

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профес-  
сионального образования  
«Амурский государственный университет»

Кафедра

*Геологии и природопользования*

---

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

Выполнение практических и лабораторных (практических) работ по дисциплинам: «Гидрогеология и инженерная геология», для специальности 130301.65 «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых»; «Геология» (Инженерная геология), для специальности 130400.65 «Горное дело»; «Основы гидрогеологии», «Основы инженерной геологии», для специальности 130101.65 «Прикладная геология»

**Учебное пособие**

**Благовещенск, 2012 г.**

*Печатается по  
разрешению редакционно-  
издательского совета  
Амурского государственного  
университета*

Составитель: Н.В. Трутнева

Методические рекомендации по выполнению лабораторных (практических) работ по дисциплинам «Гидрогеология и инженерная геология» для студентов специальности: 130301.65 «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых»; Основы гидрогеологии», «Основы инженерной геологии» 130101.65 «Геологическая съемка, поиски и разведка твердых полезных ископаемых»: **учебное пособие**, / Н.В. Трутнева. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2012. – 51 с.

В авторской редакции.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	2
<b>Раздел I. Лабораторные исследования физико-механических свойств грунтов</b>	4
1. Общие сведения	4
2. Организация лабораторных работ	4
3. Оборудование, приборы, помещения	5
4. Особые требования к планировке производственных и научных лабораторий исследования грунтов	6
5. Особые требования к водоснабжению, канализации, вентиляции, электроснабжению производственных и научных лабораторий исследования грунтов	6
6. Операционный контроль	6
7. Подготовка к анализам образцов грунта	8
<b>Раздел II. Методика выполнения лабораторных(практических) работ</b>	9
Лабораторные работы 1-15	9
Словарь гидрогеологических терминов	47
Литература	49

## **Введение**

Гидрогеология - наука о подземных водах: о происхождении, условиях залегания, законах движения, физических и химических свойствах, взаимной связи с атмосферными и поверхностным водами, а также о формах и условиях воздействия человека на подземные воды, их поверхностном значении. Подземные воды играют исключительно важную роль в жизни человека. В настоящее время хозяйственно-питьевое и производственно-техническое водоснабжение инфраструктур городов и сельских населённых пунктов Амурской области осуществляется преимущественно за счет подземных вод.

Помимо своего положительного значения подземные воды в некоторых инженерно-хозяйственных отраслях (строительство, сельское хозяйство, горнорудная промышленность) играют отрицательную роль. Разнообразие хозяйственного значения и геологическая деятельность подземных вод, значение воды в процессах инженерной деятельности рассматриваются в темах лекционного материала УМКД.

Инженерная геология - наука геологического цикла, ветвь геологии изучающая морфологию, динамику и региональные особенности верхних горизонтов земной коры (литосферы) и их взаимодействие с инженерными сооружениями (элементами техносферы) в связи с осуществленной, текущей или планируемой хозяйственной, прежде всего инженерно-строительной, деятельностью человека. По утверждению основоположника инженерной геологии академика Ф.П. Саваренского "...для возведения инженерных сооружений не столь опасны неблагоприятные геологические условия, сколь опасно недостаточное знание этих процессов и неумение оценить их "

Гидрогеологические и инженерно-геологические исследования имеют исключительно важное значение при проектировании и строительстве самых различных сооружений, а так же при разработке полезных ископаемых

Дисциплина **«Гидрогеология и инженерная геология»** входит цикл СД «специальных дисциплин» Она опирается на знания предшествующих дисциплин: общая геология, минералогия, геоморфология, четвертичная геология, тектоника. Знания основ гидрогеологии и инженерной геологии будут использоваться при изучении промышленных типов месторождений, разведка, методы отработки и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых.

**Цели освоения дисциплины (модуля).** Курс «Гидрогеологии и инженерной геологии» должен дать студенту теоретические основы гидрогеологии и инженерной геологии, методов и видов гидрогеологических и инженерно-геологических исследований, применяемых на месторождениях полезных ископаемых и других объектах хозяйственной дея-

тельности. Познакомить с общими требованиями к содержанию гидрогеологической и инженерно-геологической документации.

**Задачи дисциплины:**

- изучение студентами - геологами общих требований, предъявляемых к содержанию гидрогеологической и инженерно-геологической документации;

- овладение методами получения гидрогеологической и инженерно-геологической информации;

- получение представления об основах техники и методики проведения гидрогеологических и инженерно-геологических исследований, о требованиях специалистов-гидрогеологов и инженерных геологов к содержанию и форме подачи геологической информации, полученной при проведении геологических исследований в гидрогеологических и инженерно-геологических целях.

**Требования к обучающемуся, предъявляемые в ходе освоения дисциплины:**

В результате освоения дисциплины студент должен демонстрировать следующие результаты обучения:

***Знать:***

- теоретические основы гидрогеологии и инженерной геологии;

- методы и виды гидрогеологических и инженерно-геологических исследований, применяемых на месторождениях полезных ископаемых;

- общие требования к содержанию гидрогеологической и инженерно-геологической документации.

***Уметь:***

- обрабатывать основные виды гидрогеологической и инженерно-геологической информации;

- использовать расчетные зависимости для оценки обводненности горных выработок и определения физико-механических свойств грунтов;

- анализировать и оценивать гидрогеологические и инженерно-геологические условия исследуемых участков.

***Владеть:***

- методиками отбора проб для гидрохимического изучения вод;

- методиками определения физического, химического и бактериального состояния подземных вод.

**Примечание:** Описанные лабораторные работы могут выполняться в рамках практических работ по НИРС студентами кафедры ГиП.

# **Раздел I. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ**

## **1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

- 1.1. Лабораторные исследования грунтов следует выполнять в соответствии с требованиями государственных стандартов, строительных норм и правил.
- 1.2. Состав лабораторных исследований грунтов устанавливается в соответствии с рабочей программой дисциплины и планом лабораторных работ.
- 1.3. Лабораторные исследования грунтов должны выполняться с применением прогрессивных методов, современных приборов и оборудования, обеспечивающих высокое качество испытаний грунтов, наибольшую производительность труда и сокращение продолжительности лабораторных работ.
- 1.4. При производстве лабораторных исследований грунтов следует осуществлять мероприятия по экономии материалов и электроэнергии, а также обеспечивать бережное отношение к оборудованию, приборам, инструменту и инвентарю.
- 1.6. При производстве лабораторных работ необходимо выполнять требования, предусмотренные правилами и инструкциями по охране труда и технике безопасности.

## **2. ОРГАНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

- 2.1. Лабораторные работы следует проводить в соответствии с учебным планом, рабочей программой дисциплины и расписанием занятий.  
План-график составляется преподавателем и согласовывается с зав. лабораторией «Гидрогеологии и инженерной геологии», входящей в структуру кафедры ГиП.
- 2.2. Результаты лабораторных исследований грунтов оформляются студентами в виде ведомостей и паспортов результатов исследований грунтов, в качестве отчетности по разделу: Лабораторные работы (Грунтоведение).

## **3. ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИБОРЫ, ПОМЕЩЕНИЯ**

- 3.1. Лаборатория исследования грунтов должна быть обеспечена оборудованием, приборами, инструментом и инвентарем в соответствии с тематикой и планом лабораторных работ.
- 3.2. Для метрологического обеспечения производства лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов оборудование и приборы грунтовой лаборатории должны подвергаться проверке в установленные сроки в соответствии с требованиями ГОСТ 8.002-71.
- 3.3. Для обеспечения постоянной готовности оборудования и приборов следует применять систему планово-предупредительных ремонтов, предусматривающую проведение

комплекса предупредительных мероприятий, направленных на устранение прогрессирующих износов.

3.4. Техническое обслуживание, предусматривающее надзор, уход, проверку состояния оборудования и приборов, за исключением электрооборудования, должно проводиться согласно графику поверки зав. лабораторией.

3.5. Текущий ремонт оборудования и приборов, предусматривающий замену или восстановление деталей и узлов, операции, устраняющие неисправности, и техническое обслуживание электрооборудования должны проводиться в специализированных мастерских.

3.6. В помещениях лаборатории исследования грунтов оборудование следует группировать исходя из необходимости его совместной работы, а также по принципу одинакового воздействия на окружающую среду (выделение пыли, тепла, паров; шум и т.п.) и воздействия окружающей среды (вибрация, температура, влажность).

3.7. Состав рабочих мест лаборатории исследования грунтов устанавливают в зависимости от комплекса лабораторных исследований, состава и количества оборудования.

Минимальный состав лаборатории грунтоведения:

- Рабочее место для приемки и подготовки грунтов к исследованиям.
- Место для хранения образцов грунта.
- Рабочее место для определения физико-механических свойств грунтов.

3.8. Количество рабочих мест устанавливают в зависимости от состава и количества оборудования, размеров проходов между оборудованием, количества студентов.

#### **4. ОСОБЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПЛАНИРОВКЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И НАУЧНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРУНТОВ**

4.1. Лабораторию исследования грунтов следует располагать на первом этаже здания.

4.2. Полы помещений для компрессионных, сдвиговых приборов, прессов, дробилок, должны быть защищены от вибрации.

#### **5. ОСОБЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВОДОСНАБЖЕНИЮ, КАНАЛИЗАЦИИ, ВЕНТИЛЯЦИИ, ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И НАУЧНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРУНТОВ**

5.1. Мойки, кроме водоразборных кранов, должны быть оборудованы дополнительно специальной лабораторной арматурой: двумя кранами холодной воды с наконечниками для присоединения шлангов, кранами со смесительным приспособлением с удлиненными отрезками.

5.2. Сброс сточных жидкостей из моек грунтовой лаборатории должен производиться через местные установки для обработки сточных жидкостей.

5.3. Для вытяжных шкафов и зондов над сушильными шкафами, мельницами грунтовыми, дробилками, установками для просева грунта, гравийными ситами, следует предусматривать самостоятельные вытяжные системы вентиляции с механическим побуждением.

5.3. Электрические линии, питающие автоматические приборы и оборудование непрерывного действия, должны обладать повышенной надежностью и отключаться отдельно от общего отключающего аппарата лаборатории исследования грунтов.

## **6. ОПЕРАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ПРИБОРОВ**

6.1. Настоящая методика контроля распространяется на: балансирный конус, сита, весы, компрессионные и срезные приборы, приборы предварительного уплотнения. Общим требованием контроля является внешний осмотр. Устанавливают отсутствие на деталях приборов изгибов, вмятин, зазубрин, частиц грунта. Контроль разделяется на ежемесячный и ежеквартальный.

Для каждого прибора в первом подпункте настоящей методики приведены требования ежемесячного контроля, во втором - ежеквартального.

Приборы, не удовлетворяющие требованиям методики, к применению не допускаются.

### **1. Балансирный конус**

1.1. Острие конуса не должно быть затуплено.

1.2. Измерьте глубиномером (штангенциркулем) расстояние от вершины до основания конуса (25 мм) с точностью 0,1 мм.

Сверьте показания с полученными при введении конуса в работу. Расхождение показаний не должно превышать 0,2 мм. Конус

должен быть прочно соединен с дугой, дуга - с грузами.

### **2. Сита для просеивания грунтов**

2.1. Просмотрите сетки от сит на свет. Сетки не должны иметь нарушений плетения, смещения и обрыва проволок, разрывов в местах крепления к корпусу.

Просмотрите под микроскопом с сорокакратным увеличением сита N 0,1; 0,25; 0,5 в пяти местах по радиусу сита.

Отверстия по форме должны представлять квадрат. Определите размеры отверстий по шкале окуляра Гюйгена. Результаты не должны отличаться от номинальных более чем на 20%.

Определите размеры 5-ти отверстий в ситах N 1 и 2 по радиусу каждого сита. Измерьте штангенциркулем пять отверстий по радиусу каждого сита N5 и 10. Размеры отверстий сеток не должны отличаться от номинальных более чем на 10%.

Нажмите рукой последовательно на обруч, диск сверленных сит, диск днища. Детали при нажиме на них не должны качаться.



### 3. Весы лабораторные квадратные

3.1. Проверьте положение воздушного пузырька уровня весов. Переведите пузырек в центр контрольной окружности, вращая

ножки весов. Совместите нулевую отметку шкалы с нулевой отметкой на экране. Поместите на чашку весов образцовую гирю, масса которой соответствует диапазону измерения массы по шкале. Операции повторяйте до достижения необходимого предела взвешивания.

Разность показаний не должна превышать допустимой погрешности взвешивания.

3.2. Проверьте четкость изображения шкалы на экране, добейтесь четкости перемещением лампы освещения шкалы весов.

