

## Особенности производства прессованного лицевого кирпича, влияние карьерной влажности песка

*Р.А. Бурханова, С.М. Крахоткин, С.В. Лукиных, К.О. Молчанов,*

*О.К. Лупиногина*

*Волгоградский государственный технический университет*

**Аннотация:** В статье рассмотрены различные пропорции составляющих цементно-песчаной смеси для производства кирпича с целью строительства частных домов. Особое внимание уделено значениям осадки конуса, как одному из показателей смеси. Приведены таблицы с описанием разного состава смеси по каждому компоненту. Даны результаты эксперимента по изучению влияния разного соотношения компонентов. Проиллюстрировано оборудование для ручного и автоматического формования и создания из полученной смеси готовых изделий. Дано заключение о возможности использования конкретной смеси в производстве кирпича.

**Ключевые слова:** кирпич, цемент, песок, вода, цементно-песчаная смесь, цементный раствор, водоцементное отношение, подбор состава, строительство, производство.

### Введение

Проектирование состава цементной смеси имеет важное значение при формировании конечного продукта, предназначенного для разных целей и условий эксплуатации [1]. Изделия из цементно-песчаной смеси должны удовлетворять необходимым требованиям прочности, долговечности, морозостойкости, теплоизоляции [2-4]. При этом производство должно быть обосновано экономически выгодными условиями. Данные показатели достигаются применением методики проектирования состава смеси, экспериментальная проверка которого даёт гарантию на формирование качественных материалов. В ходе подбора состава цементно-песчаной смеси должно быть определено такое соотношение между составными компонентами, которое обеспечит необходимую прочность кирпича с учётом технологии её изготовления, нужную удобоукладываемость и подвижность при минимальных расходах вяжущего. Проектирование разделяется на подбор номинального состава, осуществляемый расчётно-экспериментальным путём, и на производственный – при передаче лабораторного в производство (ГОСТ 27006-86) [5-7].

За основу возьмём задачу определения состава в лабораторных условиях - определение расходов материалов в  $\text{кг}/\text{м}^3$  или соотношения материалов к расходу цемента. Основное требование готового продукта – получение необходимой прочности, достигающееся правильным назначением водоцементного отношения и правильным соотношением основных структурных составляющих смеси [8-10].

Водоцементное отношение (далее В/Ц) колеблется пределах  $\geq 0,4$  для получения изделий обычной прочности и  $\leq 0,4$  – для высокопрочных [2].

### **Материалы и оборудование**

Исходя из этих данных и предполагаемой марки прочности кирпича, использовали следующие материалы: портландцемент ЦЕМ II-А-Ш-42,5 Н (марка М500), песок карьерный, вода проточная.

### **Ход работы**

При планировании эксперимента было решено приготовить растворы в различных пропорциях цемента, песка и воды.

При подготовке использовались предварительно просеянный, а затем высушенный песок с модулем крупности 2,3 мм (ГОСТ 31828-2012; ГОСТ 8735-88; ГОСТ 8735-88 с Изменениями N 1, 2, с Поправкой) для дальнейшего смешивания с цементом. Для скрепления раствора использовали проточную воду комнатной температуры. При подборе цементной смеси с наиболее прочностными характеристиками за исходную точку взяли стандартное соотношение Ц: П: В = 1:3:0,4 и методами варьирования значениями осадки конуса в допустимом диапазоне производилось определение состава смеси. Пробы были разделены на три группы: I – с постоянным содержанием цемента 250 г; II – с постоянным содержанием цемента 500 г; III – с постоянным содержанием цемента 1000 г. Во всех трёх группах менялось водоцементное соотношение от 1:0,4 до 1:1,2 с шагом 0,2.

---

После затворения образцов в опалубке через 24 часа производили распалубку, и образцы погружали полностью в воду на 27 суток (ГОСТ 310.4-81 с Изменениями N 1, 2).

После процедуры изымания из воды, проводили экспериментальные исследования по определению предела прочности при изгибе и на сжатие. Испытания по определению прочности на изгиб проводили на лабораторном приборе 2170 П-6 и испытания по определению прочности на сжатие – на прессе ПИ-100-I-I-4 (ГОСТ 310.4-81 с Изменениями N 1, 2).

