Министерство образования и науки Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет

Кафедра геотехники

Дисциплина: Механика грунтов

Отчет по лабораторным работам

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ**

**СВОЙСТВ ГРУНТОВ**

Выполнила студентка

группы 1-СУЗС-3

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Кораблёва В.Р.

Принял преподаватель

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Ершов А. В.

Санкт-Петербург

2019

**Лабораторная работа №1**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА**

**ГРУНТА ПОЛЕВЫМ МЕТОДОМ**

**Объект исследования –** грунт нарушенной структуры, высушенный на воздухе при обычной температуре.

**Материалы и оборудование:** градуированные цилиндры объемом 100 мл – 2 шт.; раствор хлористого кальция (CaCl – 5 %); колба с водой; сосуд для слива суспензии; ложка; палочка с резиновым наконечником; секундомер.

**Результаты определения содержания песчаных частиц**

**(размер от 0,05 до 2,0 мм)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Начальный объем грунта, см3 | Объем оставшегося грунта, см3 | Содержание песчаных частиц, % |
| 10 | 4,5 | 45 |

**Результаты определения содержания глинистых частиц**

**(размер менее 0,002 мм)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Начальный объем грунта *V*1, см3 | Объем набухшего грунта *V*2, см3 | Приращение объема  *V*2 – *V*1, см3 | Относительное приращение объема | Содержание глинистых частиц  % |
| 10 | 15 | 5 | 0,5 | 11,35 |

Примечание: *K* – эмпирический коэффициент, равный 22,7.

**Результаты определения гранулометрического состава грунта**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Частицы | Размер частиц, мм | Содержание, % |
| Песчаные | 0,05...2,0 | 45 |
| Пылеватые | 0,002...0,05 | 43,65 |
| Глинистые | Менее 0,002 | 11,35 |

**Вывод:** по гранулометрической классификации В. В. Охотина исследованный грунт является суглинком.

**Лабораторная работа №2**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА**

**МЕТОДОМ РЕЖУЩЕГО КОЛЬЦА (ГОСТ 5180–84)**

**Объект исследования** – образец глинистого грунта ненарушенной структуры.

**Материалы и оборудование:** режущее кольцо с паспортом, салфетка, нож, стекло, правило, весы.

**Результаты определения удельного веса грунта**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Объем кольца  *V*, см3 | Масса кольца  *m*1, г | Масса кольца с грунтом  *m*2, г | Масса грунта  (*m*2 − *m*1), г | Плотность грунта    г/см3 | Удельный вес грунта γ = ρ *g*, кН/м3 |
| 40 | 11,99 | 86,02 | 74,03 | 1,85 | 18,16 |

Примечание: *g* = 9,81 м/с2 – ускорение свободного падения.

**Лабораторная работа №3**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИРОДНОЙ ВЛАЖНОСТИ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА МЕТОДОМ ВЗВЕШИВАНИЯ (ГОСТ 5180–84)**

**Объект исследования** – образец глинистого грунта.

**Материалы и оборудование:** бюкс, нож, весы, шкаф сушильный с термометром.

**Результаты определения природной влажности грунта**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  бюкса | Масса  бюкса  *m*1, г | Масса бюкса с влажным грунтом  *m*2, г | Масса бюкса с сухим грунтом  *m*3, г | Влажность грунта |
| 242 | 21,96 | 43,34 | 39,18 | 0,24 |

**Дополнительные характеристики грунта**

Плотность сухого грунта

Относительное содержание твердых частиц (скелетность)

где ρ*s* = 2,70 г/см3– плотность частиц суглинка[[1]](#footnote-1);

Пористость

Коэффициент пористости грунта

Влажность при полном насыщении пор водой

где ρ*w* – плотность воды, ρ*w* = 1,0 г/см3.

