

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЛЕСА»

И.Л. Шевелев, С.П. Карпачев, А.Н. Комяков, В.В. Никитин

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ГРУНТОВ

Методические указания к выполнению лабораторных работ

Часть 2

Москва
Издательство Московского государственного университета леса
2016

УДК 630.37

К 26

И.Л. Шевелев, С.П. Карпачев, А.Н.Комяков, В.В. Никитин. Определение свойств грунтов. Методические указания к выполнению лабораторных работ. Часть 2: для студентов профиля подготовки бакалавра «Лесоинженерное дело» – М.: МГУЛ, 2016. – 29 с.: ил.

Методические указания составлены на основании рабочей программы дисциплины «дорожно-строительные материалы и машины» направления подготовки: 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» профиля подготовки «Лесоинженерное дело» квалификации выпускника – бакалавр.

Учебное пособие содержит сведения по выполнению лабораторных работ по определению свойств грунтов. Учебное пособие сопровождается примерами.

Одобрено и рекомендовано к изданию в качестве учебного пособия редакционно-издательским советом университета

Рецензенты: доцент Е.Н. Щербаков

Переиздание

Кафедра промышленного транспорта и строительства

Авторы: Сергей Петрович Карпачев, профессор
 Игорь Леонидович Шевелев, доцент
 Алексей Николаевич Комяков
 Владимир Валентинович Никитин

© И.Л. Шевелев, С.П. Карпачев, А.Н. Комяков, В.В. Никитин 2016
© Московский государственный университет леса

Введение

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «дорожно-строительные материалы и машины» предназначены для студентов направления подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» профиля подготовки «Лесинженерное дело» квалификации выпускника – бакалавр. Число и вид работ устанавливается ведущим преподавателем в соответствии с программой курса.

Для более глубокого ознакомления с методикой выполнения некоторых работ, а также с теоретическими предпосылками рекомендуется дополнительная литература, список которой приведен в конце методических указаний.

Данная часть методических указаний относится к определению физико-механических свойств и улучшению дорожно-строительных качеств грунтов. Первая и вторая части методических указаний составляют единую работу.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №14

Определение компрессионных свойств грунтов

Целью работы является изучение свойства грунтов, называемого сжимаемостью.

Степень сжимаемости грунта обычно выражают коэффициентом сжимаемости или компрессии:

$$a = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_H}{P_H - P_0'}$$

где ε_0 – первоначальный (до нагружения) коэффициент пористости грунта;

ε_H – коэффициент пористости грунта после приложения нагрузки;

P_0 – естественная нагрузка на грунт, МПа;

P_H – приложенная к грунту нагрузка, МПа.

По коэффициенту сжимаемости различают грунты:

1. Малосжимаемые, при $a \leq 0,001$ 1/МПа.
2. Среднесжимаемые, при $a \leq 0,01$ 1/МПа.
3. Сильносжимаемые, при $a \leq 0,1$ 1/МПа.

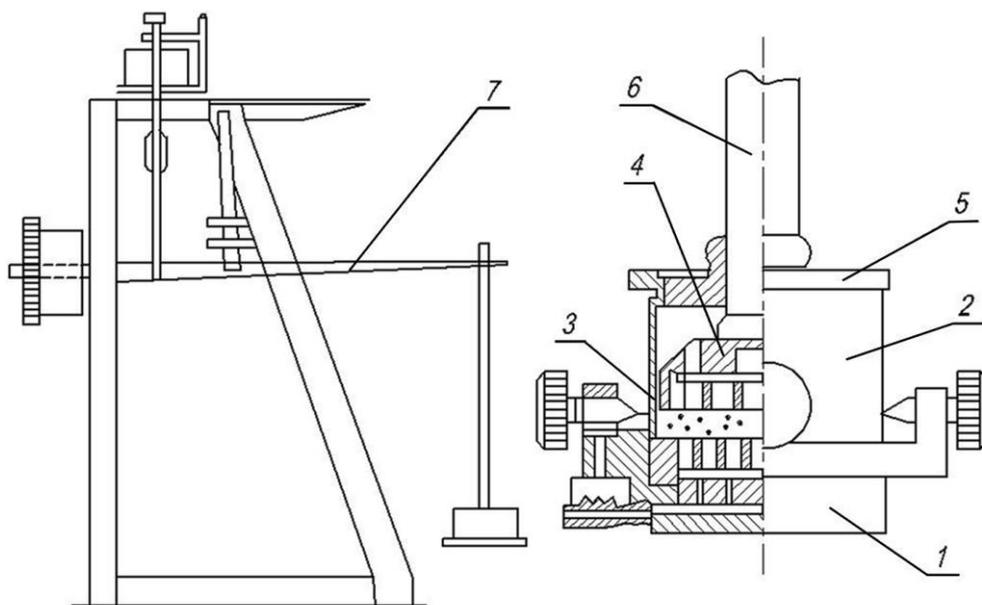


Рис. 16. Схема лабораторной установки

Испытания грунтов проводят на компрессионной установке рис.16. Она состоит из компрессионного прибора (одометра), рычажного пресса, станины и набора гирь.

Работу выполняют в следующей последовательности:

1. Измеряют штангенциркулем высоту и диаметр кольца 3. Кольцо взвешивают. Результаты замеров и массу кольца записывают в бланк- задание.

2. Навинчивают цилиндр 2 и заполняют рабочее кольцо грунтом.

3. Свинчивают цилиндр и зачищают грунт в кольце. Кольцо с грунтом взвешивают.

4. Определяют влажность и коэффициент пористости грунта. Для определения влажности пользуются методом, указанным преподавателем. (Коэффициент пористости ϵ_0 определяют методом, описанным в лабораторной работе № 12).

5. Грунт с обеих сторон покрывают фильтровальной бумагой. Кольцо вновь свинчивают с цилиндром, устанавливают на базе 1 и зажимают притяжным кольцом.

6. Приводят в рабочее положение рычажный пресс 7. Для этого шток через шаровой шарнир соединяют со штампом и с рычагом пресса. На шток устанавливают индикатор. Рычаг приводят в горизонтальное положение и фиксируют арретиром. Шкалу индикатора устанавливают на «ноль».

7. Прикладывают первую степень нагрузки $P = 0,05$ МПа, для чего на рычаг устанавливают гирю массой 1,71 кг. Фиксируют показания индикатора через 1, 2, 5 минут и в момент затухания нагрузки. Затем прикладывают следующую степень нагрузки $P = 0,1$ МПа (гири массой 1,925 кг дополнительно к первой) и повторяют замеры.

8. Прикладывают третью степень нагрузки $P = 0,2$ МПа, установив дополнительно гири массой 3,85 кг.

9. На каждой ступени нагрузки вычисляют коэффициент пористости ϵ_H

$$\epsilon_H = \epsilon_0 - \frac{\Delta h}{h_0} (1 + \epsilon_0),$$

где Δh - величина, на которую изменялась высота образца после стабилизации осадка, мм;

h_0 – начальная высота образца грунта, мм.

10. По полученным данным строят график изменения коэффициента пористости грунта ϵ_H от величины нагрузки P (компрессионную кривую), определяют средний коэффициент сжимаемости грунта и характеризуют грунт.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №15

Определение сопротивления грунтов сдвигу

Характеристикой сопротивления грунта сдвигу является коэффициент сдвига. Для определения которого используется прибор конструкции Маслова – Дурье или другие системы.

Прибор состоит из рабочего столика 1, срезывателя 2, ванны 3, загрузочного устройства вертикального давления 4, кронштейна с рычагом горизонтального усилия и тормоза 5, подвески для грузов 6.

