

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»

Кафедра строительного производства и экспертизы недвижимости

Составители
М. С. Дубенский
Н. В. Гилязидинова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ МЕЛКОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА

**Методические указания к лабораторным занятиям
для студентов всех форм обучения**

Рекомендовано учебно-методической комиссией
направления подготовки 08.03.01 «Строительство»
в качестве электронного издания для использования в учебном процессе

Кемерово 2016

Рецензенты:

Санталова Т. Н. – доцент кафедры строительного производства и экспертизы недвижимости

Угляница А. В. – доктор технических наук, профессор председатель учебно-методической комиссии направления подготовки 08.03.01 «Строительство»

Дубенский Максим Сергеевич

Наталья Владимировна Гилязидинова

Определение свойств мелкого заполнителя для тяжелого бетона: методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Строительные материалы» [Электронный ресурс] для студентов направления подготовки бакалавров 08.03.01 «Строительство» всех форм обучения / сост.: М. С. Дубенский, Н. В. Гилязидинова; КузГТУ. – Кемерово, 2016. – 17 с. – Систем. требования : Pentium IV; ОЗУ8 Мб; Windows XP ; мышь. – Загл. с экрана.

Цель данной работы: научиться определять основные свойства песка по требованиям ГОСТ 8735-88 «Песок для строительных работ. Методы испытаний».

Предназначено для использования на лабораторных занятиях и работы над курсовыми проектами для студентов строительных профилей направления «Строительство».

© КузГТУ, 2016

© Дубенский М. С.,
Гилязидинова Н. В.,
составление, 2016

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью данной работы является определение основных свойств песка по требованиям ГОСТ 8735-88 «Песок для строительных работ. Методы испытаний» и предоставление заключения о соответствии свойств испытуемого песка требованиям ГОСТ 8736-93 «Песок для строительных работ. Технические требования» и о возможности применения песка в качестве заполнителя при изготовлении бетона.

Лабораторная работа выполняется 4 часа.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Согласно ГОСТ 8736-93 в качестве заполнителя тяжелых, легких, мелкозернистых, ячеистых и силикатных бетонов, строительных растворов, а также приготовления сухих смесей, для устройства оснований и покрытий автомобильных дорог и аэродромов используется природный песок и песок из отсевов дробления горных пород с истинной плотностью зерен от 2,0 до 2,8 г/см³.

Все пески подразделяются на следующие группы:

- *природный песок*. Неорганический сыпучий материал с крупностью зерен 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 обогатительного оборудования.

- *дробленный песок*. Песок с крупностью зерен до 5 мм, изготавливаемый из скальных горных пород и гравия с использованием специального дробильно-размольного оборудования.

- *фракционированный песок*. Песок, разделенный на две или более фракций с использованием специального оборудования.

- *песок из отсевов дробления*. Неорганический сыпучий материал с крупностью зерен до 5 мм, получаемый из отсевов дробления горных пород при производстве щебня и из отходов обогащения руд черных и цветных металлов и неметаллических ископаемых и других отраслей промышленности.

Чаще всего для изготовления бетона применяют природный песок. Лучше всего применять кварцевые пески, которые хемо-

сорбционно взаимодействуют с цементным камнем и улучшают свойства затвердевшего бетона.

Песок, используемый для изготовления бетона, должен иметь определенный зерновой состав, в котором будут содержаться зерна всех фракций. В этом случае пустотность песка не будет превышать 40 %.

Для определения зернового состава песка используется стандартный набор сит для песка, который включает сита с круглыми отверстиями диаметрами 10; 5 и 2,5 мм и сита проволочные со стандартными квадратными ячейками № 1,25; 0,63; 0,315; 0,16; 0,05 по ГОСТ 6613 (рамки сит круглые или квадратные с диаметром или боковой стороной не менее 100 мм).

Просеивание производят механическим или ручным способами. Продолжительность просеивания должна быть такой, чтобы при контрольном интенсивном ручном встряхивании каждого сита в течение 1 мин через него проходило не более 0,1 % общей массы просеиваемой навески. При механическом просеивании его продолжительность для применяемого прибора устанавливают опытным путем.

