

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО -
СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ имени МИРЗО УЛУГБЕКА**

**КАФЕДРА «АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ, ОСНОВАНИЯ И
ФУНДАМЕНТЫ»**



Методические указания

**к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Инженерная геология и механика грунтов»**

САМАРКАНД – 2017

УДК 624.131.23.

Методические указания для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Инженерная геология и механика грунтов» предназначены для студентов, обучающихся по направлению образования 5340800-«Автомобильные дороги и аэродромы»

Методические указания для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Инженерная геология и механика грунтов» составлены в соответствии с действующей учебной программой дисциплины «Инженерная геология и механика грунтов» и могут быть использованы студентами, обучающимися по направлению образования 5340800-«Автомобильные дороги и аэродромы» при выполнении лабораторных работ

Таблиц - 10, рисунков - 14, библиография – 17.

Составители: **Хонкелдиев Мухаммадмеди Мусаевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги, основания и фундаменты»

Якубов Мукиджон Мухтарович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Автомобильные дороги, основания и фундаменты»

Рецензенты: **Икрамов Файзулло Абдуллаевич** - кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги основания и фундаменты»

Кондратьев Владимир Анатольевич- кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология и организация строительства»

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании кафедры «Автомобильные дороги, основания и фундаменты» (протокол № 8 от 15 март 2016 г.) и научно–методическом советом Строительного факультета Сам ГАСИ (протокол №8 от 29 март 2016 г.).

Выходные данные: Сам.ГАСИ. Формат А 4. Заказ №... Тираж 10 Объем 2.8.п.л.

ПРЕДИСЛОВИЯ

Массивные горные породы коры выветривания каменной оболочки Земли (литосферы) не сохраняют своего первоначального состояния, а постоянно изменяются, подвергаясь раздроблению, разрыхлению, переносу водой и воздушными потоками. Изменения горных пород под влиянием физического, механического и химического действия различных агентов носят название процессов выветривания. Продукты выветривания составляют основную массу грунтов.

Грунтами называются все «рыхлые горные породы» коры выветривания (литосферы). Грунты представляют собой многокомпонентную систему, изменяющуюся во времени и используемую как основание, среду или материал для возведения зданий и инженерных сооружений.

Для инженерной геологии и механики грунтов наиболее важными являются физические, физико-механические и физико-химические свойства грунтов.

К физическим характеристикам относятся: плотность (удельный вес); плотность частиц (удельный вес частиц); плотность сухого грунта (удельный вес сухого грунта); природная влажность, верхний и нижний пределы пластичности (влажности на границе текучести и раскатывания) грунта, для песчаных грунтов гранулометрический (зерновой) и микроагрегатный состав, а также пористость, коэффициент пористости и степень влажности.

Знание физических свойств и классификационных показателей необходимо для того, чтобы классифицировать грунты, а также пользуясь рекомендациями КМК 2.02.01-98 определить величину расчетного сопротивления грунта R_0 , которая используется при предварительном определении размеров подошвы фундамента.

К деформационным характеристикам грунтов относятся: коэффициент сжимаемости; коэффициент относительной сжимаемости; модуль деформации и коэффициент Пуассона.

Знание деформационных свойств грунтов позволяет рассчитать величину деформаций оснований зданий и сооружений, установить, как будут развиваться эти деформации во времени.

К прочностным характеристикам грунтов относятся удельное сцепление и угол внутреннего трения, знание которых позволит определить безопасное давление на основание.

Цель и задачи проведения лабораторных работ .

В соответствии с учебной программой дисциплины «Инженерная геология и механика грунтов» студентам предстоит выполнить пять лабораторных работ, освоить методику проведения лабораторных работ по изучению физических свойств, деформационных, механических и фильтрационных показателей песчаных и глинистых грунтов, углубить полученные теоретические знания.

I. Лабораторная работа по определению оптимальной влажности и максимальной плотности грунтов.

I.1. Общие положения

Предварительная подготовка оснований методом трамбования широко применяется в промышленном, гражданском и дорожном строительстве. Однако, добиться существенного уплотнения грунта можно только при определенной величине влажности, изменяющейся для каждого литологического вида грунта. Контроль качества уплотнения ведется по величине плотности сухого грунта (ρ_d).

Цель лабораторной работы заключается в установлении зависимости плотности сухого грунта от его влажности, назначении требуемой плотности, влажности и контроле качества уплотнения глинистых, песчаных и гравийных грунтов, используемых в качестве материала для земляных сооружений и в основаниях зданий и сооружений.

Оптимальная влажность и максимальная плотность сухого грунта при трамбовании определяется на приборе Союздор НИИ для стандартного уплотнения грунтов.

Схема прибора СоюздорНИИ для стандартного уплотнения грунтов приведена на рис.1.

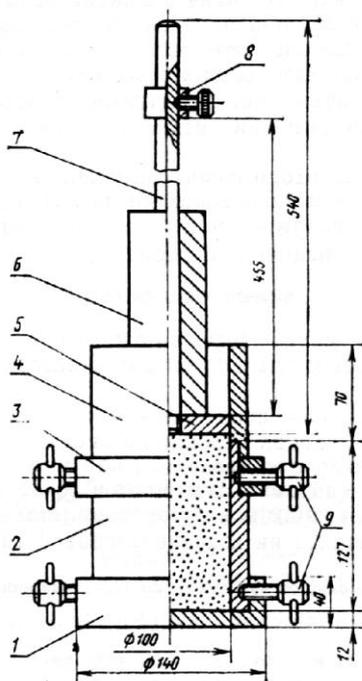


Рис.1. Схема прибора СоюздорНИИ для стандартного уплотнения грунтов: 1 - поддон; 2 - разъемный цилиндр емкостью 1000 см³; 3 - кольцо; 4 - насадка; 5 - наковальня; 6 - груз массой 2,5 кг.; 7 - направляющий стержень; 8 - ограничительное кольцо; 9 — зажимные винты.

I.1.1. Метод определения оптимальной влажности и максимальной плотности сухого грунта при трамбовании заключается в установлении зависимости плотности скелета грунта от его влажности при их уплотнении и в определении по этой зависимости максимальной величины плотности

скелета грунта ($\gamma_{d \max}$). Влажность, при которой достигнута максимальная плотность скелета грунта, является оптимальной влажностью (W_{opt}).

I.1.2. Для установления зависимости плотности скелета грунта от его влажности, проводят серию отдельных испытаний грунта на уплотнение с последовательным увеличением его влажности. Результаты испытаний представляют в виде графика. Количество отдельных испытаний для построения графика должно быть не менее шести, а также достаточным для выявления максимального значения плотности скелета грунта.

I.1.3. Испытание грунтов осуществляют в приборе «СоюздорНИИ» для стандартного уплотнения грунтов (рис.1) путем послойного трамбования грунта ударами груза массой 2,5 кг, падающего с высоты 300 мм; при этом общее число ударов должно составить 120.

I.1.4. Все результаты, получаемые в процессе подготовки и проведения испытаний грунта, должны заноситься в журнал определения оптимальной влажности и максимальной плотности скелета грунта (таблица № 1).

I.2. Отбор проб грунта.

I.2.1. Пробы грунта (образцы нарушенного сложения) следует отбирать в естественных обнажениях и горных выработках из однородного по виду слоя грунта согласно требованиям ГОСТ 12071-72. Масса пробы грунта должна быть не менее 10 кг. Каждая отобранная проба грунта должна быть снабжена данными о наименовании объекта, мощности данного слоя, глубине, месте и дате отбора грунта, а также наименовании грунта по визуальному определению.

I.3. Приборы, оборудование и материалы.

I.3.1. Для проведения испытаний требуются следующие приборы, оборудование и инструменты: прибор «СоюздорНИИ» для стандартного уплотнения грунтов (рис.1.); весы настольные гирные или циферблатные по ГОСТ 13882 - 68; весы лабораторные электронные по ГОСТ 19491 - 74; гири по ГОСТ 7328-73; шкаф сушильный по ГОСТ 7365-55; эксикатор типа Э-250 по ГОСТ 6371-73; чашки металлические емкостью не менее 5 л; цилиндры мерные с носиком емкостью 100 и 500 мл по ГОСТ 1770 - 74; лопатка или мастерок; линейка металлическая длиной 30 см по ГОСТ 427-75; сита с отверстиями 5 и 10 мм; штангенциркуль ШЦ-1-125, модель 183 по ГОСТ 166-73; нож лабораторный; стаканчики алюминиевые для взвешивания; чашка металлическая; шпатель; кисточки; машина растирочная (бегуны лабораторные) или ступка № 7 (диаметром по верху 240 мм) с пестиком, снабженным резиновым наконечником по ГОСТ 9147-73.

I.4. Подготовка к испытаниям.

I.4.1. Подготовка образца грунта к испытаниям

I.4.1.1. Подготовка грунта к испытаниям состоит из следующих операций: обработка пробы грунта массой 10 кг; выделение и подготовка отдельных проб грунта массой 2,5 кг к испытанию.

I.4.1.2. Обработка пробы грунта массой 10 кг должна производиться в следующем порядке:

высушивание в помещении при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния, при котором можно производить размельчение и просеивание грунта;

размельчение грунта (без дробления зерен) в ступке пестиком с резиновым наконечником или лабораторными бегунами;

взвешивание (масса m_1); просеивание сквозь сито с отверстиями размером 10 мм;

отбор проб массой не менее 30 г из грунта, прошедшего сквозь сито, для определения влажности (W_1);

взвешивание зерен размером крупнее 10 мм (масса m_2) и отбор из них проб для определения влажности (W_2) и плотности зерен (ρ);

I.4.1.3. Содержания в грунте зерен крупнее 10 мм (X) определяют по формуле:

$$X = \frac{m_2(1+0,01W_2)}{m_1(1+0,01W_1)} \cdot 100.; \quad (1)$$

I.4.1.4. Выделение отдельных проб массой 2,5 кг и подготовка их к испытанию должны производиться в следующем порядке:

перемешивают грунт, прошедший сквозь сито и распределяют его ровным слоем на листе картона, фанеры или плотной бумаги; выделяют не менее двух отдельных проб массой 2,5 кг (m_3) методом квадратиования; отбирают их в металлические чашки для испытания;

отобранные отдельные пробы грунта доувлажняют до исходной влажност-ти (W_3), принимаемой равной 4% - для песчаных и гравийных грунтов, 8% - для глинистых грунтов. Необходимое количество воды (Q) для доувлажнения пробы грунта определяют по формуле:

$$Q = \frac{m_3}{1+0,01W_1} \cdot 0,01(W_3 - W_1); \quad (2)$$

вводят в пробы грунта рассчитанное количество воды и одновременно перемешивают грунт лопаточкой - мастерком;

переносят пробы грунта из чашек в эксикаторы и выдерживают их не менее 2 ч при закрытых крышках эксикаторов.

I.4.2. Подготовка прибора к испытанию.

