



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Строительные материалы»

Методические указания
к лабораторной работе по учебным
дисциплинам «Строительные материалы»,
«Материаловедение», «Дорожное
материаловедение и технология дорожно-
строительных материалов»
для обучающихся по всем направлениям
подготовки

«Испытания песка»

Авторы
Каклюгин А.В., Трищенко И.В.

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

Методические указания содержат описание методик экспериментального определения основных свойств природного песка и песка из отсеков горных пород: зернового состава, истинной, насыпной плотности и объема межзерновых пустот, содержания в песке пылевидных и глинистых частиц, наличия органических примесей, а также формы таблиц, предназначенных для заполнения в процессе выполнения лабораторной работы.

Предназначены для обучающихся по очной и заочной форме по всем направлениям подготовки при изучении дисциплин «Строительные материалы», «Материаловедение», «Дорожное материаловедение и технология дорожно-строительных материалов».

Авторы

к.т.н., доцент
кафедры «Строительные материалы»
Каклюгин А.В.

к.т.н., доцент
кафедры «Строительные материалы»
Трищенко И.В.



Оглавление

ИСПЫТАНИЯ ПЕСКА	4
1 Общие сведения	4
2 Определение зернового состава и модуля крупности ...	5
3 Определение истинной плотности	10
4 Определение насыпной плотности.....	11
5 Определение пустотности.....	12
6 Определение содержания пылевидных и глинистых частиц.....	12
7 Определение наличия в природном песке органических примесей.....	14
8 Форма заключения по работе	15
9 Контрольные вопросы.....	15
Библиографический список	16

ИСПЫТАНИЯ ПЕСКА

1 Общие сведения

Песок – сыпучий материал, представляющий собой рыхлую смесь зерен крупностью от 0,16 до 5 мм.

Для получения строительного раствора, бетона и асфальтобетона в большинстве случаев используют песок природный и песок из отсевов дробления горных пород.

Природный песок – песок, образовавшийся в результате естественного разрушения скальных горных пород. Его получают при разработке песчаных, валунно-гравийно-песчаных и гравийно-песчаных месторождений.

Песок из отсевов дробления горных пород – песок, получаемый из отсевов дробления плотных горных пород при производстве щебня.

Общие требования к природному песку регламентированы ГОСТ 8736, к песку из отсевов дробления – ГОСТ 31424, дополнительные требования установлены ГОСТ 28013, ГОСТ 26633, ГОСТ 9128 и др. Их учитывают при оценке пригодности песка для получения строительного раствора, бетона или асфальтобетона.

Качество песка характеризуют:

- зерновым составом и модулем крупности;
- истинной плотностью;
- насыпной плотностью;
- пустотностью;
- содержанием пылевидных и глинистых частиц;
- содержанием глины в комках;
- содержанием глинистых частиц, определяемых методом набухания (для песка, используемого в производстве асфальтобетона);
- наличием органических примесей в природном песке;
- влажностью и др.

Некоторые показатели качества являются **нормируемыми**.

К ним относят:

- содержание в песке зерен крупнее 10 мм;
- содержание в песке зерен фракции свыше 5 до 10 мм;
- содержание в песке частиц размерами менее 0,16 мм;
- содержание пылевидных и глинистых частиц;
- содержание глины в комках.

Методы испытаний песка установлены ГОСТ 8735. Большинство испытаний (за исключением определения наличия органических примесей и влажности) проводят на **пробах подготовлен-**

ного песка: высушенного в сушильном шкафу при температуре (105 ± 5) °С до постоянной массы и просеянного через сито с диаметром отверстий 5 мм.

Отбор проб для проведения контрольных испытаний следует осуществлять в соответствии с правилами, установленными ГОСТ 8735. Их взвешивание следует выполнять с погрешностью 0,1 % массы.

2 Определение зернового состава и модуля крупности

2.1. **Зерновой состав** характеризуют относительным содержанием в песке зерен определенного размера (фракции), выраженным в процентах. Его определяют путем отсева пробы песка на стандартном наборе сит.