Коэффициент водонасыщения

**Лабораторная работа №4**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРНЫХ ВЛАЖНОСТЕЙ**

**ГЛИНИСТОГО ГРУНТА (ГОСТ 5180–84)**

**Объект исследования** – образец глинистого грунта нарушенной структуры (в виде пасты и сухой в виде порошка).

**Материалы и оборудование:** балансирный конус с металлическим стаканчиком и подставкой; технический вазелин; салфетка; нож; бюкс – 2 шт.; весы; шкаф сушильный с термометром.

**Результаты определения характерных влажностей**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характерная влажность грунта | Номер бюкса | Масса бюкса  *m*1, г | Масса бюкса с влажным грунтом  *m*2, г | Масса бюкса с сухим грунтом  *m*3, г | Влажность грунта |
| *wL* | 202 | 22,42 | 34,88 | 32,09 | 0,288 |
| *wp* | 242 | 21,96 | 32,52 | 30,9 | 0,181 |

Влажность на границе текучести

Влажность на границе раскатывания (пластичности)

Число пластичности

Показатель текучести

**Вывод**: по ГОСТ 25100–2011 исследованный грунт является суглинком мягкопластичным, легкий песчанистым.

**Лабораторная работа №5**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОРИСТОСТИ ПЕСКА**

**В ПРЕДЕЛЬНО РЫХЛОМ И ПРЕДЕЛЬНОМ ПЛОТНОМ СЛОЖЕНИИ**

**Объект исследования** – песок средней крупности.

**Материалы и оборудование:** цилиндр с днищем; ложка; воронка; резиновый молоточек; правило; весы.

**Результаты исследования песка средней крупности**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сложение песка | Масса цилиндра  *m*1, г | Масса цилиндра с грунтом *m*2, г | Масса песка  (*m*2 − *m*1), г | Объем цилиндра  *V*, см3 | Плотность ρ, г/см3 | Коэффициент пористости *e* |
| Предельно рыхлое | 317,15 | 719,09 | 401,94 | 250 | 1,607 | 0,6482 |
| Предельно плотное | 317,15 | 758,2 | 441,05 | 250 | 1,7642 | 0,502 |

Плотность



Так как опыт проводится с песком в воздушно-сухом состоянии, то, пренебрегая его гигроскопичной влажностью (т.е., считая *w*= 0), определяем плотность грунта ρ и приравниваем ее к плотности сухого грунта ρ*d*:

ρ*d* = ρ.

Коэффициент пористости



где ρ*s* = 2,65 г/см3– плотность частиц песка[[2]](#footnote-2); ρ*d* – плотность сухого грунта.

**Лабораторная работа №6**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ**

**ПЕСКА (ГОСТ 25584–90)**

**Объект исследования** – песок средней крупности.

**Материалы и оборудование:** фильтрационный прибор (КФ-1 или трубка СПЕЦГЕО); мерный сосуд Мариотта; цилиндр с днищем, крышкой (муфтой) и латунными сетками), колба с водой, секундомер.

**Результаты исследования водопроницаемости песка  
с коэффициентом пористости *e* = …**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер опыта | Начальный отсчет по шкале мерного сосуда *Q*1, см3 | Конечный отсчет по шкале мерного сосуда *Q*2, см3 | Объем  профильтровавшейся воды  *Q*= *Q*2 − *Q*1, см3 | Продолжительность фильтрации *t*, с | Гидравлический  градиент *I* | Площадь сечения  грунта *A*, см2 | Коэффициент  фильтрации *К*ф, см/с | Средний коэффициент фильтрации *К*ф., см/с |
| 1 | 0 | 90 | 90 | 68 | 1 | 25 | 0,0529 | 0,04842 |
| 2 | 0 | 90 | 90 | 74 | 1 | 25 | 0,0486 |
| 3 | 0 | 90 | 90 | 82 | 1 | 25 | 0,0439 |

Коэффициент фильтрации



где *Q* – объем профильтровавшейся воды, см3; *A* – площадь поперечного сечения образца грунта, см2; *I* – гидравлический градиент*t* – время фильтрации, с.