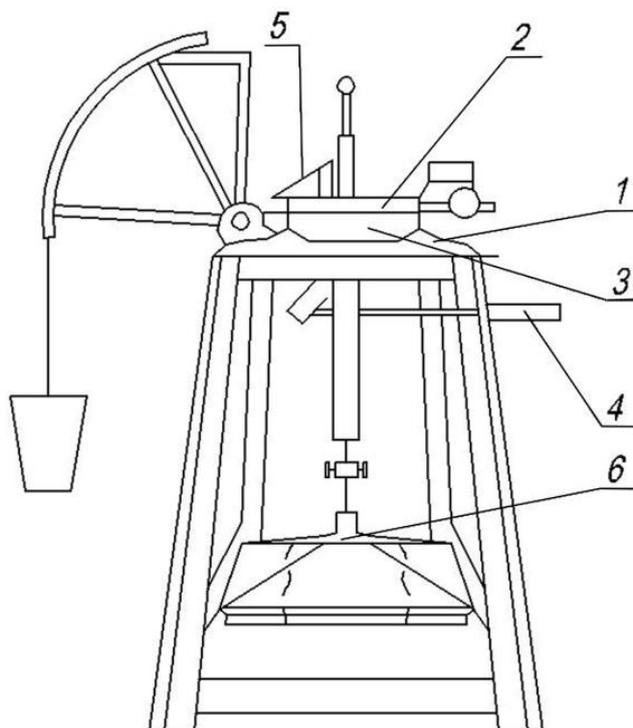


Рис. 17. Схема прибора конструкции Маслова-Лурье

Работа выполняется в следующей последовательности:

1. Образец грунта вырезают с помощью металлического кольца и помещают в рабочий цилиндр прибора, состоящий из верхней и нижней обойм. Измеряют диаметр образца грунта.

2. Рабочий цилиндр с образцом устанавливают в ванну 3, предварительно спрягая ободы цилиндра. Создают вертикальное давление на грунт для его предварительного уплотнения.

3. По окончании уплотнения рабочий цилиндр устанавливают в гнездо сдвигового прибора, посадив нижнюю обойму на шпонку. Цилиндр закрепляют в гнезде винтом.

4. Отпускают поршень в верхнюю обойму рабочего цилиндра.

5. Создают необходимое вертикальное давление на грунт, подвесив груз 20 кг к подвеске 6.

6. На крюк троса секторного рычага вешают ведро и уравнивают систему балансиром.

7. Установочными винтами создают необходимый зазор (1-2 мм) между обоймами рабочего цилиндра, чтобы исключить трение между ними.

8. Постепенно увеличивают сдвигающее усилие, насыпая дробь в ведро секторного рычага. Величину и характер деформации сдвига фиксируют по шкале индикатора часового типа.

9. Считают, что сдвиг наступил, если при данной неизменной сдвигающей нагрузке скорость деформации возрастает. При этом опыт прекращается.

10. Взвешивают ведро с дробью и вычитают собственную массу ведра.

11. Вычисляют величину сдвигающего напряжения по формуле:

$$\tau = \frac{P}{gS}$$

где P – сдвигающее усилие (масса дроби), кг;

S – площадь сечения образца, см^2 ;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение силы тяжести.

12. Рассчитывают величину коэффициента сдвига по формуле:

$$\text{tg } \varphi = \frac{\tau}{q},$$

где q – нормальное давление в плоскости сдвига, $q = \frac{Q}{gS}$;

Q – вертикальная нагрузка, кг.

13. Повторяют опыт с образцами грунта, находящимся под вертикальной нагрузкой Q , равной 40 и 60 кг. Строят график зависимости коэффициента сдвига $\text{tg } \varphi$ от величины давления q .

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №16

Определение угла естественного откоса и угла внутреннего трения грунтов

Величина угла естественного откоса определяется отношением высоты конуса свободно отсыпаемого грунта h к его горизонтальному заложению l

$$\alpha = \arctg \frac{h}{l}$$

Угол естественного откоса обусловлен силами внутреннего трения и сцепления в грунтах. Поэтому для несвязных (скелетных) грунтов он может выступать в качестве характеристики угла внутреннего трения грунта.

Угол естественного откоса α определяют с помощью прибора (рис. 18), представляющего собой прямоугольный прозрачный сосуд 1, имеющий выдвинутую заслонку 2, разделяющую сосуд на две неровные части.

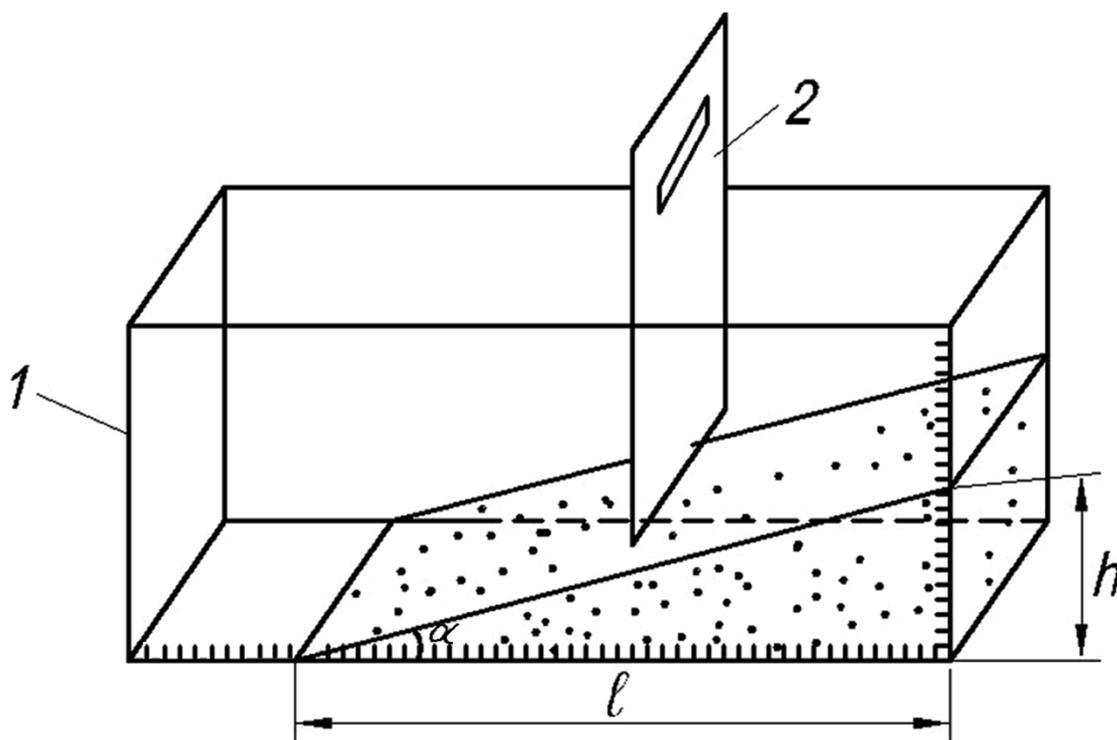


Рис. 18. Прибор для определения угла естественного откоса

Работу выполняют в следующей последовательности:

1. Ставят прибор на горизонтальную поверхность и при опущенной заслонке насыпают в малый отсек исследуемый воздушно-сухой грунт.
2. Постепенно, без рывков поднимают заслонку, создавая условия для свободного отсыпания грунта.
3. По окончании следует измерить высоту h и заложения l откоса с точностью до 1мм. Для измерений пользуются шкалами, нанесёнными на

боковых гранях прибора 3. По результатам замеров определяют величину угла естественного откоса α .

4. Проводят три повторных опыта с последующим подсчетом среднего значения α .

5. Для замера угла естественного откоса грунта под водой засыпают грунт в малый отсек. Большой отсек заполняют водой.

6. Плавно поднимают заслонку и после стабилизации суспензии проводят измерения и подсчеты, аналогичные описанным выше.

7. Опыты в водяной среде также проводят трижды с вычислением среднего значения угла естественного откоса грунта α под водой.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №17

Определение модулей деформации (общей и упругой) грунтов

Метод определения модуля общей деформации $B_{общ}$ модуля упругости E_u грунтов основан на испытании образцов грунтов путем вдавливания в них под нагрузкой штампа. При этом фиксируется величина вертикальной нагрузки и соответствующая ей величина общей и упругой (обратимой) деформации.