### 4. Компрессионный прибор

4.1. При подготовке прибора к опыту просмотрите на свет днище и штамп. Все отверстия должны пропускать свет.

Канаты механизма сжатия должны лежать в проточенных канавках.

Верхний луч сектора рычажного устройства не должен занимать положение ниже условной горизонтальной линии, проведенной через ось рычажного устройства.

У ножек индикаторов должен оставаться ход не менее 3 мм. Ножки индикаторов не должны подходить к краю опорных пят ближе 2 мм.

Между держателем индикатора и арретиром одометра должен быть зазор не менее 3 мм.

4.2. Проверьте плотность прилегания днища к корпусу одометра. Днище должно легко вставляться в корпус и при поочередном нажиме пальцами в трех местах по краю не должно качаться.

Проверьте возможность перемещения штампа внутри одометра. Штамп, вставленный в направляющее кольцо, должен от собственной массы опускаться на днище собранного одометра.

Измерьте штангенциркулем с точностью 0,1 мм высоту кольца в трех местах. Расхождение между наибольшим и наименьшим измерениями должно быть не более 0,5 мм.

Проверьте горизонтальность панели стола прибора с помощью слесарного уровня. Проверьте равновесие рычажного устройства.

Устройство, оставленное в положении, при котором средний луч сектора примерно горизонтален, должно оставаться в этом положении.

Проверьте чувствительность рычажного устройства. Устройство из положения равновесия должно выходить от груза массой 50 г, положенного на подвеску.

### 5. Срезной прибор

5.1. Проверьте штамп, диск нижней обоймы, канаты, равновесие и чувствительность рычажных устройств в соответствии с требованиями раздела 4 настоящей методики.

Соберите нижнюю часть срезывателя. Затяните винты, крепящие днище, нижнюю обойму. Все детали должны легко вставляться в свои места. Винты должны без применения больших усилий закреплять детали. Нижняя часть срезывателя не должна качаться при нажиме на нее рукой.

5.2. Проверьте горизонтальность панели стола прибора с помощью слесарного уровня.

6. Прибор предварительного уплотнения

6.1. Проверьте штампы, канаты в соответствии с требованиями раздела 4 настоящей методики. Сектор незагруженного прибора под действием собственной массы должен занимать положение, при котором подвеска не доходит до пола на 20 - 40 мм. Проверьте центральное расположение загруженной обоймы в ванне.

6.2. Проверьте монтируемость обоймы. Кольца не должны перемещаться в собранной незагруженной образцом грунта обойме при перевертывании ее. Проверьте горизонтальность панели стола прибора с помощью слесарного уровня.

## **7. ПОДГОТОВКА К АНАЛИЗАМ ОБРАЗЦОВ ГРУНТОВ**

7.1. Исследование физико-механических свойств грунтов, при вскрытии образцов следует начинать с визуального изучения и описания образцов. Описание должно содержать сведения о составе, литологических особенностях и состоянии образцов.

7.2. Вырезку образцов и подготовку грунтов к анализам следует производить, как правило, с помощью механизмов.

## **8. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРУНТОВ**

5.1. Классификация грунтов выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 25100-95.

1. Определение плотности грунта в рыхлом и плотном состоянии (ГОСТ 5180-84).

2. Определение плотности частиц скального грунта (ГОСТ 5180-84).

3. Определение максимальной молекулярной влагоемкости (ГОСТ 5180-84).

4. Определение размокаемости (ГОСТ 5180-84).

5. Определение угла естественного откоса (ГОСТ 24143-80).

6. Определение границы текучести (ГОСТ 5180-84).

7. Определение границы раскатывания (ГОСТ 5180-84)

8. Определение влажности грунта методом высушивания до постоянной массы (ГОСТ 5180-84).

9. Определение суммарной влажности мерзлого грунта (ГОСТ 5180-84)

10. Определение набухания и усадки грунта (ГОСТ 24143-80).

11. Определение гранулометрического состава (ГОСТ 12536-79).
12. Коэффициент фильтрации следует определять в соответствии с требованиями ГОСТ 25584-90.
13. Определение коэффициента выветрелости грунтов (ГОСТ 12536-79).
14. Определение просадочности грунта (ГОСТ 23161-78)

## **Раздел II. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ**

### ***Лабораторная работа №1.***

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ПЕСЧАНОГО ГРУНТА В РЫХЛОМ И ПЛОТНОМ СОСТОЯНИЯХ**

Настоящая методика распространяется на песчаные грунты и устанавливает метод лабораторного определения плотности грунта в рыхлом и плотном состояниях.

##### 1. Общие положения

1.1. Плотность грунтов в рыхлом и плотном состояниях следует определять как отношение масс грунтов в названных состояниях к их объемам.

1.2. Определение плотности песчаного грунта проводят на воздушно-сухих грунтах.

1.3. Взвешивания производят с точностью  $\pm 0,01$  г.

1.4. Определение плотности грунта в каждом состоянии проводят с двухкратной повторностью.

##### 2. Аппаратура

- Весы лабораторные по ГОСТ 19491-74.

- Прибор СУГ, состоящий из металлического стакана объемом 250 см<sup>3</sup> (внутренний диаметр 60 мм) с насадкой.

- Колотушка деревянная.

- Воронка конусообразная с длинным стеблем № 7.

- Сито с сеткой № 5 по ГОСТ 6613-86.

- Линейка металлическая негнущаяся.

##### 3. Подготовка к испытанию

3.1. Песчаный грунт просеивают через сито с сеткой № 5.

3.2. Отбирают среднюю пробу песчаного грунта.

##### 4. Проведение испытания

4.1. Взвешивают пустые сухие стаканы.

4.2. Для получения рыхлого состояния грунта заполняют стакан песком через воронку.

Стебель воронки держат на расстоянии 10

- 20 мм от поверхности грунта в стакане.

- 4.3. Для получения плотного состояния грунта стакан заполняют песком порциями при постоянном постукивании колотушкой о стенки стакана.
- 4.4. Для получения плотного состояния грунта при наличии механизма уплотнение производят на вибростоле.
- 4.5. Избыток грунта при полном заполнении стаканов удаляют линейкой вровень с краями стаканов.
- 4.6. Взвешивают стаканы с грунтом.
5. Обработка результатов - ГОСТ 5180-84.

## ***Лабораторная работа №2.***

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ЧАСТИЦ СКАЛЬНОГО ГРУНТА**

Настоящая методика распространяется на скальные грунты и устанавливает метод лабораторного определения плотности частиц.

#### 1. Общие положения

Соответствуют ГОСТ 5180-84.

#### 2. Аппаратура - ГОСТ 5180-84.

Добавляется ступка агатовая или яшмовая с пестом по ГОСТ 9147-80 (стандарт не распространяется для учебных целей) или ступка механическая СМБН.

#### 3. Подготовка к испытанию

3.1. Образец скального грунта массой 250 - 500 г дробят молотком на твердом основании на мелкие обломки. Обломки грунта, находящиеся в воздушно-сухом состоянии, растирают в ступке, а затем просеивают через сито с сеткой N 2. Частицы грунта, оставшиеся на сите, размельчают в ступке и снова просеивают.

3.2. Отбирают среднюю пробу грунта массой 100 - 200 г, избегая "круглых" значений 100, 150 или 200 г.

3.3. Из тщательно перемешанной средней пробы берут навеску в стеклянный стаканчик, масса навески - из расчета не менее 15г на каждые 100 мл вместимости пикнометра.

3.4. Навеску высушивают в сушильном шкафу до постоянной массы и охлаждают по ГОСТ 5180-84.

3.5. Допускается использовать воздушно-сухие грунты с поправкой на гигроскопическую влажность по ГОСТ 5180-84.

3.6. Дистиллированную воду кипятят в течение 1 ч и хранят в закупоренной бутылки.

3.7. Составляют таблицу масс пикнометров с дистиллированной водой при различных температурах. Массы пикнометров с дистиллированной водой при различных температурах вычисляют по ГОСТ 5180-84.

#### 4. Проведение испытания - ГОСТ 5180-84.

5. Обработка результатов - ГОСТ 5180-84.

### ***Лабораторная работа №3.***

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ВЛАГОЕМКОСТИ**

Настоящая методика распространяется на пылевато-глинистые и песчаные грунты и устанавливает метод лабораторного определения максимальной молекулярной влагоемкости.

##### 1. Общие положения

1.1. Молекулярная влагоемкость грунта - способность частиц грунта удерживать молекулярным притяжением на своей поверхности то или иное количество воды.

1.2. Максимальную молекулярную влагоемкость следует определять как влажность грунтовой пасты после прессования ее до завершения водоотдачи грунта.

1.3. Максимальную молекулярную влагоемкость пылевато-глинистых грунтов определяют на образцах с естественной влажностью.

1.4. Определение максимальной молекулярной влагоемкости проводят с двухкратной повторностью.

##### 2. Аппаратура -ГОСТ 5180-84.

Добавляются:

- пресс рычажный, винтовой или гидравлический, исключающий возможность поворота плит;
- металлический толщиной 2 мм с отверстием диаметром 50 мм;
- пластины металлические;
- чашка фарфоровая по ГОСТ 9147-80 (не распространяется на изделия для учебных целей);
- линейка металлическая негнущаяся;
- вазелин технический;
- ткань хлопчатобумажная;
- бумага фильтровальная.

##### 3. Подготовка к испытанию - ГОСТ 5180-84.

##### 4. Проведение испытания

4.1. На кусочек ткани кладут шаблон, смазанный вазелином. Заполняют шаблон грунтовой пастой. Избыток пасты удаляют линейкой, перемещаемой по поверхности шаблона. Шаблон поднимают, а полученную лепешку покрывают вторым кусочком ткани.

4.2. На пластину кладут стопку фильтровальной бумаги из 20 фильтров диаметром 90 мм, лепешку в ткани, такую же стопку фильтровальной бумаги, пластину.

4.3. Полученный таким образом пакет помещают под пресс и выдерживают под постоянным давлением в 1 МПа в течение: пески и супеси - 10 мин, глины и суглинки - 30 мин. За одно прессование можно испытать несколько образцов, ограничение количества диктуется конструкцией пресса (расстояние между плитами).

4.4. Освобождают лепешку от пластин, фильтровальной бумаги, ткани. Сгибают лепешку пополам. Ломкость ее показывает, что водоотдача завершена.

4.5. Влажность образца определяют по ГОСТ 5180-84.

5. Обработка результатов испытания

Полученную влажность принимают за максимальную молекулярную влагоемкость.

#### ***Лабораторная работа №4.***

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМОКАЕМОСТИ**

Настоящая методика распространяется на пылевато-глинистые грунты и устанавливает метод лабораторного определения размокаемости.

1. Общие положения

1.1. Размокаемость - способность грунтов терять в воде связность.

1.2. Размокаемость характеризуется временем и характером размокания грунтов.

1.3. Для определения размокаемости грунтов применяют подземную воду, взятую на месте отбора образца. Допускается применение водопроводной воды.

2. Аппаратура

- Прибор ПРГ-1 (ПРГ-2).

- Нож.

- Пресс для вырезки образцов.

- Вазелин технический.

3. Подготовка к испытанию

3.1. Из монолита грунта вырезают образец кольцом - пробоотборником прибора ПРГ-1 (ПРГ-2) по ГОСТ 5180-84.

3.2. Отбирают пробу на влажность по ГОСТ 5180-78.

4. Проведение испытания

4.1. Вырезанный образец грунта ставят на сетку прибора и опускают в ванну прибора, наполненную водой.

4.2. Наблюдают за образцом и делают записи в журнале в следующие промежутки времени: 1; 30 мин; 1; 6; 24; 48 ч.

4.3. Если образец не размокнет через 48 ч, дают его описание и опыт прекращают.

## 5. Обработка результатов испытания

5.1. По времени размокания образца различают типы размокаемости:

- мгновенная - полностью за 1 мин;
- очень быстрая - более 80 - 90% объема за 30 мин;
- быстрая - более 50% объема за 1 ч;
- медленная - менее 50% объема за 6 ч;
- очень медленная - менее 25% объема за 24 ч;
- неразмокающий грунт - менее 10% объема за 48 ч.

5.2. По характеру размокания образца различают форму, размеры (крупные, мелкие комочки, чешуйки, пыль), последовательность распада.

### ***Лабораторная работа №5.***

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА ЕСТЕСТВЕННОГО ОТКОСА**

Настоящая методика распространяется на песчаные грунты и устанавливает метод лабораторного определения угла естественного откоса.

Методика не распространяется на песчаные грунты, содержащие более 3% органических веществ.

