

Изучение влияния карьерной влажности и гранулометрического состава на стабильность технологических показателей при производстве Lego – кирпича

Р.А. Бурханова, С.В. Лукьяница, Д.Р. Колтунов, Н.А. Маслов,

О.К. Лупиногина

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: В статье рассмотрены различные этапы исследования карьерного песка как компонента цементно-песчаной смеси. Обозначены два масштабных этапа: высушивание и просеивание. Рассмотрен этап сушки для различных слоёв (верхний, средний, нижний) карьерного песка. Приведены результаты влажности навесок песка массой от 100 до 5000 г. для различных слоёв. Рассмотрен этап просеивания для различных слоёв карьерного песка. Опытным путём по нормативным методикам определен гранулометрический (зерновой) состав различных слоёв карьерного песка. Приведены результаты частного и полного остатков для каждого слоя песка. Рассчитаны модули крупности для различных слоёв песка. Проиллюстрировано оборудование, применяемое для высушивания и просеивания карьерного песка. Подтверждена экспериментально теоретическая необходимость предварительных этапов подготовки (высушивание и просеивание) карьерного песка перед использованием в качестве составной части цементно-песчаной смеси для производства кирпича.

Ключевые слова: карьерный песок, высушивание, сушка, просеивание, просев, цементно-песчаная смесь, влажность, гранулометрический состав, модуль крупности.

Введение

Песок — рыхлая осадочная горная порода, а также искусственный материал, состоящий из зёрен горных пород. Очень часто состоит из почти чистого минерала кварца (вещество — диоксид кремния). Природный песок представляет собой рыхлую смесь зёрен, образовавшихся в результате разрушения твёрдых горных пород, размером 0,16—5 мм, масса одной песчинки может варьироваться от десятых долей миллиграмма до нескольких микрограмм [1, 2].

Карьерный песок — неорганический сыпучий материал с крупностью до 5 мм, образовавшийся в результате естественного разрушения скальных горных пород и получаемый при разработке песчаных и песчано-гравийных месторождений без использования или с использованием специального обогащательного оборудования [3-5].

Широко используется в составе строительных материалов, для намывки участков под строительство, для пескоструйной обработки, при возведении дорог, насыпей, в жилищном строительстве для обратной засыпки, при благоустройстве дворовых территорий, при производстве раствора для кладки, штукатурных и фундаментных работ, используется для бетонного производства. При производстве железобетонных изделий, бетона высоких марок прочности, а также при производстве тротуарной плитки, бордюров, колодезных колец используют крупнозернистый песок. Мелкий строительный песок используется для приготовления накрывочных растворов [6-8].

Перед приготовлением раствора необходимо удостовериться в качестве песка. Для этого было решено провести ряд операций, направленных на изучение свойств добываемого песка с целью уточнения способов его использования и оценки качества, как составной части цементно-песчаной смеси [9, 10].

В рамках научно-исследовательской деятельности магистров кафедры «СМиСТ» проводится исследование компонентов для разработки составов для производства Lego – кирпича. Для этого было решено провести ряд операций, направленных на изучение свойств используемого песка с целью оценки его качества как составной части цементно-песчаной смеси. В работе использовался песок Орловского месторождения Волгоградской области.

Этапы исследования

1. Высушивание. После добычи песка для его хранения использовался навес, открытый с 4-ех сторон. Требовалось исследование и определение влажности песка. Полученный материал изначально был высушен в специальном шкафу без предварительного просеивания. Сушка производилась при температуре 300 °С. Было отобрано несколько навесок различного веса, от 100 г до 5 кг для определения значения влажности. Отбор

проб был произведён с разных уровней глубины карьера: песок, отобранный с верхних слоёв (от 1 до 10 см), средних слоёв (с 11 до 30 см), нижних слоёв (от 31 до 50 см). Все исследования были выполнены согласно нормативам (ГОСТ 31828-2012). Результаты высушивания песка представлены в таблицах 1-3.