**Вывод**: для песка средней крупности с коэффициентом пористости *e* = 0,6482 коэффициент фильтрации равен 0,04842 см/с.

**Лабораторная работа №7**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК**

**ГЛИНИСТОГО ГРУНТА (ГОСТ 12248–2010)**

**Объект исследования** – образцы глинистогогрунта ненарушенной структуры (монолиты) в кольцах.

**Материалы и оборудование:** сдвиговые приборы ПСГ-2 – 3 шт. с наборами гирь, секундомер.

**Данные хода опыта по определению предельной сдвигающей нагрузки при нормальном напряжении σ = 100 кПа**

| Номер ступени нагрузки | Величина ступени нагрузки *Qi*, Н | Суммарная нагрузка от начала опыта  *F* = ∑*Qi*, Н | Время от начала опыта *t*, мин | Отсчет по индикатору, мм | Деформация сдвига от начала опыта δ, мм | Приращение деформации сдвига за минуту, мм |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 80 | 80 | 0 | 7,865 | 0 | 0 |
| 1 | 6,34 | 1,525 | 1,525 |
| 2 | 6,21 | 0,13 | 1,655 |
| 3 | 6,15 | 0,06 | 1,715 |
| 4 | 6,125 | 0,025 | 1,74 |
| 5 | 6,10 | 0,025 | 1,765 |
| 6 | 6,09 | 0,01 | 1,775 |
| 2 | 40 | 120 | 7 | 5,25 | 0,84 | 2,615 |
| 8 | 5,18 | 0,07 | 2,685 |
| 9 | 5,145 | 0,035 | 2,72 |
| 10 | 5,11 | 0,035 | 2,755 |
| 11 | 5,095 | 0,015 | 2,77 |
| 12 | 5,065 | 0,03 | 2,8 |
| 13 | 5,045 | 0,02 | 2,82 |
| 14 | 5,035 | 0,01 | 2,83 |
| 3 | 20 | 140 | 15 | 4,9 | 0,135 | 2,965 |
| 16 | 4,855 | 0,045 | 3,01 |
| 17 | 4,83 | 0,025 | 3,035 |
| 18 | 4,81 | 0,02 | 3,055 |
| 19 | 4,795 | 0,015 | 3,07 |
| 20 | 4,78 | 0,015 | 3,085 |
| 4 | 20 | 160 | 21 | 4,51 | 0,27 | 3,355 |
| 22 | 4,44 | 0,07 | 3,425 |
| 23 | 4,10 | 0,34 | 3,765 |
| 24 | 3,99 | 0,11 | 3,875 |
| 5 | 20 | 180 | 25 | - | - | - |