#### 1. Общие положения

1.1. Углом естественного откоса называется предельный угол наклона откоса, при котором грунт находится в устойчивом состоянии.

1.2. Угол естественного откоса песчаных грунтов определяют на воздухе и под водой.

1.3. Каждое определение выполняют с двухкратной повторностью.

1.4. Точность определения угла естественного откоса - 1°.

#### 2. Аппаратура

- прибор УВТ-3М
- сито с сеткой № 2
- чашка фарфоровая по ГОСТ 9147-80 (не распространяется на изделия для учебных целей);
- противень лабораторный
- воронка конусообразная с длинным стеблем № 7

#### 3. Подготовка к испытанию

3.1. Песчаный грунт высушивают на воздухе и просеивают через сито с сеткой № 2.

3.2. Отбирают среднюю пробу грунта.

3.3. При проведении испытаний на воздухе сухой прибор УВТ-3М устанавливают на противень (без ванны), при проведении испытания под водой - в ванну прибора УВТ-3М.

#### 4. Проведение испытания

4.1. Обойму заполняют песком через воронку до полного заполнения.

4.2. При проведении испытания под водой ванну заполняют водой до шейки обоймы. Насыщение песка водой продолжают до потемнения поверхности песка в обойме.

4.3. Осторожным движением вверх снимают обойму.

#### 5. Обработка результатов

Отсчет в градусах берут по вершине стабилизировавшегося конуса, соприкасающийся с градуированной стойкой столика прибора УВТ-3М.

### ***Лабораторная работа №6.***

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦЫ ТЕКУЧЕСТИ**

##### 1. Общие положения:

1.1. Показатель текучести ( $I_p$ ) – разность влажностей, соответствующая двум состояниям грунта: на границе текучести ( $W_L$ ) и на границе раскатывания ( $W_P$ ). Показатели  $W_L$  и  $W_P$  определяют по ГОСТ 5180-84.

1.2. Границу текучести следует определять как влажность приготовленной из исследуемого грунта пасты, при которой балансирный конус погружается под действием собственного веса за 5 с на глубину 10 мм.

##### 2. Подготовка к испытаниям

2.1. Для определения границы текучести используют монолиты или образцы нарушенного сложения, для которых требуется сохранение природной влажности.

Для грунтов, содержащих органические вещества, границу текучести определяют сразу после вскрытия образца.

Для грунтов, не содержащих органических веществ, допускается использование образцов грунтов в воздушно-сухом состоянии.

2.2. Образец грунта природной влажности разминают шпателем в фарфоровой чашке или нарезают ножом в виде тонкой стружки (с добавкой дистиллированной воды, если это требуется), удалив из пего растительные остатки крупнее 1 мм, отбирают из размельченного грунта методом квартования пробу массой около 300 г и протирают сквозь сито с сеткой № 1.

Пробу выдерживают в закрытом стеклянном сосуде не менее 2 ч.

2.3. Образец грунта в воздушно-сухом состоянии растирают в фарфоровой ступке или в растирочной машине, не допуская дробления частиц грунта и одновременно удаляя из него растительные остатки крупнее 1 мм, просеивают сквозь сито с сеткой № 1, увлажняют дистиллированной водой до состояния густой пасты, перемешивая шпателем, и выдерживают в закрытом стеклянном сосуде согласно п. 2.2.



2.4. Для удаления избытка влаги из образцов илов производят обжатие грунтовой пасты, помещенной в хлопчатобумажную ткань между листами фильтровальной бумаги, под давлением (пресс, груз). Грунтовую пасту из илов не допускается выдерживать в закрытом стеклянном сосуде.

2.5. Добавлять сухой грунт в грунтовую пасту не допускается.

### 3. Проведение испытаний

3.1. Подготовленную грунтовую пасту тщательно перемешивают шпателем и небольшими порциями плотно (без воздушных полостей) укладывают в цилиндрическую чашку к балансирующему конусу. Поверхность пасты заглаживают шпателем вровень с краями чашки.

3.2. Балансирный конус, смазанный тонким слоем вазелина, подводят к поверхности грунтовой пасты так, чтобы его острие касалось пасты. Затем плавно отпускают конус, позволяя ему погружаться в пасту под действием собственного веса.

3.3. Погружение конуса в пасту в течение 5 сек. на глубину 10 мм показывает, что грунт имеет влажность, соответствующую границе текучести.

3.4. При погружении конуса в течение 5 с на глубину менее 10 мм, грунтовую пасту извлекают из чашки, присоединяют к оставшейся пасте, добавляют немного дистиллированной воды, тщательно перемешивают ее и повторяют операции, указанные в пп. 3.1 - 3.3.

3.5. При погружении конуса за 5 сек. на глубину более 10 мм грунтовую пасту из чашки перекалывают в фарфоровую чашку, слегка подсушивают на воздухе, непрерывно перемешивая шпателем и повторяют операции, указанные в пп. 3.1 - 3.3.

3.6. По достижении границы текучести (п. 3.3) из пасты отбирают пробы массой 15 - 20 г для определения влажности в соответствии с требованиями пп. 2.3 и 2.4.

## ***Лабораторная работа №7.***

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦЫ РАСКАТЫВАНИЯ**

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

### 2. Подготовка к испытаниям

2.1. Подготовку грунта производят в соответствии с пп. 2.1 - 2.5 (Разд. 8.6.) или используют часть грунта (40 - 50 г), подготовленного для определения текучести.

### 3. Проведение испытаний

5.3.1. Подготовленную грунтовую пасту тщательно перемешивают, берут небольшой кусочек и раскатывают ладонью на стеклянной или пластмассовой пластинке до образования жгута диаметром 3 мм. Если при этой толщине жгут сохраняет связность и пластич-

ность, его собирают в комок и вновь раскатывают до образования жгута диаметром 3 мм. Раскатывать следует, слегка нажимая на жгут, длина жгута не должна превышать ширины ладони. Раскатывание продолжают до тех пор, пока жгут не начинает распадаться по поперечным трещинам на кусочки длиной 3 - 10 мм.

5.3.2. Кусочки распадающегося жгута собирают в стаканчики, накрываемые крышками. Когда масса грунта в стаканчиках достигнет 10 - 15 г, определяют влажность в соответствии с требованиями пп. 2.3 и 2.4 (Разд. 8.6.)

### ***Лабораторная работа №8.***

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ГРУНТА МЕТОДОМ ВЫСУШИВАНИЯ ДО ПОСТОЯННОЙ МАССЫ**

1. Влажность грунта следует определять как отношение массы воды, удаленной из грунта высушиванием до постоянной массы, к массе высушенного грунта.

2. Подготовка к испытаниям

2.1. Пробу грунта для определения влажности отбирают массой 15 - 50 г, помещают в заранее высушенный, взвешенный и пронумерованный стаканчик и плотно закрывают крышкой.

2.2. Пробы грунта для определения гигроскопической влажности грунта массой 10 - 20 г отбирают способом квартования из грунта в воздушно-сухом состоянии растертого, просеянного сквозь сито с сеткой № 1 и выдержанного открытым не менее 2 ч при данной температуре и влажности воздуха.

3. Проведение испытаний

3.1. Пробу грунта в закрытом стаканчике взвешивают.

3.2. Стаканчик открывают и вместе с крышкой помещают в нагретый сушильный шкаф. Грунт высушивают до постоянной массы при температуре  $(105 \pm 2)$  °С. Загипсованные грунты высушивают при температуре  $(80 \pm 2)$  °С.

3.3. Песчаные грунты высушивают в течение 3 ч, а остальные - в течение 5 ч.

Последующие высушивания песчаных грунтов производят в течение 1 ч, остальных - в течение 2 ч.

3.4. Загипсованные грунты высушивают в течение 8 ч. Последующие высушивания производят в течение 2 ч.

3.5. После каждого высушивания грунт в стаканчике охлаждают в эксикаторе с хлористым кальцием до температуры помещения и взвешивают.

Высушивание производят до получения разности масс грунта со стаканчиком при двух последующих взвешиваниях не более 0,02 г.

3.6. Если при повторном взвешивании грунта, содержащего органические вещества, наблюдается увеличение массы, то за результат взвешивания принимают наименьшую массу.

#### 4. Обработка результатов

4.1. Влажность грунта  $w$ , %, вычисляют по формуле

$$w = 100(m_1 - m_0)/(m_0 - m), \quad (1)$$

где  $m$  - масса пустого стаканчика с крышкой, г;

$m_1$  - масса влажного грунта со стаканчиком и крышкой, г;

$m_0$  - масса высушенного грунта со стаканчиком и крышкой, г.

Допускается выражать влажность грунта в долях единицы.

### ***Лабораторная работа №9.***

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММАРНОЙ ВЛАЖНОСТИ МЕРЗЛОГО ГРУНТА**

##### 3.1. Подготовка к испытаниям

3.1.1. Образец мерзлого грунта со слоистой или сетчатой криогенной текстурой массой 1 - 3 кг (имеющий не менее трех ледяных и минеральных прослоек каждого направления) помещают в предварительно высушенную, взвешенную и пронумерованную тару. Допускается оттаивание образцов грунта в плотно завязанных полиэтиленовых пакетах во время транспортирования и хранения.

##### 3.2. Проведение испытаний

3.2.1. Образец грунта в таре взвешивают, дают ему оттаять и доводят до однородного состояния, близкого к границе текучести для пылеватого-глинистых грунтов, или полного водонасыщения для песчаных грунтов, перемешивая его металлическим шпателем и добавляя дистиллированную воду или осторожно сливая избыток воды после ее осветления.

3.2.2. Грунт в таре вновь взвешивают и отбирают из него пробы для определения влажности перемешанного грунта в соответствии с требованиями пп. 2.3 и 2.4.

##### 3.3. Обработка результатов

3.3.1. Суммарную влажность  $w_{tot}$ , %, мерзлого грунта вычисляют по формуле

$$w_{tot} = \frac{m_3 - m_2}{m_4 - m_2} (100 + w) - 100, \quad (2)$$

где  $m_2$  - масса тары, г;

### ***Лабораторная работа №10.***

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАБУХАНИЯ И УСАДКИ ГРУНТА**

Настоящий стандарт распространяется на глинистые грунты природного и нарушенного сложения и устанавливает методы лабораторного определения их набухания и усадки.

Стандарт не распространяется на глинистые грунты, содержащие крупнообломочные включения размерами зерен более 5 мм, и на глинистые грунты в мерзлом состоянии.

## 1. Общие положения

1.1. Характеристики набухания и усадки грунта следует определять по относительной деформации: набухание - в условиях, исключающих возможность бокового расширения при насыщении грунта водой или химическим раствором; усадку - в условиях свободной трехосной деформации при высыхании грунта. Испытание для определения характеристик набухания следует производить до прекращения поглощения образцом грунта воды (или раствора), а усадки - до полной потери им влажности.

1.2. За показатели, характеризующие набухание грунта, принимаются свободное набухание ( $\square_o$ ), набухание под нагрузкой ( $\square_n$ ), давление набухания ( $\square_n$ ), влажность грунта после набухания ( $W_n$ ); за показатели, характеризующие усадку грунта, принимаются величины усадки по высоте ( $\square_h$ ), диаметру ( $\square_d$ ), объему ( $\square_v$ ) и влажность на пределе усадки ( $W_y$ ).

1.3. 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.

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.

Величины ступеней давления и их количество должны быть определены заданием и программой исследований.

При отсутствии таких данных испытания надлежит производить в диапазоне полутора-кратных величин условных расчетных давлений на глинистые грунты.

1.4. 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.

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

1.5. Монолиты грунтов для определения показателей набухания и усадки следует отбирать из открытых горных выработок: шурфов, котлованов, расчисток 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.

1.6. Термины и определения приведены в справочном приложении 1.

## **2. Аппаратура**

2.1. 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.

2.1.1. 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/см<sup>2</sup>).

2.2. Показатели набухания грунта под нагрузкой и давления набухания следует определять в компрессионных приборах, состоящих из следующих основных узлов и деталей:

- рабочего кольца внутренним диаметром более 71 мм и высотой более 20 мм с соотношением высоты к диаметру 1:3,5;
- цилиндрической обоймы;
- перфорированного штампа;
- поддона с емкостью для воды и перфорированного вкладыша под кольцо;
- двух индикаторов с ценой деления шкалы 0,01 мм для измерения вертикальных деформаций образца грунта; допускается применение одного индикатора при условии установки его в центре штампа;
- механизма вертикальной нагрузки на образец грунта.