Расчёт влажности W производился по методике с применением следующей формулы (ГОСТ 8735-88 с Изменениями N 1, 2, с Поправкой):

$$W = \frac{m - m_1}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

где m - масса навески в состоянии естественной влажности, г; m_1 - масса навески в сухом состоянии, г.

Таблица № 1

Результаты сушки песка с верхних слоёв

№ пробы	Масса навески, г	Масса навески после сушки, г			Влажность песка, %		
		с верхних слоёв	со средних слоёв	с нижних слоёв	с верхних слоёв	со средних слоёв	с нижних слоёв
1	100	98	95	90	~2	~5	~11
2	500	470	450	435	~6	~11	~14
3	1000	950	950	920	~5	~5	~9
4	1500	1400	1330	1310	~7	~13	~14
5	2000	1910	1860	1840	~4	~7	~9
6	2500	2450	2330	2120	~2	~7	~18
7	3000	2900	2760	2740	~3	~9	~9
8	3500	3350	3290	3190	~4	~6	~10
9	4000	3880	3740	3700	~3	~7	~8
10	5000	4890	4625	4610	~2	~8	~8

Результаты таблицы 1 свидетельствуют о том, что влажность песка неравномерна внутри каждого слоя. Также это косвенно является подтверждением высокого содержания пылевидных включений, при условии хранения песка. Наибольшая плотность нахождения этих включений

наблюдается в большей степени в верхних слоях, что показывает необходимость просеивания песка, и это будет доказано на следующем этапе исследования.

2. Просеивание. Предыдущий этап показал необходимость предварительного просеивания, дабы исключить пылевидные включения в составе компонента смеси и определить более точно показатель влажности. Также, если брать песок только с верхних слоёв, есть необходимость просеивания, ибо верхние слои самые наполненные пылевидными частицами, а брать песок со средних или нижних слоёв не представляется возможным без дополнительного вскапывания, и если они и проводятся, то тем более необходим просев, потому что происходит смешивание слоёв. Был произведён просев навесок с помощью сит с диаметрами отверстий от 5 мм до 0,16 мм, установленных на виброплощадку. Вес навески был принят не менее 1000 г и равнялся 2000 г. После чего были получены результаты частных и полных остатков. Все исследования были выполнены согласно нормативам (ГОСТ 8735-88 с Изменениями N 1, 2, с Поправкой).

Расчёт частных остатков a_i производился по методике с применением следующей формулы (ГОСТ 8735-88 с Изменениями N 1, 2, с Поправкой):

$$a_i = \frac{m_i}{m} \times 100 \quad (2)$$

где m_i - масса остатка на данном сите, г; m - масса просеиваемой навески, г;

Полный остаток A_i на каждом сите рассчитывался по следующей формуле (ГОСТ 8735-88 с Изменениями N 1, 2, с Поправкой):

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i \quad (3)$$

где $a_{2,5}, a_{1,25}, \dots, a_i$ – частные остатки на соответствующих ситах;

Модуль крупности песка M_k без зёрен размером крупнее 5 мм по формуле (ГОСТ 8735-88 с Изменениями N 1, 2, с Поправкой):

$$M_k = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}}{100} \quad (4)$$

где $A_{2,5}$, $A_{1,25}$, $A_{0,63}$, $A_{0,315}$, $A_{0,16}$ - полные остатки на сите с круглыми отверстиями диаметром 2,5 мм и на ситах с сетками N 1,25; 063; 0315; 016, %.

После проведения просеивания все рассчитанные результаты определения зернового состава песка в различных слоях представлены в таблицах 2-4, и графически в виде кривых просеивания (рис. 1-3).

