

Оглавление

1. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ «ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ»	6
Лабораторная работа № 1. Определение максимальной плотности грунта.....	6
Лабораторная работа № 2. Определение гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава щебеночно-гравийно-песчаной смеси для покрытий и оснований автомобильных дорог	10
Лабораторная работа № 3 Основные показатели и характеристики минерального порошка для асфальтобетонных и органоминеральных смесей	14
Лабораторная работа № 4. Определение свойств нефтяных дорожных битумов	17
Лабораторная работа № 5. Изготовление стандартных образцов и определение основных свойств асфальтобетона	20
Лабораторная работа № 6. Испытание цементобетонных смесей и цементобетонов.....	25
Лабораторная работа № 7. Испытание материалов для дорожной разметки	31
2. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ «МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ГОРОДСКОЙ ДОРОЖНОЙ СЕТИ И АВТОМАГИСТРАЛЕЙ».....	34
Лабораторная работа № 1. Определение физико-механических свойств крупного заполнителя для асфальтобетонов.....	34
Лабораторная работа № 2. Определение испытания физико-механических свойств мелкого заполнителя для асфальтобетонов	36
Лабораторная работа № 3. Определение физико-механических свойств наполнителя для асфальтобетонов	38
Лабораторная работа № 4. Определение физико-механических свойств битумного вяжущего с учетом температурного диапазона эксплуатации	41
Лабораторная работа № 5. Определение физико-механических свойств битумного вяжущего с учетом эксплуатационных транспортных нагрузок	43
Лабораторная работа № 6. Определение физико-механических свойств асфальтобетонов.....	46
Лабораторная работа № 7. Определение эксплуатационных свойств асфальтобетонов.....	48
Лабораторная работа № 8. Определение стойкости к колееобразованию асфальтобетонов.....	51
Библиографический список	54
Список рекомендованной литературы.....	54

ВВЕДЕНИЕ

Практикум составлен в соответствии с учебной программой дисциплин «Дорожно-строительные материалы», «Материалы и технологии для городской дорожной сети» и «Материалы и технологии для автомагистралей» для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство.

Приведены методики стандартных испытаний с описанием используемых приборов и оборудования в соответствии с лабораторным практикумом «Дорожно-строительные материалы» и лабораторным практикумом «Материалы и технологии для городской дорожной сети и автомагистралей». Содержится список рекомендуемой литературы.

В лабораторном практикуме «Дорожно-строительные материалы» в работе по изучению грунта (1) представлена методика определения максимальной плотности. Работа по изучению щебеночно-гравийно-песчаной смеси (2) для покрытий и оснований автомобильных дорог включает в себя методики определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. В лабораторной работе по определению основных показателей и характеристик минерального порошка (3) для асфальтобетонных и органоминеральных смесей представлены методики определения показателя битумоемкости и гидрофобности ускоренным методом. В работе «Определение свойств нефтяных дорожных битумов» (4) представлена методика оценки сцепления битума с поверхностью минерального материала по методу А («пассивное» сцепление) и методу Б («активное» сцепление). Работа по изучению свойств асфальтобетона (5) включает в себя методику изготовления стандартных образцов уплотнителем Маршалла, определения объемной плотности асфальтобетона и определения сопротивления пластическому течению по методу Маршалла. В работе по изучению цементобетонных смесей и цементобетонов (6) представлена методика расчета воздухововлечения цементобетонной смеси для дорожных бетонов, определения прочности методом неразрушающего контроля и водонепроницаемости бетона. В лабораторной работе «Испытание материалов для дорожной разметки» (7) представлены методики по определению условной вязкости лакокрасочных материалов и адгезии методом решетчатых надрезов.

В лабораторном практикуме «Материалы и технологии для городской дорожной сети и автомагистралей» в работе по изучению физико-механических свойств крупного, мелкого заполнителя и наполнителя для асфальтобетонов (1, 2, 3) представлены методики определения дробимости щебня, пустотности песка, средней плотности и пористости минерального порошка. В лабораторных работах по изучению физико-механических свойств битумного вяжущего с учетом температурного диапазона эксплуатации и эксплуатационных транспортных нагрузок (4, 5) представлены методики определения температуры размягчения по методу «Кольцо и шар» и динамической вязкости. В лабораторных работах по изучению физико-механических и эксплуатационных свойств асфальтобетонов (6, 7, 8) представлены методики определения сопротивления пластическому течению по методу Маршалла, водостойкости и глубины колеи.

1. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ «ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ»

Лабораторная работа № 1

Определение максимальной плотности грунта

Самым многотоннажным материалом при возведении земляного полотна является грунт. Поверхностный слой грунтов (плодородный или растительный грунт) снимается с участка поверхности, занимаемой земляным полотном, перед началом работ и в строительстве не используется, а основным материалом является грунт естественного залегания.

Свойства грунтов зависят от нескольких факторов: минералогического и гранулометрического составов, структуры, текстуры и состояния в природном залегании. Основными характеристиками грунтов являются: гранулометрический состав, влажность (естественная, оптимальная, гигроскопическая) максимальная плотность грунта, плотность сухого грунта, плотность минеральных частиц грунта, пористость, коэффициент фильтрации.

Уплотнение грунта, из которого сооружается земляное полотно, является важным технологическим процессом, в результате которого достигается расчетная прочность, устойчивость и стабильность дорожной конструкции. Плотность грунта оценивается коэффициентом уплотнения K_y , который представляет собой отношение фактической плотности грунта к максимальной стандартной плотности данного грунта. В земляном полотне автомобильных дорог коэффициент уплотнения грунтов не должен быть ниже значений, приведенных в нормах проектирования автомобильных дорог и указанных в приложении 1.

Величина коэффициента уплотнения колеблется от 1,00 до 0,90, в зависимости от условий работы части земляного полотна, глубины расположения слоя и дорожно-климатической зоны.

Целью искусственного уплотнения грунтов является повышение их прочности, снижение водопроницаемости и высоты капиллярного поднятия влаги, а также уменьшение неравномерности и ускорение осадок. Уплотнение насыпных грунтов, содержащих в порах воду и воздух, происходит в основном не за счет вытеснения воды, а за счет вытеснения воздуха при сближении частиц, поэтому на процесс уплотнения большое влияние оказывает влажность грунта.

При повышении влажности до некоторого предела плотность грунта увеличивается при одинаковой затрате уплотняющей энергии. При дальнейшем увеличении влажности плотность уменьшается.



Рис. 1. Схематичное изображение компонентов грунта при различной влажности:
1 — частицы грунта; 2 — пустоты; 3 — влага

Если грунт уплотнять при постоянной влажности, но с постепенным увеличением работы уплотняющих средств, то плотность грунта будет увеличиваться лишь до некоторого предела, поэтому дальнейшее увеличение работы на уплотнение грунта оказывается неэффективным.

В лабораторных условиях определение оптимальной влажности и соответствующей ей максимальной плотности производится с помощью прибора стандартного уплотнения «СОЮЗДОРНИИ». Такое стандартное уплотнение соответствует влажности и плотности, в производственных условиях получаемых при уплотнении грунтов катками среднего веса.

Термины:

Грунт — горные породы, залегающие преимущественно в пределах зоны выветривания и являющиеся объектом инженерно-строительной и хозяйственной деятельности человека.

Грунтовая смесь оптимальная — смесь грунтов или естественные грунты, отличающиеся наибольшей плотностью и определенным содержанием песчаных зерен, пылеватых и глинистых частиц.

Максимальная плотность (стандартная плотность) — наибольшая плотность сухого грунта, которая достигается при испытании грунта методом стандартного уплотнения.

Оптимальная влажность — значение влажности грунта, соответствующее максимальной плотности сухого грунта.

Стандартное уплотнение — послойное (в три слоя) уплотнение образца грунта с постоянной работой уплотнения.

График стандартного уплотнения — графическое изображение зависимости плотности грунта от влажности при испытании методом стандартного уплотнения.

Задание: определить максимальную плотность сухого природного и техногенного дисперсного грунтов и соответствующую ей влажность при исследовании грунтов для строительства автомобильных дорог.

Методика: установление зависимости плотности сухого грунта от его влажности при уплотнении образцов грунта с постоянной работой уплотнения и последовательным увеличением влажности грунта.

Оборудование: установка для испытания грунта методом стандартного уплотнения ручным способом (прибор СОЮЗДОРНИИ), форма для образцов грунтов, весы лабораторные, влагомер электронный, линейка металлическая, цилиндры мерные вместимостью 100 мл, чашки металлические, шпатель металлический.

Ход работы:

Для проведения лабораторной работы используют предварительно высушенные до постоянной массы пробы грунтов (песок, глинистый грунт (супесь), техногенный грунт — золошлаковые отходы с размером частиц не более 5 мм).

Методом квартования из каждой пробы грунта отбирают навеску для испытания массой 2500 г. Для этого конус насыпанного материала разравнивают и делят взаимно перпендикулярными линиями, проходящими через центр на четыре части. Две любые противоположные четверти берут в пробу и помещают в металлическую чашку для испытания.