При ручном просеивании допускается определять окончание просеивания, интенсивно встряхивая каждое сито над листом бумаги. Просеивание считают законченным, если при этом практически не наблюдается падения зерен песка.

После завершения просеивания, на каждом сите определяют частный остаток в граммах и в процентах, а затем находят полный остаток на каждом сите.

Зерновой состав испытываемого песка представляется графически на фоне стандартной области зернового состава песка, допустимого по требованиям государственного стандарта. Если песок не удовлетворяет требованиям стандарта по зерновому составу, то есть кривая просеивания испытываемого песка хотя бы одной точкой выходит за стандартную область, то его необходимо рассеять на фракции и дозировать каждую фракцию отдельно. Стандартная область песков, допустимых для бетонов приведена на рисунке 1.

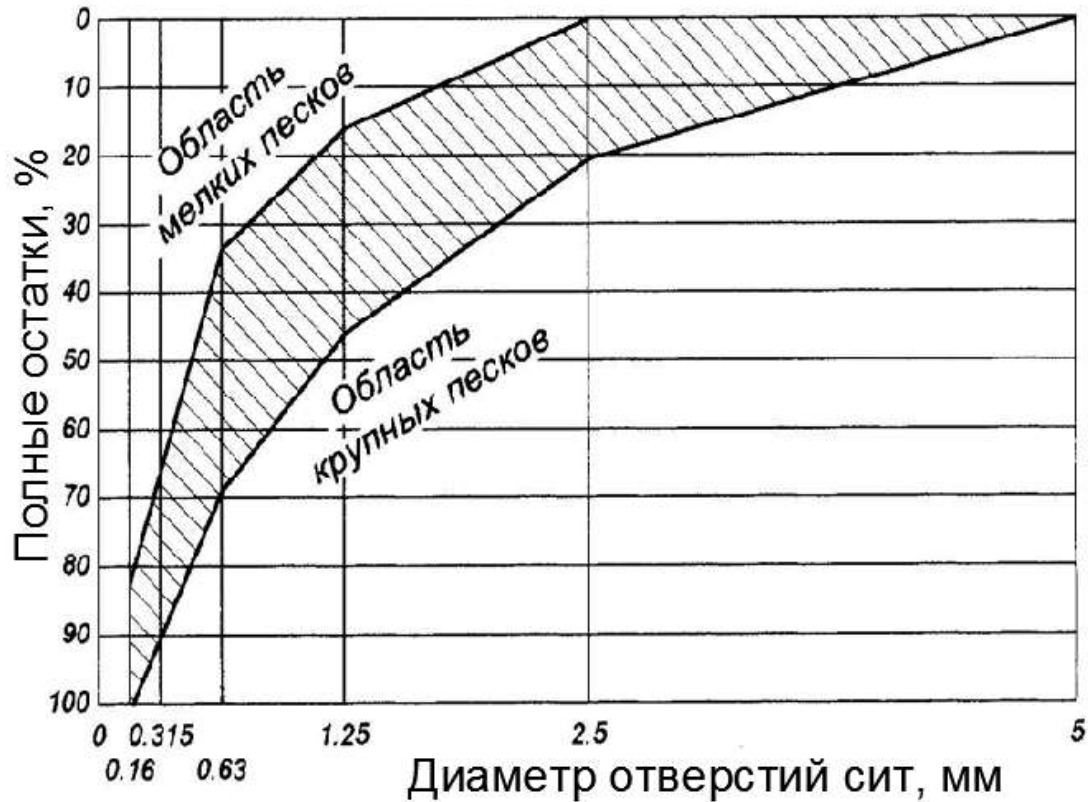


Рис. 1. График зернового состава песков

Песок, используемый для изготовления бетона, должен иметь определенный зерновой состав, в котором будут содержаться зерна всех фракций. В этом случае пустотность песка не будет превышать 40 %.

В зависимости от зернового состава песок подразделяют на группы по крупности:

I класс – очень крупный (песок из отсевов дробления), повышенной крупности, крупный, средний и мелкий;

II класс – очень крупный (песок из отсевов дробления), повышенной крупности, крупный, средний, мелкий, очень мелкий, тонкий и очень тонкий.

Каждую группу песка характеризуют значением модуля крупности ($M_{кр}$), указанным в таблице 1.

