ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОСНОВАНИЙ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ
ГОССТРОЯ СССР

# РЕКОМЕНДАЦИИ

## ПО ЛАБОРАТОРНЫМ МЕТОДАМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК НАБУХАЮЩИХ ГРУНТОВ

МОСКВА
СТРОЙИЗДАТ
1974

gost.e-ecolog.ru

## ОГЛАВЛЕНИЕ


Стр.

1. Общие положения . . . . . 3
2. Определение свободного относительного набухания грунтов в компрессионных приборах и приборах ПНГ . . . .
   Грунты с ненарушенной структурой . . . . . 5
   Грунты с нарушенной структурой . . . . . 7
   Определение свободного относительного набухания при замачивании грунта химическими растворами . . . . 8
   Определение свободного относительного набухания металлургических шлаков . . . . . 9
3. Определение относительного набухания и давления набухания методом одной кривой . . . . . 10
4. Определение давления набухания прямым методом . . . 11
5. Определение относительного набухания методом двух кривых . . . . . 12
6. Определение горизонтального давления набухания . . . 13

Приложение. Форма записей в рабочем журнале . . . 16



Ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский институт
оснований и подземных сооружений
Госстроя СССР

**РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ЛАБОРАТОРНЫМ МЕТОДАМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ХАРАКТЕРИСТИК НАБУХАЮЩИХ ГРУНТОВ**

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Зав. редакцией А. С. Певзнер
Редактор Е. А. Мельникова
Мл. редактор Н. В. Лосева
Технические редакторы З. С Мочалина, Ю. Л. Циханкова
Корректоры Г. А. Кравченко, И. А. Баринова

Сдано в набор 29/V 1974 г. Подписано к печати 13/XI 1974 г.
Т-19339 Формат 84×108 1/32 д. л. Бумага типографская № 2.
0,84 усл. печ. л. (уч.-изд. 1,20 л.)
Тираж 18 000 экз. Изд. № XII—4902. Зак. № 275 Цена 6 к:

*Стройиздат*
*103006, Москва, Каляевская, 23а*

Подольская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
г. Подольск, ул. Кирова, д. 25

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОСНОВАНИЙ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ
ГОССТРОЯ СССР

# РЕКОМЕНДАЦИИ

## ПО ЛАБОРАТОРНЫМ МЕТОДАМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК НАБУХАЮЩИХ ГРУНТОВ

СИ
МОСКВА
1974

УДК 624.131.37:[624.131:29:624.131.414.3]

**Рекомендации** по лабораторным методам определения характеристик набухающих грунтов. М., Стройиздат, 1974, 16 с. (Ордена Трудового Красного Знамени науч.-исслед. ин-т оснований и подземных сооружений).

Рекомендации составлены в развитие главы СНиП «Основания зданий и сооружений. Нормы проектирования» инж. А. Р. Горловой под руководством докт. техн. наук Е. А. Сорочана. Предложены методы определения характеристик набухающих грунтов в лаборатории при минимальных затратах рабочего времени.

Рекомендации рассчитаны на инженеров-геологов, строителей и проектировщиков.

Р $\frac{30213-692}{047(01)-74}$ Инструкт.-нормат., I вып. — 14—74

© Стройиздат, 1974

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Требования настоящих рекомендаций распространяются на проведение лабораторных исследований при проектировании зданий и сооружений, возводимых на набухающих грунтах, т. е. грунтах, которые, находясь в напряженном состоянии от собственного веса или внешней нагрузки, при увлажнении увеличиваются в объеме.

1.2. Изучение набухающих грунтов в лаборатории для непосредственного проектирования должно сводиться к определению:

величины свободного относительного набухания грунта $\delta_0$;

зависимости величины относительного набухания грунта от давления $\delta_н = f(P)$;

величины давления набухания $P_н$;

зависимости величины влажности набухания от давления $W_н = f(P)$ и влажности набухания при свободном набухании $W_н^0$.

1.3. Относительным набуханием $\delta_н$ называется отношение увеличения высоты набухшего под нагрузкой образца в условиях невозможности бокового расширения к его первоначальной высоте, выраженное в долях единицы. Свободным относительным набуханием $\delta_0$ называется относительное набухание грунта при нагрузке, равной нулю. Оно характеризует способность грунтов к набуханию и служит классификационной характеристикой.

1.4. Давлением набухания $P_н$ называется давление в кгс/см², развиваемое набухающим грунтом. Оно характеризует внутренние силы, развивающиеся в грунте при его набухании, и равно разности между расклинивающим давлением гидратных пленок воды и структурной связностью грунта. При исследованиях набухающих грунтов за давление набухания принимается давление на образец грунта, замачиваемого и обжимаемого без возможности бокового расширения, при котором деформации набухания равны нулю. Давление набухания в вертикальном направлении и зависимость относительного набухания от давления $\delta_н = f(P)$ в интервале от $P = 0{,}1$ кгс/см² до $P = P_н$ являются основными характеристиками для проектирования оснований и фундаментов зданий и сооружений, возводимых на набухающих грунтах.

При проектировании ограждающих сооружений (например, подпорных стенок), заглубленных в набухающий грунт, должно определяться горизонтальное давление набухания.

1.5. Влажностью набухания $W_н$ называется влажность, выраженная в долях единицы, которая получена после завершения набухания образца грунта, обжимаемого без возможности бокового расширения заданным давлением, или влажность полностью набухшего образца при нагрузке, равной нулю — $W_н^0$. Она характеризует максимальное количество воды, поглощенной грунтом в процессе набухания при нагрузке или при свободном набухании. Влажность набухания используется для прогнозирования свойств набухающих грунтов, она определяет в значительной степени величину относительного набухания и давления набухания.