Определение модулей деформации грунта с помощью рычажного пресса

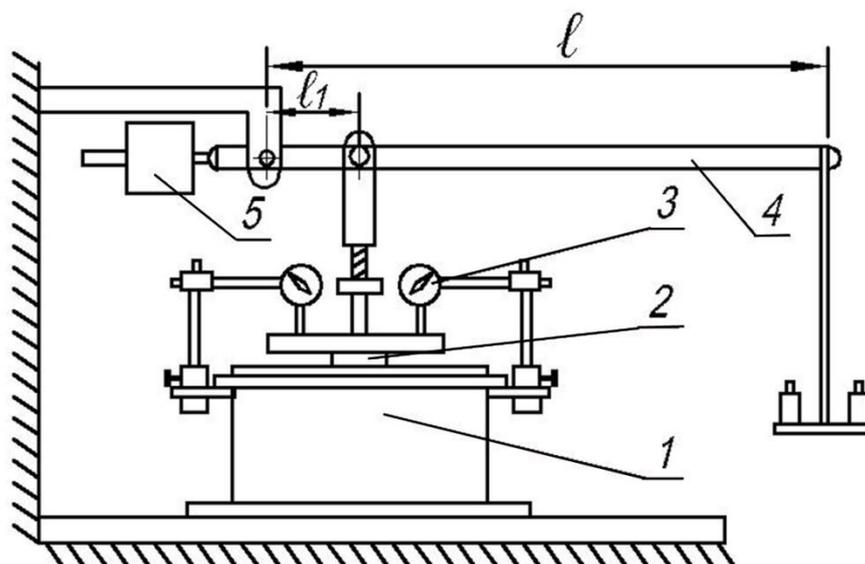


Рис.19. Схема рычажного пресса

Работу выполняют в следующей последовательности:

1. Готовят образец грунта, подлежащего испытанию. Для этого грунт укладывают в форму 1 равными порциями в 3...4 приема с уплотнением каждой порции металлической трамбовкой. Образующуюся на поверхности корку переуплотненного грунта разрыхляют, затем укладывают следующую порцию. По окончании укладки готовый образец выдерживают в течение суток для восстановления структуры пленок связанной воды.

2. Прикладывают первую ступень нагрузки путем подвешивания гири к рычагу пресса 4. Величину нагрузки, действующей на штамп 2 определяют, зная соотношение плеч рычага l и l_1

$$G = \frac{m}{l_1},$$

где m – масса гири, кг .

3. Выдерживают ступень нагрузки до затухания общей деформации и фиксируют показатели индикаторов 3.
4. Разгружают штамп, сняв гири. После затухания упругой деформации снимают отчеты по индикаторам.
5. Прикладывая последовательно 2-ую и 3-ую, 4-ую и 5-ую ступени нагрузок, выполняют п. 2, 3 и 4 для каждой ступени.

Определение модулей деформации грунта с помощью домкрата

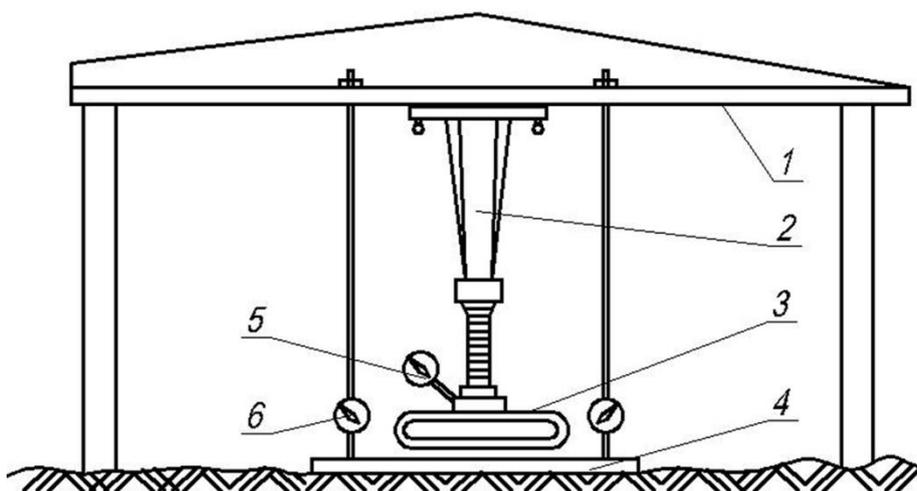


Рис. 20. Схема лабораторной установки

В установке (рис. 20) грунт испытывается стандартным штампом 4. Вертикальное усилие создается винтовым домкратом 2, упирающимся в силовую раму 1. Величина нагрузки G фиксируется по динамометру 3, индикатор 5 которого имеет тарировочный график перевода деформаций динамометра в нагрузку. Деформация грунта фиксируется по индикаторам 6.

Последовательность выполнения работы с использованием установки совпадает с описанной выше за исключением п. 1.

I. Обработка результатов

Для каждой ступени нагрузки определяют величину удельного давления на грунт

$$P = \frac{G}{gS} ,$$

где S – площадь сечения штампа, $см^2$;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение силы тяжести.

Величины модулей $E_{общ}$ и E_y определяют из следующих соотношений:

$$E_{общ} = \frac{pD}{l_{общ}} ,$$

$$E_y = \frac{\pi}{4} \frac{p D (1 - M^2)}{l_y}$$

где P – удельное давление на грунт, МПа;

D – диаметр штампа, см;

$l_{общ}$ – полная деформация грунта при нагрузке G , см;

l_y – упругая, обратимая деформация грунта, см;

M – коэффициент Пуассона, для грунтов при отсутствии в них пластических смещений может быть принят равным 0,35;

$\frac{\pi}{4}$ – поправочный коэффициент, учитывающий жесткость штампа.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №18

Испытание грунтов в условиях трехосного напряженного состояния (в стабилометре)

В стабилометре можно определить модуль общей деформации грунта, а также характеристики сопротивления грунтов сдвигу (угол внутреннего трения, сцепления).

На рис. 21 изображен стабилометр ЛИИЖТ-ГА-3.

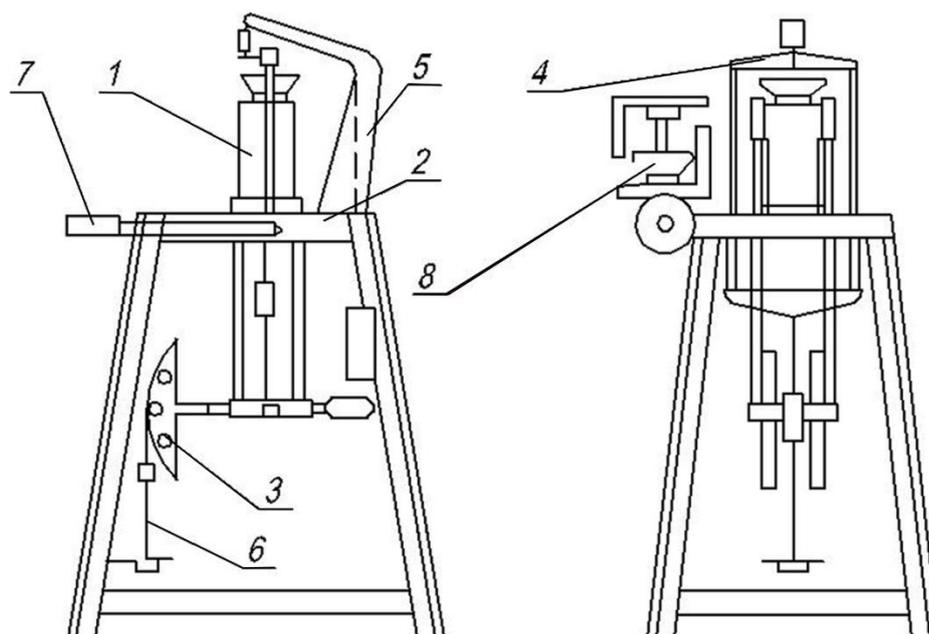


Рис. 21. Схема стабилометра ЛИИЖТ-ГА-3

Прибор состоит из камеры стабилометра 1, станины 2, прессы 3, рамы 4, кронштейна 5, подвески для груза 6, рукоятки устройства герметизации камеры 7, системы для создания бокового давления 8.