Аппаратура:

- весы;
- набор сит с круглыми отверстиями диаметром 10; 5 и 2,5 мм и квадратными ячейками размерами 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 мм.

2.2 Определение содержания в песке зерен крупностью более 5 мм

Пробу подготовленного песка массой не менее 2 кг просеивают через сита с круглыми отверстиями диаметром 5 и 10 мм (рис. 1а). При этом материал разделяется следующим образом:

- остаток на сите с диаметром отверстий 10 мм, т.е. зерна крупнее 10 мм;
- остаток на сите с диаметром отверстий 5 мм, т.е. зерна фракции свыше 5 до 10 мм;
- зерна, прошедшие через сито с диаметром отверстий 5 мм, т.е. зерна мельче 5 мм (содержимое поддона).

Фракцией считают зерна, выделяемые из пробы песка двумя находящимися рядом ситами из стандартного набора.

Остатки на ситах с отверстиями диаметром 5 и 10 мм взвешивают и вычисляют содержание в песке, % по массе, зерен крупнее 10 мм (G_{p10}) и зерен фракции свыше 5 до 10 мм (G_{p5}).

$$G_{p10} = \frac{m_{10}}{m} \cdot 100; \quad (1)$$

$$G_{p5} = \frac{m_5}{m} \cdot 100, \quad (2)$$

где m_{10} – масса остатка на сите с отверстиями диаметром 10

Испытания песка

мм, г;

m_5 – масса остатка на сите с отверстиями диаметром 5 мм, г;

m – масса пробы, г.

2.3 Определение зернового состава

От пробы песка, прошедшего через сито с отверстиями диаметром 5 мм, отбирают навеску массой 1000 г. Ее просеивают через набор сит с отверстиями диаметром 2,5 мм и с сеткой с ячейками размерами 1,25; 0,63; 0,315 и 0,16 мм (рис. 16). При этом песок разделяется на фракции: свыше 2,5 до 5 мм; свыше 1,25 до 2,5 мм; свыше 0,63 до 1,25 мм; свыше 0,315 до 0,63 мм; свыше 0,16 до 0,315 мм.

Просеивание можно считать законченным, если при интенсивном встряхивании сита над листом бумаги не наблюдается падения зерен песка.

Остатки песка на каждом сите и на поддоне взвешивают.