1.6. По величине свободного относительного набухания, опре-

Таблица 1

| Вид грунта | Величина свободного относительного набухания | |
|---|---|---|
| | в компрессионных приборах | в приборах ПНГ |
| Ненабухающие | $\delta_в < 0{,}04$ | $\delta_в < 0{,}07$ |
| Слабонабухающие | $0{,}04 < \delta_в < 0{,}08$ | $0{,}07 < \delta_в < 0{,}13$ |
| Средненабухающие | $0{,}08 < \delta_в < 0{,}12$ | $0{,}13 < \delta_в < 0{,}20$ |
| Сильнонабухающие | $0{,}12 < \delta_в$ | $0{,}20 < \delta_в$ |

деленной в компрессионном приборе или в приборе ПНГ на образцах ненарушенной структуры, грунты классифицируются[1].

По величине свободного относительного набухания, определенной в приборе ПНГ, металлургические шлаки относятся к ненабухающим — при $\delta_0 < 0{,}05$ или набухающим — при $\delta_0 \geqslant 0{,}05$.

1.7. В рекомендациях рассмотрены следующие методы определения относительного набухания грунтов:

определение величины свободного относительного набухания, в том числе для случая замачивания химическими растворами;

определение относительного набухания методом одной кривой (определение $\delta_н$ при разных нагрузках);

определение относительного набухания методом двух кривых

Определение давления набухания грунта (вертикального) допускается проводить:

по методу одной кривой;

определением давления набухания без возможности увеличения объема грунта (прямым методом) с замером давления набухания при помощи динамометров или электрогидравлических месдоз, тензодатчиков, а также в стабилометрах.

Рассматривается метод определения горизонтального давления набухания.

1.8 Определение свободного набухания грунтов предназначается для предварительной оценки грунтов на стадии инженерно-геологических изысканий по их способности набухать.

Определение относительного набухания и давления набухания методом одной кривой, определение давления набухания прямым методом и определение горизонтального давления предназначается для всех стадий проектирования. В отдельных случаях при соответствующем обосновании для предварительной оценки допускается определять относительное набухание грунта методом двух кривых.

1.9. Свободное набухание грунта определяется в компрессионном приборе или в приборе ПНГ («прибор набухания грунта») с учетом коэффициента перехода от прибора ПНГ к компрессионному прибору (см. п. 2.14). Определение относительного набухания грунта методом одной и двух кривых и определение давления набухания методом одной кривой осуществляется в компрессионных приборах. Для испытаний должны применяться компрессионные приборы с площадью рабочего кольца не менее 40 см$^2$, высотой кольца не менее 2 см, например, приборы ЦНИИ МПС или НИС Гидропроекта.

[1] Данная классификация не распространяется на шлаки.

Прямое определение давления набухания возможно проводить в приборе ИДНГ («измерение давления набухания грунта») с использованием электрогидравлической месдозы. Схема измерения давления набухания грунта, схема тарировочного устройства, а также график тарировки электрогидравлических месдоз приведены в тексте. Горизонтальное давление набухающего грунта возможно определять в приборе, схема которого приведена в тексте или в приборах, использующих тензодатчики.

1.10. При испытаниях грунтов с ненарушенной структурой ориентировка образцов должна строго соответствовать залеганию грунта в натуре. Если требуется исследовать свойства грунта при измененной ориентировке, об этом должна быть сделана соответствующая запись в рабочем журнале.

1.11. При проектировании различных искусственных земляных сооружений, а также при использовании грунта для обратной засыпки в котлованах и фундаментах необходимо знать свойства грунта с нарушенной природной структурой. В рекомендациях рассмотрено определение свободного набухания, относительного набухания и давления набухания для грунтов с нарушенной структурой.

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОБОДНОГО ОТНОСИТЕЛЬНОГО НАБУХАНИЯ ГРУНТОВ В КОМПРЕССИОННЫХ ПРИБОРАХ И ПРИБОРАХ ПНГ

### Грунты с ненарушенной структурой

2.1. Для испытаний грунта в компрессионном приборе следует подготовить образцы по следующей методике:

выровнять ножом поверхность монолита грунта и поставить на нее острым краем режущее кольцо прибора;

надеть на кольцо насадку и, придерживая ее рукой или применяя винтовой пресс, вырезать столбик грунта под кольцом несколько большего диаметра, чем диаметр кольца; насадить кольцо на столбик грунта, слегка нажимая на насадку и не допуская перекосов кольца;

снять насадку, срезать выступающий грунт вровень с краем кольца и накрыть грунт плоским стеклом, чтобы избежать испарения влаги из образца;

подрезать столбик грунта примерно на 10 мм ниже уровня острого края кольца. Перевернуть кольцо с грунтом, положить на стол, срезать лишний грунт и подровнять образец вровень с краем кольца.

2.2 Подготовленный образец поместить в компрессионный прибор. Торцевые поверхности образца должны быть покрыты бумажными фильтрами. Установить штамп и закрепить над ним индикаторы таким образом, чтобы при перемещении штампа ножки индикаторов могли свободно двигаться вверх и вниз. Записать показания индикаторов в рабочий журнал и в дальнейшем принимать их за начальные.

2.3. Испытания на свободное относительное набухание проводятся без нагрузки.