2.2.1. Конструкция компрессионного прибора должна быть выполнена из материалов, стойких против коррозии, и обеспечивать:

- подачу воды к образцу снизу и отвод ее;
- центрированную передачу нагрузки на штамп (образец грунта);
- передачу на образец грунта давления ступенями от 0,0125 МПа (0,125 кгс/см<sup>2</sup>);
- постоянство давления на каждой ступени;
- неподвижность рабочего кольца при испытаниях;
- измерение вертикальных деформаций грунта с погрешностью 0,01 мм;
- давление на образец, создаваемое штампом и закрепленным на нем измерительным оборудованием и другими неуравновешенными деталями, не более 0,0025 МПа (0,025 кгс/см<sup>2</sup>).

2.3. Для определения усадки грунтов необходимо иметь:

- рабочее кольцо компрессионного прибора 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 измерений, показанное в рекомендуемом приложении 2;
- микрометр.

### 3. Подготовка к испытаниям

3.1. Приборы для проведения испытаний должны устанавливаться на жестком основании, исключающем вибрацию. Горизонтальность установки приборов проверяют по уровню. В помещении во время испытаний должна поддерживаться положительная температура.

Не допускается попадание прямых солнечных лучей на образцы грунта во время испытаний усадки.

3.2. Тарировку ПНГ и компрессионных приборов необходимо производить не реже одного раза в год для учета деформаций фильтров и собственных деформаций приборов (*m*) 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.

3.2.1. При тарировке компрессионного прибора в рабочее кольцо следует заложить специальный металлический вкладыш, покрытый с двух сторон бумажными фильтрами, смо-

ченными водой и нагружать его ступенями давления 0,05 МПа (0,5 кгс/см<sup>2</sup>), выдерживать их по 2 мин, до максимального давления на вкладыш 1 МПа (10 кгс/см<sup>2</sup>), измеряя по индикаторам деформации прибора.

Тарировку производят при трехкратном нагружении прибора, каждый раз с заменой фильтров на новые.

По результатам тарировки компрессионного прибора следует составить таблицу величин деформаций ( $m$ ) при различных давлениях.

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

3.4. Образец грунта для испытания на набухание или усадку вырезают режущим кольцом в соответствии с требованиями ГОСТ 5182-78, при этом зазоры между грунтом и стенкой рабочего кольца не допускаются.

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 раскатывания по ГОСТ 5183-77 и гранулометрический состав по ГОСТ 12536-79. Результаты записывают в журнал испытаний (см. рекомендуемые приложения 3 - 5).

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 компрессионные приборы.

В журнале испытаний следует записать начальные показания индикаторов ( $n_0$ ).

3.6. 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  $\pm$  по трем, заранее размеченным направлениям. Результаты измерений записывают в журнале испытаний.

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

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

где  $\rho_s$  - плотность минеральной части грунта, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_c$  - плотность скелета грунта, г/см<sup>3</sup>, определяемая по формуле

$$\rho_s = \frac{\rho_o}{1 + W_s} \quad (2)$$

где  $\rho_o$  - плотность грунта, г/см<sup>3</sup>;

$W_s$  - заданная влажность грунта в долях единицы.

3.8. При определении характеристик усадки грунта нарушенного сложения следует применять образец грунта 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.

#### **4. Проведение испытаний**

4.1. В ПНГ следует налить жидкость и наблюдать за развитием деформаций во времени, записывая показания индикаторов в журнал испытаний.

4.2. Ступени давления при определении набухания грунта под нагрузкой и давления набухания должны быть: на первом компрессионном приборе - около 0,0025 МПа (0,025 кгс/см<sup>2</sup>), что соответствует давлению от массы штампа и смонтированного на нем измерительного оборудования; на втором - 0,025 МПа (0,25 кгс/см<sup>2</sup>); на третьем - 0,05 МПа (0,5 кгс/см<sup>2</sup>); на четвертом - 0,1 МПа (1 кгс/см<sup>2</sup>) и далее с интервалом 0,1 - 0,2 МПа (1 - 2 кгс/см<sup>2</sup>) на каждый прибор до необходимых пределов.

После нагружения образцов грунта в компрессионных приборах их следует выдержать до условной стабилизации деформаций, после чего образцы надлежит замочить.

4.3. 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.

В случае отсутствия набухания замачивание производят в течение трех суток.

За начало набухания следует считать относительную деформацию ( $\square$ ), превышающую 0,001.

4.4. 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.

4.5. 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  $(105 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ . Все результаты измерений надлежит записать в соответствующий журнал испытаний (см. рекомендуемые приложения 3 и 4).

4.6. Испытание усадки грунта следует проводить в три этапа.

На первом и втором 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.

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  $(105 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$  в соответствии с требованиями ГОСТ 5180-78 до постоянной массы и в конце испытания производят контрольное измерение линейных размеров образца грунта.

## 5. Обработка результатов испытаний

5.1. На основании записей в журналах испытаний грунта в ПНГ или компрессионных приборах следует определить:

а) величину абсолютной деформации грунта ( $\Delta h$ ) в мм, вычисленную как разность среднеарифметических значений конечных ( $n_i$ ) и начальных ( $n_o$ ) показаний индикаторов за вычетом поправки на деформацию приборов и фильтров при набухании согласно п. 3.2;

б) величину относительной деформации образца ( $\delta$ ) с погрешностью 0,001 по формуле

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

5.2. По величинам относительной деформации следует построить график зависимости относительных деформаций от вертикального давления  $\delta = f(p)$ . Точки графика, соответствующие ступеням давления, следует соединить лекальной кривой.

Величина давления набухания ( $p_n$ ) соответствует точке пересечения кривой с осью давления ( $p$ ) (см. график 1 приложения 6) или точке предполагаемого пересечения продолжения кривой графика  $\delta = f(p)$  с осью давления ( $p$ ).

5.3. По результатам испытаний усадки на основании записей испытаний грунта следует:

а) определить объем грунта на каждый момент измерения по формуле

$$V_i = \frac{\pi d_i^3 h}{4}, \quad (4)$$

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

$$W = \frac{g_i - g}{g}, \quad (5)$$

где  $g_i$  - масса образца грунта на момент измерения, г;

$g$  - масса образца сухого грунта, г;

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

$$\delta_h = \frac{h - h_k}{h}, \quad (6)$$

$$\delta_d = \frac{d^2 - d_k^2}{d^2}, \quad (7)$$

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

где  $h, d, V$  и  $h_k, d_k, V_k$  - соответственно начальные и конечные значения высоты, диаметра, см, и объема образца грунта, см<sup>3</sup>.

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

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

### ***Лабораторная работа №11.***

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТОВ**

Для разделения грунта на фракции ситовым методом с промывкой водой применяют сита с размером отверстий 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 мм. Сита монтируют в колонку, размещая их от поддона в порядке увеличения размера отверстий. На верхнее сито надевают крышку.

Отбирается средняя проба грунта методом квартования без включений -100г; для грунтов, содержащих до 10% (по весу) частиц размером более 2 мм – 500г; от 10 до 30% - 1000г; свыше 30% - не менее 2000г

Проба грунта смачивается водой и растирается пестиком с резиновым наконечником.

Затем следует залить грунт водой, взмутить суспензию и дать отстояться 10 – 15 с. Слить воду с неосевшими частицами (взвесь) сквозь сито с отверстиями 0,1 мм. Взмучивание и сливание производить до полного осветления воды над осадком. Смыть оставшиеся на сите частицы при помощи резиновой груши в фарфоровую чашку, а отстояв-

шуюся воду слить. Промытую пробу грунта высушить до воздушно – сухого состояния и взвесить чашку с грунтом.

Вес частиц грунта размером менее 0,1 мм определяется по разности между весом средней пробы, взятой для анализа, и весом высушенной пробы грунта после промывки.

Грунт следует просеять сквозь набор сит с поддоном, проверяя полноту просеивания над листом бумаги. Если при этом на лист выпадают частицы, то их высыпают на следующее сито. Каждую фракцию грунта, задержавшуюся на ситах, взвесить отдельно.

Содержание каждой фракции в % в грунте определяется как отношение веса данной фракции к весу средней пробы грунта, взятой для анализа.

## ***Лабораторная работа №12.***

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ ГРУНТОВ**

12. Настоящий стандарт распространяется на песчаные, пылеватые, глинистые грунты и устанавливает методы лабораторного определения коэффициента фильтрации при исследованиях грунтов для строительства.

Стандарт не распространяется на песчаные, пылеватые и глинистые грунты в мерзлом состоянии и не устанавливает коэффициент фильтрации при химической суффозии грунтов.

#### **1. Общие положения**

1.1. Коэффициентом фильтрации называют скорость фильтрации воды при градиенте напора, равном единице, и линейном законе фильтрации.

1.2. Коэффициент фильтрации определяют на образцах ненарушенного (природного) сложения или нарушенного сложения заданной плотности.

1.3. Отбор, упаковка, транспортирование образцов грунта ненарушенного сложения должны производиться по ГОСТ 12071.

1.4. Для определения коэффициента фильтрации песчаных грунтов нарушенного сложения следует применять образцы, высушенные до воздушно-сухого состояния.

1.5. Максимальный размер частиц песчаных грунтов не должен превышать 1/5 внутреннего диаметра прибора для определения коэффициента фильтрации.

1.6. Коэффициент фильтрации песчаных грунтов определяют при постоянном заданном градиенте напора с пропуском воды сверху вниз или снизу вверх, при предварительном насыщении образца грунта водой снизу вверх.

Коэффициент фильтрации пылеватых и глинистых грунтов определяют при заданных давлении на грунт и переменном градиенте напора с пропуском воды сверху вниз или снизу вверх, при предварительном насыщении образца грунта водой снизу вверх без возможности его набухания.

1.7. Для насыщения образцов грунта и фильтрации применяют грунтовую воду с места отбора грунта или воду питьевого качества. В случаях, устанавливаемых программой исследований, допускается применять дистиллированную воду.

1.8. Образцы грунта взвешивают на лабораторных весах с погрешностью  $\pm 0,01$  г.

1.9. Результаты определения коэффициента фильтрации должны сопровождаться данными о гранулометрическом составе по ГОСТ 12536, влажности, плотности частиц, плотности сухого грунта, границе текучести и раскатывания по ГОСТ 5180, степени влажности и коэффициенте пористости.

1.10. Количество частных определений коэффициента фильтрации для каждого инженерно-геологического элемента (слоя грунта) должно составлять не менее шести.

Количество частных определений коэффициента фильтрации грунта допускается уменьшать при наличии одноименных определений в материалах предыдущих испытаний, выполненных на той же площадке для того же инженерно-геологического элемента.

1.11. Нормативные значения коэффициента фильтрации для каждого инженерно-геологического элемента (слоя грунта) устанавливают методом статистической обработки результатов частных определений по ГОСТ 20522. Расчетные значения коэффициентов фильтрации следует принимать равными нормативным.

1.12. В процессе подготовки, проведения и обработки результатов испытаний образцов грунта ведут журналы.

### ***Лабораторная работа №13.***

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ**

##### **2.1. Оборудование и приборы**

2.1.1. В комплект оборудования для определения коэффициента фильтрации должны входить:

прибор КФ-00М;

Весы лабораторные квадратные (ВЛК) или лабораторные общего назначения по ГОСТ 24104 с комплектом гирь к ним по ГОСТ 7328;

термометр с погрешностью измерения не более  $0,5$  °С по ГОСТ 28498;

секундомер;

нож из нержавеющей стали с прямым лезвием;

лопатка;

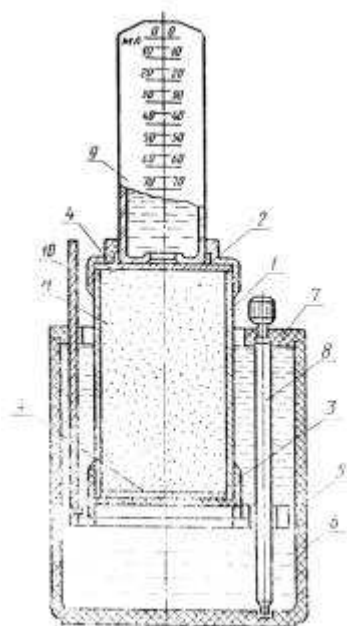
пресс винтовой;

пластины плоские с гладкой поверхностью (из стекла, плексигласа или металла).