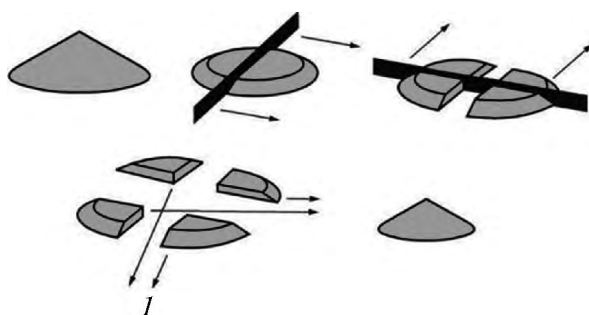


Рис. 2. Метод квартования

Рассчитывают количество воды, г, для доувлажнения отобранной пробы до влажности первого испытания по формуле:

$$Q = \frac{m'_p}{1 + 0,01w_g} 0,01(w_1 - w_g), \quad (1)$$

где m'_p — масса отобранной пробы, г; w_1 — влажность грунта для первого испытания, назначаемая по табл. 1, %; w_g — влажность просеянного грунта в сухом состоянии, %.

Таблица 1

Влажность различных грунтов для первого испытания

Грунты	Влажность w_1 грунта для первого испытания, %
Песок гравелистый, крупный и средней крупности	4
Песок мелкий и пылеватый	6
Супесь, суглинок легкий	6–8
Суглинок тяжелый, глина	10–12
Техногенный грунт	4

В отобранную пробу грунта добавляют рассчитанное количество воды за несколько приемов, перемешивая грунт металлическим шпателем.

Определение максимальной плотности и оптимальной влажности производится с помощью прибора СОЮЗДОРНИИ, общий вид и принципиальная схема которого представлена на рис. 3.

Эксперимент проводят последовательно, увеличивая влажность грунта при каждом последующем испытании на 2 %. Количество воды для доувлажнения испытываемой пробы определяют по формуле (1), принимая в ней за w_g и w_1 влажности при предыдущем и очередном испытаниях соответственно.

Перед началом проведения эксперимента взвешивают пустую форму m_c прибора СОЮЗДОРНИИ (рис. 3, а, позиция 2). Затем испытываемый грунт засыпают в форму слоем толщиной 50–60 мм и слегка уплотняют его поверхность шпателем. Далее устанавливают наковальню с грузом массой 2,5 кг (рис. 3, а, позиции 5, б) на поверхность грунта и проводят его уплотнение 40 ударами груза с высоты 300 мм. Такую операцию проводят с каждым из трех слоев грунта, последовательно загружаемых в форму. Перед загрузкой второго и третьего слоев поверхность предыдущего уплотненного слоя взрыхляют ножом на глубину от 1 до 2 мм. Перед укладкой третьего слоя на форму устанавливают насадку (рис. 3, а, позиция 4), после уплотнения третьего слоя снимают насадку и срезают лишний объем грунта заподлицо с торцом формы.

Затем взвешивают форму с уплотненным грунтом m_i и рассчитывают плотность грунта ρ_i , г/см³, по формуле:

$$\rho_i = \frac{m_i - m_c}{V}, \quad (2)$$

где m_i — масса цилиндрической части формы с уплотненным грунтом, г; m_c — масса цилиндрической части формы без грунта, г; V — вместимость формы, см³.

Далее извлекают из формы уплотненный грунт и пересыпают его в металлическую чашу, в которой с помощью электронного влагомера контролируют фактическую влажность.

На завершающем этапе графически изображаются зависимости плотности грунта от влажности (рис. 4). По наивысшей точке графика для грунтов находят значение максимальной плотности ρ_{dmax} и соответствующее ему значение оптимальной влажности w_{opt} .



Рис. 4. Зависимость плотности сухого грунта от влажности

При постепенном повышении влажности грунта плотность его поначалу увеличивается. При определенном для каждого грунта показателе влажности уплотнение грунта тоже принимает максимальное значение. При дальнейшем увеличении влажности при той же работе происходит снижение плотности грунта.

Уплотнение грунта позволяет воде при ее оптимальном содержании уменьшать трение между частицами и агрегатами и способствует их максимальному сближению.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается сущность метода квартования?
2. Что такое максимальная плотность грунта?
3. Как зависит плотность грунта от его влажности?
4. В чем заключается методика определения максимальной плотности грунта?
5. Пользуясь графиком стандартного уплотнения, объясните зависимость плотности грунта от его влажности.