I.4.2.1. Подготовка прибора к испытанию должна осуществляться в следующей последовательности:

разъемный цилиндр емкостью 1000 см³ устанавливают в поддон, не зажимая его винтами;

устанавливают кольцо на бортик цилиндра;

зажимают цилиндр попеременно винтами поддона и кольца;

проверяют размеры цилиндра штангенциркулем; при этом внутренний диаметр и глубина должны быть равны, соответственно, 100 и 127 мм;

определяют массу (m_4) собранного контейнера (цилиндр с поддоном и кольцом) с погрешностью до 1 г и заносят данные в журнал испытаний;

собранный контейнер прибора устанавливают на жесткое неподвижное основание массой не менее 50 кг.

I.5. Проведение испытаний.

I.5.1. Испытания грунта проводят последовательно с отдельными пробами грунта. Влажность пробы при первом испытании должна равняться исходной, установленной в п. I.4.1.4. При каждом последующем испытании влажность следует увеличивать на 1—2% для песчаных, гравийных грунтов и 2—3 % для глинистых грунтов. Количество воды для доувлажнения пробы определяют по формуле (2), принимая в ней за m_3 - массу грунта, оставшегося от предыдущего испытания, а за W_1 и W_3 - ,соответственно, влажности, задаваемые при преды-дущем и очередном испытаниях.

I.5.2. Каждую отдельную пробу следует испытывать не более трех раз. При испытании грунтов, содержащих зерна, легко разрушающиеся при трамбовании, каждую пробу испытывают только один раз.

I.5.3. Уплотнение грунта каждой пробы должно выполняться путем последова-тельного трамбования трех слоев.

I.5.4. Испытание грунта надлежит проводить в следующей последовательности:

подготовленную пробу грунта переносят из эксикатора в металлическую чашку, а затрем слоями загружают в цилиндр прибора, прижимая грунт трам-бовкой. Каждый слой должен иметь высоту 5 - 6 см и уплотняться 40 ударами груза; при этом стержень трамбовки необходимо удерживать в вертикальном положении. Перед загрузкой второго и третьего слоев, поверхность предыдущего слоя взрыхляют ножом на глубину 1—2 мм. Перед укладкой третьего слоя на цилиндр надевают насадку;

после уплотнения третьего слоя, насадку снимают и срезают выступаю-щую часть образца заподлицо с торцом цилиндра. Толщина слоя срезаемого грунта не должна быть более 10 мм. При большей толщине необходимо провести повторное испытание с уменьшенными толщинами слоев уплотняемого грунта;

определяют массу контейнера с грунтом (m_5) с погрешностью до 1 г и рассчитывают плотность влажного образца грунта (ρ) с погрешностью до 0,01 г/см³ по формуле,
$$\rho = \frac{m_5 - m_4}{V}, \quad (3)$$

где V - емкость цилиндра, равная 1000 см³;

снимают поддон и кольцо, раскрывают цилиндр и извлекают уплотненный образец грунта. Из верхней, средней и нижней частей образца отбирают по одной пробе массой не менее 30 г для определения влажности грунта (W) ;

извлеченный из цилиндра грунт присоединяют к оставшейся в чашке части пробы, растирают, перемешивают и взвешивают. Затем повышают влажность пробы согласно п. 5.1. После добавления воды, грунт переме-шивают, накрывают влажной тканью и выдерживают не менее 15 мин;

I.5.5. Второе и последующие испытания грунта на уплотнение должны проводиться в соответствии с пунктами. 5.2÷5.4.

I.5.6. Испытания по определению максимальной плотности скелета грунта следует считать законченными тогда, когда с повышением влажности

пробы при последующих двух - трех испытаниях на уплотнение, происходит последовательное уменьшение значения плотности уплотненных образцов грунта или когда грунт перестает уплотняться и начинает при ударах груза выжиматься из прибора.

I.6. Обработка результатов проведенных опытов.

I.6.1. По полученным в результате испытаний значениям плотности и влажности уплотненных образцов определяют плотность скелета грунта (ρ_d) с погрешностью до 0,01 г/см³ по формуле

$$\rho_d = \frac{\rho}{1+W} \quad (4)$$

I.6.2. Строят график зависимости плотности скелета от влажности грунта (Рис.2), откладывая по оси абсцисс влажность уплотненных образцов в масштабе 1 см - 2% , а по оси ординат - плотность скелета грунта (масштаб 1 см - 0,05 г/см³). Находят максимум полученной зависимости и соответствующие ему величины максимальной плотности скелета грунта ($\rho_{d \max}$) на оси ординат и оптимальной влажности (W_{opt}) на оси абсцисс. Точность определения значений должна быть для $\rho_{d \max}$ - 0,01 г/см³, а для W_{opt} - 0,1%.

Если при построении графика кривая зависимости получается без заметно выраженного пика, что может иметь место для песчаных и гравийных грунтов, за $\rho_{d \max}$ следует принимать достигнутую максимальную плотность скелета грунта, а за W_{opt} - наименьшее значение влажности, при которой достигается максимальная плотность скелета грунта.

I.6.3. Если в грунте содержались зерна крупнее 10 мм, которые перед испытанием согласно п. 4.1.2. были удалены из пробы грунта, то для учета влияния таких зёрен на величину максимальной плотности грунта необходимо полученные значения $\rho_{d \max}$ и W_{opt} для части пробы, прошедшей сквозь сито с отверстиями размером 10 мм, пересчитать на значения ($\rho_{d \max}$ и W_{opt}) для исследуемого грунта в целом (с включением зерен крупнее 10 мм) по формулам:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1+W}; \quad (5) \quad W_{opt} = W_p - (0,01 \div 0,03); \quad (6)$$

$$\gamma_{d \max} = \frac{\gamma_d \rho}{\rho - 0,01 \cdot (\rho - \gamma_d)}; \quad (7) \quad W_{opt} = 0,01 W_{opt} (100 - X); \quad (8)$$

Журнал определения максимальной влажности и плотности скелета грунта

Объект _____

Место отбора грунта _____

Глубина отбора грунта, м ____; мощность слоя грунта, м ____ . Вид грунта ____ .

Дата отбора ____ . Масса пробы грунта (после размельчения) m_1 , кг _____ .

Данные по остатку на сите зерен (после просеивания пробы):

а) масса зерен m_2 , кг _____ б) влажность зерен W_2 _____ %;

в) плотность зерен ρ , г/см³ _____ ; содержание зерен x , % _____ .

Влажность прошедшего сквозь сито грунта W_1 , % _____ .

Масса отобранных для испытания проб грунта m_3 , кг _____ .

Максимальная плотность скелета грунта $\gamma_{\text{макс}}$, г/см³ _____.
 Оптимальная влажность грунта $W_{\text{опт}}$, % _____.
 Максимальная плотность скелета грунта с учетом зерен крупнее 10 мм
 ($\rho_{d \text{ max}}$ г/см³) _____ . Оптимальная влажность грунта с учетом
 зерен крупнее 10 мм $W'_{\text{опт}}$, % _____.
 Дата проведения испытаний _____ (начало) _____ (конец) _____.

Таблица № 1

Номер испы- тания	Определение плотности				№ бюкса	Определение влажности			Плот- ность скелет а уплот- ненно- го об- разца грунта $\rho_d = \frac{\rho}{1+W}$ см ³		
	Масса, г					Масса, г				Влажность, %	
	Контей- нера без насад- ки, m_4	Контей- нера без насадки с уплот- ненным образцом грунта, m_5	Уплот- ненног о образца грунта $m_5 - m_4$	Плотность уплотнен- ного образ- ца грунта $\rho = \frac{m_5 - m_4}{V}$, г/см ³		Пус- того бюкса, m_6	Бюкса с влажной пробой грунта, m_7	Бюкса с сухим грунтом , m_8		$\frac{m_7 - m_8}{m_8 - m_6}$, средне е ариф- метиче- ское	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

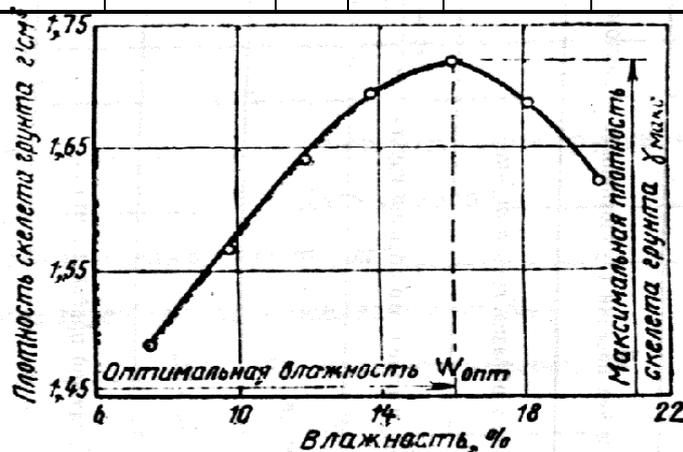


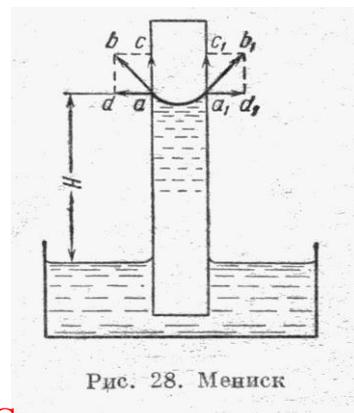
Рис. 5. Графика зависимости плотности скелета грунта от влажности при стандартном уплотнении

II. Лабораторная работа по определению капиллярных свойств грунтов.

Под капиллярными свойствами грунтов следует понимать высоту и скорость капиллярного поднятия в них воды.

Известно, что если опустить в воду очень тонкую (капиллярную) стеклянную трубку, то между стенками трубки и водой возникнет взаимное притяжение, в результате чего вода поднимется по трубке на некоторую высоту. При этом поверхность воды в трубке приобретет вид шаровой поверхности, обращенной выпуклостью к воде (мениск).

Обозначим поверхностное натяжение этой искривленной поверхности (рис. 3) в точках a и a_1 векторами ab и a_1b_1 , направленными по касательной к шаровой поверхности в указанных точках. Разложим их на составляющие по $\theta=X_3$ - двум направлениям: нормально к стенкам трубки (ab и a_1b_1) и вдоль стенок (ac и a_1c_1). Составляющие ac и a_1c_1 , направленные в одну сторону – вдоль трубки вверх, суммируются в одну общую силу Q , под влиянием которой вода в трубке поднимается до некоторой высоты H .



Высота капиллярного поднятия H зависит от диаметра капилляра и от свойств жидкости. Для цилиндрических капилляров эта зависимость выражается формулой Лапласа:

$$H = 2 \frac{\alpha}{r},$$

где α – поверхностное натяжение воды; r – радиус капилляра.

Высота и скорость капиллярного поднятия воды в грунтах зависят от их гранулометрического состава. Чем мелкозернистее грунт, тем меньше его поры и тем больше высота капиллярного поднятия. Скорость капиллярного поднятия воды наоборот, больше в крупнозернистых грунтах и меньше в мелкозернистых. В качестве примера можно привести средние значения максимальной высоты капиллярного поднятия воды в некоторых грунтах:

в крупнозернистых песках	3,5 ÷ 12 см;
в среднезернистых	12 ÷ 35 см;
в мелкозернистых	35 ÷ 120 см;
в супесях	120 ÷ 350 см.