Полученные результаты экспериментальных исследований приведены в таблице 1.

Таблица № 1

Результаты испытаний образцов с высушенным просеянным песком

№ группы и партии	Материалы			Пропорция компонентов, Ц: П: В	Осадка конуса, мм	Предел прочности при изгибе, МПа	Предел прочности на сжатие, МПа	
	Цемент, г	Песок, г	Вода, мл					
I	1	250	1750	100	1:7:0,4	104	1	18
	2			150	1:7:0,6	105	2	36
	3			200	1:7:0,8	110	3	51
	4			250	1:7:1	117	2	45
	5			300	1:7:1,2	121	1	10
II	1	500	1500	200	1:3:0,4	105	3	47
	2			300	1:3:0,6	108	4	50
	3			400	1:3:0,8	114	3	42
	4			500	1:3:1	120	2	34
	5			600	1:3:1,2	134	1	18
III	1	1000	1000	400	1:1:0,4	106	3	48
	2			600	1:1:0,6	110	3	46
	3			800	1:1:0,8	120	1	26
	4			1000	1:1:1	136	1	19
	5			1200	1:1:1,2	-	-	-

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что предел прочности на изгиб в образцах группы I находится в пределах от 1 до 3 МПа, а предел прочности на сжатие от 10 до 51 МПа. При этом среднее значение

при изгибе – 1,8 МПа, при сжатии – 32 МПа. Наибольшие показатели в этой группе у образца с соотношением компонентов 1:7:0,8.

Аналогично, что предел прочности на изгиб в образцах группы II находится в пределах от 1 до 4 МПа, а предел прочности на сжатие от 18 до 50 МПа. При этом, среднее значение при изгибе – 2,6 МПа, при сжатии – 38,2 МПа. Наибольшие показатели в этой группе у образца с соотношением компонентов 1:3:0,6.

Соответственно, предел прочности на изгиб в образцах группы III находится в пределах от 1 до 3 МПа, а предел прочности на сжатие – от 18 до 50 МПа. При этом, среднее значение при изгибе – 1,6 МПа, при сжатии – 26,8 МПа. Наибольшие показатели в этой группе у образца с соотношением компонентов 1:1:0,4.

Помимо этого, результаты наглядно демонстрируют, что чем больше в составе раствора песка, тем больше требуется воды, что также подтверждается значением осадки конуса, как одним из показателей необходимого количества воды. Также в группе III в партии 5 при соотношении составных частей 1:1:1,2 отсутствует значение осадки конуса, в связи с высокой подвижностью цементно-песчаного раствора и не может быть использовано для приготовления образцов, но является демонстрацией границы пропорций компонентов.

В процессе проведения испытаний появилась задача по определению прочностных характеристик образцов с использованием просеянного невысушенного (влажного) песка для получения цементного-песчаного раствора для производства кирпича. Опытным путём было получено значение влажности, которое находится в пределах 9-11 %. Примем за основу среднее значение 10 % и повторим испытания для всех групп и партий образцов с уменьшением количества воды на показатель среднего значения влажности (10 %) (ГОСТ 310.4-81 с Изменениями N 1, 2).

---

Полученные результаты экспериментальных исследований приведены в таблице 2.

Таблица № 2

## Результаты испытаний образцов с влажным просеянным песком

№ группы и партии	Материалы			Пропорция компонентов, Ц:П:В	Осадка конуса, мм	Предел прочности при изгибе, МПа	Предел прочности на сжатие, МПа	
	Цемент, г	Песок, г	Вода, мл					
I	1	250	1750	90	1:7:0,36	103	1	17
	2			135	1:7:0,54	106	2	33
	3			180	1:7:0,72	109	3	49
	4			225	1:7:0,9	118	2	44
	5			270	1:7:1,08	120	2	10
II	1	500	1500	180	1:7:0,36	104	2	45
	2			270	1:7:0,54	107	3	48
	3			360	1:7:0,72	114	3	41
	4			450	1:7:0,9	122	2	35
	5			540	1:7:1,08	133	1	19
III	1	1000	1000	360	1:7:0,36	105	3	45
	2			540	1:7:0,54	110	3	46
	3			720	1:7:0,72	115	2	26
	4			900	1:7:0,9	124	1	21
	5			1080	1:7:1,08	136	1	10