2.1.2. В состав прибора КФ-00М, конструкция которого приведена на чертеже, должны входить:

фильтрационная трубка, состоящая из прямого полого цилиндра внутренним диаметром 56,5 мм и высотой 100 мм с заостренными краями, перфорированного дна с отверстиями размером (2×2) мм (или диаметром 2 мм) и муфты с латунными сетками, мерного стеклянного баллона объемом 140 см<sup>3</sup> и высотой 110-115 мм со шкалой объема фильтрующейся жидкости; телескопическое приспособление для насыщения грунта водой и регулирования градиента напора, состоящее из подставки, подъемного винта, планки со шкалой градиентов напора от 0 до 1 ценой деления 0,02; корпус с крышкой.

**Примечание.** Для определения коэффициента фильтрации допускается применять приборы, конструкция которых подобна КФ-00М (КФ-01, ПКФ-3 Союздорнии, ФВ-3).



1 - цилиндр; 2 - муфта; 3 - перфорированное дно; 4 - латунная сетка; 5 - подставка; 6 - корпус; 7 - крышка; 8 - подъемный винт; 9 - стеклянный баллон со шкалой объема фильтрующейся жидкости; 10 - планка со шкалой градиентов напора; 11 - испытуемый образец грунта

2.1.3. Цилиндр, планка со шкалой градиентов напора, сетки, подъемный винт должны изготавливаться из некоррозирующегося металла.

2.1.4. Измерительные приборы, применяемые для определения коэффициента фильтрации грунтов, должны поверяться в соответствии с технической документацией.

## 2.2. Подготовка к испытанию

2.2.1. К испытанию грунт следует подготавливать в следующей последовательности:

- песок и воду, предназначенные для определения коэффициента фильтрации, выдерживают в лаборатории до выравнивания их температуры с температурой воздуха;
- из корпуса прибора извлекают фильтрационную трубку и разбирают ее;

- заполняют цилиндр испытываемым грунтом в соответствии с порядком, установленным в п.п. 2.2.2, 2.2.4;

- в корпус наливают воду и вращением подъемного винта поднимают подставку до совмещения отметки градиента напора на планке с верхним краем крышки корпуса;

- устанавливают цилиндр с грунтом на подставку и вращением подъемного винта медленно погружают в воду, содержащуюся в корпусе, до отметки градиента напора 0,8 и оставляют его в таком положении до тех пор, пока грунт увлажнится. В процессе водонасыщения грунта поддерживают постоянный уровень воды у верхнего края корпуса;

- помещают на образец грунта латунную сетку, одевают на цилиндр; муфту, вращением подъемного винта опускают фильтрационную трубку в крайнее нижнее положение и оставляют на 15 мин.

2.2.2. Заполнение цилиндра испытываемым грунтом ненарушенного сложения выполняют в следующем порядке:

- взвешенный цилиндр ставят заостренным краем на выровненную поверхность грунта и винтовым прессом (или рукой) слегка вдавливают его в грунт, обозначая границы будущего образца для проведения испытаний;

- грунт у заостренного края цилиндра (с внешней его стороны) срезают острым ножом в виде столбика диаметром на 0,5 - 1 мм больше диаметра цилиндра и высотой примерно 10 мм. Одновременно, по мере срезания грунта, легким надавливанием пресса постепенно надвигают цилиндр на грунт, не допуская перекоса, до полного заполнения цилиндра. В грунт, из которого не удастся вырезать столбик, цилиндр вдавливают;

верхний торец, образца грунта зачищают ножом вровень с краями цилиндра и накрывают заранее взвешенной пластинкой;

подхватывают цилиндр с грунтом снизу лопаткой, перевертывают его, зачищают нижний торец образца грунта вровень с краями цилиндра и также накрывают заранее взвешенной пластинкой;

взвешивают цилиндр с образцом грунта и покрывающими его пластинками;

определяют плотность грунта по ГОСТ 5180;

2.2.3. Надевают на цилиндр с образцом грунта дно с латунной сеткой, покрытой кружками марли.

2.2.4. Заполнение цилиндра грунтом нарушенного сложения выполняют в следующем порядке:

на цилиндр надевают дно с латунной сеткой, покрытой кружком марли;

наполняют цилиндр грунтом, подготовленным в соответствии с п. 1.4, через верх слоями толщиной 1 - 2 см;

необходимую массу грунта ( $m$ ) в граммах вычисляют по формулам:

$$m = V \cdot \rho \quad \text{или} \quad m = V \cdot \frac{1 + \omega}{1 + s} \cdot \rho_r, \quad (1)$$

где  $V$  - объем цилиндра,  $\text{см}^3$ ;

$\rho$  - заданная плотность,  $\text{г}/\text{см}^3$ ;

$w$  - влажность грунта, доли единицы;

$\rho_s$  - плотность частиц грунта,  $\text{г}/\text{см}^3$

$e$  - коэффициент пористости.

Если грунт массой  $m$  не укладывается в цилиндр, то его уплотняют трамбованием.

2.2.5. Заполнение цилиндра испытываемым грунтом в предельно рыхлом и предельно плотном состоянии выполняют в следующем порядке:

цилиндр с дном и латунной сеткой, покрытой кружком марли, взвешивают;

для получения образца в предельно рыхлом состоянии цилиндр заполняют грунтом, насыпая его с высоты 5 - 10 см без уплотнения, в предельно плотном состоянии - слоями толщиной 1 - 2 см с уплотнением каждого слоя трамбованием;

зачищают поверхность образца грунта вровень с краями цилиндра и взвешивают цилиндр с грунтом; определяют плотность грунта по ГОСТ 5180.

### 2.3. Проведение испытания

2.3.1. Коэффициент фильтрации грунта определяют в следующем порядке:

вращением подъемного винта устанавливают цилиндр с грунтом до совмещения отметки необходимого градиента напора на планке с верхним краем крышки корпуса и доливают воду в корпус до верхнего его края.

Испытания проводят при поэтапном увеличении значений градиента напора; измеряют температуру воды;

заполняют мерный стеклянный баллон водой и, закрывая пальцем его отверстие, опрокидывают отверстием вниз,, подносят возможно ближе к цилиндру с грунтом и, отнимая палец, быстро вставляют в муфту фильтрационной трубки так, чтобы его горлышко соприкасалось с латунной сеткой, а в баллон равномерно поднимались мелкие пузырьки воздуха. Если в мерный баллон прорываются крупные пузырьки воздуха, то его необходимо опустить ниже, добившись появления мелких пузырьков;

отмечают время, когда уровень воды достигнет деления шкалы мерного баллона, отмеченного цифрой 10 (или 20)  $\text{см}^3$  принимая это время за начало фильтрации воды. В дальнейшем фиксируют время, когда уровень воды достигнет соответственно делений 20, 30, 40, 50 (или 20, 40, 60, 80)  $\text{см}^3$  или других кратных значений. Производят четыре отсчета.

### 2.4. Обработка результатов

2.4.1. Коэффициент фильтрации  $K_{10}$ , м/сут, приведенный к условиям фильтрации при температуре 10 °С, вычисляют по формуле

$$K_{10} = \frac{864V_w}{t_m A T T} \quad (2)$$

где  $V_{\square}$  - объем профильтровавшейся воды при одном замере,  $\text{см}^3$ ;

$t_m$  - средняя продолжительность фильтрации (по замерам при одинаковых расходах воды), с;

$A$  - площадь поперечного сечения цилиндра фильтрационной трубки,  $\text{см}^2$ ,

$J$  - градиент напора;

$T = (0,7 + 0,03 T_{\phi})$  - поправка для приведения значения коэффициента фильтрации к условиям фильтрации воды при температуре  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , где  $T_{\phi}$  - фактическая температура воды при испытании,  $^{\circ}\text{C}$ ;

864 - переводной коэффициент (из  $\text{см}/\text{с}$  в  $\text{м}/\text{сут}$ ).

2.4.2. Коэффициент фильтрации вычисляют до второй значащей цифры.

2.4.3. Для расчета коэффициента фильтрации следует составлять таблицу расчетных данных для постоянного расхода воды из цилиндра определенной площади поперечного сечения при различных градиентах напора и температуре.

### ***Лабораторная работа №14.***

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ ПЫЛЕВАТЫХ И ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ**

##### 3.1. Оборудование и приборы

3.1.1. В комплект оборудования для определения коэффициента фильтрации глинистых грунтов должны входить:

компрессионно-фильтрационный прибор, позволяющий проводить испытания под нагрузкой при переменном напорном градиенте;

весы лабораторные квадратные (ВЛК.) или общего назначения по ГОСТ 24104 с комплектом ГОСТ 7328;

термометр с погрешностью измерения не более  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  по ГОСТ 28498;

секундомер;

нож из нержавеющей стали с прямым лезвием;

лопатка;

пресс винтовой;

пластины плоские с гладкой поверхностью (из стекла, плексигласа или металла).

3.1.2. В состав компрессионно-фильтрационного прибора должны входить:

поддон с емкостью для воды и штуцером с боковой стороны; кольцо (цилиндр) для образца грунта с заостренным нижним краем;

металлические фильтры, обеспечивающие свободное поступление воды к образцу и ее отвод;

насадку (крышу) на кольцо;



пьезометр диаметром 0,4 см (при быстрой фильтрации до 1 см, при медленной - 0,1-0,2 см), соединенный с прибором через штуцер и тройник; при наличии в приборе двух пьезометров диаметр их должен быть одинаковым.;

арретир - приспособление для предотвращения набухания образца грунта при его насыщении водой;

индикатор с ценой деления шкалы 0,01 мм для измерения вертикальных деформаций образца грунта;

механизм вертикальной нагрузки на образец.

3.1.3. Конструкция компрессионно-фильтрационного прибора должна обеспечивать:

герметичность всех стыков прибора;

отсутствие заземленных пузырьков воздуха;

создание заданного градиента напора (до 100);

подачу воды к образцу грунта снизу вверх или сверху вниз и отвод ее;

центрированную передачу нагрузки на образец грунта;

передачу на образец грунта давления ступенями;

постоянство давления на каждой ступени;

неподвижность кольца с грунтом при испытаниях;

измерение вертикальных деформаций грунта с точностью 0,01 мм;

нагрузку на образец, создаваемую фильтром, измерительным оборудованием и неуравновешенными деталями не более 0,0025 МПа.

3.1.4. Части прибора, соприкасающиеся с водой, должны быть изготовлены из некоррозирующего материала.

3.1.5. Компрессионно-фильтрационные приборы необходимо тарировать не реже одного раза в год.

Индикаторы должны подвергаться поверкам в соответствии с технической документацией.

## 3.2. Подготовка к испытанию

3.2.1. Воду и грунт, предназначенные для определения коэффициента фильтрации, выдерживают в лаборатории до выравнивания их температуры с температурой воздуха.

3.2.2. Приготавливают образец грунта (п. 2.2.2), предварительно смазав внутреннюю поверхность кольца техническим вазелином.

Из остатков срезанного грунта отбирают пробы для определения влажности по ГОСТ 5180.

При заполнении кольца грунтом необходимо учитывать, в каком направлении относительно природного напластования определяют коэффициент фильтрации.

На нижнюю и верхнюю поверхность грунта накладывают фильтровальную бумагу, смоченную водой и вырезанную по внутреннему диаметру кольца.

3.2.3. Заполняют поддон прибора водой до верхней поверхности металлического фильтра через пьезометр и ставят на фильтр кольцо с грунтом.

Металлический фильтр ставят на образец грунта и опускают винт арретира так, чтобы при насыщении водой образец не набухал.

В случае испытания грунта под нагрузкой закрепляют индикатор.

3.2.4. Образец грунта насыщают водой снизу вверх через пьезометр. Водонасыщение следует производить не менее 2 сут для супесей, не менее 5 сут для суглинков; продолжительность водонасыщения глин устанавливают заданием.

При степени влажности грунта более 0,98 водонасыщение можно не производить.

3.2.5. Заливают образец грунта водой (до краев насадки или верха крышки) и передают на образец заданное давление ступенями.

Значения ступеней давления и время их выдерживания назначают в соответствии с ГОСТ 12248.

Если заданное давление равно  $p_{str}$  (соответствующее структурной прочности), то образец нагружают ступенями давления по 0,0025 МПа до начала сжатия по ГОСТ 12248.

### **3.2.6. Подготовка образцов глинистого грунта нарушенного сложения**

3.2.6.1. Для подготовки образцов глинистых грунтов с заданными значениями плотности необходимо размять грунт пестиком с резиновым наконечником до исчезновения комков крупнее 2 мм и определить влажность грунта по ГОСТ 5180.

3.2.6.2. Массу грунта, которая в объеме кольца должна обеспечить заданное значение плотности, рассчитывают по формуле (1).

Если задано значение плотности сухого грунта ( $\rho_d$ ), г/см<sup>3</sup> то массу грунта в объеме кольца рассчитывают по формуле

$$m = \rho_d(1 + w)V. \quad (3)$$

3.2.6.3. Заполняют кольцо приготовленным грунтом необходимой массы.