2.4. Образец грунта насыщается водой при градиенте напора меньше или равном единице.

Показания индикаторов записываются в рабочий журнал через 5 мин после подачи воды, 30 мин, 60 мин, далее через каждый час

в течение 6 ч, на следующие сутки — два раза, затем один раз в сутки до окончания опыта.

2.5. Опыт по определению величины свободного набухания в компрессионном приборе считается законченным, если показания индикаторов в течение суток изменились не более чем на 0,1 мм.

2.6. Свободное относительное набухание рассчитывается с точностью до 0,001 по формуле

$$\delta_0 = \frac{h' - h}{h}, \qquad (1)$$

где $h$ — первоначальная высота образца, равная высоте режущего кольца компрессионного прибора, мм;

$h'$ — высота образца в конце опыта, мм;

$(h'—h)$ — изменение высоты образца, определенное по показаниям индикаторов, мм.

2.7. Свободное набухание определяется не менее чем на шести образцах, отобранных из одного инженерно-геологического горизонта. Классификационной величиной является свободное набухание $\delta_0$, определяемое как среднее арифметическое из показаний всех приборов.

2.8. Влажность грунта определяется весовым способом по ГОСТ 5179—64. Для определения начальной влажности отбирается грунт из монолита в момент вырезания образца для испытаний на набухание. Для определения конечной влажности (влажности набухания) отбирается грунт из набухшего образца.

2.9. Все данные, полученные в процессе испытания, записываются в рабочий журнал. Форма записей в рабочем журнале приведена в приложении.

2.10. Свободное набухание грунта может быть определено в приборах ПНГ, выпускаемых в двух модификациях — приборы завода «Нефтеавтоматика» (г. Октябрьский Башкирской АССР) и приборы НИС Гидропроекта.

2.11. Свободное набухание в приборах ПНГ завода «Нефтеавтоматика» определяется следующим образом:

а) кольцо с накладкой плавно вдавить в грунт с помощью крышки. Отделить кольцо с грунтом от общей массы монолита, срезать излишки грунта вровень с нижним краем кольца, снять накладку, подровнять верхний торец образца. Следует избегать «зачистки» поверхности образца, так как это может замедлить процесс набухания и исказить его результаты;

б) надеть накладку на кольцо, положить на торцевые поверхности бумажные фильтры, установить кольцо с грунтом на перфорированном диске, укрепить скобу;

в) поместить собранный прибор в ванночку, установить индикатор, записать в рабочий журнал показание индикатора и в дальнейшем принимать его за начальное;

г) налить в ванночку воды так, чтобы ее уровень не превышал высоту грунта. В течение опыта воду надо подливать по мере ее испарения. Показания индикаторов записываются в рабочий журнал через 5 мин после подачи воды, 30 мин, 60 мин, далее через каждый час в течение 6 ч, на следующие сутки — два раза, затем один раз в сутки до окончания опыта;

д) опыт по определению величины свободного набухания в приборах ПНГ считается законченным, если показания индикатора в течение суток изменились не более чем на 0,05 мм.

2.12. Свободное набухание в приборах ПНГ НИС Гидропроекта определяется следующим образом:

полностью вдавить в монолит кольцо прибора. Отделить кольцо с грунтом от монолита, срезать излишки грунта со стороны режущего края кольца ножом и осторожно вдавить с этой же стороны в кольцо штамп, входящий в комплект прибора. Выдавленный излишек грунта осторожно срезать ножом, положить на торцевые поверхности образца бумажные фильтры и поместить образец в металлический дырчатый поддон;

укрепить на штативе индикатор. Далее проводить испытания по пункту 2.11 (в, г, д).

2.13. Свободное набухание рассчитывается с точностью до 0,001 по формуле (1), где $h$ — первоначальная высота образца в кольце прибора ПНГ, равная 10 мм.

2.14. Между величинами свободного набухания, определенными в приборах ПНГ и в компрессионных приборах, существует отношение

$$\delta_{0\,\text{компр}} \approx 0{,}6\ \delta_{0\,\text{пнг}}$$

2.15. Свободное набухание в приборах ПНГ определяется не менее чем на шести образцах, отобранных из одного инженерно-геологического горизонта. Классификационной величиной является свободное набухание $\delta_0$, определенное как среднее арифметическое из показаний всех приборов.

2.16. Влажность грунта определяется по п. 2.8.

2.17. Все данные, полученные в процессе испытания, записываются в рабочий журнал. Форма записей в рабочем журнале приводится в приложении.

2.18. Для определения величины свободного набухания грунта при температуре выше комнатной (т. е. выше 17—22°С) испытания проводятся в сушильных шкафах или термостатах, куда помещают приборы ПНГ. Испытания проводятся по пп. 2.10—2.16. Необходимо следить за поддержанием в термостате постоянной температуры в течение всего опыта. Грунт следует замачивать водой той же температуры, при которой он испытывается. Для измерения деформаций используют индикаторы типа ИЧ в тропическом исполнении, предназначенные для работы в условиях повышенной влажности и температуры.

2.19. Для определения свободного набухания в компрессионных приборах или приборах ПНГ необходимо иметь следующую аппаратуру:

приборы компрессионные или ПНГ;
индикаторы ИЧ с ценой деления 0,01 мм;
часы;
грунтовый нож;
фильтровальную бумагу;
плоские стекла.