Как мы можем наблюдать, значения пределов прочности на изгиб и на сжатие во всех трёх группах образцов не существенно изменились при влажном песке с учётом компенсации количества воды. Среднее значение предела прочности в образцах группы I при изгибе – 2 МПа, при сжатии – 30,6 МПа. Среднее значение предела прочности в образцах группы II при изгибе – 2,2 МПа, при сжатии – 37,6 МПа. Среднее значение предела прочности в образцах группы III при изгибе – 2 МПа, при сжатии – 29,6 МПа.

К сведению – в образцах группы III партии 5, значение осадки конуса достаточно велико, но при этом позволило провести испытания на приготовленных образцах и определить значения прочностных характеристик.

Средние значения двух испытаний представлены в таблице 3.

Таблица № 3

Результаты испытаний образцов с сухим и влажным просеянными  
песками

№ группы и партии	Пропорция компонентов смеси с сухим и влажным песком, Ц: П: В		Среднее значение предела прочности на изгибе в смеси с сухим и влажным песком, МПа		Среднее значение предела прочности на сжатие в смеси с сухим и влажным песком, МПа		
I	1	1:7:0,4	1:7:0,36	1,8	2	32	30,6
	2	1:7:0,6	1:7:0,54				
	3	1:7:0,8	1:7:0,72				
	4	1:7:1	1:7:0,9				
	5	1:7:1,2	1:7:1,08				
II	1	1:3:0,4	1:7:0,36	2,6	2,2	38,2	37,6
	2	1:3:0,6	1:7:0,54				
	3	1:3:0,8	1:7:0,72				
	4	1:3:1	1:7:0,9				
	5	1:3:1,2	1:7:1,08				
III	1	1:1:0,4	1:7:0,36	1,6	2	26,8	29,6
	2	1:1:0,6	1:7:0,54				
	3	1:1:0,8	1:7:0,72				
	4	1:1:1	1:7:0,9				
	5	1:1:1,2	1:7:1,08				

Сравнение результатов испытаний образцов с высушенным просеянным песком и влажным просеянным песком представлены на рисунке 1. Данные внутри области построения отображают результаты испытаний образцов с высушенным просеянным песком, а за пределами - с влажным просеянным песком.

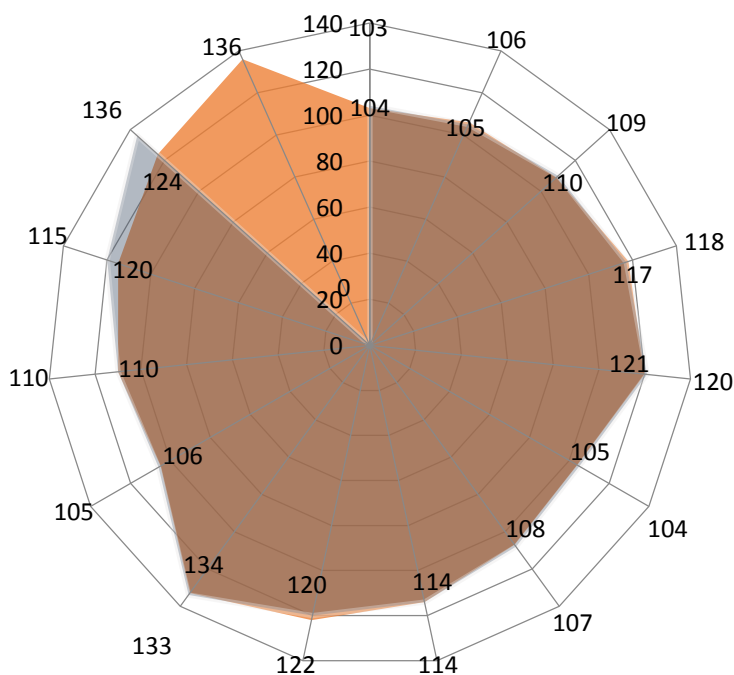


Рис. 1. – Сравнение результатов испытаний образцов с высушенным просеянным песком и влажным просеянным песком

Сравнение средних значений пределов прочности на изгиб и на сжатие образцов с высушенным просеянным песком и влажным просеянным песком представлены на рисунке 2.