Модуль крупности – безразмерная величина, которая определяется как отношение суммы полных остатков (A) на ситах, начиная с сита № 2,5 и до сита № 0,16, ко всей пробе, принятой за 100 %.

$$M_{\text{кр}} = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}}{100\%}$$

Полным остатком (A) называется сумма частных остатков (a) на всех ситах с большим размером отверстий плюс остаток на данном сите в процентах.

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i,$$

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

Частным остатком (a) называется отношение массы остатка на данном сите к массе просеиваемой навески, выраженное в процентах.

Таблица 1

Группа песка	Модуль крупности $M_{\text{кр}}$
Очень крупный	свыше 3,5
Повышенной крупности	свыше 3,0 до 3,5
Крупный	свыше 2,5 до 3,0
Средний	свыше 2,0 до 2,5
Мелкий	свыше 1,5 до 2,0
Очень мелкий	свыше 1,0 до 1,5
Тонкий	свыше 0,7 до 1,0
Очень тонкий	до 0,7

Полный остаток песка на сите с сеткой № 063 должен соответствовать значениям, указанным в таблице 2.

Таблица 2

Группа песка	Полный остаток на сите A , %
Очень крупный	свыше 75
Повышенной крупности	свыше 65 до 75
Крупный	свыше 45 до 65
Средний	свыше 30 до 45
Мелкий	свыше 10 до 30
Очень мелкий	до 10
Тонкий	не нормируется
Очень тонкий	не нормируется

Для бетона наиболее пригоден крупный песок, содержащий достаточное количество средних и мелких зерен. Мелкие пески применять не рекомендуется, так как они имеют очень большую пустотность, требуется более высокий расход вяжущего, имеют высокую водопотребность.

Качество песка определяется содержанием в нем пылеватых и глинистых частиц, которые ухудшают сцепление частиц песка с цементным камнем и снижают свойства бетона. Поэтому ГОСТ 8736-93 ограничивает содержание пылевидных и глинистых частиц в зависимости от класса и группы песка не более 10 % по массе, а содержание глины в комках – не более 1 % по массе.

3. Порядок выполнения работ

Опыт 1. Определение истинной плотности.

Согласно ГОСТ 8735-88 истинная плотность песка может быть найдена двумя методами – пикнометрическим и ускоренным.

Суцность пикнометрического метода.

Истинную плотность определяют путем измерения массы единицы объема высушенных зерен песка при помощи пикнометра вместимостью 100 мл.

В данной лабораторной работе подробно остановимся на втором методе определения истинной плотности – ускоренном методе.

Суцность ускоренного метода.

Истинную плотность определяют путем измерения массы единицы объема высушенных зерен песка с использованием прибора Ле-Шателье.

Приборы и материалы.

Прибор Ле-Шателье (рис. 2), весы, стаканчик для взвешивания, шкаф сушильный, сито с круглыми отверстиями 5 мм.

Проведение испытания.

Берут около 200 г песка, просеивают его через сито с отверстиями диаметром 5 мм, насыпают в стаканчик для взвешивания или в фарфоровую чашку, высушивают до постоянной массы и охлаждают до комнатной температуры. После этого отвешивают две навески массой по 75 г каждая.

Затем прибор наполняют водой до нижней нулевой риски, причем уровень воды определяют по нижнему мениску.

Каждую навеску песка всыпают в отдельный прибор Ле-Шателье через воронку небольшими равномерными порциями до тех пор, пока уровень жидкости в приборе, определенный по нижнему мениску, не поднимется до риски с делением 20 мл (или другим делением в пределах верхней градуированной части прибора).

Для удаления пузырьков воздуха прибор поворачивают несколько раз вокруг его вертикальной оси.