### Грунты с нарушенной структурой

2.20. Для определения свободного набухания грунта с нарушенной структурой следует предварительно высушить грунт до воздушно-сухого состояния, размельчить и просеять сквозь сито с диаметром отверстий 1 мм. Определять влажность высушенного грунта по ГОСТ 5179—64. Затем увлажнить грунт до значения естественной или проектируемой влажности и поместить на одни сутки в гидратор

(эксикатор с водой). После гидратирования вновь определить влажность грунта.

Рассчитать с точностью до 0,01 гс вес грунта $g$, которым нужно заполнить кольцо для получения необходимой (проектируемой) плотности при заданном объемном весе скелета грунта $\gamma_{ск}$, гс/см³, объемном весе $\gamma_{об}$, гс/см³ или коэффициенте пористости $e$ по формулам:

$$g = v\,(1 + W)\,\gamma_{ск} \qquad (2)$$

или

$$g = v\,\gamma_{об}, \qquad (3)$$

или

$$g = v\,\frac{1 + W}{1 + e}\,\gamma_{г}, \qquad (4)$$

где $v$ — объем грунта в кольце прибора в см³;

$W$ — влажность исследуемого грунта в долях единицы;

$\gamma_{г}$ — удельный вес грунта в гс/см³.

2.21 Кольцо компрессионного прибора поставить на кружок фильтровальной бумаги и заполнить его послойно подготовленным грунтом так, чтобы грунт полностью вошел в кольцо. Если вручную не удастся уложить весь грунт, то следует применить пресс.

Выровнять поверхность грунта строго вровень с краями кольца. Накрыть грунт кружком фильтровальной бумаги, надеть на кольцо насадку и установить его в ванну компрессионного прибора. Если плотность грунта небольшая, то надо заранее положить на дно ванны бумажный фильтр, надеть на кольцо насадку и поместить его в ванну. После этого заполнить кольцо грунтом.

Далее производятся испытания по пп. 2.2.—2.9.

2.22. При испытаниях в приборе ПНГ грунт помещается в кольцо (в приборе «Нефтеавтоматики» в кольцо с надетой на него накладкой), установленное на перфорированный диск (или поддон), на дно которого должен быть положен кружок фильтровальной бумаги.

Для того чтобы высота грунта в кольце равнялась 10 мм, сверху в кольцо надо вдавить штамп[1]. Уплотнить с помощью штампа грунт до нужного объема, при необходимости применяя пресс.

После уплотнения вынуть штамп из кольца, покрыть образец сверху бумажным фильтром. укрепить скобу и далее производить испытании по пп. 2.11 (в, г, д), 2.13—2.18.

2.23. При соответствующем обосновании, в отдельных случаях при отсутствии образцов с ненарушенной структурой, проводятся испытания нарушенных образцов, и при этом расчет свободного набухания следует производить по формуле

$$\delta_{0_{\text{ненаруш стр}}} \cong 0{,}4\,\delta_{0_{\text{наруш.стр}}} \qquad (5)$$

**Определение свободного относительного набухания при замачивании грунта химическими растворами**

2.24. При замачивании грунта химическими растворами прибор ПНГ следует модифицировать (рис. 1):

кольцо прибора выполнить из нержавеющей стали или из пластмассы;

---

[1] В приборах НИС Гидропроекта штамп входит в комплект, в приборах «Нефтеавтоматики» — изготовляется дополнительно.

перфорированный диск или поддон, на котором устанавливается кольцо, выполнить из пластмассы;

пластмассовый поршень выполнить без отверстий;

индикатор удалить от химического раствора, ввернув в его ножку металлический стержень длиной 10 см;

ванночка, в которую наливается раствор, должна быть фарфоровой или стеклянной.

Испытания грунта проводятся по пп. 2.10—2,17, 2.20—2.23.

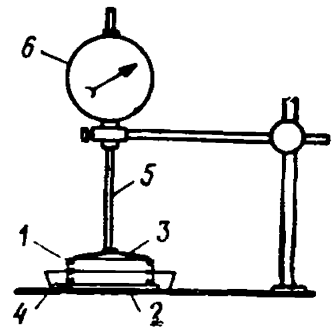


Рис. 1. Прибор набухания грунта в кислотах ПНГК
*1* — кольцо с грунтом; *2* — пористый диск; *3* — поршень; *4* — стеклянный поддон; *5* — металлический стержень; *6* — индикатор

2.25. Концентрация химического раствора, используемого для замачивания образца, должна соответствовать возможной концентрации агрессивных веществ в промышленных отходах данного предприятия или концентрации их в грунтовой воде рассматриваемой территории.

2.26. Образцы грунта следует замачивать 1%-ным раствором серной кислоты, если фундамент сернокислотного предприятия закладывается ниже уровня грунтовых вод или до 3 м над их уровнем. Если сооружение возводится на территории сернокислотного предприятия, эксплуатируемого не менее 20 лет, можно замачивать исследуемые образцы грунтовой водой, взятой с площадки строительства.

### Определение свободного относительного набухания металлургических шлаков

2.27. Для определения величины свободного набухания металлургического шлака или шлакового грунта следует применять приборы ПНГ.

Шлак или шлаковый грунт должен быть высушен до воздушно-сухого состояния, размельчен и просеян сквозь сито с диаметром отверстий 0,5 мм. Должна быть определена влажность по ГОСТ 5179—64 и произведен расчет навески образца по п. 2.20. Следует стремиться к достижению максимально возможной плотности образца.

Подготовленный образец помещается в прибор ПНГ, как указано в п. 2.22. Испытания проводятся согласно п. 2.11 (в, г).