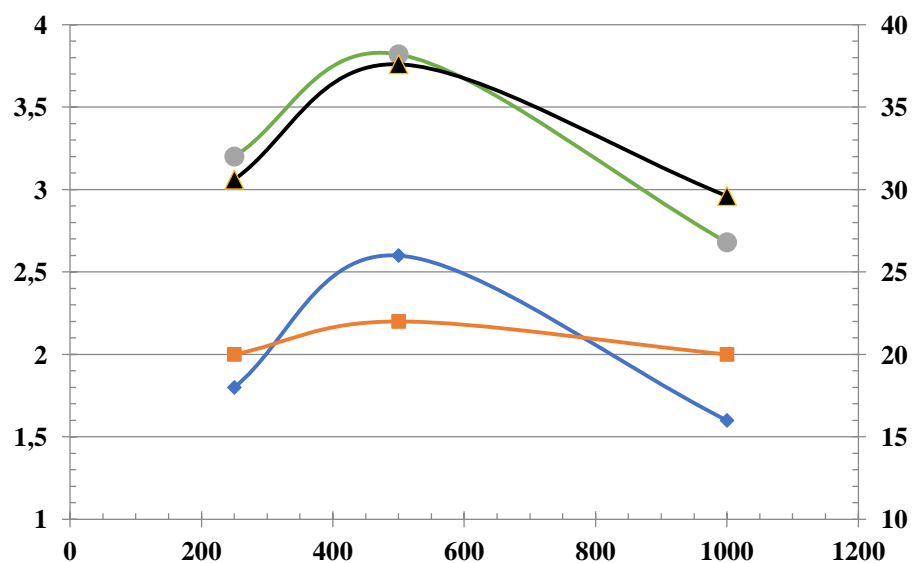


Рис. 2. – Сравнение результатов прочностных характеристик образцов с высушенным просеянным песком и влажным просеянным песком

По результатам проделанных экспериментов, можно с уверенностью рекомендовать использовать данные для приготовления цементно-песчаного раствора в производстве кирпича. Применяемое оборудование для прессования может быть ручного характера и автоматического (рис. 3).



а



б

Рис. 3. – Установка для прессования кирпича: а) ручной механизм; б) автоматический

### Выводы

1. Получены результаты предела прочности на изгиб и на сжатие для различного соотношения Ц: П: В. Определены наилучшие результаты в каждой группе: I - 1:7:0,8 предел прочности на изгиб – 3 МПа, предел прочности на сжатие – 51 МПа; II - 1:3:0,6 предел прочности на изгиб – 4 МПа, предел прочности на сжатие – 50 МПа; III - 1:1:0,4 предел прочности на изгиб – 3 МПа, предел прочности на сжатие – 48 МПа.

2. Проведены дополнительные экспериментальные исследования по получению образцов, в которых один из компонентов был влажный песок. Результаты коррелируют с результатами образцов, где использовался сухой песок. Определены средние значения предела прочности в образцах группы I при изгибе – 2 МПа, при сжатии – 30,6 МПа. Среднее значение предела прочности в образцах группы II при изгибе – 2,2 МПа, при сжатии – 37,6



МПа. Среднее значение предела прочности в образцах группы III при изгибе – 2 МПа, при сжатии – 29,6 МПа.

### Литература

1. Quagliarini E., Lenci S. The influence of natural stabilizers and natural fibres on the mechanical properties of ancient Roman adobe bricks // Journal of cultural heritage. – 2010. – V. 11. – №. 3. – С. 309-314.

2. Баженов Ю.М. Способы определения состава бетона различных видов. – М.: Стройиздат, 1975. – с. 268.

