

**ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
«КОЛЛЕДЖ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА»**

**ПРАКТИКУМ
и МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по выполнению лабораторных работ
№№ 1-5**

**ПМ.01 Деятельность в области инженерно-технического
проектирования для градостроительной деятельности**

**МДК 1.1 Проектирование и конструирование оснований и фундаментов
Тема 1.1 Геология**

для студентов по специальности

Специальность: 08.02.02 Строительство и эксплуатация инженерных
сооружений

Москва, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка	4
Лабораторное занятие №1. Тема: Определение гранулометрического состава грунтов ситовым методом.	5
Лабораторное занятие №2. Тема: Определение плотности частиц грунта и плотности методом режущего кольца. Определение влажности грунта.	9
Лабораторное занятие №3. Тема: Определение влажности на границе текучести, раскатывания. Расчет числа пластичности.	11
Лабораторное занятие №4. Тема: Определение коэффициента фильтрации песчаных грунтов	13
Лабораторная занятие №5. Тема: Определение максимальной плотности и оптимальной влажности при стандартном уплотнении на приборе Союздорнии. Проектирование уплотнения грунтов в земляном полотне.	16

Пояснительная записка

Лабораторные работы по теме 1.1 Геология помогают обучающимся закрепить знания и сформировать необходимые умения и навыки.

Выполнение лабораторных работ предусматривает глубокое знание материалов по данной теме.

Каждое задание сопровождается теоретическим материалом.

Лабораторное занятие №1

Тема: Определение гранулометрического состава грунтов ситовым методом. Определение степени неоднородности.

1 часть работы- Определение гранулометрического состава грунтов ситовым методом.

Цель работ: по данным гранулометрического состава определить наименование грунта по ГОСТ 25100 – 2011

Оборудование:

- Стандартный набор сит (10; 5; 2; 1; 0.5; 0.25;)
- Электронные весы.

ХОД РАБОТЫ:

Грунт, подготовленный к анализу, перемешать и рассыпать по листу бумаги слоем толщиной несколько миллиметров, затем разделить на квадраты со сторонами 3,5-4 см. Из каждого квадрата взять ложкой по небольшой порции грунта таким образом, чтобы набрать навеску чуть больше 100г.

Из отобранной пробы взять навеску песчаного грунта массой 100 г. с точностью 0,01 г. Отобранную пробу (100 г.) просеять через стандартный набор сит с отверстиями 10;5;2;1;0,5;0,25мм. Остатки на каждом сите и на поддоне взвесить (*частные остатки, г.*) и результаты занести в таблицу 1. Выразить содержание каждой фракции в процентах к общей массе навески грунта (*частные остатки, %*).

$$n = \frac{m_i}{M} \times 100\%$$

где m_i – остаток на сите, г.

M – масса первоначальной навески, г. (в нашем случае 100 г.)

Для определения наименования грунта по гранулометрическому составу рассчитать полные остатки фракций в процентах – сумма частного остатка в процентах на данном сите и всех вышележащих.

Для построения кривой гранулометрического состава, которая используется для определения действующего (эффективного) диаметра частиц песчаного грунта – d_{10} и степени неоднородности гранулометрического состава грунта – C_u рассчитать количество частиц мельче данного размера (полные проходы) – разность между 100% и полным остатком каждой фракции.

Все результаты расчета гранулометрического состава записать в таблицу 1.

Таблица 1.

Размер сит, мм.	Размер фракций, мм.	Частные остатки		Полные остатки, %	Количество частиц мельче данного размера (полные проходы), %
		г.	%		
10	>10	0	0	0	100
5	10-5	10	10	10	90
2	5-2	16	16	26	74
1	2-1	27	27	53	47
0,5	1-0,5	19	19	72	28
0,25	0,5-0,25	16	16	88	12
поддон	<0,25	12	12	100	0
Всего		100	100		

* Зерна (твердые частицы) грунта, близкие по размерам и свойствам, объединяют в группы, называемые гранулометрическими фракциями.

Расчеты.

Частные остатки:

$$\text{фракции 10-5 мм. } A = \frac{10}{100} \times 100\%$$

$$\text{фракции 5-2 мм. } A = \frac{16}{100} \times 100\%$$

и т.д.

Полные остатки:

фракции 10-5 мм. 10%

фракции 5-2 мм. 16+10=26%

фракции 2-1 мм. 27+16+10=53%

и т.д.