2.28. Опыт по определению величины свободного набухания шлака или шлакового грунта в приборе ПНГ считается законченным, если показания индикатора в течение суток изменились не более чем на 0,02 мм.

## 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО НАБУХАНИЯ И ДАВЛЕНИЯ НАБУХАНИЯ МЕТОДОМ ОДНОЙ КРИВОЙ

3.1. Определение зависимости величины относительного набухания от давления производится при замачивании грунта под разным давлением по следующей методике:

а) из монолитов грунта, отобранных из одного горизонта, вырезают образцы для проведения компрессионных испытаний под разными давлениями; подготовка образцов производится по методике, указанной в п. 2.1. Образцы помещают в компрессионные приборы, устанавливают штампы, индикаторы и записывают начальные показания индикаторов;

б) на штамп первого прибора передается давление 0,1 кгс/см²* второго — 0,25 кгс/см², третьего — 0,5 кгс/см², четвертого — 1 кгс/см², пятого — 2 кгс/см² и далее с интервалом 1 кгс/см² до величины давления набухания, а при ее отсутствии — до величины 4—5 кгс/см²;

Примечание. Нагрузка, передаваемая на штамп, и количество образцов назначаются в зависимости от возможных величин напряжений в основании.

в) во всех компрессионных приборах давление на грунт выдерживается до стабилизации деформации. Стабилизация считается наступившей, если в течение суток показания индикаторов изменились не более чем на 0,02 мм. После этого образец замачивается;

г) показания индикаторов как при сжатии образцов под нагрузкой, так и при замачивании записываются в рабочий журнал через 5 мин после нагружения прибора или начала замачивания образца водой, через 30 мин, 60 мин, затем через каждый час в течение 6 ч, на следующие сутки два раза, затем один раз в сутки до стабилизации процесса.

3.2. Опыт считается законченным, если в течение суток показания индикаторов изменились не более чем на 0,1 мм. Форма ведения журнала испытаний приводится в приложении.

3.3. Для каждого образца определяют величину относительного набухания $\delta_н$ в долях единицы по формуле (1) настоящих Рекомендаций. По полученным данным строится график зависимости величины относительного набухания от давления. Давление, при котором относительное набухание грунта равно нулю, принимается за давление набухания $P_н$. Влажность набухания $W_н$ определяется для каждого образца по окончании опыта. Определение влажности следует производить согласно ГОСТ 5179—64.

3.4. Для испытания грунтов с нарушенной структурой образцы подготавливаются по методике, указанной в пп. 2.20 и 2.21. Определение относительного набухания и давления набухания методом одной кривой осуществляется согласно пп. 3.1 (б, в, г), 3.2, 3.3.

3.5. Для определения величин относительного набухания и давления набухания методом одной кривой на каждой ступени нагрузки должно быть испытано не менее двух образцов. Относительное набухание грунта при данном давлении определяется как среднее арифметическое из показаний всех приборов с данной нагрузкой.

3.6. Для проведения испытаний грунтов по методу одной кривой необходимо иметь следующую аппаратуру:

---

* При давлении 0,1 кгс/см² надо учитывать давление штампа и рычажной системы прибора.

приборы компрессионные;
индикаторы ИЧ с ценой деления 0,01 мм;
часы;
грунтовый нож;
фильтровальную бумагу;
плоские стекла.

## 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ НАБУХАНИЯ ПРЯМЫМ МЕТОДОМ

**4.1.** Для определения давления набухания грунта без возможности его расширения допускается использовать прибор ИДНГ («Измерение давления набухания грунта»). При помощи этого прибора определяется давление набухания грунтов как при замачивании их водой, так и при замачивании кислотами и щелочами.

4.2. Измерение давления набухания грунта прямым методом в приборе ИДНГ проводится по следующей методике:

заполнить маслом каждую месдозу и с помощью регулировочного винта настроить контакт;

на рычажном компрессионном приборе в специальном тарировочном устройстве произвести тарировку месдоз (рис. 2). По результатам тарировки строится график зависимости давления масла $P_м$ от заданного давления на грунт $P_г$ (рис. 3).

$$P_м = f\ (P_г);$$

подготовить грунт согласно п. 2.1 или (при испытании грунта с нарушенной структурой) по п. 2.20. Поместить кольцо с грунтом на пористый поддон прибора ИДНГ;

установить на поверхности образца месдозу, заподлицо с ней положить крышку. Прижимное кольцо следует жестко соединить с поддоном и поместить в сосуд с водой (или другой замачивающей жидкостью);

присоединить контактные провода месдозы к мостовому омметру сопротивления для замера давления набухания (рис. 4);

гидравлическим насосом в месдозу медленно закачать масло. При равенстве давления масла в месдозе давлению набухания грунта происходит резкое увеличение электрического сопротивления пленки масла, которое фиксируется омметром. Величина гидростатиче-

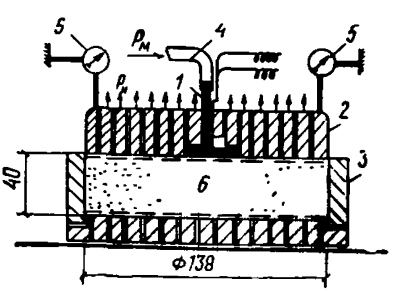


Рис. 2. Тарировочное устройство
*1* — месдоза; *2* — жесткий штамп; *3* — кольцо одометра; *4* — маслопровод; *5* — индикаторы; *6* — грунт

