

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

*А.А.Макаева*

# **ТЕХНОЛОГИЯ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ БЕТОНА**

Учебно-методическое пособие

Рекомендовано Ученым советом федерального  
государственного бюджетного образовательного учреждения высшего  
профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в  
качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программам высшего  
профессионального образования по направлению подготовки  
270800.62 Строительство

Оренбург  
2012

УДК 691(075.8)

ББК 38.3я73

M15

Рецензент - кандидат технических наук, доцент А.И.Кравцов

**Макаева, А.А.**

M15      Технология заполнителей бетона : учебно-методическое пособие /  
А.А.Макаева; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2012. – 100 с.  
ISBN 978-5-7410-1109-6

В учебно-методическом пособии рассмотрены методики и порядок расчётов основных показателей плотных и искусственных пористых заполнителей, приведены краткие сведения о классификации и свойствах заполнителей бетона. Содержатся сведения о применяемом оборудовании.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению 270800.62 Строительство различных форм обучения.

УДК 691(075.8)

ББК 38.3я73

ISBN 978-5-7410-1109-6

© Макаева А.А., 2012

© ОГУ, 2012

## Содержание

Введение.....	5
1 Определение свойств песка.....	8
1.1 Определение истинной плотности песка.....	8
1.2 Определение насыпной плотности и пустотности песка.....	13
1.3 Определение зернового состава мелкого заполнителя для бетона.....	15
1.4 Определение содержания пылевидных и глинистых частиц.....	20
1.5 Определение влажности песка.....	28
1.6 Определение водопотребности песка.....	29
2 Определение основных свойств крупного заполнителя щебня (гравия).....	31
2.1 Определение истинной плотности горной породы и зерен щебня (гравия).....	31
2.2 Определение средней плотности и пористости горной породы зерен щебня (гравия).....	35
2.3 Определение насыпной плотности и пустотности гравия (щебня).....	39
2.4 Определение зернового состава.....	43
2.5 Определение содержания пылевидных и глинистых частиц.....	47
2.6 Определение содержания глины в комках.....	52
2.7 Определение содержания зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы.....	54
2.8 Определение водопоглощения горной породы щебня (гравия).....	58
2.9 Определение влажности щебня (гравия).....	59
2.10 Определение морозостойкости.....	60
2.11 Определение дробимости.....	64
2.12 Определение истираемости в полочном барабане.....	69
3 Определение основных свойств керамзитового песка и керамзитового гравия.....	73

3.1	Определение зернового состава.....	74
3.2.	Определение истинной плотности.....	78
3.3	Определение средней плотности зерен крупного заполнителя.....	80
3.4	Определение средней плотности зерен гравия в кварцевом песке.....	83
3.5.	Определение средней плотности зерен заполнителя в цементном тесте.....	85
3.6	Определение насыпной плотности.....	87
3.7	Определение объема межзерновых пустот и пористости зерен заполнителя.....	90
3.8	Определение влажности.....	91
3.9	Определение водопоглощения крупного заполнителя.....	92
3.10	Определение содержания расколотых зерен в гравии.....	94
3.11	Определение прочности заполнителя сдавливанием в цилиндре.....	95
	Список использованных источников.....	98

## Введение

Учебно-методическое пособие «Технология заполнителей бетона» предназначено для закрепления теоретических разделов курса при выполнении лабораторных работ, приобретения навыков решения конкретных практических задач. Приводятся методики испытаний различных видов заполнителей, которые позволяют оценить их пригодность в растворах и бетонах в зависимости от назначения. Качественные характеристики заполнителей определяют испытаниями, установленными государственными стандартами. Поскольку стоимость заполнителей достигает от 30 % до 50 % стоимости бетонных и железобетонных конструкций, то правильный выбор и рациональное применение заполнителей имеют большое значение для получения экономичных бетонов с требуемыми свойствами [1].

Заполнители - природные или искусственные материалы определенного зернового состава, которые в рационально составленной смеси с вяжущим веществом и водой образуют бетон. Они занимают в бетоне до 80 % объема и, следовательно, позволяют резко сократить расход цемента или других вяжущих, являющихся наиболее дорогой и дефицитной составной частью бетона. Заполнитель создает в бетоне жесткий скелет, воспринимает усадочные напряжения и уменьшает усадку обычного бетона примерно в 10 раз по сравнению с усадкой цементного камня, увеличивает прочность и модуль упругости бетона, уменьшает ползучесть. Легкие пористые заполнители уменьшают плотность бетона и его теплопроводность, делают возможным применение такого бетона в ограждающих конструкциях, для теплоизоляции. Специальные особо тяжелые и гидратные заполнители делают бетон надежной защитой от проникающей радиации (на атомных электростанциях и т. п.). Этот неполный перечень определяет назначение заполнителей, которые являются очень важной составной частью бетонов, влияют на их свойства и технико-экономическую эффективность [2].

Наиболее значимая, с точки зрения использования в строительстве, составляющая часть заполнителей – нерудные материалы.

Нерудные строительные материалы, включая плотные заполнители, а также

пористые природные заполнители – неорганические зернистые сыпучие строительные материалы, получаемые из горных пород, в том числе из попутно добываемых пород и отходов обогащения горно-обогатительных предприятий и применяемые в строительстве без применения их химического состава и фазового состояния [3].

В Оренбургской области в качестве плотного крупного заполнителя чаще используется щебень из габбро-диабазовых пород Крутороженского месторождения, разведанные запасы которого составляют 60 млн.т. Породы характеризуются высокой плотностью и прочностью. На большинстве участков прочность составляет от 1000 до 1200 кгс/см<sup>2</sup>, а на некоторых достигает 1400 кгс/см<sup>2</sup> [4]. Они относятся к глубинным (интрузивным) изверженным породам, а по химическому составу являются – кислыми.

Широко применяется гравий, получаемый рассевом песчано-гравийных смесей (ПГС), месторождения которых размещаются главным образом в поймах рек. Из-за недостаточного сцепления гравий, как правило, не применяется в бетонах с пределом прочности выше 30 МПа. Крупные фракции гравия используют для дробления на щебень. В ряде случаев гравий благодаря округлой форме зерен предпочтительнее щебня, например, если по условиям производства работ необходимо получить подвижную, наиболее удобоукладываемую бетонную смесь.

В качестве мелкого заполнителя при производстве строительных работ практически повсюду используется кварцевый песок, обладающий универсальными свойствами, и месторождения которого имеются повсеместно. Чем больше песка вводится в смесь, тем большей (при прочих равных условиях) оказывается вязкость растворной части (вязкость необходима для поддержания крупного заполнителя во взвешенном состоянии во избежание расслаивания бетонной смеси), тем меньшим будет расход цемента. Однако чрезмерное содержание песка приводит к снижению прочности бетона. Поэтому содержание песка должно быть оптимальным. Перспективным направлением, уже осуществляемым в промышленности нерудных материалов, является фракционирование песка, т. е. разделение его по крупности зерен на фракции.

Из искусственных пористых заполнителей в стройиндустрии области наиболее распространён керамзит. В сравнении с другими утеплителями он обладает рядом преимуществ: не подвергается со временем разложению, в этом материале не живут грызуны, обладает высокими огнестойкостью, звукоизоляционной способностью, водостойкостью и другими положительными свойствами. Благодаря своим отличным теплоизоляционным свойствам керамзит нашел широкое применение в качестве пористого заполнителя при производстве легких бетонов. В этом качестве он не имеет серьезных конкурентов. С целью улучшения теплотехнических характеристик бетона на основе керамзита Московским институтом материаловедения и эффективных технологии предложен материал, состоящий из монофракционного керамзита, окатанного в клеящем веществе. Структура такого бетона напоминает плотную пространственную шаровую упаковку [5]. Вариантов использования в строительстве керамзита и его разновидностей достаточно много. Из общего объёма выпуска искусственных пористых заполнителей более трёх четвертей приходится на керамзитовые [1].

В предлагаемом учебно-методическом пособии именно этим видам заполнителей уделено особое внимание.

## **1 Определение свойств песка**

В соответствии с ГОСТ 8736 – 93 [6] различают следующие виды песка.

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.

Определение основных свойств песка производится в соответствии с ГОСТ 8735 – 93 [7].

### **1.1 Определение истинной плотности песка**

#### **1.1.1 Пикнометрический метод**

##### **1.1.1.1 Сущность метода**

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

##### **1.1.1.2 Аппаратура**

Пикнометр вместимостью 100 мл по ГОСТ 22524-77.

Весы по ГОСТ 24104-2001.

Эксикатор по ГОСТ 25336-82.

Шкаф сушильный.

Ванна песчаная или водяная баня.

Вода дистиллированная по ГОСТ 6709-72.

Кислота серная по ГОСТ 2184-77.

Кальций хлористый (кальций хлорид) по ГОСТ 450-77.

#### 1.1.1.3 Подготовка к испытанию

Из аналитической пробы песка берут навеску около 30 г, просеивают ее через сито с отверстиями диаметром 5 мм, высушивают до постоянной массы и охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе над концентрированной серной кислотой или безводным хлоридом кальция. Высушенный песок перемешивают и делят на две части.

#### 1.1.1.4 Проведение испытания

Каждую часть навески всыпают в чистый высушенный и предварительно взвешенный пикнометр, после чего взвешивают его вместе с песком. Затем наливают в пикнометр дистиллированную воду в таком количестве, чтобы пикнометр был заполнен примерно на  $\frac{2}{3}$  его объема, перемешивают содержимое и ставят его в слегка наклонном положении на песчаную ванну или водяную баню. Содержимое пикнометра кипятят в течение от 15 до 20 мин для удаления пузырьков воздуха; пузырьки воздуха могут быть удалены также путем выдерживания пикнометра под вакуумом в эксикаторе.

После удаления воздуха пикнометр обтирают, охлаждают до температуры помещения, доливают до метки дистиллированной водой и взвешивают. После этого пикнометр освобождают от содержимого, промывают, наполняют до метки дистиллированной водой и снова взвешивают. Все взвешивания производят с погрешностью до 0,01 г.

#### 1.1.1.5 Обработка результатов

Истинную плотность песка ( $\rho$ ) в г/см<sup>3</sup> вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{(m - m_1)\rho_v}{m - m_1 + m_2 - m_3}, \quad (1.1)$$

где  $m$  – масса пикнометра с песком, г;

$m_1$  – масса пустого пикнометра, г;

$m_2$  – масса пикнометра с дистиллированной водой, г;

$m_3$  – масса пикнометра с песком и дистиллированной водой после удаления пузырьков воздуха, г;

$\rho_v$  – плотность воды, равная  $1 \text{ г/см}^3$ .

Расхождение между результатами двух определений истинной плотности не должно быть более  $0,02 \text{ г/см}^3$ . В случаях больших расхождений проводят третье определение и вычисляют среднее арифметическое двух ближайших значений.

#### Примечания

1. При испытании указанным методом песка, состоящего из зерен пористых осадочных пород, их предварительно измельчают в чугунной или фарфоровой ступке до крупности менее  $0,16 \text{ мм}$  и проводят далее определение в описанной выше последовательности.

2. Допускается вместо взвешивания пикнометра с дистиллированной водой в процессе каждого испытания определять один раз вместимость пикнометра и пользоваться ее значением при всех испытаниях.

В этом случае определение вместимости пикнометра и все испытания проводят при установившейся температуре  $(20 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$ . Вместимость пикнометра определяют по массе дистиллированной воды в пикнометре, плотность которой принимают равной  $1,0 \text{ г/см}^3$ . В этом случае истинную плотность песка вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{(m - m_1)\rho_v}{V\rho_v + m - m_3}, \quad (1.2)$$

где  $V$  – объем пикнометра, мл;

$m$  – масса пикнометра с песком, г;

$m_1$  – масса пустого пикнометра, г;

$m_3$  – масса пикнометра с песком и дистиллированной водой после

удаления пузырьков воздуха, г;

$\rho_{\text{в}}$  – плотность воды, равная 1 г/см<sup>3</sup>.

## 1.1.2 Ускоренное определение истинной плотности

### 1.1.2.1 Сущность метода

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

### 1.1.2.2 Аппаратура

Прибор Ле-Шателье (рисунок 1.1).

Весы по ГОСТ 24104-2001.

Стаканчик для взвешивания или фарфоровая чашка по ГОСТ 9147-80.

Эксикатор по ГОСТ 25336-82.

Шкаф сушильный.

Сито с круглыми отверстиями 5 мм.

Кислота серная по ГОСТ 2184-77.

Кальций хлористый (кальций хлорид) по ГОСТ 450-77.

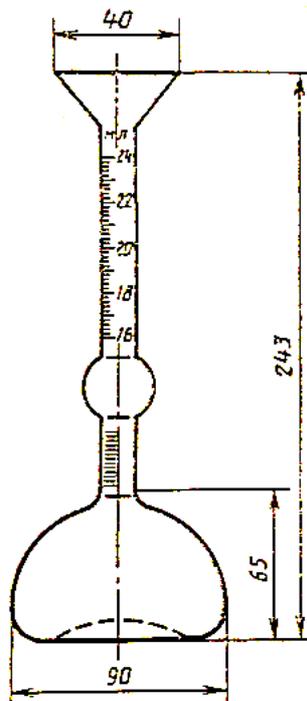


Рисунок 1.1 – Прибор Ле-Шателье

### 1.1.2.3 Подготовка к испытанию

Из аналитической пробы 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 в эксикаторе над концентрированной серной кислотой или над безводным хлоридом кальция. После этого отвешивают две навески массой по 75 г каждая.

### 1.1.2.4 Проведение испытания

Прибор наполняют водой до нижней нулевой риски, причем уровень воды определяют по нижнему мениску. Каждую навеску песка всыпают через воронку прибора 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.

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

### 1.1.2.5 Обработка результатов

Истинную плотность песка ( $\rho$ ) в г/см<sup>3</sup> вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m - m_1}{V}, \quad (1.3)$$

где  $m$  – масса навески песка, г;

$m_1$  – масса остатка песка, г;

$V$  – объем воды, вытесненный песком, мл.

Расхождение между результатами двух определений истинной плотности не должно быть больше 0,02 г/см<sup>3</sup>. В случаях больших расхождений производят третье определение и вычисляют среднее арифметическое двух ближайших значений.

## **1.2 Определение насыпной плотности и пустотности песка**

### 1.2.1 Определение насыпной плотности

#### 1.2.1.1 Сущность метода

Насыпную плотность определяют путем взвешивания песка в мерных сосудах.

#### 1.2.1.2 Аппаратура

Весы по ГОСТ 24104-2001 или платформенные весы.

Сосуды мерные цилиндрические металлические вместимостью 1л (диаметр и высота 108 мм) и вместимостью 10 л (диаметр и высота 234 мм).

Шкаф сушильный.

Линейка металлическая по ГОСТ 427-75.

Сито с круглыми отверстиями диаметром 5 мм.

#### 1.2.1.3 Подготовка к испытанию

При определении насыпной плотности в стандартном неуплотненном состоянии при входном контроле испытания проводят в мерном цилиндрическом сосуде вместимостью 1 л, используя около 5 кг песка, высушенного до постоянной массы и просеянного через сито с круглыми отверстиями диаметром 5 мм.

При определении насыпной плотности песка в партии для перевода количества поставляемого песка из единиц массы в объемные единицы при приемочном контроле испытания проводят в мерном цилиндрическом сосуде вместимостью 10 л. Песок испытывают в состоянии естественной влажности без просеивания через сито с отверстиями диаметром 5 мм.

#### 1.2.1.4 Проведение испытания

При определении насыпной плотности песка в стандартном неуплотненном состоянии песок насыпают совком в предварительно взвешенный мерный цилиндр 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.

При определении насыпной плотности песка в партии для перевода количества поставляемого песка из единиц массы в объемные единицы песок насыпают совком в предварительно взвешенный мерный цилиндр с высоты 100 см от верхнего края цилиндра до образования над верхом цилиндра конуса. Конус без уплотнения песка снимают вровень с краями сосуда металлической линейкой, после чего сосуд с песком взвешивают.

#### 1.2.1.5 Обработка результатов

Насыпную плотность песка ( $\rho_n$ ) в кг/м<sup>3</sup> вычисляют по формуле:

$$\rho_n = \frac{m_1 - m}{V}, \quad (1.4)$$

где  $m$  – масса мерного сосуда, кг;

$m_1$  – масса мерного сосуда с песком, кг;

$V$  – объем сосуда, м<sup>3</sup>.

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

#### 1.2.2 Определение пустотности

Пустотность (объем межзерновых пустот) песка в стандартном неуплотненном состоянии определяют на основании значений истинной плотности и насыпной плотности песка.

Пустотность песка ( $V_{м.п}$ ), в процентах по объему, вычисляют по формуле:

$$V_{м.п} = \left( 1 - \frac{\rho_n}{\rho \cdot 1000} \right) \cdot 100, \quad (1.5)$$

где  $\rho$  – истинная плотность песка, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_n$  – насыпная плотность песка, кг/м<sup>3</sup>.

### 1.3 Определение зернового состава мелкого заполнителя для бетона

#### 1.3.1 Определение зернового состава песка и модуля крупности

##### 1.3.1.1 Сущность метода

Зерновой состав определяют путем отсева песка на стандартном наборе сит.

##### 1.3.1.2 Аппаратура

- Весы по ГОСТ 24104-2001.
- Набор сит по ГОСТ 6613-86 и сита с круглыми отверстиями диаметрами 10; 5 и 2,5 мм.
- Шкаф сушильный.

##### 1.3.1.3 Подготовка к испытанию

Аналитическую пробу песка массой не менее 2000 г высушивают до постоянной массы.

##### 1.3.1.4 Проведение испытания

Высушенную до постоянной массы пробу песка просеивают через сита с круглыми отверстиями диаметрами 10 и 5 мм.

Остатки на ситах взвешивают и вычисляют содержание в песке фракций гравия с размером зерен от 5 до 10 мм ( $\Gamma_{p_5}$ ) и свыше 10 мм ( $\Gamma_{p_{10}}$ ) в процентах по массе по формулам:

$$\Gamma_{p_{10}} = \frac{M_{10}}{M} \cdot 100; \quad (1.6)$$

$$\Gamma_{p_5} = \frac{M_5}{M} \cdot 100, \quad (1.7)$$

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.

Допускается при геологической разведке навеску рассеивать после предварительной промывки с определением содержания пылевидных и глинистых частиц. Содержание пылевидных и глинистых частиц включают при расчете результатов рассева в массу частиц, проходящих через сито с сеткой № 016, и в общую массу навески. При массовых испытаниях допускается после промывки с определением содержания пылевидных и глинистых частиц и высушивания навески до постоянной массы просеивать навеску песка (без фракции гравия) массой 500 г.

Подготовленную навеску песка просеивают через набор сит с круглыми отверстиями диаметром 2,5 мм и с сетками № 1,25; 063; 0315 и 016.

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.

При определении зернового состава мокрым способом навеску материала помещают в сосуд и разливают водой. Через 24 ч содержимое сосуда тщательно перемешивают до полного размокания глинистой пленки на зернах или комков глины, сливают (порционно) на верхнее сито стандартного набора и просеивают, промывая материал на ситах до тех пор, пока промывочная вода не станет прозрачной. Частные остатки на каждом сите высушивают до постоянной массы и охлаждают до комнатной температуры, затем определяют их массу взвешиванием.

#### 1.3.1.5 Обработка результатов

По результатам просеивания вычисляют: частный остаток на каждом сите ( $a_i$ )

в процентах по формуле:

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100, \quad (1.8)$$

где  $m_i$  – масса остатка на данном сите, г;

$m$  – масса просеиваемой навески, г;

Полный остаток на каждом сите ( $A_i$ ) в процентах по формуле:

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i, \quad (1.9)$$

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

Модуль крупности песка ( $M_k$ ) без зерен размером крупнее 5 мм по формуле:

$$M_k = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{063} + A_{0315} + A_{016}}{100}, \quad (1.10)$$

где  $A_{2,5}$ ,  $A_{1,25}$ ,  $A_{063}$ ,  $A_{0315}$ ,  $A_{016}$  – полные остатки на сите с круглыми отверстиями диаметром 2,5 мм и на ситах с сетками № 1,25; 063; 0315; 016, %.

Результат определения зернового состава песка оформляют в соответствии с таблицей 1.1 и изображают графически в виде кривой просеивания в соответствии с требованиями ГОСТ 26633-91 (рисунок 1.2).

