**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра автомобильных дорог, мостов и тоннелей

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРИ УСТРОЙСТВЕ СЛОЕВ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ИЗ ИНЕРТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебно-методическое пособие к выполнению лабораторных занятий
по дисциплине «Контроль качества дорожных работ»
для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01
«Строительство», профиль «Автомобильные дороги»
дневной формы обучения

Казань
2017

УДК 625.7/.8
ББК 38.74
М 12

М 12 Контроль качества при устройстве слоев дорожных одежд из инертных строительных материалов: Учебно-методическое пособие к выполнению лабораторных занятий по дисциплине «Контроль качества дорожных работ» для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство», профиль «Автомобильные дороги» дневной формы обучения / Сост.: Л.Ф. Мавлиев, Е.А. Вдовин, Э.Р. Хафизов. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2017. – 24 с.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

В учебно-методическом пособии изложены методы лабораторного контроля качества при устройстве слоев дорожных одежд из инертных строительных материалов, приведены основные требования в соответствии с нормативной литературой.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство», профиль «Автомобильные дороги» дневной формы обучения.

Рецензент
Кандидат технических наук, доцент, зам. директора ИТС КГАСУ
Д.С. Смирнов

УДК 625.7/.8
ББК 38.74
© Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2016

© Мавлиев Л.Ф.
Вдовин Е.А.,
Хафизов Э.Р. 2017

ВВЕДЕНИЕ

Основание дорожной одежды – часть конструкции, расположенная под покрытием и обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение напряжений и снижение их величины в грунте рабочего слоя земляного полотна, а также морозоустойчивость и осушение конструкции. Следует различать несущую часть основания (несущее основание) и дополнительные слои основания.

Несущая часть основания должна обеспечивать прочность дорожной одежды и быть морозоустойчивой. Несущее основание устраивают из жестких и сдвигоустойчивых материалов (щебень, гравий, щебеночно- или гравийно-песчаные смеси, материалы и грунты, укрепленные неорганическим вяжущим).

Дополнительный слой основания предназначен для передачи и распределения нагрузки на земляное полотно, для отвода избыточной воды, поступающей из верхнего слоя земляного полотна, а также для предохранения дорожной одежды от деформации морозного пучения. Для таких слоев применяют пористые морозостойкие материалы (песок, щебень, шлак и т.д., а также песчано-гравийные смеси).

СОСТАВ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Контроль качества при устройстве дополнительных слоев оснований
2. Контроль качества при устройстве несущих слоев оснований

1. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРИ УСТРОЙСТВЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СЛОЕВ ОСНОВАНИЙ

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.

1.1. Основные расчетные параметры и характеристики, используемые для оценки зерновых составов сыпучих минеральных материалов

1. Частный остаток для определенного сита – масса (в г) материала, которая остается на сите и определяется взвешиванием после полного рассева. Частный остаток на отдельном сите может определяться также в % расчетом по результатам ситового анализа (рассева) материала.

Частный остаток на данном i-ом сите в % (a_i), определяют как частное от деления остатка на данном сите в г (m_i) на общую навеску, взятую для просеивания в г (m_0) умноженное на 100.

$$a_i = \frac{m_i}{m_0} \cdot 100, \qquad (1)$$

2. Полный остаток для определенного сита в % – доля материала от всей просеиваемой пробы, которая остается на данном сите при просеивании (при отсутствии других сит). Полный остаток в % определяется расчетом по результатам ситового анализа (рассева) материала.

Полный остаток на данном i-том сите в % (A_i) определяют как сумму всех частных остатков на всех вышележащих ситах плюс частный остаток на данном сите в %, $(\sum a_{>i})$.

$$A_i = \sum a_{>i} \quad , \qquad (2)$$

где $\sum a_{>i}$ - сумма частных остатков на всех вышележащих ситах (по отношению к i-тому вместе с частным остатком на i – том сите).

3. Полный проход для определенного сита в %, так называется та доля материала от всей просеиваемой пробы, которая проходит через данное сито при просеивании (при отсутствии других сит). Полный проход в % определяется расчетом по результатам ситового анализа (рассева) материала.

Полный проход сквозь i-тое сито (или содержание частиц мельче данного i-того сита) в % *(M_i)*, определяют как остаток от разности, получаемой при вычитании из 100% суммы всех частных остатков на всех вышележащих ситах*($\sum a_{>i}$)*. Эту характеристику также определяют как остаток от разности, получаемой при вычитании от 100 % полного остатка на данном i-том сите в % *(A_i)*.

$$M_i = 100 - \sum a_{>i} \text{ , или } M_i = 100 - A_i \text{ ,} \qquad (3)$$

4. Для оценки зерновых составов сыпучих материалов часто используют графические построения. Графики строят в координатах: размеры отверстий стандартных сит в мм – полные остатки в % или полные проходы в %. На таких графиках по результатам расчетов зерновых составов сыпучих материалов строят их характеристики, которые называют кривыми просеивания. Кривые просеивания, построенные по нормативным требованиям, определяют так называемую область нормативных зерновых составов.

5. Для характеристики зерновых составов сыпучих материалов, например, песка, гравия, ПГС применяют такое понятие, как фракция. Фракция, – это выделенные из общей массы материала определенной крупности зерна. Фракция характеризуется наибольшей крупностью зерен (Днб) и наименьшей крупностью зерен (d). Для выделения из всей массы материала определенной фракции берут сита с размерами отверстий, соответствующими наибольшей крупности зерен и наименьшей крупность и зерен и рассеивают через них материал. Все что остается на сите с наименьшим размером отверстий относится к данной фракции.

1.2. Определение зернового состава песка

Метод испытания: Пробу песка массой 2 кг (m_0), предварительно высушенную до постоянной массы. Просеивают песок через сита 10 и 5 мм, остатки на ситах взвешивают (m_i) и рассчитывают частные остатки в % (a_i) и полные остатки, в % (A_i). Контроль просеивания: за 1 мин сквозь сито должно проходить не более 0,1% от общей навески. При определении зернового состава в зависимости от засоренности песка, массовости проводимых испытаний используют сухой либо мокрый способы просеивания. При сухом способе от просеянного песка, прошедшего через сито 5 мм берут навеску массой 1 кг (m_0) и рассеивают через набор стандартных сит механическим или ручным способом. Также проводят контроль просеивания. По окончании рассеивания песка, остатки на всех ситах взвешивают (m_i) и рассчитывают частные остатки в % (a_i) , а затем полные остатки на ситах в % (A_i), с точностью до второго знака после запятой. При массовых испытаниях допускается совмещать испытание по определению зернового состава и определению содержания пылевидных и глинистых примесей. При этом после промывки пробы песка (ее в этом случае допускается уменьшить до 500 г) производят сушку, а затем рассев на стандартных ситах. Полученное содержание пылевидных и глинистых частиц включают при рассчете результатов рассева в массу частиц прошедших через сито № 0,16 и в общую навеску.

При определении зернового соотава песка мокрым способом навеску материала помещают в сосуд и заливают водой. Через 24 ч содержимое сосуда тщательно перемешивают до состояния полного размокания глинистой пленки на зернах песка и размокания комков глины. Песок сливают порциями на верхнее сито стандартного

набора, одновременно промывая и просеивая материал до тех пор пока стекающая вода станет прозрачной. Остатки песка на каждом сите высушивают до постоянной массы, охлаждают, а затем определяют массу песка на каждом сите взвешиванием. Далее обработку результатов ведут также как и при сухом рассеве.

а) Определение содержания зерен 5-10 мм и более 10 мм

Общая проба песка (m_0) = _____кг

Таблица 1

Результаты испытаний и расчетов

Остатки на ситах	Размеры сит, мм	
	10	5
Частные остатки, г, m_i		
Частные остатки, %, a_i		
Полные остатки, %, A_i		

б) Определение зернового состава песка

Общая проба песка (m_0) = _____кг

Таблица 2

Результаты испытаний и расчетов

Остатки на ситах	Размер отверстий сит, мм					Прошло через 0,16
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	
Частные остатки, г, m_i						
Частные остатки, %, a_i						
Полные остатки, %, A_i						

1.3. Определение модуля крупности

Модуль крупности – это безразмерная условная величина, обобщающая характеристика крупности песка, определяемая как частное от деления суммы всех полных остатков на стандартных ситах, на коэффициент 100.

Расчет производим по формуле:

$$M_{кр} = (A_{2,5} + A1_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16})/100 \quad , \qquad (4)$$

где: $A_{2,5}$; $A_{1,25}$; $A_{0,63}$; $A_{0,315}$; $A_{0,16}$ – полные остатки на ситах, в %, из таблицы 1.2.

Сопоставляя полученные значения модуля крупности и полного остатка на сите 0,63 мм с требованиями стандарта, делаем заключение о группе песка, к которой он относится.

Таблица 3

Нормативные требования к зерновым составам песка
в зависимости от группы крупности

Группы песка	Полный остаток на сите № 063, % по массе, $A_{0,63}$	Модуль крупности $M_{кр}$
Очень крупный	Более 75	Более 3,5
Повышенной крупности	65 – 75	3,0 – 3,5
Крупный	45 – 65	2,5 – 3,0
Средней крупности	30 – 45	2,0 – 2,5
Мелкий	10 – 30	1,5 – 2,0
Очень мелкий	Менее 10	1,0 – 1,5
Тонкий	Не нормируется	0,7 – 1,0
Очень тонкий	Не нормируется	До 0,7

Проверяем также песок на соответствие стандарту по содержанию крупных и мелких зерен и определяем какому классу соответствует испытуемый песок.

Содержание зерен крупностью св. 10 мм, 5 мм и менее 0,16 мм не должно превышать значений, указанных в таблице 4.

Таблица 4

Нормативные требования к пескам в зависимости от их класса и группы по ГОСТ 8736 - 93

Класс и группа песка	Содержание зерен крупностью, в процентах по массе, не более		
	Св. 10 мм A_{10}	Св. 5 мм A_5	Менее 0,16 мм $a_{0,16}$
I класс			
Повышенной крупности, крупный и средний	0,5	5	5
Мелкий	0,5	5	10
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 допускается	Не нормируется

1.4. Определение содержания пылевидных и глинистых частиц методом мокрого просеивания

Метод испытания: Чаще всего испытание проводят совмещая определение пылевидных и глинистых частиц и определение зернового состава песка, так как это было описано в разделе 1.2. Если же испытание проводят отдельно, определяя содержание только пылевидных и глинистых частиц, то от просеянной через сито 5 мм пробы песка берут навеску массой 1000 г (m) , затем заливают песок водой, выдерживают его в течении 24 ч до полного размокания глинистых частиц, а потом производят мокрый рассев песка, пропуская его сквозь сита 0,315 и 0,05 мм. Остатки на ситах высушивают до постоянной массы, объединяют и взвешивают (m_1). На основе полученных данных рассчитывают содержание пылевидных и глинистых частиц.

Таблица 5

Результаты испытаний и расчетов

Наименование показателей	Результат
Масса сухого песка до отмучивания, г, m	
Масса промытого и высушенного песка, г, m_1	
Содержание пылевидных и глинистых частиц, % $П_{отм}$	

Содержание пылевидных и глинистых частиц в песке $(П_{отм})$ определяем по формуле:

$$П_{отм.} = 100 \cdot (m - m_1) / m \,, \qquad (5)$$

где: m - масса сухого песка до отмучивания, г;

m_1 - масса промытого и высушенного песка, г;

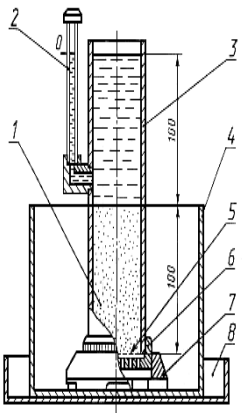
1.5. Определение коэффициента фильтрации песчаных грунтов

Коэффициент фильтрации для песчанистых грунтов принято определять при максимальной плотности и соответствующей оптимальной влажности. Для того, чтобы определить оптимальную влажность сначала необходимо рассчитать естественную влажность песчаного грунта, поскольку оптимальную влажность песчаного грунта определяют исходя из естественной влажности грунта.

Коэффициентом фильтрации называют скорость фильтрации воды при градиенте напора, равном единице. Коэффициент фильтрации песчаных грунтов определяют при постоянном заданном градиенте напора с пропуском воды сверху вниз, при предварительном насыщении образца грунта водой снизу вверх.

Подготовка к испытанию: От средней пробы воздушно-сухого песка, просеянного через сито с отверстиями 5 мм, берут навеску массой не менее 450 г. Затем песок увлажняют до оптимальной влажности и выдерживают в эксикаторе не менее 2 ч. Необходимый объем воды (Q) в см^3, для увлажнения грунта до оптимальной влажности вычисляют по формуле (6). Из подготовленной пробы влажного грунта отбирают навеску массой (m_1). Величину этой навески вычисляют по формуле (7). Навеску влажного грунта массой (m_1) делят на три порции и последовательно укладывают их в трубку фильтрационного прибора, уплотняя каждую из них при помощи трамбовки, производя по 40 ударов груза с высоты 300 мм; перед укладкой каждой порции поверхность предыдущей разрыхляют ножом на глубину 1 – 2 мм. По окончании уплотнения измеряют линейкой (не менее чем в трех точках) расстояние от верхнего края трубки до поверхности уплотненного грунта. Высота грунта в трубке должна быть 100±1 мм. Укладывают на поверхность грунта слой гравия (фракции 2-5 мм) толщиной 5-10 мм. Устанавливают трубку с грунтом на подставку и вместе с ней помещают в стакан, который постепенно наполняют водой до верха. Помещают стакан с трубкой в емкость для воды и заполняют ее до уровня выше слоя гравия на 10-15 мм. После появления воды в трубке над слоем гравия доливают воду в верхнюю часть трубки примерно на 1/3 ее высоты. Извлекают стакан с трубкой из емкости и устанавливают на поддон. В этом случае начальный градиент напора воды в образце грунта равен единице (рис. 1).

Вид прибора



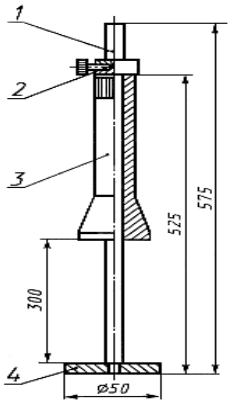


Схема прибора

1 – образец; 2 – пьезометр; 3 – трубка; 4 – стакан; 5 – сетка; 6 – перфорированное съемное дно; 7 – подставка; 8 – поддон

1 – направляющая; 2 – фиксатор; 3 – падающий груз; 4 – наковальня

Рис. 1 – Прибор для определения коэффициента фильтрации песчаных грунтов

Необходимый объем воды для увлажнения грунта до оптимальной влажности вычисляют по формуле:

$$Q=m\cdot(W_0 - W_g)/(1+W_g)\cdot\rho_w, \qquad (6)$$

где: m – масса пробы грунта, г;

W_0 – оптимальная влажность грунта, доли единицы;

W_g – гигроскопическая влажность грунта, доли единицы;

ρ_w – плотность воды, принимаемая равной 1 г/см^3.