Если вручную не удастся уложить весь грунт, то применяют пресс.

3.2.6.4. Накрывают торцы образца грунта кружками влажной фильтровальной бумаги и выполняют последовательно операции п.п. 3.2.3 - 3.2.5.

### **3.3. Проведение испытания**

3.3.1. Наливают воду в пьезометр и устанавливают начальный напор, соответствующий заданному градиенту напора.

Начальный напор равен высоте столба воды от постоянного ее уровня над образцом грунта до уровня в пьезометре.

В приборах, имеющих два пьезометра, соединенных с крышкой и поддоном, начальный напор равен разности уровней в пьезометрах. При исследовании фильтрации в нисходящем потоке пьезометр, присоединенный к верхней части прибора, должен быть заполнен поддон до верхней отметки, а пьезометр, присоединенный к нижней части, - до нижней отметки и наоборот.

3.3.2. Открывают кран (краны), соединяющий (соединяющие) пьезометр (пьезометры) с прибором, и отмечают время начала фильтрации воды.

3.3.3. Замеряют числа делений, на которые опустился (поднялся) уровень воды в пьезометре, через одинаковые промежутки времени и температуру воды с точностью до 0,5 °С.

Отсчеты по пьезометру производят в зависимости от скорости фильтрации. Промежутки времени отсчетов могут быть 5, 10, 15, 30 мин 1 ч, при медленной фильтрации - два раза, в начале и в конце рабочего дня. Производят не менее шести отсчетов.

Если уровень воды в пьезометре понижается на одно деление за время, превышающее 40 с, то следует заменить пьезометры на более тонкие трубки.

3.3.4. После испытания определяют влажность и плотность грунта по ГОСТ 5180.

#### 3.4 Обработка результатов

3.4.1. Коэффициент фильтрации грунта ( $K_{10}$ ), м/сут, приведенный к условиям фильтрации при температуре 10 °С, вычисляют по формуле

$$K_{10} = \left[ \varphi \left( \frac{S}{H_0} \right) / t \right] \frac{A_n h}{A_k T} 864, \quad (4)$$

где  $S$  - наблюдаемое падение уровня воды в пьезометре, отсчитанное от первоначального уровня, см;

$H_0$  - начальный напор, см;

$\varphi \left( \frac{S}{H_0} \right)$  - безразмерный коэффициент, определяемый по приложению 4;

$t$  - время падения уровня воды, с;

$A_n$  - площадь сечения пьезометра, см<sup>2</sup>;

$A_k$  - площадь кольца, см<sup>2</sup>;

$h$  - высота образца грунта, равная высоте кольца, см;

$T = (0,7 + 0,03 T_\phi)$  - поправка для приведения значения коэффициента фильтрации к условиям фильтрации воды при температуре 10 °С, где  $T_\phi$  - фактическая температура воды при опыте, °С;

864 - переводной коэффициент (из см/с в м/сут).

3.4.2. Коэффициент фильтрации вычисляют для каждого отсчета по пьезометру.

За коэффициент фильтрации образца грунта принимают среднее арифметическое отдельных вычисленных значений.

Коэффициент фильтрации выражают с точностью до второй значащей цифры.

3.4.3. Для расчетов коэффициента фильтрации составляют вспомогательные таблицы, разделив формулу (4) на два множителя:

$$B = \varphi \left( \frac{S}{H_0} \right) / t \quad \text{и} \quad M = \frac{A_* h}{A_* T} 864. \quad (5)$$

Рекомендуется составить таблицы значений множителя  $B$  в зависимости от значения падения уровня воды в пьезометре и значений множителя  $M$  в зависимости от температуры воды при опыте.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Справочная терминология

**Градиент напора** - отношение разности напора воды к длине пути фильтрации.

**Масса грунта** - свойство тела или вещества, характеризующее их инерционность и способность создавать гравитационное поле (скалярная величина).

**Плотность грунта** - масса единицы объема грунта.

**Плотность сухого грунта** - отношение массы сухого грунта (исключая массу воды в его порах) к его первоначальному объему.

**Плотность частиц грунта** - масса единицы объема грунта без пор или масса единицы объема твердых частиц грунта.

**Коэффициент пористости** - отношение объема пор к объему твердых частиц грунта.

**Гранулометрический состав грунта** - содержание по массе групп частиц (фракций) грунта различной крупности по отношению к общей массе абсолютно-сухого грунта.

**Воздушно-сухое состояние грунта** - состояние грунта, высушенного на воздухе.

**Предельно рыхлое состояние грунта** - состояние грунта при минимальной плотности.

**Предельно плотное состояние грунта** - состояние грунта при максимальной плотности.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Организация (лаборатория) \_\_\_\_\_

**ЖУРНАЛ №**

**лабораторного определения коэффициента фильтрации песчаных грунтов**

Местоположение площадки \_\_\_\_\_ Глубина и дата отбора монолита грунта \_\_\_\_\_  
 Наименование прибора и краткие сведения о нем \_\_\_\_\_  
 Площадь поперечного сечения цилиндра  $A$  \_\_\_\_\_  $\text{см}^2$ . Объем цилиндра \_\_\_\_\_  $\text{см}^3$

Дата проведения испытаний	Лабораторный номер образца грунта	Тип грунта	Сложение грунта	Влажность грунта, доли единицы	Масса, г			Плотность, $\text{г}/\text{см}^3$			Коэффициент пористости грунта
					цилиндра с грунтом	цилиндра	грунта	частиц грунта $\rho_s$	грунта $\rho$	сухого грунта $\rho_d$	

*Продолжение*

Время фильтрации		Объем профильтровавшейся воды $V_w$ , $\text{см}^3$	Температура воды $T_w$ , $^{\circ}\text{C}$	Градиент напора $J$	Коэффициент фильтрации $K_{10}$ , м/сут	Примечание
отдельные замеры	среднее					

Руководитель лаборатории \_\_\_\_\_  
*подпись, инициалы, фамилия*

Исполнитель \_\_\_\_\_  
*должность, подпись, инициалы, фамилия*

**ПРИЛОЖЕНИЕ 3**

Организация (лаборатория) \_\_\_\_\_

**ЖУРНАЛ №**

**лабораторного определения коэффициента фильтрации глинистых грунтов**

Местоположение площадки \_\_\_\_\_ Глубина и дата отбора монолита грунта \_\_\_\_\_  
 Наименование прибора и краткие сведения о нем \_\_\_\_\_  
 Площадь поперечного сечения кольца  $A_k$  \_\_\_\_\_  $\text{см}^2$ , высота кольца \_\_\_\_\_ см.  
 Площадь поперечного сечения пьезометра  $A_p$  \_\_\_\_\_  $\text{см}^2$

Лабораторный номер образца	Тип грунта	Сложение грунта	Влажность, доли единицы		Масса, г				Плотность, $\text{г}/\text{см}^3$						
			до испытания	после испытания	кольца с грунтом		грунта		частиц грунта $\rho_s$	грунта $\rho$			сухого грунта $\rho_d$		
					до испытания	после испытания	до испытания	после испытания		до испытания	после испытания	после испытания	до испытания	после испытания	после испытания

*Продолжение*

Начальный напор $H_0$ , см	Градиент напора $J$	Время начала фильтрации и отдельных замеров	Падение уровня воды в пьезометре $S$ , см	Температура воды $T_w$ , $^{\circ}\text{C}$	Коэффициент фильтрации $K_{10}$ , м/сут	Среднее значение $K_{10}$ , м/сут	Примечание
----------------------------	---------------------	---	---	---	---	-----------------------------------	------------

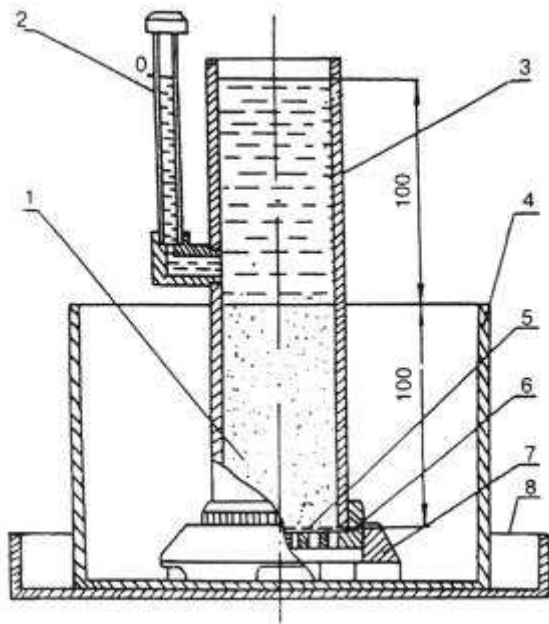
Руководитель лаборатории \_\_\_\_\_  
*подпись, инициалы, фамилия*

Исполнитель \_\_\_\_\_  
*должность, подпись, инициалы, фамилия*

**ПРИЛОЖЕНИЕ 4**

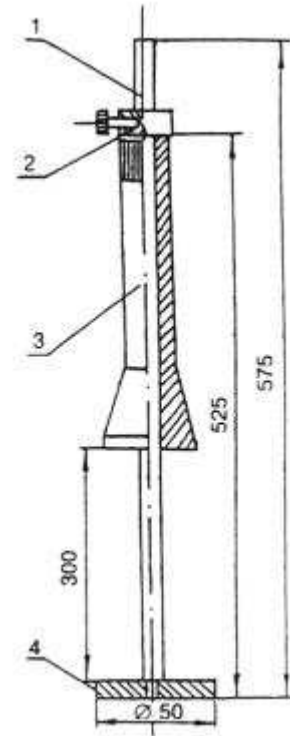
Значения  $\frac{S}{H_0}$  и  $\Phi\left(\frac{S}{H_0}\right)$

$\frac{S}{H_0}$	$\varphi\left(\frac{S}{H_0}\right)$	$\frac{S}{H_0}$	$\varphi\left(\frac{S}{H_0}\right)$	$\frac{S}{H_0}$	$\varphi\left(\frac{S}{H_0}\right)$
0,01	0,010	0,34	0,416	0,67	1,109
0,02	0,020	0,35	0,431	0,68	1,139
0,03	0,030	0,36	0,446	0,69	1,172
0,04	0,040	0,37	0,462	0,70	1,204
0,05	0,051	0,38	0,478	0,71	1,238
0,06	0,062	0,39	0,494	0,72	1,273
0,07	0,073	0,40	0,510	0,73	1,309
0,08	0,083	0,41	0,527	0,74	1,347
0,09	0,094	0,42	0,545	0,75	1,386
0,10	0,105	0,43	0,562	0,76	1,427
0,11	0,117	0,44	0,580	0,77	1,470
0,12	0,128	0,45	0,598	0,78	1,514
0,13	0,139	0,46	0,616	0,79	1,561
0,14	0,151	0,47	0,635	0,80	1,609
0,15	0,163	0,48	0,654	0,81	1,661
0,16	0,174	0,49	0,673	0,82	1,715
0,17	0,186	0,50	0,693	0,83	1,771
0,18	0,196	0,51	0,713	0,84	1,833
0,19	0,210	0,52	0,734	0,85	1,897
0,20	0,223	0,53	0,755	0,86	1,966
0,21	0,236	0,54	0,777	0,87	2,040
0,22	0,248	0,55	0,799	0,88	2,120
0,23	0,261	0,56	0,821	0,89	2,207
0,24	0,274	0,57	0,844	0,90	2,303
0,25	0,288	0,58	0,868	0,91	2,408
0,26	0,301	0,59	0,892	0,92	2,526
0,27	0,315	0,60	0,916	0,93	2,659
0,28	0,329	0,61	0,941	0,94	2,813
0,29	0,346	0,62	0,967	0,95	2,996
0,30	0,357	0,63	0,994	0,96	3,219
0,31	0,371	0,64	1,022	0,97	3,507
0,32	0,385	0,65	1,050	0,98	3,912
0,33	0,400	0,66	1,079	0,99	4,605



1 - образец грунта; 2 - пьезометр; 3 - трубка; 4 - стакан; 5 - латунная сетка; 6 - перфорированное съемное дно; 7 - подставка; 8 - поддон

Рисунок 1 - Прибор для определения коэффициента фильтрации песчаных грунтов



1 - направляющая; 2 - фиксатор; 3 - падающий груз; 4-наковальня

Рисунок 2 - Трамбовка

### **Лабораторная работа №14.**

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВЫВЕТРЕЛОСТИ**

Настоящая методика распространяется на крупнообломочные элювиальные грунты и устанавливает метод лабораторного определения коэффициента выветрелости.