Таблица № 2

Зерновой состав песка в верхних слоях

Наименование остатка	Остатки % по массе на ситах					Проход через сито с сеткой 0,16, % по массе	Модуль крупности, мм
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16		
Частный	5	30	18	14	13	20	2,4
Полный	5	35	53	67	80	-	

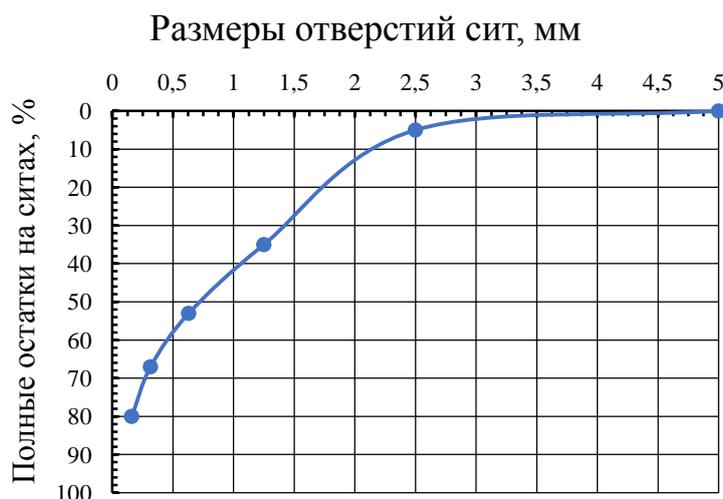


Рис. 1. - Кривая просеивания для песка в верхних слоях

Таблица № 3

Зерновой состав песка в средних слоях

Наименование остатка	Остатки % по массе на ситах					Проход через сито с сеткой 0,16, % по массе	Модуль крупности, мм
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16		
Частный	11	12	22	22	17	16	2,3
Полный	11	23	45	67	84	-	

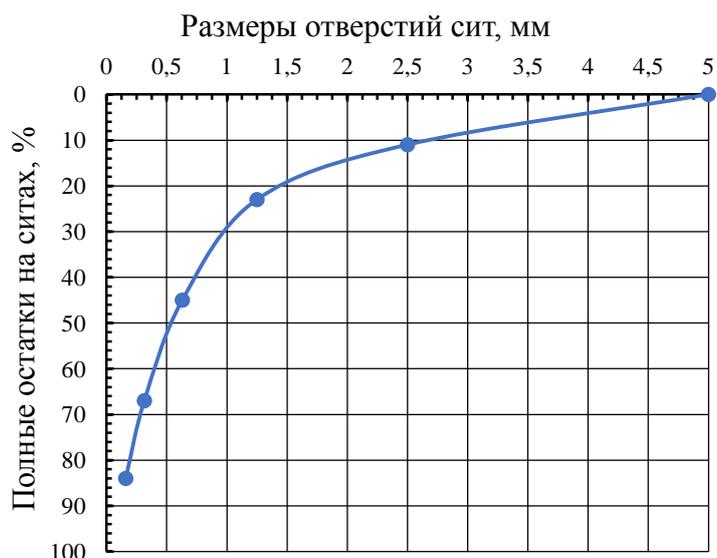


Рис. 2. - Кривая просеивания для песка в средних слоях

Таблица № 4

Зерновой состав песка в нижних слоях

Наименование остатка	Остатки % по массе на ситах					Проход через сито с сеткой 0,16, % по массе	Модуль крупности, мм
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16		
Частный	9	17	21	24	18	11	2,42
Полный	9	26	47	71	89	-	