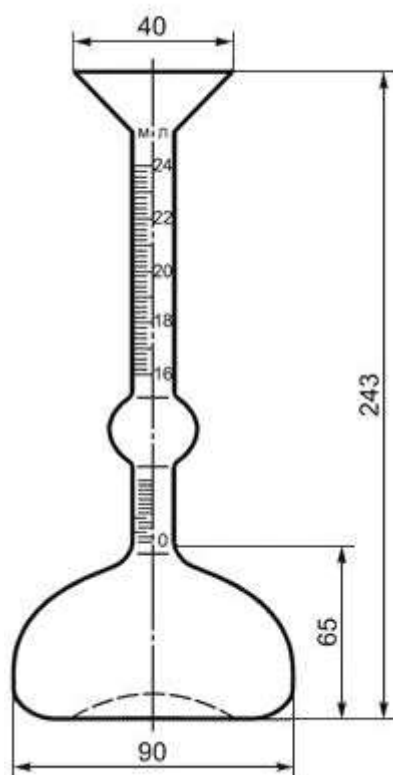


Рис. 2. Прибор Ле-Шателье

Остаток песка, не вошедший в прибор, взвешивают. Все взвешивания производят с погрешностью до 0,01 г.

Обработка результатов.

Истинную плотность песка ρ вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m - m_1}{V} \left[\text{г/см}^3 \right],$$

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

Результаты испытаний заносят в таблицу 3.

Таблица 3

№ п/п	Масса навески песка, г	Масса остатка песка, г	Объем воды, мл	Истинная плотность, г/см ³
	m	m_1	V	ρ
1				
2				
3				
4				
5				
			$\bar{\rho} = \frac{\sum \rho}{5}$	

Расхождение между результатами двух определений истинной плотности не должно быть больше 0,02 г/см³. В случаях больших расхождений производят третье определение и вычисляют среднее арифметическое двух ближайших значений.

Опыт 2. Определение насыпной плотности песка.

Насыпную плотность песка необходимо знать для перевода количества поступившего песка из весовых единиц в объемные, для расчета состава бетона, определения пустотности песка, а также для других расчетов.

Сущность метода.

Насыпную плотность определяют путем взвешивания песка в мерных сосудах.

Приборы и материалы.

Весы, сосуды мерные цилиндрические металлические емкостью 1 л (диаметр и высота 108 мм), шкаф сушильный, линейка металлическая, сито с круглыми отверстиями диаметром 5 мм.

Проведение испытания.

Среднюю пробу песка около 2 кг высушивают в сушильном шкафу при температуре 110±5 °С до постоянной массы и просеивают

вают через сито с круглыми отверстиями диаметром 5 мм. Затем песок насыпают совком в мерный цилиндр, масса которого определяется предварительно (m_2), с высоты 10 см от верхнего края до образования над верхом цилиндра конуса. Конус без уплотнения песка снимают вровень с краями сосуда металлической линейкой. После чего сосуд с песком взвешивают (m) и вычисляют насыпную плотность ρ_n по формуле

$$\rho_n = \frac{m - m_2}{V} \left[\text{кг/м}^3 \right],$$

где m – масса мерного сосуда с песком, кг; m_2 – масса пустого сосуда, кг; V – объем цилиндра, м³.

Результаты испытаний заносят в таблицу 4.

Таблица 4

№ п/п	Масса пустого цилиндра, кг	Масса мерного сосуда с песком, кг	Объем цилиндра, м ³	Насыпная плотность, кг/м ³
	m_2	m	V	ρ_n
1				
2				
			$\overline{\rho_n} = \frac{\sum \rho_n}{2}$	

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

Опыт 3. Определение пустотности песка.

Пустотность (объем межзерновых пустот) песка в стандартном неуплотненном состоянии определяют на основании средних значений истинной плотности и насыпной плотности песка, предварительно установленных в опыте № 1 и опыте № 2.

Пустотность песка $V_{м.п.}$ определяется по формуле

$$V_{\text{м.п.}} = \left(1 - \frac{\bar{\rho}_{\text{н}}}{\bar{\rho} \cdot 1000}\right) \cdot 100\% ,$$

где $\bar{\rho}_{\text{н}}$ – насыпная плотность песка, кг/м³; $\bar{\rho}$ – истинная плотность песка, г/см³.

Результаты испытаний заносят в таблицу 5.

Таблица 5

№ п/п	Истинная плотность песка, г/см ³	Средняя плотность песка, кг/м ³	Пустотность песка, %
	$\bar{\rho}$	$\bar{\rho}_{\text{н}}$	$V_{\text{м.п.}}$
1			
2			
3			
4			
5			

Опыт 4. Определение влажности песка.