**Данные хода опыта по определению предельной сдвигающей нагрузки при нормальном напряжении σ = 200 кПа**

| Номер ступени нагрузки | Величина ступени нагрузки *Qi*, Н | Суммарная нагрузка от начала опыта  *F* = ∑*Qi*, Н | Время от начала опыта *t*, мин | Отсчет по индикатору, мм | Деформация сдвига от начала опыта δ, мм | Приращение деформации сдвига за минуту, мм |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 160 | 160 | 0 | 7,675 | 0 | 0 |
| 1 | 6,61 | 1,065 | 1,065 |
| 2 | 6,57 | 0,04 | 1,105 |
| 3 | 6,55 | 0,02 | 1,125 |
| 4 | 6,54 | 0,01 | 1,135 |
| 2 | 80 | 240 | 5 | 6,12 | 0,42 | 1,555 |
| 6 | 6,055 | 0,065 | 1,62 |
| 7 | 6,015 | 0,04 | 1,66 |
| 8 | 5,99 | 0,025 | 1,685 |
| 9 | 5,97 | 0,02 | 1,705 |
| 10 | 5,95 | 0,02 | 1,725 |
| 11 | 5,93 | 0,02 | 1,745 |
| 12 | 5,92 | 0,01 | 1,755 |
| 3 | 40 | 280 | 13 | 5,70 | 0,22 | 1,975 |
| 14 | 5,58 | 0,12 | 2,095 |
| 15 | 5,46 | 0,12 | 2,215 |
| 16 | 5,375 | 0,085 | 2,23 |
| 17 | 5,32 | 0,055 | 2,235 |
| 18 | 5,275 | 0,045 | 2,4 |
| 19 | 5,23 | 0,045 | 2,445 |
| 20 | 5,19 | 0,04 | 2,485 |
| 21 | 5,15 | 0,04 | 2,525 |
| 22 | 5,12 | 0,03 | 2,555 |
| 23 | 5,09 | 0,03 | 2,585 |
| 24 | 5,06 | 0,03 | 2,615 |
| 25 | 5,03 | 0,03 | 2,645 |
| 26 | 4,995 | 0,035 | 2,68 |
| 27 | 4,955 | 0,044 | 2,724 |
| 28 | 4,925 | 0,03 | 2,754 |
| 29 | 4,9 | 0,025 | 2,779 |
| 30 | 4,88 | 0,02 | 2,799 |
| 31 | 4,86 | 0,02 | 2,819 |
| 32 | 4,84 | 0,02 | 2,839 |
| 33 | 4,83 | 0,01 | 2,849 |
| 4 | 40 | 320 | 34 | 3,8 | 1,03 | 3,879 |
| 35 | 2,45 | 1,35 | 5,229 |

**Данные хода опыта по определению предельной сдвигающей нагрузки при нормальном напряжении σ = 300 кПа**

| Номер ступени нагрузки | Величина ступени нагрузки  *Qi*, Н | Суммарная нагрузка от начала опыта  *F* = ∑*Qi*, Н | Время от начала опыта *t*, мин | Отсчет по индикатору, мм | Деформация сдвига от начала опыта δ, мм | Приращение деформации сдвига за минуту, мм |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 240 | 240 | 0 | 8,25 | 0 | 0 |
| 1 | 7,58 | 0,67 | 0,67 |
| 2 | 7,52 | 0,06 | 0,73 |
| 3 | 7,50 | 0,02 | 0,75 |
| 4 | 7,47 | 0,03 | 0,78 |
| 5 | 7,45 | 0,02 | 0,8 |
| 6 | 7,435 | 0,015 | 0,815 |
| 7 | 7,425 | 0,01 | 0,825 |
| 8 | 7,42 | 0,005 | 0,83 |
| 2 | 120 | 360 | 9 | 7,395 | 0,025 | 0,855 |
| 10 | 7,385 | 0,01 | 0,865 |
| 11 | 6,345 | 0,04 | 0,905 |
| 12 | 6,31 | 0,035 | 0,94 |
| 13 | 6,285 | 0,025 | 0,965 |
| 14 | 6,265 | 0,02 | 0,985 |
| 15 | 6,25 | 0,015 | 1,00 |
| 16 | 6,24 | 0,01 | 1,01 |
| 17 | 6,23 | 0,01 | 1,02 |
| 3 | 60 | 420 | 18 | 5,90 | 0,33 | 1,35 |
| 19 | 5,85 | 0,15 | 1,5 |
| 20 | 5,78 | 0,07 | 1,57 |
| 21 | 5,73 | 0,05 | 1,62 |
| 22 | 5,69 | 0,04 | 1,66 |
| 23 | 5,61 | 0,08 | 1,74 |
| 24 | 5,59 | 0,02 | 1,76 |
| 25 | 5,575 | 0,015 | 1,775 |
| 26 | 5,57 | 0,005 | 1,78 |
| 4 | 60 | 480 | 27 | 5,27 | 0,3 | 2,08 |
| 28 | 5,08 | 0,19 | 2,27 |
| 29 | 4,95 | 0,133 | 2,403 |
| 30 | 4,86 | 0,09 | 2,493 |
| 31 | 4,79 | 0,07 | 2,563 |
| 32 | 4,72 | 0,07 | 2,633 |

Рис. 1. График хода опыта по определению предельной сдвигающей

нагрузки при различных нормальных напряжениях

За предельную сдвигающую нагрузку *Fu* принимают горизонтальную нагрузку перед разрушением образца (без последней ступени):



где *Qi* – величина *i*-й ступени сдвигающей нагрузки; *qi* – вес гирь на подвеске рычага для созданиясдвигающей нагрузки *Qi*; 10 – передаточное число рычага сдвигающей нагрузки.