Что касается структурных грунтов естественного сложения, то для них предельные значения высоты капиллярного поднятия воды пока не установлены. Есть лишь указания на то, что кроме гранулометрического состава, на водоподъемную способность влияют влажность, температура, присутствие солей и другие факторы. Во влажном грунте капиллярное поднятия воды совершается быстрее и достигает большей высоты, чем в сухом. Повышение температуры увеличивает скорость поднятия воды в грунтах, но понижает предельную высоту поднятия.

Определения капиллярных свойств имеет большое практическое значение при инженерно – геологических изысканиях для дорожного

строительства, при изысканиях для мелиорации земель, для определения глубины заложения фундаментов, при проектирования гидроизоляции фундаментов и дренажей.

Необходимое оборудование и материалы

Стеклянная трубка диаметром 2-3 см и длиной 0,5-1 м; фарфоровая чашка или стеклянная банка; штатив с лапкой; часы; воронки; резиновая трубка.

Определение высоты капиллярного поднятия в трубке.

Последовательность проведения испытания (грунт в воздушносухом состоянии).

1. Обвязать стеклянную трубку (предварительно проградуированную) диаметром 2-3 см и высотой 0,5-1 м с одного конца марлей и наполнить через воронку грунтом, слегка утрамбовывая последний легким постукиванием по трубке об упругую подушку.

2. Грунт загружать в трубку так, чтобы не происходило сортировки зерен, падающих внутри трубки. С этой целью присоединить к концу воронки резиновую трубку и вначале опустить ее на дно трубки, а затем, по мере загрузки, приподнимать кверху.

3. Укрепить наполненную песком трубку на штативе, опустив нижний конец ее в воду на 0,5-1 см (рис. 4). Указанный уровень воды необходимо поддерживать в течение всего опыта.

4. Заметив время погружения трубки в воду, следить за скоростью поднятия воды по окраске песка, изменяющейся вследствие увлажнения его поднимающейся водой. При неравномерном поднятии воды, отсчеты брать по среднему уровню. Считать следует не от погруженного конца трубки, а от поверхности воды.

5. Положение уровня воды h отмечать сначала через 5; 10; 20; 30 мин., а затем через часовые и суточные промежутки.

6. Данные опыта занести в журнал (табл. 2).

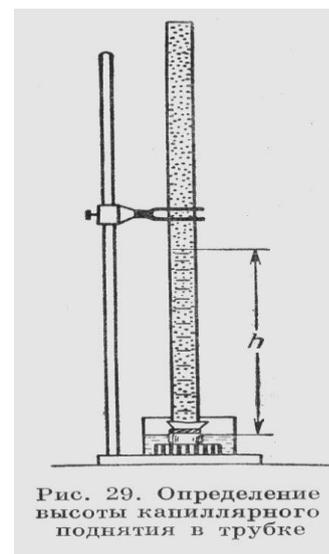


Таблица № 2

Журнал определения высоты капиллярного поднятия в песках

Время от начала опыта	Высота поднятия воды, мм	Время от начала опыта	Высота поднятия воды, мм
5 мин	84	3 ч	295
10 мин	171	24 ч	337
20 мин	207	48 ч	342
30 мин	221	72 ч	318
1 ч	240	96 ч	350
2 ч	275	120 ч	350

III. Лабораторная работа по определению водопроницаемости песчаного грунта в фильтрационном приборе КФ-ООМ.

III.1. Общие понятия и определения о водопроницаемости грунтов.

Основной характеристикой водопроницаемости грунтов является коэффициент фильтрации. Коэффициент фильтрации для глинистых и песчаных грунтов определяют различными способами.

Учитывая большую пористость песчаных грунтов, скорость фильтрации для них определяется при сравнительно небольших градиентах напора. Одним из лабораторных приборов для определения коэффициента фильтрации песчаных грунтов, является прибор КФ – ООМ, схема которого приведена на рис. 5. Глинистые грунты также являются водопроницаемыми. Однако, водопроницаемость глинистых грунтов по отношению к песчаным является чрезмерно низкой. Например, коэффициент фильтрации супеси колеблется в пределах $K_{\phi} = 11/10^3 - 11/10^5$ см/сут. Это обстоятельство приводит к тому, что определение коэффициента фильтрации глинистых грунтов в лабораторных условиях длится от 10 до 20, а иногда и более 30 суток. В связи с этим, в рамках учебного процесса, определение коэффициента фильтрации глинистых грунтов невозможно. Отметим лишь то, что для определения коэффициента фильтрации глинистых грунтов используются специальные приборы: фильтрационные и компрессионно-фильтрационные. Первый из них, позволяет определить коэффициент фильтрации глинистого грунта природного сложения.

Второй прибор позволяет определить коэффициент фильтрации глинистого грунта при различных давлениях.

Коэффициент фильтрации используется при подсчете запасов подземных вод, определении притока воды в строительные котлованы и горные выработки, при расчете утечек воды из водохранилищ, проектировании дренажных сооружений и фильтров, расчете осадки фундаментов во времени, а также при ряде других расчетов.

Если пропускать воду через образец грунта площадью F и толщиной l при напоре H , то за время t профильтруется вода в объеме $Q = KFI t$, где I – гидравлический градиент:

$$I = \frac{H}{l}.$$

Отсюда коэффициент фильтрации

$$K = \frac{Q}{FI t}, \quad \text{см/сут.}$$

Коэффициент фильтрации зависит от гранулометрического состава и плотности песка, температуры воды и некоторых других факторов.

Наиболее распространенным способом определения коэффициента фильтрации

песчаных грунтов в лаборатории является испытание в приборе КФ-ООМ, схема которого приведена на рис. 5. Прибор КФ-ООМ снабжен специальным приспособлением, позволяющим производить опыты при различном градиенте напора.

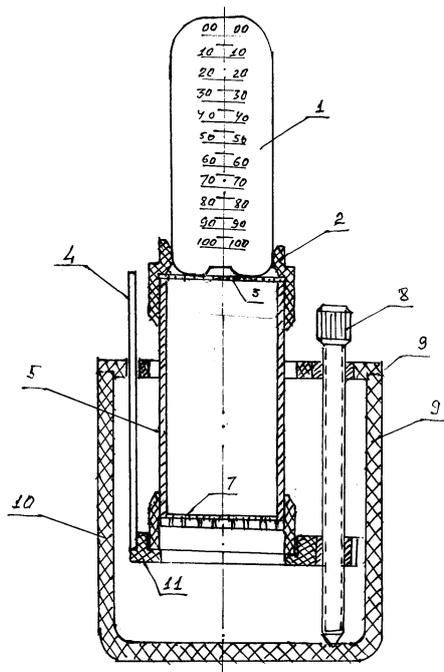


Рис. 5. Схема прибора КФ-ООМ:

1- стеклянный мерный баллончик (баллон Мариотта), снабжен шкалой с ценой деления 1 см^3 ; 2 и 6 – соответственно, верхняя и нижняя муфты; 3 и 7 – соответственно верхняя и нижняя латунные сетки; 4 - планка прикрепленный к подставке - 11; 5 - фильтрационная трубка (рабочий, металлический цилиндр); 8 – винт, вращением которого устанавливают необходимый градиент напора; 9 – крышка телескопического приспособления; 10 – корпус телескопического приспособления; 11 - подставка, служащая для установления образца испытуемого грунта (фильтрационную трубку).

Ш.2. Необходимые приборы, оборудования и материалы

Прибор КФ-ООМ, образец грунта (песка), вода, термометр, бюксы, резиновый молоточек, весы с разновесами .

Ш.3. Порядок проведения опыта.

Ш.3.1 До проведения опыта в приборе КФ-ООМ должны быть известны следующие физические свойства и классификационные показатели испытуемого песка: гранулометрический состав; плотность грунта; плотность частиц грунта; природная влажность.

Ш.3.2. Из корпуса телескопического приспособления – 10 (см. рис. 5 извлекают фильтрационную трубку (металлический цилиндр). Разбирают фильтрационную трубку: снимают стеклянный мерный баллончик (баллон Мариота) – 1; верхнюю муфту – 2; верхнюю латунную сетку – 3.

Ш.3.3. Фильтрационную трубку (рабочий металлический цилиндр) заполняют песком .

Ш.3.4. При испытании песчаных грунтов нарушенной структуры, рекомендуется коэффициент фильтрации грунтов определять дважды: при рыхлом их сложении и при максимально плотном состоянии испытуемого песка. В первом случае, фильтрационную трубка (рабочий металлический цилиндр) заполняют песком свободным засыпанием.

Во втором случае, фильтрационную трубку заполняют песком слоями толщиной 1 - 2 см. Каждый слой песка легкими ударами резинового молотка уплотняют. Этим способом постепенно (поэтапно слоями) фильтрационную трубку заполняют песком до установленной высоты. Для каждого опыта определяют плотность песка.

Ш.3.5. При проведении опыта с мелкозернистым песком, в нижнем дне цилиндра образуют буферный слой толщиной 2÷3 см из песка с размерами частиц 0,5 мм.

Ш.3.6. Пробу грунта с ненарушенной структурой отбирают фильтрационной трубкой (рабочим металлическим цилиндром), задавливая её в грунт с помощью специального пробоотборника.

Ш.3.7. В корпус телескопического приспособления заливают воду, вращением винта (6) поднимают подставку (11) до верхней отметки, т.е. отметка на планке $I = 1,0$ должно соответствовать верхней грани крышки телескопического приспособления. В подставку (11) ставят фильтрационную трубку с испытуемым грунтом.

Ш.3.8. Медленным вращением винта (6) подставку (11) с фильтрационной трубкой (рабочим металлическим цилиндром) погружают в воду до установления отметки напорного градиента $i = 0,8$ и ждут появления влаги на верхней поверхности испытуемого грунта. Изменение цвета песка на его верхней поверхности указывает на водонасыщение песка (образца).

Ш.3.9. После появления влаги на верхней поверхности фильтрационной трубки на поверхность грунта ставят латунную сетку (3) и устанавливают верхнюю муфту (2). При помощи винта (6) подставку с фильтрационной трубкой опускают до нижнего положения, т.е. образец грунта полностью погружается в воду.

Ш.3.10. Стекломерный мерный баллончик (баллон Мариотта) заполняют водой, закрыв указательным пальцем отверстие баллончика, и устанавливают его в верхнюю муфту фильтрационной трубки. В момент установки, нижняя часть стекломерного баллончика должна соприкоснуться с латунной сеткой (3). В таком виде мерный баллончик поддерживает постоянный напор воды.

Ш.3.11. Появление пузырьков воздуха в стекломерном баллончике указывает на начало фильтрации воды через трубку. Если пузырьки воздуха увеличиваются, то это означает, что нижняя поверхность мерного баллончика отошла от поверхности грунта. В этом случае, его надо опустить на 1-2 мм. Этим обеспечивается равномерное выделение пузырьков воздуха.