Полные проходы (количество частиц мельче данного размера):

фракции крупнее 10 мм. 100-0=100%

фракции 10-5 мм. 100-10=90%

фракции 5-2 мм. 100-26=74%

и т.д.

Определить наименование грунта по:

1. *полным остаткам* (содержанию зерен, частиц, % по массе).
2. *размеру зерен, частиц d, мм.*

Таблица 2.

Виды грунта	Размер зерен, частиц d, мм.	Содержание зерен, частиц, % по массе
Крупнообломочные:		
валунный (при преобладании неокатанных частиц – глыбовый)	>200	>50
галечниковый грунт (при преобладании неокатанных частиц – щебенистый)	>10	>50
гравийный грунт (при преобладании неокатанных частиц – дресвяный)	>2	>50
Пески:		
гравелистый	>2	>25
крупный	>0,5	>50
средней крупности	>0,25	>50
мелкий	>0,1	≥75
пылеватый	>0,1	<75

Классификация крупнообломочных и песчаных грунтов (ГОСТ 25100-2011).

Примечание – при наличии в крупнообломочных грунтах песчаного заполнителя более 40% или глинистого заполнителя более 30% от общей массы воздушно-сухого грунта в наименовании крупнообломочного грунта добавляются наименования вида заполнителя, и указывается характеристика его состояния. Вид заполнителя устанавливается после удаления из крупнообломочного грунта частиц крупнее 2 мм.

Наименование грунта.

Заключение. Грунт – песок гравелистый, так как полный остаток на сите 2 мм. более 25%.

Оформите отчет по выполнению работы и сдайте преподавателю.

2 ЧАСТЬ РАБОТЫ- ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ НЕОДНОРОДНОСТИ.

Цель: по кривой гранулометрического состава определить действующий (эффективный) диаметр частиц песчаного грунта – d_{10} и рассчитать степень неоднородности – C_u

ХОД РАБОТЫ:

Построить кривую гранулометрического состава по данным работы №1. Кривую строят в полулогарифмическом масштабе. Для этого по оси абсцисс откладывают не диаметры частиц, а их логарифмы, по оси ординат откладывают количество частиц мельче данного размера (полные проходы) в процентах.

По кривой гранулометрического состава определить действующий (эффективный) диаметр частиц песчаного грунта – d_{10} и рассчитать степень неоднородности – C_u :

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

где d_{10} и d_{60} – диаметры частиц, мм., менее которых в грунте содержится 60 и 10% (по массе)

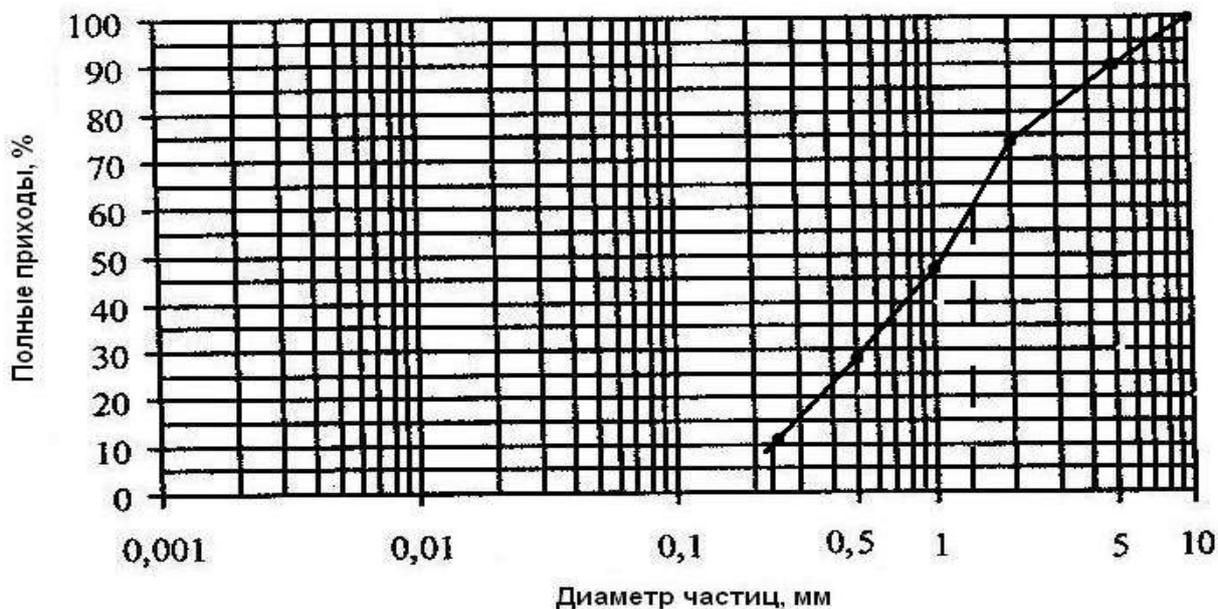
частиц (рис.1).