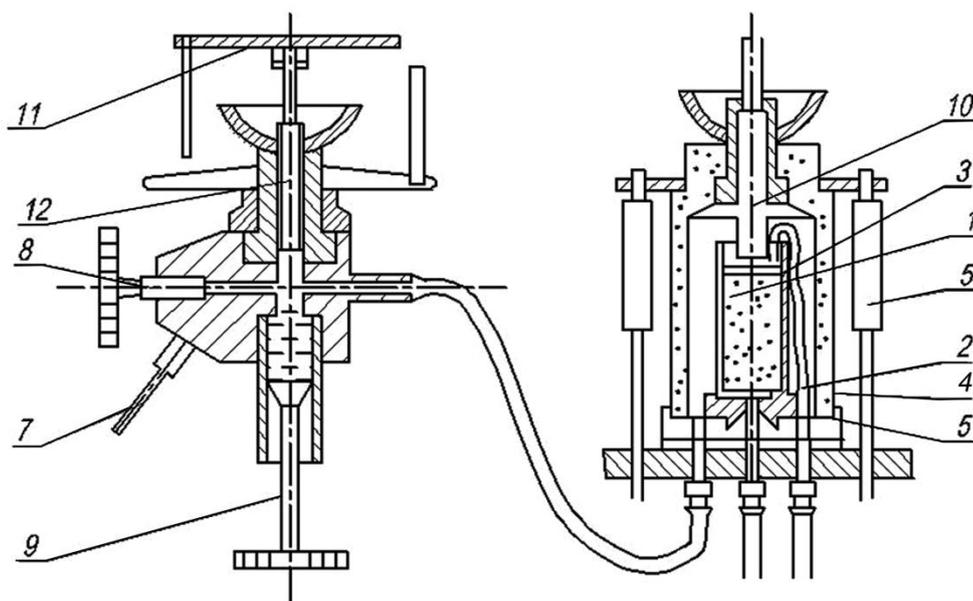


Рис.22. Камера стабилометра

Работу выполняют в следующей последовательности:

1. Образец грунта (рис 22) отбирают грунтоотборочной гильзой 1.
2. Взвешивают грунт с гильзой, измеряют высоту и диаметр образца и определяют объемную массу грунта. Методом, указанным преподавателем, определяют влажность грунта.
3. Покрывают образец грунта водонепроницаемой оболочкой и помещают его в стабилометр между верхним подвижным поршнем 3 и нижним 2. Концы резиновой оболочки зажимают в нижней части пластмассовым кольцом.
4. Вращая рукоятку 7 (рис. 21) тягами 5 прижимают плексигласовый стакан 4 к основанию, герметизируя камеру. В основании стакана укладываются резиновое кольцо 6.
5. Заполняют камеру водой через штуцер 7, открыв кран 6 и опустив поршень компенсатора 9 в крайнее нижнее положение. Шток 10 при этом извлекают из гильзы. Заполнение производят из бутылки, которую соединяют гибкой трубкой со штуцером 7 и поднимают выше прибора.
6. Создают необходимое боковое давление, устанавливая груз на площадку 11 плавающего поршня 12. В дальнейшем это давление поддерживается неизменным. После этого устанавливают на «ноль» индикатор, фиксирующий вертикальную деформацию образца.
7. Прикладывают к образцу вертикальную нагрузку через рычажный пресс. Нагрузку увеличивают ступенями, создавая к первоначальной площади сечения образца давление 0,05 Мпа; 0,10 Мпа; 0,15 Мпа и т.д. Каждую ступень выдерживают до условной стабилизации и затем фиксируют вертикальную деформацию по индикатору.

8. Сжатие производят до разрушения образца.
9. По результатам опыта определяют для каждой ступени нагрузки абсолютные Δh и относительные $\lambda = \frac{\Delta h}{h_0}$ вертикальные деформации образца.

Здесь h_0 – начальная высота образца грунта.

10. Определяют площадь поперечного сечения образца с учетом бокового расширения

$$S = \frac{S_0}{1-\lambda} ,$$

где S_0 – первоначальная площадь сечения образца, $см^2$.

11. Находят величину модуля общей деформации грунта в условиях трехосного сжатия

$$E_{общ} = \frac{P}{\lambda} ,$$

где P – вертикальное давление на образец; МПа, $P = \frac{Q}{gS}$

Q – вертикальная нагрузка на образец, кг.
 $g = 9.81 м/с^2$.

Расчеты проводят для каждой ступени нагрузки Q . Затем рассчитывают среднее значение модуля общей деформации в условиях трехосного сжатия грунта.

МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ ДОРОЖНО–СТРОИТЕЛЬНЫХ КАЧЕСТВ ГРУНТОВ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №19

Улучшение гранулометрического состава глинистых грунтов

Улучшение можно производить путем смешивания (в определенном соотношении) скелетного и глинистого грунтов, или двух глинистых, или глинистого и скелетного. В любом варианте необходимо иметь данные о гранулометрическом составе двух смешиваемых грунтов (используются данные, полученные в лабораторных работах №1, 2).

Определить процент добавки вводимого грунта для осуществления смешения. Ниже приводятся некоторые методы для определения процента добавки.

Определение процента добавки расчетным путем по формуле

$$P = \frac{c-d}{c-c_1} * 100\% \quad ,$$

где C – процент глинистой или пылевой, или суммы глинистой и пылевой фракций в улучшаемом грунте (местном);

C_1 – процент тех же фракций в улучшающем грунте (привозном);

d – максимальный процент тех же фракций в «эталоне» состава оптимальных смесей.

Определение процента добавки по треугольным координатам

Определение проводится следующим образом:

1. Наносят на треугольник точки, соответствующие составам двух смешиваемых грунтов (рис. 23)