Ш.3.12. Вращением винта (6) на планке (4) устанавливают градиент напора $i = 0,6$ и доливают воду в корпус (8). После достижения равномерного выделения пузырьков воздуха, по шкале мерного баллончика определяют расход воды Q , профильтровавшейся через грунт за время t . Для получения средней величины повторяют замеры расхода воды при различных положениях уровня в мерном баллоне за время t (сек).

III.3.13. Подставку с фильтрационной трубкой опускают в крайнее нижнее положение, снимают мерный баллончик, заполняют его водой и монтируют его в верхнюю муфту согласно пункта 4.10.

III.3.14. Вращением винта (6) устанавливают градиент напора $i=0,8$. Затем повторяют операции приведенные в пунктах III.3.10, III.3.11. и III.3.12.

III.3.15. Для градиента напора $i = 1,0$ телескопическим приспособлением можно не пользоваться. В этом случае фильтрационную трубку ставят на любую ровную поверхность и выполняют операции приведенные в пунктах III.3.10, III.3.11. и III.3.12.

III.3.16. Все данные результатов испытания и расчетов заносят в таблицу № 3.

Журнал результатов испытаний песчаного грунта на приборе КФ-ООМ

Дата проведения испытаний: начало _____; окончание _____

Объект (пункт) _____

Шурф (скважина) № _____. Глубина отбора образца, м. _____

Визуальное описание образца _____. Жидкость для фильтрации _____

Температура жидкости __ Прибор (тип, номер) КФ – ООМ _____.

Данные о рабочем кольце прибора:

высота кольца - 100 мм; диаметр кольца - 56.5мм; площадь внутреннего сечения кольца - 25 см²; объем кольца - 250 см³; масса кольца _____; масса кольца с грунтом _____ г.; масса образца _____ г.; Данные об образце: природная влажность грунта (образца) $W=$ _____; плотность грунта (образца) $\rho =$ _____ г/см³.

Таблица № 3

Результаты определения коэффициента фильтрации

№ опыта	Объем профильтровавшейся воды Q, мл	Продолжительность фильтрации t, сек.	Площадь прибора F, см ²	Коэффициент фильтрации $K_{\phi 10} = \frac{k_1}{t}$ (м / сут)	Средний коэффициент фильтрации K, м / сут
Гидравлический градиент $i_1=0,6$					
1	10		25		
2	10		25		
3	10		25		
Гидравлический градиент $i_2=0,8$					
1	10		25		
2	10		25		
3	10		25		

Гидравлический градиент $i_3=1,0$					
1	10		25		
2	10		25		
3	10		25		

III.4. Определение коэффициента фильтрации ($K_{\phi 10}$) песчаного грунта на основе проведенного эксперимента.

На основе экспериментальных данных, приведенных в таблице № 3, определяют значение коэффициента фильтрации по формуле:

$$k_{\phi 10} = \frac{\theta \cdot 864}{t \cdot A \cdot i \cdot r} \quad (\text{м / сут}), \quad (17)$$

где $k_{\phi 10}$ - коэффициент фильтрации при $t^0 = 10^0 \text{C}$;

θ - расход воды, мл;

A - площадь поперечного сечения цилиндра, см^2 ;

t - время фильтрации, сек;

r - температурная поправка для воды, $r = (0,7 \pm 0,003t^0)$;

i - гидравлический градиент;

t^0 - температура фильтрующейся воды;

864 – переходной коэффициент из см/сек в м/сут .

Для облегчения расчета коэффициента фильтрации (при постоянном расходе воды из цилиндра с определенной площадью поперечного сечения), при различной температуре и различных градиентах напора можно пользоваться табличными данными, приведенными в таблице №4.

В таблице № 4 приведены расчетные данные коэффициента фильтрации при: $\theta = 10$ мл; $A = 25$ см^2 ; $t = 10 \div 30$ ^0C ; $i = 0,6; 0,8; 1,0$;

$$K_1 = \frac{\theta \cdot 864}{A \cdot i \cdot r}. \quad (18)$$

Для нахождения в таблице коэффициента фильтрации $K_{\phi 10}$ нужно:

- замерить температуру воды – t^0 , наливаемой в мерный баллон;
- определить время в секундах, в течение которого через грунт фильтруется 10 мл воды;
- найти в таблице графу K_1 , соответствующую принятому градиенту и замеренной температуре воды;
- разделив найденное значение K_1 на время фильтрации, находим коэффициент фильтрации $K_{\phi 10}$ испытуемого грунта т.е.

$$K_{\phi 10} = \frac{k_1}{t} \quad (\text{м / сут}). \quad (19)$$

Пример.

При ниже приведенных данных определить коэффициент фильтрации $k_{\phi 10}$.

Температура фильтрующейся воды $t = 17^0 \text{C}$;

гидравлический градиент $i = 0,8$; время фильтрации воды $t = 140$ сек ;

расход воды $\theta = 10$ мл .

Решение:

1). По таблице № 4, при температуре фильтрующейся воды $t = 17$ °С и гидравлическом градиенте $i = 0,8$, находим $k_1 = 359,8$.

2). По формуле (18) определим значение $k_{\phi 10}$:

$$k_{\phi 10} = \frac{k_1}{t} = \frac{359,8}{140} = 2,57 \text{ м/сут.}$$

Таблица № 4

Таблица расчетных данных коэффициента фильтрации

$$K_1 = \frac{0 \cdot 864}{A \cdot i \cdot r} \text{ при } \theta = 10 \text{ мл, } A = 25 \text{ см}^2, t = 10 \div 30 \text{ }^\circ\text{C, } i = 0,6, 0,8, 1,0 .$$

№ п-п	t °С	K ₁		
		I=0,6	I=0,8	I=1,0
1	10	576.0	432.0	345.6
2	11	559.0	419.3	335.5
3	12	543.3	407.5	325.6
4	13	528.4	396.3	317.0
5	14	514.3	384.8	308.4
6	15	500.9	375.6	300.4
7	16	488.1	366.1	292.9
8	17	476.0	359.8	285.6
9	18	464.5	348.3	278.6
10	19	453.4	340.1	272.1
11	20	443.0	332.3	265.8
12	21	433.1	324.8	259.8
13	22	423.5	317.6	254.1
14	23	414.3	310.0	248.6
15	24	403.0	304.2	243.4
16	25	397.2	297.9	238.3
17	26	389.2	291.8	233.5
18	27	381.4	286.0	229.8
19	28	374.0	280.5	224.3
20	29	366.8	275.1	220.1
21	30	360.0	270.0	215.9

IV. Лабораторная работа по определению набухания и усадки грунта

IV.1. Общие положения по определению набухания грунта

IV.1.1. Набуханием грунта называется свойство глинистого грунта увеличивать свой объем при взаимодействии с водой или другой жидкостью или процесс изменения объема грунта во времени при взаимодействии его с водой или другой жидкостью.

IV.1.2. За показатели, характеризующие набухание грунта, принимаются: свободное набухание (δ_0); набухание под нагрузкой (δ_n); давление набухания (ρ_n); влажность грунта после набухания (W_n). За показатели, характеризующие усадку грунта, принимаются величины усадки по высоте (δ_h), диаметру (δ_d), объему (δ_v) и влажность на пределе усадки (W_y).

IV.1.3. Термины и определения показателей набухания приведены в Приложении №1.

IV.1.4. Для определения набухания предложено несколько способов, которые могут быть объединены в пять групп:

- а. По теплоте набухания;
- б). По давлению набухания;
- в). По объему осадки, сдвинутой жидкости;
- г). По количеству (объему или массе) воды, вызвавшей набухание
- д). По приросту объема грунта при набухании.

Некоторые из перечисленных способов практически неприменимы. К числу их следует отнести, например, характеристику набухания по теплоте набухания, так как значительный тепловой эффект проявляется только при впитывании грунтами первых количеств воды; дальнейшее связывание воды сопровождается столь незначительным тепловым эффектом, что его трудно измерить.

Наибольшее распространение в практике инженерно-геологических работ получил способ изучения набухания по пористости объема грунта в процессе насыщения его водой (в том виде, как он разработан А.М. Васильевым).

IV.1.5. При испытании грунта природного сложения для определения свободного набухания, набухания под нагрузкой, давления набухания и усадки, образцы следует вырезать из одного монолита грунта;

IV.1.6. Образцы грунта нарушенного сложения, следует готовить с заданными величинами плотности и влажности.

IV.1.7. Свободное набухание определяется испытанием одиночного образца грунта. Набухание под нагрузкой и давление набухания определяется испытанием серии образцов - близнецов, вырезаемых из одного монолита грунта, путем обжатия их давлением и последующим водонасыщением. Величины ступеней давления и их количество должны быть определены заданием и программой исследований. При отсутствии таких данных, испытания надлежит производить в диапазоне полтаракратных величин условных расчетных давлений на глинистые грунты, руководствуясь табл. 2 и 4 Приложения 4 к главе КМК 2.02.01- 98.

IV.1.8. Образцы грунта при испытании на набухание следует заливать грунтовой водой, взятой с места отбора грунта, водной вытяжкой или водой

питьевого качества. В случаях, определяемых программой исследований, допускается применение дистиллированной воды и искусственно приготовленных растворов заданного химического состава.

IV.1.9. При усадке испарение воды (или раствора) из образца грунта не должно вызывать образование на нем усадочных трещин.

IV.1.10. Монолиты грунтов для определения показателей набухания и усадки следует отбирать из открытых горных выработок (шурфов, котлованов, скважин и пр), а их отбор, транспортирование и хранение надлежит производить по ГОСТ 12071-72. Отбор образцов из скважин допускается производить при помощи грунтоносов, обеспечивающих сохранение природного сложения и влажности грунта.

IV.2. Приборы и аппаратура для определения характеристик набухания.

IV.2.1. Прибор для определения свободного набухания грунтов (ПНГ).

IV.2.1.1. Приборы для определения свободного набухания грунтов (ПНГ) должны включать следующие основные узлы и детали: рабочее кольцо внутренним диаметром не менее 50 мм, высотой не менее 20 мм; вкладыш, обеспечивающий высоту образца в кольце не менее 10 мм; перфорированный верхний штамп; перфорированный поддон; ванночки для жидкости; основания прибора и держателя индикатора; индикатор часового типа с ценой деления шкалы 0,01 мм для измерения вертикальных деформаций образца грунта.



IV.2.1.2. Конструкция ПНГ должна быть выполнена из материалов, стойких против коррозии, и обеспечивать: неподвижность рабочего кольца при испытании; подачу воды к образцу снизу и отвод ее; величину вертикального давления от штампа, измерительного оборудования, расположенного на нем, и других неуравновешенных деталей не более 0,0006 МПа (0,006 кгс/см²).

IV.2.1.3. Тарировку ПНГ необходимо производить не реже одного раза в год для учета деформаций фильтров и собственных деформаций приборов (м) при определении деформаций грунта. Для тарировки ПНГ в рабочее

кольцо следует заложить два бумажных фильтра, установить индикатор и замочить фильтры. По индикатору зарегистрировать деформацию (m). Для данной партии фильтров тарировочную поправку принимают как среднее арифметическое значение деформаций трех пар фильтров.