Таблица 1.1 – Зерновой состав песка

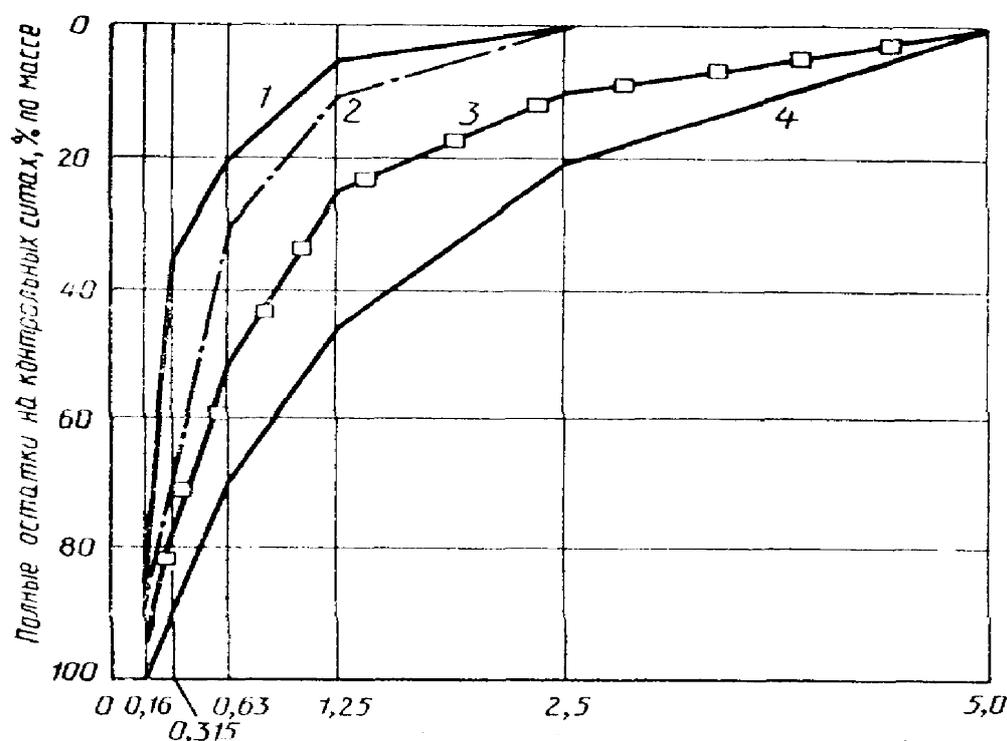
Наименование остатка	Остатки, % по массе, на ситах					Проход через сито с сеткой № 016(014), % по массе
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16 (0,14)	
Частный, г						
Частный, %	$a_{2,5}$	$a_{1,25}$	$a_{063}$	$a_{0315}$	$a_{016(014)}$	$a_{016(014)}$
Полный, %	$A_{2,5}$	$A_{1,25}$	$A_{063}$	$A_{0315}$	$A_{016(014)}$	-

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 и полным остатком песка на сите с сеткой № 063, указанным в таблице 1.2.



1-нижняя граница крупности песка (модуль крупности 1,5); 2-нижняя граница крупности песка (модуль крупности 2,0) для бетонов класса В 15 и выше; 3-нижняя граница крупности песка(модуль крупности 2,5) для бетонов класса В 25 и выше; 4-верхняя граница крупности песка(модуль крупности 3,25)

Рисунок 1.2 – Требования ГОСТ 26633-91 к зерновому составу песка

Таблица 1.2 – Характеристика группы песка

Группа песка	Модуль крупности $M_k$	Полный остаток на сите № 063 (в % по массе)
Очень крупный	Свыше 3,5	Свыше 75
Повышенной крупности	» 3,0 до 3,5	» 65 до 75
Крупный	» 2,5 » 3,0	» 45 » 65
Средний	» 2,0 » 2,5	» 30 » 45
Мелкий	» 1,5 » 2,0	» 10 » 30
Очень мелкий	» 1,0 » 1,5	До 10
Тонкий	» 0,7 » 1,0	Не нормируется
Очень тонкий	До 0,7	» »
Примечание – По согласованию предприятия-изготовителя с потребителем в песке класса II допускается отклонение полного остатка на сите № 063 от вышеуказанных, но не более чем на $\pm 5\%$ .		

Содержание зерен крупностью свыше 10, 5 и менее 0,16 мм не должно превышать значений, указанных в таблице 1.3.

Песок в зависимости от значений нормируемых показателей качества (зернового состава, содержания пылевидных и глинистых частиц) подразделяют на два класса.

Таблица 1.3 – Характеристика класса и группы песка

Класс и группа песка	Содержание зерен крупностью (в процентах по массе, не более)		
	свыше 10 мм	свыше 5 мм	менее 0,16 мм
I класс			
Повышенной крупности, крупный и средний	0,5	5	5
Мелкий	0,5	5	10

Продолжение таблицы 1.3

Класс и группа песка	Содержание зерен крупностью (в процентах по массе, не более)		
	свыше 10 мм	свыше 5 мм	менее 0,16 мм
II класс			
Очень крупный и повышенной крупности	5	20	10
Крупный и средний	5	15	15
Мелкий и очень мелкий	0,5	10	20
Тонкий и очень тонкий	Не допускается		Не нормируется

#### 1.4 Определение содержания пылевидных и глинистых частиц

##### 1.4.1 Метод отмучивания

##### 1.4.1.1 Сущность метода

Содержание пылевидных и глинистых частиц определяют по изменению массы песка после отмучивания частиц крупностью до 0,05 мм.

##### 1.4.1.2 Аппаратура

Весы по ГОСТ 24104-2001.

Шкаф сушильный.

Цилиндрическое ведро высотой не менее 300 мм с сифоном или сосуд для отмучивания песка (рисунок 1.3).

Секундомер по ГОСТ 5072-79.

##### 1.4.1.3 Подготовка к испытанию

Аналитическую пробу песка просеивают через сито с отверстиями диаметром 5 мм, песок, прошедший через сито, высушивают до постоянной массы и берут из него навеску массой 1000 г.

#### 1.4.1.4 Проведение испытания

Навеску песка помещают в цилиндрическое ведро и заливают водой так, чтобы высота слоя воды над песком была около 200 мм. Залитый водой песок выдерживают в течение 2 ч, перемешивая его несколько раз, и тщательно отмывают от приставших к зернам глинистых частиц.

После этого содержимое ведра снова энергично перемешивают и оставляют в покое на 2 мин. Через 2 мин сливают сифоном полученную при промывке суспензию, оставляя слой ее над песком высотой не менее 30 мм. Затем песок снова заливают водой до указанного выше уровня. Промывку песка в указанной последовательности повторяют до тех пор, пока вода после промывки будет оставаться прозрачной.

При использовании сосуда для отмучивания испытание проводят в той же последовательности. При этом воду в сосуд наливают до верхнего сливного отверстия, а суспензию сливают через два нижних отверстия.

После отмучивания промытую навеску высушивают до постоянной массы  $m_1$ .

#### 1.4.1.5 Обработка результатов

Содержание в песке отмучиваемых пылевидных и глинистых частиц ( $P_{отм}$ ) в процентах по массе вычисляют по формуле:

$$P_{отм} = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100, \quad (1.11)$$

где  $m$  – масса высушенной навески до отмучивания, г;

$m_1$  – масса высушенной навески после отмучивания, г.

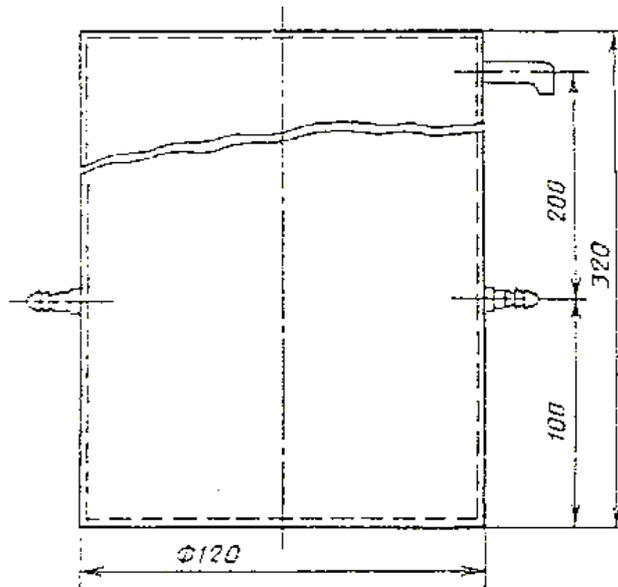


Рисунок 1.3 – Сосуд для отмучивания

#### Примечания

1. При испытании природных песков, зерна которых плотно сцементированы глиной, пробу выдерживают в воде не менее 1 суток.

2. Допускается проведение испытания песка в состоянии естественной влажности.

В этом случае в параллельной навеске определяют влажность песка и содержание пылевидных и глинистых частиц ( $P_{отм}$ ) вычисляют в процентах по формуле:

$$P_{отм} = \left[ 1 - \frac{m_1}{m_в} \left( 1 + \frac{W}{100} \right) \right] \cdot 100, \quad (1.12)$$

где  $m_в$  – масса навески в состоянии естественной влажности, г;

$m_1$  – масса навески, высушенной после отмучивания до постоянной массы, г;

$W$  – влажность испытываемого песка, %.

#### 1.4.2 Пипеточный метод

##### 1.4.2.1 Сущность метода

Содержание пылевидных и глинистых частиц определяют путем выпаривания

отобранной пипеткой пробы суспензии, полученной при промывке песка, и взвешивания остатка.

#### 1.4.2.2 Аппаратура

Весы по ГОСТ 24104-2001.

Ведро цилиндрическое с двумя метками (поясами) на внутренней стенке, соответствующими вместимости 5 и 10 л.

Ведро цилиндрическое без меток.

Шкаф сушильный.

Сита с сеткой № 063 и 016 по ГОСТ 6613-86.

Металлические цилиндры вместимостью 1000 мл со смотровым окном (2 шт.).

Пипетка металлическая мерная вместимостью 50 мл (рисунок 1.4).

Воронка диаметром 150 мм.

Секундомер по ГОСТ 5072-95.

Чашка или стакан для выпаривания по ГОСТ 9147-80.

#### 1.4.2.3 Проведение испытания

Навеску песка массой около 1000 г в состоянии естественной влажности взвешивают, помещают в ведро (без метки) и заливают 4,5 л воды. Кроме того, подготавливают около 500 мл воды для последующего ополаскивания ведра.

Залитый водой песок выдерживают в течение 2 ч, перемешивая его несколько раз, и тщательно отмывают от приставших к зернам глинистых частиц. Затем содержимое ведра выливают осторожно на два сита: верхнее – с сеткой № 063 и нижнее с сеткой № 016, поставленные на ведро с метками.

Суспензии дают отстояться и осторожно сливают осветленную воду в первое ведро. Слитой водой вторично промывают песок на ситах над вторым ведром (с метками). После этого первое ведро ополаскивают оставленной водой и эту воду сливают во второе ведро. При этом используют такое количество оставленной воды, чтобы уровень суспензии в последнем достиг точно метки 5 л; в случае, если оставшейся воды для этого не хватит, объем суспензии доводят до 5 л добавлением

дополнительного количества воды.

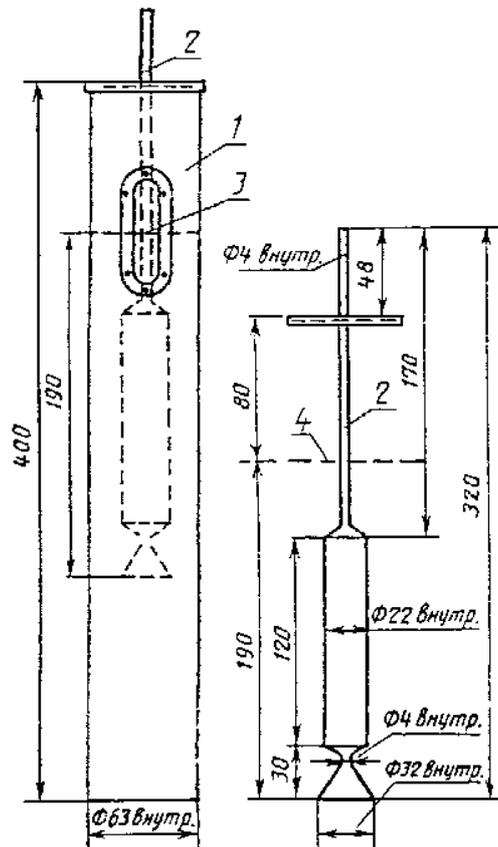
После этого суспензию тщательно перемешивают в ведре и немедленно наполняют ею при помощи воронки поочередно два металлических цилиндра вместимостью 1000 мл, продолжая при этом перемешивать суспензию. Уровень суспензии в каждом цилиндре должен соответствовать метке на смотровом окне.

Суспензию в каждом цилиндре перемешивают стеклянной или металлической палочкой или несколько раз опрокидывают цилиндр, закрывая его крышкой, для лучшего перемешивания.

После окончания перемешивания оставляют цилиндр в покое на 1,5 мин. За от 5 до 10 с до окончания выдержки опускают мерную пипетку с закрытой пальцем трубкой в цилиндр так, чтобы опорная крышка опиралась на верх стенки цилиндра, при этом низ пипетки будет находиться на уровне отбора суспензии – 190 мм от поверхности. По истечении указанного времени (от 5 до 10 с) открывают трубку пипетки и после ее заполнения снова закрывают пальцем трубку, извлекают пипетку из цилиндра и, открыв трубку, выливают содержимое пипетки в предварительно взвешенную чашку или стакан. Наполнение пипетки контролируют по изменению уровня суспензии в смотровом окне.

Вместо металлических цилиндров со смотровым окном и специальной пипетки допускается применять обычные стеклянные мерные цилиндры вместимостью 1 л и стеклянную пипетку вместимостью 50 мл, опуская ее в цилиндр на глубину 190 мм.

Суспензию в чашке (стакане) выпаривают в сушильном шкафу при температуре  $(105 \pm 5)$  °С. Чашку (стакан) с выпаренным порошком взвешивают на весах с погрешностью до 0,01 г. Аналогично отбирают пробу суспензии из второго цилиндра.



1 – цилиндр; 2 – пипетка; 3 – метка (1000 мл); 4 – уровень суспензии в цилиндре

Рисунок 1.4 – Металлический цилиндр и мерная пипетка

#### 1.4.2.4 Обработка результатов

Содержание пылевидных и глинистых частиц ( $\Pi_{отм}$ ) в процентах по массе определяют по формуле:

$$\Pi_{отм} = \frac{100(m_2 - m_1)}{m} \cdot 100, \quad (1.13)$$

где  $m$  – масса навески песка, г;

$m_1$  – масса чашки или стакана для выпаривания суспензии, г;

$m_2$  – масса чашки или стакана с выпаренным порошком, г.

В случае испытания песка, сильно загрязненного пылевидными и глинистыми частицами, объем воды для промывки берут равным 10 л вместо 5 л. Соответственно увеличивают до 10 л объем суспензии в ведре с метками. При этом результат испытания ( $\Pi_{отм}$ ) в процентах вычисляют по формуле:

$$P_{отм} = \frac{200(m_2 - m_1)}{m} \cdot 100. \quad (1.14)$$

где  $m$  – масса навески песка, г;

$m_1$  – масса чашки или стакана для выпаривания суспензии, г;

$m_2$  – масса чашки или стакана с выпаренным порошком, г.

Примечание - Допускается массу осадка ( $m_2 - m_1$ ) определять по плотности суспензии по формуле:

$$m_2 - m_1 = (m_3 - m_4) \frac{\rho}{\rho - 1}, \quad (1.15)$$

где  $m_3$  – масса пикнометра с суспензией, г;

$m_4$  – масса пикнометра с водой, г;

$\rho$  – плотность осадка, г/см<sup>3</sup> (принимается равной 2,65 г/см<sup>3</sup>).

Результат определения массы осадка  $m_2 - m_1$  вносят в формулу (1.13).

Содержание в песке пылевидных и глинистых частиц, а также глины в комках не должно превышать значений, указанных в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Содержание в песке пылевидных и глинистых частиц, а также глины в комках

Класс и группа песка	Содержание пылевидных и глинистых частиц (в процентах по массе, не более)		Содержание глины в комках (в процентах по массе, не более)	
	в песке природном	в песке из отсевов дробления	в песке природном	в песке из отсевов дробления
I класс				
Очень крупный	-	3	-	0,35
Повышенной крупности. Крупный и средний	2	3	0,25	0,35
Мелкий	3	5	0,35	0,50
II класс				
Очень крупный	-	10	-	2
Повышенной крупности, крупный и средний	3	10	0,5	2

Продолжение таблицы 1.4

Класс и группа песка	Содержание пылевидных и глинистых частиц (в процентах по массе, не более)		Содержание глины в комках (в процентах по массе, не более)	
	в песке природном	в песке из отсевов дробления	в песке природном	в песке из отсевов дробления
Мелкий и очень мелкий	5	10	0,5	2
Тонкий и очень тонкий	10	Не нормируется	1,0	0,1*

Примечание – В очень мелком природном песке класса II по согласованию с потребителем допускается содержание пылевидных и глинистых частиц до 7 % по массе.  
\* Для песков, получаемых при обогащении руд черных и цветных металлов и неметаллических ископаемых других отраслей промышленности.

### 1.4.3 Метод мокрого просеивания

#### 1.4.3.1 Сущность метода

Содержание пылевидных и глинистых частиц определяют путем мокрого просеивания песка и определения разницы в массе до и после испытания.

#### 1.4.3.2 Средства контроля и вспомогательное оборудование

Весы настольные циферблатные по ГОСТ 29329-92 или лабораторные по ГОСТ 24104-2001.

Сосуд для получения суспензии или цилиндрическое ведро высотой не менее 300 мм с сифоном.

Противень.

Шкаф сушильный.

Сита с сетками № 0315 и 005 по ГОСТ 6613-73.

#### 1.4.3.3 Порядок подготовки и проведения испытания

Высушенную до постоянной массы пробу песка массой 1000 г помещают в

сосуд и заливают водой так, чтобы она покрывала пробу. Содержимое сосуда интенсивно перемешивают для того, чтобы пылевидные и глинистые частицы образовали суспензию. Полученную суспензию осторожно сливают с помощью сифона на набор сит. Песок оставшийся в сосуде, промывают водой и образовавшуюся суспензию также сливают на набор сит. Процесс повторяют до тех пор, пока вода не станет прозрачной. После этого песок, находящийся в сосуде для промывки, соединяют с частицами, оставшимися на обоих ситах, и высушивают на противне в сушильном шкафу до постоянной массы.

#### 1.4.3.4 Обработка результатов испытания

Содержание в песке пылевидных и глинистых частиц  $\Pi$ , % по массе, определяют с точностью до 0,1 % по формуле:

$$\Pi = \frac{m - m_1}{m} 100, \quad (1.16)$$

где  $m$  – масса пробы до промывки, г;

$m_1$  – масса пробы после промывки, г.

### 1.5 Определение влажности песка

#### 1.5.1 Сущность метода

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

#### 1.5.2 Аппаратура

Весы по ГОСТ 24104-2001.

Шкаф сушильный.

Противень.

#### 1.5.3 Проведение испытания

Навеску массой 1000 г песка насыпают в противень и сразу же взвешивают, а затем высушивают в этом же противне до постоянной массы.

#### 1.5.4 Обработка результатов

Влажность песка ( $W$ ) в процентах вычисляют по формуле:

$$W = \frac{m - m_1}{m_1} \cdot 100, \quad (1.17)$$

где  $m$  – масса навески в состоянии естественной влажности;

$m_1$  – масса навески в сухом состоянии, г.

### 1.6 Определение водопотребности песка

#### 1.6.1 Сущность метода

Методика основана на определении водопотребности песка в растворе [1].

#### 1.6.2 Проведение испытания

Сначала устанавливают распыл цементного теста при водоцементном отношении, соответствующем её нормальной густоте. Навеску цемента 900 г перемешивают с водой в течение 5 минут и определяют распыл конуса на встряхивающем столике по стандартной методике (ГОСТ 310.4 – 81). Распыл конуса после 30 встряхиваний должен составлять 170 мм.

Затем подбирают водоцементное отношение при котором раствор 1:2 на испытываемом песке также имеет распыл 170 мм. Для этого 300 г цемента и 600 г песка перемешивают в течение 1 минуты в сухом состоянии и 5 минут с водой, после чего по стандартной методике определяют распыл конуса на встряхивающем столике.

По результатам определения строят график зависимости распыла конуса от водоцементного отношения раствора  $(В/Ц)_р$ , по которому определяют  $(В/Ц)_р$ , соответствующее распылу конуса 170 мм.

### 1.6.3 Обработка результатов

Водопотребность песка ( $B_n$ ) в процентах вычисляют по формуле:

$$B_n = \frac{(B/C)_p - (B/C)_ц}{2} \cdot 100, \quad (1.18)$$

где  $(B/C)_p$  – водоцементное отношение раствора;

$(B/C)_ц$  – водоцементное отношение в цементном тесте.