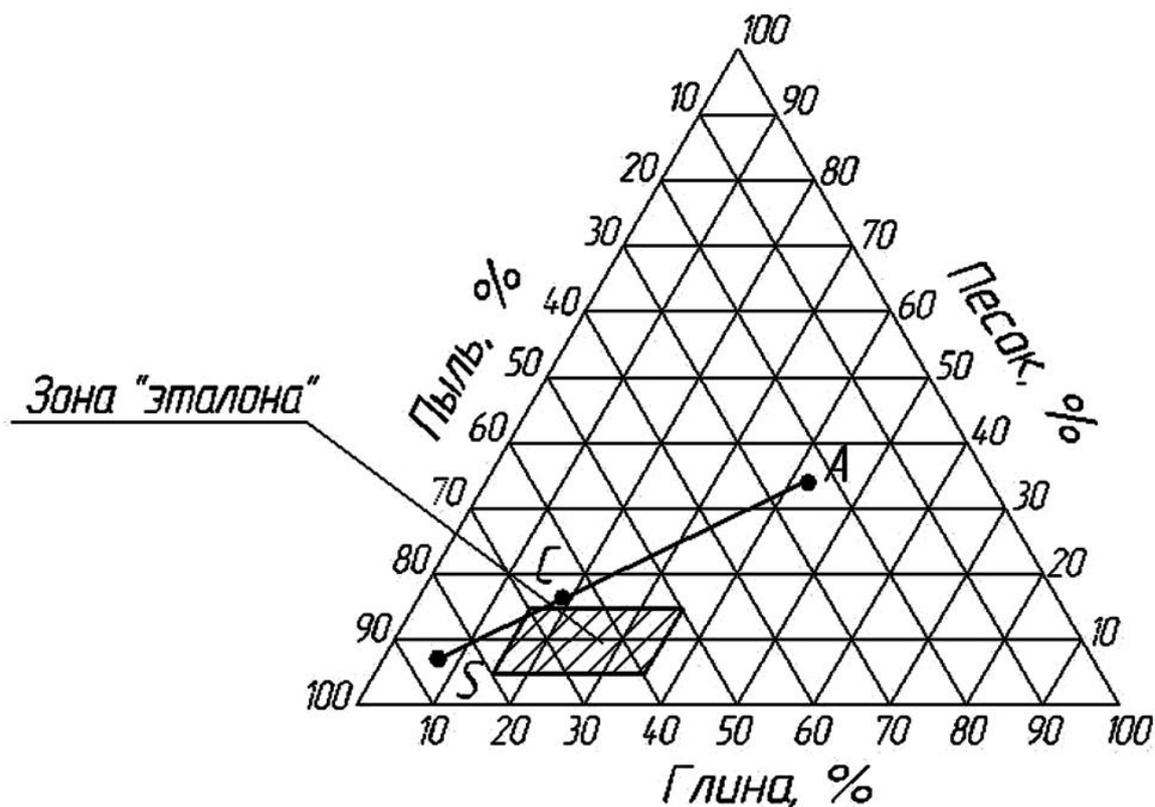


Рис.23. Треугольные координаты

На рисунке 23 *A* – улучшаемый грунт; *S* –улучшающий грунт.

2. Наносят зону «эталона» в соответствии с таблицей 8.

Размер частиц, мм	Содержание частиц (%) для местности с увлажнением			
	Нормальным и недостаточным		Избыточным	
	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂
2,0-0,25	45-60	20-45	45-70	25-45
0,25-0,05	10-20	20-40	15-30	25-55
0,05-0,005	15-35	15-35	15-25	15-25
менее 0,005	6-12	8-14	3-8	3-10
Среднее значение «эталона»				
глинистой фракции		5-10%		
пылеватой фракции		15-25%		
песчаной фракции		65-80%		

3. Соединяют точки, соответствующие составам грунтов. Если прямая пройдет через зону «эталона» или соприкоснется с ней в точке, то, следовательно, из данных грунтов оптимальную смесь составить можно. Если точки соприкосновения у прямой не будет, то определения процента добавки

(грунта S) не делают, а определяют состав(ы) грунтов, которые бы соответствовали составу улучшаемого грунта (A). Для этого определяют зону за «эталоном», проводя две прямые из точки A .

4. Определяют процент добавки (грунта S), измерив расстояние от A до S и от A до C (в см)

$$P = \frac{AC}{AS} * 100\% ,$$

где P – доля участия привозного грунта S , %.

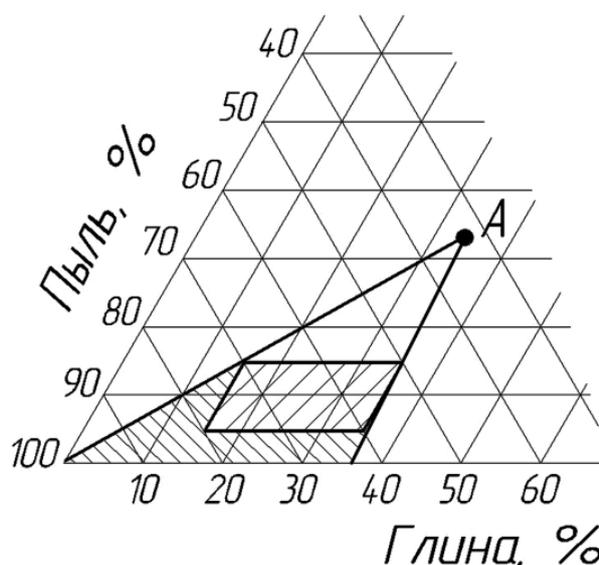


Рис.24. Зона грунтов, соответствующих грунту A

5. Определяют состав улучшенного грунта, т.е. оптимальной смеси C .

Точку, соответствующую C , можно нанести на всем отрезке прямой, проходящей через зону «эталоном», но целесообразнее ее брать на входе прямой в «зону» от улучшаемого грунта A .

Определение процента добавки по влажностям на верхнем пределе пластичности (W_T)

1. Производят построение графика (рис. 25), на который наносят точки, соответствующие влажности улучшаемого грунта W_T^1 и улучшающего грунта W_T^2 .

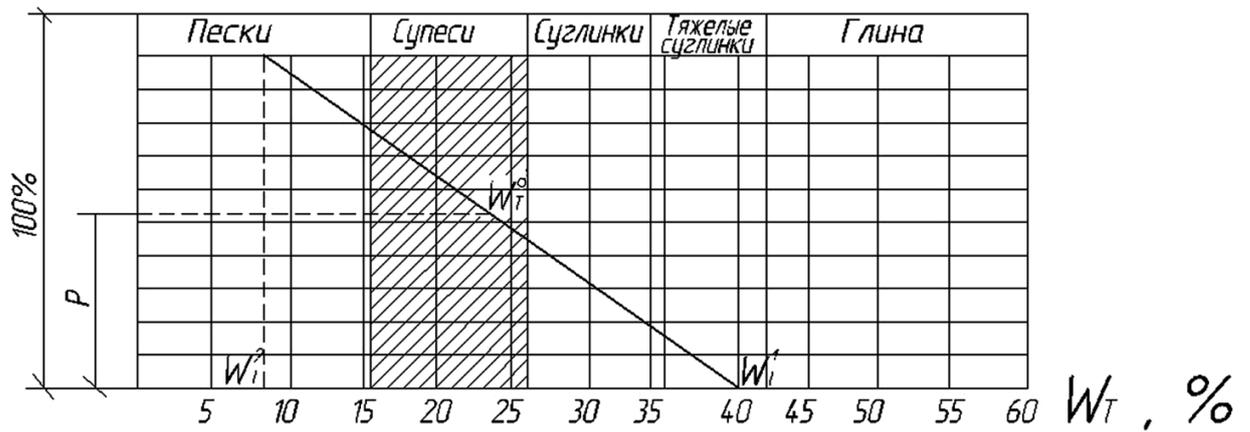


Рис.25. График для расчёта добавки грунта для оптимальной смеси

2. Соединяют прямой две точки, соответствующие обоим значениям влажности.
3. Наносят зону «эталона», которая ограничивается влажностями 16 ...26%, и определяют долю участия P привозного грунта в процентах .
4. Корректируют процент добавки, производя расчет по формуле

$$P = \frac{w_T^1 - w_T^0}{w_T^1 - (w_T^2 - 8)} * 100\% ,$$

где w_T^0 – влажность получаемого грунта,

число 8 – поправка, т.к. при определении у песка w_T наблюдается значительное трение при погружении балансирующего конуса.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №20

Улучшение гранулометрического состава скелетных грунтов

Определение процента добавки привозного грунта к местному по методу МАДИ (В.И. Бардзо и А.Я. Волкова)

Для этого:

1. На предварительно построенном графике (рис 26) откладывают проценты просевов через сита, суммируя их (т.е. делают так же, как в работе №1). Начинают откладывать с просева частиц наименьшего размера. К их сумме прибавляют процент частиц следующего, более крупного размера и т.д. На правой вертикальной колонке изображают состав местного грунта (улучшаемого), на левой – состав привозного (улучшающего) грунта.

2. Соединяют проценты, отмеченные на обеих вертикальных колонках, соответствующие частицам одинакового размера.

3. На соединяющие прямые наносят жирные отрезки, соответствующие диапазону процентов частиц этого же размера в «эталоне» скелетных оптимальных смесей (см. табл. 9). При нанесении отрезков, проценты частиц так же суммируют.