Испытания песка

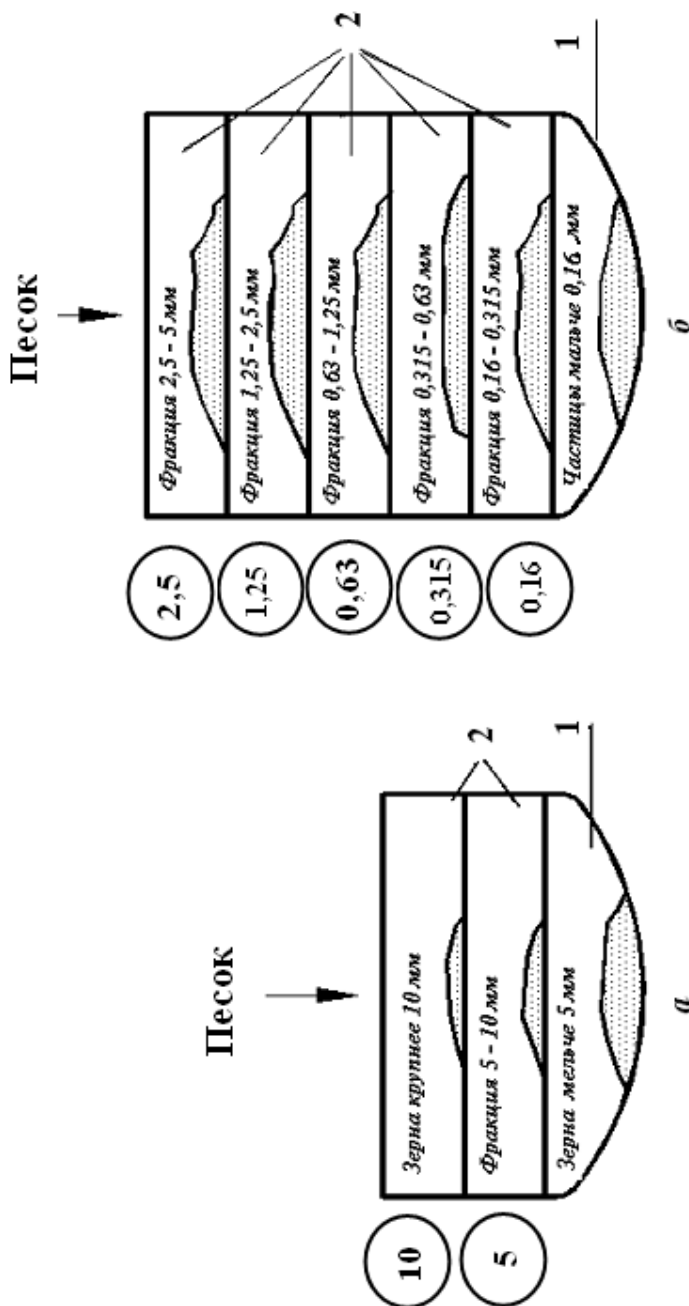


Рисунок 1 – Рассев песка на стандартном наборе сит:

а – определение содержания в песке зерен крупнее 5 мм; *б* – определение зернового состава;

1 – поддон; 2 – сита из стандартного набора

В кружочках – размеры отверстий контрольных сит, мм

2.4 Обработка результатов

По результатам взвешивания остатков на ситах определяют частные и полные остатки и рассчитывают модуль крупности песка.

Частными остатками называют остатки песка, образовавшиеся на каждом из контрольных сит.

Частные остатки m_i , г, равны массе остатков на ситах.

Частные остатки a_i , %, характеризуют относительное содержание в песке зерен определенной фракции. Их рассчитывают с точностью до второго десятичного знака как отношение массы остатка на данном сите к массе просеиваемой навески по формуле

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100, \quad (3)$$

Полным остатком A_i , %, называют остаток, который был бы на данном сите, если бы просеивание производилось только через это сито. Он численно равен сумме частных остатков на данном сите и всех ситах с большими размерами отверстий:

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i, \quad (4)$$

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

Для песка, используемого в производстве асфальтобетонных смесей, дополнительно рассчитывают **количество частиц мельче данного размера** q_i , %, т.е. количество частиц, прошедших через отверстия в данном сите.

$$q_i = 100 - A_i \quad (5)$$

Результаты определения зернового состава песка приводят в таблице 1.

2.5 Определение модуля крупности и группы песка по крупности

По рассчитанным полным остаткам на контрольных ситах с точностью до второго десятичного знака определяют модуль крупности песка M_k .

Испытания песка

Таблица 1 – Результаты определения зернового состава песка

Наименования остатков	Размер отверстий контрольных сит, мм					Проход через сито с ячейками размером 0,16 мм
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	
Частные m_i , г						
Частные a_i , %						
Полные A_i , %						–
Количество частиц мельче данного размера q_i , %						–

$$M_K = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}}{100}, \quad (6)$$

где $A_{2,5}, A_{1,25}, A_{0,63}, A_{0,315}, A_{0,16}$ – полные остатки на ситах, %.

В зависимости от величины модуля крупности по таблице 2 устанавливают группу песка по крупности.