IV.2.2. Прибор для определения показателей набухания грунта под нагрузкой и давления набухания.

IV.2.2.1. Показатели набухания грунта под нагрузкой и давления набухания следует определять в компрессионных приборах, состоящих из следующих основных узлов и деталей (рис. 7 и 8):

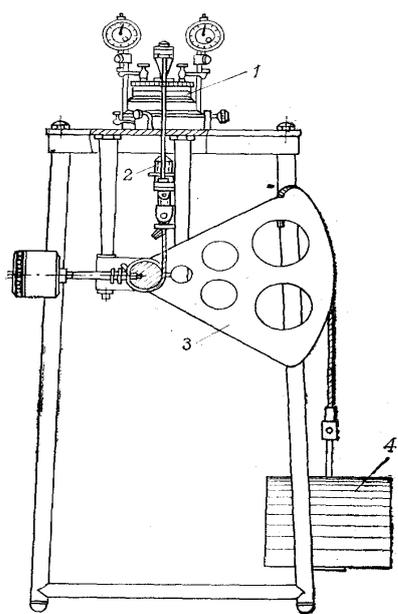


Рис 7. Общий вид компрессионного прибора: 1—одеметр; 2—рама для передачи нагрузки на грунт; 3—рычажное устройство для передачи нагрузки; 4—гири.

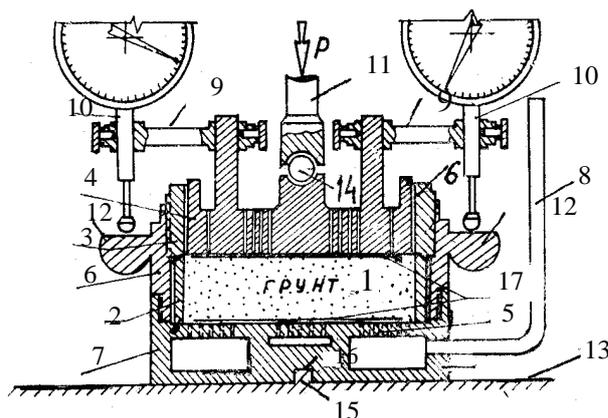


Рис. 8. Схема одометра:

1—образец грунта; 2—режущее кольцо; 3—прижимное кольцо; 4—верхний перфорированный штамп; 5—нижний перфорированный штамп; 6—верхняя обойма; 7—нижняя обойма; 8—трубка для вывода воды или для дополнительного увлажнения грунта; 9—держатели индикатора; 10—индикаторы часового типа (цена деления 0,01 мм); 11—рычажное устройство для передачи нагрузки на грунт; 12—серьги; 13—панель компрессионного стола; 14—шарик, служащий для передачи центральной нагрузки от рычажного устройства; 15—шпонка; 16—отверстия для шпонки; 17—фильтровальная бумага.

IV.2.2.2. Конструкция компрессионного прибора должна обеспечивать: подачу воды к образцу грунта снизу (схема восходящего потока); подачу воды к образцу сверху (схема нисходящего потока) и отвод ее; первоначальную нагрузку на образец, создаваемую весом штампа и закрепленными на нем измерительными приборами не более 0,0025 МПа; центрированную передачу нагрузки на штамп (образец грунта); передачу на образец грунта давления ступенями от 0,0125 МПа (0,125 кгс/см²); постоянство давления на каждой ступени; неподвижность рабочего кольца при испытаниях.

IV.2.2.3. Компрессионные приборы необходимо тарировать не реже одного раза в год для учета из собственных упругих деформаций при определении деформаций образцов грунта. Для тарировки прибора в рабочее

кольцо следует заложить специальный металлический вкладыш с двумя бумажными фильтрами, смоченными водой, и производить нагрузку ступенями с обеспечением давления по $0,5 \text{ кгс/см}^2$, выдерживая их по 2 мин, до максимального давления на вкладыш $8,0 \text{ кгс/см}^2$, измеряя по индикаторам упругие деформации прибора.

IV.2.2.4. Тарировку производят при трехкратном нагружении компрессионного прибора, каждый раз с заменой фильтров на новые. По результатам тарировки компрессионного прибора следует построить тарировочный график величин деформаций (m) при различных давлениях.

IV.2.2.5. Для каждого прибора следует определять: высоту и диаметр рабочего кольца, толщину предметного стекла, покрытого тонким слоем парафина (с погрешностью $\pm 0,05 \text{ мм}$), их массу (с погрешностью $\pm 0,01 \text{ г}$) и удельное давление от штампа, расположенного на нем измерительного оборудования и неуравновешенных деталей, $\pm 0,0001 \text{ МПа}$ ($\pm 0,001 \text{ кгс/см}^2$).

IV.2.2.6. Конструкция компрессионного прибора должна быть выполнена из матери-алов, стойких против коррозии.

IV.3. Подготовка образца набухающего грунта к испытаниям.

IV.3.1. Образцы грунта природного сложения для испытаний свободного набухания, набухания под нагрузкой, давления набухания и усадки следует вырезать из одного монолита грунта; образцы грунта нарушенного сложения следует готовить с заданными величинами плотности и влажности.

IV.3.2. Свободное набухание определяется испытанием одиночного образца грунта. Набухание под нагрузкой и давление набухания определяется испытанием серии образцов-близнецов, вырезаемых из одного монолита грунта, путем обжатия их давлением и последующего водонасыщения.

IV.3.3. Образец грунта для испытания на набухание или усадку вырезают режу-щим кольцом в соответствии с требованиями ГОСТ 5182-78; при этом зазоры между грунтом и стенкой рабочего кольца не допускаются.

IV.3.4. Для испытываемых грунтов должны быть определены плотность (объемный вес) по ГОСТ 5182-78, плотность минеральной части (удельный вес) по ГОСТ 5181-78, влажность по ГОСТ 5180-78, границы текучести и раскаты-вания по ГОСТ 5183-77 и гранулометрический состав по ГОСТ 12536-79. Результаты записывают в журнал испытаний (Приложение № 2).

IV.3.5. Грунт в кольце следует покрыть с двух сторон фильтрами и поместить:

- а) при определении свободного набухания - в ПНГ;
- б) при определении набухания под нагрузкой и давления набухания в компрес-сионные приборы.

IV.3.6. В журнале испытаний следует записать начальные показания индикато- ров (n_0).

IV.3.7. Величины ступеней давления и их количество должны быть определены задани-ем и программой исследований. При отсутствии таких

данных испытания надлежит производить в диапазоне полуторакратных величин условных расчетных давлений на глинистые грунты, руководствуясь табл. 2 и 4 приложения 4 к КМК[4.11].

IV.3.8. Ступени давления при определении набухания грунта под нагрузкой и давления набухания должны быть: на первом компрессионном приборе - около 0,0025 МПа, что соответствует давлению от массы штампа и смонтированного на нем измерительного оборудования; на втором - 0,025 МПа; на третьем 0,05 МПа; на четвертом - 0,1 МПа и далее с интервалом 0,1-0,2 МПа на каждый прибор до необходимых пределов.

IV.3.9. После нагружения образцы грунта в компрессионных приборах следует выдержать до условной стабилизации деформаций, после чего образцы надлежит замочить. За критерий условной стабилизации деформации принимают скорость деформации образца, не превышающую 0,01 мм за последние 4 ч наблюдений для песков, 16 ч - для глинистых и 24 ч - для органоминеральных и органических грунтов.

IV.3.10. Как при свободном набухании, так и в компрессионных приборах, после замачивания образцов следует регистрировать деформации через 5; 10; 30; 60 мин, далее через 2 ч в течение рабочего дня, а затем в начале и конце рабочего дня до достижения условной стабилизации деформаций.

IV.3.11. За критерий условной стабилизации деформаций свободного набухания глинистых грунтов или деформаций набухания под нагрузкой, при данной ступени давления в компрессионных приборах следует принимать деформацию не более 0,01 мм за 16 ч.

IV.3.12. В случае отсутствия набухания, замачивание производят в течение трех суток. За начало набухания следует считать относительную деформацию $\delta \geq 0,001$

IV.3.13. Характеристики набухания глинистого грунта нарушенного сложения следует определять на образцах с заданной величиной коэффициента пористости (e), вычисляемого по формуле

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

где ρ_s — плотность минеральной части грунта, г/см³; ρ_d плотность скелета грунта, г/см³, определяемая по формуле

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + W_s}, \quad (2)$$

ρ - плотность грунта, г/см³; W_s - заданная влажность грунта в долях единицы.

IV.4. Проведение испытаний по определению характеристик набухания грунта.

IV.4.1. Проведение испытаний по определению свободного набухания грунта в ПНГ

IV.4.1.1. В заправленный ПНГ следует налить жидкость и наблюдать за развитием деформаций во времени, записывая показания индикаторов в журнал испытаний (таблица № 3)

IV.4.1.2. На основании данных журнала испытаний по определению свободного набухания грунта в ПНГ следует:

а). Определить данные, приведенные в Приложение №2, до и после проведения испытаний;

б). Определить величину абсолютной деформации грунта (Δh) в мм, как разность среднеарифметических значений конечных (n_i) и начальных (n_o) показаний индикаторов за вычетом поправки на деформацию приборов и фильтров при набухании, согласно выражению $\Delta h = n_i - n_o - m$;

в). Вычислить величину свободного набухания образца грунта (δ) с погрешностью до 0,001 по формуле:

$$\delta = \frac{\Delta h_i}{h} = \frac{n_i - n_o - m}{h} \quad (3)$$

г) Результаты испытаний и расчетов в ПНГ занести в таблицу № 5

Таблица № 5

Журнал испытаний свободного набухания грунта в ПНГ

Организация (лаборатория) _____. Объект _____. Сооружение _____.
 Лабораторный номер образца _____. Шурф (скважина) № _____. глубина от ____ до ____ м.
 Прибор ПНГ (тип, номер и т.д.) _____. Поправка на деформацию прибора m , мм _____.
 Визуальное описание грунта в лаборатории _____

Условия проведения испытаний (условия замачивания, вид жидкости, химический состав, концентрация и т.д.) _____

Результаты испытаний и расчетов в ПНГ

Дата испытаний									
Время (мин, ч)	5	10	30	60	2	4	6	8	16
Показание индикатора n_i									
Деформация образца грунта $\Delta h = n_i - n_o - m$ (мм)									
Свободное набухание образца грунта $\delta_o = \frac{\Delta h}{h}$									

IV.4.2. Проведение испытаний по определению давления набухания грунта под нагрузкой в компрессионном приборе.

IV.4.2.1. Ступени давления при определении набухания грунта под нагрузкой и давления набухания должны быть: на первом компрессионном приборе - около 0,0025 МПа (0,025 кгс/см²), что соответствует давлению от

массы штампа и смонтированного на нем измерительного оборудования; на втором - 0,025 МПа (0,25 кгс/см²); на третьем - 0,05 МПа (0,5 кгс/см²); на четвертом - 0,1 МПа (1 кгс/см²) и далее с интервалом 0,1-0,2 МПа (1-2 кгс/см²) на каждый прибор до необходимых пределов.