При расчете количества песка для бетонной смеси необходимо учитывать то количество воды, которое содержится в песке, т.е. его влажность.

Сущность метода.

Влажность определяют путем сравнения массы песка в состоянии естественной влажности и после высушивания.

Приборы и материалы.

Весы, шкаф сушильный, противень.

Проведение испытания.

Навеску песка массой 100 г насыпают в противень и сразу же взвешивают, а затем в сушильном шкафу высушивают до постоянной массы при температуре 110±5 °С. Влажность песка в процентах вычисляют по формуле

$$W = \frac{m - m_3}{m_3} \cdot 100\% ,$$

где m – масса навески в состоянии естественной влажности, г;
 m_3 – масса навески в сухом состоянии, г.

Результаты испытаний заносят в таблицу 6.

Таблица 6

№ п/п	Масса влажного песка, г	Масса высушенного песка, г	Влажность песка, %
	m	m_3	W
1			
2			

Влажность песка вычисляют как среднее арифметическое влажности двух проб.

Опыт 5. Определение зернового состава и модуля крупности песка.

Зерновой состав песка характеризуется количественным содержанием в нем зерен различной крупности.

Сущность метода.

Зерновой состав определяют путем рассева песка на стандартном наборе сит.

Приборы и материалы.

Весы, набор сит с размерами отверстий 10; 5 и 2,5 мм и с сетками № 1,25; 0,63; 0,315 и 0,16; шкаф сушильный.

Проведение испытания.

Отобранную пробу песка около 5 кг высушивают до постоянной массы и для определения содержания в нем гравия предварительно просеивают сквозь сита с отверстиями размером 10 и 5 мм. Остатки на этих ситах взвешивают и вычисляют содержание в песке гравийных фракций крупностью более 10 мм (Гр10) и 5–10 мм (Гр5) по формулам

$$\text{Гр}_{10} = \frac{M_{10}}{M} \cdot 100\%,$$

$$\text{Гр}_5 = \frac{M_5}{M} \cdot 100\%,$$

где M_{10} – остаток на сите с круглыми отверстиями диаметром 10 мм, г; M_5 – остаток на сите с круглыми отверстиями диаметром 5 мм, г; M – масса пробы, г.

Из части пробы песка, прошедшего через сито с отверстиями диаметром 5 мм, отбирают навеску массой не менее 1000 г для определения зернового состава песка.

Подготовленную навеску песка просеивают через набор сит с круглыми отверстиями диаметром 2,5 мм и с сетками № 1,25; 0,63; 0,315 и 0,16.

Просеивание производят ручным способом. При ручном просеивании допускается определять окончание просеивания, интенсивно встряхивая каждое сито над листом бумаги. Просеивание считают законченным, если при этом практически не наблюдается падения зерен песка.

После просеивания остатки песка на каждом сите взвешивают и вычисляют частные и полные остатки на каждом сите.

Частным остатком (a_i) называется отношение массы остатка на данном сите (m_i) к массе просеиваемой навески (m), выраженное в процентах:

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100\%,$$

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

Полным остатком (A_i) называется сумма частных остатков (a_i) на всех ситах с большим размером отверстий плюс остаток на данном сите в процентах:

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i,$$

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

Результаты испытаний заносят в таблицу 7.

Для оценки крупности песка определяется модуль крупности $M_{кр}$ по формуле

$$M_{кр} = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}}{100\%}$$

Таблица 7

№ сита	Частные остатки a_i		Полные остатки A_i	
	г	%	г	%
2,5				
1,25				
0,63				
0,315				
0,16				
Прошло через сито 0,16				

Для оценки зернового состава песка результаты просеивания наносят на график (см. рисунок 1), и полученная кривая сравнивается с предельными кривыми, которые определяют рациональную область применения песков в бетонах.

Опыт 6. Определение удельной поверхности зерен песка.

Для подсчета удельной поверхности зерен песка производится рассев трех проб песка по 1000 г каждая или на основании результатов, полученных в опыте №5.