Таблица 2 – Группы песка по крупности

Группы песка	Песок		Модуль крупности	Полный остаток на сите с ячейками размером 0,63 мм, %
	природный	из отсевов дробления		
Очень крупный	-	+	Свыше 3,5	Свыше 75
Повышенной крупности	+	+	Св. 3,0 до 3,5	Св. 65 до 75 вкл.
Крупный	+	+	Св. 2,5 до 3,0	Св. 45 до 65 вкл.
Средний	+	+	Св. 2,0 до 2,5	Св. 30 до 45 вкл.
Мелкий	+	+	Св. 1,5 до 2,0	Св. 10 до 30 вкл.
Очень мелкий	+	-	Св. 1,0 до 1,5	До 10
Тонкий	+	-	Св. 0,7 до 1,0	Не нормируется
Очень тонкий	+	-	До 0,7	Не нормируется

Примечание – знак "+" означает, что песок может относиться к данной группе по крупности; знак "-" означает, что песок не может относиться к данной группе по крупности.

Для песка каждой группы по крупности нормированы значения полного остатка на сите с ячейками размером 0,63 мм (таблица 2). В отдельных случаях допускается отклонение полного остатка на этом сите от указанных значений, но не более чем на $\pm 5\%$.

3 Определение истинной плотности

Истинную плотность определяют путем измерения массы единицы объема высушенных зерен песка.

Аппаратура:

- прибор Ле-Шателье;
- весы;
- стакан для взвешивания.

Проведение испытаний. От подготовленной пробы песка отвешивают две навески массой по 75 г каждая (для двух параллельных испытаний).

Прибор Ле-Шателье наполняют водой до нулевой риски или до любого деления в нижней части шкалы прибора (уровень воды определяют по нижнему мениску). Навеску песка через воронку высыплют в прибор небольшими порциями. Жидкость в приборе при этом поднимается. Когда уровень жидкости будет находиться в верхней градуированной части прибора, засыпку песка прекращают. Для удаления пузырьков воздуха прибор поворачивают несколько раз вокруг вертикальной оси.

Остаток песка взвешивают. Определяют объем, занимаемый песком в колбе. Он соответствует разности уровней жидкости в верхней и нижней части шкалы прибора.

Истинную плотность $\rho_{\text{ип}}$, г/см³, вычисляют с точностью до второго десятичного знака по формуле

$$\rho_{\text{ип}} = \frac{m - m_1}{V}, \quad (7)$$

где m – масса навески песка, г;
 m_1 – масса остатка песка, г;
 V – объем воды, вытесненной песком, см³.

Если расхождение между результатами параллельных испытаний не превышает 0,02 г/см³, среднее значение истинной плотности рассчитывают как среднеарифметическое значение полученных результатов. В противном случае проводят третье испытание и истинную плотность определяют как среднеарифметическое двух ближайших значений.

Испытания песка

Результаты записывают в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты определения истинной плотности

Наименование показателей	Значения в опытах	
	1	2
Масса навески песка m , г	75	
Масса остатка песка m_1 , г		
Объем воды, вытесненной песком V , см ³		
Истинная плотность $\rho_{\text{ип}}$, г/см ³		
Среднее значение истинной плотности $\bar{\rho}_{\text{ип}}$, г/см ³		
Среднее значение истинной плотности $\bar{\rho}_{\text{ип}}$, кг/м ³		

4 Определение насыпной плотности

Насыпную плотность выражают отношением массы песка к занимаемому им объему, включая пространство между зернами.

Насыпную плотность определяют в стандартном неуплотненном состоянии путем взвешивания песка в мерном сосуде. За объем, занимаемый песком, принимают объем сосуда.

Аппаратура:

- весы;
- сосуд мерный цилиндрический металлический вместимостью 1 л;
- металлическая линейка.

Проведение испытаний. От подготовленной высушенной пробы отбирают около 5 кг песка.

Взвешивают пустой мерный сосуд.

Песок насыпают совком в мерный сосуд с высоты 10 см от верхнего края до образования над верхом сосуда конуса. Конус осторожно удаляют (не сдвигая сосуд, без толчков и встряхиваний во избежание уплотнения материала). Излишки снимают вровень с краями сосуда металлической линейкой. Сосуд с песком взвешивают.