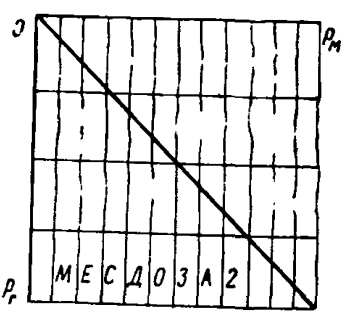


Рис. 3. График тарировки электрогидравлических месдоз

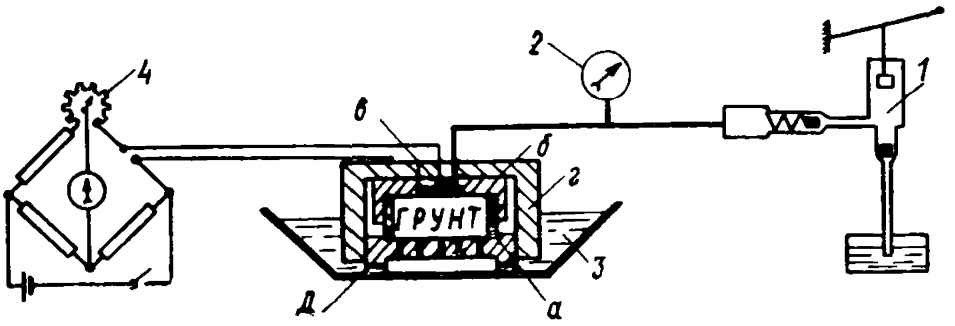


Рис. 4. Схема измерения давления набухания грунта прямым методом
*1* — гидравлический насос; *2* — манометр, *3* — прибор ИДНГ в ванне с раствором; *а* — кольцо с грунтом; *б* — крышка; *в* — месдоза; *г* — прижимное кольцо; *д* — пористый поддон; *4* — омметр

ского давления $P_м$, взятая по манометру в момент увеличения сопротивления пленки масла, соответствует давлению набухания грунта.

4.3. По тарировочному графику для данной месдозы по величине гидростатического давления определить величину давления набухания грунта $P_н$.

4.4. Замеры давления производятся через 30 мин в течение двух часов, далее через каждый час в течение первого рабочего дня. На следующие сутки и далее до окончания опыта показания снимаются три раза в день.

Показания манометра записываются в рабочий журнал.

4.5. Опыт по определению давления набухания в приборе ИДНГ считается законченным, если показания манометра в течение 15 ч изменились не более чем на 0,1 кгс/см$^2$.

4.6. Давление набухания прямым методом в приборе ИДНГ должно определяться не менее чем на шести образцах, отобранных из одного инженерно-геологического горизонта. Расчетной величиной является давление набухания $P_н$, определенное как среднее арифметическое из давлений, полученных для каждого образца.

## 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО НАБУХАНИЯ МЕТОДОМ ДВУХ КРИВЫХ

5.1. Для проведения испытаний необходимо иметь не менее двух образцов грунта с ненарушенной структурой, вырезанных из одного монолита. Подготовка образцов производится согласно п. 2.1.

5.2. Ход испытаний:

а) первый образец замачивается водой без нагрузки ($P=0$). Испытания проводятся согласно пп. 2.2—2.6. Полученная величина свободного набухания грунта $\delta_0$ наносится на график относительная деформация — давление (точка *А*, рис. 5). Затем этот образец нагружается ступенями по 1 кгс/см$^2$ с интервалом 1 ч до давления, меньшего давления набухания (точка *Д*, рис. 5)[1];

б) второй образец нагружается без замачивания ступенями по 1 кгс/см$^2$ с интервалом 1 ч до давления, меньшего давления набухания. Процесс сжатия при этом давлении считается стабилизирован-

[1] При отсутствии данных о величине давления набухания для данного грунта образец нагружают до 4—5 кгс/см$^2$.

ным, если в течение суток показания индикаторов изменились не более чем на 0,02 мм. На график наносится кривая *OE* (см. рис. 5). После стабилизации осадки производят замачивание грунта. Показания индикаторов как при сжатии, так и при замачивании грунта записываются через 5 мин после наложения каждой новой ступени нагрузки или после начала замачивания, через 30 мин, 60 мин, затем через каждый час в течение 6 ч, на следующие сутки — два раза, затем один раз в сутки до полной стабилизации процесса. Процесс набухания считается стабилизированным, если показания индикаторов в течение суток изменились не более чем на 0,1 мм. Полученная величина относительного набухания грунта при максимальной нагрузке наносится на график относительная деформация — давление (точка *B*, рис. 5);

в) после стабилизации набухания производится разгрузка образца. Ступени разгрузки и интервал соответствуют ступеням и интервалу нагрузки. Подача воды к образцу продолжается. При нагрузке, равной нулю ($P=0$), образец выдерживается до стабилизации процесса, которая считается совершившейся, если показания индикаторов в течение суток изменились не более чем на 0,02 мм. Порядок записи показаний индикаторов, как в подпункте «б». Полученная величина относительного набухания грунта при нагрузке, равной нулю, наносится на график (точка *C*, рис. 5).

5.3. На графике относительная деформация — давление проводится кривая, соединяющая точки А и В внутри области, ограниченной кривыми СВ и АД, как показано на рис. 5. Кривая отражает зависимость относительного набухания от давления.