При $C_u \leq 3$ пески считаются *однородными*.

При $C_u > 3$ пески считаются *неоднородными*.

За действующий (эффективный) диаметр на кривой гранулометрического состава принимают размер частиц соответствующий ординате 10% (d_{10}).

Рис.1. Диаграмма гранулометрического состава песчаного грунта



(дифференциальная кривая)

Пример оформления работы приведен в таблице 1.

Таблица 1 .

Диаметр частиц, мельче которого в данном грунте содержится:	Степень неоднородности
---	------------------------

60% (по массе) частиц - d_{60} , мм.	10% (по массе) частиц - d_{10} , мм.	C_u
1,4	0,24	5,83

Расчет.

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{1,4}{0,24} = 5,83$$

Вывод по неоднородности грунта. Песок гравелистый неоднородный, так как $C_u > 3$, а именно – 5,83; действующий (эффективный) диаметр частиц - d_{10} - 0,24.

Расчет.

Заключение.

Оформите отчет по выполнению работы и сдайте преподавателю.

Контрольные вопросы:

1. Дать определение гранулометрического состава?
2. Какие существуют классы грунтов?
3. Методы для определения гранулометрического состава грунтов?
4. Полные остатки фракций в процентах это?
5. При каком условии грунт однородный?

Лабораторное занятие №2

Тема: Определение плотности частиц грунта и плотности методом режущего кольца.
Определение влажности грунта.

1 часть работы

Определение плотности частиц грунта и плотности методом режущего кольца.

Цель: научиться определять плотность частиц грунта и плотность грунта.

Оборудование:

- электронные весы, пикнометр, фарфоровая чашка с пестиком, сито с отверстием 2 мм, песчаная баня, сушильный шкаф.
- режущее кольцо, нож, электронные весы, ст. пластины

ХОД РАБОТЫ:

Измеряют внутренний диаметр и высоту кольца. Пустое кольцо и 2 пластинки взвешивают. По результатам измерений вычисляют объем кольца.

При пластичном или сыпучем грунте кольцо плавно, без перекосов вдавливают в него и удаляют грунт вокруг кольца. Затем зачищают поверхность грунта, накрывают кольцо пластиной и подхватывают его снизу плоской лопаткой, зачищают нижнюю поверхность грунта и также накрывают пластиной. Кольцо с грунтом и пластинками взвешивают.

Результаты определений заносят в таб.1

Таблица 1

Диаметр кольца d, см	Высота кольца h, см	Объем кольца V, см ³	Масса пустого кольца m ₁ , г	Масса пластинок m ₂ , г	Масса кольца с грунтом и пластинами m, г	Плотность грунта ρ г/см ³

Плотность определяют по формуле :

$$\rho = \frac{m - m_2}{V}; \quad V = \frac{\pi d^2}{4} \times h$$

Расчёт.

Заключение.

Задание: зарисовать режущее кольцо с приспособлением для взятия проб, оформить отчет по выполнению работы и сдать преподавателю.

2 часть работы -Определение влажности грунта.

Цель: научиться определять влажность грунта.

Оборудование: бюкс, электронные весы, сушильный шкаф.

ХОД РАБОТЫ:

Пробу грунта помещают в заранее взвешенный стакан или бюкс (m, г.), закрывают крышкой и взвешивают (m₁, г.). Стаканы с открытой крышкой ставят в сушильный шкаф и высушивают пробу при температуре 100...105°С до постоянной массы (m₀, г.).

Влажность грунта определяют в долях единицы или в процентах

$$W = \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m} 100\%$$

Данные лабораторных испытаний записать в таблицу 1.

Таблица 1.

Масса пустого стакана с крышкой m , г.	Масса стакана с крышкой и влажным грунтом m_1 , г.	Масса стакана с крышкой и высушенным грунтом m_0 , г.	Влажность грунта W , %

Расчет.

Заключение.