Насыпную плотность песка $\rho_{\text{нп}}$, кг/л, вычисляют с точностью до второго десятичного знака по формуле

$$\rho_{\text{нп}} = \frac{m_1 - m}{V}, \quad (8)$$

Испытания песка

где m – масса мерного сосуда, кг;
 m_1 – масса мерного сосуда с песком, кг;
 V – объем сосуда, л.

Определение насыпной плотности производят два раза. При этом каждый раз берут новую порцию песка.

Результаты заносят в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты определения насыпной плотности

Наименование показателей	Результаты определений	
	1	2
Масса мерного сосуда m , кг		
Масса мерного сосуда с песком m_1 , кг		
Объем мерного сосуда V , л	1	
Насыпная плотность $\rho_{\text{нп}}$, кг/л		
Среднее значение насыпной плотности $\bar{\rho}_{\text{нп}}$, кг/л ³		
Среднее значение насыпной плотности $\bar{\rho}_{\text{нп}}$, кг/м ³		

5 Определение пустотности

Пустотность (межзерновую пустотность) устанавливают как отношение объема межзерновых пустот ко всему объему, занимаемому песком в рыхло насыпном состоянии, т.е. без уплотнения.

Пустотность песка в стандартном неуплотненном состоянии V_p , %, определяют с использованием установленных значений истинной и насыпной плотности. Вычисления производят с точностью до второго десятичного знака по формуле

$$V_p = \left(1 - \frac{\rho_{\text{нп}}}{\rho_{\text{ип}}}\right) \cdot 100, \quad (9)$$

где $\rho_{\text{нп}}$ – насыпная плотность песка, кг/м³;
 $\rho_{\text{ип}}$ – истинная плотность песка, кг/м³.

6 Определение содержания пылевидных и глинистых частиц

Суммарное содержание пылевидных и глинистых частиц определяют по изменению массы песка после многократной его промывки от примесей. Такую промывку называют **отмучи-**

ванием частиц крупностью до 0,05 мм.

Аппаратура:

- весы;
- шкаф сушильный;
- сосуд для отмучивания;
- секундомер.

Проведение испытаний. От подготовленной пробы высушенного песка отвешивают навеску массой 1000 г и помещают ее в **сосуд для отмучивания** - металлический цилиндр с двумя нижними и одним верхним сливным отверстиями.

Песок заливают водой так, чтобы высота слоя воды над ним была около 200 мм. В течение 2 ч песок несколько раз перемешивают и тщательно отмывают от глинистых частиц, приставших к зернам.

После этого содержимое сосуда энергично перемешивают и оставляют в покое на 2 мин. Через 2 мин через нижние отверстия сливают полученную при промывке суспензию. Песок снова заливают водой до указанного уровня.

Промывку песка в указанной последовательности повторяют до тех пор, пока вода после промывки станет прозрачной. Промытую навеску высушивают до постоянной массы и взвешивают.

Содержание в песке отмучиваемых пылевидных и глинистых частиц $P_{отм}$, % по массе, вычисляют с точностью до второго десятичного знака по формуле

$$P_{отм} = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100, \quad (10)$$

где m – масса высушенной навески до отмучивания, г;
 m_1 – масса высушенной навески после отмучивания, г.

Содержание в песке пылевидных и глинистых частиц не должно превышать предельно допустимых значений, установленных ГОСТ 8736 и ГОСТ 31424. Дополнительные требования к песку, используемому в производстве бетонов, установлены ГОСТ 26633, а также нормативно-технической документацией на бетонные и железобетонные изделия и конструкции отдельных видов.

Содержание пылевидных и глинистых частиц в песке из отсевов дробления, используемом в производстве асфальтобетонных смесей и асфальтобетона, согласно ГОСТ 9128 не нормируется.

7 Определение наличия в природном песке органических примесей

Наличие органических примесей (гумусовых кислот) и степень загрязнения ими природного песка устанавливают с помощью метода окрашивания – путем сравнения окраски щелочного раствора над пробой песка с окраской эталона.