3. Zhilkina T., Sychugov S., Gumeniuk A., Mackevicius R., Turchin V., Vasilev V., Zakirov M. and Alexander Ilinsky A. Technology of soil stabilization with cement-sand grouting mortar with optimal aggregate grading // MATEC Web of Conferences. – EDP Sciences, 2018. – V. 193 URL: [researchgate.net/publication/327113595\\_Technology\\_of\\_soil\\_stabilization\\_with\\_cement-sand\\_grouting\\_mortar\\_with\\_optimal\\_aggregate\\_grading](https://www.researchgate.net/publication/327113595_Technology_of_soil_stabilization_with_cement-sand_grouting_mortar_with_optimal_aggregate_grading)

4. Бычков М. В., Удодов С. А. Особенности разработки легких самоуплотняющихся бетонов на пористых заполнителях // Инженерный вестник Дона, 2013, №. 3 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1774](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1774)

5. Маилян Д. Р., Польской П. П., Георгиев С. В. Свойства материалов, используемых при исследовании работы усиленных железобетонных конструкций // Инженерный вестник Дона, 2013, №. 2 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1673](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1673)

6. Форопонов К. С., Ткаченко Г. А. Структурообразование и свойства модифицированных жесткопрессованных цементно-меловых композиций // Инженерный вестник Дона, 2010, №. 3 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/230](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/230)

7. Загородных К. С., Кукина О. Б., Глазков С. С., Черепяхин А. М. Исследования возможности применения комплексной добавки к цементу

при стабилизации грунтов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. – 2016. – №. 1. – С. 20-24.

8. Waheed A., Azam R., Rizwan Riaz M., Zawam M. Mechanical and durability properties of fly-ash cement sand composite bricks: an alternative to conventional burnt clay bricks // Innovative Infrastructure Solutions. – 2022. – Т. 7. – №. 1. – С. 1-12.

9. Arulmoly B., Konthesingha C. Pertinence of alternative fine aggregates for concrete and mortar: a brief review on river sand substitutions // Australian Journal of Civil Engineering. – 2021. – С. 1-36.

10. Doğan-Sağlamtimur N., Bilgil A., Szechyńska-Hebda M., Parzych S., Hebda M. Eco-friendly fired brick produced from industrial ash and natural clay: A study of waste reuse // Materials. – 2021. – Т. 14. – №. 4. – С. 877.

### References

1. Quagliarini E., Lenci S. Journal of cultural heritage, 2010, V. 11, №. 3, pp. 309-314.

2. Bazhenov Yu.M. Sposoby` opredeleniya sostava betona razlichny`x vidov [Methods for determining the composition of concrete of various types] Yu.M. Bazhenov. M.: Strojizdat, 1975. p. 268.

3. Zhilkina T., Sychugov S., Gumeniuk A., Mackevicius R., Turchin V., Vasilev V., Zakirov M. and Alexander Ilinsky A. MATEC Web of Conferences. EDP Sciences, 2018, V. 193. URL: [researchgate.net/publication/327113595\\_Technology\\_of\\_soil\\_stabilization\\_with\\_cement-sand\\_grouting\\_mortar\\_with\\_optimal\\_aggregate\\_grading](https://www.researchgate.net/publication/327113595_Technology_of_soil_stabilization_with_cement-sand_grouting_mortar_with_optimal_aggregate_grading)

4. By`chkov M. V., Udodov S. A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №. 3 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1774](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1774)

---



5. Mailyan D. R., Pol'skoj P. P., Georgiev S. V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, № 2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1673](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1673)

6. Foroponov K. S., Tkachenko G. A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2010, №. 3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/230](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/230)

7. Zagorodny`x K. S., Kukina O. B., Glazkov S. S., Cherepaxin A. M. Nauchny`j vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arxitekturno-stroitel`nogo universiteta. Seriya: Fiziko-ximicheskie problemy` i vy`sokie texnologii stroitel`nogo materialovedeniya, 2016, №. 1, pp. 20-24.

8. Waheed A., Azam R., Rizwan Riaz M., Zawam M. Innovative Infrastructure Solutions, 2022, V. 7, №. 1, pp. 1-12.

9. Arulmoly B., Konthesingha C. Australian Journal of Civil Engineering, 2021, pp. 1-36.

10. Doğan-Sağlamtimur N., Bilgil A., Szechyńska-Hebda M., Parzych S., Hebda M. Materials, 2021, V. 14, №. 4, P. 877.