IV.4.2.2. После нагружения образцов грунта в компрессионных приборах их следует выдержать до условной стабилизации деформаций, после чего образцы надлежит замочить. За критерий условной стабилизации деформации принимают скорость деформации образца, не превышающую 0,01 мм за последние 4ч. наблюдений для песков, 16ч. - для глинистых и 24ч. - для органоминеральных и органических грунтов

IV.4.2.3. Как при свободном набухании, так и в компрессионных приборах после замачивания образцов следует регистрировать деформации через 5; 10; 30; 60 мин, далее через 2 ч в течение рабочего дня, а затем в начале и конце рабочего дня до достижения условной стабилизации деформаций.

IV.4.2.4. В случае отсутствия набухания, замачивание производят в течение трех суток. За начало набухания следует считать относительную деформацию (δ), превышающую 0,001.

IV.4.2.5. За критерий условной стабилизации деформаций свободного набухания глинистых грунтов или деформаций набухания под нагрузкой, при данной ступени давления в компрессионных приборах, следует принимать деформацию не более 0,01 мм за 16 ч.

IV.4.2.6. После завершения набухания образца грунта необходимо: слить воду (или раствор) из прибора; кольцо с влажным грунтом (без фильтров) взвесить и произвести контрольное измерение высоты образца грунта в кольце; грунт из кольца высушить в термостате при температуре $(105 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

IV.4.2.7. Результаты испытаний и расчетов занести в журнал испытаний набухания грунта под нагрузкой в компрессионном приборе (таблицу № 6)

IV.4.2.8. По величинам относительного набухания образца приведенным в таблице № 2, следует построить график зависимости относительных деформаций от вертикального давления $\delta = f(p)$ (рис.9).

IV.4.2.9. Величина давления набухания (p_n) соответствует точке пересечения кривой с осью давления (p) (см.рис.9 график 1) или точке предполагаемого пересечения продолжения кривой графика $\delta = f(p)$ с осью давления (p) (рис.9, график 2).

Журнал испытаний набухания грунта под нагрузкой в компрессионном приборе

Организация(лаборатория)_____.Объект_____.Сооружение_____.
Лабораторный номер образца_____. Шурф (скважина) №_____.
глубина от ___ до ___ м. Прибор компрессионный (тип, номер и т.д.)_____.
Структура_____ Визуальное описание грунта в лаборатории_____.

Условия проведения испытаний (условия замачивания, вид жидкости, химический состав, концентрация и т.д.)_____.

Таблица № 6

Лабораторный номер образца ____ . Результаты испытаний

Дата испытаний	Время, мин, ч	Масса груза на подвеске eN , кг	Давление на образец P , МПа	Показания индикаторов			Деформация образца h , мм	Поправка на деформацию прибора m , мм	Относительное набухание образца $\delta = \Delta h/h$	Примечание
				n_1	n_2	$\frac{n_1 + n_2}{2}$				

Таблица № 7.

Обработка результатов испытаний

Давление, МПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$)	Деформация Δh , мм $\Delta h = n_i - n_0 - m$	Набухание, определенное по кривой, $\delta = f(p)$	Относительное набухание образца $\delta = \Delta h/h$	Коэффициент пористости, $e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}$	Давление набухания P_H , МПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$)

График 1

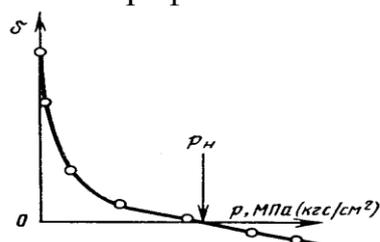
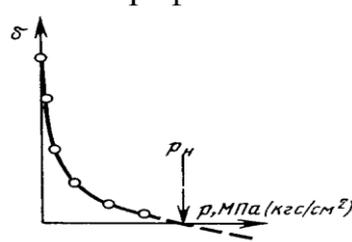


График 2

Рис.9. Установленная величина давления набухания – P_H (график 1); предполагаемая величина давления набухания – P_H (график 2).

Масштаб графиков следует принимать: для давления p (по горизонтали): 0,025 или 0,05 МПа (0,25 или 0,5 кгс/см²) — 10 мм; для набухания δ (по вертикали): 0,01 или 0,02 — 10 мм.

IV.4.3. Проведение испытаний по определению усадки грунта.

IV.4.3.1. Для определения усадки грунтов необходимо иметь: рабочее кольцо компрессионного прибора с внутренним диаметром более 71 мм и высотой более 20 мм с соотношением высоты к диаметру 1:3,5; предметное стекло, покрытое тонким и ровным слоем парафина; емкость с крышкой (стеклянный колпак или эксикатор) объемом не более 1 л для сушки образцов; шпатель; штангенциркуль с погрешностью измерения 0,05 мм и приспособление для измерения диаметра и высоты образцов при усадке, микрометр.

IV.4.3.2. При испытании грунта на усадку, образец грунта следует извлечь из кольца и поместить на предметное стекло, покрытое тонким ровным слоем парафина. Затем измеряют высоту в центре образца, а его диаметр - по трем, заранее размеченным направлениям. Результаты измерений записывают в журнале испытаний (таблица № 8).

IV.4.3.3. При определении характеристик усадки грунта нарушенного сложения следует применять образец грунта с влажностью на 5-10 % больше влажности грунта на границе текучести. Грунт следует выдержать в пустом эксикаторе в течение суток. Затем при помощи шпателя заполняют грунтом рабочее кольцо, внутренняя поверхность которого предварительно смазана тонким слоем технического вазелина. Образование пустот при подготовке образца не допускается. Приготовленный образец на предметном стекле следует поместить под стеклянный колпак или в емкость с крышкой. За начальные размеры образца принимаются размеры кольца по высоте и внутреннему диаметру.

IV.4.3.4. Испытание усадки грунта следует проводить в три этапа.

На первом этапе испытания измерение высоты, диаметра и массы образца грунта, помещенного в эксикаторе, следует производить не реже двух раз в сутки и результаты заносить в журнал испытаний (таблица № 8).

Критерием условного завершения испытания на первом этапе является отсутствие изменений в линейных размерах образцов в двух последовательных измерениях.

На втором этапе сушка образца грунта производится на воздухе. Критерием условного завершения испытания на втором этапе, после 5-6 измерений, является отсутствие изменений в массе образца грунта.

На третьем этапе сушку образца грунта производят в термостате при температуре (105 ± 2) °С в соответствии с требованиями ГОСТ 5180-78 до постоянной массы и в конце испытания производят контрольное измерение линейных размеров образца грунта.

IV.4. Обработка результатов испытаний

IV.4.1. По результатам испытаний усадки на основании записей испытаний грунта (таблица № 8) следует определить:

а) объем грунта на каждый момент измерения по формуле

$$V_i = \frac{\pi d_i^2 h_i}{4}, \quad (4)$$

где d_i - диаметр образца в момент измерения, определенный как среднее арифметическое значение измерений в трех направлениях, см; h_i - высота образца в момент измерения, см;

б) рассчитать влажность грунта на каждый момент измерения по формуле

$$W = \frac{m_1 - m}{m}, \quad (5)$$

где m_1 - масса образца грунта на момент измерения, г; m - масса образца сухого грунта, г;

в) рассчитать усадку по высоте, диаметру и объему по формулам, соответственно:

$$\delta_h = \frac{h - h_\kappa}{h}; \quad (6)$$

$$\delta_d = \frac{d - d_\kappa}{d}; \quad (7)$$

$$\delta_v = \frac{V - V_\kappa}{V}, \quad (8)$$

где h , d , V и h_κ , d_κ , V_κ — соответственно начальные и конечные значения высоты, диаметра (см) и объема образца грунта (см³).

Таблица №

8

Журнал испытаний усадки грунта

Организация (лаборатория) _____. Объект _____. Сооружение _____.

Лабораторный номер образца _____. Номер стекла _____. Шурф (скважина) № ____.

Глубина от ____ до ____ м. Структура _____. Визуальное описание грунта в лаборатории _____

Условия проведения испытаний (условия испарения и т.д.) _____

Лабораторный номер образца ____ Результаты испытаний и их обработка

Время мин., ч.	Масса образца грунта, т, г.	Влажность образца грунта w	Определение объема образца					Усадка образца			Примечание		
			Высота образца грунта - h	Диаметр образца, см				Объем образца грунта V	По высоте δ_h	По диаметру δ_d		По объему δ_v	
				d_1	d_2	d_3	$\frac{d_1+d_2+d_3}{3}$						
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	

IV.4.2. По величинам объема и влажности на каждый момент времени следует построить график зависимости изменения объема образца от влажности $V = f(W)$

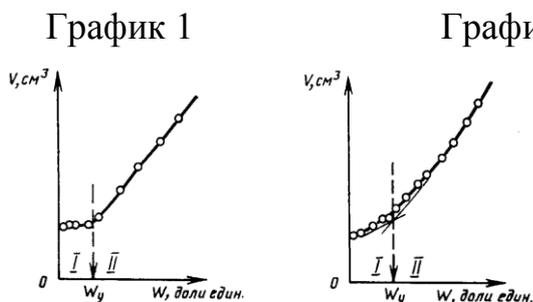


Рис. 10. График зависимости изменения объема образца грунта при изменении влажности в процессе усадки $V = f(W)$:

I - первый этап сушки; II - второй этап сушки; W_u - влажность глинистого грунта на пределе усадки.

Примечание: Масштаб графиков следует принимать: для влажности (по горизонтали) - 5-10 мм; для объема (по вертикали) - 2 см³-10 мм.

За величину влажности на пределе усадки (W_u) следует принять влажность, соответствующую точке перегиба графика $V = f(W)$ (см. график 1. рис.10). Допускается нахождение точки перегиба путем восстановления перпендикуляра к графику из точки пересечения касательных к двум ветвям кривой (график 2, Рис.10.) ,соответствующим первому и второму этапам сушки образца.

IV.5. Прибор для определения свободного набухания грунтов (ПНЗ-2).

IV.5.1. Проведение опытов в приборе ПНЗ-2.

Прибор ПНЗ-2 (рис. 11) состоит из режущего кольца 1, изготовленного из нержавеющей стали; крышки 2; в верхней части которой устанавливается и закрепляется винтом 3 индикатор 4 часового типа ИЧ-10; дна 5 с перфорированным металлическим диском 6 и легкого пласмассового поршня 7. Сбоку к дну примыкает поплавковая камера 8, в которой находится поплавок 9 с конусным клапаном 10, входящий своим направляющим наконечником в конусное отверстие дна 11 водомерной трубки. На поплавок камеру навертывается водомерная трубка 12 из прозрачного небьющегося материала (органического стекла), на которой нанесены деления (см^3), соответствующие объему трубки. Сверху на водомерную трубку надевается крышка 13. Водомерная трубка сообщается с прибором через поплавковую камеру и отверстие в дне прибора, которое перекрывается краном 14.

IV.5.2. Подготовка образца.