Вывод:

Оформите отчет по выполнению лабораторной работы и сдайте преподавателю.

Контрольные вопросы:

1. Дать определение плотности грунта, и плотности частиц грунта
2. Что такое влажность грунта?
3. От чего зависит плотность грунта?
4. Методы определения плотности грунта?
5. От чего зависит плотность частиц грунта?

Лабораторное занятие №3

Тема: Определение влажности на границе текучести, раскатывания. Расчет числа пластичности

Цель: научиться определять число пластичности и определять наименование грунта по числу пластичности.

Оборудование: ступка с пестиком, сито с отверстиями 1 мм, фарфоровая чашка, эксикатор, бюкс, электронные весы, сушильный шкаф, электронные весы, стеклянная или пластмассовая пластина, балансирующий конус А.М. Васильева, нож, секундомер,

ХОД РАБОТЫ:

1. Подготовка грунта.

Для проведения опыта необходимо приготовить грунтовое тесто пластичной консистенции следующим образом: грунт, просеянный через сито 1 мм, замешивают с водой до рабочего состояния и выдерживают во влажной среде не менее 10 часов для более равномерного распределения воды по грунтовому тесту.

2. Определение влажности на границе текучести (верхний предел пластичности) W_L .

Влажность на границе текучести соответствует переходу грунта из пластичного в текучее состояние. За границу текучести принимают такую влажность грунта, при которой балансирующий конус массой 80г погружается под действием собственного веса на глубину 10 мм за 5 с., т.е. до кольцевой метки на балансирующем конусе.

Если конус за 5 с. погрузится в грунт менее чем на 10 мм, то необходимо добавить воды, грунт перемешать и повторить всю процедуру снова. Если же конус за 5 с. погрузится более чем на 10 мм, то требуется добавить сухого грунта, тщательно перемешать и повторить испытание. По окончании опыта берут навеску грунта не менее 10 г для определения влажности на границе текучести (см. лабораторную работу №2).

3. Определение влажности на границе раскатывания (нижний предел пластичности) W_p .

Влажность на границе раскатывания соответствует переходу грунта из пластичного в твердое состояние. За границу раскатывания принимают влажность грунта, при которой грунтовое тесто, раскатываемое в жгут толщиной 3 мм, начинает покрываться поперечными трещинками на расстоянии около 10 мм друг от друга.

Для раскатывания используют грунт, оставшийся после определения влажности на границе текучести. В процессе опыта набирают пробу из жгутиков грунта в количестве не менее 10 г для определения влажности на границе раскатывания (см. лабораторную работу №6).

Результаты определений заносят в таблицу №1.

Таблица №1.

Показатель пластичности	№ бюкса	Масса пустого бюкса m_1 , г.	Масса бюкса с влажным грунтом m_2 , г.	Масса бюкса с сухим грунтом m_3 , г.	Влажность грунта W , %
Влажность на границе текучести					
Влажность на границе раскатывания					

4. Определить число пластичности.

Число пластичности I_p по ГОСТ 25100-2011 является классификационным показателем для глинистых грунтов. Число пластичности определяется по разности влажностей на границе текучести и на границе раскатывания, т.е.

$$I_p = W_L - W_p$$

Расчет:

Заключение: определить наименование грунта по числу пластичности (см.табл.1).

Вывод:

Оформите отчет по выполнению лабораторной работы и сдайте преподавателю.

Контрольные вопросы:

1. Дать определение пластичности грунта?
2. Как называется влажность, при которой грунт переходит из пластичного состояния в текучее?
3. Каким методом определяется граница текучести?
4. В дорожной классификации глинистые грунты разделяют на разновидности по каким двум показателям?
5. Чем определяются строительные свойства грунтов?

Лабораторное занятие №4

Тема: Определение коэффициента фильтрации песчаных грунтов

Цель: научиться работать с прибором КФ-00м и определять характеристику грунта по водопроницаемости

Оборудование: Прибор для определения коэффициента фильтрации песчаных грунтов КФ-00м (ГОСТ 25584 - 90), термометр.

. ХОД РАБОТЫ:

1. Из корпуса прибора извлекают фильтрационную трубку. Снимают с фильтрационной трубки (рис. 1) муфту 2 с латунной сеткой 3 и мерным баллоном.