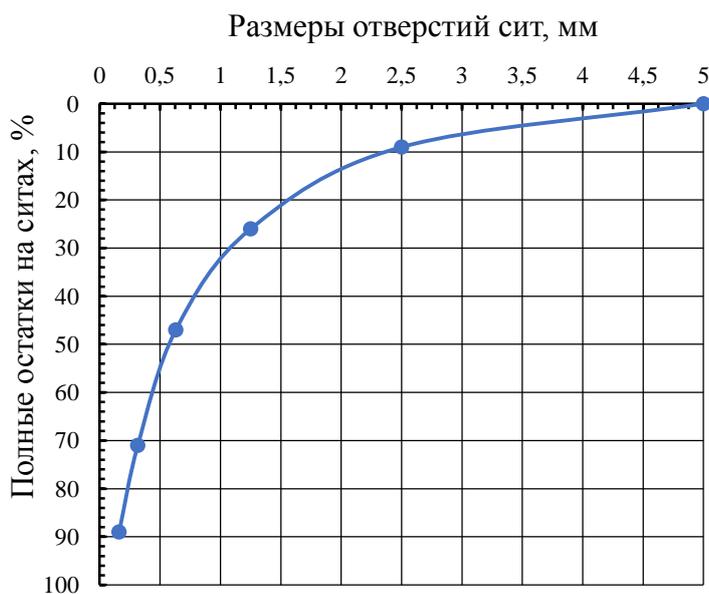


Рис. 3. - Кривая просеивания для песка в средних слоях

Результаты исследований песка в различных слоях доказывают неоднородный состав и подтверждают наличие пылевидных включений в разной пропорции. При этом модуль крупности для различных слоёв приблизительно одинаков, что подтверждает правильность выполнения операции на данном этапе, но требует проведения дополнительного этапа для более точного определения влажности компонента.

3. Высушивание после просеивания. После проведения двух предыдущих этапов следующим логичным этапом является высушивание после предварительного просева, проведённого во втором этапе. На данном этапе определение влажности возможно с минимальной погрешностью, допустимой при проведении исследования. Так, осуществим повтор первого этапа при тех же условиях и нормативах (ГОСТ 31828-2012, ГОСТ 8735-88 с Изменениями N 1, 2, с Поправкой).

Полученные результаты представлены в таблице 5.

Таблица № 5

Результаты сушки песка с различных слоёв после предварительно
просеивания

№ пробы	Масса навески, г	Масса навески после сушки, г			Влажность песка, %		
		с верхних слоёв	со средних слоёв	с нижних слоёв	с верхних слоёв	со средних слоёв	с нижних слоёв
1	100	90	90	91	~11	~11	~10
2	500	450	445	455	~11	~12	~10
3	1000	910	910	910	~10	~10	~10
4	1500	1355	1360	1370	~11	~10	~9
5	2000	1805	1800	1820	~11	~11	~10
6	2500	2245	2225	2280	~11	~12	~10
7	3000	2700	2730	2730	~11	~10	~10
8	3500	3140	3200	3200	~11	~10	~9
9	4000	3615	3720	3660	~11	~8	~9
10	5000	4530	4615	4590	~10	~8	~9

По данным, представленным в таблице 5, можно сделать вывод, что влажность карьерного песка с верхних слоёв после предварительного просеивания составляет 10-11%, а среднее значение - 10,8%. Аналогично, влажность средних слоёв находится в диапазоне от 8 до 12%, среднее значение - 10,2%. Соответственно, возможно сделать заключение, что влажность нижних слоёв – 9-10 %, при этом среднее значение – 9,6%.

Используя полученные результаты, можем сделать вывод, что среднее значение влажности для трёх слоёв составляет 10,2%.

Проведённые исследования доказали необходимость проведения подготовительных этапов песка, как компонента цементно-песчаной смеси для производства кирпича.

Выводы

1. Проведены предварительные исследования карьерного песка, как компонента цементно-песчаной смеси для производства кирпича.
2. Выявлена неоднородность влажности в различных слоях в процессе высушивания, что требует проведения второго этапа – просеивания.
3. В процессе проведения просеивания определен гранулометрический состав и модуль крупности карьерного песка для различных слоёв, который находится в пределах от 2,3 до 2,42 мм.
4. Проведена дополнительная операция на третьем этапе, которая заключалась в высушивании предварительно просеянного карьерного песка с разных слоёв. Определены значения влажности, соответственно для каждого слоя и среднее значение для всех слоёв, которое составляет 10,2%.