##### 1. Общие положения

1.1. Коэффициент выветрелости следует определять по формуле

, (1)

где - отношение массы частиц размером менее 2 мм к массе частиц размером более 2 мм после испытания на истирание;

- то же, до испытания на истирание.

1.2. определяют для крупнообломочного элювия магматических и метаморфических грунтов, содержащих не менее 10% по массе заполнителя частиц размером менее 2 мм.

Для крупнообломочного элювия осадочных грунтов содержание заполнителя не регламентируется.

1.3. Разделение образца грунта на фракции и определение массы частиц размером менее и более 2 мм проводят по ГОСТ 12536-79.

1.4. Взвешивания производят с точностью  $\pm 1$  г.

1.5. Результаты вычисления должны иметь погрешность не более 0,01.

## 2. Аппаратура

Полочный барабан со скоростью вращения 50 - 70 об/мин.

Сито с сеткой N 2 по ГОСТ 3584-73 с поддоном.

Весы лабораторные с пределом взвешивания 5 кг по ГОСТ 19491-74.

## 3. Подготовка к испытаниям

3.1. Отбирают среднюю пробу массой 2 - 2,5 кг, избегая "круглых" значений 2 или 2,5 кг.

3.2. Проводят просеиванием грунта через сито N 2 разделение на мелкозем и обломки.

3.3. Устанавливают массу мелкозема и обломков .

## 4. Проведение испытаний

4.1. Образец загружают в полочный барабан.

4.2. Испытания проводят циклами вращения барабана по 2 мин, устанавливая каждый раз просеиванием массу мелкозема и обломков .

4.3. Испытания проводят до тех пор, пока выход мелкозема после очередного цикла по массе станет равным 1% или менее от начальной массы пробы. Установленные для этого момента значения и используют для определения максимальной степени разрушения обломков и расчета .

4.4. В случае увеличения выхода мелкозема за первые 2 цикла менее 10% от обломки следует относить к прочным, грунт оценивать как невыветрелый и испытание прекратить.

4.5. В случае увеличения выхода мелкозема в пределах 10 - 25% от за природную степень разрушения принимают отношение к после четырехминутного испытания в барабане.

4.6. В случае увеличения выхода мелкозема более 25% за принимают значение, установленное до начала испытания.

4.7. Полученные значения масс мелкозема и обломков, соответствующие различным циклам, заносят в журнал.

## 5. Обработка результатов



5.1. вычисляют по формуле (1).

5.2. Наименование крупнообломочных грунтов по степени выветрелости в зависимости от приведено в табл. 1.

Таблица 1

Наименование крупнообломочных грунтов по степени выветрелости

-----Т-----	-----
! Наименование грунтов !	! Коэффициент выветрелости !
+-----+	+-----+
!Невыветрелые !	! 0 - 0,5 !
!Слабовыветрелые !	! 0,5 - 0,75 !
!Сильновыветрелые !	! 0,75 - 1 !
L-----+	-----

### ***Лабораторная работа №15.***

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОСАДОЧНОСТИ ГРУНТА**

Настоящий стандарт распространяется на глинистые просадочные грунты и устанавливает метод лабораторного определения характеристик просадочности при замачивании грунта водой (относительной просадочности и начального просадочного давления).

#### **1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

1.1. Характеристики просадочности следует определять по относительной деформации, полученной по результатам испытаний образцов грунта ненарушенного сложения в компрессионных приборах.

Испытания надлежит проводить на образцах грунта с замачиванием их водой при давлении, последовательно увеличиваемом ступенями.

1.2. Испытания просадочных грунтов в компрессионных приборах следует выполнять по схемам:

«одной кривой» - для определения относительной просадочности при одной заданной величине давления;

«двух кривых» - для определения относительной просадочности при различных давлениях и начального просадочного давления.

1.3. Образцы грунтов (монолиты) для испытаний следует отбирать из открытых выработок - шурфов, котлованов, расчисток и т.д.

Отбор образцов из скважин допускается производить при помощи грунтоносов, обеспечивающих сохранение природного сложения и влажности грунта.

Отбор образцов грунтов надлежит производить по [ГОСТ 12071-84](#).

1.4. Термины и определения приведены в приложении [1](#).

## 2. АППАРАТУРА

2.1. Для испытаний просадочных грунтов надлежит применять компрессионные приборы, состоящие из следующих основных узлов и деталей:

рабочего кольца с внутренним диаметром 70 - 90 мм и высотой от 20 до 30 мм;

цилиндрической обоймы;

перфорированного штампа;

поддона с емкостью для воды и перфорированной крышкой;

двух индикаторов с ценой деления шкалы 0,01 мм для измерений вертикальных деформаций образца грунта;

механизма вертикальной нагрузки образца грунта.

2.2. Конструкция компрессионного прибора должна обеспечивать:

подачу воды к образцу снизу и отвод ее;

центрированную передачу нагрузки на штамп (образец грунта);

возможность нагрузки на штамп ступенями давления от 0,1 до 0,5 кгс/см<sup>2</sup>;

постоянство каждой ступени давления;

неподвижность рабочего кольца при испытаниях;

измерение вертикальных деформаций образцов грунта с точностью 0,01 мм.

## 3. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЯМ

3.1. 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 давления 0,5 кгс/см<sup>2</sup>, выдерживая их по 2 мин, до максимального давления на вкладыш 8,0 кгс/см<sup>2</sup>, измеряя по индикаторам упругие деформации прибора.

По результатам тарировки следует составить таблицу величин упругих деформаций прибора при различных давлениях ( $r$ ).

3.2. Образцы грунта для испытаний следует отбирать из монолита рабочим кольцом компрессионного прибора методом режущего кольца по [ГОСТ 5180-84](#) с учетом выполнения следующего требования: подготовленные образцы грунта при испытании должны иметь по отношению к направлению нагрузки ориентировку, соответствующую залеганию грунта в массиве.

Подготовленный образец грунта в рабочем кольце следует сразу же взвесить с точностью 0,01 гс и поместить в компрессионный прибор.

3.3. Для испытываемых образцов грунта необходимо определить физические характеристики: влажность, плотность, плотность скелета, влажность на границах раскатывания и

текучести - по [ГОСТ 5180-84](#), а также вычислить коэффициент пористости, степень влажности и число пластичности.

3.4. Рабочее кольцо с образцом грунта следует поместить на крышку поддона компрессионного прибора острым краем вверх (предварительно торцы образца покрыть бумажным фильтром) и затем произвести сборку компрессионного прибора: завинтить соединительную муфту и установить штамп. К собранному прибору необходимо присоединить механизм нагрузки, далее следует укрепить индикаторы и записать их начальные показания в рабочем журнале (приложение 2).

#### 4. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

4.1. При испытаниях по схеме «одной кривой» нагрузку штампа на образец грунта с природной влажностью следует производить ступенями до заданного давления  $P_3$ . Величину  $P_3$  следует принимать равной (с погрешностью  $\pm 10\%$ ) суммарному давлению от собственной массы грунта в водонасыщенном состоянии и от проектируемого фундамента или только от массы грунта (в зависимости от вида просадочных деформаций, для расчета которых определяются характеристики просадочности) на глубине отбора образца.

После условной стабилизации осадки образца грунта на последней ступени давления, соответствующей  $P_3$ , образец грунта необходимо замочить водой, продолжая замачивание до условной стабилизации просадки.

4.2. Испытания по схеме «двух кривых» надлежит проводить на двух образцах грунта, отобранных из одного монолита. Один образец следует испытывать в соответствии с п. [4.1](#), второй образец необходимо до его нагрузки замочить (без применения арретира) до полного водонасыщения, начиная замачивание не менее чем за 3 ч до передачи первой ступени давления при испытаниях просадочных супесей и 6 ч - при испытаниях просадочных суглинков и глин. Затем следует производить нагрузку штампа на образец ступенями до заданного давления  $P_3$ , продолжая замачивание.

Величину  $P_3$  в испытаниях по схеме «двух кривых» следует принимать в интервале 2,0 - 4,0 кгс/см<sup>2</sup> с учетом предполагаемого суммарного давления в основании проектируемых фундаментов.

Образцы грунта, испытываемые по схеме «двух кривых», не должны отличаться по плотности скелета более чем на 0,03 гс/см<sup>3</sup> и по влажности - на 2 % (0,02 долей единицы).

4.3. Ступени давления в испытаниях по пп. [4.1](#) и [4.2](#) следует принимать равными 0,5 кгс/см<sup>2</sup>.

В отдельных случаях, при испытаниях по схеме «одной кривой» и  $P_3 < 1,5$  кгс/см<sup>2</sup>, ступени давления должны составлять 0,25 кгс/см<sup>2</sup>.

Каждую ступень давления необходимо выдерживать до условной стабилизации осадки образца грунта. За условную стабилизацию осадки и просадки надлежит принимать приращение деформации образца, не превышающее 0,01 мм за 3 ч.

4.4. После приложения каждой ступени давления или после замачивания образца грунта следует производить отсчеты по индикаторам, регистрирующим деформации образца: через 5, 10 и 30 мин от начала испытаний, затем через каждый час до конца рабочего дня, а в последующие дни через каждые 3 ч до условной стабилизации деформаций.

4.5. Замачивание образцов грунта водой следует производить снизу вверх в последовательности, определяемой схемой испытаний (пп. 4.1 и 4.2) при неизменном градиенте напора, равном 1 - 1,1. Воду необходимо залить в поддон компрессионного прибора через отводную трубку с воронкой и затем поддерживать уровень воды в воронке по верхнему торцу образца грунта до окончания испытаний.

Для замачивания образцов грунта надлежит использовать воду питьевого качества температурой 10 - 25 °С.

4.6. После окончания испытаний необходимо слить воду из прибора, быстро разгрузить образец грунта, извлечь рабочее кольцо с образцом, удалить капли воды с его поверхности при помощи фильтровальной бумаги, взвесить рабочее кольцо с образцом для определения плотности скелета грунта после испытаний и отобрать две пробы для испытания на влажность.

## 5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

5.1. По результатам испытаний просадочного грунта в компрессионном приборе следует определять с соответствующими записями в журнале испытаний (приложение 2):

а) величины абсолютного сжатия (осадки) образца грунта  $\Delta h_i$  в мм с точностью 0,01, вычисленные как средние арифметические значения показаний индикаторов;

б) величины относительного сжатия образцов грунта  $\delta_i$  с точностью 0,001 при соответствующих значениях давления  $P_i$  и условно стабилизированных деформациях по формуле

$$\delta_i = \frac{\Delta h_i - r}{h_0}, \quad (1)$$

где  $r$  - поправка на упругую деформацию прибора при давлении  $P_i$ , определяемая по результатам тарировки (п. 3.1), мм;

$h_0$  - высота образца грунта с природной влажностью при природном давлении (на глубине отбора образца), равная

$$h_0 = h_n - \Delta h_e \quad (2)$$

где  $h_n$  - начальная высота образца грунта (высота рабочего кольца), мм;

$\Delta h_s$  - абсолютное сжатие образца грунта с природной влажностью при природном давлении, мм.

5.2. По величинам относительного сжатия образцов  $\delta$  следует строить график зависимости  $\delta = f(P)$  с отображением просадочных деформаций (приложение 3).

В случаях набухания образца грунта, замачиваемого до нагрузки (при испытаниях по схеме «двух кривых»), необходимо определять свободное относительное набухание  $\delta$ , как отношение увеличения высоты образца к его начальной высоте; точку, соответствующую  $\delta$ , следует включать в график  $\delta = f(P)$ , откладывая ее на оси ординат вверх от оси абсцисс.

5.3. Относительную просадочность грунта  $\delta_{\text{пр}}$  при заданном давлении  $P_3$  по испытаниям по схеме «одной кривой» следует определять как дополнительное относительное сжатие образца грунта в результате замачивания (пп. 5.1, 5.2, приложение 3) по формуле

$$\delta_{\text{пр}} = \frac{\Delta h_{\text{пр}}}{h_0} = \frac{h' - h_{\text{пр}}}{h_0} \quad (3)$$

где  $\Delta h_{\text{пр}}$  - дополнительное сжатие (просадка) грунта в результате замачивания;

$h'$  - высота образца грунта с природной влажностью при заданном давлении;

$h_{\text{пр}}$  - высота образца грунта после дополнительного сжатия (просадки) в результате замачивания.