Удельная поверхность зерен песка может быть вычислена ориентировочно по формуле А. С. Ладинского:

$$S = \frac{6.35 \cdot K}{1000} \cdot (0.5 \cdot a_5 + a_{2,5} + 2 \cdot a_{1,25} + 4 \cdot a_{0,63} + 8 \cdot a_{0,315} + 16 \cdot a_{0,16} + a_n).$$

Для горного песка $K = 2$; для речных и морских песков средней крупности $K = 1,65$; для речных и морских мелких песков $K = 1,3$.

Результаты испытаний заносят в таблицу 8.

Таблица 8

№ п/п	Поправочный коэффициент	Частные остатки на ситах, %							Удельная поверхность, см ² /г
		5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	Прошло через 0,16	
	<i>K</i>	<i>a</i> ₅	<i>a</i> _{2,5}	<i>a</i> _{1,25}	<i>a</i> _{0,63}	<i>a</i> _{0,315}	<i>a</i> _{0,16}	<i>a</i> _{<i>n</i>}	<i>S</i>
1									
2									
3									
4									
5									

4. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЁТУ

Отчёт по лабораторной работе оформить в школьной тетради. По каждому опыту сделать ввод о соответствии свойств предложенного материала требованиям государственного стандарта. В каждом опыте должны быть представлены результаты расчета подтверждающие данные, заносимые в таблицы результатов с обязательным указанием единиц измерения. На основании всех выполненных опытов оформляется общий вывод дающий заключение о возможности применения песка в качестве заполнителя при изготовлении бетона.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что можно использовать в качестве мелкого заполнителя в тяжелом бетоне?
2. Классификация песков по крупности и модулю крупности.
3. Какие требования предъявляют к песку, идущему для приготовления бетона?

4. Как влияет содержание пылеватых и глинистых частиц на свойства получаемого бетона, от чего зависит их норма содержания?
5. Какие существуют методы определения истинной плотности мелкого заполнителя?
6. Какие номера сит входят в стандартный набор?
7. Что такое частный и полный остаток?
8. Когда просеивание ручным и механическим способом считается законченным?
9. О чем говорит значение удельной поверхности песка?
10. Почему при использовании мелкого песка расход цемента при изготовлении бетона увеличивается?

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Хмеленко, Т. В. Материаловедение [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов строит. специальностей: 270102 «Пром. и гражд. стр-во», 270205 «Автомоб. дороги и аэродромы», 270115 «Экспертиза и упр. Недвижимостью» / ГОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т». – Кемерово, 2010. – 88 с.
<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90453&type=utchposob:common>
2. Строительные материалы: лабораторный практикум: учеб. пособие для студентов всех форм обучения [Электронный ресурс] / Т. В. Хмеленко; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева». – Кемерово, 2012. – 82 с.
<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90924&type=utchposob:common>
3. Рыбьев, И. А. Строительное материаловедение: учеб. пособие для строительных спец. вузов. – Москва: Высш. шк., 2008. – 701 с.
4. Материаловедение в строительстве: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / И. А. Рыбьев, Е. П. Казенкова, Л. Г. Кузнецова, Т. Е. Тихомирова; под ред. И. А. Рыбьева. – Москва: Издательский центр «Академия», 2006. – 528 с.

Дополнительная литература

5. Хмеленко, Т. В. Лабораторный практикум по материаловедению / Т. В. Хмеленко, А. В. Угляница, А. Б. Сорокин; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2004. – 115 с.

6. Хмеленко, Т. В. Лабораторный практикум по материаловедению [Электронный ресурс]: учеб. пособие для вузов / Т. В. Хмеленко, А. В. Угляница, А. Б. Сорокин; ГОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т». – Кемерово, 2004. – 115 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90122&type=utchposob:common>

7. ГОСТ 8735-88 Песок для строительных работ. Методы испытаний / Введ. 01.07.1989. – Москва, 2006. – 28 с.

8. ГОСТ 8736-93 Песок для строительных работ. Технические условия / Введ. 01.07.1995. – Москва, 2009. – 12 с.

Программное обеспечение и интернет-ресурсы

1. <http://e.lanbook.com/>

2. <http://library.kuzstu.ru/>

3. Информационная система «Консультант Плюс».

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. Использование в процессе обучения мультимедийное оборудование.

2. Использование оборудованного конференц-интернет-класса.