Массу навески влажного грунта для проведения испытания вычисляют по формуле:

$$m_1 = V\cdot \rho_{d\,max}\,(1+W_0), \qquad (7)$$

где: V – объем грунта в трубке, равный 200 см^3;

$\rho_{d\,max}$ – максимальная плотность сухого грунта, установленная ранее.

Метод испытания: Доливают воду в трубку выше нулевого деления не менее чем на 5 мм. При вытекании воды через перфорированное дно определяют время падения уровня воды в пьезометре от 0 до 50 мм с помощью секундомера. Эту операцию повторяют не менее 4 раз, каждый раз доливая воду в трубку на 5 мм выше нулевого деления. В расчет принимают среднее время падения уровня воды. При времени падения более 10 мин. допускается проводить испытание при начальном градиенте напора, равном двум, при этом трубку с подставкой извлекают из стакана и ставят на поддон. Во время испытания не допускается снижение уровня воды в трубке ниже слоя гравия. Далее рассчитывают коэффициент фильтрации. Разность между плотностью сухого грунта в трубке и максимальной плотностью, установленной ранее, не должна превышать 0,02 г/см^3. В противном случае испытание повторяют. В заключение вычисляют плотность сухого грунта в трубке в г/см^3, (ρ_{di}).

Коэффициент фильтрации песчаного грунта определяем по формуле:

$$K = \frac{\frac{h}{t}\cdot\varphi\left(\frac{S}{H_0}\right)\cdot 864}{T}, \qquad (8)$$

где: h - высота фильтрующего слоя песка в трубке, см;

S - наблюдаемое падение уровня воды в пьезометре, отсчитанное от первоначального уровня, см;

H_0 - начальный напор, см;

864 - переводной коэффициент, (из см/сут. в м/сут);

t - время падения уровня воды, с;

$T = (0,7+0,03\,T_ф)$ – поправка для приведения значения коэффициента фильтрации к условиям фильтрации воды при температуре 10 ^{0}С,

где: $T_ф$ – фактическая температура воды при опыте, ^{0}С;

$\varphi\left(\frac{S}{H_0}\right)$ - безразмерный коэффициент определяется по таблице 6, в зависимости от отношения.

Для проверки объективности полученного результата по формуле (9) вычисляем плотность сухого грунта в трубке и сравниваем его с максимальной плотностью грунта, определенной на приборе стандартного уплотнения.

$$\rho_{di} = m_1/(V_i\,(1+W_i)), \qquad (9)$$

где: V_i – фактический объем грунта в трубке, см^3;

W_i – фактическая влажность грунта в трубке, доли единицы.

Таблица 6

Таблица зависимости величины падения уровня воды от первоначального напора.

$\left(\frac{S}{H_0}\right)$	$\varphi\left(\frac{S}{H_0}\right)$	$\left(\frac{S}{H_0}\right)$	$\varphi\left(\frac{S}{H_0}\right)$	$\left(\frac{S}{H_0}\right)$	$\varphi\left(\frac{S}{H_0}\right)$	$\left(\frac{S}{H_0}\right)$	$\varphi\left(\frac{S}{H_0}\right)$	$\left(\frac{S}{H_0}\right)$	$\varphi\left(\frac{S}{H_0}\right)$
0,01	0,010	0,21	0,236	0,41	0,527	0,61	0,941	0,81	1,661
0,02	0,020	0,22	0,248	0,42	0,545	0,62	0,957	0,82	1,715
0,03	0,030	0,23	0,261	0,43	0,562	0,63	0,994	0,83	1,771
0,04	0,040	0,24	0,274	0,44	0,580	0,64	1,022	0,84	1,838
0,05	0,051	0,25	0,288	0,45	0,598	0,65	1,050	0,85	1,897
0,06	0,062	0,26	0,301	0,46	0,616	0,66	1,079	0,86	1,966
0,07	0,073	0,27	0,315	0,47	0,635	0,67	1,109	0,87	2,040
0,08	0,083	0,28	0,329	0,48	0,54	0,68	1,139	0,88	2,120
0,09	0,094	0,29	0,346	0,49	0,673	0,69	1,172	0,89	2,207
0,10	0,105	0,30	0,357	0,50	0,693	0,70	1,204	0,90	2,303
0,11	0,117	0,31	0,371	0,51	0,713	0,71	1,238	0,91	2,408
0,12	0,128	0,32	0,385	0,52	0,734	0,72	1,273	0,92	2,526
0,13	0,139	0,33	0,400	0,53	0,755	0,73	1,309	0,93	2,659
0,14	0,151	0,34	0,416	0,54	0,777	0,74	1,347	0,94	2,813
0,15	0,163	0,35	0,431	0,55	0,799	0,75	1,386	0,95	2,996
0,16	0,174	0,36	0,446	0,56	0,821	0,76	1,427	0,96	3,219
0,17	0,186	0,37	0,462	0,57	0,844	0,77	1,470	0,97	3,507
0,18	0,196	0,38	0,478	0,58	0,863	0,78	1,514	0,98	3,912
0,19	0,210	0,39	0,494	0,59	0,892	0,79	1,561	0,99	4,605
0,20	0,223	0,40	0,510	0,60	0,916	0,80	1,609		

Определяем влажность грунта в фильтрационной трубке по формуле (10):

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0} \cdot 100 \qquad (10)$$

По результатам расчета плотность в трубке фильтрационного прибора должны быть примерно равной максимальной плотности скелета песчаного грунта, определенной ранее, тогда полученное значение коэффициента фильтрации является достоверным.

В соответствии со СП34.13330.2012 коэффициент фильтрации смесей, используемых для дополнительных слоев оснований должен быть не менее 1 м/сут.

Сопоставляя полученный показатель фильтрации с требованиями СП 34.13330.2012 делаем заключение о соответствии испытанного песчаного грунта по коэффициенту фильтрации нормативным требованиям.

2. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРИ УСТРОЙСТВЕ НЕСУЩИХ СЛОЕВ ОСНОВАНИЙ

Щебень из горных пород – неорганический зернистый сыпучий материал с зернами крупностью свыше 5 мм, получаемый дроблением горных 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, с последующим рассевом продуктов дробления.

При устройстве щебеночных оснований и покрытий, устраиваемых методом заклинки, применяется щебень фракции 40-80 или 80-120 мм в качестве основного материала. В качестве расклинивающего для фракций 40-80 мм применяют щебень фракций 5-10 и 10-20 мм (смесь фракций 5-20 мм), готовые смеси С6, С11; для фракции

80-120 мм применяют щебень фракций 5-20 и 20-40 мм (смесь фракций 5-40 мм), готовые смеси С5, С10 по ГОСТ 25607.

Марки по прочности, морозостойкости, по водостойкости, по пластичности, содержанию зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы каменных материалов, должны соответствовать требованиям табл. 7.

Таблица 7

Требования к каменным материалам для устройства оснований автомобильных дорог по СП 34.13330.2012

Показатели свойств каменных материалов	Категория автомобильной дороги	
	I - III	IV, V
Марка по прочности на сжатие (раздавливание) в цилиндре в водонасыщенном состоянии, не менее:		
щебня из изверженных и метаморфических пород	800	800
щебня из осадочных пород	600	400
щебня из шлаков черной и цветной металлургии, фосфорных	600	400
щебня из гравия	600	400
Марка по истираемости в полочном барабане, не менее	И3	И4
Марка по морозостойкости, не менее, для районов со среднемесячной температурой воздуха наиболее холодного месяца, °С, не менее:		
от 0 до минус 5	F15	-
от минус 5 до минус 15	F25	F15
от минус 15 до минус 30	F50	F25
ниже минус 30	F75	F50
Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы, %, по массе, не более	25	35
Марка по водостойкости, не менее	В2	В3
Марка по пластичности, не менее	ПЛ2	ПЛ3
Устойчивость структуры:		
потери при испытаниях, % по массе, не более	5	7
марка по устойчивости, не менее	УС2	УС3

Прочность расклинивающего материала может быть на марку ниже основного. Слои оснований из щебня карбонатных пород марок 400 и ниже допускается устраивать без использования расклинивающего материала.

2.1. Определение зернового (гранулометрического) состава

Метод испытания: От предварительно высушенной пробы гравия берут навеску, количество которой определяется в зависимости от максимальной крупности заполнителя (Dнб) в соответствии с требованиями стандарта (см.табл 8). В данном примере при максимальной крупности гравия D= 20 мм следует взять пробу массой 10 кг (m_0). Пробу гравия просеивают вручную или механически через набор стандартных сит. Контроль просеивания: за 1 мин проход должен быть не более 0.1 % всей пробы. Остатки на каждом сите взвешивают (m_i). Рассчитывают частные остатки в % (a_i) и полные остатки в % (A_i) с точностью до 2-ого десятичного знака после запятой. Затем на основе полученных данных строят график, на который наносят область нормативных зерновых составов и кривую просеивания, характеризующую зерновой состав исходного крупного заполнителя (гравия).

Таблица 8

Наибольший номинальный размер зерен, мм, *(D)*	Масса пробы, кг, *(m)*
10	5
20	10
40	20
Св.40	40

Общая проба гравия (m_0) = _____ кг

Таблица 9

Результаты испытаний и расчетов

Остатки на ситах	Размеры отверстий сит, мм										
	30	25	20	15	12,5	10	7,5	5	2,5	1,25	<1,25
Частные, г , m_i											
Частные, % a_i											
Полные, % A_i											

Расчеты проводятся аналогично определению зернового состава песка.

Требования стандарта к зерновому составу щебня (гравия):

1. Щебень и гравий выпускают в виде следующих основных фракций:

от 5 (3) до 10 мм; св. 10 до 15 мм; св. 10 до 20 мм; св. 15 до 20 мм; св. 20 до 40; св. 40 до 80 (70) мм и смеси фракций от 5 (3) до 20 мм. По согласованию изготовителя с потребителем может выпускаться щебень и гравий в виде других смесей составленных из отдельных фракций, а также фракции от 80(70) до 120 мм и св. 120 до 150 мм.

2. Полные остатки на контрольных ситах при рассеве щебня и гравия фракций от 5 (3) до 10 мм; св. 10 до 15 мм; св. 10 до 20 мм; св. 15 до 20 мм; св. 20 до 40 мм; св. 40 до 80 (70) мм и смеси фракций от 5 (3) до 20 мм и от 5 до 15 мм должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 10.

Согласно стандарта для оценки зерновых составов гравия (щебня) принято использовать следующие условные, относительные характеристики:

Наибольшая крупность - *Dнб;* наименьшая крупность - *d;* средняя крупность - *0,5(d+ Dнб);* 1,25 от наибольшей крупности - *1,25Dнб* зерен гравия.

Для оценки зернового состава гравия, на основе полученных данных определяют фактические диаметры сит, соответствующие принятым по стандарту условным относительным контрольным размерам сит и определяют соответствующие им полные остатки. На основе нормативных требований к зерновым составам гравия (см.табл.10) строим область нормативных зерновых составов, а на основе полученных характеристик зернового состава гравия (табл. 11) строим кривую просеивания исходного гравия (рис. 2).

Таблица 10

Нормативные требования к зерновому составу щебня (гравия)

Диаметр относительных отверстий контрольных сит	*d*	$D_{ср}$ = *0,5 (d+Dнб)*	*Dнб*	*1,25Dнб*
Полные остатки на ситах, % по массе, A_i	*От 90 до 100*	*От 30 до 60*	*До 10*	*До 0,5*

Таблица 11

Характеристики исходного гравия для построения кривой просеивания

Диаметр относительных отверстий контрольных сит, мм	*d =5,0 мм*	$D_{ср}$ = *0,5 (d+Dнб) =12,5 мм*	*Dнб =20 мм*	*1,25Dнб =25 мм*
Полные остатки на ситах, % по массе, A_i				

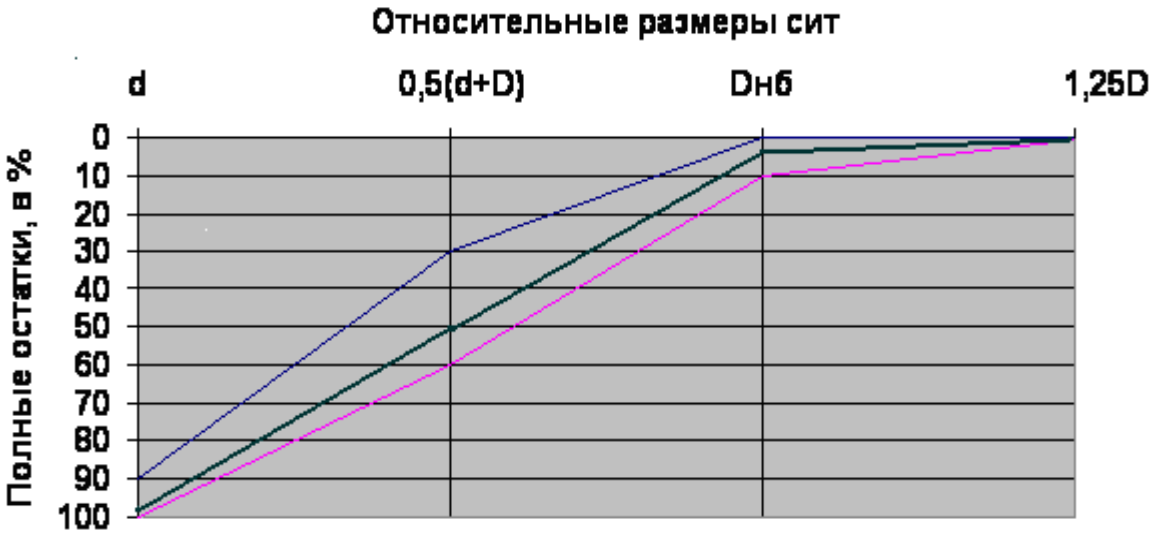


Рис. 2 – График оценки соответствия зернового состава нормативным требованиям

Если кривая просеивания, характеризующая зерновой состав исходного щебня, (гравия) находится внутри области нормативных зерновых составов (табл. 11 или рис. 3), то данный щебень (гравий) по зерновому составу отвечает требованиям стандарта.

2.2. Определение дробимости щебня (гравия)

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

Марка по дробимости щебня (гравия) определяется по степени разрушения его зерен при сжатии (раздавливании) в цилиндре под стандартной нагрузкой.

Подготовка 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. Для разделения щебня (гравия) на стандартные фракции: (5 - 10) мм, (10 - 20) мм, (20 - 40) мм, его просеивают через два сита с отверстиями, соответствующими наибольшей (Dнб) и наименьшей (d) крупности зерен. Для каждой фракции, из остатков на ситах с отверстиями размером равным (d), отбирают по две аналитические пробы массой не менее 0,5 кг, если испытание проводят в малом цилинде диаметром 75 мм; и не менее 4 кг при испытании в большом цилиндре диаметром 150 мм. Если в щебне (гравии) имеются фракции крупнее 40 мм, то их предварительно дробят, после дробления отсеивают и испытывают как фракции (10 - 20) мм или (20 - 40) мм. При одинаковом петрографическом составе щебня (гравия) фракций (20 - 40) мм и (40 - 70) мм прочность последней фракции допускается характеризовать по результатам испытаний предыдущей фракции (20 - 40) мм. Щебень (гравий) допускается испытывать как в сухом, так и в насыщенном водой состоянии. Перед испытанием щебня (гравия) на прочность в сухом состоянии аналитическую пробу высушивают до постоянной массы, а перед испытанием на прочность в насыщенном водой состоянии их выдерживают в воде в течение 2 ч. После насыщения водой, перед испытанием влагу с поверхности зерен щебня (гравия) удаляют мягкой влажной тканью.

Метод испытания: Подготовленную аналитическую пробу, определенной фракции насыпают небольшими порциями в цилиндр с высоты 50 мм так, чтобы уровень материала не доходил до верха цилиндра примерно на 15 мм. Затем вставляют плунжер так, чтобы верхняя плоскость его была на уровне верхнего края цилиндра. При необходимости добавляют или убирают гравий. Затем гравий сдавливают на прессе со скоростью 100÷200 кгс/сек, доводя нагрузку до предельной величины 5000 кгс для малого цилиндра d=75 мм и до 20000 кгс для большого цилиндра d=150 мм. После этого пробу из цилиндра

высыпают, взвешивают (m), а затем ее рассеивают на контрольных ситах. Остатки на контрольных ситах взвешивают (m_1). По полученным результатам рассчитывают дробимость с точностью до 1 % для каждой отдельно взятой i–ой фракции ($Др_i$), затем рассчитывают средневзвешенный показатель дробимости для всех фракций ($Др_№$). За окончательный результат принимают среднеарифметическое значение двух параллельных испытаний.

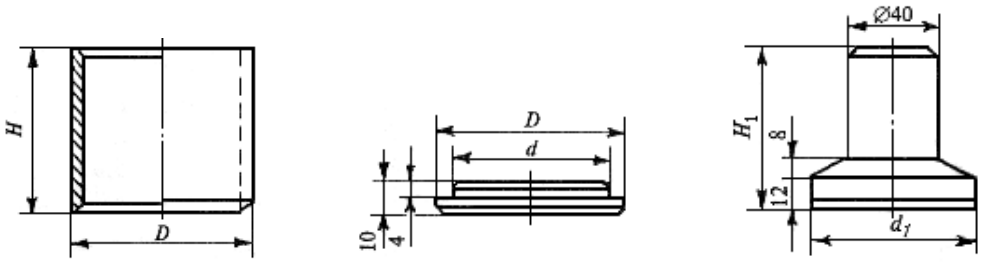


Рис. 3 – Схема цилиндра

Таблица 12

Результаты испытаний и расчетов
(испытание в насыщенном водой состоянии)

Фракции щебня (гравия), мм	Размер контрольных сит, мм	№ испыт.	Масса аналитической пробы, г m_i	Масса остатка на контрольном сите, г m_{1i}	Дробимость, % $Др_{фi}$	Средневзвешенное значение дробимости, % $Др_№$
5-10	1,25	*№ 1*				
10-20	2,5					
20-40	5,0					
5-10	1,25	*№ 2*				
10-20	2,5					
20-40	5,0		-	-		

Сначала определяем для каждой отдельно взятой i-ой фракции щебня (гравия) дробимость в % ***($Др_{фi}$)*** по формуле:

$$Др_{фi} = ((m_i - m_{1i}) / m_i) \cdot 100 , \qquad (11)$$

где: m_i – масса пробы щебня (гравия) для отдельно взятой i-ой фракции, г;

m_{1i} – масса остатка на контрольном сите после просеивания раздробленной пробы для отдельно взятой i-ой фракции, г;

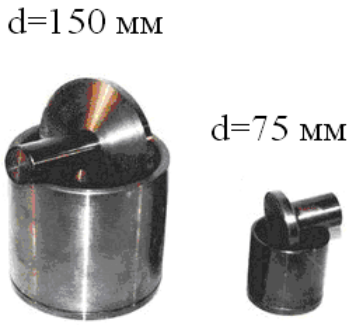


Рис. 4 – Вид цилиндров

Если заполнитель (щебень или гравий) состоит из смеси нескольких фракций, то сначала определяют показатель, характеризующий качество для каждой отдельно взятой фракции, а затем рассчитывают средневзвешенное значение этого показателя для всей смеси фракций. Средневзвешенное значение показателя рассчитывают по формуле, которая в общем виде может быть представлена следующим образом:

$$X = (x_{ф1}\, a_{ф1} + x_{ф2}\, a_{ф2} + \ldots + x_{фi}\, a_{фi}) / (a_{ф1} + a_{ф2} + \ldots + a_{фi}) , \qquad (12)$$

где: $x_{ф1}, x_{ф2}, ..., x_{фi}$ - значение технического показателя, определенное для отдельно взятой i- ой фракции;

$a_{ф1}, a_{ф2}, ..., a_{фi}$ - содержание (доля) отдельно взятой i- ой фракции в щебне (гравии), %.

В данном случае для определения средневзвешенного значения показателя дробимости щебня (гравия) вместо значения $x_{фi}$ подставляем в формулу (12) показатель дробимости, **(*Др№*)** для испытанных фракций и тогда формула примет следующий вид:

$$Др_{№} = (Др_{ф1}\, a_{ф1} + Др_{ф2}\, a_{ф2} + \ldots + Др_{фi}\, a_{фi}) / (a_{ф1} + a_{ф2} + \ldots + a_{фi}) \,, \qquad (13)$$

В данную формулу подставляем рассчетные значения **($Др_{фi}$)** и содержание (долю) каждой отдельно взятой фракции **($a_{фi}$),** определенные по данным зернового состава щебня (гравия):

- *доля фр. (5 – 10) мм,*
- *доля фр. (10 – 20) мм,*
- *доля фр. (20 – 40) мм,*

Марки по дробимости щебня из осадочных и метаморфических пород должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 13.

Таблица 13

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	Св. 11 до13	Св. 11 до13
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

Марки по дробимости щебня из изверженных пород должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 14.

Таблица 14

Марка по дробимости щебня из изверженных пород	Потеря массы при испытании щебня, %	
	из интрузивных пород	из эффузивных пород
1400	До12 включ.	До 9 включ.
1200	Св.12 до16	Св. 9 до11
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 15.

Таблица 15

Марка по дробимости щебня из гравия и гравия	Потеря массы при испытании щебня, %	
	Щебня из гравия	Гравия
1000	До 10 включ.	До 8 включ.
800	Св. 10 до14	Св. 8 до12
600	>>14 >>18	>>12 >>16
400	>>18 >>26	>>16 >>24

2.3. Определение содержания пылевидных и глинистых частиц (размером менее 0.05 мм) методом отмучивания

Метод испытания: Пробу щебня (гравия) высушивают до постоянной массы, берут навеску массой не менее 5 кг, взвешивают (m), помещают пробу в промывной бачок (сифон) (рис. 6) и заливают водой до уровня I, выдерживают до полного размокания глинистой пленки на зернах (определяется визуально). Затем перемешивают содержимое деревянной мешалкой, через 2 мин покоя воду сливают до уровня II, и так продолжают промывание до прозрачной воды.Затем воду полностью сливают, заполнитель вытряхивают на противень, высушивают и взвешивают (m_1). Рассчитывают содержание пылевидных и глинистых частиц в % (П) с точностью до 0,1 %. Наряду с методом отмучивания в соответствии с стандартом применяют также метод мокрого просеивания. При этом содержание пылевидных и глинистых частиц в щебне (гравие) определяют путем процеживания суспензии полученной при промывке материала через сито и вычисления разности испытуемой пробы до и после испытания.

Для проведения испытаний по методу мокрого просеивания берут аналитическую пробу щебня (гравия) массой не менее 5-и кг, высушенную до постоянной массы. Данную пробу помещают в сосуд и заливают водой так, чтобы она с избытком покрывала пробу и оставляют в таком состоянии до полного размокания глинистой пленки на зернах или комков глины (определяют это визуально). После этого содержание сосуда интенсивно перемешивают для того, чтобы пылевидные и глинистые частицы образовали суспензию. Данную суспензию осторожно сливают с помощью сифона на набор сит № 1,25 и 0,05 мм. Щебень (гравий) оставшийся в сосуде промывают водой и образовавшую суспензию также сливают на набор стандартных сит. Так повторяют промывку пока вода не станет прозрачной. После этого щебень (гравий) находящийся в сосуде для промывки объединяют с частицами оставшимися на обоих ситах и высушивают на противне в сушильном шкафу до постоянной массы, взвешивают и вычисляют с точностью до 0,1 % содержание пылевидных и глинистых частиц.

Таблица 16

Результаты испытаний и расчетов

Наименование показателей	Количество
Масса щебня (гравия) до отмучивания, г, m	
Масса щебня (гравия) после отмучивания и сушки, г, m_1	
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %, $П$	

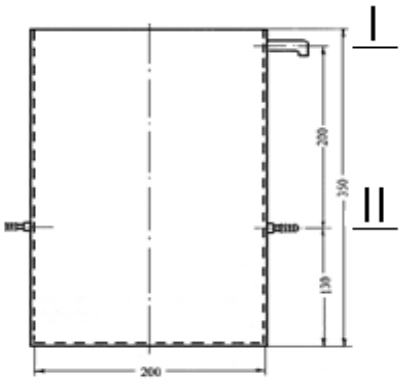


Рис. 5 – Вид и схема промывного бачка

Рассчитываем содержание пылевидных и глинистых частиц в щебне (гравии) в %, ***(П)*** по формуле:

$$\boldsymbol{П = (m - m_1) / m \cdot 100\%}\ , \qquad (14)$$

где: ***m*** - масса щебня (гравия) до отмучивания, г;

$\boldsymbol{m_1}$ - масса щебня (гравия), после отмучивания и сушки, г.

Содержание пылевидных и глинистых частиц (размером менее 0,05 мм) в щебне и гравии в зависимости от вида горной породы и марки по дробимости не должно быть больше значений, указанных в таблице 17.

Таблица 17

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

2.4. Определение содержания глины в комках

Метод испытания: Предварительно высушенную общую пробу щебня (гравия) путем рассева разделяют на отдельные стандартные фракции. Для дальнейших испытаний от каждой фракции берут пробы в количествах, указанных в таблице 18 (m_i). Каждую пробу высыпают тонким слоем на стекло или металлический лист и увлажняют их при помощи пипетки. Из пробы выделяют комки глины, отличающиеся пластичностью от зерен гравия (щебня). Если это необходимо, применяют лупу. Выделенные комки глины высушивают до постоянной массы и взвешивают (m_{1i}). Сначала вычисляют содержание глины в комках для каждой отдельно взятой фракции в % ($П_{глфi}$), а затем рассчитывают средневзвешенное значение показателя содержания глины в комках для всех фракций в % ($П_{гл}$).

Таблица 18

Фракция, мм	Объем пробы, г
5 – 10	250
10 – 20	1000
20 – 40	5000
более 40	10000

Таблица 19

Результаты испытаний и расчетов

Фракция щебня (гравия), мм	Масса пробы щебня (гравия), г m_i	Масса глины в комках, г m_{1i}	Содержание глины в комках, % $П_{глфi}$	Средневзвешенное содержание глины в комках в щебне (гравии),% $П_{гл}$
5-10	*250*			
10-20	*1000*			
20-40	*5000*			
Св.40	*10000*			

Сначала на основе исходных данных определяем содержание глины в комках для каждой отдельно взятой i – ой фракции в % ($П_{глфi}$) по формуле:

$$П_{глфi} = (m_{1i} / m_i) \cdot 100 \ , \qquad (15)$$

где: m_i – масса пробы щебня (гравия) для отдельно взятой i-ой фракции , г;

m_{1i} – масса глины в комках, высушенной до постоянной массы для отдельно взятой i-ой фракции, г.

Определяем средневзвешенное значение содержания глины в комках, используя общую формулу (12), но вместо значения $x_{фi}$ подставляем показатель $П_{глфi}$, и тогда формула примет следующий вид :

$$П_{гл} = (П_{глф1}\, a_{ф1} + П_{глф2}\, a_{ф2} + \ldots + П_{глфi}\, a_{фi}) / (a_{ф1} + a_{ф2} + \ldots + a_{фi}) \ , \qquad (16)$$

Содержание глины в комках не должно быть больше значений указанных в таблице 20.

Таблица 20

Марка по дробимости щебня и гравия	Содержание глины в комках, не более, в % по массе
Щебень из изверженных, осадочных и метаморфических пород марок:	
400 и выше	0,25
300, 200	0,5
Щебень из гравия валунов, гравий марок:	
1000, 800, 600, 400	0,25

2.5. Определение содержания зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы

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

Метод испытания: Предварительно высушенную общую пробу щебня (гравия) путем рассева разделяют на отдельные фракции. Для дальнейших испытаний от каждой фракции берут пробы в количествах, указанных в таблице 18 (m_i). В каждой пробе отбирают все

пластинчатые (лещадные) и игловатые зерна, обмеряя их длину и толщину или оценивая их с помощью специального прибора либо измерительного шаблона (рис. 7). Зерна, толщина которых меньше длины в три раза, отбирают и взвешивают (m_{1i}). Рассчитывают значение определяемого показателя для каждой отдельно взятой i-ой фракции в % ($П_{плфi}$), а затем вычисляют средневзвешенное значение для всей смеси щебня (гравия) в % ($П_{пл}$).

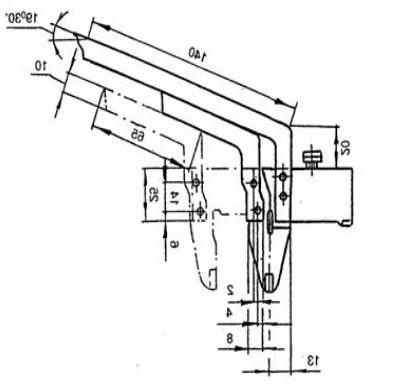


Рис. 6 – Вид и схема измерительного шаблона

Таблица 21

Результаты испытаний и расчетов

Фракция щебня (гравия), мм	Масса пробы щебня (гравия), г m_i	Масса зерен пластинчатой формы, г m_{1i}	Содержание зерен пластинчатой формы, % $П_{плфi}$	Средневзвешенное значение содержания зерен пластинчатой и игловатой формы, % $П_{пл}$
5 – 10	250			
10 – 20	1000			
20 – 40	5000			
более 40	10000			

Сначала на основе исходных данных полученных при испытании, определяем содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы в % **($П_{плфi}$)** в каждой отдельно взятой i – ой фракции по формуле:

$$П_{пл\,фi} = (m_{1i}/m_i)\cdot 100\,, \qquad (17)$$

где: m_i – масса пробы щебня (гравия), для отдельно взятой i – ой фракции, г;
m_{1i} – масса зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы, для отдельно взятой i – ой фракции, г;

Определяем средневзвешенное значение содержания зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы в % **($П_{пл}$)** по общей формуле (12), представив ее в следующим виде:

$$П_{пл} = (П_{плф1}a_{ф1} + П_{плф2}a_{ф2} + \ldots + П_{плфi}\,a_{фi}) / (a_{ф1} + a_{ф2} + \ldots + a_{фi})\,, \qquad (18)$$

В формулу подставляем расчетные значения **($П_{плфi}$)** и содержание (долю) каждой отдельно взятой фракции **($a_{фi}$),** определенные по данным зернового состава щебня (гравия):

- *доля фр. (5 – 10) мм,*
- *доля фр. (10 – 20) мм,*
- *доля фр. (20 – 40) мм,*

2.6. Определение содержания зерен слабых пород

Метод испытания: Предварительно высушенную общую пробу щебня (гравия) путем рассева разделяют на отдельные стандартные фракции. Для дальнейших испытаний от каждой фракции берут пробы в количестве, указанном в таблице 18 (m_i). В каждой пробе щебня (гравия) выделяют все зерна слабых пород с пределом прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии менее 20 МПа (200 кгс/см^2) и взвешивают (m_{1i}). При выделении зерен слабых пород руководствуются следующими отличительными признаками: зерна легко разламываются руками и разрушаются легкими ударами молотка. При царапании иглой по поверхности зерна остается след (на поверхности зерен изверженных и метаморфических пород след оставляет стальная игла, а на поверхности зерен осадочных карбонатных пород - алюминиевая игла). Кроме того, слабые зерна карбонатных пород обычно имеют окатанную форму. В сомнительных случаях для определения зерен слабых пород используют механический индикатор прочности камня типа Т-3. В зависимости от размера испытываемой фракции щебня (гравия) на приборе устанавливается сменный щелевой упор с шириной щели 2,9 мм для зерен фракции св. 10 до 20 мм и 4,2 мм – для более крупных зерен. При этом расстояние между краем ребер щелевого упора и осью, проходящей через острие зубьев прибора, должно быть равно ширине щели. При испытании индикатором зерно вставляют клиновидным концом между зубьями прибора до щелевого упора, придерживая при этом щелевой упор и образец. Вращением диска винтового механизма прибора зубья сжимают и «откусывают» кусочек камня. По контрольной стрелке манометра определяют предел прочности камня. Шкала манометра градуирована для случая применения упора со щелью шириной 4,2 мм. При применении упора со щелью 2,9 мм показания манометра удваивают. Перед испытанием следует провести тарировку прибора. На основе полученных данных рассчитывают показатель содержания зерен слабых пород для каждой отдельно взятой фракции в % ($X_{слфi}$), затем вычисляют средневзвешенное значение показателя содержания слабых пород в % ($X_{сл}$) для всего щебня (гравия).

Таблица 22

Результаты испытаний и расчетов

Фракция щебня (гравия), мм	Масса пробы щебня (гравия), г m_i	Масса зерен слабых пород, г m_{1i}	Содержание зерен слабых пород , % $X_{слфi}$	Средневзвешенное значение содержания зерен слабых пород, % $X_{сл}$
5 – 10 10 – 20 20 – 40 более 40	250 1000 5000 10000			

Сначала на основе полученных результатов испытаний (табл. 22) определяем содержание зерен слабых пород в % ($X_{слфi}$) для каждой отдельно взятой i – ой фракции по формуле:

$$X_{сл\,фi} = (m_{1i}/m_i) \cdot 100 , \qquad (19)$$

где: m_i – масса пробы щебня (гравия), для отдельно взятой i – ой фракции, г;

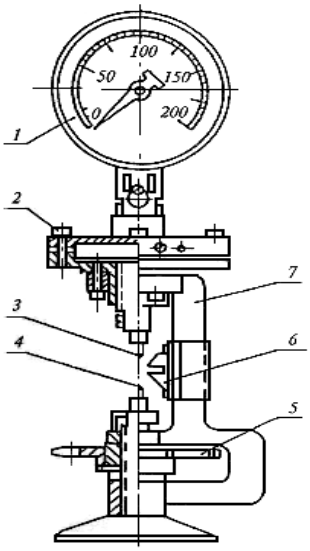
m_{1i} – масса зерен слабых пород, для отдельно взятой i – ой фракции, г;

Затем определяем средневзвешенное значение содержания зерен слабых пород ($X_{сл}$) по общей формуле (12), представив ее в следующим виде:

$$X_{сл} = (X_{слф1}\, a_{ф1} + X_{слф2}\, a_{ф2} + \ldots + X_{слфi}\, a_{фi}) / (a_{ф1} + a_{ф2} + \ldots + a_{фi}) , \qquad (20)$$

В формулу подставляем расчетные значения ($X_{слфi}$) и содержание (долю) каждой отдельно взятой фракции ($a_{фi}$), определенные по данным зернового состава щебня (гравия):

- *доля фр. (5 – 10) мм,*
- *доля фр. (10 – 20) мм,*
- *доля фр. (20 – 40) мм,*



1 – манометр;
2– гидравлическая мессдоза;
3 – верхний зуб;
4 – нижний зуб;
5 – диск винтового механизма
6 – щелевой упор;
7 – корпус прибора.

Рис. 7 – Вид и схема индикатора прочности Т-3

Содержание зерен слабых пород в щебне (гравии) в зависимости от вида горной породы и марки по дробимости не должно быть больше значений, указанных в таблице 23.

Таблица 23

Вид породы и марки по дробимости щебня и гравия	Содержание зерен слабых пород, не более,% по массе
Щебень из изверженных, метаморфических и осадочных горных пород марок:	
1400; 1200; 1000	5
800; 600; 400	10
300	15
щебень из гравия и валунов и гравий марок :	
1000; 800; 600	10
400	15

2.7. Определение марки щебня (гравия) по морозостойкости

Морозостойкость щебня (гравия) определяют по потере массы пробы в % при попеременном циклическом замораживании - оттаивании.