Величины относительной просадочности  $\delta_{\text{пр}}$  для различных давлений при испытаниях по схеме «двух кривых» надлежит определять как разность значений относительного сжатия образцов в водонасыщенном состоянии  $\delta_{\text{в}}$  и природной влажности  $\delta_{\text{н}}$  или разности ординат соответствующих кривых графика  $\delta = f(P)$ . По значениям  $\delta_{\text{пр}}$  следует строить график зависимости относительной просадочности от давления  $\delta_{\text{пр}} = f(P)$  (приложение 3).

5.4. Начальное просадочное давление  $P_{\text{пр}}$  следует определять по графику зависимости относительной просадочности от давления  $\delta_{\text{пр}} = f(P)$ , принимая за величину  $P_{\text{пр}}$  то давление, при котором относительная просадочность составляет 0,01 (приложение 3).

5.5. Результаты определения относительной просадочности необходимо выражать с точностью 0,001, начального просадочного давления - с точностью 0,1 кгс/см<sup>2</sup> и регистрировать в журнале испытаний с указанием наименования вида грунта и значений его физических характеристик (п. 3.3).

**ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

Термин	Определение
Давление начальное просадочное	Минимальное давление, при котором проявляются просадочные свойства грунта при его полном водонасыщении
Просадочность относительная	Отношение дополнительного уменьшения высоты образца грунта в результате его замачивания при определенном вертикальном давлении к высоте образца с природной влажностью при природном давлении на глубине отбора образца
Сжатие грунта абсолютное	Уменьшение первоначальной высоты образца в результате уплотнения при определенном вертикальном давлении
Сжатие образца грунта относительное	Отношение абсолютного сжатия к высоте образца с природной влажностью при природном давлении на глубине отбора образца
Стабилизация осадки образца грунта условная	Приращение величины осадки образца во времени, характеризующее практическое затухание деформации
Стабилизация просадки образца грунта условная	Приращение величины осадки образца грунта во времени, характеризующее практическое затухание дополнительной деформации от замачивания (просадки)
Степень давления	Величина приращения давления при передаче нагрузки через штамп на образец грунта

**ЖУРНАЛ ИСПЫТАНИЙ ПРОСАДОЧНОГО ГРУНТА В КОМПРЕССИОННОМ ПРИБОРЕ**

Наименование организации \_\_\_\_\_ Пункт \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ Объект \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ Сооружение \_\_\_\_\_

Шурф (скважина) № \_\_\_\_\_ Глубина и дата отбора образца \_\_\_\_\_

Наименование грунта \_\_\_\_\_

Лабораторный номер испытания \_\_\_\_\_ Краткие сведения о компрессионном приборе (номер, тип, механизм передачи нагрузки) \_\_\_\_\_

Условия проведения испытаний (схема и пр.) \_\_\_\_\_

Данные о рабочем кольце:

масса  $m_k$  \_\_\_\_\_; высота  $h_k$  \_\_\_\_\_; внутренний диаметр  $d_k$  \_\_\_\_\_; объем  $V_k$  \_\_\_\_\_; передаточное число системы рычагов компрессионного прибора \_\_\_\_\_

Дата испытаний:

начало \_\_\_\_\_ окончание \_\_\_\_\_

### Определение физических характеристик грунта

$r$	$r_{ск}$	$r_s$	$W$	$W_p$	$W_L$	$J_L$	$G$

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Лабораторный номер испытания	Дата	Время	Вес грунта на подвеске рычага, кгс	Давление на образец, кгс/см <sup>2</sup>	Поправка на деформацию прибора, мм	Показания индикаторов			Деформация образца, мм	Относительное сжатие (набухание) образца	Сведения о замачивании образца	Примечания
						...	...	средние				

Исполнитель \_\_\_\_\_

(фамилия, имя, отчество, личная подпись)

Журнал проверил « \_\_\_ » \_\_\_\_\_

(должность, фамилия, имя, отчество, личная подпись)

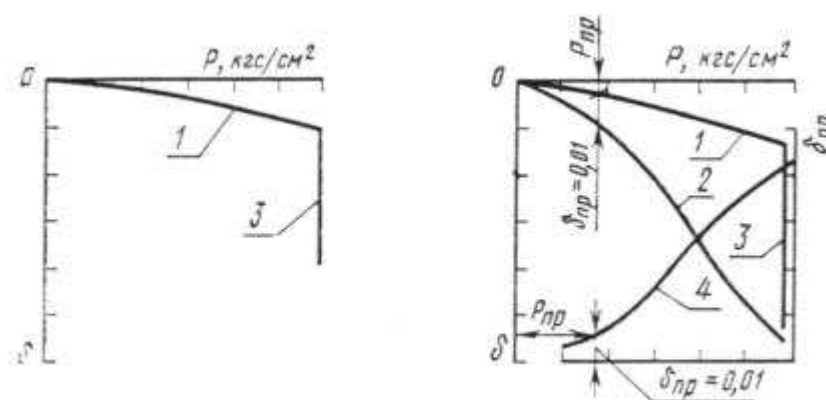
**ГРАФИКИ ИСПЫТАНИЯ ПРОСАДОЧНОГО ГРУНТА В КОМПРЕССИОННОМ ПРИБОРЕ**

Масштаб графиков принимают:

для давления  $P$  (по горизонтали):  $1,0 \text{ кгс/см}^2 - 20 \text{ мм}$ ;

для относительного сжатия  $\delta$  (по вертикали):  $0,01 - 10 \text{ мм}$ .

**По схеме «одной кривой» По схеме «двух кривых»**



1, 2 - относительное сжатие  $\delta$  грунта с природной влажностью и в водонасыщенном состоянии в зависимости от давления; 3 - дополнительное относительное сжатие грунта в результате замачивания (относительная просадочность) при заданном давлении; 4 - зави-

симость относительной просадочности  $\delta_{пр}$  от давления;  $P_{пр}$  - начальное просадочное

**СЛОВАРЬ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ**

Наука гидрогеология

Общая гидрогеология

Прикладная гидрогеология

Геосферы – коллекторы воды (атмо-, био-, гидро-, литосферы)

Атмосферный воздух

Влажность воздуха

Точка росы

Атмосферные осадки на поверхности земли: роса, иней, изморозь

Атмосферные осадки выпадающие: дождь, снег, морось, град, крупа

Атмосферные осадки по физическому состоянию: жидкие, твердые

Атмосферные осадки по интенсивности выпадения: обложные, морозящие, ливневые

Испарение, испаряемость

Транспирация

Поверхностный сток

Поверхностные воды

Подземный сток

Подземные воды (ПВ)

Круговорот воды (большой, малый, внутренний)

Водный баланс

Пористость



Коэффициент пористости  
Естественная влажность грунтов  
Влагоемкость  
Недостаток насыщения  
Водоотдача  
Водопроницаемость  
Капиллярность  
Парообразная вода (водяной пар)  
Связанная вода (прочносвязанная, рыхлосвязанная)  
Капиллярная вода  
Свободная (гравитационная) вода  
Вода в твердом состоянии  
Конституционная вода  
Кристаллизационная вода  
Геотермический градиент  
Геотермическая ступень  
Зона аэрации  
Зона насыщения  
Водоносные породы  
Водоупоры  
Водоносный горизонт  
Водоносный комплекс  
Гидрогеологический этаж  
Верховодка  
Грунтовые воды  
Артезианские воды  
Карстовые воды  
Трещинные воды  
Жильные воды  
Трещинно-жильные воды  
Воды деятельного слоя  
Надмерзлотные воды  
Межмерзлотные воды  
Подмерзлотные воды  
Фумаролы  
Гейзеры  
Инфильтрационные воды  
Конденсационные воды  
Седиментационные воды  
Инфильтрация  
Фильтрация (коэффициент фильтрации)  
Ламинарное движение  
Турбулентное движение  
Установившееся движение ПВ  
Неустановившееся движение ПВ  
Режим и баланс подземных вод  
Динамика подземных вод (гидродинамика)  
Гидроизогипсы  
Статический, динамический уровень  
Напорные, безнапорные воды  
Физические свойства ПВ (прозрачность, цвет, запах, вкус-привкус)  
Гидрогеохимия  
Химические показатели качества ПВ  
Микробиологические показатели

Радиологические показатели  
Водородный показатель  
Минерализация воды (сухой остаток)  
Макрокомпоненты  
Микрокомпоненты  
Мг/л, мг-экв/л, % мг-экв/л  
Бактериологический анализ  
Формула Курлова  
Месторождение подземных вод  
Ресурсы, запасы ПВ  
Пресные ПВ  
Экологически чистые ПВ  
Минеральные лечебные воды  
Промышленные ПВ  
Термальные ПВ  
Инженерная геология  
Грунтоведение  
Механика грунтов  
Инженерная геодинамика  
Скальный грунт  
Полускальный грунт  
Крупнообломочный  
Нескальный грунт  
Пластичность грунта  
Консистенция грунта  
Набухание грунта  
Усадка грунта  
Просадочность грунта  
Плывунность грунта  
Несущая способность грунта  
Модуль деформации  
Предельное сопротивление сдвигу  
Угол внутреннего трения  
Сцепление  
Устойчивость откосов  
Гравитационные процессы  
Суффозия  
Выщелачивание  
Подтопление  
Осушение МПИ – глубокий дренаж  
Горизонтальный дренаж неглубокого заложения  
Подземный способ осушения  
Комбинированный способ осушения  
Мониторинг МПИ

## **ЛИТЕРАТУРА**

### **а) Основная литература**

1. Бондарик Г.К. Инженерная геодинамика: учеб.: рек. Мин. Обр.РФ/ Г.К.Бондарик, В.В.Пендин, Л.А.Ярг.- М.:Книжный дом Университет, 2007. – 440 с.
2. Бондарик Г.К. и др. Инженерная геодинамика: Учебник для студентов вузов. Гриф УМО. 3-е изд. М.: КДУ, 2011\*., - 424 с.
3. Шестаков В.М. Гидрогеодинамика: Учебное пособие для вузов. Гриф УМО. М.: КДУ, 2009.\*

#### б) дополнительная литература

1. Пендин В.В. Комплексный количественный анализ информации в инженерной геологии: Учебное пособие. Гриф УМО. М.: КДУ, 2009.
2. Пендин В.В. Комплексный количественный анализ информации в инженерной геологии: Учебное пособие. Гриф УМО. М.: КДУ, 2010\*.
3. Трофимов В.Т. Инженерная геология России. Грунты России. М.: КДУ, 2011.\*
4. Шестаков В. М. Методика оценки ресурсов подземных вод на участках береговых водозаборов: 2008. Монография. М.: КДУ, 2009.\*
5. Пашкин Е.М. ( под ред.). Терминологический словарь-справочник по инженерной геологии. М.: КДУ, 2011.\*
6. Ананьев В.П. Специальная инженерная геология: учебн.: рек. УМО/ В.П.Ананьев, А.Д.Потапов,Н.А. Филькин. – М.: Высш шк., 2008. – 264 с.

#### в) программное обеспечение и интернет-ресурсы

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1.	<a href="http://www.iqlib.ru">http://www.iqlib.ru</a>	Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам иотрослям знания.
2.	Электронная библиотечная система «Университетская библиотека -online» <a href="http://www.biblioclub.ru">www.biblioclub.ru</a>	ЭБС по тематике охватывает всю область гуманитарных знаний и предназначена для использования в процессе обучения в высшей школе, как студентами преподавателями, так и специалистами гуманитариями.
3.	Гидрогеология, инженерная геология, геоэкология: база знаний. <a href="http://www.hge.pu.ru">http://www.hge.pu.ru</a>	База знаний – универсальный программный продукт для специалистов, интересы которых сопряжены с гидрогеологией, инженерной геологией и геоэкологией. Электронная коллекция книг, включающая более 500 полнотекстовых учебников и монографий по 19 тематическим разделам
4.	<a href="http://gostedu.ru">http://gostedu.ru</a>	ГОСТы, СНИПы, СанПины и др. образовательные ресурсы

#### г) периодические издания

1. Геология и геофизика.
2. Геология рудных месторождений.
3. Геология. Сводный том.
4. Геохимия
5. Известия вузов.
6. Литология и полезные ископаемые.
7. Отечественная геология.
8. Разведка и охрана недр.

#### д) нормативные документы

1. ГОСТ 25100-95 Грунты. Классификация. Определение плотности грунта в рыхлом и плотном состоянии.
2. ГОСТ 5180-84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. Определение плотности частиц скального грунта.
3. ГОСТ 24143-80 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик набухания и усадки.

4. ГОСТ 12536-79 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.
5. ГОСТ 25584-90 Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации.
6. ГОСТ 23161-78 Грунты. Методы определения характеристик просадочности.
7. ГОСТ 12248-96 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.