Касательное напряжение τ в плоскости сдвига, соответствующее нагрузке *Fu*, принимают равным сопротивлению грунта сдвигу при данном нормальном напряжении σ:



где *A* – площадь поверхности сдвига, равная 40 см2.

**Результаты определения сопротивления грунта сдвигу**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер  прибора | Нормальное  напряжение  в плоскости  сдвига σ, кПа | Величина  предельной  горизонтальной  нагрузки *Fu*, Н | Сопротивление грунта сдвигу  τ*u*, кПа |
| 1 | 100 | 160 | 40 |
| 2 | 200 | 280 | 70 |
| 3 | 300 | 480 | 100 |

Рис. 2. График предельного сопротивления грунта сдвигу

**Вывод**: коэффициент трения грунта *f*  = tg φ = 0,3

угол внутреннего трения грунта φ = arctg (0,3) = 16,7 °

удельное сцепление грунта *с* =  10 кПа

**Лабораторная работа №8**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦИИ ПЕСКА**

**И ГЛИНИСТОГО ГРУНТА (ГОСТ 12248–2010)**

**Объект исследования** – образцы песка и глинистогогрунта ненарушенной структуры (монолиты) в кольцах.

**Материалы и оборудование:** одометр с глинистым грунтом – 2 шт., одометр с песком – 2 шт., рычажные прессы для приложения нагрузки, индикаторы перемещений, секундомер.

**Результаты наблюдения за деформациями глинистого грунта**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Интенсивность  давления  *p*, кПа | Время от приложения данной ступени давления *t* | Отсчеты по индикаторам, мм | | | Прирост деформации от второй ступени давления *s*, мм | Полная деформация при данном давлении, мм |
| Левый | Правый | Среднее значение |
| *p*0 = 0 | 0 | 8,300 | 8,300 | 8,300 | — | ∆*h*0 = 0 |
| *p*1 = 0,05 | 24 ч. | 8,000 | 7,900 | 7,950 | — | ∆*h*1 =0,35 |
| *p*2 = 200 | 0 | 8,000 | 7,900 | 7,950 | 0,000 | ∆*h*2 =1,625 |
| 1 мин | 7,21 | 7,0 | 7,105 | 0,845 |
| 2 мин | 7,19 | 6,85 | 7,020 | 0,930 |
| 3 мин | 7,17 | 6,8 | 6,985 | 0,965 |
| 5 мин | 7,13 | 6,79 | 6,960 | 0,990 |
| 10 мин | 7,08 | 6,69 | 6,885 | 1,065 |
| 20 мин | 7,015 | 6,580 | 6,798 | 1,152 |
| 30 мин | 6,970 | 6,510 | 6,74 | 1,21 |
| 60 мин | 6,900 | 6,450 | 6,675 | 1,275 |  |