2. При испытании песчаных грунтов нарушенной структуры рекомендуется коэффициент фильтрации грунтов определять дважды: при рыхлом их сложении и при максимально плотном. Наполнение металлического цилиндра для первого случая производится простым насыпанием грунта до необходимой высоты. Во втором случае наполнение грунтом ведут слоями 1 – 2 см, с легкой трамбовкой.

3. После заполнения цилиндра 5 грунтом в корпус 10 наливают воду, и вращением винта 8 поднимают подставку 11 до совмещения отметки на планку 4 напорного градиента 1 с верхним краем крышки 9.

4. На подставку 11 устанавливают фильтрационную трубку с испытуемым грунтом. Вращением винта 8, медленно погружают фильтрационную трубку с грунтом в воду до отметки напорного градиента $I=0.8$. В таком положении оставляют прибор до момента появления влаги в верхнем торце цилиндра, о чём судят по изменившемуся цвету грунта.

5. Помещают на грунт латунную сетку 3, одевают на рубку муфту 2 и вращением винта 8 поднимают фильтрационную трубку в крайнее верхнее положение, устанавливая планку 4 на градиент $I = 1,0$.

6. Заполняют мерный баллон 1 водой, предварительно измерив её температуру, зажимают её отверстие большим пальцем, быстро опрокинув, вставляют в муфту фильтрационной трубки так, чтобы горлышко баллона соприкасалось с латунной сеткой.

В таком виде мерный баллон автоматически поддерживает над грунтом постоянный уровень воды. Как только этот уровень в результате просачивания воды через грунт понизится, в мерный баллон прорывается пузырёк воздуха и соответствующее количество воды вытекает из него. Этим достигается постоянство напорного градиента. Если в мерный баллон прорываются крупные пузырьки воздуха, это свидетельствует о том, что горлышко баллона отстоит на значительном

расстоянии от поверхности грунта. В этот случае необходимо баллон опустить ниже и добиться того, чтобы в него равномерно поднимались мелкие пузырьки воздуха.

7. Отмечают по шкале уровень воды в мерном баллоне; пускают секундомер и по истечении определенного времени замечают второй уровень воды в мерном баллоне 1, что даёт возможность определить расход воды Q , профильтровавшейся через грунт за время T сек.

Так производят определение для любого напорного градиента.

8. По данным опыта производят расчёт коэффициента фильтрации по формуле:

$$K_{\phi} = \frac{Q * 864}{T * F * I * r}$$

Где:

K_{ϕ} - коэффициент фильтрации при $t^{\circ}=10^{\circ}\text{C}$

Q – расход воды, мл;

F – площадь поперечного сечения цилиндра, см^2 ;

T – время, сек;

I – напорный градиент ;
r – температурная поправка ($0.7 + 0.03 t^\circ$) ;
t° - температура фильтрующейся воды ;
864 – переводной коэффициент из см/сек в м/сутки.

Данные лабораторных испытаний записать в табл. 1

Расход воды при фильтрации и Q , мл	Площадь поперечного сечения цилиндра F , см ²	Время фильтрации и T , сек	Гидравлический градиент I	Температура воды t° ,С	Температурная поправка r	Коэффициент фильтрации Kф м/сут

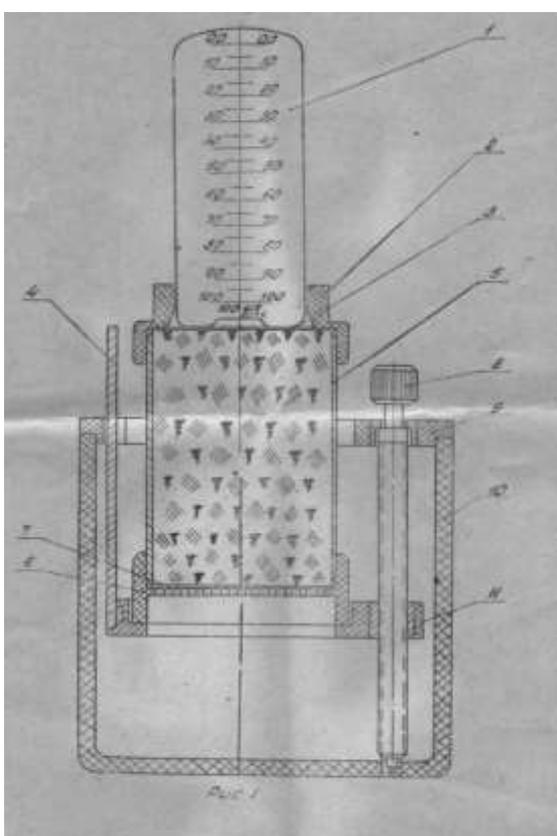


Рис. 1.