4. Соединяют вертикальными линиями концы всех отрезков с обеих сторон и выводят эти линии на горизонтальную прямую, соединяющую вертикальные.

5. Промежуток между двумя опущенными линиями будет соответствовать процентам или доле участия в составляемой смеси, местного, улучшаемого грунта.

6. Процент добавки улучшающего (привозного) грунта определяют по разности:

100% - % (доля участия) улучшаемого грунта

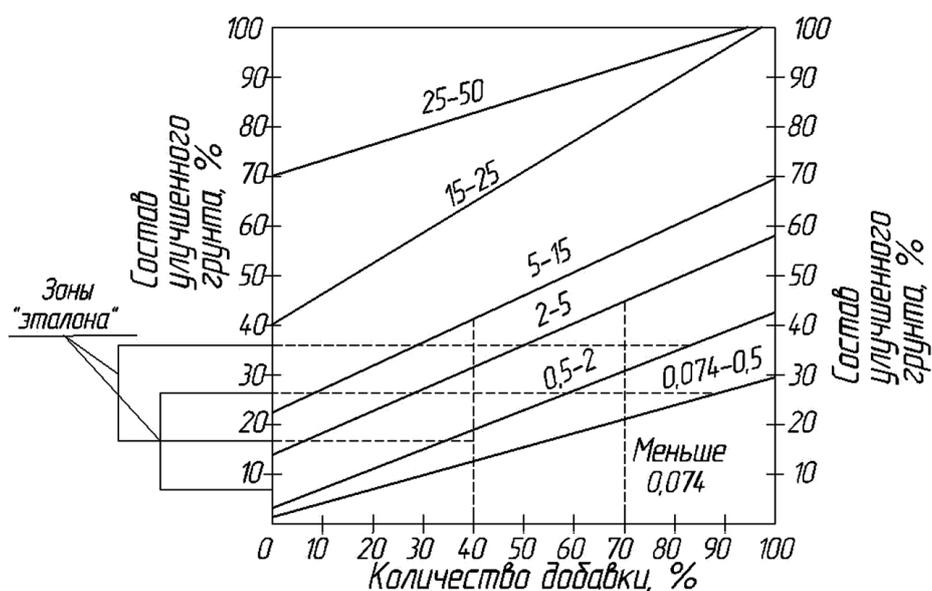


Рис.26. Номограмма МАДИ

Определение процента добавки привозного грунта с помощью прямоугольных координат

Смесь рассчитывают по четырем и более фракциям, при этом выполняют следующее:

1. Строят графики в прямоугольных координатах (рис 27) и на его сетку наносят кривые, соответствующие составам улучшаемого и улучшающего 1 грунта.

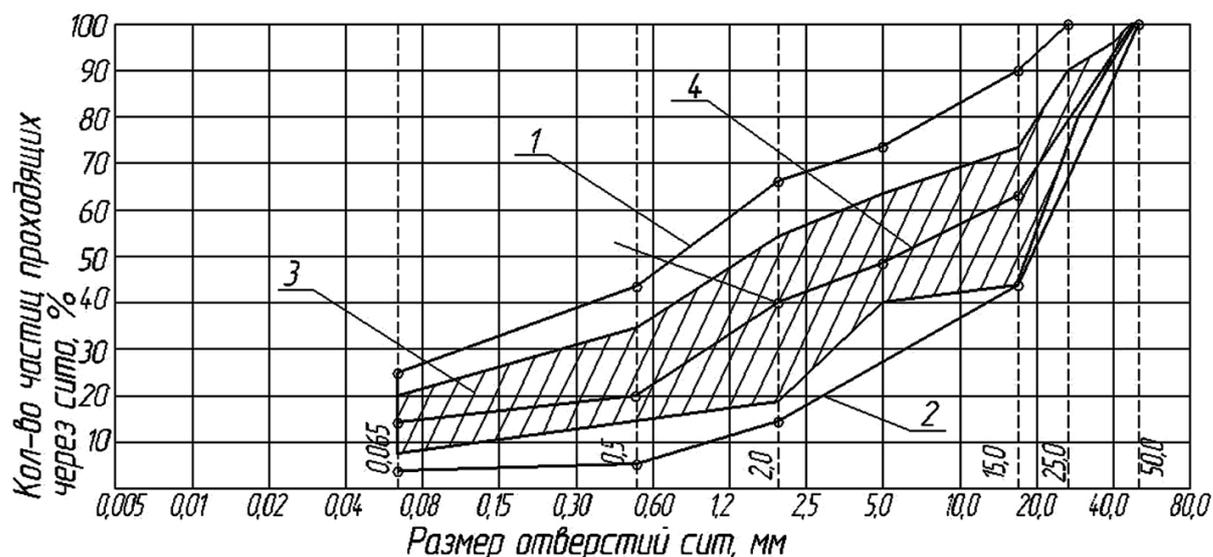


Рис.27. Прямоугольные координаты для составления оптимальных смесей

Использование материала в дорожной одежде	Количество частиц, %, проходящих через сито с отверстиями, мм							
	60-70	40	25	15	5	2	0,2	0,074
В верхнем слое	100	90-100	75-90	45-75	40-65	20-55	15-35	7-20
		100	90-100	65-90	50-75	75-65	20-45	8-25
		-	100	90-100	70-85	45-75	25-55	8-25
В нижнем слое	90-100	-	55-85	35-70	25-60	15-50	10-30	5-15
		-	90-100	60-85	40-75	25-60	15-40	5-20
		-	100	90-100	65-85	40-70	18-50	7-25

2. Наносят зону «эталона» 3. Признак возможного улучшения состава и получения оптимальной смеси – суммарные кривые исходных грунтов должны располагаться по обеим сторонам площади «эталона».

Кривая, соответствующая составу нового грунта, т.е. оптимальной смеси 4, должна находиться в пределах площади «эталона».

3. Для расчета % добавки задаются какой-либо фракцией, входящей в состав исходных грунтов. Например, расчетная фракция с размером частиц 2мм. Далее, задаются оптимальной смесью, в которой через сито 2мм проходит 40%, т.е. q_0 . В исходных же грунтах этой фракции будет:

- в грунте №1 – 75%, т.е. q_1 ;
- в грунте №2 – 16%, т.е. q_2 .

4. Определяют количество материала №1 в получаемой смеси K_1 .

Для этого:

$$K_1 = \frac{q_0 - q_2}{q_1 - q_2} = 40 - \frac{16}{75} - 16 = 0,4; \text{ т.е. } 40\%.$$

Отсюда, материала №2 в получаемой смеси, K_2 будет

$$K_2 = 1 - K_1 = 1 - 0,4 = 0,6 \text{ т.е. } 60\%.$$

5. Производят проверку по остальным фракциям:

$$q_0^{25n} = K_1 (q_1 - q_2) + q_3 = 0,4(98 - 68) + 68 = 80\%;$$

$$q_0^{15} = (95 - 45) + 45 = 65\% ;$$

$$q_0^5 = 0,4(80 - 30) + 30 = 50\% ;$$

$$q_0^{0,5} = 0,4(44 - 4) + 4 = 20\% ;$$

$$q_0^{0,07} = 0,4(30 + 3) + 3 = 14\%$$

По полученным результатам проверки q_0 строят кривую оптимальной смеси 3.

В приведенном примере материал №1 имеет состав

Материал №1

50 мм	100%
25 мм	98%
15 мм	95%
5 мм	80%
2 мм	75%
0,5 мм	44%
0,074 мм	30%

Материал №2

50 мм	100%
25 мм	68%
15 мм	45%
5 мм	30%
2 мм	16%
0,5 мм	4%
0,074 мм	3%

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №21

Методы определения оптимальной влажности и соответствующей ей максимальной плотности грунтов

Эти характеристики можно определить несколькими методами.

Метод стандартного уплотнения грунтов

Выполняется с помощью прибора стандартного уплотнения (малой – рис. 28, или большой формы).