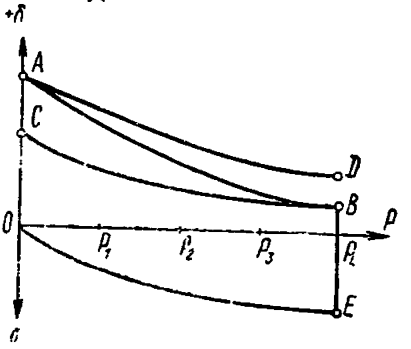


Рис. 5. Построение кривой зависимости относительного набухания от давления

## 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ НАБУХАНИЯ

6.1. Определение ожидаемого горизонтального давления, возникающего при набухании грунтов нарушенной структуры производится в приборе, схема которого показана на рис. 6

Измерение величины горизонтального давления производится образцовыми динамометрами сжатия ДОСМ-3-0,2 системы И. Г. Токаря.

6.2. Прибор состоит из цилиндрического стакана высотой 270 и внутренним диаметром 206,5 мм, приваренного к металлической плите (*2*). На этой же плите устроены упорные системы динамометров (*5*), состоящие из стенок, подкосов и упорных винтов. На расстоянии 30 мм от плиты внутри стакана приварено днище (*4*) толщиной 10 мм с отверстиями для пропуска воды. Таким образом, рабочая камера стакана прибора, в которую закладывается исследуемый грунт, имеет высоту 230 мм. В стенках стакана на высоте

85 мм от днища имеются два выреза 100×100 мм, расположенные по одной оси. Эти вырезы закрываются боковыми штампами *(3)*, с радиусом кривизны, равным радиусу окружности стакана. Между штампами и упорной системой *(5)* на винтовых площадках *(6)* раз-

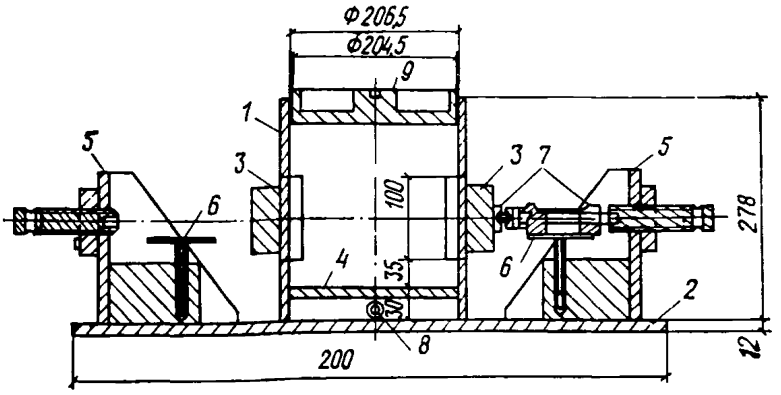


Рис. 6. Прибор для определения горизонтального давления набухающего грунта
*1* — стакан; *2* — плита; *3* — боковые штампы; *4* — днище; *5* — упорная система; динамометра; *6* — винтовая площадка; *7* — динамометр сжатия; *8* — трубка для замачивания; *9* — штамп

мещаются динамометры сжатия *(7)*. Возникающее при набухании давление передается на боковые штампы и измеряется динамометрами.

Конструкция прибора позволяет осуществлять замачивание грунта, уложенного в приборе, как снизу через трубку *(8)*, так и сверху путем заливки воды в штамп *(9)*, в котором для этого предусмотрены отверстия. Диаметр отверстий в штампе и в днище равен 1 мм, шаг отверстий — 5 мм.

Вертикальные деформации при набухании фиксируются по перемещениям штампа *(9)* с помощью индикатора, закрепленного в зажиме.

6.3. Подготовка прибора к опыту заключается в следующем.

Грани боковых штампов, соприкасающиеся со стенками стакана, смазываются тонким слоем вазелина и вставляются в вырезы прибора. Устанавливаются динамометры сжатия. Для обеспечения центральной передачи усилий в измерительной системе в сферические выточки динамометров, расположенные по оси, между боковыми штампами и упорными винтами вставляются стальные шарики. Винтом площадки *(6)* производится совмещение горизонтальной оси динамометра с центром бокового штампа. После этого динамометры поджимаются упорными винтами к боковым штампам. На днище прибора укладывается фильтр из фильтровальной бумаги.

6.4. Подготавливается грунт по методике, описанной в п. 2.20. Подготовленный грунт укладывается слоями толщиной 2—3 см с послойным трамбованием до плотности, которая ожидается при обратной засыпке грунта.

6.5. Уложенный в прибор и утрамбованный грунт увлажняется снизу через днище при свободной подаче воды из сосуда до стабилизации горизонтальных давлений и затухания вертикальных перемещений.

6.6. Замеры относительного набухания и бокового давления грунта следует производить через 1 ч после начала замачивания в течение 6 ч, далее — один раз в сутки.

6.7. Опыт считается законченным, если горизонтальное давление в течение суток изменилось не более чем на 0,01 кгс/см$^2$.

6.8. Определяется начальная скорость набухания $K$, доли единицы в сутках

$$K = \frac{\delta'_{н}}{t}, \qquad (6)$$

где $t$ — время достижения максимальной величины горизонтального давления (в сутках);

$\delta'_{н}$ — величина относительного набухания грунта, при которой горизонтальное давление достигает максимального значения (в долях единицы).

6.9. Определяется коэффициент $m$, учитывающий методику замера горизонтального давления, по табл. 2.