Литература

1. Ануфрик С. С., Курьян Н. Н., Зноско К. Ф., Анучин С. Н. Исследование микроэлементного химического состава строительного песка методами спектрального анализа // Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 2. Математика. Физика. Информатика, вычислительная техника и управление. – 2016. – Т. 6. – №. 2. – С. 57-63.
2. Черноситова Е. С., Денисова Ю. В., Сергеев С. В. Статистический анализ качества песка при геологической разведке нового месторождения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. – 2012. – №. 3. – С. 37-40.
3. Pouillet P., Muñoz-Perez J., Poortvliet G., Mera J., Contreras A., Lopez-Garcia P. Influence of different sieving methods on estimation of sand size parameters // Water. – 2019. – V. 11. – №. 5 URL: [mdpi.com/2073-4441/11/5/879](https://doi.org/10.3390/w11050879)

4. Ogunwole O. A. Design, construction and testing of a dry sand sieving machine // Journal of Applied Sciences and Environmental Management. – 2012. – V. 16. – №. 3. P. 241 - 243

5. Абдурасулов А. И. Исследование фильтровальных характеристик песка из ивановского карьера // Вестник КРСУ. – 2008. – Т. 8. – №. 9. – С. 164-168.

6. Старокадомский Д., Решетник М. Влияние микрочастиц кварцевого песка различного происхождения на физико-механические свойства эпоксидного композита для реставрационных, строительных и декоративных материалов //Архивариус. – 2021. – Т. 7. – №. 4 (58). – С. 41-49.

7. Фиговский О. Л., Кудрявцев П. Г. Жидкое стекло и водные растворы силикатов, как перспективная основа технологических процессов получения новых нанокomпозиционных материалов // Инженерный вестник Дона, 2014, №. 2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2448

8. Шляхова Е. А., Холостова А. И. К вопросу повышения качества мелкозернистых бетонов на мелких песках // Инженерный вестник Дона, 2013, №. 4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2110

9. Быков А. С., Акулова М. В. Определение качества песка для производства пенобетона // Молодые ученые-развитию текстильно-промышленного кластера (ПОИСК). – 2017. – №. 2. – С. 456-457.

10. Гуляев В. Т., Ганик С. В. Влияние качества песка на свойства пенобетона // Вологдинские чтения. – 2012. – №. 80. – С. 35-36.

References

1. Anufrik S. S., Kur`yan N. N., Znosko K. F., Anuchin S. N. Vestnik Grodnenskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Yanki Kupaly`. Seriya 2. Matematika. Fizika. Informatika, vy`chislitel`naya texnika i upravlenie, 2016, V. 6, №. 2, pp. 57-63.



2. Chernositova E. S., Denisova Yu. V., Sergeev S. V. Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. VG Shuxova, 2012, №. 3, pp. 37-40.
3. Pouillet P., Muñoz-Perez J., Poortvliet G., Mera J., Contreras A., Lopez-Garcia P. Water, 2019, V. 11, №. 5 URL: mdpi.com/2073-4441/11/5/879
4. Ogunwole O. A. Journal of Applied Sciences and Environmental Management. 2012. V. 16. №. 3. pp. 241 – 243.
5. Abdurasulov A. I. Vestnik KRSU, 2008, V. 8, №. 9, pp. 164-168.
6. Starokadomskij D., Reshetnik M. Arxivarius. 2021. V. 7. №. 4 (58). pp. 41-49.
7. Figovskij O. L., Kudryavcev P. G. Inzhenernyj vestnik Dona, 2014, №. 2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2448
8. Shlyaxova E. A., Xolostova A. I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №. 4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2110
9. By`kov A. S., Akulova M. V. Molody`e ucheny`e-razvitiyu tekstil`no-promy`shlennogo klastera (POISK), 2017, №. 2, pp. 456-457.
10. Gulyaev V. T., Ganik S. V. Vologdinskie chteniya, 2012, №. 80, pp. 35-36.