Задача работы: определить влажность (которая и будет оптимальной $W_{опт}$ %), позволяющую максимально уплотнить грунт, т.е. получить наибольшую величину объемной массы скелета грунта $\delta_{ск}^{max}$, г/см³ с наименьшей пористостью - Π , %.

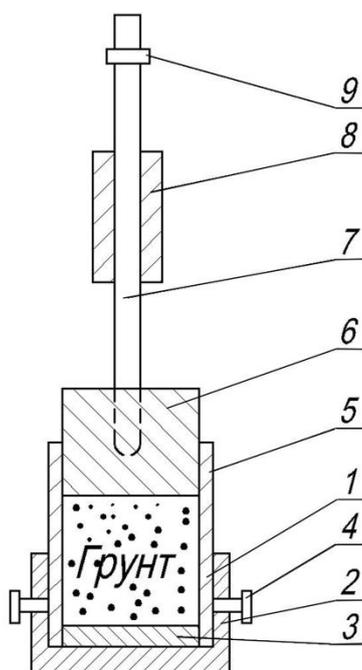


Рис.28. Прибор стандартного уплотнения

Для этого надо:

1. Определить весовым методом гигроскопическую влажность у воздушно-сухого грунта.
2. Взвесить 250г грунта и высыпав навеску грунта в чашу для замеса, увлажнить ее 2% воды от массы грунта, т.е. 5 мл. Воду отмеряют с помощью бюретки.
3. Тщательно перемешать грунт с водой согнутым совком, разминая комки.

При получении однородности (по цвету) всей массы, ее помещают в разъемный стакан 1 прибора.

Перед тем, как поместить грунт, соединяют следующие части прибора: в нижний стакан 2 вставляют разъемный 1, укладывают донышко 3, завинчивают винты 4 и одевают верхний стакан 5.

4. Прижимают грунт и на него сверху ставят плунжер 6. Он должен примерно на половину выходить из верхнего стакана 5.

5. В плунжер вставляют шток 7 с гирей 8 и начинают уплотнять грунт падением гири под собственной тяжестью от ограничительного кольца 9.

Количество ударов гири для разных грунтов:

- супеси – **25**,
- суглинки легкие – **30**,
- суглинки легкие пылеватые и тяжелые – **35**,
- суглинки тяжелые и глины – **40** ударов гири.

При точном определении искомых величин уплотнение производят послойно, в три приема.

6. Уплотнённый образец вынимают из прибора, ослабив винты, путем выдавливания дном из разъемного стакана 1.

7. Образец замеряют (штангенциркулем, линейкой, полоской миллиметровой бумаги) и определяют его объем $V, \text{см}^3$

$$V = \frac{\pi d^2}{4} * h ,$$

где d – диаметр, см; h – высота, см.

8. Определяют массу образца P , г.

9. На основании найденных величин рассчитывают объемную массу грунта

$$\delta_{об} = \frac{P}{V}$$

10. Потом рассчитывают:

– объемную массу скелета грунта $\delta_{ск} = \frac{\delta_{об}}{1+W/100}$,

– пористость $\Pi = \frac{\gamma - \delta_{ск}}{\gamma} 100\%$,

где γ – удельная масса грунта, которую принимают в зависимости от вида грунта (по работам 1, 2, 4). Для песков – $2,66 \text{ г/см}^3$; супесей – $2,68 \text{ г/см}^3$; суглинков – $2,70 \text{ г/см}^3$;

– коэффициент пористости $\varepsilon = \frac{\Pi}{100 - \Pi}$.

11. Получив вышеперечисленные характеристики у первого уплотненного грунта в образце, его помещают опять в чашку для замеса, где должны остаться остаток грунта, не поместившегося в прибор.

Разминают образец и соединят с остатками грунта (в процессе всей работы надо, чтобы взятое количество грунта, т.е. 250 г, не изменялось).

12. К размятому грунту добавляют еще 2% воды, т.е. 5 мл. В сумме в грунте становится уже 4% воды + % гигроскопической воды.

13. С вновь увлажненным грунтом повторяют все по п.п. 3-11.

14. Увеличение количества воды в составе грунта должно повлиять на повышение величин $\delta_{об}$ и $\delta_{ск}$, и уменьшение Π и ϵ .

15. Повторяя все п.п. 3-11 несколько раз, добиваются положения, при котором увеличение воды в грунте приведет не к повышению $\delta_{об}$ и $\delta_{ск}$, а к их уменьшению (соответственно к увеличению Π и ϵ). Это свидетельствует о том, что искомые величины найдены.

16. На основании полученного ряда зависимостей $\delta_{ск} = \varphi(W)$ строят график (рис. 29). Наивысшая точка полученной кривой дает величину оптимальной влажности $W_{опт}$, % , и максимальной плотности $\delta_{ск}^{max}$ г/см³.

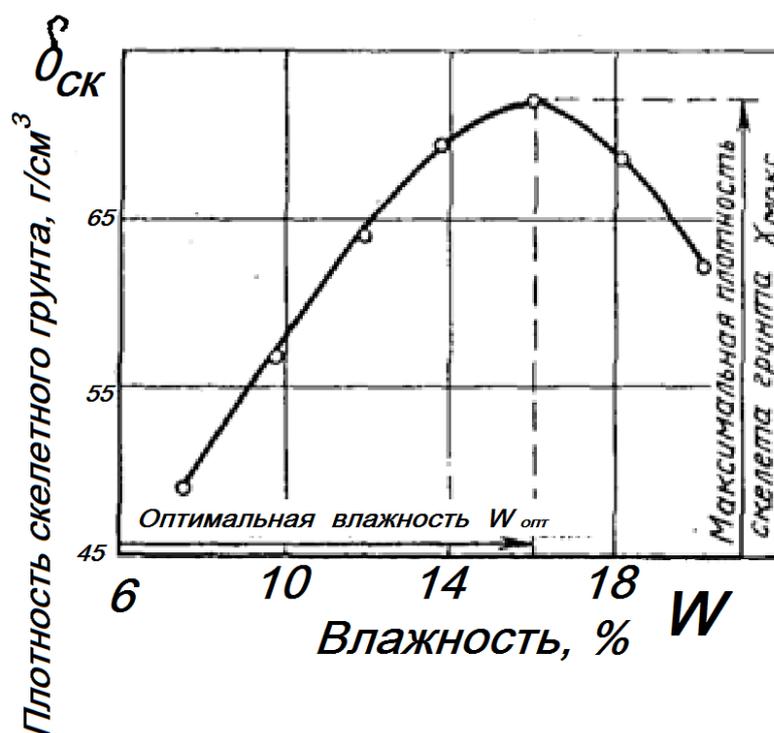


Рис.29. График зависимостей $\delta_{ск} = \varphi(W)$

Метод ХАДИ (разработан проф. Л.К. Бирюля)

1. Используя данные работы №4, определяют величину оптимальной влажности

$$W_{opt} = (0,55 + 0,65)W_T .$$

2. Имея значение оптимальной влажности, определяют величину максимальной плотности по формуле

$$\delta_{ск}^{max} = \frac{\gamma(1 - V_\epsilon)}{1 + \frac{W_{opt}}{100\gamma}}$$

где γ – удельная масса грунта, г/см³. Для несвязных грунтов = 2,65; пластичных – 2,66; гумусовых – 2,60;

V_ϵ – объем воздуха, в долях единицы, находящегося в уплотненном грунте. Для супесей = 0,06; суглинков = 0,05; глин = 0,04.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №22

Крепление грунтов вяжущими материалами

При выполнении работы возможны варианты, которые определяются ведущим преподавателем. Это может быть: разные виды вяжущих, различные дозировки, различные величины и виды уплотняющей нагрузки и т.д.

Поэтому конкретные задачи здесь не затрагиваются; сведения для их выполнения должны быть взяты из конспектов лекций по вопросам укрепления грунтов и других источников, указанных преподавателем.