Расчёт.

Заключение: дать характеристику грунта по водопроницаемости .

Вывод:

Оформите отчет по выполнению лабораторной работы и сдайте преподавателю.

Контрольные вопросы:

1. Дать определение водопроницаемости грунта?
2. Как влияет увеличение температуры воды на водопроницаемость грунтов?
3. Прибор для определения коэффициента фильтрации?
4. У каких грунтов хорошая водопроницаемость?

5. Что влияет на водопроницаемость грунтов?

Лабораторное занятие №5

Тема: Определение максимальной плотности и оптимальной влажности при стандартном уплотнении на приборе Союздорнии. Проектирование уплотнения грунтов в земляном полотне.

1 часть работы- Определение максимальной плотности и оптимальной влажности при стандартном уплотнении на приборе Союздорнии.

Цель: научиться работать с прибором Союздорнии.

Оборудование: малый прибор Союздорнии, фарфоровая чашка, ступка с пестиком, бюкс, нож, электронные весы.

ХОД РАБОТЫ:

Подготовка пробы. Пробу грунта массой 500г высушивают на воздухе, растирают в ступке пестиком и просеивают через сито с размером 10мм.

Грунт помещают в чашку, перемешивают и доувлажняют.

Разъёмный цилиндр вместе с поддоном взвешивают (m_1), вставляют в корпус и зажимают винтами. После этого на разъёмный цилиндр надевают насадку и насыпают грунт до верхнего края формы. В цилиндр вставляют плунжер с направляющим стержнем и уплотняют грунт 12 ударами гири массой 2.5 кг, падающей с высоты 30 см.

После уплотнения грунта плунжер и насадку снимают, излишки грунта срезают вровень с краями разъёмного цилиндра. Грунт в цилиндре с поддоном взвешивают (m_2) и подсчитывают плотность грунта :

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

где V – объём цилиндра, равный 100 см³

После этого раскрывают цилиндр и извлекают уплотненный образец грунта. Берут пробу грунта не менее 15г для определения влажности методом высушивания до постоянной массы. Для каждого значения плотности ρ и влажности W рассчитывают плотность сухого грунта ρ_d по формуле:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + 0.01 W}$$

Образец уплотненного грунта помещают снова в чашку, размельчают перемешивают. Затем повышают влажность на 2 % от массы грунта. Вновь увлажнённый грунт закрывают влажной тканью и выдерживают 15 мин. Снова заполняют цилиндр прибора, производят уплотнения и расчёт ρ , W , ρ_d .

Уплотнение грунта с увеличением влажности на 2 % повторяют до тех пор, пока плотность сухого грунта не станет уменьшаться. О достаточности уплотнения также судят по уменьшению плотности влажного грунта и его консистенции.

С переходом интервала оптимальной влажности ,грунт приобретает мягкопластичное состояние, перестает уплотняться и начинает при ударах гири выжиматься из прибора. На основании полученных данных строят кривую зависимости плотности сухого грунта от влажности (Рис. 6).

За максимальную плотность сухого грунта принимают наибольшее значение плотности сухого грунта, а соответствующую этой плотности влажность принимают за оптимальную.

Результаты опытов необходимо занести в табл. 1.

Номер опыта	Масса пустого цилиндра $m_1, г.$	Объём цилиндра $V \text{ см}^3$	Масса цилиндра с грунтом $m_2, г.$	Плотность грунта $\rho, г/см^3$	Влажность грунта $W, \%$	Плотность сухого грунта $\rho_d, г/см^3$
1	2	3	4	5	6	7
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Расчёт:

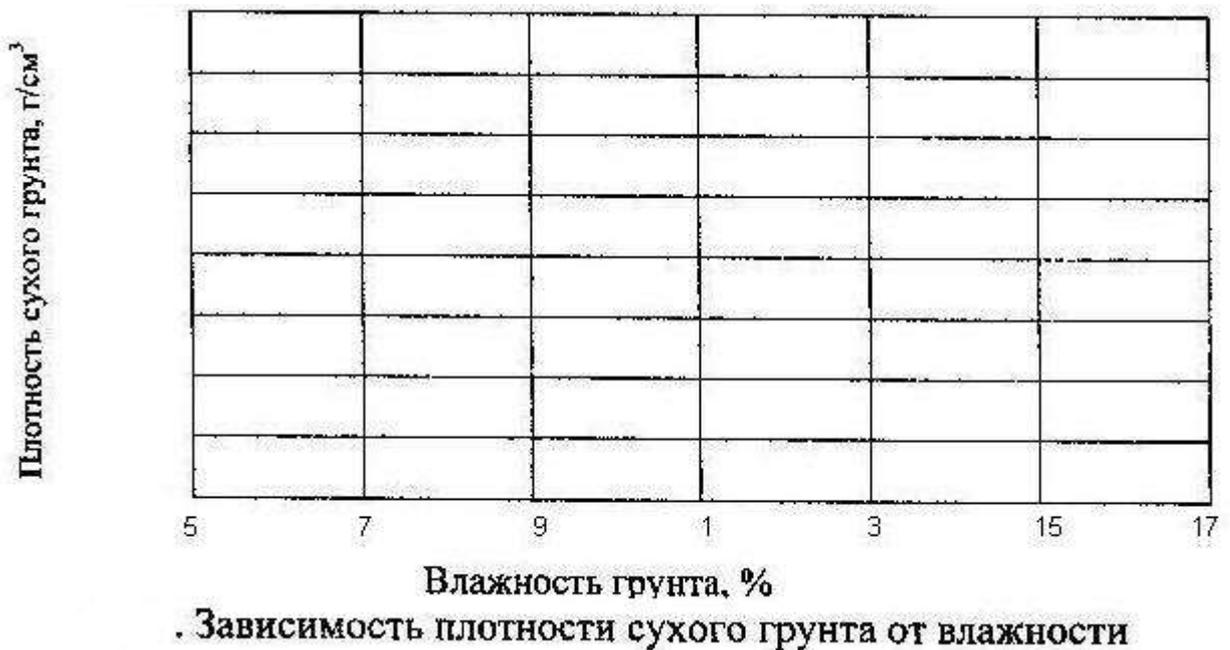


Рис. 1

Заключение.

$W_{opt} =$, $\rho_{d \max} =$

2 часть работы- Проектирование уплотнения грунтов в земляном полотне.

Задание: запроектировать плотность и влажность при уплотнении грунта в земляном полотне.

Дано :

Слой насыпи

Порядок проектирования:

1. Проектирование плотности сухого грунта.

а) минимальный коэффициент уплотнения (по тб. № 57 лаб. Практикума)

$$K =$$

б) требуемую плотность сухого грунта определяем по формуле:

$$\rho_{d \text{ тр}} = K \rho_{d \text{ max}}$$

Расчет:

2. Проектирование влажности :

$$W = W_{\text{опт}}$$

$W_{\text{min}} = 0.9 W_{\text{опт}}$ для глинистых грунтов

$W_{\text{min}} = 0.8 W_{\text{опт}}$ для песков

$$W_{\text{max}} = K_{\text{пер}} W_{\text{опт}}$$

$K_{\text{пер}}$ – назначаем по таблице 58 лаб. практикума.

Расчет:

3. Объем потребного для насыпи грунта определяем по формулам :

$$V_{\text{нф}} = V_{\text{н}} K_1$$

$$K_1 = \rho_{\text{д тр}} / \rho_{\text{д р}}$$

Где $V_{\text{н}}$ - объем проектируемой насыпи, м³

$\rho_{\text{д тр}}$ – требуемая плотность сухого грунта, г/см³

$\rho_{\text{д р}}$ - Плотность сухого грунта в резерве, г/см³

Сводная таблица запроектированных значений

Показатели	Данные
Минимальный (требуемый) коэффициент уплотнения, K	
Требуемая плотность скелета грунта, $\rho_{\text{д тр}}$, г/см ³	
Пределы запроектированной влажности W_{min} - W_{max} , %	
Потребный объем грунта для насыпи, $V_{\text{нф}}$, м ³	

Заключение: _____

Вывод:

Оформите отчет по выполнению лабораторной работы и сдайте преподавателю.

Контрольные вопросы:

1. Дать определение оптимальной влажности грунта
2. Какие три коэффициента определяют при проектировании максимальной плотности сухого грунта и контроле уплотнения грунта в земляном полотне?
3. Земляное полотно это?
4. Каким прибором определяют максимальную плотность и оптимальную влажность грунта?
5. Что происходит с грунтом, когда он переходит интервал оптимальной влажности?