Марка по морозостойкости ***(F)*** щебня (гравия) характеризуется количеством циклов замораживания – оттаивания, при котором потеря по массе щебня (гравия) в % ***(Δm)*** не превышает установленных стандартом требований.

Подготовка к испытанию: Если щебень (гравий) состоит из нескольких фракций, то его сначала разделяют на отдельные фракции таким образом, как это изложено в предыдущих разделах. Каждую фракцию щебня (гравия) испытывают на морозостойкость отдельно. Фракции, содержащиеся в щебне (гравии) в количестве менее 5 % по массе, на морозостойкость не испытывают и в расчет не принимают. Согласно стандарта для испытаний берут по две аналитические пробы от каждой подготовленной фракции. Масса проб должна быть не менее:

- для фракции (5 – 10) мм – 1,0 кг;
- для фракции (10 – 20) мм – 1,5 кг;
- для фракции (20 – 40) мм – 2,5 кг;
- для фракции (40 – 70 (80)) мм – 5,0 кг.

Если в заполнителе присутствуют зерна крупнее 70(80) мм, то их дробят, рассеивают, отделяют фракцию размером (40- 70 (80)) мм и испытывают.

Подготовленные пробы щебня (гравия) промывают, высушивают до постоянной массы, а затем испытывают.

Метод испытания: Испытания щебня (гравия) проводят на двух пробах. Если щебень (гравий) состоит из нескольких фракций, то пробы рассеивают на отдельные фракции. Для испытаний берут по две аналитические пробы каждой фракции. Массу аналитических проб устанавливают по стандарту. Испытание каждой аналитической пробы проводят следующим образом. Аналитическую пробу взвешивают (m_i), равномерно насыпают в металлический сосуд и заливают водой с температурой $(+20\pm5)^0$С. Через 48 ч воду сливают, помещают щебень (гравий) в морозильную камеру, доводят температуру в ней до $(-18\pm2)^0$С и при этой температуре выдерживают 4 ч. Затем щебень (гравий) снова помещают в ванну с проточной или сменяемой водой с температурой $(+20\pm5)^0$С и выдерживают в ней до полного оттаивания, но не менее 2 ч. Дальше циклы замораживания - оттаивания повторяют. После 15, 25 и каждых последующих 25 циклов попеременного замораживания и оттаивания пробу щебня (гравия) высушивают до постоянной массы, просеивают через контрольное сито. За контрольные принимаются те сита, на которых данная фракция полностью оставалась до начала испытания. После просеивания остатки на контрольных ситах взвешивают ($m_{1n\phi i}$). По полученным результатам рассчитывают для каждой отдельно взятой i-ой фракции потерю массы после определенного n-ного количества циклов замораживания – оттаивания ($\Delta m_{n\phi i}$). По результатам испытаний каждой пробы щебня (гравия) рассчитывают средневзвешенное значение показателя потери массы в % ($\Delta m_{n№}$). Затем определяют среднеарифметическое значение показателя потери массы в % (Δm_n) по результатам двух параллельных испытаний.

Примечание: 1. Если при испытании фракции (40- 70 (80)) мм при визуальном осмотре обнаружены зерна, имеющие свежую поверхность раскола, и которые остались на сите 40 мм, то их относят к неморозостойким и в массу остатка на контрольном сите не включают.

2. Если потеря массы при данном числе циклов замораживания и оттаивания не превышает допустимой величины, то испытания продолжают в течение последующих n-циклов, установленных стандартом.

3. Если потеря массы превысила допустимый установленный стандартом предел, то испытание прекращают и морозостойкость данной фракции щебня (гравия) характеризуют предыдущим числом циклов замораживания и оттаивания, при котором потеря массы щебня (гравия) не превышала допустимой стандартом величины.

Сначала определяем для каждой отдельно взятой i-ой фракции щебня (гравия) потерю массы пробы в % ***($\Delta m_{n\phi i}$)*** после n – ного количества циклов замораживания – оттаивания, по формуле:

$$\Delta m_{n\phi i} = (m_i - m_{1n\phi i}) / m_i \cdot 100 , \qquad (21)$$

где: m_i - масса пробы щебня (гравия) отдельно взятой i-ой фракции, г;

$m_{1n\phi i}$ - масса остатка на контрольном сите после n – ного количества циклов замораживания – оттаивания для отдельно взятой i-ой фракции, г;

Затем рассчитываем средневзвешенное значение показателя потеря массы пробы в %, ***($\Delta m_{n№}$)*** по формуле (12) представив ее в следующим виде:

$$\Delta m_{n№} = (\Delta m_{n\phi 1}\, a_{\phi 1} + \Delta m_{n\phi 2}\, a_{\phi 2} + \ldots + \Delta m_{n\phi i}\, a_{\phi i}) / (a_{\phi 1} + a_{\phi 2} + \ldots + a_{\phi i}) , \qquad (22)$$

Таблица 24

Результаты испытаний и расчетов

Фракция щебня (гравия), мм	№ испытания	Масса пробы щебня (гравия), г m_i	Масса остатка на контрольном сите после испытания через n-циклов,г $m_{1nфi}$ / потеря массы, % $\Delta m_{nфi}$			Средневзвешенное значение потери массы, % $\Delta m_{n№}$		
			15 цикл	25 цикл	50 цикл	15 цикл	25 цикл	50 цикл
5 - 10	№ 1	*1000*						
10 - 20		*1500*						
20 - 40		*2500*						
5 - 10	№ 2	*1000*						
10 - 20		*1500*						
20 - 40		*2500*						

В формулу подставляем расчетные значения **(Δm_{ni})** и содержание (долю) каждой отдельно взятой фракции **($a_{фi}$),** определенные по данным зернового состава щебня (гравия):

т.е. - *доля фр. (5 – 10) мм,*

- *доля фр. (10 – 20) мм,*
- *доля фр. (20 – 40) мм,*

По полученным данным определяем среднеарифметическое значение показателя потери массы после n – ного количества циклов замораживания – оттаивания:

- *при n = 15 цикл.,*
- *при n = 25 цикл.,*
- *при n = 50 цикл.,*

Таблица 25

Требования к щебню (гравию) в зависимости от его марки по морозостойкости

Вид испытания	Марка по морозостойкости щебня и гравия							
	F 15	F 25	F50	F 100	F 150	F 200	F 300	F 400
Замораживание-оттаивание: Число циклов ***(n)***	15	25	50	100	150	200	300	400
Потеря массы после испытания, % ***(Δm)*** ,не более	10	10	5	5	5	5	5	5

Список использованных источников

1. СП 78.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85.
2. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*.
3. ГОСТ 8736-93. Песок для строительных работ. Технические условия
4. ГОСТ 8735-88. Песок для строительных работ. Методы испытаний.
5. ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия
6. ГОСТ 8269.0-97. Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА
ПРИ УСТРОЙСТВЕ СЛОЕВ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД
ИЗ ИНЕРТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебно-методическое пособие к выполнению лабораторных занятий
по дисциплине «Контроль качества дорожных работ»
для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01
«Строительство», профиль «Автомобильные дороги»
дневной формы обучения

Составители: Мавлиев Л.Ф., Фомин А.Ю.

Редактор Л.З. Ханафиева

Издательство
Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Подписано в печать		Формат60x84/16
Заказ №	Печать ризографическая	Усл.-печ. л.
Тираж	Бумага офсетная	Уч.-изд. л.

Отпечатано в полиграфическом секторе
Издательства КГАСУ
420043, г. Казань, ул. Зеленая, д.1