В данных «Указаниях» излагаются общие положения укрепления грунтов.

При проведении работы по укреплению грунтов вяжущими изготавливается серия образцов, после испытания которых будет вскрыта определенная закономерность, влияние какого-либо фактора и т.д.

Работа выполняется в три этапа.

1 этап – ***изготовление образцов*** из укрепленного вяжущим грунтом.

2 этап – ***структурообразование***, срок и условия которого обуславливается видом вяжущего материала. В этот период грунт качественно преобразуется в новый дорожно-строительный материал.

3 этап – ***испытание образцов***, т.е. определение тех свойств, которые грунт приобрел в результате введения в него вяжущего. Анализ полученных результатов.

1 этап – изготовление образцов

1. На каждый вариант работы изготавливается не менее 3-х образцов (большее количество определяется преподавателем). Это минимальное количество образцов обеспечивает определенную достоверность в работе.

2. Образцы можно изготавливать в приборе стандартного уплотнения (см. работу 21) и в специальных формах.

При работе с прибором стандартного уплотнения взвешивают 600 г воздушно-сухого грунта и помещают его в чашку для замеса.

3. Отмеряют с помощью бюретки количество воды, соответствующее оптимальной влажности, но надо учесть следующее:

- если грунт укрепляется цементом, известью и др. порошкообразными вяжущими, то количество воды рассчитывают от массы смеси и добавляют воду в грунт после введения вяжущего и тщательного перемешивания грунта с ним;

- если грунт укрепляется битумом, битумной эмульсией, фурфурол-анилином, фосфорной кислотой и т.п. вяжущими, то суммируется количество воды и жидкого вяжущего (или воды в нем) до величины оптимальной влажности. Например, фурфурол-анилин вносится 2 %, а $W_{opt}=10\%$, значит грунт

увлажняется 8 % воды. Это делается для того, чтобы не было пережижения смеси при ее уплотнении.

4. После тщательного перемешивания всех компонентов до получения однородной смеси, ее делят на три части и каждую часть уплотняют в приборе стандартного уплотнения (или в форме на прессе). Количество ударов уплотняющей гири соответствует работе №21.

5. Образцы после уплотнения не должны иметь никаких изъянов (трещин, сколов, неровностей и т. д.) .

6. На верхнем торце каждого образца ставится порядковый номер (ножом, карандашом). Всю партию изготовленных образцов помещают на поддон или в эксикатор, кристаллизатор.

2 этап – структурообразование укрепленного грунта

Условия нормального структурообразования определяются видом вяжущего и конкретными задачами. При укреплении цементом изготовленные образцы надо полностью засыпать влажными опилками. С остальными видами вяжущих структура образуется в условиях лаборатории. Минимальный срок структурообразования – семь суток. Исключение составляет грунт, укрепленный фурфурол-анилином, который можно испытывать через одни сутки.

3 этап – испытания образцов улучшенного грунта

Основные виды испытаний следующие:

– определение **прочности** материала (в сухом и водонасыщенном состоянии);

– определение **влагоемкости** материала;

– определение **морозоустойчивости**.

В соответствии с конкретными задачами, могут быть и другие виды испытаний.

Определение прочности

1. Перед испытанием образцы осматривают и испытывают на прессе до полного разрушения.
2. Для испытаний материала в водонасыщенном состоянии за сутки до испытаний образцы (3 шт) полностью погружают в воду для насыщения.
3. Перед испытанием, образцы вынимают из воды, осматривают, фиксируют появление изъянов и испытывают на прессе до полного разрушения образца.

После преобразования полученных результатов (в зависимости от вида пресса, размера образца и т.д.) определяют прочность материала $\sigma_{сж}$ по формуле

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{F} ,$$

где $\sigma_{сж}$ – прочность материала, Па ;
 P – разрушающая нагрузка, Н
 F – площадь поперечного сечения образца, м².

Определение влагоемкости материала

1. После разрушения образца в предварительно взвешенный металлический стаканчик помещают осколки образца и взвешивают.
2. Помещают стаканчик с грунтом в сушильный шкаф на высушивание. После высушивания, последующего взвешивания, рассчитывают влажность, которая и будет характеризовать влагоемкость укрепленного грунта.

Определение морозоустойчивости материала

1. После структурообразования образцы высушивают до постоянной массы.
2. Погружают в воду для водонасыщения и взвешивают, после чего на 4 часа помещают в морозильную камеру при температуре - 20°С.
3. Из морозильной камеры образцы погружают на оттаивание в воду на 4–6 часов, после чего снова на 4 часа помещают в морозильную камеру. Таких циклов – замораживания и оттаивания – делают не менее 5.
4. После последнего оттаивания образцы высушивают до постоянной массы.
5. Определяют потерю в весе Q по формуле

$$Q = \frac{q_2 - q_3}{q_1} * 100\% ,$$

где q_1 – постоянная масса образца до испытания;
 q_2 – масса водонасыщенного образца до испытания
 q_3 – постоянная масса образца после испытания.

В зависимости от конкретной задачи, виды испытаний при определении морозоустойчивости могут различаться. Например, испытание циклами до полного разрушения или определение прочности после определенного количества циклов и др.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вырко Н.П., Леонович И.И. Дорожное грунтоведение с основами механики грунтов. Минск: Высшая школа, 1977.
2. Вырко Н.П., Леонович И.И. Практикум по дорожному грунтоведению. Минск: Высшая школа, 1980.
3. Сусллова Т.Д. Лекции по дорожному грунтоведению. М., МЛТИ, 1978.
4. Сусллова Т.Д., Никитин В.В. Методические указания к выполнению лабораторных работ по определению свойств грунтов. Часть 2. М., МЛТИ, 1990, 36с.
5. Чаповский Е.Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов. М., 1971.
6. ГОСТ 5180-84. Грунты. Метод лабораторного определения влажности. М., 1984.
7. ГОСТ 5181-78 Грунты. Метод лабораторного определения удельного веса. М., 1978.
8. ГОСТ 5182-78 Грунты. Методы лабораторного определения объемного веса. М., 1978.
9. ГОСТ 12536-2014 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. М., 2014.
10. НиТУ 127-55 Нормы и технические условия проектирования естественных оснований зданий и промышленных сооружений. М.,
11. СНиП III-V.3 Правила производства и приемки строительных работ. Специальные строительные работы. Автомобильные дороги. М.,
12. ГОСТ 5183-77. Грунты. Метод лабораторного определения границы раскатывания. М., 1978.
13. ГОСТ 5184-78. Грунты. Метод лабораторного определения границы текучести. М., 1972.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ	4
Лабораторная работа №14 Определение компрессионных свойств грунтов.....	4
Лабораторная работа №15 Определение сопротивления грунтов сдвигу.....	8
Лабораторная работа №16 Определение угла естественного откоса и угла внутреннего трения грунтов.....	10
Лабораторная работа №17 Определение модулей деформации (общей и упругой) грунтов.....	10
Лабораторная работа №18 Испытание грунтов в условиях трехосного напряженного состояния (в стабилометре)	13
МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ ДОРОЖНО–СТРОИТЕЛЬНЫХ КАЧЕСТВ ГРУНТОВ	16
Лабораторная работа №19 Улучшение гранулометрического состава глинистых грунтов.....	13
Лабораторная работа №20 Улучшение гранулометрического состава скелетных грунтов.....	16
Лабораторная работа №21 Методы определения оптимальной влажности и соответствующей ей максимальной плотности грунтов.....	19
Лабораторная работа №22 Укрепление грунтов вяжущими материалами.....	23
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	26

Учебное издание

*Игорь Леонидович Шевелев
Сергей Петрович Карпачев
Алексей Николаевич Комяков
Владимир Валентинович Никитин*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ГРУНТОВ

Методические указания к выполнению лабораторных работ

Часть 2

Оригинал–макет и верстка С.П. Карпачева