IV.5.2.1. Взвесить режущее кольцо прибора на технических весах с точностью до 0,01 г (обозначить его массу как g_1).

IV.5.2.2. Острым режущим краем поставить кольцо в вертикальном положении на зачищенную поверхность монолита грунта и, вдавливая его в монолит, постепенно обрезать грунт с внешней стороны кольца. Когда над кольцом появится слой грунта высотой 1-1,5 см, осторожно отделить кольцо с грунтом от монолита и срезать избыток грунта на обеих плоскостях вровень с краями кольца. Эту операцию необходимо выполнить очень тщательно, чтобы объем грунта в кольце точно соответствовал объему полости кольца.

IV.5.2.3. Тщательно очистить кольцо от приставших к нему снаружи частиц грунта и взвесить на технических весах с точностью до 0,01 г (g_2).

Сборка прибора.

IV.5.2.4. Налить в водомерную трубку воды и слегка открыть кран. Как только вода покажется на дне прибора, закрыть кран. Воду применять дистиллированную или взятую в месте отбора изучаемого грунта.

IV.5.2.5. Вставить кольцо с грунтом в дно прибора, поставить на грунт поршень, а затем ввинтить крышку в дне прибора.

IV.5.2.6. Установить индикатор так, чтобы его ножка соприкасалась с шейкой поршня. Установленный индикатор закрепить винтом и записать в журнале наблюдений показание индикатора (нулевой отсчет).

IV.5.3. Порядок проведения опытов.

IV.5.3.1. Фиксируя время, открыть кран для свободного доступа воды к образцу.

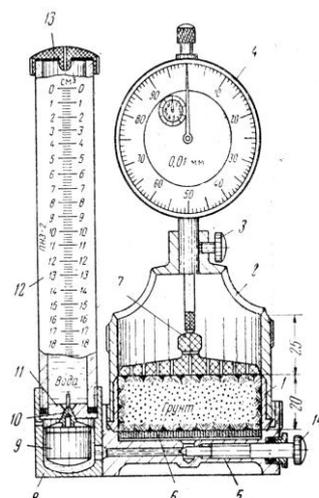


Рис. 24. Прибор ПНЗ-2 для определения набухания

IV.5.3.2. Следить за показаниями индикатора, записывая их в журнал наблюдений через промежутки времени: 10, 20, 30 мин; 1, 2, 3, 4, 5, 6 ч от начала опыта, а затем через 24 ч. Опыт считается законченным, если приращение показания индикатора не превышает 0,02 мм/сут.

IV.5.3.3. По окончании опыта извлечь кольцо с грунтом из прибора, насухо протереть его, удалить с поверхности грунта капли воды, взвесить кольцо с грунтом (g_3), а затем поместить в сушильный шкаф и высушить до постоянной массы.

IV.5.3.4. Вынуть кольцо с грунтом из сушильного шкафа, охладить в эксикаторе, взвесить (g_4) и вычислить начальную влажность грунта W_0 и конечную влажность грунта W_k по формулам:

$$W_0 = \frac{g_2 - g_c}{g_c} \cdot 100\%; \quad W_k = \frac{g - g_c}{g_c} \cdot 100\%,$$

где $g_b = (g_2 - g_1)$ – масса влажного грунта до опыта (g_1 – масса кольца; g_2 – масса кольца с грунтом до опыта); $g_c = (g_4 - g_1)$ – масса сухого грунта (g_4 – масса кольца с высушенным грунтом); $g = (g_3 - g_1)$ – масса влажного грунта после опыта (g_3 – масса кольца с влажным грунтом после опыта).

Конечная влажность W_k и будет характеризовать влажность набухания W_n .

IV.5.3.5. Вычислить величину набухания ΔV по формуле

$$\Delta V = \frac{\Delta h}{h} \cdot 100\%,$$

где Δh – приращение высоты образца по показаниям индикатора, мм (разность между последним и нулевым отсчетами);

h – начальная высота образца, равная высоте кольца, мм.

IV.5.3.6. Данные опыта и расчетов записать в журнал испытаний (таблица № 9).

Журнал определений набухания в приборе ПНЗ-2

Таблица № 9.

Опытные данные		
Время наблюдения (дата, ч, мин)	Отсчет по индикатору	Расчет W_n и ΔV
		Высота кольца прибора, мм h Масса кольца, г g_1 Масса кольца с грунтом до опыта, г g_2 Масса кольца с влажным грунтом после опыта, г. . g_3 Масса кольца с грунтом после высушивания, г g_4 Масса влажного грунта до опыта, г g_b Масса влажного грунта после опыта, г g Масса высушенного грунта, г g_c Начальная влажность, % W_0 Влажность набухания, % W_n Приращение высоты образца, мм Δh Величина набухания, % ΔV

Пояснения терминов, используемых в лабораторной работе

Термины и обозначения	Определения
Влажность набухания (W_n), доли единицы	Влажность, полученная после завершения набухания образца грунта, обжимаемого в условиях, исключающих возможность бокового расширения, заданным давлением.
Влажность на пределе усадки (W_y), доли единицы	Влажность грунта в момент резкого уменьшения усадки, определяемая по точке перегиба кривой графика зависимости изменения объема образца грунта (V) от изменения влажности (W) при высыхании.
Давление набухания (P_n), МПа (кгс/см ²)	Давление на образец грунта, возникающее при замачивании жидкостью и обжатии в условиях, исключающих возможность бокового расширения, при котором деформации набухания или сжатия грунта равны нулю.
Давление на образец грунта (P), МПа (кгс/см ²)	Отношение величины нагрузки, приложенной через штамп прибора, к площади штампа.
Набухание грунта	1. Свойство глинистого грунта увеличивать свой объем при взаимодействии с водой или другой жидкостью, 2. Процесс изменения объема грунта во времени при взаимодействии его с водой или другой жидкостью.
Набухание грунта абсолютное (Δh), см	Увеличение высоты образца грунта в процессе испытаний при взаимодействии грунта с водой или другой жидкостью.
Набухание грунта относительное ($\delta = \Delta h/h$)	Отношение абсолютного набухания к начальной высоте образца грунта.
Набухание грунта под нагрузкой (δ_n), доли единицы	Относительное набухание грунта при данном давлении на образец.
Набухание грунта свободное (δ_o), доли единицы	Относительное набухание грунта, полученное в приборах типа ПНГ, когда давлением от массы штампа и измерительного оборудования, не превышающем 0,006 МПа (0,06 кгс/см ²), пренебрегают.
Степень давления на образец грунта	Величина приращения давления при передаче нагрузки через штамп на образец грунта во время испытаний.
Усадка грунта	1. Свойство глинистого грунта уменьшать свой объем при испарении из него влаги 2. Процесс изменения линейных размеров и объема образца грунта во времени при испарении из него влаги.
Усадка грунта абсолютная по: высоте (Δh), см; диаметру (Δd), см; объему (ΔV), см ³	Уменьшение высоты (h), диаметра (d), объема (V) образца грунта во время испытаний
Усадка грунта относительная по высоте (δ_h), диаметру (δ_d), объему (δ_v)	Отношение абсолютной усадки образца грунта по высоте, диаметру, объему к их начальным размерам соответственно

Параметры образца грунта, определяемые до и после испытания

Наименование определяемых параметров	Величина определяемых параметров		Примечание
	до испытания	после испытания	
Масса образца грунта с кольцом, г Масса кольца, г Масса образца грунта, г Высота кольца, см Высота образца грунта, (h), см Диаметр кольца, см Площадь кольца, см ² Объем кольца, см ³ Плотность грунта, г/см ³ Влажность, доли единицы Плотность скелета грунта, г/см ³ Плотность минеральной части грунта, г/см ³ Коэффициент пористости Масса сухого грунта, г Влажность на границе текучести, доли единицы Влажность на границе раскатывания, доли единицы Число пластичности, доли единицы Показатель консистенции			

V. Лабораторная работа по определению угла естественного откоса песка.

Углом естественного откоса α называется угол между горизонталью и поверхностью наиболее крутого свободного откоса песчаного грунта, при котором песок еще сохраняет равновесие.

Значения угла естественного откоса в градусах (α) для сухих и водонасыщенных песков в рыхлом состоянии практически совпадает с углом внутреннего трения

($\alpha = \varphi$), но определяется значительно проще последнего.

При проектировании многих земляных сооружений, угол естественного откоса сыпучего грунта α является одной из основных расчетных характеристик.

Приборы, оборудование и материалы.

Сыпучий грунт (песок), прибор для определения угла естественного откоса (рис.13), пластмассовая чашка, сосуд с водой, ложка, воронка и резиновый молоточек.



Рис. 12. Приборы и материалы

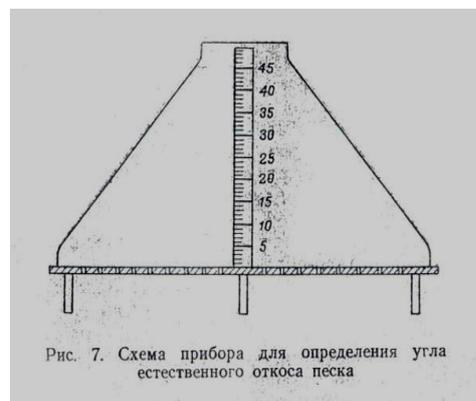


Рис. 7. Схема прибора для определения угла естественного откоса песка

Прибор для определения угла естественного откоса песка состоит из круглой подставки со стойкой в центре, на которой нанесена шкала в градусах, и полого корпуса в виде усеченного конуса.

Угол откоса определяется для воздушно – сухого и водонасыщенного песка (под водой). Для повышения точности определений оба опыта выполняется трижды. Результаты проведенных опытов заносятся в таблицу № 10.

A. Ход определения угла естественного откоса песка в воздушно - сухом состоянии

1. Прибор устанавливается на горизонтальную поверхность лабораторного стола и постепенно через воронку заполняется песком.

2. После заполнения прибора песком, коническая часть прибора плавно, на 1-2 мм., приподнимается над подставкой так, чтобы песок очень медленно высыпался из прибора.



3. После заполнения прибора песком, коническая часть прибора плавно, на 1-2 мм., приподнимается над подставкой так, чтобы песок очень медленно высыпался из прибора .



4. После того как песок перестанет осыпаться, конус приподнять вверх и снять с прибора.



5. Оставшийся на подставке песок образует конус с минимальным углом естественного откоса для данного песка, так как песок отсыпан рыхло.

6. Опыт повторяется не менее трех раз. Расхождение между повторными определениями не должно превышать 2° . За угол естественного откоса принимается среднее арифметическое значение результатов отдельных определений, выраженное в целых градусах.

7. Результаты проведенных опытов заносятся в таблицу №10.

Б. Определение угла естественного откоса песка в водонасыщенном состоянии.

Последовательность определения угла естественного откоса песка в водонасыщенном состоянии.



1. Прибор устанавливается в горизонтальную поверхность лабораторного стола и постепенно через воронку заполняется песком.



2. После заполнения прибора песком, переносится в чашку с водой..



3. Вода доливаеся в чашку так, чтобы она лишь на 2-3 мм не доходила до верха прибора.