**Результаты наблюдения за деформациями песка**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Интенсивность  давления  *p*, кПа | Время от приложения данной ступени давления *t* | Отсчеты по индикаторам, мм | | | Прирост деформации от второй ступени давления *s*, мм | Полная деформация при данном давлении, мм |
| Левый | Правый | Среднее значение |
| *p*0 = 0 | — | 8,20 | 8,20 | 8,20 | — | ∆*h*0 = 0,0 |
| *p*1 = 50 | 24 ч. | 8,18 | 7,91 | 8,045 | — | ∆*h*1 = 0,155 |
| *p*2 = 200 | 0 | 7,57 | 7,70 | 7,64 | 0,405 | ∆*h*2 =0,59 |
| 1 мин | 7,57 | 7,70 | 7,64 | 0,405 |
| 2 мин | 7,57 | 7,70 | 7,64 | 0,405 |
| 3 мин | 7,57 | 7,70 | 7,64 | 0,405 |
| 5 мин | 7,57 | 7,70 | 7,64 | 0,405 |
| 10 мин | 7,55 | 7,67 | 7,61 | 0,435 |
| 20 мин | 7,55 | 7,67 | 7,61 | 0,435 |

**Результаты определения коэффициентов пористости**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Грунт | Интенсивность давления *p*, кПа | Полная деформация при данном давлении ∆*hi* | Изменение коэффициента пористости | Коэффициент пористости |
| Гли-нистый грунт | *p*0 = 0 | ∆*h*0 = 0,000 | 0,000 | *e*0 =1,100 |
| *p*1 = 50 | ∆*h*1 = 0,35 | 0,037 | *e*1 = 1,063 |
| *p*2 = 200 | ∆*h*2 = 1,625 | 0,171 | *e*2 = 0,929 |
| Песок | *p*0 = 0 | ∆*h*0 = 0,000 | 0,000 | *e*0 = 0,800 |
| *p*1 = 50 | ∆*h*1 = 0,155 | 0,014 | *e*1 = 0,786 |
| *p*2 = 200 | ∆*h*2 = 0,590 | 0,053 | *e*2 = 0,747 |

Примечания: 1. Высота образца грунта до приложения нагрузки *h* = 20 мм. 2. Коэффициенты пористости грунтов до приложения нагрузки: *e*0 = 0,8 – для песка; *e*0 = 1,1 – для глинистого грунта.

Рис. 3. Компрессионные кривые для песка ( ▬■▬ )

и глинистого грунта ( ▬●▬ )

Рис. 4. Графики развития осадок для песка ( ▬■▬ )

и глинистого грунта ( ▬●▬ )

**Деформационные характеристики глинистого грунта**

Относительные вертикальные деформации

ε1 = = = 0,0175;

ε2 = = = 0,0813.

Коэффициент сжимаемости

*=*  = = 0,893 МПа-1.

Относительный коэффициент сжимаемости

*=*  = = 0,425 МПа-1.

Одометрический модуль деформации

*=*  = = = 2,353 МПа-1.

Модуль деформации по данным компрессионных испытаний

= = = 1,412МПа,

где β – коэффициент учитывающий невозможность бокового расширения грунта в компрессионном приборе и зависящий от коэффициента относительной поперечной деформации грунта ν



Для суглинков при отсутствии экспериментальных данных допускается принимать β = 0,6 (п. 5.4.6.4 ГОСТ 12248–2010).

Согласно ГОСТ 25100–2011 глинистый грунт – очень сильно деформируемый

**Деформационные характеристики песка**

Относительные вертикальные деформации

ε1 = = = 0,00775;

ε2 = = = 0,0295.

Коэффициент сжимаемости

*=*  = = 0,26 МПа-1.

Относительный коэффициент сжимаемости

*=*  = = 0,145 МПа-1.

Одометрический модуль деформации

*=*  = = = 6,897МПа-1.

Модуль деформации по данным компрессионных испытаний

= = = 5,517МПа,

Для песков при отсутствии экспериментальных данных допускается принимать β = 0,8 (п. 5.4.6.4 ГОСТ 12248–2010).

Согласно ГОСТ 25100–2011 песок - сильнодеформируемый

1. Справочник проектировщика «Основания, фундаменты и подземные сооружения». М.: Строй-издат, 1985. – С. 10 [↑](#footnote-ref-1)
2. Справочник проектировщика «Основания, фундаменты и подземные сооружения». М.: Строй-издат, 1985. – С. 10 [↑](#footnote-ref-2)