design. Wellington, Standards New Zealand, 1998.

8. 14.7.4: 2009. New Mexico earthen building materials code – New Mexico administrative code. New Mexico, USA, 2009.

9. Walker P. The Australian earth building handbook, HB 195-2002. Sydney, Standards Australia, 2002.

10. Ocola L., Huaco P. Seismic response of adobe buildings in Peruvian territory: 1974–2001 earthquakes. *Proceedings of SismoAdobe 2005 [CD-ROM]*, Lima, Peru, May 16–19, 2005 (in Spanish).

Аль-Хаддад Ахмед Осман Омар, аспирант кафедры «Строительные материалы и изделия», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), alhaddad220@yahoo.com

Трофимов Борис Яковлевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительные материалы и изделия», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), tbya@mail.ru

Крамар Людмила Яковлевна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Строительные материалы и изделия», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), Kramar-l@mail.ru

Поступила в редакцию 30 мая 2017 г.

DOI: 10.14529/build170305

RESEARCH OF SOUTH SYCHYOVO CLAY AND OPTIMIZATION OF ADOBE COMPOSITION

A.O. Al-Haddad, alhaddad220@yahoo.com

B.Ya. Trofimov, tbya@mail.ru

L.Ya. Kramar, Kramar-l@mail.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

In this paper, the method of obtaining the optimum adobe composition on the basis of the mathematical planning of the experiment is considered. As variable factors the consumption of the organic component and the quartz sand leaner are chosen. As the response parameters compressive and bending strength, density, moisture content, shrinkage in a dried condition are used.

Adobe components are tested on the basis of actual data obtained in the laboratory. Mathematical models of adobe property changes are given depending on the ratio of such components as clay, straw, sand and water. The composition of adobes for the use in the base and lighter for the construction of the upper part of the walls is defined.

Keywords: the properties of clay, the optimal components of adobe, the matrix of experiment planning, mathematical models of composition-properties.

Received 30 May 2017

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Аль-Хаддад, А.О. Исследование южно-сычевских глин и оптимизация состава самана / А.О. Аль-Хаддад, Б.Я. Трофимов, Л.Я. Крамар // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2017. – Т. 17, № 3. – С. 35–39. DOI: 10.14529/build170305

FOR CITATION

Al-Haddad A.O., Trofimov B.Ya., Kramar L.Ya. Research of South Sychyovo Clay and Optimization of Adobe Composition. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2017, vol. 17, no. 3, pp. 35–39. (in Russ.). DOI: 10.14529/build170305