4. После насыщения песка водой, что видно по изменению цвета песка(через отверстия в подставке), коническая часть прибора плавно, на 1-2 мм., приподнимается над подставкой так, чтобы песок очень медленно высыпался из прибора в пластмассовую чашку с водой. После того как песок перестанет осыпаться, конус приподнять вверх и снять с прибора.



5. После того как песок перестанет осыпаться, подставку с оставшийся частью песком приподнять вверх и снять из чашки с водой.

6. Оставшийся на подставке песок образует конус с минимальным углом естественного откоса для данного песка, так как песок отсыпан рыхло. Значение угла естественного откоса определяется по шкале на стойке прибора.

7. Опыт повторяется не менее трех раз. Расхождение между повторными определениями не должно превышать 2° .

8. За угол естественного откоса принимается среднее арифметическое значение результатов отдельных определений, выраженное в целых градусах.

9. Результаты проведенных опытов заносятся в таблицу № 10.

Таблица № 10

Результаты определения угла естественного откоса песка

Сухой песок			Водонасыщенный песок		
№ определения	Угол естественного откоса в градусах	Среднее значение угла естественного откоса	№ определения	Угол естественного откоса в градусах	Среднее значение угла естественного откоса
1		$\alpha =$			$\alpha =$
2					
3					

Определение угла естественного откоса песка в стеклянной прямоугольной банке

Если отсутствует специальный прибор который показан на рисунке 13., то угол естественного откоса песка можно определить в стеклянной прямоугольной банке размером не менее 30x20x10 см (рис. 14.).

Приборы, оборудование и материалы.

Сыпучий грунт (песок).

Стеклянная прямоугольная банка размером не менее 30x20x10 см. (рис.14).

Стеклянная чашка, сосуд с водой, ложка, воронка и резиновый молоточек.

А. Определение угла естественного откоса песка в воздушно сухом состоянии

1. 1/3 часть банки заполняют песком находящимся в воздушно сухом состоянии.

2. Банку поставить на ребро, как показано на рис. 6.а и выровнять песок так, чтобы его поверхность была горизонтальной.

3. Банка осторожно переводится в горизонтальное положение, как показано на рис. 6.б. Грунт при этом положении осыпается, образуя угол естественного откоса, который определяется с помощью транспортира или по тангенсу:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{l} \quad (4)$$

где h - высота откоса; l – основание откоса.

4. Опыт повторяется не менее 3-х раз. Расхождение между повторными определениями не должно превышать 2° .

5. За угол естественного откоса принимается среднее арифметическое значение результатов отдельных определений, выраженное в целых градусах.

6. Результаты проведенных опытов заносятся в таблицу №10.

Б. Определение угла естественного откоса песка в водонасыщенном состоянии

1. 1/3 часть банки заполняют песком находящимся в воздушно сухом состоянии

2. В банку с песком наливают воду так, чтобы она на 2-3 см превышала поверхность прибора.

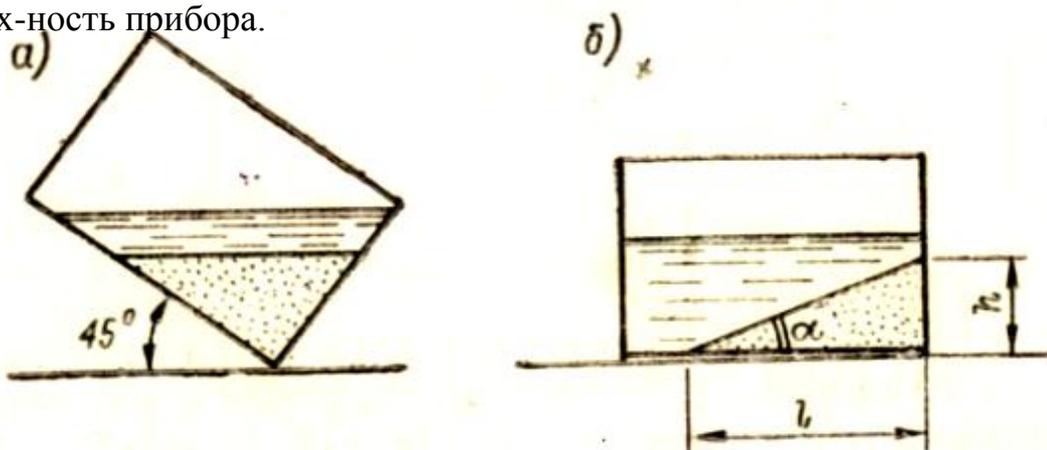


Рис. 6. Определение угла естественного откоса песка

3. Банку поставить на ребро и выровнять поверхность песка так, чтобы она стала горизонтальной (рис. 14 а.).

4. Далее опыт продолжается так же, как указано в пунктах 3 ÷4 для песка в воздушно сухом состоянии .

VI. Памятка для студентов.

Прежде чем приступить к выполнению лабораторных работ, студент обязан изучить соответствующие разделы курса по учебникам и конспекту.

Перед началом каждой лабораторной работы необходимо ознакомиться с её содержанием и заготовить необходимые таблицы для записей. Выполнение лабораторной работы сопровождается записями исходных данных, результатов опытов, графиков и соответствующими расчетами. Работа выполняется под контролем преподавателя.

В конце занятия студент должен оформить отчет по данной работе и предъявить его преподавателю. В отчете должны быть приведены цифровые данные, проведенных опытов, графики и обработка полученных экспериментальных данных.

Для вычерчивания графиков должны быть подготовлены координатные сетки; масштаб графиков выбирается студентом в зависимости от данных опытов. Отчет рекомендуется дополнить схемами приборов и текстовыми пояснениями.

По окончании каждой лабораторной работы студент сдаёт промежуточный контроль преподавателю, ведущему лабораторные занятия. При сдаче промежуточного контроля студент должен показать соответствующие знания по методике выполнения лабораторных работ и полученных экспериментальных данных о физико – механических характеристиках грунтов.

По окончании занятия студент должен привести в порядок своё рабочее место.

VII. С п и с о к л и т е р а т у р ы

1. Rasulov. H. Z. «**Gruntlar mexanikasi, zamin va poydevorlar**». «Tafakkur nashriyot» Toshkent 2010. – 296 стр.
2. Цитович Н.А. «**Механика грунтов**». Москва: «Высшая школа», 1979 г 272 стр.
3. Ухов С.Б. и др. «**Механика грунтов, основания и фундаменты**». Издательство АСВ, 2004.-524 с. www/directric.ru.
4. Далматов Б.И. «**Механика грунтов, основания и фундаменты**», – Ленинград, Стройиздат, 1988 – 416 стр.
5. Чаповский Е.Г. «**Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов**». Москва, 1975 г. 303 стр.
6. Малышев М.В., Бондырев Г.Г. **Механика грунтов, основания и фундаменты в вопросах и ответах): Учебное пособие**, М.: Изд-во АСВ, 2001 г.
7. Швецов Г.И «**Инженерная геология, механика грунтов, основания и фундаменты**» – М., Высшая школа, 1987 г. 296 стр.
8. «**Прибор для определения коэффициента фильтрации песчаных грунтов**» **КФ–ООМ**». Технический паспорт и инструкция по эксплуатации. 1976 г. 7 стр.
9. М.М. Хонкелдиев, Н.А. Набиева. **Лабораторные работы по дисциплине «Механика грунтов»(методическое пособие)** 88 стр. Самарканд: Сам. ГАСИ. 2015год.
10. КМК 2.02.01– 98. «**Бино ва иншоотлар заминлари**» – Госкомархитектстрой Республики Узбекистан. Ташкент, 1999 год –144 стр.
11. РСТ Ўз. 25100–95. **Грунтлар таснифнома**. Ўзб. Рес. Давархитектку - рилиш кўмитаси, Тошкент, 1996 й.
12. РСТ Ўз. 682 – 96. **Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов**.Госкомархитектстрой Республики Узбекистан. Ташкент, 1996 г.
13. РСТ Ўз. 683 – 96. **Грунты. Метод лабораторного определения предела проч-ности (временного сопротивления) при одноосном сжатии**. – Госкомархитектстрой Республики Узбекистан. Ташкент, 1996 г
14. РСТ Ўз. 751 – 96. **Грунты. Метод лабораторных определений, характеристик набухания и просадки (взамен. ГОСТ 24143-80.)**.Госкомархитектстрой Республики Узбекистан. Ташкент, 1996 г.
16. **ГОСТ 22733-77**. Метод лабораторного определения максимальной плотности.
17. **ГОСТ 24143-80**. Методы лабораторного определения характеристик набухания и усадки.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЯ	5 с.
I. Лабораторная работа по определению оптимальной влажности и максимальной плотности грунтов	6 с.
I.1. Общие положения	6 с.
I.2. Отбор проб грунта	7 с.
I.3. Приборы, оборудование и материалы	7 с.
I.4. Подготовка к испытаниям	7 с.
I.4.1. Подготовка образца грунта к испытаниям	7 с.
I.4.2. Подготовка прибора к испытанию	8 с.
I.5. Проведение испытаний	9 с.
I.6. Обработка результатов проведенных опытов	10 с.
II. Лабораторная работа по определению капиллярных свойств грунтов ...12 с.	
III. Лабораторная работа по определению водопроницаемости песчаного грунта в фильтрационном приборе КФ-ООМ	14 с.
III.1. Общие понятия и определения о водопроницаемости грунтов	14 с.
III.2. Необходимые приборы, оборудования и материалы	15 с.
III.3. Порядок проведения опыта	15 с.
III.4. Определение коэффициента фильтрации ($K_{ф10}$) песчаного грунта на основе проведенного эксперимента	18 с.
IV. Лабораторная работа по определению набухания и усадки грунта	20 с.
IV.1. Общие положения по определению набухания грунта	20 с.
IV.2. Приборы и аппаратура для определения характеристик набухания	21 с.
IV.2.1. Прибор для определения свободного набухания грунтов (ПНГ) ...21 с.	
IV.2.2. Прибор для определения показателей набухания грунта под нагрузкой и давления набухания	22 с.
IV.3. Подготовка образца набухающего грунта к испытаниям	23 с.
IV.4. Проведение испытаний по определению характеристик набухания грунта	24 с.
IV.4.1. Проведение испытаний по определению свободного набухания грунтов в ПНГ	24 с.
IV.4.2. Проведение испытаний по определению давления набухания грунтов под нагрузкой в компрессионном приборе	25 с.
IV.4.3. Проведение испытаний по определению усадки грунта	28 с.
IV.4.4. Обработка результатов испытаний	28 с.
IV.5. Прибор для определения свободного набухания грунтов (ПНЗ-2)	31 с.
IV.5.1. Проведение опытов в приборе ПНЗ-2	31 с.

IV.5.2. Подготовка образца.....	31 с.
IV.5.3. Порядок проведения опытов.....	31 с.
V. Лабораторная работа по определению угла естественного откоса песка.....	35 с.
VI. Памятка для студентов.....	41 с.
VII. С п и с о к л и т е р а т у р ы.....	42 с.