Лабораторная работа № 2

Определение гранулометрического (зернового) и микроагрегатного составов щебеночно-гравийно-песчаной смеси для покрытий и оснований автомобильных дорог

Основной группой материалов, применяемых в дорожном строительстве, являются минеральные материалы. К ним относятся щебень, гравий, песок, а также их вариативные смеси: щебеночно-песчаные, гравийно-песчаные и щебеночно-гравийно-песчаные смеси.

Щебеночно-гравийно-песчаные смеси (далее по тексту ЩГПС) применяются для устройства покрытий, оснований и дополнительных слоев оснований автомобильных дорог и укрепления обочин. Такие смеси добывают в карьерах путем переработки горных пород, а затем их измельчают на дробильно-сортировочных предприятиях, очищают от примесей и сортируют по фракционному составу.

В отличие от применения фракционированного щебня, ЩГПС при укладке и уплотнении слоев способны создавать наиболее прочные и ровные поверхности с плотной структурой за счет заполнения мелкой фракцией пустот, образованных более крупными частицами, как схематично показано на рис. 5, а, б.



Рис. 5. Структура слоев из различных материалов:
a — устройство слоя из щебня с образованными межзерновыми пустотами;
б — устройство слоя из ЩГПС с заполнением межзерновых пустот мелкой фракцией

Необходимо отметить, что в настоящее время на территории РФ действуют две группы нормативных документов, регламентирующих технические требования к ЩГПС. Одна нормативная база (условно назовем ее «старая») была разработана в СССР, другая база (назовем ее «новая») разработана и утверждена в 2019 году.

Классификация ЩГПС, представленная по старой базе в табл. 2 и приложении 2, зависит от наибольшей крупности зерен и процентного соотношения различных фракций в смеси.

Таблица 2

Классификация ЩГПС в зависимости от наибольшей крупности зерен

Номер смеси	Наибольший размер зерен, мм	Примечание
<i>Смеси для покрытий</i>		
C1	40	Количество крупной фракции в смеси не превышает 10 %. Основная область применения — устройство покрытий, которые должны иметь гладкую поверхность
C2	20	Материал используется для создания дорожных покрытий I–III категорий автомобильных дорог. Покрытие, полученное с использованием ЩГПС C2, отличается устойчивостью к воздействию воды, механических нагрузок, температурных перепадов
<i>Смеси для оснований (непрерывная гранулометрия)</i>		
C3	120	Основная цель применения этого материала — создание дополнительных слоев основания дороги
C4	80	Содержание крупной фракции не должно превышать 10 %. Применяется при устройстве оснований дорог, укреплении обочин, создании балластной призмы трамвайных и ЖД путей
C5	40	Используется для обустройства основных и дополнительных слоев дорожной одежды, отделки обочин и ремонта дорожного полотна
C6	20	Применяется для возведения временных дорог, укрепления откосов и обустройства небольших стояночных площадок для легкого транспорта
C7	10	Эти мелкофракционные материалы применяются для создания нижнего слоя автомобильных дорог
C8	5	
<i>Смеси для оснований (прерывистая гранулометрия)</i>		
C9	80	Используется для обустройства автомагистралей и дорог всех типов, а также для укрепления их обочин
C10	40	Применяется для укладки нижнего основного и промежуточных слоев. После тщательной трамбовки и укатки материал часто используется для обустройства временных дорог
C11	20	Применяется при обустройстве автомобильных дорог всех типов, засыпки стояночных и разворотных площадок, укреплении откосов, а также возведении временных дорог

По новой нормативной базе ЩГПС классифицируют в соответствии с установленными требованиями по ПНСТ 327-2019 в зависимости от наибольшей крупности зерен на типы, представленные в табл. 3.

Таблица 3

Классификация ЩГПС с рекомендациями по применению

Размер ячеек квадратного сита, (максимальная крупность зерен), мм	Тип смеси	Марки ЩГПС для конструктивного элемента автомобильной дороги			
		Слои покрытия	Слои основания	Дренажные слои основания	Морозозащитные слои основания
8	0/8	M1, M3	M1, M3	M4, M5	M2
11,2	0/11,2	M1, M3	M1, M3	M4, M5	M2
16	0/16	M1, M3	M1, M3	M4, M5	M2
22,4	0/24	M1, M3	M1, M3	M4, M5	M2
31,5	0/31,5	M1, M3	M1, M3	M4, M5	M2
45	0/45	–	M1, M3	M4, M5	M2
63	0/63	–	M1, M3	M4, M5	M2
90	0/90	–	M1, M3	M4, M5	M2

В свою очередь, указанные типы ЩГПС по гранулометрическому составу делятся на марки в зависимости от процентного содержания материала, прошедшего через контрольные сита по табл. 4.