## **2 Определение основных свойств крупного заполнителя щебня**

### **(гравия)**

В соответствии с ГОСТ 8267 – 93 применены следующие термины [8].

Щебень из горных пород - неорганический зернистый сыпучий материал с зернами крупностью свыше 5 мм, получаемый дроблением годных пород, гравия и валунов, попутно добываемых вскрышных и вмещающих пород или некондиционных отходов горных предприятий по переработке руд (черных, цветных и редких металлов металлургической промышленности) и неметаллических ископаемых других отраслей промышленности и последующим рассевом продуктов дробления.

Гравий из горных пород - неорганический зернистый сыпучий материал с зернами крупностью свыше 5 мм, получаемый рассевом природных гравийно-песчаных смесей.

Определение основных физико-механических характеристик проводится в соответствии с ГОСТ 8269.0 – 97 [9].

### **2.1 Определение истинной плотности горной породы и зерен щебня**

#### **(гравия)**

##### **2.1.1 Пикнометрический метод**

Истинную плотность горной породы и зерен щебня (гравия) определяют путем измерения массы единицы объема измельченного высушенного материала.

##### **2.1.1.1 Средства контроля и вспомогательное оборудование**

Пикнометр вместимостью 100 мл по ГОСТ 22524-77.

Весы настольные циферблатные по ГОСТ 29329-92 или лабораторные по ГОСТ 24104-2001.

Стаканчик для взвешивания по ГОСТ 25336 или фарфоровая чашка по ГОСТ 9147 - 80.

Ступка чугунная или фарфоровая.

Эксикатор по ГОСТ 25336-82.

Кислота серная концентрированная по ГОСТ 2184-77.

Кальций хлористый (хлорид кальция) безводный по ГОСТ 450-77.

Шкаф сушильный.

Баня песчаная или водяная.

Дробилка щековая лабораторная ДЛЩ 60'100 (ДЛЩ 80'150).

Щетка металлическая.

Сито №0125 по ГОСТ 6613-73.

#### 2.1.1.2 Порядок подготовки к испытанию

Для определения истинной плотности горной породы из исходной геологической пробы готовят лабораторную пробу путем дробления горной породы в лабораторной дробилке и дальнейшего отсева продуктов дробления.

Для определения истинной плотности зерен щебня (гравия) отбирают аналитическую пробу.

При использовании кусков камня неправильной формы или зерен щебня (гравия) их очищают металлической щеткой от пыли, измельчают на лабораторной дробилке до крупности менее 5 мм, после чего перемешивают и сокращают пробу примерно до 150 г. Полученную пробу вновь измельчают до крупности менее 1,25 мм, после чего перемешивают и сокращают до 30 г. Подготовленную пробу измельчают до порошкообразного состояния (размер зерен менее 0,125 мм) в чугунной или фарфоровой ступке, насыпают в стаканчик для взвешивания или фарфоровую чашку, высушивают до постоянной массы и охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе над концентрированной серной кислотой или над безводным хлоридом кальция, после чего отвешивают две навески массой 10 г каждая.

#### 2.1.1.3 Порядок проведения испытания

Каждую навеску всыпают в чистый сухой пикнометр и наливают дистиллированную воду комнатной температуры в таком количестве, чтобы

пикнометр был заполнен не более чем на половину своего объема. Пикнометр в слегка наклонном положении ставят на песчаную или водяную баню и кипятят его содержимое в течение от 15 до 20 мин для удаления пузырьков воздуха (пузырьки воздуха могут быть удалены путем выдерживания пикнометра под вакуумом в эксикаторе). После удаления воздуха пикнометр обтирают, охлаждают до комнатной температуры, доливают до метки дистиллированную воду и взвешивают. Затем пикнометр освобождают от содержимого, промывают, наполняют до метки дистиллированной водой комнатной температуры и взвешивают.

#### 2.1.1.4 Обработка результатов испытания

Истинную плотность  $\rho$ , г/см<sup>3</sup>, определяют по формуле

$$\rho = \frac{m\rho_v}{m + m_1 - m_2}, \quad (2.1)$$

где  $m$  – масса навески порошка, высушенного до постоянной массы, г;

$\rho_v$  – плотность воды, принимаемая равной 1 г/см<sup>3</sup>;

$m_1$  – масса пикнометра с дистиллированной водой, г;

$m_2$  – масса пикнометра с навеской и дистиллированной водой после удаления пузырьков воздуха, г.

Расхождение между результатами двух определений не должно быть более 0,02 г/см<sup>3</sup>. В случае больших расхождений производят третье определение и принимают для расчета два ближайших значения.

За результат принимают среднеарифметическое значение двух параллельных испытаний.

В случае необходимости определения истинной плотности щебня (гравия), состоящего из смеси фракций.

#### 2.1.2 Ускоренное определение истинной плотности

Истинную плотность горной породы и зерен щебня (гравия) определяют путем измерения массы единицы объема измельченного высушенного материала с использованием прибора Ле - Шателье.

### 2.1.2.1 Средства контроля и вспомогательное оборудование

Прибор Ле - Шателье (рисунок 1.1)

Весы настольные циферблатные по ГОСТ 29329-92 или лабораторные по ГОСТ 24104-2001.

Стаканчик для взвешивания по ГОСТ 25336-82 или фарфоровая чашка по ГОСТ 9147-80.

Эксикатор по ГОСТ 25336-82.

Шкаф сушильный.

Кислота серная по ГОСТ 2184-77.

Хлористый кальций (хлорид кальция) безводный по ГОСТ 450-77.

Сито с размером отверстий 5 мм по ГОСТ 6613-73.

Щетка металлическая.

### 2.1.2.2 Порядок подготовки к испытанию

Подготовленную пробу всыпают в стаканчик для взвешивания или в фарфоровую чашку, высушивают до постоянной массы и охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе над концентрированной серной кислотой или над безводным хлоридом кальция.

После этого отвешивают две навески массой по 50 г каждая.

### 2.1.2.3 Порядок проведения испытания

Прибор заполняют водой до нижней отметки, уровень воды определяют по нижнему мениску.

Каждую навеску через воронку прибора всыпают небольшими порциями до тех пор, пока уровень жидкости в приборе, определяемый по нижнему мениску, не поднимется до риски с делением 20 мл или с другим делением в пределах верхней градуированной части прибора.

Для удаления пузырьков воздуха прибор рекомендуется слегка встряхнуть.

#### 2.1.2.4 Обработка результатов испытания

Остаток измельченной пробы щебня (гравия), не вошедший в прибор, взвешивают и определяют плотность порошка  $\rho$ , г/см<sup>3</sup>, по формуле

$$\rho = \frac{m - m_1}{V}, \quad (2.2)$$

где  $m$  – масса высушенной навески порошка, г;

$m_1$  – масса остатка, г;

$V$  – объем воды, вытесненной порошком, определяемый по градуированной шкале, см<sup>3</sup>.

Расхождение между результатами двух определений плотности не должно быть более 0,02 г/см<sup>3</sup>. В случае больших расхождений производят третье определение и принимают для расчета два ближайших значения.

За результат принимают среднеарифметическое значение двух параллельных испытаний.

В случае необходимости определения истинной плотности щебня (гравия), состоящего из смеси фракций.

## **2.2 Определение средней плотности и пористости горной породы зерен щебня (гравия)**

### 2.2.1 Определение средней плотности

Среднюю плотность зерен щебня (гравия) определяют путем измерения массы единицы объема зерен щебня (гравия) с использованием весов для гидростатического взвешивания.

#### 2.2.1.1 Средства контроля и вспомогательное оборудование

Весы настольные циферблатные по ГОСТ 29329-92.

Весы по ГОСТ 24104-2001 с приспособлением для гидростатического взвешивания (рисунок 2.2).

Шкаф сушильный.

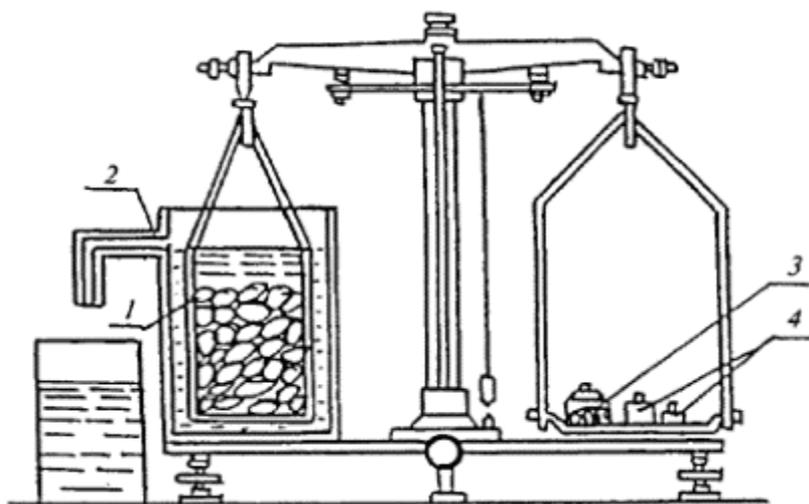
Сосуд для насыщения щебня (гравия) и образцов водой или для парафинирования образцов.

Сита из стандартного набора.

Щетка металлическая.

#### 2.2.1.2 Порядок подготовки к испытанию

Для определения средней плотности зерен щебня (гравия) отбирают пять кусков произвольной формы размером свыше 40 до 70 (80) мм. Каждый образец очищают металлической щеткой от рыхлых частиц, пыли и высушивают до постоянной массы.



1 – сетчатый (перфорированный) стакан; 2 – сосуд со сливом для воды; 3 – стаканчик с дробью для уравновешивания массы сетчатого стакана в воде, 4 – разновесы

Рисунок 2.1 – Весы для гидростатического взвешивания

Для определения средней плотности зерен щебня (гравия) фракции с наибольшим номинальным размером до 40 мм берут аналитическую пробу массой не менее 2,5 кг. При испытании щебня (гравия) фракции с наибольшим номинальным размером свыше 40 мм берут аналитическую пробу массой около 5 кг, зерна крупнее 40 мм дробят до получения частиц размером не более 40 мм и пробу сокращают вдвое.

Пробу высушивают до постоянной массы, просеивают через сито с размером отверстий, соответствующим наименьшему номинальному размеру зерен данной

фракции щебня (гравия), и из остатка на сите отвешивают две пробы по 1000 г каждая.

### 2.2.1.3 Порядок проведения испытания

Образцы горной породы произвольной формы или навеску щебня (гравия) насыщают водой, погружая их в воду комнатной температуры на 2 ч так, чтобы уровень воды в сосуде был выше поверхности образцов или щебня (гравия) не менее чем на 20 мм.

Насыщенные образцы породы или пробу щебня (гравия) вынимают из воды, удаляют влагу с их поверхности мягкой влажной тканью и сразу же взвешивают на настольных гирных или циферблатных, а затем на гидростатических весах, помещая пробу в сетчатый (перфорированный) стакан, погруженный в воду.

Образцы горной породы произвольной формы с мелкими открытыми порами вместо насыщения допускается покрывать пленкой парафина толщиной около 1 мм. Для этого высушенный до постоянной массы образец погружают в разогретый парафин и охлаждают на воздухе. В случае обнаружения при остывании на парафиновой пленке пузырьков или повреждений их заглаживают с помощью горячей металлической пластинки, ножа или проволоки.

Подготовленный образец взвешивают на настольных циферблатных или лабораторных, а затем на гидростатических весах.

Для определения средней плотности образцов горной породы правильной формы измеряют их размеры, определяют объем и среднюю плотность.

### 2.2.1.4 Обработка результатов испытания

Среднюю плотность образцов горной породы произвольной формы или щебня (гравия)  $\rho_k$ , г/см<sup>3</sup>, определяют по формуле

$$\rho_k = \frac{m}{m_1 - m_2} \rho_v, \quad (2.3)$$

где  $m$  – масса образца или пробы в сухом состоянии, г;

$m_1$  – масса образца или пробы в насыщенном водой состоянии на воздухе, г;

$m_2$  – масса образца или пробы в насыщенном водой состоянии в воде, г;

$\rho_v$  – плотность воды, принимаемая равной 1 г/см<sup>3</sup>.

Среднюю плотность запарафинированных образцов горной породы произвольной формы  $\rho_{k1}$ , г/см<sup>3</sup>, определяют по формуле

$$\rho_{k1} = \frac{m}{\frac{m'_1 - m'_2}{\rho_v} - \frac{m'_1 - m'}{\rho_n}}, \quad (2.4)$$

где  $m$  – масса образца в сухом состоянии, г;

$m'_1$  – масса запарафинированного образца на воздухе, г;

$m'_2$  – масса запарафинированного образца в воде, г;

$\rho_v$  – плотность воды, принимаемая равной 1 г/см<sup>3</sup>;

$\rho_n$  – плотность парафина (может быть принята равной 0,93 г/см<sup>3</sup>).

Среднюю плотность образцов горной породы правильной формы  $\rho_{k2}$  г/см<sup>3</sup>, определяют по формуле:

$$\rho_{k2} = \frac{m}{V}, \quad (2.5)$$

где  $m$  – масса образца, г;

$V$  – объем образца, см<sup>3</sup>.

За результат принимают среднеарифметическое значение результатов испытания пяти образцов горной породы или двух параллельных испытаний проб щебня (гравия). При этом расхождение между результатами двух определений средней плотности не должно превышать 0,02 г/см<sup>3</sup>. При больших расхождениях проводят третье определение и вычисляют среднеарифметическое двух ближайших значений.

### 2.2.2 Определение пористости

Пористость горной породы или зерен щебня (гравия) определяют расчетным путем на основании предварительно установленных значений истинной и средней плотности.

Пористость горной породы или зерен щебня (гравия)  $V_{пор}$ , % по объему,

определяют по формуле

$$V_{nop} = \left(1 - \frac{\rho_x}{\rho}\right) 100, \quad (2.6)$$

где  $\rho_k$  – средняя плотность горной породы или зерен щебня (гравия), г/см<sup>3</sup>;  
 $\rho$  – истинная плотность горной породы или зерен щебня (гравия), г/см<sup>3</sup>.

## **2.3 Определение насыпной плотности и пустотности гравия (щебня)**

### **2.3.1 Определение насыпной плотности**

Насыпную плотность щебня (гравия) определяют взвешиванием определенного объема щебня (гравия) данной фракции (или смеси фракций), высушенного до постоянной массы.

#### **2.3.1.1 Средства контроля и вспомогательное оборудование**

Весы настольные циферблатные по ГОСТ 29329-92 или лабораторные по ГОСТ 24104-2001.

Шкаф сушильный.

Цилиндры мерные по таблице 2.1

#### **2.3.1.2 Порядок подготовки и проведения испытания**

Щебень (гравий) в объеме, обеспечивающем проведение испытания, высушивают до постоянной массы. При определении насыпной плотности смеси фракций рассев смеси на соответствующие фракции не допускается.

Щебень (гравий) насыпают в предварительно взвешенный цилиндр с высоты 10 см до образования конуса, который снимают стальной линейкой вровень с краями (без уплотнения) движением к себе, от себя или от середины влево и вправо, после чего цилиндр со щебнем (гравием) взвешивают.

В зависимости от наибольшего номинального размера щебня (гравия) применяют цилиндры в соответствии с таблицей 2.1.

Таблица 2.1- Размеры объемного цилиндра в зависимости от номинального размера щебня

Объем мерного цилиндра, л	Внутренние размеры цилиндра, мм		Фракции щебня (гравия), мм
	диаметр	высота	
5	185	185	От 5 до 10
10	234	234	Свыше 10 до 20
20	294	294	Свыше 20 до 40
50	400	400	Свыше 40

### 2.3.1.3 Обработка результатов испытания

Насыпную плотность щебня (гравия)  $\rho_n$ , кг/м<sup>3</sup>, определяют с точностью до 10 кг/м<sup>3</sup> по формуле

$$\rho_n = \frac{m_1 - m}{V}, \quad (2.7)$$

где  $m$  – масса мерного цилиндра, кг;

$m_1$  – масса мерного цилиндра со щебнем (гравием), кг;

$V$  – объем мерного цилиндра, м<sup>3</sup>.

Насыпную плотность определяют два раза, при этом каждый раз берут новую порцию щебня (гравия).

За результат принимают среднеарифметическое значение двух параллельных испытаний.

### 2.3.2 Определение насыпной плотности для перевода количества щебня (гравия) из единиц массы в объемные

Насыпную плотность определяют путем взвешивания определенного объема щебня (гравия) в воздушно-сухом состоянии.

#### 2.3.2.1 Средства контроля и вспомогательное оборудование

Весы платформенные или почтовые с пределом взвешивания 50 кг, погрешностью -  $\pm 10$  г.

Сосуды мерные (цилиндры) с размерами в соответствии с таблицей 2.2.

### 2.3.2.2 Порядок подготовки и проведения испытания

Щебень (гравий) насыпают с высоты 10 см в предварительно взвешенный мерный сосуд до образования над верхом сосуда конуса, который снимают стальной линейкой вровень с краями сосуда (без уплотнения) движением к себе, от себя или от середины влево и вправо. Сосуд со щебнем (гравием) взвешивают.

В зависимости от наибольшего номинального размера щебня (гравия) применяют мерные сосуды в соответствии с таблицей 2.2.

Мерные сосуды как нестандартное оборудование разрешается изготавливать силами предприятий. При этом емкости сосудов допускается тарировать путем заполнения водой и определения ее объема в сосуде.

Таблица 2.2 – Размеры мерных сосудов в зависимости от наибольшего номинального размера щебня (гравия)

Мерный сосуд	Объем, л	Внутренние размеры сосуда, мм			Фракция щебня (гравия), мм
		диаметр	сторона основания	высота	
Цилиндр	10	234	-	234	От 5 до 10
	20	294	-	294	Свыше 10 до 20
	50	400	-	400	Свыше 20 до 40
Ящик	100	-	465	465	Свыше 40

### 3.2.3 Обработка результатов испытания

Насыпную плотность щебня (гравия)  $\rho_n$ , кг/м<sup>3</sup>, определяют с точностью до 10 кг/м<sup>3</sup> по формуле:

$$\rho_n = \frac{m_1 - m}{V}, \quad (2.8)$$

где  $m$  – масса мерного цилиндра, кг;

$m_1$  – масса мерного цилиндра со щебнем (гравием), кг;

$V$  – объем мерного цилиндра, м<sup>3</sup>.

Насыпную плотность определяют два раза, при этом каждый раз берут новую порцию щебня (гравия).

За результат принимают среднеарифметическое значение двух параллельных испытаний.

#### Примечания

1 Значение насыпной плотности щебня (гравия) с наибольшим номинальным размером зерен 40 мм и более, определенное указанным выше способом в малых емкостях (мерных сосудах), для расчета насыпной плотности щебня в транспортных средствах грузоподъемностью более 10 т должно быть увеличено на 5 %.

2 Допускается определять насыпную плотность щебня (гравия) непосредственно в транспортных средствах путем взвешивания в них материала и определения занимаемого им объема.

3 Насыпную плотность песчано-гравийной смеси определяют без предварительного разделения на гравийную и песчаную составляющие, используя мерные сосуды в соответствии с наибольшим номинальным размером гравия.

### 2.3.3 Определение пустотности

Пустотность щебня (гравия) определяют расчетным путем на основании предварительно установленных значений средней плотности зерен и насыпной плотности щебня (гравия).

Пустотность щебня (гравия)  $V_{\text{п}}$ , % по объему, определяют по формуле:

$$V_{\text{п}} = \left( 1 - \frac{\rho_n}{\rho_x \cdot 1000} \right) \cdot 100, \quad (2.9)$$

где  $\rho_n$  – насыпная плотность щебня (гравия), кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_x$  – средняя плотность зерен щебня (гравия), г/см<sup>3</sup>.

Примечание – В зависимости от назначения щебня (гравия) пустотность его можно определить в уплотненном состоянии, подставив в формулу насыпную плотность в уплотненном состоянии.

## 2.4 Определение зернового состава крупного заполнителя

2.4.1 Зерновой состав щебня (гравия) определяют путем отсева пробы на стандартном наборе сит.

### 2.4.2 Средства контроля и вспомогательное оборудование

Весы настольные циферблатные по ГОСТ 29329-92 или лабораторные по ГОСТ 24104-2001.

Шкаф сушильный.

Сита и проволочные круглые калибры с отверстиями, соответствующими номинальным размерам зерен данной фракции:  $1,25D$ ;  $D$ ;  $0,5(D+d)$ ,  $d$ , а также 2,5 и 1,25 мм.

### 2.4.3 Порядок подготовки и проведения испытания

Для испытания используют лабораторную пробу без ее сокращения по таблице 2.3, высушенную до постоянной массы.

Таблица 2.3 – Масса пробы в зависимости от номинального размера зерен

Наибольший номинальный размер зерен D, мм	Масса пробы, кг
10	5,0
20	10,0
40	20,0
Свыше 40	40,0

Пробу просеивают ручным или механическим способом через сита с отверстиями указанных выше размеров, собранные последовательно в колонку, начиная снизу с сита с отверстиями наименьшего размера, при этом толщина слоя щебня (гравия) на каждом из сит не должна превышать наибольшего размера зерен щебня (гравия).

Продолжительность просеивания должна быть такой, чтобы при контрольном интенсивном ручном встряхивании каждого сита в течение 1 мин через него прохо-

дило не более 0,1 % общей массы просеиваемой пробы. При механическом просеивании его продолжительность для применяемого прибора устанавливают в соответствии с указанным выше условием.

При ручном просеивании допускается определять окончание просеивания следующим способом: каждое сито интенсивно трясут над листом бумаги. Просеивание считают законченным, если при этом не наблюдается падение зерен щебня (гравия).

#### 2.4.4 Обработка результатов испытания

По результатам просеивания определяют частный остаток на каждом сите  $a_i$ , %, по формуле

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100, \quad (2.10)$$

где  $m_i$  - масса остатка на данном сите, г;

$m$  - масса пробы, г.

Определяют полные остатки на каждом сите в процентах массы пробы, равные сумме частных остатков на данном сите и всех ситах с большими размерами отверстий.

Примечание - После отсева пробу вновь объединяют и используют для приготовления аналитических проб для проведения остальных испытаний.

Рассев несортированного щебня (гравия), а также песчано-гравийной смеси производят с применением полного набора стандартных.

При испытании гравия, загрязненного глиной, рассев производят после предварительной промывки с определением содержания пылевидных и глинистых частиц. Содержание пылевидных и глинистых частиц включают при расчете результатов отсева в массу частиц, проходящих через сито с размером отверстий 1,25 мм.

Определяют полные остатки на каждом сите  $A_i$ , в процентах массы пробы, равные сумме частных остатков на данном сите и всех ситах с большими размерами отверстий по формуле:

$$A_i = a_{70} + a_{60} + \dots + a_i, \quad (2.11)$$

где  $a_{70}$ ,  $a_{60}$ ,  $a_i$  — частные остатки на соответствующих ситах;

Результаты оформляют в виде таблицы 2.4.

Таблица 2.4 – Зерновой состав щебня

Остатки на ситах	Размеры отверстий сит, мм														
	70	60	50	40	30	25	20	15	12,5	10	7,5	5	3	2,5	1,25
Частные, г															
Частные, %															
Полные, %															

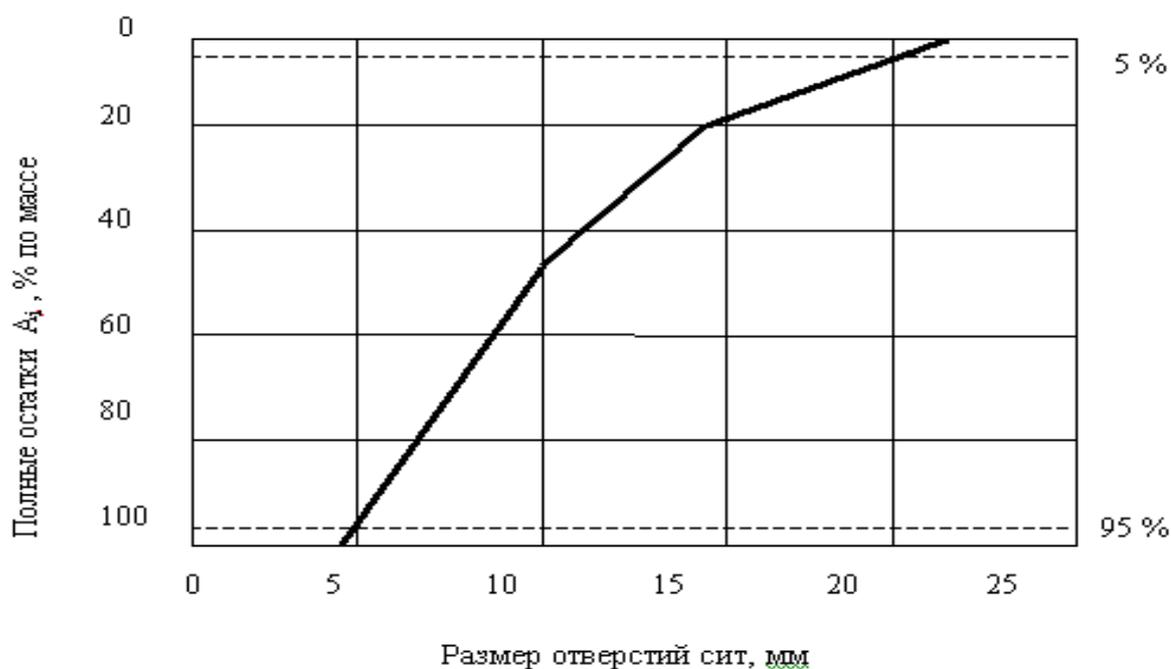


Рисунок 2.2– Кривая зернового состава щебня  $d_{\min}=5$  мм,  $D_{\max}=20$  мм

На основании данных таблицы 2.4 строится кривая просеивания щебня (гравия) – рисунок 2.2 и определяется наибольший и наименьший размер зерен.

За наибольший размер зерен  $D$  принимают размер ячейки сита на котором полный остаток не превышает 5 %, за наименьший размер зерен  $d$  принимают размер отверстий нижнего сита, полный остаток на котором составляет не менее 95 %.

Далее определяют номера сит с отверстиями, размеры которых наиболее близки значениям  $0,5(D+d)$  и  $1,25D$ .

Для фракционированного щебня (гравия) нормативное содержание зерен размером менее наименьшего номинального размера  $d$  и более наибольшего номинального размера  $D$ , гарантируются поставщиком.

Результаты отсева заносят в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 – Зерновой состав щебня (гравия) данной фракции

Остатки на ситах	Размер отверстий сит, мм			
	$d$	$0,5(D+d)$	$D$	$1,25D$
Частные, г				
Частные, %				
Полные, %				

По полученным данным строят график на рисунке 2.4

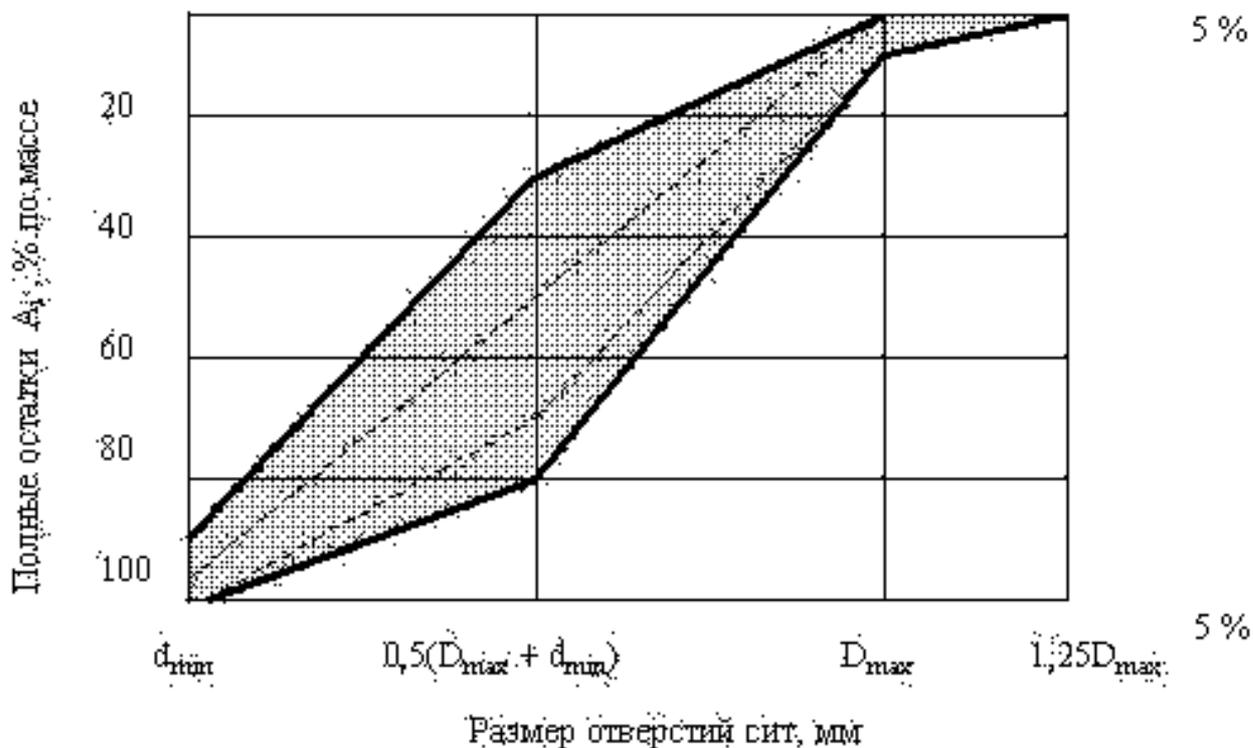


Рисунок 2.3 – График зернового состава щебня: сплошные линии для заполнителя одной фракции, пунктирные для смеси фракции от 5(3) до 20 мм.

## 2.5 Определение содержания пылевидных и глинистых частиц

### 2.5.1 Метод отмучивания

Содержание пылевидных и глинистых частиц в щебне (гравии) определяют по изменению массы пробы после отмучивания пылевидных и глинистых частиц (размер частиц менее 0,05 мм).

#### 2.5.1.1 Средства контроля и вспомогательное оборудование

Весы настольные циферблатные по ГОСТ 29329 – 92 или лабораторные по ГОСТ 24104 - 2001.

Шкаф сушильный.

Сосуд для отмучивания (рисунок 2.4) или цилиндрическое ведро высотой не менее 300 мм с сифоном

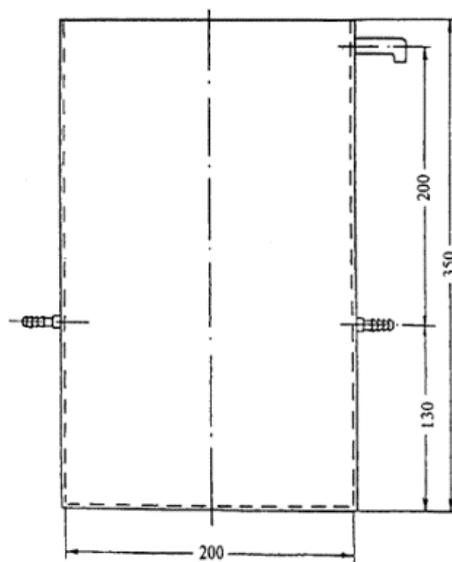


Рисунок 2.4 – Сосуд для отмучивания

#### 2.5.1.2 Порядок подготовки и проведения испытания

Берут аналитическую пробу щебня (гравия) массой не менее 5 кг, высушенную до постоянной массы. При этом для испытания щебня (гравия) фракции от 5(3) до 10 мм используют целиком пробу, применяемую при определении зернового состава.

Пробу щебня (гравия) помещают в сосуд для отмучивания или ведро,

заливают водой несколько выше уровня щебня и оставляют в таком состоянии до полного размокания глинистой пленки (определяется визуально) на зернах щебня (гравия) или комков глины, если они имеются в пробе.

После этого в сосуд или ведро со щебнем (гравием) доливают воду в таком количестве, чтобы высота слоя воды над щебнем была 200 мм; содержимое сосуда перемешивают деревянной мешалкой и оставляют в покое на 2 мин. Через 2 мин сливают полученную суспензию. При сливе суспензии необходимо оставлять слой ее над щебнем (гравием) высотой не менее 30 мм.

Затем щебень (гравий) вновь заливают водой до указанного выше уровня. Промывку щебня (гравия) в указанной последовательности повторяют до тех пор, пока вода после промывки не будет оставаться прозрачной.

Воду в сосуд для отмучивания щебня (гравия) наливают до верхнего сливного отверстия. Суспензию сливают через два нижних отверстия.

Из ведра суспензию сливают с помощью сифона, конец которого должен быть на расстоянии не менее 30 мм от поверхности щебня (гравия).

После окончания отмучивания промытую пробу высушивают до постоянной массы.

### 2.5.1.3 Обработка результатов испытания

Содержание в щебне (гравии) пылевидных и глинистых частиц  $\Pi$ , % по массе, определяют с точностью до 0,1 % по формуле:

$$\Pi = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100, \quad (2.12)$$

где  $m$  – первоначальная масса пробы, г;

$m_1$  – масса пробы после отмучивания, г.

### 2.5.2 Пипеточный метод

Содержание пылевидных и глинистых частиц определяют путем выпаривания отобранной пипеткой пробы суспензии, полученной при промывке щебня (гравия), и взвешивания остатка.

### 2.5.2.1 Средства контроля и вспомогательное оборудование

Весы настольные циферблатные по ГОСТ 29329 – 92 или лабораторные по ГОСТ 24104 - 2001.

Сосуд цилиндрический с двумя метками (поясами) на внутренней стенке, соответствующими объему 5 и 10 л.

Сосуд цилиндрический без меток.

Шкаф сушильный.

Сита с отверстиями размером 3 или 5 и 0,315 мм.

Цилиндры металлические вместимостью до 1000 мл со смотровым окном

Пипетка мерная металлическая вместимостью 50 мл (рисунок 1.4).

Чашка или стакан для выпаривания по ГОСТ 9147 - 80.

Пикнометр по ГОСТ 22524 - 77.

### 2.5.2.2 Порядок подготовки и проведения испытания

Аналитическую пробу щебня (гравия) массой не менее 5 кг, высушенную до постоянной массы, взвешивают, помещают в сосуд без меток и заливают 4,5 л воды, оставляя около 500 мл воды для последующего ополаскивания ведра.

Залитый водой щебень (гравий) выдерживают в воде 10 – 15 мин, перемешивая несколько раз деревянной мешалкой, после чего тщательно отмывают его в той же воде от приставших к зернам глинистых частиц. Затем содержимое сосуда осторожно выливают на два сита: верхнее – с отверстиями диаметром 3 или 5 мм, нижнее – с сеткой № 0315, поставленные на второе ведро с метками. Суспензии в сосуде с метками дают отстояться и осторожно сливают осветленную воду в первый сосуд. Слитой водой вторично промывают щебень на ситах над сосудом с метками, после чего первое ведро ополаскивают оставленной водой и эту воду сливают также во второй сосуд. При этом используют такое количество оставленной воды, чтобы уровень суспензии во втором сосуде не превышал метки 5 л.

Если объем суспензии меньше 5 л, то в нее добавляют воду, доводя объем точно до 5 л (до отметки).

После этого суспензию тщательно перемешивают в сосуде и немедленно

наполняют ею два металлических цилиндра вместимостью до 1000 мл. Уровень суспензии в каждом цилиндре должен соответствовать метке на смотровом окне.

Суспензию в каждом цилиндре перемешивают стеклянной или металлической палочкой и несколько раз опрокидывают их, закрывая крышкой, для лучшего перемешивания.

После перемешивания оставляют цилиндр в покое на 1,5 мин. За от 5 до 10 с до окончания этого срока в цилиндр опускают мерную пипетку так, чтобы опорная крышка пипетки опиралась на верхний обод цилиндра, при этом низ воронки пипетки будет находиться на уровне отбора суспензии – 190 мм от поверхности. По истечении от 5 до 10 с открывают трубку пипетки и после ее заполнения закрывают трубку пальцем, извлекают пипетку из цилиндра и, открыв трубку, выливают содержимое пипетки в предварительно взвешенные чашку или стакан. Наполнение пипетки контролируют по изменению уровня суспензии в смотровом окне.

Суспензию в чашке (стакане) выпаривают в сушильном шкафу при температуре  $(105 \pm 5)$  °С. Чашку (стакан) с остатком порошка взвешивают с погрешностью до 0,1 г. Аналогично отбирают и обрабатывают пробу из второго цилиндра.

### 2.5.2.3 Обработка результатов испытания

Содержание пылевидных и глинистых частиц  $n$ , % по массе, вычисляют с точностью до 0,1 % по формуле

$$n = \frac{m_2 - m_1}{m} \cdot 100, \quad (2.13)$$

где  $m$  – масса аналитической пробы щебня (гравия), г;

$m_1$  – масса чашки или стакана для выпаривания суспензии, г;

$m_2$  – масса чашки или стакана с остатком порошка после выпаривания суспензии, г.

#### Примечания

1 В случае испытания сильно загрязненного пылевидными и глинистыми частицами щебня (гравия) объем воды для промывки берут равным 10 л. Соответственно увеличивают до 10 л объем суспензии в ведре с метками. При этом определяют по формуле:

$$n = \frac{m - m_1}{m} 2 \cdot 100, \quad (2.14)$$

2 Вместо металлических цилиндров со смотровым окном и специальной пипетки допускается применять стеклянные мерные цилиндры вместимостью 1 л по ГОСТ 1770-74 и стеклянную пипетку вместимостью 50 мл по ГОСТ 29227-91 или ГОСТ 29228-91, которую опускают в цилиндр на глубину 190 мм.

3 Допускается массу остатка порошка после выпаривания суспензии  $m_2 - m_1$  определять по плотности суспензии по формуле

$$m_2 - m_1 = (m_3 - m_4) \frac{\rho}{\rho - 1}, \quad (2.15)$$

где  $m_3$  – масса пикнометра с суспензией, г;

$m_4$  – масса пикнометра с водой, г;

$\rho$  – плотность суспензии, г/см<sup>3</sup> (принимается равной 2,65 г/см<sup>3</sup>).

Результаты определения массы остатка порошка после выпаривания суспензии вносят в формулу (2.13) или (2.14).

### 2.5.3 Метод мокрого просеивания

Содержание пылевидных и глинистых частиц в щебне (гравии) определяют процеживанием через сито суспензии, полученной при промывке щебня (гравия), и вычислением разности в массе пробы до и после испытания.

#### 2.5.3.1 Средства контроля и вспомогательное оборудование

Весы настольные циферблатные по ГОСТ 29329-92 или лабораторные по ГОСТ 24104-2001.

Сосуд для получения суспензии или цилиндрическое ведро высотой не менее 300 мм с сифоном.

Противень.

Шкаф сушильный.

Сита с сетками № 1,25 и 0,05 по ГОСТ 6613-73.

### 2.5.3.2 Порядок подготовки и проведения испытания

Высушенную до постоянной массы пробу щебня (гравия) помещают в сосуд и заливают водой так, чтобы она покрывала пробу. Содержимое сосуда интенсивно перемешивают для того, чтобы пылевидные и глинистые частицы образовали суспензию.

Полученную суспензию осторожно сливают с помощью сифона на набор сит. Щебень (гравий), оставшийся в сосуде, промывают водой и образовавшуюся суспензию также сливают на набор сит. Процесс повторяют до тех пор, пока вода не станет прозрачной. После этого щебень (гравий), находящийся в сосуде для промывки, соединяют с частицами, оставшимися на обоих ситах, и высушивают на противне в сушильном шкафу до постоянной массы.

### 2.5.3.3 Обработка результатов испытания

Содержание в щебне (гравии) пылевидных и глинистых частиц  $\Pi$ , % по массе, определяют с точностью до 0,1 % по формуле

$$\Pi = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100 \quad (2.16)$$

где  $m$  – масса пробы до промывки, г;

$m_1$  – масса пробы после промывки, г.

## 2.6 Определение содержания глины в комках

Содержание глины в комках в щебне (гравии) определяют путем отбора из проб каждой фракции частиц, отличающихся пластичностью.

### 2.6.1 Средства контроля и вспомогательное оборудование

Весы настольные циферблатные по ГОСТ 29329 - 92 и лабораторные по ГОСТ 24104 - 2001.

Шкаф сушильный.

Сита с круглыми отверстиями диаметром 5 (3), 10, 20, 40 и 80 (70) мм.

Лупа.

## 2.6.2 Порядок подготовки и проведения испытания

Аналитические пробы щебня (гравия) готовят путем отсева лабораторной пробы на ситах стандартного набора или берут из остатков на ситах, полученных рассевом пробы при определении зернового состава.

Каждую аналитическую пробу щебня (гравия), высушенную до постоянной массы, насыпают тонким слоем на металлический лист и увлажняют с помощью пипетки. Из пробы выделяют комки глины, отличающиеся пластичностью от зерен щебня (гравия), применяя в необходимых случаях лупу.

Выделенные комки глины высушивают до постоянной массы и взвешивают.

## 2.6.3 Обработка результатов испытания

Содержание комков глины в каждой пробе щебня (гравия)  $\Pi_{г\text{л}}$ , %, определяют по формуле

$$\Pi_{г\text{л}} = \frac{m_1}{m} \cdot 100 \quad (2.17)$$

где  $m$  – масса аналитической пробы щебня (гравия), кг;

$m_1$  – масса глины в комках, высушенной до постоянной массы, кг.

Содержание комков глины в смеси фракций вычисляют отдельно по фракциям.

Содержание глины в комках не должно быть более указанного в таблице 2.6.

Таблица 2.6 - Содержание глины в комках

Вид породы и марка по дробимости щебня и гравия	Содержание пылевидных и глинистых частиц, % по массе
Щебень из изверженных и метаморфических пород марок: свыше 800	1
» 600 до 800 включительно	1
Щебень из осадочных пород марок: от 600 до 1200 включительно	2
200, 400	3
Щебень из гравия и валунов и гравий марок: 1000	1

## Продолжение таблицы 2.6

Вид породы и марка по дробимости щебня и гравия	Содержание пылевидных и глинистых частиц, % по массе
800	1
600	2
400	3

Примечание – Допускается в щебне марок по дробимости 800 и выше из изверженных, метаморфических и осадочных пород увеличение на 1 % содержания пылевидных частиц при следующих условиях:

- если при геологической разведке месторождения установлено отсутствие в исходной горной породе глинистых и мергелистых включений и прослоев;
- при предъявлении предприятием-изготовителем заключения специализированной лаборатории об отсутствии глинистых минералов в составе частиц размером менее 0,05 мм.

## 2.7 Определение содержания зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой

### 2.7.1 Метод визуальной разборки

Содержание в щебне (гравии) зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм оценивают количеством зерен, толщина которых менее длины в три раза и более.

#### 2.7.1.1 Средства контроля и вспомогательное оборудование

Весы настольные циферблатные по ГОСТ 29329-92 или лабораторные по ГОСТ 24104 - 2001.

Шаблон передвижной (рисунок 2.5) или штангенциркуль по ГОСТ 166 - 89.

Сита из стандартного набора.

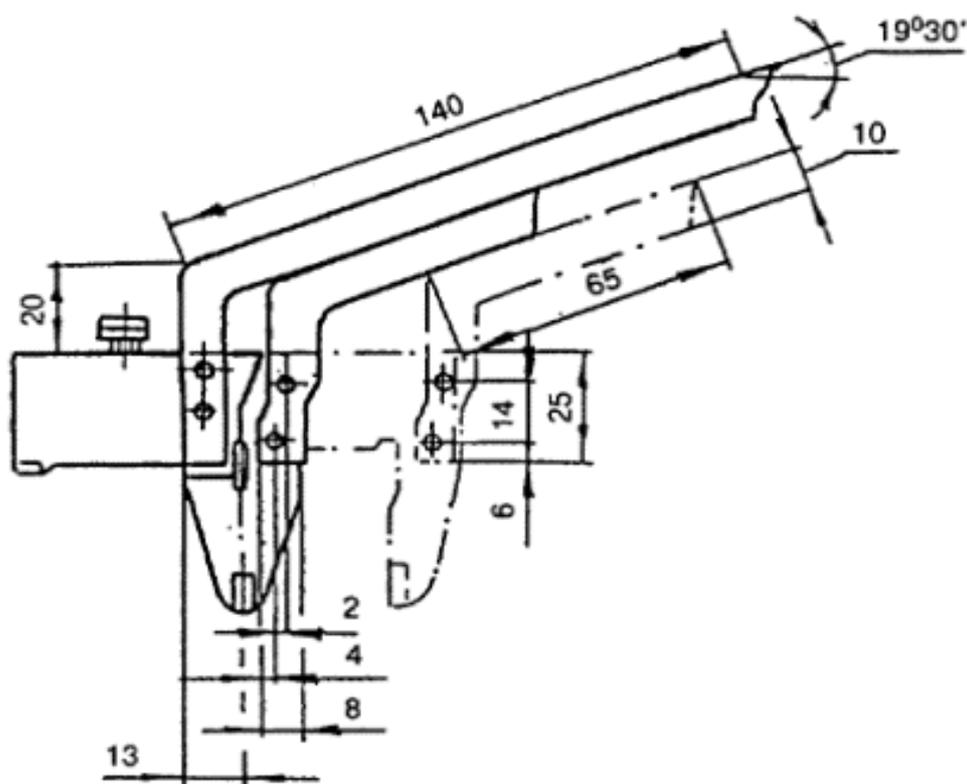


Рисунок 2.5 – Передвижной шаблон

#### 2.7.1.2 Порядок подготовки и проведения испытания

Из лабораторной пробы от каждой фракции испытываемого щебня (гравия) берут аналитические пробы.

Содержание зерен пластинчатой (лещадной) или игловатой формы определяют отдельно для каждой фракции щебня (гравия).

При наличии в испытываемом щебне (гравии) какой-либо фракции в количестве менее 5 % по массе содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм в этой фракции не определяют.

Аналитическую пробу взвешивают и из нее выбирают зерна, толщина которых меньше длины в три раза и более.

Соотношение размеров зерен определяют при помощи передвижного шаблона или штангенциркуля. При использовании шаблона измеряемое зерно вкладывают наибольшим размером между губками, положение шаблона фиксируют стопорным винтом и измеряют размер зерна, затем зерно пропускают наименьшим размером между губками шаблона, установленными на расстоянии в три раза меньшем. Если

зерно пройдет между губками, то его относят к зернам пластинчатой или игловатой формы. Зерна пластинчатой и игловатой форм взвешивают.

### 2.7.1.3 Обработка результатов испытания

Содержание в каждой фракции щебня (гравия) зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм  $\Pi_{пл}$ , %, определяют по формуле

$$\Pi_{пл} = \frac{m_1}{m} \cdot 100, \quad (2.18)$$

где  $m$  – масса аналитической пробы, г;

$m_1$  – масса зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм, г.

Щебень в зависимости от содержания зерен пластинчатой и игловатой формы подразделяют на пять групп, которые должны соответствовать значениям, указанным в таблице 2.7.

Гравий не должен содержать зерен пластинчатой и игловатой формы более 35 % по массе.

Таблица 2.7 – Классификация щебня по группам

Группа щебня	Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы
1	До 10 включительно
2	Свыше 10 до 15
3	» 15 » 25
4	» 25 » 35
5	» 35 » 50
Примечание – По согласованию изготовителя с потребителем допускается выпуск щебня из изверженных горных пород, содержащего свыше 50 %, но не более 65 % зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы.	

### 2.7.2 Определение на щелевидных ситах

Метод основан на просеивании щебня (гравия) через щелевидные сита.

### 2.7.2.1 Средства контроля и вспомогательное оборудование

Весы настольные циферблатные по ГОСТ 29329-92 или лабораторные по ГОСТ 24104 - 2001.

Набор щелевидных сит, изготовленных из листового проката по ГОСТ 19904 - 90, в соответствии с таблицей 3 на круглых или квадратных обечайках с диаметром или стороной не менее 300 мм.

### 2.7.2.2 Порядок подготовки и проведения испытания

От каждой фракции испытываемого щебня (гравия) берут аналитическую пробу.

Пробу каждой фракции просеивают через щелевидные сита с отверстиями согласно таблице 2.8.

Зерна, прошедшие через щелевидное сито, относят к пластинчатым и игловатым.

Таблица 2.8 - Размеры отверстий щелевидных сит в зависимости от номинального размера зерен щебня (гравия)

Номинальные размеры зерен щебня (гравия), мм		Размеры отверстий щелевидных сит, мм	
Наименьшее	Наибольшее	Длина	Ширина
5(3)	10	10	2,5
10	20	20	5,0
20	40	40	10,0
40	70	70	20,0
70(80)	120	120	35,0

### 2.7.2.3 Обработка результатов испытания

Содержание в каждой фракции щебня (гравия) пластинчатых и игловатых зерен  $P_{пл}$ , %, определяют по формуле (2.18).

## 2.8 Определение водопоглощения горной породы щебня (гравия)

Водопоглощение определяют путем сравнения массы образцов горной породы или проб щебня (гравия) в насыщенном водой состоянии и после высушивания.

### 2.8.1 Средства контроля и вспомогательное оборудование

Весы настольные циферблатные по ГОСТ 29329-92.

Шкаф сушильный.

Сосуд для насыщения образцов водой.

Щетка металлическая.

### 2.8.2 Порядок подготовки и проведение испытания

Для определения водопоглощения горной породы из геологической пробы отбирают пять образцов правильной формы или пять образцов произвольной формы размером от 40 до 70 (80) мм. Образцы очищают металлической щеткой от рыхлых частиц и пыли и высушивают до постоянной массы.

Для определения водопоглощения щебня (гравия) берут аналитическую пробу, которую промывают и высушивают до постоянной массы.

Образцы горной породы или щебня (гравия) укладывают в сосуд с водой комнатной температуры так, чтобы уровень воды в сосуде был выше верха образцов или пробы щебня (гравия) не менее чем на 20 мм. В таком положении образцы или пробу выдерживают в течение 48 ч, после чего их вынимают из сосуда, удаляют влагу с поверхности отжатой влажной мягкой тканью и каждый образец или пробу взвешивают, при этом масса воды, вытекающей из образца или щебня (гравия) на чашку весов, должна включаться в массу образца (пробы).

### 2.8.3 Обработка результатов испытания

Водопоглощение  $V_{\text{погл}}$ , % по массе, определяют по формуле

$$V_{\text{погл}} = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100, \quad (2.19)$$

где  $m$  – масса образца или пробы в сухом состоянии, г;

$m_1$  – масса образца или пробы в насыщенном водой состоянии.

Примечание – В необходимых случаях в зависимости от назначения щебня (гравия) образцы выдерживают в воде до насыщения их до постоянной массы.

За результат принимают среднеарифметическое значение пяти параллельных испытаний горной породы и двух параллельных испытаний щебня (гравия).

## 2.9 Определение влажности щебня (гравия)

Влажность щебня (гравия) определяют путем сравнения массы пробы во влажном состоянии и после высушивания.

### 2.9.1 Средства контроля

Весы настольные циферблатные по ГОСТ 29329-92 или лабораторные по ГОСТ 24104 - 2001.

Шкаф сушильный.

### 2.9.2 Порядок подготовки и проведение испытания

Из щебня (гравия) испытываемой фракции берут аналитическую пробу

Пробу щебня (гравия) насыпают в сосуд и взвешивают, высушивают до постоянной массы и вновь взвешивают.

Примечание – Влажность горной породы определяют на образцах правильной или произвольной формы.

### 2.9.3 Обработка результатов испытания

Влажность щебня (гравия)  $W$ , % по массе, определяют по формуле

$$W = \frac{m_{\text{в}} - m}{m} \cdot 100, \quad (2.20)$$

где  $m_{\text{в}}$  – масса пробы во влажном состоянии, г;

$m$  – масса пробы в сухом состоянии, г



### 2.10.1.3 Порядок проведения испытания

Аналитическую пробу щебня (гравия) данной фракции равномерно насыпают в металлический сосуд и заливают водой, имеющей температуру  $(20\pm 5)$  °С. Через 48 ч сливают воду из сосуда, помещают щебень (гравий) в морозильную камеру и доводят температуру в камере до минус  $(18\pm 2)$  °С. Продолжительность цикла замораживания щебня (гравия) в камере при установившейся температуре не выше минус 16 °С должна составлять 4 ч. После этого сосуд со щебнем (гравием) помещают в ванну с проточной или сменяемой водой с температурой  $(20\pm 5)$  °С и выдерживают в ней при этой температуре до полного оттаивания щебня (гравия), но не менее 2 ч. Далее циклы испытания повторяют.

После 15, 25 и каждых последующих 25 циклов попеременного замораживания и оттаивания пробу щебня (гравия) высушивают до постоянной массы, просеивают через контрольное сито, на котором она полностью оставалась перед испытанием.

Зерна щебня (гравия) фракции свыше 40 до 70 (80) мм, имеющие свежую поверхность раскола и оставшиеся на сите с размером отверстий 40 мм, относят к неморозостойким. Их массу не включают в массу остатка на контрольном сите.

### 2.10.1.4 Обработка результатов испытания

Потерю массы пробы  $\Delta m$ , %, определяют по формуле

$$\Delta m = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100, \quad (2.21)$$

где  $m$  – масса пробы до испытания, г;

$m_1$  – масса остатка на сите после соответствующего цикла замораживания и оттаивания, г.

За результат испытания принимают среднеарифметическое значение двух параллельных испытаний.

Если потеря массы при данном числе циклов замораживания и оттаивания не превышает допускаемую по ГОСТ 8267-93, испытания продолжают в течение последующих 25 циклов.

Если потеря в массе превысила допускаемый предел, испытание прекращают и морозостойкость данной фракции щебня (гравия) характеризуют предыдущим числом циклов замораживания и оттаивания, при котором потеря массы щебня (гравия) не превышает допускаемую.

#### 2.10.2 Ускоренное определение морозостойкости

Морозостойкость щебня (гравия) определяют по потере массы пробы при погружении в насыщенный раствор сульфата натрия и последующем высушивании.

##### 2.10.2.1 Средства контроля и вспомогательное оборудование

Весы настольные циферблатные по ГОСТ 29329-92 или лабораторные по ГОСТ 24104 - 2001.

Шкаф сушильный.

Сита из стандартного набора.

Сосуд металлический для насыщения щебня (гравия) раствором сульфата натрия.

Натрий сернокислый по ГОСТ 4166-76 (натрия сульфат 10-водный по ГОСТ 4171-76).

##### 2.10.2.2 Порядок подготовки к испытанию

Каждую фракцию щебня (гравия) испытывают отдельно.

Раствор сульфата натрия готовят следующим образом. Отвешивают 185 г безводного сернокислого натрия по ГОСТ 4166-76 или 420 г кристаллического сернокислого натрия по ГОСТ 4171-76 и растворяют в 1 л подогретой до 40 °С дистиллированной воды путем постепенного добавления в нее сульфата натрия при тщательном перемешивании до насыщения раствора, охлаждают раствор до комнатной температуры, сливают в бутылку и оставляют на 2 суток.

##### 2.10.2.3 Порядок проведения испытания

Аналитическую пробу щебня (гравия) насыпают в сосуд в один слой, заливают раствором сульфата натрия так, чтобы щебень (гравий) был погружен

полностью в раствор, и выдерживают в нем в течение 20 ч при комнатной температуре.

Затем раствор сливают (используют повторно), а сосуд со щебнем (гравием) помещают на 4 ч в сушильный шкаф, в котором поддерживают температуру  $(105 \pm 5)$  °С. После этого щебень (гравий) охлаждают до комнатной температуры и вновь заливают раствором.

Последующие циклы испытания включают выдерживание щебня (гравия) в течение 4 ч в растворе сульфата натрия, сушку в течение 4 ч и охлаждение до комнатной температуры.

После 3, 5, 10 и 15 циклов пробу щебня (гравия) промывают горячей водой для удаления сульфата натрия, высушивают до постоянной массы и просеивают через сито с отверстиями размером  $d$ . Зерна щебня (гравия) фракции свыше 40 до 70 мм, имеющие свежую поверхность раскола и оставшиеся на сите с отверстиями диаметром 40 мм, относят к неморозостойким. Их массу не включают в массу остатка на контрольном сите.

#### 2.10.2.4 Обработка результатов испытания

Остаток на сите взвешивают и определяют потерю массы щебня (гравия)  $\Delta m$ , %, по формуле

$$\Delta m = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100, \quad (2.22)$$

где  $m$  – масса пробы до испытания, г;

$m_1$  – масса остатка на сите после соответствующего цикла испытания, г.

За результат принимают среднеарифметическое значение двух параллельных испытаний. При испытании щебня (гравия), состоящего из смеси фракции, потерю массы определяют как средневзвешенное значение результатов испытаний отдельных фракций.

Показатели морозостойкости щебня и гравия при испытании замораживанием и оттаиванием или насыщением в растворе сернокислого натрия и высушиванием должны соответствовать указанным в таблице 2.9.

Таблица 2.9 - Марка по морозостойкости щебня и гравия в зависимости от вида испытания

Вид испытания	Марка по морозостойкости щебня и гравия							
	F15	F25	F50	F100	F150	F200	F300	F400
Замораживание – оттаивание: число циклов	15	25	50	100	150	200	300	400
потеря массы после испытания, %, не более	10	10	5	5	5	5	5	5
Насыщение в растворе сернокислого натрия – высушивание: число циклов	3	5	10	10	15	15	15	15
потеря массы после испытания, %, не более	10	10	10	5	5	3	2	1

## 2.11 Определение дробимости

Прочность щебня и гравия характеризуют маркой, определяемой по дробимости щебня (гравия) при сжатии (раздавливании) в цилиндре.

### 2.11.1 Средства контроля и вспомогательное оборудование

Пресс гидравлический с максимальным усилием до 500 кН по ГОСТ 28840 - 90.

Цилиндры стальные с внутренними диаметрами 75 и 150 мм и высотой соответственно 75 и 150 мм со съёмным дном и плунжером (рисунок 2.6).

Дробилка щековая лабораторная марки ДЛЩ 60'100.

Весы настольные циферблатные по ГОСТ 29329-92 или лабораторные по ГОСТ 24104-2001.

Сита из стандартного набора.

Сито с сеткой № 2,25 по ГОСТ 6613-73.

Шкаф сушильный.

Сосуд для насыщения щебня (гравия) водой.

Цилиндр

Съемное дно

Плунжер

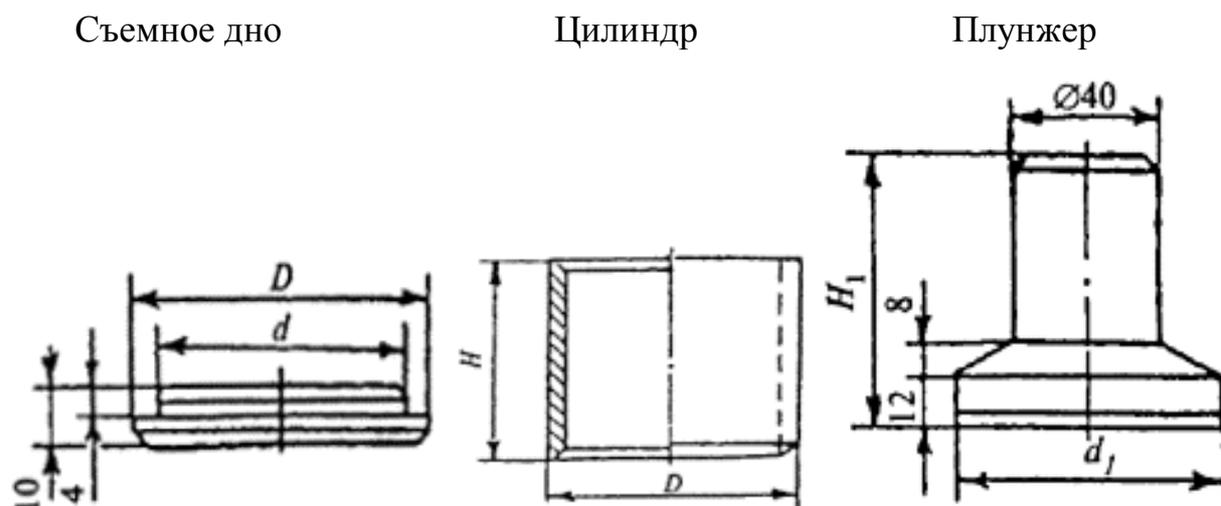


Рисунок 2.6 - Цилиндры стальные

Таблица 2.10 – Геометрические размеры стальных цилиндров

D, мм	d, мм	d <sub>1</sub> , мм	H, мм	H <sub>1</sub> , мм
87	75	73	75	70
170	150	148	150	120

### 2.11.2 Порядок подготовки к испытанию

При испытании щебня (гравия), состоящего из смеси двух или более смежных фракций, исходный материал рассеивают на стандартные фракции и каждую фракцию испытывают отдельно. Щебень (гравий) фракции от 5 до 10, свыше 10 до 20 или свыше 20 до 40 мм просеивают через два сита с отверстиями, соответствующими наибольшей ( $D$ ) и наименьшей ( $d$ ) крупности испытываемой фракции. От остатков на сите с отверстиями размером, равным  $d$ , отбирают две аналитические пробы массой не менее 0,5 кг каждая при испытании в цилиндре диаметром 75 мм и не менее 4 кг – при испытании в цилиндре диаметром 150 мм. Щебень (гравий) крупнее 40 мм предварительно дробят и испытывают фракции

свыше 10 до 20 мм или свыше 20 до 40 мм.

При одинаковом петрографическом составе щебня (гравия) фракции свыше 20 до 40 мм и свыше 40 до 70 мм прочность последней допускается характеризовать результатами испытаний фракции свыше 20 до 40 мм. Щебень (гравий) допускается испытывать как в сухом, так и в насыщенном водой состоянии.

Аналитические пробы для испытания в сухом состоянии высушивают до постоянной массы, а для испытания в насыщенном водой состоянии погружают в воду на 2 ч.

После насыщения водой с поверхности зерен щебня (гравия) удаляют влагу мягкой влажной тканью.

### 2.11.3 Порядок проведения испытания

При определении марки щебня (гравия) применяют цилиндр диаметром 150 мм. Для приемочного контроля качества щебня (гравия) фракции от 5 до 1.0 мм и свыше 10 до 20 мм допускается применять цилиндр диаметром 75 мм.

Пробу щебня (гравия) насыпают в цилиндр с высоты 50 мм так, чтобы после разравнивания верхний уровень материала примерно на 15 мм не доходил до верхнего края цилиндра. Затем в цилиндр вставляют плунжер так, чтобы плита плунжера была на уровне верхнего края цилиндра. Если верх плиты на плунжере не совпадает с краем цилиндра, то удаляют или добавляют несколько зерен щебня (гравия). После этого цилиндр помещают на нижнюю плиту пресса.

Увеличивая силу нажатия пресса на от 1 до 2 кН (от 100 до 200 кгс) в секунду, доводят ее при испытании щебня (гравия) в цилиндре диаметром 75 мм до 50 кН (5000 кгс), при испытании в цилиндре диаметром 150 мм – до 200 кН (20000 кгс).

После сжатия испытываемую пробу высыпают из цилиндра и взвешивают. Затем ее просеивают в зависимости от размера испытываемой фракции через сито с отверстиями размером:

- |           |  |                    |
|-----------|--|--------------------|
| 1,25 мм – | для щебня (гравия) размером фракции от 5 до 10 мм; |                    |
| 2,5 мм -  | то же  | свыше 10 до 20 мм; |
| 5,0 мм -  | »  | свыше 20 до 40 мм. |

Остаток щебня (гравия) на сите после просеивания взвешивают. При испытании щебня (гравия) в насыщенном водой состоянии навеску на сите тщательно промывают водой и удаляют поверхностную влагу с зерен щебня (гравия) мягкой влажной тканью.

#### 2.11.4 Обработка результатов испытания

Дробимость  $D_p$ , %, определяют с точностью до 1 % по формуле:

$$D_p = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100, \quad (2.23)$$

где  $m$  – масса аналитической пробы щебня (гравия), г;

$m_1$  – масса остатка на контрольном сите после просеивания раздробленной в цилиндре пробы щебня (гравия), г.

За результат принимают среднеарифметическое значение двух параллельных испытаний.

При испытании щебня (гравия), состоящего из смеси фракций, испытывают отдельно каждую фракцию и определяют средневзвешенное значение определяемого показателя в соответствии с содержанием фракции в смеси по формуле:

$$X = \frac{x_1 a_1 + x_2 a_2 + \dots + x_i a_i}{a_1 + a_2 + \dots + a_i}, \quad (2.24)$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_i$  – значения определяемого показателя;

$a_1, a_2, \dots, a_i$  – содержание данной фракции, %.

Марки по дробимости щебня из осадочных и метаморфических пород должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 2.11, а марки по дробимости щебня из изверженных пород – в таблице 2.12.

Допускается определять марку щебня из осадочных и метаморфических пород как в сухом, так и в насыщенном водой состоянии.

При несовпадении марок по дробимости прочность оценивают по результатам испытания в насыщенном водой состоянии.

Таблица 2.11 - Марка по дробимости щебня из осадочных и метаморфических пород

Марка по дробимости щебня из осадочных и метаморфических пород	Потеря массы при испытании щебня, %	
	в сухом состоянии	в насыщенном водой состоянии
1200	До 11 включ.	До 11 включ.
1000	Свыше 11 до 13	Свыше 11 до 13
800	» 13 » 15	» 13 » 15
600	» 15 » 19	» 15 » 20
400	» 19 » 24	» 20 » 28
300	» 24 » 28	» 28 » 38
200	» 28 » 35	» 38 » 54

Таблица 2.12 - Марка по дробимости щебня из изверженных пород

Марка по дробимости щебня из изверженных пород	Потери массы при испытании щебня, %	
	из интрузивных пород	из эффузивных пород
1400	До 12 включ.	До 9 включ.
1200	Свыше 12 до 16	Свыше 9 до 11
1000	» 16 » 20	» 11 » 13
800	» 20 » 25	» 13 » 15
600	» 25 » 34	» 15 » 20

Марки по дробимости щебня из гравия и гравия должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 2.13.

Таблица 2.13 - Марка по дробимости щебня из гравия

Марка по дробимости щебня из гравия	Потери массы при испытании, %	
	щебня из гравия	гравия
1000	До 10 включ.	До 8 включ.
800	Свыше 10 до 14	Свыше 8 до 12
600	» 14 » 18	» 12 » 16
400	» 18 » 26	» 16 » 24

## 2.12 Определение истираемости в полочном барабане

Щебень и гравий, предназначенные для строительства автомобильных дорог, характеризуют маркой по истираемости в полочном барабане.

Истираемость (износ) щебня (гравия) определяют по потере массы зерен при испытании пробы в полочном барабане с шарами.

### 2.12.1 Средства контроля и вспомогательное оборудование

Барабан полочный диаметром 700, длиной 500 мм, снабженный на внутренней поверхности полкой шириной 100 мм (рисунок 2.7).

Шары стальные или чугунные диаметром 48 мм, массой  $(405 \pm 10)$  г каждый – 12 шт.

Весы настольные циферблатные по ГОСТ 29329-92 или лабораторные по ГОСТ 24104 - 2001.

Шкаф сушильный.

Сита из стандартного набора.

Сито с сеткой № 1,25 по ГОСТ 6613-73.

### 2.12.2 Порядок подготовки к испытанию

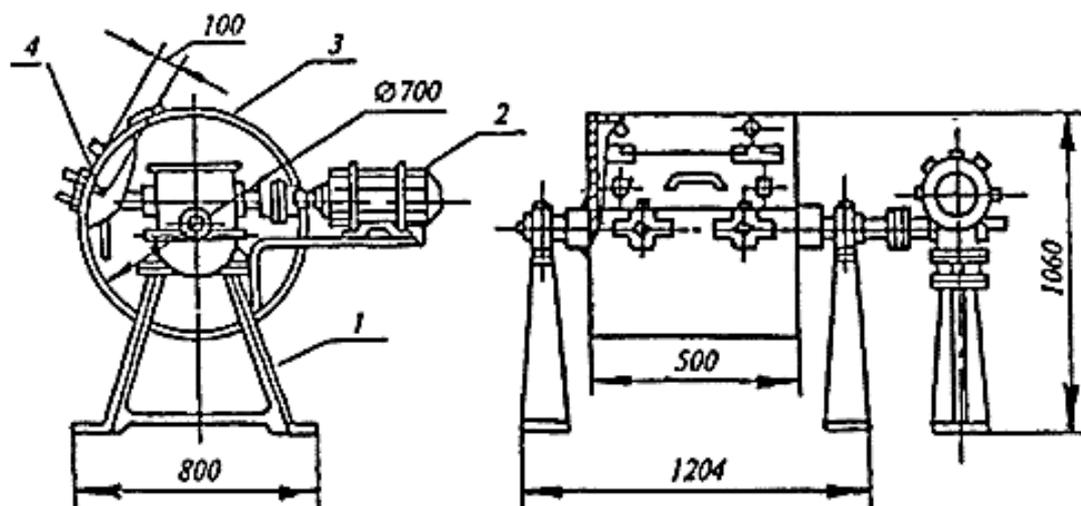
Испытываемый щебень (гравий) не должен содержать пылевидных и глинистых частиц более 1 % по массе. В противном случае щебень (гравий)

предварительно промывают и высушивают.

Щебень (гравий) фракций от 5 до 10 мм, свыше 10 до 20 мм и свыше 20 до 40 мм в состоянии естественной влажности просеивают через два сита с отверстиями размерами, соответствующими наибольшему  $D$  и наименьшему  $d$  номинальным размерам зерен данной фракции. Из остатка на сите с отверстиями размером  $d$  отбирают две аналитические пробы по 5 кг с предельной крупностью зерен до 20 мм и две пробы по 10 кг фракции свыше 20 до 40 мм.

При испытании щебня (гравия), состоящего из смеси двух или более смежных фракций, аналитические пробы готовят рассеиванием исходного материала на стандартные фракции и каждую фракцию испытывают отдельно. Щебень (гравий) крупнее 40 мм дробят до получения зерен мельче 40 мм и испытывают щебень (гравий) фракции свыше 20 до 40 мм.

В случае одинакового петрографического состава фракций щебня (гравия) свыше 20 до 40 и свыше 40 до 70 мм истираемость последней допускается характеризовать результатами испытаний фракции свыше 20 до 40 мм.



1 – станина; 2 – двигатель; 3 – барабан; 4 – полка барабана

Рисунок 2.7 – Полочный барабан

### 2.12.3 Порядок проведения испытания

Подготовленную пробу загружают в полочный барабан вместе с чугунными или стальными шарами, закрепляют крышку барабана и приводят его во вращение

со скоростью от 30 до 33 об/мин.

Число чугунных или стальных шаров и общее число оборотов барабана в процессе одного испытания щебня (гравия) принимают по таблице 2.14.

По окончании испытания содержимое барабана просеивают через сито с отверстиями диаметром 5 мм и контрольное сито с сеткой № 1,25. Остатки на ситах соединяют и взвешивают.

Таблица 2.14 - Число чугунных или стальных шаров и оборотов в зависимости от размера фракции щебня (гравия)

Размер фракции щебня (гравия), мм	Число чугунных или стальных шаров, необходимое для испытания пробы, шт.	Число оборотов полочного барабана, необходимое для испытания пробы
От 5 до 10	8	500
Свыше 5 до 15	9	500
Свыше 10 до 20	11	500
Свыше 20 до 40	12	1000

#### 2.12.4 Обработка результатов испытания

Истираемость щебня  $I$ , %, определяют по формуле

$$I = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100, \quad (2.25)$$

где  $m$  – масса пробы щебня (гравия), г;

$m_1$  – суммарная масса остатков на сите с отверстиями диаметром 5 мм и контрольном сите, г.

За результат испытания принимают среднеарифметическое значение двух параллельных испытаний.

При испытании щебня (гравия), состоящего из смеси двух и более смежных фракций, истираемость определяют по фракциям и устанавливают средневзвешенное значение определяемого показателя в соответствии с содержанием фракции в смеси по формуле:

$$X = \frac{x_1 a_1 + x_2 a_2 + \dots + x_i a_i}{a_1 + a_2 + \dots + a_i}, \quad (2.26)$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_i$  – значения определяемого показателя;

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i$  – содержание данной фракции, %.

Марки по истираемости щебня и гравия должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 2.15.

Таблица 2.15 - Марки по истираемости щебня и гравия

Марка по истираемости щебня и гравия	Потеря массы при испытании, %	
	щебня	гравия
И1	До 25 включ.	До 20 включ.
И2	Свыше 25 до 35	Свыше 20 до 30
И3	» 35 » 45	» 30 » 40
И4	» 45 » 60	» 40 » 50

### 3 Определение основных свойств керамзитового песка и

#### керамзитового гравия

Керамзит представляет собой легкий пористый материал ячеистого строения в виде гравия, реже в виде щебня и песка, получаемый при обжиге легкоплавких глинистых пород, способных вспучиваться при быстром нагревании их до температуры от  $1050^{\circ}\text{C}$  до  $1300^{\circ}\text{C}$  в течение от 25 до 45 мин. Вспучивание глины при обжиге связано с двумя процессами: газовой выделением и переходом глины в пиропластическое состояние. Источниками газовой выделенной являются реакции восстановления окислов железа при их взаимодействии с органическими примесями, окисления этих примесей, дегидратации гидрослюды и других водосодержащих глинистых минералов, диссоциации карбонатов и т. д. В пиропластическое состояние глины переходят, когда при высокой температуре в них образуется жидкая фаза (расплав), в результате чего глина размягчается, приобретает способность к пластической деформации, в то же время становится газонепроницаемой и вспучивается выделяющимися газами. Качество керамзитового гравия или керамзита характеризуется размером его зерен, плотностью и прочностью. В зависимости от размера зерен керамзит делят на следующие фракции: 5 – 10, 10 – 20 и 20 – 40 мм, зерна менее 5 мм относят к керамзитовому песку. В зависимости от насыпной плотности (в  $\text{кг}/\text{м}^3$ ) гравий делят на марки от 150 до 800. Керамзит применяют в качестве пористого заполнителя для легких бетонов, а также в качестве теплоизоляционного материала в виде засыпок.

Керамзитовый гравий или керамзит — частицы округлой формы с оплавленной поверхностью и порами внутри. Структура пористая, ячеистая. Цвет керамзитового гравия или керамзита обычно темно-бурый, в изломе — почти черный.

Керамзитовый щебень — заполнитель для легких бетонов произвольной формы, преимущественно угловатой с размерами зерен от 5 до 40 мм, получаемый путем дробления крупных кусков вспученной массы керамзита.

Керамзитовый песок — заполнитель для легких бетонов и растворов с размером частиц от 0,16 до 5 мм получают при обжиге глинистой мелочи во вращающихся и шахтных печах или же дроблением более крупных кусков керамзита. В настоящее

время при получении керамзитового песка лучшей считают технологию его обжига в кипящем слое.

Искусственные пористые гравий, щебень и песок изготавливают в соответствии с требованиями ГОСТ 9757 – 90 [10], по технологическим регламентам, утвержденным в установленном порядке.

Определение основных свойств пористых неорганических заполнителей для строительных работ необходимо проводить в соответствии с ГОСТ 9758-86 [11].

### **3.1 Определение зернового состава**

#### **3.1.1 Сущность метода**

Метод основан на отсеивании через набор стандартных сит предварительно высушенной пробы крупного заполнителя или песка.

#### **3.1.2 Аппаратура**

Весы для статического взвешивания по ГОСТ 29329-92.

Сушильный электрошкаф по ОСТ 16.0.801.397-87.

Мерные цилиндрические сосуды вместимостью 1, 2, 5, 10 и 20 л.

Сита из сеток с квадратными отверстиями 0,16; 0,315; 0,63; 1,25 и 2,5 мм и с круглыми отверстиями 5, 10, 20 и 40 мм из стандартного набора.

#### **3.1.3 Подготовка пробы**

Из крупного заполнителя или песка данной фракции отбирают пробу объемом 2 - 20 л (таблица 3.1) и высушивают до постоянной массы  $M_1$ .

#### **3.1.4 Проведение испытания**

Зерновой состав крупного заполнителя данной фракции определяют путем отсеивания на контрольных ситах с диаметром отверстий, соответствующих удвоенному наибольшему  $2D$ , наибольшему  $D$  и наименьшему  $d$  номинальному размеру зерен фракции.

Зерновой состав пористого песка определяют путем отсева пробы объемом 2 л на ситах с отверстиями 5,0; 2,5; 1,12; 0,63; 0,315; 0,16 мм.

Пробу просеивают небольшими порциями механическим или ручным способом, при этом толщина слоя заполнителя на ситах не должна быть более 1/3 высоты борта сита. Просеивание продолжают до тех пор, пока проход через отдельное сито в процессе непрерывного ручного просеивания в течение 1 мин будет не более 0,1 % массы. Просеивание считают законченным, если при неоднократном встряхивании сита из него не выпадают зерна заполнителя.

Таблица 3.1 – Объёмы пробы для проведения испытаний

Наименование свойств заполнителя, определяемых при испытаниях	Объем пробы, л, отбираемой для проведения испытаний при размере фракции заполнителя, мм			
	0-5	5-10	10-20	20-40
Насыпная плотность	5	10	20	40
Средняя плотность	-	3	3	3
Истинная плотность	1	1	1	1
Средняя плотность зерен гравия в кварцевом песке	-	1	1	1
Средняя плотность зерен запол- нителя в цементном тесте	2	7	7	7
Средняя плотность зерен песка	1	-	-	-
Теплопроводность заполнителя в засыпке	5	12	12	12
Теплопроводность зерен круп- ного заполнителя	5	12	12	12
Содержание стеклофазы в за- полнителе	0,5	0,5	0,5	0,5
Влажность	2	3	3	3
Водопоглощение крупного за- полнителя	-	2	3	5
Зерновой состав	2	5	10	20
Коэффициент формы зерен крупного заполнителя	-	1	2	4
Содержание расколотых зерен в гравии	-	1	2	4
Содержание не вспученных час- тиц	1	-	-	-
Содержание зерен инородных горных пород	-	10	10	10
Прочность заполнителя сдавли- ванием в цилиндре	6	6	6	6

Продолжение таблицы 3.1

Наименование свойств заполнителя, определяемых при испытаниях	Объем пробы, л, отбираемой для проведения испытаний при размере фракции заполнителя, мм			
	0-5	5-10	10-20	20-40
Пригодность заполнителя для бетона	30	20	20	20
Морозостойкость крупного за- полнителя	-	2	2	4
Морозостойкость крупного за- полнителя в растворе сернокис- лого натрия	-	2	2	4
Стойкость крупного заполни- теля против силикатного распа- да	-	2	2	4
Стойкость крупного заполни- теля против железистого распа- да	-	2	2	4
Потеря массы крупного запол- нителя при кипячении	-	2	2	4
Содержание слабообожженных частиц в песке	1	-	-	-
Содержание водорастворимых сернистых и сернокислых со- единений	2	2	2	2
Потеря массы при прокалива- нии	2	2	2	2
Коэффициент размягчения крупного заполнителя	-	12	12	12
Водопотребность песка	1	-	-	-

Остатки заполнителя на каждом сите взвешивают, определяя тем самым част-  
ные остатки на ситах и поддоне:  $m_i, m_{i+1}, m_{i+2}, \dots, m_{ng}$  в граммах, затем подсчитывают  
сумму частных остатков на ситах и поддоне:

$$\sum m_i = m_i + m_{i+1} + m_{i+2} + \dots + m_{ng} \quad (3.1)$$

Если  $\sum m_i$  отличается от исходной массы пробы более чем на 2 %, то испыта-  
ние повторяют на новой пробе заполнителя.

### 3.1.5 Обработка результатов

По результатам просеивания вычисляют частный остаток на каждом сите стандартного набора ( $a_i$ ) в процентах с округлением до 0,1 % по формуле

$$a_i = \frac{m_i}{M_i} \cdot 100 \quad (3.2)$$

где  $m_i$  - масса частного остатка на соответствующем сите, г;

$M_i$  - масса пробы, г.

Полные остатки на каждом сите ( $A_i$ ) вычисляют в процентах по формуле

$$A_i = a_i + a_{i+1} + a_{i+2} + \dots + a_n \quad (3.3)$$

где  $a_i ; a_{i+1} ; a_{i+2} ; \dots ; a_n$  - частные остатки на  $i$ -м сите и всех ситах в стандартном наборе сит с большими размерами отверстий;

$i, i+1, i+2, \dots, n$  - порядковый номер сит стандартного набора.

При необходимости частные и полные остатки могут быть вычислены и по объему. Для этого полученное значение частных остатков по массе делят на соответствующее значение насыпной плотности:

$$V_i = \frac{a_i}{\rho_i} \quad (3.4)$$

где  $V_i$  – объём  $i$  –той пробы,  $\text{см}^3$ ;

$a_i$  - частные остатки, г;

$\rho_i$  - насыпная плотность,  $\text{г}/\text{см}^3$ .

По результатам испытаний определяют суммарный объем в  $\text{см}^3$ :

$$V = \sum_1^n V_i \quad (3.5)$$

где  $V_i$  – объём  $i$  –той пробы,  $\text{см}^3$ ;

$V$  – суммарный объём,  $\text{см}^3$ .

Далее определяют частные остатки в процентах по объему с точностью до 0,1 % по формуле:

$$b_i = \frac{V_i}{V} \cdot 100 \quad (3.6)$$

где  $b_i$  - остатки в по объему, %;

$V_i$  – объём  $i$  –той пробы,  $\text{см}^3$ ;

$V$  – суммарный объём,  $\text{см}^3$ .

Определение зернового состава отдельных фракций перлитового песка, применяемого для теплоизоляционных целей, производят рассевом на ситах с размером отверстий, равных наибольшему  $D$  и наименьшему  $d$  номинальному размеру зерен фракции.

От каждой пробы данной фракции перлитового песка отбирают три пробы по 100 г и взвешивают с погрешностью 0,1 г. Каждую пробу перлитового песка просеивают в течение от 5 до 10 мин. Массу песка, оставшегося на ситах, взвешивают с погрешностью не более 0,1 г.

Содержание зерен размером крупнее и мельче для каждого отдельно взятого предельного значения зерен перлитового песка вычисляют как среднее арифметическое значение результатов трех параллельных определений с точностью до 1 % по объему.

### **3.2 Определение истинной плотности**

#### **3.2.1 Сущность метода**

Истинную плотность (без пор) определяют по объему дистиллированной воды, вытесняемой навеской испытуемого материала из пикнометра при кипячении.

#### **3.2.2 Аппаратура**

Пикнометр емкостью 100 мл.

Технические весы по ГОСТ 24104-2001.

Стакан для взвешивания (бюкса) по ГОСТ 25336-82.

Воронка по ГОСТ 19908-90.

Фарфоровая ступка с пестиком по ГОСТ 9147-80.

Эксикатор по ГОСТ 25336-82.

Сушильный электрошкаф по ОСТ 16.0.801.397-87.

Песчаная баня для подогрева и выпаривания.

Сита с сеткой № 1,25 и 008.

Дистиллированная вода по ГОСТ 6709-72.

Серная кислота по ГОСТ 4204-77.

Хлористый кальций по ТУ 6.09.4711-81.

### 3.2.3 Подготовка пробы

От пробы песка или пробы дробленого до крупности 5 мм гравия (щебня) объемом 1 л отбирают квартованием навеску около 200 г, измельчают до крупности 1,25 мм и перемешивают, после чего отвешивают навеску массой 30 г. Навеску измельчают в фарфоровой ступке в порошок до полного прохождения через сито с сеткой № 008. Полученную пробу высыпают, высушивают до постоянной массы и охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе над концентрированной серной кислотой или безводным хлористым кальцием, после чего пробу делят на две навески по 15 г.

### 3.2.4 Проведение испытания

Каждую навеску высыпают в чистый высушенный и предварительно взвешенный пикнометр с помощью воронки, после чего взвешивают пикнометр вместе с порошком. Затем в пикнометр наливают дистиллированную воду в таком количестве, чтобы он был заполнен не более чем на 1/2 своего объема, после чего его ставят в слегка наклонном положении на песчаную или водяную баню и кипятят содержимое в течение от 15 до 20 мин для удаления пузырьков воздуха. После удаления воздуха пикнометр обтирают, охлаждают до комнатной температуры, доливают до метки дистиллированной водой и взвешивают. Затем пикнометр освобождают от содержимого, промывают, наполняют до метки дистиллированной водой комнатной температуры, обтирают мягкой тканью и взвешивают.

### 3.2.5 Обработка результатов

Истинную плотность ( $\rho$ ) в г/см<sup>3</sup> вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{(m_1 - m_2)\rho_{ж}}{m_1 - m_2 + m_3 - m_4} \quad (3.7)$$

где  $m_1$  - масса пикнометра с навеской порошка, г;

$m_2$  - масса пустого пикнометра, г;

$m_3$  - масса пикнометра с дистиллированной водой, г;

$m_4$  - масса пикнометра с навеской порошка и дистиллированной водой после удаления пузырьков воздуха, г;

$\rho_{ж}$  - плотность жидкости при 20 °С, г/см<sup>3</sup> (в случае применения дистиллированной воды  $\rho_{в} = 1,0$  г/см<sup>3</sup>).

Результат испытания вычисляют как среднее арифметическое результатов двух определений. Расхождение между результатами двух параллельных определений не должно превышать 0,05 г/см<sup>3</sup>. В случае большего расхождения испытание проводят вторично, применяя в качестве жидкости обезвоженный керосин (для обезвоживания в керосин засыпается прокаленный медный купорос по ГОСТ 19347-99).

### **3.3 Определение средней плотности зерен крупного заполнителя**

#### **3.3.1 Сущность метода**

Среднюю плотность зерен крупного заполнителя определяют гидростатическим методом по разности массы контейнера с навеской до и после насыщения ее водой при взвешивании в воде и на воздухе.

#### **3.3.2 Аппаратура**

Весы для статического взвешивания по ГОСТ 29329-92.

Технические весы по ГОСТ 24104-80 с приспособлением для гидростатического взвешивания (рисунок 3.1).

Сушильный электрошкаф по ОСТ 16.0.801.397-87.

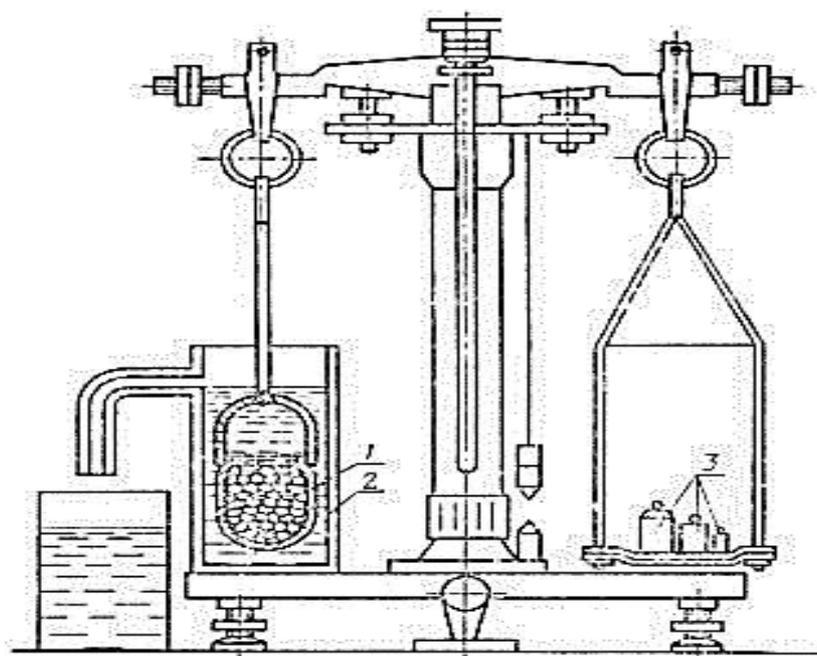
Сита с отверстиями 5, 10, 20, 40 мм из стандартного набора.

Сосуд для насыщения заполнителя водой.

Контейнер для насыщения заполнителя водой (рисунок 3.2).

Противень.

Совок.



1 - сетчатый (перфорированный) сосуд; 2 - контейнер со сливом для воды; 3 - разновесы

Рисунок 3.1 - Весы для гидростатического взвешивания

### 3.3.3 Подготовка пробы

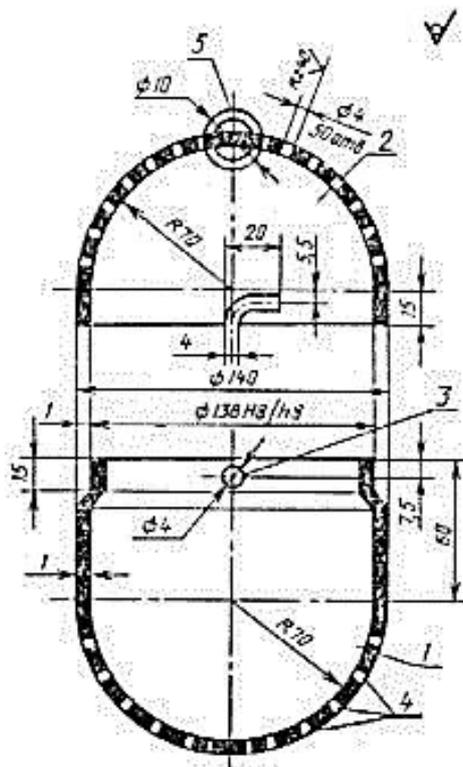
Отбирают пробу заполнителя испытываемой фракции объемом 3 л, высушивают ее до постоянной массы, отсеивают в течение от 1 до 2 мин на сите с отверстиями диаметром 5 мм частицы мельче 5 мм.

### 3.3.4 Проведение испытания

Сухой контейнер с крышкой (рисунок 3.2) предварительно взвешивают на воздухе, а затем в воде на весах с приспособлением для гидростатического взвешивания. Высушенный контейнер открывают и насыпают в него часть подготовленной пробы заполнителя объемом 1 л, закрывают его крышкой и взвешивают. Затем контейнер с заполнителем постепенно погружают в сосуд с водой и встряхивают в воде для удаления пузырьков воздуха. Сосуд с заполнителем должен находиться в воде 1 ч, причем уровень воды должен быть выше крышки контейнера не менее чем на 20 мм. Контейнер с насыщенным водой заполнителем взвешивают на весах с приспособлением для гидростатического взвешивания (рисунок 3.1). Далее контейнер с за-

полнителем вынимают из сосуда с водой, излишку воды в течение 10 мин дают стечь и взвешивают на воздухе на технических весах.

Среднюю плотность зерен крупного заполнителя каждой фракции вычисляют как среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений, каждое из которых производят на новой порции заполнителя.



1 - нижняя часть контейнера, 2 - крышка; 3 - две шпильки диаметром 4 мм и длиной 2 мм; 4 - отверстия диаметром 4 мм с шагом 8 мм на нижней части контейнера и крышке; 5 - кольцо диаметром 10 мм

Рисунок 3.2 - Контейнер для насыщения заполнителя водой

### 3.3.5 Обработка результатов

Среднюю плотность зерен крупного заполнителя ( $\rho_k$ ) в г/см<sup>3</sup> вычисляют по формуле

$$\rho_k = \frac{m_1}{m_2 - m_3} \cdot \rho_s, \quad (3.8)$$

где  $m_1$  - масса пробы сухого заполнителя, найденная по разности массы контейнера с высушенной пробой и массы контейнера при взвешивании на воздухе, г;

$m_2$  - масса пробы заполнителя, насыщенного водой, найденная по разности массы контейнера с насыщенной пробой заполнителя и без него при взвешивании на воздухе, г;

$m_3$  - масса заполнителя в воде, найденная по разности массы контейнера с насыщенной пробой заполнителя и без него при взвешивании в воде, г;

$\rho_e$  - плотность воды, принимаемая равной 1 г/см<sup>3</sup>.

### **3.4 Определение средней плотности зерен гравия в кварцевом песке**

#### 3.4.1 Сущность метода

Среднюю плотность определяют делением массы зерна гравия на объем вытесненного им кварцевого песка.

#### 3.4.2 Аппаратура и материалы

Технические весы по ГОСТ 24104-2001.

Электродуховка с номинальной температурой 1100 С по ОСТ 16.0.801.397-87.

Фарфоровый тигель по ГОСТ 9147-80.

Металлическая линейка по ГОСТ 427-75.

Мерный стеклянный цилиндр вместимостью 10 и 25 мл с ценой деления 0,1-0,2 мл по ГОСТ 1770-74.

Воронка по ГОСТ 19908-90.

Нормальный песок по ГОСТ 6139-2003.

#### 3.4.3 Подготовка пробы

Отбирают от испытываемой пробы квартованием 10 зерен гравия. Для квартования пробы (после ее перемешивания) конус материала разравнивают и делят взаимно перпендикулярными линиями, проходящими через центр, на четыре части. Две любые противоположные четверти берут в пробу. Последовательным квартованием сокращают пробу в два, четыре раза и т.д. до получения пробы нужного количества. Объем пробы для проведения каждого испытания должен быть не менее указанного

в таблице 3.1. Допускается использование одной пробы для проведения нескольких испытаний, если в процессе предшествующих испытаний свойства заполнителя не подвергаются изменению. Объем исходной лабораторной пробы должен быть не менее:

5 л -							5 мм;
10 л -	»	»	»	»	»	»	10 мм;
20 л -	»	»	»	»	»	»	20 мм;
40 л -	»	»	»	»	»	»	40 мм.

#### 3.4.4 Проведение испытания

Каждое подготовленное к испытанию зерно (гранулу) взвешивают на технических весах с погрешностью до 0,1 г.

Объем зерна определяют по объему вытесненного этим зерном кварцевого природного песка следующим образом.

Фарфоровый тигель объемом, в 3 - 4 раза превышающим возможный объем зерна, заполняют песком, прокаленным при температуре от 900 °С до 1000 °С. Излишек песка снимают металлической линейкой. Примерно 3/4 объема песка из тигля отсыпают на лист бумаги. Испытываемое зерно опускают в тигель на оставшийся слой песка и засыпают песком с листа бумаги. Излишек песка, равный объему зерна, металлической линейкой снимают на лист бумаги и определяют его объем в мерном стеклянном цилиндре вместимостью 10 мл с ценой деления от 0,1 до 0,2 мл. Встряхивание тигля и цилиндра не допускается.

#### 3.4.5 Обработка результатов

Среднюю плотность зерен гравия в кварцевом песке ( $\rho_{п}$ ) в г/см<sup>3</sup> рассчитывают по формуле:

$$\rho_{п} = \frac{m_1 - m_2}{V}, \quad (3.9)$$

где  $m$  - масса зерна (гранулы), г;

$V$  - объем зерна (гранулы), см<sup>3</sup> (мл).

За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение результатов параллельных испытаний трех зерен (гранул).

Метод предназначен для испытаний геологических проб сырья.

### **3.5 Определение средней плотности зерен заполнителя в цементном тесте**

#### 3.5.1 Сущность метода

Среднюю плотность зерен крупного заполнителя определяют делением массы высушенной навески на ее объем, вычисленный по разности объемов бетонной и растворной смеси на кварцевом песке.

Среднюю плотность зерен песка определяют делением массы высушенной навески на ее объем, полученный по разности объемов растворной смеси и цементного теста.

#### 3.5.2 Аппаратура и материалы

Весы для статического взвешивания по ГОСТ 29329-92.

Сушильный электрошкаф по ОСТ 16.0.801.397-87.

Сита с отверстиями диаметром 10, 20 и 40 мм из стандартного набора.

Мерный стеклянный цилиндр вместимостью 1000 мл по ГОСТ 1770-74.

Противень.

Виброплощадка по ГОСТ 10181-2000.

Портландцемент по ГОСТ 10178-85.

Сухой кварцевый песок с модулем крупности 2 - 2,5 по ГОСТ 8736-85.

#### 3.5.3 Подготовка пробы

Пробы испытываемых фракций крупного заполнителя и песка объемами 8 и 2 л высушивают в сушильном электрошкафу до постоянной массы и просеиванием отделяют зерна смежных фракций.

### 3.5.4 Проведение испытания

#### 3.5.4.1 Определение средней плотности зерен крупного заполнителя

От высушенной пробы отбирают навеску, равную 3,5 л, перемешивают на предварительно увлажненном противне с навеской цемента в количестве 1,7 кг и кварцевого песка в количестве 3,4 кг. В полученную смесь постепенно наливают воду до получения малоподвижной бетонной смеси жесткостью от 5 до 10 с по ГОСТ 7473 - 94. Израсходованное количество воды замеряют.

Перемешанную смесь выдерживают в течение 15 мин, а затем полностью помещают в предварительно взвешенный сосуд емкостью 5 л. Смесь в сосуде уплотняют вибрированием в течение от 30 до 60 с на виброплощадке.

Сосуд с уплотненной смесью взвешивают и определяют массу смеси в сосуде с погрешностью до 10 г и объем смеси в сосуде с погрешностью до 10 мл.

#### 3.5.4.2 Определение средней плотности зерен песка

Из высушенной до постоянной массы пробы испытываемого песка отбирают навеску, равную 0,9 л, и перемешивают на предварительно увлажненном противне с навеской цемента, равной 1 кг. В полученную смесь постепенно наливают воду до получения пластичной растворной смеси подвижностью 6 - 8 см по ГОСТ 5802-86. Израсходованное количество воды замеряют. Перемешанную смесь выдерживают 15 мин и затем помещают в предварительно взвешенный мерный сосуд объемом 1 л.

Смесь в сосуде вибрируют от 5 до 10 с до полного уплотнения, характеризующего обильным выделением цементного клея на поверхности смеси. Затем сосуд взвешивают и вычисляют среднюю плотность приготовленной смеси в уплотненном состоянии.

### 3.5.5 Обработка результатов

Среднюю плотность зерен крупного заполнителя и песка в цементном тесте  $\rho_n^{u.m}$  и  $\rho_n^{u.m}$  в г/см<sup>3</sup> вычисляют с точностью до 0,1 г/см<sup>3</sup> по формулам:

$$\rho_n^{y.m} = \frac{\rho_{cm} m_k}{M - \rho_{cm} \left( \frac{m_4}{\rho_{ц}} + \frac{m_{n.ке}}{\rho_{n.ке}} + m_e \right)} \quad (3.10)$$

$$\rho_n^{y.m} = \frac{\rho_{cm} m_n}{M - \rho_{cm} \left( \frac{m_4}{\rho_{ц}} + m_e \right)} \quad (3.11)$$

где  $\rho_{cm}$  - плотность приготовленной смеси в уплотненном состоянии, г/см<sup>3</sup>;

$m_k$  - масса испытуемого крупного заполнителя, кг;

$m_n$  - масса испытуемого песка, кг;

$m_{ц}$  - масса цемента в замесе, кг;

$m_b$  - масса воды в замесе, кг;

$m_{п.кв}$  - масса кварцевого песка в замесе, кг;

$M$  - суммарный расход всех материалов (включая воду) в замесе, кг;

$\rho_{ц}$  - плотность цемента, определенная по ГОСТ 310.2-76 или принимаемая равной 3,1 г/см<sup>3</sup>;

$\rho_{п.кв}$  - плотность кварцевого песка, определенная по ГОСТ 8735-93 или принимаемая равной 2,65 г/см<sup>3</sup>.

Среднюю плотность зерен заполнителя в цементном тесте определяют как среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений.

Метод предназначен для расчетов при подборе составов легких бетонов.

### 3.6 Определение насыпной плотности

#### 3.6.1 Сущность метода

Насыпную плотность определяют взвешиванием массы высушенной пробы заполнителя в мерном сосуде.

#### 3.6.2 Аппаратура

Весы для статического взвешивания с ценой деления не более 1 г по ГОСТ 29329-92.

Комплект мерных цилиндрических сосудов.

Сушильный электрошкаф по ОСТ 16.0.801.397-87.

Металлическая линейка по ГОСТ 427-75.

Совок.

Воронка для засыпки песка в мерный сосуд (рисунок 3.3).

### 3.6.3 Подготовка к испытанию

Отбирают пробу заполнителя испытываемой фракции (смеси фракций) объемом от 5 до 40 л. и высушивают до постоянной массы.

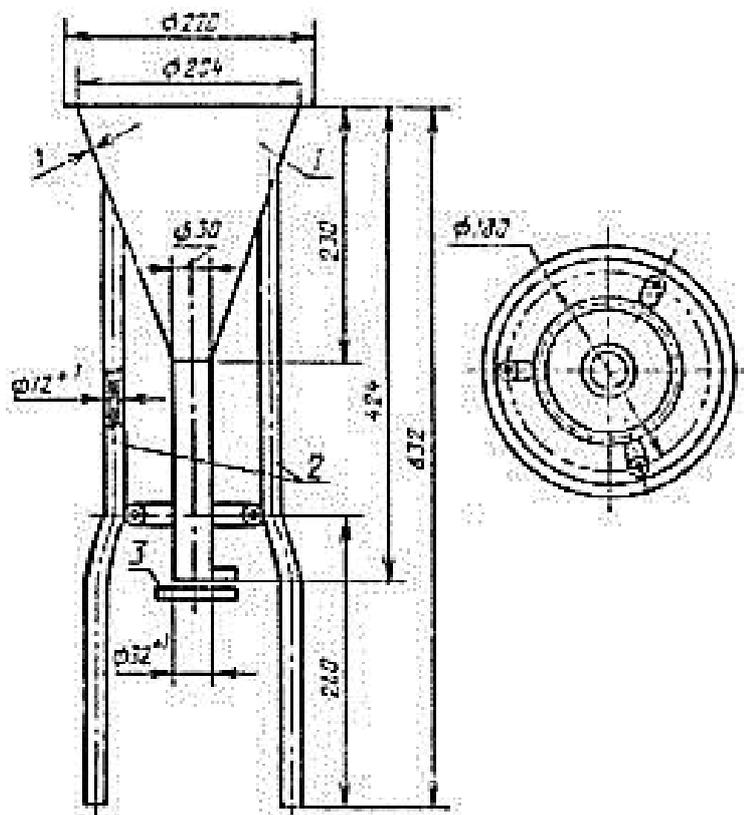
### 3.6.4 Проведение испытания

Высушенный до постоянной массы заполнитель высыпают в предварительно взвешенный мерный сосуд с высоты 100 мм над его верхним краем до образования над верхом сосуда конуса, который удаляют металлической линейкой вровень с краями сосуда (без уплотнения) и взвешивают. Пористый песок высыпают через воронку.

Размер мерного сосуда и объем пробы для испытания в зависимости от крупности заполнителя принимают по таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Размер мерного сосуда и объем пробы для испытания

Наибольшая крупность зерен заполнителя, мм	Объем мерного сосуда, л	Размер сосуда, мм		Объем пробы, л
		Диаметр	Высота	
5 и менее	1	108	108,5	1,5
10	2	137	136,5	3,0
20	5	185	186,5	6,5
40	10	234	233,8	11,5



1 - воронка; 2 - опоры; 3 - заслонка

Рисунок 3.3 - Воронка для определения насыпной плотности песка

### 3.6.5 Обработка результатов

Насыпную плотность заполнителя ( $\rho_n$ ) в  $\text{кг}/\text{м}^3$  вычисляют с точностью до 10  $\text{кг}/\text{м}^3$  (песка марок по насыпной плотности 250 и менее - до 1  $\text{кг}/\text{м}^3$ ) по формуле:

$$\rho_n = \frac{m_1 - m_2}{V}, \quad (3.12)$$

где  $m_1$  - масса мерного сосуда с заполнителем, кг;

$m_2$  - масса мерного сосуда, кг;

$V$  - объем мерного сосуда,  $\text{м}^3$ .

Насыпную плотность заполнителя вычисляют как среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений, при проведении которых каждый раз используют новую порцию заполнителя.

Для песка марок по насыпной плотности 250 и менее вычисление ведут по результатам трех определений.

Насыпную плотность заполнителя в состоянии естественной влажности определяют при контрольной проверке его качества. За насыпную плотность заполните-

ля в партии принимают среднее арифметическое значение результатов трех параллельных определений, для которых каждый раз берут новую порцию заполнителя из объединенной пробы.

Для перевода количества поставляемого заполнителя из весовых единиц в объемные определяют насыпную плотность заполнителя в партии (в состоянии естественной влажности) путем взвешивания заполнителя в состоянии естественной влажности в мерном сосуде, размер которого в зависимости от крупности заполнителя принимают по таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Объем мерного сосуда в зависимости от наибольшей крупности зерен заполнителя

Наибольшая крупность зерен заполнителя, мм	Объем мерного сосуда, л	Размеры сосуда, мм	
		Диаметр	Высота
10 и менее	10	234	233,8
20	20	294	294
40	50	400	400

### 3.7 Определение объема межзерновых пустот и пористости зерен

#### заполнителя

#### 3.7.1 Сущность метода

Объем межзерновых пустот определяют расчетом по данным о насыпной и средней плотности зерен заполнителя.

Пористость зерен определяют расчетом по данным об истинной и средней плотности зерен заполнителя.

#### 3.7.2 Обработка результатов

##### 3.7.2.1 Определение пустотности

Объем межзерновых пустот в крупном заполнителе ( $V_{м.н}^k$ ) и в песке ( $V_{м.н}^n$ ) в процентах по объему вычисляют соответственно по формулам:

$$\left(V_{м.н}^k\right) = \left(1 - \frac{\rho_n}{1000\rho_k}\right) \cdot 100; \quad (3.13)$$

$$(V_{м.п}^n) = \left(1 - \frac{\rho_n}{1000\rho_n}\right) \cdot 100, \quad (3.14)$$

где  $\rho_n$  - насыпная плотность заполнителя в сухом состоянии, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_k, \rho_n$  - средняя плотность зерен крупного заполнителя и песка, г/см<sup>3</sup>.

### 3.7.2.2 Определение пористости

Пористость зерен крупного заполнителя ( $V_{пор}^k$ ) и песка ( $V_{пор}^n$ ) в процентах по объему вычисляют соответственно по формулам:

$$V_{пор}^k = \left(1 - \frac{\rho_k}{\rho}\right) \cdot 100; \quad (3.15)$$

$$V_{пор}^n = \left(1 - \frac{\rho_n}{\rho}\right) \cdot 100, \quad (3.16)$$

где  $\rho_k, \rho_n$  - средняя плотность зерен крупного заполнителя и песка, г/см<sup>3</sup>;

$\rho$  - истинная плотность заполнителя, г/см<sup>3</sup>.

## 3.8 Определение влажности

### 3.8.1 Сущность метода

Влажность определяют по разности массы навески до и после высушивания.

### 3.8.2 Аппаратура

Весы для статического взвешивания по ГОСТ 29329-92.

Сушильный электрошкаф по ОСТ 16.0.801.397-87.

Мерные цилиндрические сосуды вместимостью 1 и 2 л.

Совок.

Эксикатор по ГОСТ 25336-82.

### 3.8.3 Подготовка пробы

Пробу испытываемого заполнителя, взятую непосредственно перед определением влажности, объемом 2-3 л (в зависимости от размера фракции) делят на навески.

### 3.8.4 Проведение испытания

Каждую навеску заполнителя немедленно всыпают в предварительно взвешенный сосуд и взвешивают вместе с сосудом, а затем высушивают до постоянной массы и взвешивают еще раз. Песок марок по насыпной плотности 250 и менее после высушивания охлаждают в эксикаторе до комнатной температуры.

### 3.8.5 Обработка результатов

Влажность заполнителя ( $W$ ) в процентах по массе вычисляют по формуле

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100 \quad (3.17)$$

где  $m_1$  - масса пробы в состоянии естественной влажности, вычисленная по разности массы сосуда с пробой и без нее, г;

$m_2$  - масса пробы в сухом состоянии, вычисленная по разности массы сосуда с высушенной до постоянной массы пробой и без нее, г.

Влажность заполнителя вычисляют с точностью до 0,1 % как среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений. Для песка марок по насыпной плотности 250 и менее вычисление ведут по результатам трех испытаний.

## 3.9 Определение водопоглощения крупного заполнителя

### 3.9.1 Сущность метода

Метод основан на определении разности массы навески до и после насыщения ее водой.

### 3.9.2 Аппаратура

Технические весы по ГОСТ 24104-2001.

Сушильный электрошкаф по ОСТ 16.0.801.397-87.

Мерные цилиндрические сосуды вместимостью 1, 2 и 5 л.

Сито с отверстием 5 мм из стандартного набора.

Контейнер для насыщения заполнителя водой (рисунок 3.2).

### 3.9.3 Подготовка пробы

Пробу крупного заполнителя испытываемой фракции объемом 2, 3 или 5 л (в зависимости от крупности заполнителя) высушивают до постоянной массы и отсеивают частицы мельче 5 мм на сите с отверстиями диаметром 5 мм в течение 2-3 мин, после чего пробу делят пополам на две части и взвешивают каждую навеску.

### 3.9.4 Проведение испытания

Навеску заполнителя укладывают в контейнер, закрывают крышкой, медленно погружают в воду и встряхивают для удаления пузырьков воздуха из заполнителя. Контейнер выдерживают в воде в течение 1 ч, после чего вынимают, подвешивают и дают избыточной воде стечь в течение 10 мин. Далее пробу заполнителя вынимают из контейнера и немедленно взвешивают на технических весах.

### 3.9.5 Обработка результатов

Водопоглощение крупного заполнителя за 1 ч ( $W'_{\text{погл}}$ ) в процентах по массе вычисляют по формуле

$$W'_{\text{погл}} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100 \quad (3.18)$$

где  $m_1$  - масса сухой пробы заполнителя, г;

$m_2$  - масса пробы заполнителя, насыщенного водой, г.

За результат испытания принимают среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений.

Водопоглощение крупного заполнителя ( $W_{\text{погл}}$ ) в процентах по объему вычисляют на основании предварительно установленного значения средней плотности зерен крупного заполнителя по формуле

$$W_{\text{погл}} = W'_{\text{погл}} \frac{\rho_n}{\rho_v} \quad (3.19)$$

где  $\rho_n$  - средняя плотность зерен крупного заполнителя, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_v$  - плотность воды, равная 1 г/см<sup>3</sup>;

$W'_{\text{погл}}$  - водопоглощение крупного заполнителя за 1 ч, %.

### **3.10 Определение содержания расколотых зерен в гравии**

#### **3.10.1 Сущность метода**

Содержание расколотых зерен в гравии определяют по отношению массы расколотых зерен к массе испытываемой навески заполнителя.

#### **3.10.2 Аппаратура**

Технические весы по ГОСТ 24104-2001.

#### **3.10.3 Подготовка пробы**

Пробу гравия объемом 1 - 4 л делят пополам и каждую половину взвешивают.

#### **3.10.4 Проведение испытания**

Из каждой навески визуальным осмотром выделяют расколотые зерна, к которым относят зерна, расколотые пополам, и зерна, поверхность которых повреждена (сколота, ободрана) более чем наполовину. При этом должны учитываться только те повреждения, которые были нанесены после обжига материала. Расколотые зерна взвешивают.

#### **3.10.5 Обработка результатов**

Содержание расколотых зерен ( $M_p$ ) в процентах с точностью до 1 % вычисляют по формуле

$$M_p = \frac{m_1}{m} \cdot 100 \quad (3.20)$$

где  $m$  - масса пробы, г;

$m_1$  - масса расколотых зерен, г.

Содержание расколотых зерен вычисляют как среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений для каждой фракции заполнителя.

### **3.11 Определение прочности заполнителя сдавливанием в цилиндре**

#### **3.11.1 Сущность метода**

Прочность заполнителей при сдавливании в цилиндре определяют по нагрузке, соответствующей погружению плунжера на 20 мм в слой испытываемой пробы заполнителя.

Прочность определяют для фракций крупного заполнителя размерами от 5 до 10 мм, от 10 до 20 мм и от 20 до 40 мм и для перлитового песка фракции от 1,25 до 2,5 мм.

#### **3.11.2 Аппаратура**

Гидравлический пресс с максимальным усилием от 50 до 250 кН (от 5 до 25 тс). Стальной составной цилиндр (рисунок 3.4).

Весы для статического взвешивания по ГОСТ 29329-92.

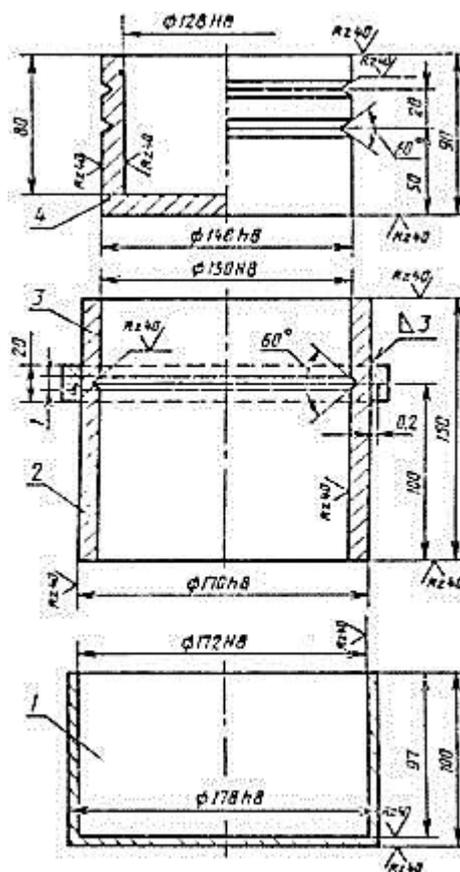
Сушильный электрошкаф по ОСТ 116.0.801.397-87.

Металлическая линейка по ГОСТ 427-75.

Совок.

#### **3.11.3 Подготовка пробы**

Пробу заполнителя испытываемой фракции объемом 6 л, на которой определялась ее насыпная плотность, высушивают до постоянной массы в сушильном электрошкафу.



1 - поддон; 2 - цилиндр; 3 - приставка; 4 - плунжер

Рисунок 3.4 - Стальной составной цилиндр [11]

### 3.11.4 Проведение испытания

Из высушенной пробы отвешивают навеску, равную по объему 2 л, и совком насыпают ее с высоты 100 мм в стальной цилиндр с поддоном так, чтобы после выравнивания металлической линейкой верхний уровень заполнителя доходил до верхнего края цилиндра (песок насыпают в цилиндр через воронку). Затем на цилиндр надевают приставку и в нее вставляют плунжер. При этом нижняя риска на плунжере должна совпадать с верхним краем приставки.

Остаток заполнителя, не вошедший в цилиндр, взвешивают и по разности масс взятой навески и этого остатка определяют массу заполнителя в цилиндре. Деля полученную массу заполнителя на его объем в цилиндре ( $1770 \text{ см}^3$ ), определяют насыпную плотность заполнителя в цилиндре.

Если отклонения полученных показателей насыпной плотности от насыпной плотности испытываемой фракции, определенной по методике, приведенной в разделе 3.6, превышают от минус 4 % до плюс 2 % для песка фракции от 1,25 до 2,5 мм и гравия или щебня фракций от 5 до 10 мм и от 10 до 20 мм и от минус 6 % до плюс 1 % для фракции гравия или щебня от 20 до 40 мм, то повторно определяют насыпную плотность в цилиндре на другой навеске заполнителя.

После совпадения насыпной плотности заполнителя в цилиндре с насыпной плотностью заполнителя, определенной по разделу 3.6 (в пределах допустимого разброса), проводят испытание заполнителя на прочность.

Для этого цилиндр с плунжером помещают на подушку гидравлического пресса, сдавливают заполнитель до погружения плунжера на 20 мм (до верхней риски) и отмечают показание стрелки манометра в этот момент.

Сдавливание плунжера должно производиться без перекоса со скоростью от 0,5 до 1,0 мм/с.

#### 3.11.5 Обработка результатов

Прочность при сдавливании заполнителя в цилиндре ( $R_{cd}$ ) в МПа ( $\text{кгс}/\text{см}^2$ ) вычисляют по формуле

$$R_{cd} = \frac{P}{F} \quad (3.21)$$

где  $P$  - нагрузка при сдавливании заполнителя, соответствующая погружению плунжера до верхней риски,  $H$  ( $\text{кгс}$ );

$F$  - площадь поперечного сечения цилиндра, равная  $0,0177 \text{ м}^2$  ( $177 \text{ см}^2$ ).

Прочность заполнителя отдельной фракции при сдавливании в цилиндре вычисляют как среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений для каждой фракции заполнителя.

## Список использованных источников

1 Чумаков, Л.Д. Технология заполнителей бетона (практикум) : учеб. пособие для вузов / Л.Д.Чумаков. – М. : Изд-во АСВ, 1999. – 120 с. – ISBN 5-93093-028-7.

2 Ицкович, С.М. Технология заполнителей бетона: учебник / С.М. Ицкович, Л.Д. Чумаков, Ю.М. Баженов. – М. : Высш. шк., 1991. – 272 с. – ISBN 5-06-001820-2.

3 ГОСТ 25137 – 82\* (СТ СЭВ 5445 – 85). Материалы нерудные строительные, щебень и песок плотные из отходов промышленности, заполнители для бетона пористые. Классификация. Введ. 1983 – 01 – 01 // Справочник ГОСТ Санкт-Петербург: ЗАО «ВОЛАТ», 2004. - Режим доступа: <http://www.volat.spb.ru/gost> свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

4 Турчанинов, В.И. Строительные материалы из промышленных отходов и местного сырья Оренбургской области: учебное пособие / В.И.Турчанинов - Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2006.- 149 с. – ISBN 5-7410-0403-8.

5 Новые технологии утепления ограждающих конструкций // Профессиональное строительство. – 2002.-№5.-С.28.

6 ГОСТ 8736-93 Песок для строительных работ. Технические условия. Взамен ГОСТ 8736-85, ГОСТ 26193-84. Введ. 1995 – 07 – 01 // Справочник ГОСТ Санкт-Петербург: ЗАО «ВОЛАТ», 2004. - Режим доступа: <http://www.volat.spb.ru/gost> свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

7 ГОСТ 8735-93 (СТ СЭВ 5446-85) Песок для строительных работ. Методы испытаний. Взамен ГОСТ 8735-88 и ГОСТ 25589-83 Введ. 1995 – 10 – 05 // Справочник ГОСТ Санкт-Петербург: ЗАО «ВОЛАТ», 2004. - Режим доступа: <http://www.volat.spb.ru/gost> свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

8 ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. Взамен ГОСТ 8267-82, ГОСТ 8268-82, ГОСТ 10260-82, ГОСТ 23254-78, ГОСТ 26873-86. Введ. 1995 – 01 – 01 // Справочник ГОСТ Санкт-Петербург: ЗАО «ВОЛАТ», 2004. - Режим доступа: <http://www.volat.spb.ru/gost> свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

9 ГОСТ 8269.0-97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических

испытаний. Взамен ГОСТ 3344-83, ГОСТ 7392-85 в части методов физико-механических испытаний, ГОСТ 8269-87. Введ. 1998 – 07 – 01 // Справочник ГОСТ Санкт-Петербург: ЗАО «ВОЛАТ», 2004. - Режим доступа: <http://www.volat.spb.ru/gost> свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

10 ГОСТ 9757 – 90 (СТ СЭВ 5446-85) Гравий, щебень и песок искусственные пористые. Технические условия. Введ. 1991 – 01 – 01 // Справочник ГОСТ Санкт-Петербург: ЗАО «ВОЛАТ», 2004. - Режим доступа: <http://www.volat.spb.ru/gost> свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

11 ГОСТ 9758-86 Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытаний. Введ. 1988 – 01 – 01 // Справочник ГОСТ Санкт-Петербург: ЗАО «ВОЛАТ», 2004. - Режим доступа: <http://www.volat.spb.ru/gost> свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

12 ГОСТ 5578-94 Щебень и песок из шлаков черной и цветной металлургии для бетонов. Технические условия. Введ. 1994-07-01 // приложение КОДЕКС версии 5.1.1.19 (32 bit) / ООО "Альфа Кодекс" – Электронные данные – Оренбург: ГОУ Оренбургский государственный университет, 2006. - Мастер-версия: False

13 ГОСТ 23732-79 Вода для бетонов и растворов. Технические условия. Введ. 1979-07-01 // приложение КОДЕКС версии 5.1.1.19 (32 bit) / ООО "Альфа Кодекс" – Электронные данные – Оренбург: ГОУ Оренбургский государственный университет, 2006. - Мастер-версия: False

14 ГОСТ 22524-77 Пикнометры стеклянные. Технические условия // Справочник ГОСТ Санкт-Петербург : ЗАО «ВОЛАТ», 2004. - Режим доступа: <http://www.volat.spb.ru/gost> свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

15 ГОСТ 29329-92 Весы для статического взвешивания. Общие технические требования // Справочник ГОСТ Санкт-Петербург: ЗАО «ВОЛАТ», 2004. - Режим доступа: <http://www.volat.spb.ru/gost> свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

16 ГОСТ 25336-82 Посуда и оборудование лабораторные стеклянные. Типы, основные параметры и размеры // Справочник ГОСТ Санкт-Петербург : ЗАО «ВОЛАТ», 2004. - Режим доступа: <http://www.volat.spb.ru/gost> свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

17 ГОСТ 9147-80 Посуда и оборудование лабораторные фарфоровые. Технические условия // Справочник ГОСТ Санкт-Петербург : ЗАО «ВОЛАТ», 2004. - Режим доступа: <http://www.volat.spb.ru/gost> свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

18 ГОСТ 2184-77. Кислота серная техническая. Реактивы. Технические условия. - Введ. 1978 – 07 – 01. - Изд. офиц. -М. : Изд-во стандартов, 1989. - 31 с.

19 ГОСТ 450-77. Кальций хлористый технический. Технические условия: Межгос. стандарт.- 1978 – 07 – 01. -М. : Изд-во стандартов, 1977. - 23 с.

20 ГОСТ 427-75. Линейки измерительные металлические. Технические условия 1979 – 01 – 01. - М. : Изд-во стандартов, 1986. - 6 с.

21 ГОСТ 166-89\* Штангенциркули. Технические условия. // Информационная система по нормативным документам NormaCS. М., 1990. Режим доступа: <http://www.normacs.ru/>. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

22 ГОСТ 310.4-81\* Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии. - Переизд. 1994 с изм.- Взамен ГОСТ 310.4-76; Введ. 1983 – 07 – 01 – М.: Изд-во стандартов 1994.-6с.

23 ГОСТ 26633-91.Бетоны тяжелые и мелкозернистые .Технические условия. Взамен ГОСТ 10268-80 и ГОСТ 26633-85 ; Введ. 1991 – 05 – 16 -М.: Изд-во стандартов.1992.-23 с.

24 ГОСТ 25192-82 Бетоны. Классификация и общие технические требования. Введ. 1983 – 01 – 01 // Справочник ГОСТ Санкт-Петербург: ЗАО «ВОЛАТ», 2004. - Режим доступа: <http://www.volat.spb.ru/gost> свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

25 ГОСТ 10180-90 ( СТСЭВ 3918- 83 ) . Бетоны . Методы определения прочности по контрольным образцам .Взамен ГОСТ 10180-78 ; Введ 1991 – 01 – 01 -М.: Изд-во стандартов, 1990 – 45 с.

26 ГОСТ 10181-2000 Смеси бетонные. Методы испытаний. Взамен ГОСТ 10181.0-81 - ГОСТ 10181.4-81 Введ. 2001 – 07 – 01 // Справочник ГОСТ Санкт-Петербург: ЗАО «ВОЛАТ», 2004. - Режим доступа: <http://www.volat.spb.ru/gost> свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.