Таблица 2

| $K$ | $\geqslant$0,007 | 0,006 | 0,005 | 0,004 | 0,003 | 0,002 | 0,0015 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $m$ | 1 | 1,015 | 1,025 | 1,05 | 1,125 | 1,24 | 1,31 |
| $K$ | 0,00125 | 0,001 | 0,00075 | 0,00025 | 0,00025 | 0,0001 | 0 |
| $m$ | 1,35 | 1,41 | 1,52 | 1,83 | 2,14 | 2,33 | 2,45 |

6.10. Определяется горизонтальное давление, ожидаемое при набухании массива грунта $P_{н\,(гор)}$ по формуле:

$$P_{н\,(гор)} = m\,P^{л}_{н\,(гор)}, \qquad (7)$$

где $m$ — коэффициент, определенный по п. 6.9;

$P^{л}_{н(гор)}$ — горизонтальное давление, замеренное в лаборатории при помощи жестких динамометров сжатия.

6.11. Рассчитывается возможное максимальное горизонтальное давление, которое необходимо учитывать при проектировании конструкций в набухающих грунтах $P^{расч}_{гор}$ по формуле

$$P^{расч}_{гор} = P_{н\,(гор)}\,n, \qquad (8)$$

где $P_{н(гор)}$ — горизонтальное давление, ожидаемое при набухании массива грунта;

$n = 0{,}8$—$0{,}9$ — коэффициент, учитывающий неодновременность возникновения максимального давления по глубине.

6.12. Определение горизонтального давления, возникающего при набухании грунтов ненарушенной структуры, допускается производить в стабилометрах или в приборах, оборудованных тензодатчиками.

## *ПРИЛОЖЕНИЕ*

Форма записей в рабочем журнале

*1. Определение величины свободного набухания*

Наименование организации
Лаборатория №
Номер выработки
Глубина взятия
Литологический состав
Время начала опыта (дата, часы, мин)
Тип и марка прибора
Площадь рабочего кольца $F$ в см$^2$
Высота грунта в кольце $H$ в см
Вес грунта в кольце (для образцов с нарушенной структурой) в г
Структура
Начальная влажность $W_{нач}$ в долях единицы
Конечная влажность $W_{кон}$ в долях единицы[1]

а) Образец записи при испытаниях в приборе ПНГ

| Время от начала опыта | Прибор 1 | | | Прибор 2 | | | Прибор 3 | | | Относительное набухание грунта $\delta_{среди}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | показания индикатора | $\Delta h$, мм | $\delta_0$ | показания индикатора | $\Delta h$, мм | $\delta_0$ | показания индикатора | $\Delta h$, мм | $\delta_0$ | |
| 0 | 5 | — | — | 2 | — | — | 0 | — | — | — |
| | | | | Подача воды | | | | | | |
| 5 мин | 5,12 | 0,12 | — | 2,2 | 0,2 | — | 0,32 | 0,32 | — | — |
| 30 мин | 5,88 | 0,88 | — | 2,85 | 0,85 | — | 1,12 | 1,12 | — | — |
| 60 мин | 6,1 | 1,1 | 0,11 | 3 | 1 | 0,1 | 1,84 | 1,84 | 0,184 | 0,131 |

б) Образец записи при испытаниях в компрессионном приборе (высота кольца $h=25$ мм)

[1] Данные, характеризующие образец, записываются перед каждым новым опытом.

| Время от начала опыта | Прибор 1 | | | | | | Прибор . . . | | Относительное набухание грунта $\delta_{среди}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | показания индикатора | | $\Delta h$, мм | | $\Delta h_{ср}$, мм | $\delta_\theta$ | | | |
| | левый | правый | слева | справа | | | . . . | $\delta_\theta$ | |
| 0 | 3 | 2 | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | Подача воды | | | | | |
| 5 мин | 2,72 | 1,7 | 0,28 | 0,3 | — | — | — | — | — |
| 30 мин | 2 | 1,1 | 1 | 0,9 | — | — | — | — | — |
| 60 мин | 1,8 | 1 | 1,2 | 1 | 1,1 | 0,044 | . . . | 0,049 | 0,046 |

## 2. *Определение относительного набухания и давления набухания методом одной кривой*

Наименование организации
Лаборатория №
Номер выработки
Глубина взятия
Литологический состав
Время начала опыта (дата, часы, мин)
Тип и марка прибора
Площадь рабочего кольца $F$ в см$^2$
Высота грунта в кольце $H$ в см
Отношение плеч рычага, передающего нагрузку $N$ . . .
Вес грунта в кольце (для образцов с ненарушенной структурой) в г
Структура
Начальная влажность $W_{нач}$ в долях единицы

(конечная влажность определяется для каждого образца отдельно, см. п. 3.3)

Образец записи при $F=60$ см$^2$, $N=1:10$, $H=25$ мм.

| № прибора | Вес гирь на подвеске, кг $G$ | Главное вертикальное напряжение $P=\frac{G}{NF}$ | Время от начала опыта | Показания индикаторов | | $\Delta h$, мм | | $\Delta h$, мм | Относительная деформация $\delta$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | левый | правый | слева | справа | среднее | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | — | — | — | — |
| | 3 | 0,5 | 5 мин | 3,4 | 2,08 | 0,4 | 0,C8 | — | — |
| | 3 | 0,5 | 30 мин | 4 | 3,1 | 1 | 1,1 | — | — |
| | 3 | 0,5 | 60 мин | 4,4 | 3,12 | 1,4 | 1,12 | 1,26 | 0,05 |

gost.e-ecolog.ru