Аппаратура, реактивы и растворы:

- весы;
- цилиндры стеклянные вместимостью 250 см³ из прозрачного бесцветного стекла (внутренний диаметр 36–40 мм);
- баня водяная;
- натрия гидроокись (натрий гидроксид), 3 %-ный раствор;
- танин, 2 %-ный раствор в 1 %-ном этаноле.

Проведение испытаний. Эталонный раствор получают путем растворения 2,5 см³ 2 %-ного раствора танина в 97,5 см³ 3 %-ного раствора гидроксида натрия. Приготовленный раствор перемешивают и оставляют на 24 ч.

Испытывают песок в состоянии естественной влажности.

Песок засыпают в стеклянный мерный цилиндр до отметки 130 мл и заливают его раствором 3 %-ного гидроксида натрия до уровня 200 мл. Сразу же и через 4 ч содержимое мерного цилиндра перемешивают. В зависимости от количества органических примесей, присутствующих в песке, раствор над песком окрашивается в цвета от желтого до коричневого. Цвет этого раствора через 24 ч сравнивают с цветом приготовленного эталонного раствора.

Песок считают **пригодным для использования в бетонах и растворах**, если жидкость над пробой бесцветна или окрашена значительно светлее эталона.

Если жидкость незначительно светлее эталона, содержимое мерного цилиндра подогревают в течение 2 – 3 ч на водяной бане при температуре 60 – 70 °С и сравнивают цвет жидкости над пробой с цветом эталона. Если цвет жидкости и в этом случае остается светлее эталона, значит, количество органических веществ не превышает допустимого уровня.

При окраске жидкости одинаковой или более темной, чем цвет эталона, необходимо проведение дополнительных испытаний в специализированных лабораториях. В этом случае использование песка допускается только после получения положительных результатов испытаний бетона и раствора на долговечность.

8 Форма заключения по работе

- вид песка _____;
- группа песка по крупности _____;
- истинная плотность $\rho_{\text{ип}} = \text{_____ кг/м}^3$;
- насыпная плотность $\rho_{\text{нп}} = \text{_____ кг/м}^3$;
- объем межзерновых пустот (пустотность) $V_n = \text{_____}$.

9 Контрольные вопросы

1. Назовите основные показатели качества песка.
2. Изложите порядок определения зернового состава песка.
3. Дайте определение полных и частных остатков. Напишите расчетные формулы.
4. Приведите расчетную формулу модуля крупности песка и объясните, как устанавливают группу песка по крупности.
5. Опишите методику определения насыпной плотности песка.
6. Как определяют истинную плотность песка?
7. Напишите формулу межзерновой пустотности песка.
8. Приведите методику определения наличия в песке органических примесей.
9. Как определяют содержание в песке пылевидных и глинистых частиц?
10. Опишите методику определения содержания глины в комках.
11. Как устанавливают содержание в песке глинистых частиц методом набухания?
12. Как определяют влажность песка?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алимов Л.А. Воронин В.В. Строительные материалы: учебник для бакалавров, обуч. по направл. «Строительство». – М.: ИЦ «Академия», 2014.
2. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: АСВ, 2007.
3. Белов В.В., Петропавловская В.Б. Шлапаков Ю.А. Лабораторные определения свойств строительных материалов: учебное пособие. М.: АСВ, 2008.
4. ГОСТ 8735-88. Песок для строительных работ. Методы испытаний.
5. ГОСТ 8736-2014. Песок для строительных работ. Технические условия.
6. ГОСТ 31424-2010. Материалы строительные нерудные из отсевов дробления плотных горных пород при производстве щебня. Технические условия.
7. Каклюгин А.В., Трищенко И.В. Лабораторный практикум по оценке свойств строительных материалов. Часть 2: учебное пособие / под общ. Ред. А.Н. Юндина. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т., 2010.
8. Попов Л.Н., Попов Н.Л. Лабораторные работы по дисциплине «Строительные материалы и изделия»: учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2003.
9. Попов Л.Н., Попов Н.Л. Строительные материалы и изделия: учебник. – М.: ОАО «ЦПП», 2008.