Таблица 4

Требования к гранулометрическому составу для разных марок ЩГПС

Проход через сито. % масс. на контрольных ситах						Марка по гранулометрическому составу
A	B	C	E	F	G	
63–77	43–57	30–42	22–33	15–30	5–15	M1
63–77	43–60	30–52	23–40	14–35	10–30	M2
61–79	41–64	31–49	22–36	13–30	10–20	M3
58–70	39–51	26–38	17–28	11–21	5–15	M4
54–72	33–52	21–38	14–27	9–20	–	M5

Размеры ячеек контрольных сит A, B, C, E, F, G принимают в зависимости от типа готовой смеси в соответствии с табл. 5.

Таблица 5

Размеры ячеек контрольных сит

Обозначение типа смеси	Сито A	Сито B	Сито C	Сито E	Сито F	Сито G
0/8	4	2	–	1	0,5	–
0/11,2	5,6	4	2	1	0,5	–
0/16	8	4	2	1	0,5	–
0/24	11,2	5,6	2	1	0,5	–
0/31,5	16	8	4	2	1	0,5
0/45	22,4	11,2	5,6	2	1	0,5
0/63	31,5	16	8	4	2	1
0/90	45	22,4	12	5,6	2	1

При этом необходимо отметить, что в настоящее время указанные нормативные базы действуют параллельно, выбор их регламентируется требованиями заказчика. В перспективе предполагается полный переход на новую нормативную базу.

Таким образом, важным условием применения щебеночно-гравийно-песчаных смесей в дорожном строительстве является их соответствие характеристикам, определенным в вышеуказанных нормативных документах. Главным фактором, определяющим тип и сферу их применения, является гранулометрический состав.

Термины:

Гранулометрический (фракционный, зерновой) состав — содержание в материале зерен различной крупности, выраженное в процентах от массы всего материала.

Щебеночно-гравийно-песчаная смесь — искусственно приготовленная смесь из щебня и песка (щебеночно-песчаная смесь), гравия и песка (гравийно-песчаная смесь) или щебня, гравия и песка (щебеночно-гравийно-песчаная смесь).

Полный остаток — сумма частных остатков на данном сите и всех ситах с большими размерами ячеек.

Просеивание — ручная или механическая сортировка сыпучего материала по размерам зерен с помощью сит.

Частный остаток — отношение массы остатка на рассматриваемом сите к массе всего просеиваемого материала, выраженное в процентах.

Полный остаток — сумма частных остатков на данном сите и всех ситах с большими размерами ячеек.

Единичная проба — проба шлакового щебня или песка, полученная методом сужения из лабораторной пробы и предназначенная для сокращения до требуемого количества мерных проб для проведения испытания. *Мерная проба* — количество шлакового щебня или песка, используемое для получения одного результата в одном испытании.

Задание: определить зерновой состав щебеночно-гравийно-песчаной смеси методом отсева на стандартном наборе сит и выбрать тип смеси в зависимости от наибольшей крупности зерен.

Методика: распределение и разделение смеси ЩГПС на фракции путем просеивания пробы материала через набор соответствующих сит и определение полных остатков на каждом сите.

Оборудование: стандартный набор сит для ЩГПС, сушильный шкаф, лабораторные электронные весы, поддоны металлические.

Ход работы:

Для проведения испытания из единичной пробы готовят мерную пробу ЩГПС, которую высушивают при температуре $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ до постоянной массы и взвешивают 5 кг. Затем подготовленную мерную пробу ЩГПС просеивают через набор сит с квадратными отверстиями, размер которых регламентируется в соответствии с требованиями, указанными в табл. 3. При этом сита располагаются сверху вниз по степени уменьшения размеров ячеек, заканчивая поддоном. После завершения просеивания сита последовательно снимают, начиная с верхнего. Процесс просеивания можно считать законченным, когда масса остатка на сите после одной минуты просеивания уменьшится не более чем на 1 %.

По максимальной крупности зерен ЩГПС назначается ее тип (см. табл. 3).

В зависимости от типа ЩГПС выбирают ячейки контрольных сит, указанных в табл. 5. Например, если наибольшая крупность зерен составила 16 мм, следовательно, принимают контрольные сита с размерами 8, 4, 2, 1 и 0,5.

Далее проводят дополнительный рассев мерной пробы с выбранными контрольными ситами для определения марки по гранулометрическому составу.

После отсева мерной пробы последовательно отдельно взвешивают остаток на каждом сите и определяют частные остатки в граммах.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru