

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геотехники и транспортных коммуникаций

ЗАЧТЕНО

«__» _____ 201_ г.

(подпись)

РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ

для выполнения лабораторных работ

по дисциплине «Механика грунтов, основания и фундаменты»

для студентов специальности 1-70 02 01 и 1-70 04 03

заочной формы обучения

Студент _____

Факультет _____

Курс _____

Группа _____

Преподаватель _____

Учебный год 201_ /201_ г.

Брест 201_

УДК 625.731:624.131.1

Рабочая тетрадь для выполнения лабораторных работ предназначена для студентов заочной формы обучения по специальностям 1 – 70 02 01 и 1 – 70 04 03 и составлена в соответствии с рабочими программами по курсу «Механика грунтов, основания и фундаменты». Она может служить пособием при самостоятельной работе в учебной лаборатории.

Составители: Клебанюк Д.Н., ассистент кафедры
Пойта П.С., профессор, д.т.н.
Демина Г.П., ст. преп.
Дроневиц А.Ю., ассистент кафедры

ОГЛАВЛЕНИЕ

В В Е Д Е Н И Е	стр. 4
ПРАВИЛА ВЕДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ТЕТРАДИ	5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. Определение гранулометрического (зернового) состава песчаных грунтов ситовым методом (ГОСТ 12536 - 79).....	6
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. Определение влажности грунта методом высушивания до постоянной массы (ГОСТ 5180-84).....	11
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. Определение плотности грунта (ГОСТ 5180-84)	13
3.1 Метод режущего кольца	13
3.2 Метод взвешивания в воде (парафинирования)	15
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. Определение плотности частиц грунта пикнометрическим методом (ГОСТ 5180-84).....	18
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. Определение плотности сухого грунта, пористости, коэффициента пористости и степени влажности (ГОСТ 5180-84).....	20
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. Определение пластичности глинистых грунтов (ГОСТ 5180-84)	23
6.1 Определение границы текучести.....	24
6.2 Определение границы раскатывания (пластичности)	25
6.3 Определение естественной влажности	25
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7. Определение показателей прочности грунта методом прямого среза образца (ГОСТ 12248-96).....	27
ЛИТЕРАТУРА	33
ПРИЛОЖЕНИЯ	34

ВВЕДЕНИЕ

Целью лабораторных занятий по курсу «Механика грунтов, основания и фундаменты» является практическое ознакомление с показателями физического состояния и механическими свойствами грунтов, используемых при проектировании оснований и фундаментов зданий и сооружений самого различного назначения.

При выполнении лабораторных работ студенты осваивают методику лабораторных исследований грунтов, знакомятся с необходимым оборудованием и проводят экспериментальные испытания песчаных и глинистых грунтов.

Выполнение лабораторных работ увязывается с чтением лекций и способствует необходимому углублению и закреплению знаний по изучаемому курсу. В целях лучшего усвоения материала в рабочей тетради приведены теоретические термины и определения об изучаемых показателях и их практическом применении, а также вопросы для самопроверки знаний.

Методика определения показателей физико-механических свойств грунтов изложена в соответствии с действующими ГОСТами, руководствами и инструкциями, принятыми в научных и производственных лабораториях.

ПРАВИЛА ВЕДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ТЕТРАДИ

Рабочая тетрадь составлена в соответствии с методическими указаниями к выполнению лабораторных работ и предназначена для записи первичных данных, получаемых при выполнении лабораторных работ и их обработки. При записи результатов необходимо строго соблюдать следующие правила:

- ведение записей выполняется четко и разборчиво шариковой либо гелевой ручкой;
- неправильные (ошибочные) записи должны быть аккуратно зачеркнуты, таким образом, чтобы зачеркиваемые результаты оставались полностью читаемыми;
- записи измерений производятся в строго отведенных графах и строках. При этом в одной строке и графе можно записывать только один результат измерений. Повторные (верные) результаты измерений, *необходимо записывать в нижеследующих строках*.

Все результаты измерений и вычислений должны иметь принятую размерность (единицы измерений) и необходимую точность вычислений.

При защите лабораторных работ студент должен ответить на вопросы, связанные с основными понятиями и определениями, методикой измерений и процессом математической и графической обработки результатов.

Указания:

1. К каждой лабораторной работе студент допускается только после выполнения предыдущей работы.
2. Студент обязан знать теоретический материал и методику выполнения очередной лабораторной работы.
3. Графики вычерчиваются карандашом (с нанесением экспериментальных точек).
4. Результаты выполненных работ предъявляются преподавателю, ведущему лабораторные работы, и подписываются им.
5. Защита лабораторной работы является допуском к зачету.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. Определение гранулометрического (зернового) состава песчаных грунтов ситовым методом (ГОСТ 12536 - 79)

Цель работы: определить вид (наименование) и степень неоднородности грунта.

Приборы и оборудование: набор сит (с поддоном); сита с размером отверстий 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 мм; весы лабораторные по ГОСТ 24104 - 2001; чашка фарфоровая.

Основные термины и определения:

Под **гранулометрическим (зерновым)** или **механическим** составом грунта понимают относительное содержание частиц различной крупности, выраженное в процентах от общей массы грунта.

Гранулометрический состав является одним из важных факторов, определяющих физические свойства грунта, от которого зависят следующие свойства: пластичность, пористость, сопротивление сдвигу, сжимаемость, усадка, набухание, высота капиллярного поднятия, водопроницаемость и др.

Определение гранулометрического состава необходимо для решения ряда практических вопросов, важнейшими из которых являются:

1. Классификация грунтов по зерновому составу (приложение А, табл. А1).
2. Классификация песчаных грунтов по неоднородности.
3. Приближенное вычисление водопроницаемости по эмпирическим формулам.
4. Оценка пригодности грунтов для использования их как строительных материалов, в качестве насыпей и др.

Наибольшее распространение определения гранулометрического состава в строительной практике получили: ситовой метод, полевой метод Рутковского, метод Сабанина, пипеточный метод, ареометрический и др.

Гранулометрический анализ на ситах является основным методом определения гранулометрического состава песчаных грунтов. Он заключается в просеивании пробы воздушно-сухого грунта через сита с диаметром отверстий 2,0; 0,5; 0,25 и 0,1 мм (рис.1).

Для фракций больших 0,1 мм он определяется просеиванием пробы через комплект сит, для более мелких (диаметром менее 0,1 мм) применяют методы, основанные на определении размеров частиц по скорости их выпадения из суспензии (метод седиментации). Чем мельче частицы, тем медленнее они оседают в спокойной жидкости. Скорость выпадения частиц оценивают по уменьшению плотности раствора, обычно с помощью ареометров.

Зная процентное содержание каждой фракции, строят кривые гранулометрического состава (рис. 2). Чем более крутыми получаются кривые, тем более однородным является грунт.

По кривой гранулометрического состава (рис. 2) находят **показатель максимальной неоднородности** (U_{max}) – меру неоднородности гранулометрического состава песка.

Чем выше U_{max} , тем зерновой состав грунта более неоднороден.

Для гранулометрического анализа используется грунт нарушенной структуры.

Порядок выполнения работы:

1. Сита собирают в колонку так, чтобы диаметры их отверстий уменьшались сверху вниз. Нижнее сито закрывают поддоном.

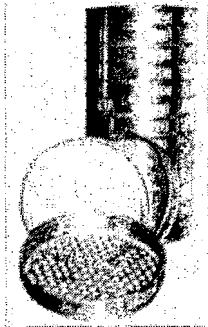


Рисунок 1 – Комплект сит для гранулометрического анализа

2. Осуществляют отбор средней навески методом квартования. Для этого высушенный на воздухе образец тщательно перемешивают, затем шпателем или линейкой распределяют на листе бумаги тонким слоем толщиной в несколько миллиметров и двумя взаимно перпендикулярными линиями разделяют на равные части (квадранты). Два противоположных квадранта (по диагонали) оставляют в качестве сокращенной пробы, а два других удаляют. Такое деление производят до тех пор, пока не останется необходимое количество грунта ≈ 100 г.

3. Взвешенную пробу (100 г) помещают на верхнее сито собранной колонки, закрывают крышкой и просеивают до полной сортировки частиц грунта на ситах. Контроль полной сортировки частиц грунта осуществляют просеиванием содержимого каждого сита над листом бумаги. При выпадении частиц содержимое бумаги необходимо высыпать на нижележащее сито, снятое сито поставить на место и продолжить обработку до тех пор, пока процесс деления грунта по крупности не будет завершен.

4. Содержимое каждого сита высыпают на предварительно взвешенные листки бумаги, взвешивают с точностью до 0,01 г и вычисляют массу каждой фракции. Суммарная масса всех фракций не должна отличаться более чем на 0,5% от массы образца, взятой для анализа.

Вычисляют процентное содержание каждой фракции по формуле:

$$\theta = \frac{A \cdot 100}{B}, \%, \quad (1)$$

где θ – процентное содержание фракций в грунте;

A – масса фракции, г;

B – масса навески, г.

Результаты вычисления гранулометрического (зернового) состава грунтов должны определяться с погрешностью до 0,1 %.

Данные анализа заносят в табл. 1.

По данным табл. 1 подсчитывают сумму процентов по массе частиц крупнее 2; 0,5; 0,25 и 0,1 мм. Наименование песка по крупности устанавливают по табл. А1 приложения А по первому удовлетворяющему показателю в порядке расположения наименований грунтов (сверху вниз).

Кривая гранулометрического состава строится в системе прямоугольных координат, в полулогарифмическом масштабе (рис. 2).

По оси абсцисс откладывают логарифмы диаметров частиц, а по оси ординат – суммарные процентные содержания частиц менее данного размера. Для этого последовательно суммируют содержание фракций, начиная с самой мелкой.

Таблица 1 – Результаты просеивания на ситах

Наименование показателей	Размеры фракций грунта в мм				
	>2	2-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	<0,1
1	2	3	4	5	6
Масса фракций грунта, г					
Содержание фракций, %					
Содержание частиц крупнее данного диаметра, %					
Содержание частиц менее данного диаметра, %					

Показатель максимальной неоднородности U_{max} определяем по формуле:

$$U_{max} = d_{95} \cdot \frac{d_{95}}{d_5} \quad (2)$$

где d_{95} , d_{50} , d_5 – диаметры частиц, мм, процентное содержание которых в грунте соответственно менее 95%, 50% и 5%;

d_{95} , d_{50} , d_5 определяют по кривой гранулометрического состава следующим образом: из точек на оси ординат, соответствующих 95; 50 и 5%, проводят прямые до пересечения с кривой; из точки пересечения опускают перпендикуляры на ось абсцисс; полученные на оси абсцисс точки и дают d_{95} , d_{50} , d_5 .

Рассматриваемые песчаные грунты классифицируются по показателю максимальной неоднородности в соответствии с СТБ 943-2007:

- $U_{max} < 4,0$ – грунт однородный;
- $4,0 \leq U_{max} \leq 20,0$ – среднеоднородный;
- $20,0 < U_{max} \leq 40,0$ – неоднородный;
- $U_{max} > 40,0$ – повышенной неоднородности.

По данным определения гранулометрического состава: строится кривая гранулометрического состава (рис. 3); составляется заключение по наименованию песчаного грунта с учетом его показателя максимальной неоднородности.

$U_{max} =$ _____

Вывод: _____

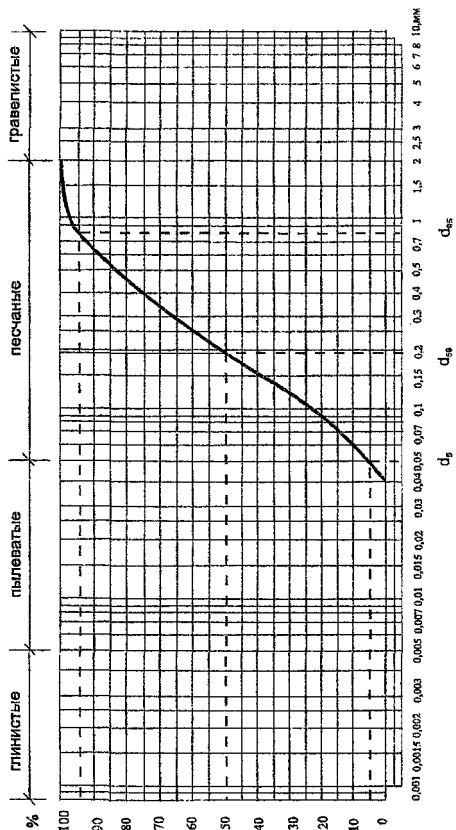


Рисунок 2 – Суммарная кривая гранулометрического состава

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется гранулометрическим составом грунта?
2. Какие методы определения гранулометрического состава Вы знаете?
3. С какой целью определяют гранулометрический состав грунта?
4. На какие виды по гранулометрическому составу делятся песчаные грунты?
5. Как определяется показатель максимальной неоднородности?
6. Как влияет U_{max} на однородность грунта?
7. Дайте классификацию грунтов по показателю максимальной неоднородности.
8. В чем суть ситового метода?
9. Где используются результаты гранулометрического состава?

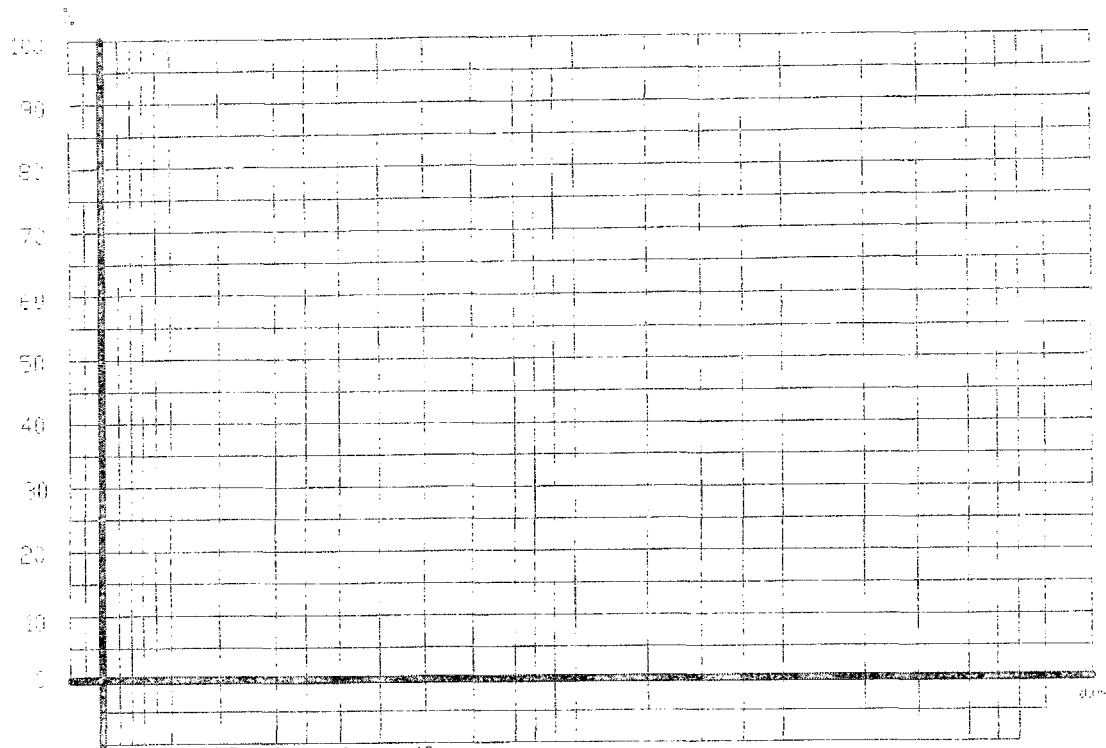


Рисунок 3 – Кривая гранулометрического состава по результатам испытаний

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. Определение влажности грунта методом высушивания до постоянной массы (ГОСТ 5180-84)

Цель работы: определить влажность грунта.

Приборы и оборудование: весы лабораторные по ГОСТ 24104 - 2001; чашка фарфоровая, бюксы; шкаф сушильный; шпатель.

Основные термины и определения:

Влажность грунта является важнейшей характеристикой физического состояния грунта. Влажность выражается в процентах либо в долях единицы. Различают весовую и объемную влажность.

Влажностью грунта называют отношение массы воды в объеме грунта к массе этого грунта, высушенного до постоянной массы.

Влажность грунтов определяется высушиванием пробы при $t=105\pm 2^\circ \text{C}$.

Объемной влажностью называется отношение объема воды в образце грунта к объему, занимаемому твердыми частицами (скелетом грунта).

Для одного и того же грунта весовая влажность меньше, чем его объемная влажность.

Влажность грунта может быть больше единицы или 100 % (например, у ила, торфа).

Естественная влажность является важным показателем, необходимым для вычисления объемной массы грунта, пористости, степени влажности и др.

В настоящее время разработано несколько методов определения влажности. Из них наибольшее распространение получил весовой метод. Этим методом определяют влажность грунтов для различных видов строительства на всех стадиях изысканий, за исключением тех случаев, когда грунты содержат значительное количество растительных остатков.

Порядок выполнения работы:

1. Взвешивают пронумерованный бюкс с крышкой (m_1 , г).
2. В бюкс помещают пробу грунта массой 15-20 г, закрывают крышкой и взвешивают (m_2 , г).
3. Сняв крышку, бюкс помещают в нагретый сушильный шкаф, где грунт высушивают до постоянной массы при температуре $(105\pm 2)^\circ\text{C}$. Песчаные грунты высушивают в течение 3ч, а остальные - в течение 5 ч, после чего производят взвешивание (m_3 , г). Последующие высушивания песчаных грунтов производят в течение 1 ч, остальных - в течение 2 ч, затем снова взвешивают. Высушивание производят до получения разности масс грунта со стаканчиком при двух последующих взвешиваниях не более 0,02 г.
4. Вычисляют влажность грунта по формуле:

$$W_i = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \cdot 100, \% \quad (3)$$

Для каждой пробы грунта делают 2 параллельных определения. Все взвешивания производят на технических весах с точностью до 0,01 г. Результаты вычислений выражают с точностью до 0,1%. Расхождение между определениями более 2% не допускается.

Среднее значение влажности определяют по формуле:

$$W_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{n}, \quad \% , \quad (4)$$

где n – число определений влажности.

Полученные данные записывают в табл. 2.

По результатам определения влажности грунта составляют заключение о нормативном значении влажности исследуемого грунта.

Таблица 2 – Результаты определения влажности грунта

№ п/п	Вид грунта	№ блока	Масса пустого блока, m_1 , г	Масса блока с влажным грунтом, m_2 , г	Масса блока с сухим грунтом m_3 , г	Влажность, %	
						опытные данные, W_i	средний результат, $W_{\text{ср}}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
2							
3							

$$W_1 = \frac{m_2 - m_1}{m_3 - m_1} \cdot 100\% = \quad \%$$

$$W_2 = \frac{m_2 - m_1}{m_3 - m_1} \cdot 100\% = \quad \%$$

$$W_{\text{ср}} = \quad \quad \quad \%$$

Вывод: _____

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется влажностью грунта?
2. Как определяется влажность грунта?
3. На какие физические характеристики влияет увеличение влажности и как?
4. Какое значение влажности воздушно-сухого грунта?
5. Может ли быть влажность грунта больше 100%?
6. Какие виды влажности Вы знаете?
7. В чем заключается методика высушивания грунта до постоянной массы в процессе определения влажности?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. Определение плотности грунта (ГОСТ 5180-84)

Цель работы: определить плотность грунта.

Приборы и оборудование: весы лабораторные по ГОСТ 24104 - 2001; чашка фарфоровая; шпатель; режущее кольцо; парафин; парафиновая ванна; электроплитка ГОСТ 14919; нож; сосуд с дистиллированной водой; фильтровальная бумага.

Основные термины и определения:

Плотностью грунта (ρ) называют отношение массы образца грунта к его объему.

Плотность грунта зависит от минералогического состава, пористости, влажности грунта. Максимального значения плотность при данной пористости достигает при полном заполнении пор грунта водой. Изменяется плотность для большинства видов грунтов в пределах от 1,4 г/см³ до 2,2 г/см³.

Плотность грунта определяется путем отбора проб грунта ненарушенного сложения.

Используют плотность грунта в расчетах оснований, земляных сооружений, подземных конструкций, а также при установлении объема земляных работ.

Зная плотность грунта, можно найти его удельный вес по формуле:

$$\gamma = \rho \cdot g, \text{ кН/м}^3, \quad (5)$$

где ρ – плотность грунта, г/см³;

g – ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с².

Удельным весом грунта (γ) называется отношение полного веса образца грунта к полному объему, который он занимает, включая объем пор. Удельный вес грунта γ зависит от удельного веса частиц грунта γ_s , его пористости n и влажности w .

Рассмотрим два метода определения грунта:

1. Метод режущего кольца;
2. Метод парафинирования.

3.1 Метод режущего кольца

Этот метод применяют для связных грунтов, легко поддающихся вырезке, а также песчаных грунтов ненарушенного сложения и естественной влажности. Суть его заключается в том, что кольцо известного объема V врезается в грунт, а затем путем взвешивания определяют массу m грунта, заключенного в кольце.

Порядок выполнения работы:

1. Определяют массу (m , г) режущего кольца вместе с крышками.
2. Определяют внутренний объем кольца (V , см³):

$$V = \frac{\pi d^2}{4} h, \text{ см}^3 \quad (6)$$

где d – внутренний диаметр кольца, см;

h – высота кольца, см.

Размеры кольца измеряют с точностью 0,01 см.

3. Зачистив поверхность грунта, устанавливают на ней кольцо режущим краем вниз. Придерживая кольцо рукой, острым ножом вырезают столбик грунта высотой 5-10 мм и диаметром на 1-2 мм больше наружного диаметра кольца. По мере срезания грунта, легким нажимом на верхний край насаживают кольцо на столбик грунта, не допуская перекосов. Операция вырезания столбика грунта и погружения кольца в грунт продолжается до полного заполнения кольца. При пластичном или сыпучем грунте кольцо плавно, без перекосов, вдавливают в него и удаляют грунт вокруг кольца.
4. После заполнения кольца грунт, выступающий сверху, срезают, зачищая поверхность вровень с краями кольца, и накрывают крышкой. Поддерживая кольцо рукой, подрезают грунт на 8-10 мм ниже режущего кольца и отделяют его. Затем производят зачистку нижней поверхности и закрывают кольцо второй крышкой.
5. Кольцо с грунтом и крышками взвешивают (m_2 , г).
6. Определяют плотность грунта по формуле:

$$\rho_i = \frac{m_2 - m_1}{V}, \text{ г/см}^3 \quad (7)$$

Для каждого образца грунта количество параллельных определений должно быть не менее двух. Расхождение в результатах параллельных определений более 0,03 г/см³ не допускается.

Полученные данные записывают в табл. 3 и определяют среднее значение плотности по формуле:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_i}{n}, \text{ г/см}^3, \quad (8)$$

где n – количество опытов.

Полученные данные записывают в табл. 3. По результатам определения плотности грунта (ρ) составляют заключение о нормативном значении плотности грунта.

Таблица 3 – Результаты определения плотности грунта

№ п / п	Вид грунта	№ кольца	Масса кольца, г		Объем кольца, V , см ³	Плотность грунта, ρ_i , г/см ³	Среднее значение плотности грунта, $\rho_{\text{ср}}$, г/см ³
			пустого с крышками, m_1	с крышками и грунтом, m_2			
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
2							

$$V = \frac{\cdot}{4} = \text{см}^3$$

$$\rho_1 = \frac{m_1}{V} = \quad , \text{ г/см}^3$$

$$\rho_2 = \frac{m_2}{V} = \quad , \text{ г/см}^3$$

$$\rho_{\text{пв}} = \frac{m_{\text{пв}}}{V} = \quad , \text{ г/см}^3$$

$$\gamma = \quad = \quad , \text{ кН/м}^3$$

Вывод: _____

3.2 Метод взвешивания в воде (парафинирования)

Метод взвешивания в воде (парафинирования) применяют для связных грунтов, трудно поддающихся вырезке (склонных к выкрошиванию).

Порядок выполнения работы:

1. Берут образец грунта объемом не менее 50 см³ и, удалив по возможности при помощи ножа выступающие острые части и обвязав его тонкой нитью длиной 15-20 см, взвешивают на технических весах (m , г).
2. После взвешивания образец опускают на 1-2 с в расплавленный парафин с температурой 57-60°. Так, повторными погружениями наращивают парафиновую оболочку до толщины 1-1,5 мм. При этом необходимо следить, чтобы в парафине не оставалось пузырьков воздуха.
3. Взвешивают охлажденный запарафинированный образец (m_1 , г).
4. Подвесив запарафинированный образец грунта на крючок коромысла весов, погружают его в сосуд с чистой водой, установленный на подставке (рис. 2), и взвешивают (m_2 , г). При этом образец не должен касаться дна и стенок сосуда.
5. Взвешенный образец вынимают из воды, промокают фильтрованной бумагой и взвешивают для проверки герметичности оболочки. При увеличении массы образца более чем на 0,02 г по сравнению с первоначальной, образец бракуется, и испытание повторяется с другим образцом.

Плотность грунта вычисляют по формуле:

$$\rho_i = \frac{m \cdot \rho_n \cdot \rho_w}{\rho_n \cdot (m_1 - m_2) - \rho_w \cdot (m_1 - m)} , \text{ г/см}^3, \quad (9)$$

где ρ_n – плотность парафина, принимаемая равной 0,90 г/см³;

ρ_w – плотность воды, принимаемая равной 1,0 г/см³.

Для каждого образца грунта количество параллельных определений должно быть не менее двух. Расхождение в результатах в этом случае не должно превышать 0,03 г/см³.

Данные определений сводим в табл. 4 и определяем нормативное значение плотности грунта.

Таблица 4 – Результаты определения плотности грунта

№ п/п	Вид грунта	Масса, г				Объем, см ³			плотность грунта, ρ_1 , г/см ³	среднее значение плотности грунта, ρ_{cp} , г/см ³
		образца грунта, m	образца грунта с парафином, m_1	парафина, $m_1 - m$	запарафинированного образца в воде, m_2	образца грунта с парафином, V_1	парафиновой оболочки, V_2	образца грунта, V		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1										
2										

Объем образца грунта с парафином:

$$V_1 = \frac{m_1 - m_2}{\rho_w}, \quad (10)$$

Объем парафиновой оболочки:

$$V_2 = \frac{m_1 - m}{\rho_p}, \quad (11)$$

Объем образца грунта:

$$V = V_1 - V_2, \quad (12)$$

$$\rho_1 = \frac{m}{V}, \quad \text{г/см}^3; \quad V_1 = \frac{m_1 - m_2}{\rho_w} = \text{см}^3;$$

$$\rho_2 = \frac{m_1 - m}{V_2}, \quad \text{г/см}^3; \quad V_2 = \frac{m_1 - m}{\rho_p} = \text{см}^3;$$

$$\rho_{cp} = \frac{m}{V}, \quad \text{г/см}^3; \quad V = V_1 - V_2 = \text{см}^3.$$

$$\gamma = \rho \cdot g = \text{кН/м}^3;$$

По результатам определения плотности исследуемых образцов составляют заключение о нормативном значении плотности и удельного весе грунтов.

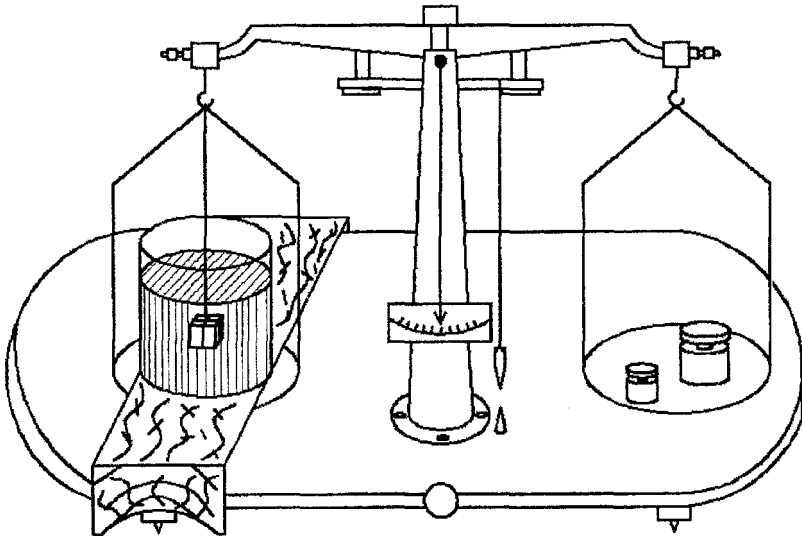


Рисунок 4 – Взвешивание в воде запарафинированного образца грунта

Вывод: _____

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется плотностью грунта?
2. От чего зависит плотность грунта?
3. Какими методами определяется плотность грунта?
4. Как определяется плотность глинистого грунта?
5. Что называется удельным весом грунта?
6. В каких интервалах изменяется плотность песчаных и глинистых грунтов?
7. От чего зависит удельный вес грунта?
8. Где используют результаты определения плотности грунта?
9. Какова сущность метода режущего кольца?
10. Для какого вида грунтов применяют метод взвешивания в воде?
11. Какова сущность метода взвешивания в воде?
12. Какой должна быть температура расплавленного парафина?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. Определение плотности частиц грунта пикнометрическим методом (ГОСТ 5180-84)

Цель работы: определить плотность частиц грунта.

Приборы и оборудование: весы лабораторные по ГОСТ 24104–2001; чашка фарфоровая, пикнометры по ГОСТ 22524–77; шпатель; песчаная баня; электроплитка ГОСТ 14919; пипетки; сосуд с дистиллированной водой; фильтровальная бумага.

Основные термины и определения:

Плотностью частиц грунта называют отношение массы частиц грунта к их объему.

Плотность частиц грунта обуславливается только минералогическим составом и изменяется в пределах от 2,4 г/см³ до 2,8 г/см³. Для ориентировочных расчетов можно принимать плотность частиц грунта равной: для песков – 2,66 г/см³, супесей – 2,68 г/см³, суглинков – 2,71 г/см³, глин – 2,74 г/см³.

Определяется плотность частиц грунта с помощью мерных сосудов (пикнометров), емкостью не менее 100 см³.

Зная плотность частиц грунта, можно найти удельный вес частиц грунта:

$$\gamma_s = \rho_s \cdot g, \text{ кН/м}^3, \quad (10)$$

где ρ_s – плотность частиц грунта, г/см³;
 $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Удельным весом частиц грунта называется отношение веса частиц грунта к объему, который они занимают. Он зависит от минералогического состава скелета грунта и степени их дисперсности. У глин он больше, чем у песка при одних и тех же образующих грунт минералах. В глинистом грунте поверхность частиц намного больше, чем в песчаном, поэтому и большая возможность окисления и проявления поверхностных явлений.

Вес высушенного образца грунта меньше, чем вес грунта, содержащего влагу, но полный объем грунта, содержащего поры, намного больше, чем объем, занимаемый частицами (то есть без учета пор), поэтому удельный вес частиц грунта больше, чем удельный вес грунта, то есть $\gamma_s > \gamma$.

Порядок выполнения работы:

1. Из приготовленного воздушно-сухого грунта берут навеску грунта из расчета 15 г на каждые 100 мл емкости пикнометра.
2. Пикнометр, наполненный на 1/3 объема дистиллированной водой, взвешивают (m_1 , г). Затем через воронку всыпают в него отобранную навеску грунта и снова взвешивают (m_2 , г).
3. Пикнометр с водой и грунтом взбалтывают и ставят кипятить на песчаную баню. Продолжительность спокойного кипячения (с момента начала кипения) для песков и супесей должна составлять 30 минут.
4. После кипячения пикнометр слегка охлаждают и доливают до риски на горлышке дистиллированную воду, а затем охлаждают до комнатной температуры, поместив его в небольшой сосуд с водой.
5. Поправляют положение мениска путем добавки в пикнометр нескольких капель дистиллированной воды. Низ мениска должен совпадать с мерной риской на пикнометре.

6. Обтирают тщательно пикнометр снаружи и шейку внутри фильтровальной бумагой и взвешивают (m_3 , г).
7. Содержимое пикнометра выливают, его ополаскивают и наливают в него до того же уровня дистиллированную воду, имеющую температуру суспензии, и взвешивают (m_4 , г).
8. Вычисляют массу сухого грунта по формуле:

$$m_{01} = \frac{m_2 \cdot m_1}{1 + 0,01w_s}, \quad (11)$$

где w_s - гигроскопическая влажность, принимаемая равной 1...2%.

9. Плотность частиц грунта вычисляют по формуле:

$$\rho_{si} = \frac{m_0 \cdot \rho_w}{m_0 + m_1 - m_3}, \quad \text{г/см}^3, \quad (12)$$

где ρ_w - плотность воды, принимаемая равной 1,0 г/см³.

Для каждого образца грунта производят два параллельных определения плотности частиц грунта. Расхождение между результатами определений более чем на 0,02 г/см³ не допускается. За плотность частиц грунта принимают среднее арифметическое результатов параллельных определений, выраженное с точностью до 0,01 г/см³.

Данные опытов заносят в табл. 5.

Таблица 5 – Результаты определения плотности частиц грунта

№ п/п	Вид грунта	Масса, г				Плотность частиц грунта, г/см ³		
		пикнометра с водой, m_1	пикнометра с водой и грунтом, m_2	пикнометра с водой и грунтом до черты, m_3	пикнометра с водой до черты, m_4	сухого грунта, m_0	частные значения, ρ_{si}	среднее значение, ρ_{sep}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1								
2								

$$m_{01} = \dots, \text{ г}; \quad m_{02} = \dots, \text{ г}$$

$$\rho_{s1} = \dots, \text{ г/см}^3; \quad \rho_{s2} = \dots, \text{ г/см}^3$$

$$\rho_{sep} = \dots, \text{ г/см}^3; \quad \gamma_s = \dots, \text{ кН/м}^3$$

Вывод:

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется плотностью частиц грунта?
2. Как определяется плотность частиц грунта?
3. От чего зависит плотность частиц грунта?
4. В каких интервалах изменяется плотность частиц различных грунтов?
5. Что называется удельным весом частиц грунта?
6. Что больше удельный вес грунта или удельный вес частиц грунта и почему?
7. От чего зависит удельный вес частиц грунта?
8. Для чего кипятят суспензию при определении плотности частиц грунта?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. Определение плотности сухого грунта, пористости, коэффициента пористости и степени влажности (ГОСТ 5180-84)

Цель работы: определить производные характеристики грунта.

Приборы и оборудование: инженерный калькулятор.

Основные термины и определения:

К производным относят: пористость (n); коэффициент водонасыщения (S_r) и др.

Основные и производные характеристики применяются для оценки свойств любых грунтов: скальных, полускальных, дисперсных.

Плотностью сухого грунта (ρ_d) называется отношение массы сухого грунта (исключая массу воды в его порах) к его объему (включая имеющиеся в грунте поры).

Величина ρ_d характеризует плотность сложения грунта и особенно широко используется для оценки качества уплотнения грунтов в подушках, насыпях и других земляных сооружениях.

Плотность сухого грунта вычисляют по формуле:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + 0,01 \cdot w}, \text{ г/см}^3, \quad (13)$$

где ρ – плотность грунта, г/см³;

w – влажность грунта, %.

Удельным весом сухого грунта γ_d называется отношение веса высушенного грунта к полному объему, который он занимает, включая объем пор и определяется по формуле:

$$\gamma_d = \rho_d \cdot g, \text{ кН/м}^3, \quad (14)$$

где ρ_d – плотность сухого грунта, г/см³;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Пористостью грунта (n) называется отношение объема пор к общему объему грунта. Пористость n изменяется в пределах от нуля (поры отсутствуют) до единицы (скелет отсутствует). Пористость не может быть больше единицы.

$$n = \frac{V_n}{V}, \text{ д. ед. или } n = \frac{V_n}{V} \cdot 100, \% \quad (15)$$

Пористость определяется по формулам:

$$n = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s}, \quad (16)$$

$$\text{или } n = 1 - \frac{\rho}{(1 + 0,01 \cdot w) \cdot \rho_s}, \quad (17)$$

где ρ - плотность грунта, г/см³;
 ρ_d - плотность сухого грунта, г/см³;
 ρ_s - плотность частиц грунта, г/см³;
 w - влажность грунта, %.

Коэффициентом пористости e_0 (относительной пористостью) называется отношение объема пор к объему твердых (скелетных) частиц грунта.

Коэффициент пористости e изменяется от нуля (поры отсутствуют) до бесконечности (скелет отсутствует). Коэффициент пористости может быть больше единицы (например, у лессов, торфа). Он равен единице, если объем пор равен объему, занятому твердыми частицами.

Коэффициент пористости определяется по формулам:

$$e_0 = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1, \quad (18)$$

$$\text{или } e_0 = \frac{n}{1 - n}. \quad (19)$$

Песчаные грунты разделяются по плотности их сложения в зависимости от коэффициента пористости (приложение А, табл. А3).

Степень влажности грунта (коэффициент водонасыщения) (S_r) характеризует долю заполнения пор водой.

Коэффициентом (индексом) водонасыщенности, или степенью влажности грунта, называется отношение природной влажности грунта w к влажности, соответствующей полному заполнению пор водой, w_{sat} . Коэффициент водонасыщенности S_r изменяется от нуля (для абсолютно сухого грунта) до единицы (для полностью водонасыщенного грунта). Он вычисляется по формуле:

$$S_r = \frac{0,01w \cdot \rho_s}{e_0 \cdot \rho_w}, \quad (20)$$

где ρ_w - плотность воды, г/см³;
 w - весовая влажность, %.

В зависимости от степени влажности песчаные грунты разделяют на маловлажные, влажные, насыщенные водой (приложение А, табл. А5).

Полученные показатели песчаных грунтов применяют для классификации грунтов.

По полученным результатам дают полное наименование грунта.

$$\rho_d = \frac{\rho_s}{1 + 0,01 \cdot S_r} = \quad , \text{ г/см}^3; \quad S_r = \frac{0,01 \cdot \rho_s}{\rho_d} =$$

$$n = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s} = \quad , \quad e_0 = \frac{0,01 \cdot S_r}{n} - 1 =$$

Вывод: _____

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое удельный вес сухого грунта?
2. Что такое пористость и коэффициент пористости грунта? Как они определяются и где используются?
3. Что такое степень влажности грунта и для чего она определяется?
4. Какие физические характеристики называют основными, а какие производными?
5. Что такое коэффициент пористости? О чем говорит изменение этого коэффициента при сжатии грунта?
6. Что называется плотностью сухого грунта и как она определяется?
7. Напишите формулы для определения e , n , S_r .
8. В каких пределах могут изменяться коэффициент пористости и степень влажности грунта?
9. Как делятся песчаные грунты в зависимости от коэффициента пористости и степени влажности?
10. Для чего определяют основные и производные характеристики грунта?
11. Что называется удельным весом сухого грунта (ранее назывался объемным весом скелета грунта)?
12. Что называется коэффициентом (индексом) водонасыщенности грунта S_r и в каких пределах он изменяется?
13. Взаимосвязь между пористостью и коэффициентом пористости грунта.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. Определение пластичности глинистых грунтов (ГОСТ 5180-84)

Цель работы: определить вид (наименование) и конструкцию глинистого грунта.

Приборы и оборудование: весы лабораторные по ГОСТ 24104–2001; ступка фарфоровая по ГОСТ 9147–73; пестик по ГОСТ 9147–73 с резиновым наконечником; чашка фарфоровая по ГОСТ 9147–73; пикнометры по ГОСТ 22524–77; балансиры конус; шкаф сушильный; шпатель; дистиллированная вода.

Основные термины и определения:

Свойства глинистого грунта в первую очередь зависят от его минералогического, гранулометрического состава и от влажности.

Характеристики пластичности глинистых грунтов - это влажности на границе текучести w_L и раскатывания w_p , а также число пластичности J_p и показатель текучести J_L (показатель консистенции).

Под **консистенцией** понимают густоту и вязкость грунтов, которые обуславливают способность их сопротивления пластическому изменению формы. Консистенция зависит от количественного содержания твердых частиц и воды в единице объема грунта, а также от сил взаимодействия между частицами.

Под **пластичностью грунта** понимают его способность в определенном интервале влажностей изменять свою форму без разрыва сплошности в результате воздействия внешнего давления и сохранять ее, когда внешнее давление снимается.

Влажность, при которой грунт находится на границе твердого и пластичного состояний, называется **границей раскатывания** – w_p .

Влажность, при которой грунт находится на границе пластичного и текучего состояний, называется **границей текучести** – w_L .

Разность между влажностями на пределе текучести и раскатывания, выраженная в процентах, называется **числом пластичности**.

Число пластичности определяется по формуле:

$$J_p = w_L - w_p, \% \quad (21)$$

Глинистые грунты подразделяют по числу пластичности на супеси, суглинки и глины (приложение А, табл. А2).

По величинам характерных влажностей w_p и w_L и естественной влажности w , можно определить показатель текучести, т.е. степень подвижности слагающих грунт частиц при механическом воздействии по формуле:

$$J_L = \frac{w - w_p}{w_L - w_p} \quad (22)$$

По показателю текучести глинистые грунты подразделяют на группы от твердых до текучих (приложение А, табл. А4).

Характеристики w_L , w_p и J_p являются косвенными показателями состава (гранулометрического и минералогического) глинистых грунтов. Более высокие значения этих характеристик свойственны грунтам с большим содержанием глинистых частиц, а также грунтам, в минералогический состав которых входит монтмориллонит.

6.1 Определение границы текучести

Граница текучести характеризуется как влажность приготовленной из исследуемого грунта пасты, при которой балансирующий конус (конус Васильева) погружается под действием собственной массы в 76 г на глубину 10 мм за время 5 с.

Порядок выполнения работы:

1. Из грунта, прошедшего через сито с отверстиями в 1 мм, с добавлением небольшого количества дистиллированной воды приготавливают грунтовую пасту, которую выдерживают в закрытом стеклянном сосуде не менее 2 ч.
2. Грунтовую пасту тщательно перемешивают в фарфоровых чашках и укладывают небольшими порциями с помощью шпателя в стаканчик прибора, заполняя его без оставления пустот. Поверхность пасты заглаживают вровень с краями стаканчика.
3. Подносят к поверхности грунтовой пасты, находящейся в стаканчике, смазанный тонким слоем вазелина конус (рис. 5) и, плавно опустив его, дают в течение 5 с свободно погружаться в пасту под давлением от собственной массы.
4. Если конус за 5 с погрузится в пасту до черты, то верхний предел считается достигнутым.
5. Погружение конуса за 5 с на глубину менее 10 мм показывает, что влажность пасты еще не достигла искомой границы текучести. В этом случае вынимают пасту из стаканчика, добавляют в него немного воды (дистиллированной), тщательно перемешивают и операции повторяют.
6. При погружении конуса на глубину более 10 мм грунтовую пасту вынимают из стаканчика, кладут на стекло, перемешивают шпателем, давая ей немного подсохнуть, и операции повторяют.
7. Отбирают из испытываемой пасты пробу не менее 15 г и производят определение влажности w_L методом высушивания.

Производят не менее двух параллельных определений w_L . Расхождение более 2% не допускается.

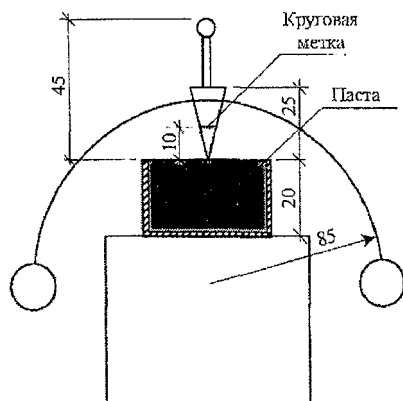


Рисунок 5 – Балансирующий конус для определения границы текучести

6.2 Определение границы раскатывания (пластичности)

Границу раскатывания (пластичности) следует определять как влажность приготовленной из исследуемого грунта пасты, при которой паста, раскатываемая в жгут толщиной 3 мм, начинает распадаться на отдельные кусочки длиной 3-10 мм.

Порядок выполнения работы:

1. Приготовленную грунтовую пасту, оставшуюся от определения границы текучести, подсушивают до тех пор, пока она при раскатывании не перестанет прилипать к ладоням рук.
2. Из подсушенной грунтовой пасты берут небольшие кусочки и раскатывают их на стекле до образования жгута диаметром около 3 мм и длиной, равной ширине ладони.
3. Если при такой толщине грунтовый жгут начнет крошиться, то считают, что предел раскатывания достигнут. Если при толщине около 3 мм жгут сохраняет связность и эластичность и не крошится, то его переминают руками, а затем вновь раскатывают до указанной толщины.
4. Если жгут начинает крошиться, не достигнув толщины 3 мм, добавляют несколько капель дистиллированной воды и перемешивают, а затем раскатывают.
5. Собрав не менее 10 г распадающегося жгута грунта в предварительно взвешенный бюкс, определяют его влажность w_p методом высушивания. Для каждого образца грунта производят не менее двух параллельных определений w_p . Расхождение в результатах более 2% не допускается.

6.3 Определение естественной влажности

Естественную влажность определяют методом высушивания.

За границы текучести и раскатывания и естественную влажность принимают среднее арифметическое результатов параллельных определений. Результаты определений влажностей заносят в табл. 6.

Таблица 6 – Результаты определения показателей пластичности грунта

Показатели пластичности, %	№ бюкса	Масса, г			Влажность, %	
		бюкса	бюкса с влажным грунтом	бюкса с сухим грунтом	опытные данные, w_i	средний результат, w_{cp}
	2	3	4	5	6	7
w_l						
w_p						
w						

По нормативным значениям влажностей на границе текучести, раскатывания и естественной влажности определяют наименование и состояние глинистого грунта, а также его расчетное сопротивление (приложение А табл. А8) при проектировании оснований зданий и сооружений.

$$W_{L1} = \frac{m}{m_d} \cdot 100\% = \quad \% ; \quad W_{p1} = \frac{m_p}{m_d} \cdot 100\% = \quad \% ;$$

$$W_{L2} = \frac{m}{m_d} \cdot 100\% = \quad \% ; \quad W_{p2} = \frac{m_p}{m_d} \cdot 100\% = \quad \% ;$$

$$W_{Lcp} = \quad \% ; \quad W_{pcp} = \quad \% ;$$

$$W_1 = \frac{m}{m_d} \cdot 100\% = \quad \% ; \quad J_p = \quad ;$$

$$W_2 = \frac{m}{m_d} \cdot 100\% = \quad \% ; \quad J_L = \quad ;$$

$$W_{cp} = \quad \% .$$

Вывод: _____

Вопросы для самоконтроля

1. Как определяется влажность на границе текучести?
2. Что такое граница раскатывания и как она определяется?
3. Что такое число пластичности и для чего оно определяется?
4. Для чего определяется показатель текучести?
5. Как определяется наименование и состояние (консистенция) глинистого грунта?
6. Как влияет влажность глинистого грунта на его расчетное (условное) сопротивление?
7. Что необходимо знать для определения расчетного (условного) сопротивления глинистого грунта?
8. От чего зависит число пластичности: от гранулометрического состава, от минералогического состава?
9. Дайте классификацию глинистых грунтов по числу пластичности и показателю текучести.
10. От чего зависит показатель текучести глинистого грунта?
11. В каких пределах изменяются число пластичности и показатель текучести?
12. Что называется числом (индексом) пластичности I_p глинистого грунта и что оно показывает?
13. Что такое показатель консистенции I_L (индекс текучести) глинистого грунта и зависит ли он от естественной влажности w ? В каких пределах он изменяется?
14. Перечислите характеристики пластичности глинистых грунтов.
15. Какой должен быть процент расхождения двух параллельных определений влажностей?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7. Определение показателей прочности грунта методом прямого среза образца (ГОСТ 12248-96)

Цель работы: Определить прочностные характеристики грунта.

Приборы и оборудование: установка (ГПП–30) для испытания грунта методом одноплоскостного среза; режущее кольцо (цилиндрическая форма с режущим краем); гладкие пластинки (стекло, металл и т.п.); плоская лопатка; нож с прямым лезвием; весы лабораторные по ГОСТ 24104-2001; фильтровальная бумага.

Основные термины и определения:

Прочностью грунтов называется такое их состояние, при котором они могут сопротивляться воздействию нагрузок без разрушения. Предел прочности характеризуется такой нагрузкой, незначительное превышение которой вызовет разрушение грунта.

Разрушение грунта происходит в тот момент, когда величина касательных напряжений на поверхности разрушения достигает своего предельного значения, равного сопротивлению грунта сдвигу.

Параметры прочности могут быть найдены с помощью разных приборов, например, трехосного сжатия, одноосного сжатия с фиксированной плоскостью разрушения, кручения, вращательного сдвига. Однако наиболее простое и наглядное испытание производят на приборах прямого сдвига, которые по ГОСТ 12248-96 называют приборами одноплоскостного среза.

Цель испытания грунтов на прочность – определить значения $\tau_{пр}$, соответствующие различным значениям σ , из системы уравнений найти два неизвестных – параметры прочности φ и C .

В связи с тем, что прочность связей между частицами в грунтах намного меньше, чем прочность самих частиц, прочность грунтов в целом определяется прочностью и состоянием связей между частицами. Разрушение грунта происходит вследствие возрастания сдвигающих усилий, возникающих между частицами при приложении к грунту нагрузки и разрушающих связи между частицами. Для небольших давлений (до 500 кПа) можно считать, что сопротивление грунта сдвигу состоит из двух частей – одной, не зависящей от величины нормального давления, действующего по площадке сдвига, и именуемой удельным сцеплением; и второй, являющейся функцией нормального давления и именуемой трением. Сопротивление сдвигу характеризует прочность грунтов.

Зависимость между сопротивлением сдвигу и нормальным давлением устанавливается экспериментально.

Предельное сопротивление сдвигу есть функция первой степени от нормального давления (закон Кулона):

$$\text{– для сыпучих грунтов} \quad \tau \leq \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (23)$$

$$\text{– для связных грунтов} \quad \tau \leq \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + C, \quad (24)$$

где τ – сопротивление сдвигу, кПа;

σ – нормальное напряжение по площадкам сдвига, кПа;

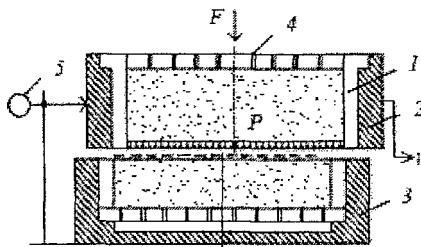
φ – угол внутреннего трения, град.;

C – удельное сцепление, кПа.

Параметры прочности φ и C используются в задачах, связанных с определением несущей способности оснований сооружений, устойчивости откосов, насыпей и выемок земляных сооружений, давления грунтов на подпорные сооружения, устойчивости сводов обрушения подземных выработок, при проектировании механизмов для разрушения грунтов и в ряде других случаев.

Предельное сопротивление сдвигу и прочностные характеристики грунтов определяются разными методами – прямым одноплоскостным срезом, трехосным сжатием, а в полевых условиях – сдвигом грунтовых призм по заранее заданной поверхности, лопастными крыльчатками.

Испытания проводят при разных значениях вертикальных напряжений.

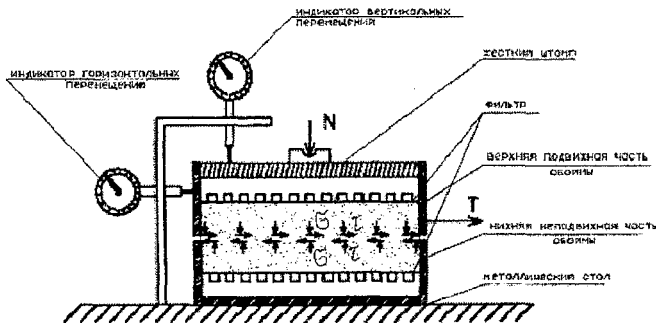


1 – рабочее кольцо сдвигового прибора;
 2 – подвижная обжимка прибора;
 3 – неподвижная обжимка сдвигового прибора;
 4 – перфорированный штамп; 5 – индикатор
Рисунок 6 – Схема сдвигового прибора

Различают быстрый сдвиг, когда за время испытания плотность и влажность грунта практически не изменяются (закрытая система), и медленный, когда вода свободно выдавливается из пор грунта (открытая система).

При использовании метода среза образец грунта помещается в обойму, имеющую горизонтальный разрез. По плоскости этого разреза происходит срез образца, нагнуженного заданной вертикальной нагрузкой. При этом считается, что в плоскости разреза при срезе выполняется условие прочности. Таким образом, в этом виде испытания плоскость среза заранее predetermined. Такой вид испытания имеет как свои положительные стороны (простота испытания, простота прибора), так и отрицательные (напряженное состояние образца отличается от того, которое принимается в расчетной схеме; вместо плоскости среза получается некоторая зона, в которой происходит срез и др.).

Опыт проводится по открытой системе на сдвиговом приборе типа ГПП-30. Схематический разрез прибора представлен на рис. 7, а сдвиговой прибор – на рис. 6.



N – нормальное усилие; T – сдвигающее усилие
Рисунок 7 – Схема срезного прибора

Прибор системы Гидропроекта состоит из следующих двух основных узлов: срезной камеры, оборудованной двумя индикаторами часового типа для измерения вертикальных и горизонтальных перемещений, и нагрузочного устройства, обеспечивающего передачу вертикальной и горизонтальной нагрузок на образец грунта.

Все узлы прибора смонтированы на металлическом столе. Срезыватель прибора установлен в средней части плиты стола и состоит из нижней неподвижной и верхней подвижной частей обоймы. Перед загрузкой срезывателя грунтом обоймы скрепляются установочными винтами. На дно нижней обоймы уложен жесткий фильтр, служащий для отвода воды из-под образца грунта при его сжатии. На образец грунта, помещенный в срезыватель, устанавливается жесткий штамп с верхним фильтром, служащий для передачи вертикальной нагрузки непосредственно на образец. Размеры рабочего цилиндра-срезывателя следующие: диаметр $d=71,4$ мм; высота $h=40$ мм; площадь $A=40 \text{ см}^2 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$. Соотношение плеч рычажных устройств составляет 1:10.

Порядок выполнения работы:

1. С помощью специального кольца из монолита грунта вырезается образец и вдавливается в рабочий цилиндр, состоящий из нижней и верхней обоймы. Снизу и сверху образца укладываются фильтровальная бумага и жесткие штампы.
2. Раму вертикального нагрузочного устройства устанавливают упорным винтом на штамп, на кронштейне закрепляют индикатор для измерения вертикального перемещения штампа.
3. На подвеску рычага укладывается соответствующий груз N . Обычно давления σ_1 , σ_2 и σ_3 выбирают таким образом, чтобы охватить весь диапазон действующих в основании давлений в зонах, где возможно нарушение прочности грунта. Испытания грунта на сдвиг производим при давлениях $\sigma_1 = 100$ кПа, $\sigma_2 = 200$ кПа и $\sigma_3 = 300$ кПа.
4. Специальными винтами создаем зазор (0,5–1,0 мм) между верхней и нижней обоймами.
5. Устанавливаем нулевой отсчет на индикаторе горизонтального перемещения и прикладываем к подвеске сдвигающей системы первую ступень нагрузки. Срезающую нагрузку в каждом опыте прикладывают так, чтобы приращение касательных напряжений $\Delta\tau$ не превышало по абсолютной величине $0,1\sigma$.
6. После прекращения движения стрелки индикатора, фиксирующего деформации сдвига, записываем отсчет деформации в журнал испытаний.
7. Каждую последующую ступень сдвигающей нагрузки ΔT прикладываем к образцу только после затухания деформаций сдвига от воздействия предыдущей ступени. Испытание следует считать законченным, если при приложении очередной ступени сдвигающей нагрузки происходит мгновенный срез одной части образца по отношению к другой или общая деформация среза превысит 5 мм.
8. После среза образца прибор перезаряжают и производят таким же образом новые опыты, но при давлениях $\sigma_2=200$ кПа и $\sigma_3=300$ кПа.
9. Результаты измерений и вычислений сводим в таблицу 7.

10. Строим обобщающий график $\tau = f(\sigma)$ (рис. 10). График строится в одинаковом масштабе для τ и σ . По полученным опытным точкам проводится осредненная прямая до пересечения с осью ординат.
11. Результаты испытаний сводим в табл. 8.
12. Угол внутреннего трения φ и удельное сцепление C вычисляют, используя результаты табл. 8 по формулам:

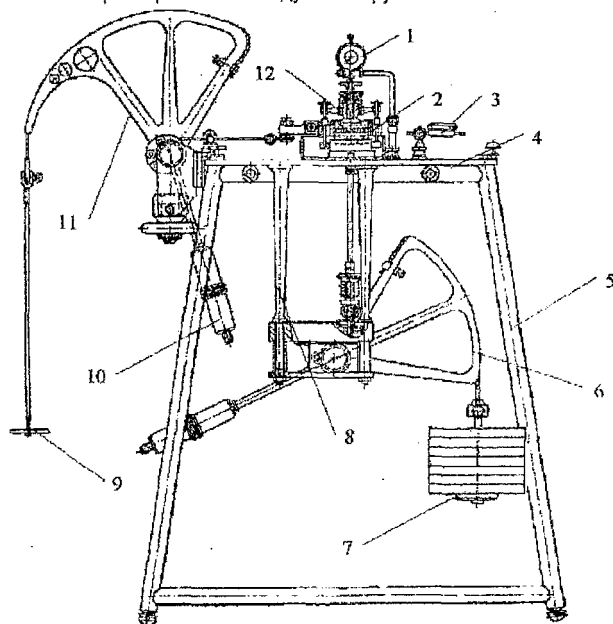
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{n \sum \tau_i \sigma_i - \sum \tau_i \sum \sigma_i}{n \sum (\sigma_i)^2 - (\sum \sigma_i)^2}; \quad (25)$$

$$C = \frac{\sum \tau_i \sum \sigma_i^2 - \sum \sigma_i \sum \tau_i \sigma_i}{n \sum (\sigma_i)^2 - (\sum \sigma_i)^2}; \quad (26)$$

где $n \geq 3$ – число определений величины τ .
 Если $C < 0$, то принимают $C = 0$ и вычисляют:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sum \tau_i \sigma_i}{\sum \sigma_i^2}. \quad (27)$$

По результатам сдвиговых испытаний составляют заключение о нормативных значениях прочностных характеристик исследуемого грунта.



1 - индикатор вертикальных деформаций; 2 - срезная коробка; 3 - индикатор горизонтальных деформаций; 4 - металлическая панель; 5 - сварная станина; 6 - секторный рычаг; 7, 9 - подвеска; 8 - рама; 10 - противовес; 11 - рычаг горизонтального усилия; 12 - штамп верхнего коромысла

Рисунок 8 – Сдвиговой прибор

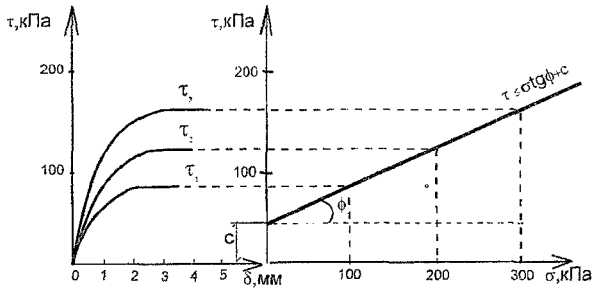


Рисунок 9 – График зависимости сопротивления грунтов сдвигу

Таблица 7 – Результаты испытаний грунтов на срез и вычислений σ и τ

Масса гирь на подвеске нагрузочных устройств, кг		Напряжение в плоскости среза, кПа		Горизонтальная деформация, мм
вертикальное	горизонтальное	нормальное	сдвигающее	
m_N	m_T	$\sigma = \frac{0,01 \cdot m_N \cdot g}{A}$	$\tau = \frac{0,01 \cdot m_T \cdot g}{A}$	δ
1	2	3	4	5
4	0,4	100	10	
	0,8		20	
	1,2		30	
	1,6		40	
	2,0		50	
	2,4		60	
	2,8		70	
8	0,8	200	20	
	1,6		40	
	2,4		60	
	3,2		80	
	4,0		100	
	4,8		120	
	5,6		140	
12	1,2	300	30	
	2,4		60	
	3,6		90	
	4,8		120	
	6,0		150	
	7,2		180	
	8,4		210	

Таблица 8 – Статистическая обработка результатов испытаний

σ_i , кПа	τ_i , кПа	σ_i^3 , кПа ³	$\sigma_i \tau_i$, кПа ²
100			
200			
300			
$\Sigma=$			

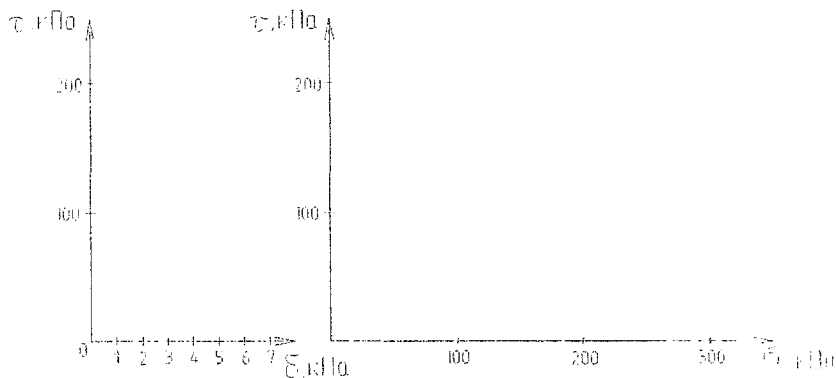


Рисунок 10 – График зависимости сопротивления грунтов сдвигу

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\tau}{\sigma} =$$

или

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\tau - C}{\sigma - C} =$$

$$C = \frac{\tau - \sigma \operatorname{tg} \varphi}{1 - \operatorname{tg} \varphi} =$$

Вывод: _____

Вопросы для самоконтроля

1. Какие характеристики прочности грунта Вы знаете?
2. Как записывается условие предельного сопротивления сдвигу глинистого и песчаного грунта по Кулону?
3. Как записывается условие прочности грунта через главные напряжения?
4. Какие способы определения удельного сцепления C и угла внутреннего трения φ Вам известны?

5. Расскажите методику определения ρ и C в приборе прямого среза.
6. В каких расчетах используются характеристики прочности грунтов?
7. В чем суть метода испытания грунтов на срез?
8. Изобразить графически зависимость сопротивления грунтов сдвигу для песчаных и глинистых грунтов
9. Как определить удельное сцепление грунта?
10. Какие параметры грунта называют прочностными?

ЛИТЕРАТУРА

1. СТБ 943-2007. Грунты. Классификация (взамен ГОСТ 25100-82).
2. ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
3. ГОСТ 12071-2000. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов.
4. ГОСТ 12248-96. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.
5. ГОСТ 12536-79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.
6. ГОСТ 20522-96. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний.
7. ГОСТ 30416-96. Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения.
8. Пойта, П.С. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Механика грунтов, основания и фундаменты» / Пойта П.С., Шведовский П.В., Тарасевич А.Н., Климук А.М., Демина Г.П. // Брест: Издательство УВО БрГТУ, 2007. – 44 с.
9. М.В. Малышев, Г.Г. Болдырев «Механика грунтов, основания и фундаменты» АСВ М., 2000
10. Чаповский, Е.Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов / Чаповский Е.Г. // Изд. 4-е М.: «Недра», 1975. – 304 с.
11. П.С. Пойта. «Механика грунтов, оснований и фундаментов. Курс лекций». Часть 1 / П.С. Пойта, П.В. Шведовский, А.Н. Тарасевич, В.Н. Дедок, Г.П. Демина // Брест: Издательство УВО БрГТУ 2010г. – с. 226.
12. П.С. Пойта. «Механика грунтов, оснований и фундаментов. Курс лекций». Часть 2 / П.С. Пойта, П.В. Шведовский, А.Н. Тарасевич, В.Н. Дедок, Г.П. Демина // Брест: Издательство УВО БрГТУ 2011г. – с. 260.
13. ТКП 45-5.01. – 254 – 2012 (02250) Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы проектирования / Мин. арх. и строительства РБ – Мн.: Минстройархитектуры, 2012 – 107 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Таблица А.1 - Классификация песчаных грунтов по гранулометрическому составу

Грунт	Размер частиц, мм	Масса частиц, % от массы воздушно-сухого грунта
Гравелистый	>2	>25
Крупный	>0,5	>50
Средней крупности	>0,25	>50
Мелкий	>0,1	≥75
Пылеватый	>0,1	<75

Примечание: наименование грунта принимается по первому удовлетворяющему показателю в порядке их расположения в таблице.

Таблица А.2 - Классификация глинистых грунтов по числу пластичности

Грунт	Число пластичности, %
Супесь	$1 \leq J_p \leq 7$
Суглинок	$7 < J_p \leq 17$
Глина	$J_p > 17$

Таблица А.3 - Разновидности песчаных грунтов по коэффициенту пористости

Песок	Значения коэффициента пористости		
	плотные	средней плотности	рыхлые
Гравелистый, крупный и средней крупности	$e < 0,55$	$0,55 \leq e \leq 0,7$	$e > 0,70$
Мелкий	$e < 0,6$	$0,60 \leq e \leq 0,75$	$e > 0,75$
Пылеватый	$e < 0,6$	$0,60 \leq e \leq 0,8$	$e > 0,8$

Таблица А.4 - Разновидности глинистых грунтов по показателю текучести

Грунт	Показатель текучести
Супесь:	
твердая	$I_L < 0$
пластичная	$0 \leq I_L \leq 1,0$
текучая	$I_L > 1,0$
Суглинок и глина:	
твердые	$I_L < 0$
полутвердые	$0 \leq I_L \leq 0,25$
тугопластичные	$0,25 < I_L \leq 0,5$
мякопластичные	$0,5 < I_L \leq 0,75$
текучепластичные	$0,75 < I_L \leq 1,0$
текучие	$I_L > 1,0$

Продолжение приложения А

Таблица А.5 - Разновидности песчаных грунтов по степени влажности

Грунт	Степень влажности
Маловлажный	$0 < S_r \leq 0,5$
Влажный	$0,5 < S_r \leq 0,8$
Насыщенный водой	$0,8 < S_r \leq 1,0$

Таблица А.6 - Нормативные значения c_n , φ_n , E для глинистых (не моренных и не лессовых) грунтов четвертичных отложений

Наименование грунтов	Пределы I_L	Обозначения характеристик	Значения характеристик при e							
			0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05	
Супеси	$0 \leq I_L \leq 0,25$	c_n	21	17	15	13	—	—	—	
		φ_n	30°	29°	27°	24°	—	—	—	
		E	32	24	16	10	7	—	—	
	$0,25 < I_L \leq 0,75$	c_n	19	15	13	11	9	—	—	
		φ_n	28°	26°	24°	21°	18°	—	—	
		E	31	23	15	9	6	—	—	
Суглинки	$0 < I_L \leq 0,25$	c_n	47	37	31	25	22	19	—	
		φ_n	26°	25°	24°	23°	22°	20°	—	
		E	34	27	22	17	14	11	—	
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	c_n	39	34	28	23	18	15	—	
		φ_n	24°	23°	22°	21°	19°	17°	—	
		E	32	25	19	14	11	8	—	
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	c_n	—	—	25	20	16	14	12	
		φ_n	—	—	19°	18°	16°	14°	12°	
		E	—	—	17	12	8	6	5	
	Глины	$0 < I_L \leq 0,25$	c_n	—	81	68	54	47	41	36
			φ_n	—	21°	20°	19°	18°	16°	14°
			E	—	28	24	21	18	15	12
$0,25 < I_L \leq 0,5$		c_n	—	—	57	50	43	37	32	
		φ_n	—	—	18°	17°	16°	14°	11°	
		E	—	—	21	18	15	12	9	

Продолжение приложения А

Таблица А.7 - Нормативные значения c_n , φ_n , E для песчаных грунтов четвертичных отложений

Наименование грунтов	Обозначение характеристик	Значения характеристик при e			
		0,45	0,55	0,65	0,75
Пески гравелистые и крупные	c_n	2	1	—	—
	φ_n	43°	40°	38°	35°
	E	50	40	30	15
Пески средней крупности	c_n	3	2	1	—
	φ_n	40°	38°	35°	33°
	E	45	35	25	13
Пески мелкие	c_n	6	4	2	—
	φ_n	38°	36°	32°	28°
	E	40	30	20	12
Пески пылеватые	c_n	8	6	4	2
	φ_n	36°	34°	30°	26°
	E	35	25	18	11

Таблица А.8 - Условное расчетное сопротивление R_0 глинистых непросадочных грунтов (кроме моренных и лессовых)

Глинистые грунты	Коэффициент пористости e	Значение R_0 , кПа, при показателе I_L , равном		
		0	0,5	0,75
Супеси	0,5	400	300	250
	0,7	300	250	200
Суглинки	0,5	400	350	300
	0,7	350	300	200
	0,85	250	200	150
Глины	0,5	600	500	400
	0,6	500	400	300
	0,8	300	250	200
	1,0	250	200	150

Продолжение приложения А

Таблица А.9 - Условное расчетное сопротивление R_0 песчаных грунтов

Пески	Значение R_0 , кПа, в зависимости от прочности песков	
	Прочные при коэффициенте пористости e от 0,45 до 0,54	Средней прочности при коэффициенте пористости e от 0,55 до 0,75
Крупные	600	500
Средние	500	400
Мелкие:		
- маловлажные и влажные	400	300
- водонасыщенные	300	250
Пылеватые:		
- маловлажные	300	250
- влажные	250	150
- водонасыщенные	200	100

Примечание — В таблице значения R_0 даны для меньшего значения e . Для большего значения e приведенные в таблице значения R_0 для прочных грунтов следует умножать на 0,9, а для грунтов средней прочности — на 0,8; для промежуточных значений e значение R_0 допускается определять линейной интерполяцией.

Учебное издание

Составители:

Клебанюк Дмитрий Николаевич

Пойта Петр Степанович

Демина Галина Петровна

Дроневиц Александр Юрьевич

РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ

для выполнения лабораторных работ

по дисциплине «Механика грунтов, основания и фундаменты»

для студентов специальности 1-70 02 01 и 1-70 04 03

заочной формы обучения

Ответственный за выпуск *Пойта П.С.*

Редактор *Боровикова Е.А.*

Компьютерная верстка *Боровикова Е.А.*

Корректор *Никитчик Е.В.*

Подписано в печать 04.01.2013 г. Формат 60x84 1/16. Бумага «Снегурочка».

Усл. печ. л. 2,33. Уч.-изд. л. 2,5. Заказ № 2. Тираж 110 экз.

Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Брестский государственный технический университет».

224017, г. Брест, ул. Московская, 267.