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

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПРОСАДОЧНОСТИ ГРУНТОВ СТАТИЧЕСКИМ ЗОНДИРОВАНИЕМ С ПОВЕРХНОСТИ ДНА ШУРФА

Москва — 1972

gost.e-ecolog.ru

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

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПРОСАДОЧНОСТИ ГРУНТОВ СТАТИЧЕСКИМ ЗОНДИРОВАНИЕМ С ПОВЕРХНОСТИ ДНА ШУРФА

ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
Москва — 1972

УДК 624.131.3

В Рекомендациях содержатся указания по области применения метода определения относительной просадочности грунтов статическим зондированием с поверхности дна шурфа. Приводятся требования по производству статического зондирования и определению относительной просадочности в зависимости от коэффициента снижения прочности грунта при замачивании.

3-2-4
План 2—3 кв. 1971 г., № 42

ПРЕДИСЛОВИЕ

В целях уменьшения объема компрессионных испытаний при проведении инженерно-геологических исследований НИИОСП Госстроя СССР при участии Укрвосток ГИИНТИЗ разработали косвенный метод определения относительной просадочности статическим зондированием с поверхности дна шурфа ручным пенетрометром.

Определение относительной просадочности $\delta_{пр}$ этим методом основано на экспериментально устанавливаемой зависимости $\delta_{пр}$ от коэффициента снижения прочности грунта $K_з$ при замачивании, представляющим собой отношение удельных сопротивлений зондированию при естественной влажности $R_е$ и в водонасыщенном состоянии $R_в$ $\left(K_з = \frac{R_е}{R_в}\right)$.

При разработке данного метода был выполнен комплекс исследований по изучению влияния различных факторов на сопротивление зондированию, установлению зависимости относительной просадочности $\delta_{пр}$ при давлении на грунт 3 *кгс/см*^{2} от коэффициента снижения прочности грунта $K_з$, $\delta_{пр} = f(K_з)$ для района Среднего Приднепровья.

Исследования показали, что между относительной просадочностью $\delta_{пр}$ и коэффициентом снижения прочности $K_з$ имеется достаточно тесная корреляционная связь.

Выполненные исследования позволили рекомендовать этот метод для практического применения.

Определение относительной просадочности статическим зондированием ручным пенетрометром рекомендуется производить, как правило, в сочетании с проведением компрессионных испытаний, благодаря чему в 1,5—3 раза уменьшается объем лабораторных испытаний, снижается стоимость и трудоемкость работ.

Настоящие Рекомендации составлены НИИ оснований (*канд. техн. наук В. И. КРУТОВ, инж. Р. П. ЭЙДУК*) при участии Укрвосток ГИИНТИЗ (*инж. В. Г. ЧУХИНИН, В. Г. ТАБОТА, А. Л. РУДЕНКО и канд. геол.-минерал. наук В. И. КОПЕЙКИН*) с учетом замечаний, полученных от изыскательских, проектных организаций и вузов.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие Рекомендации предназначены для определения относительной просадочности грунтов в шурфах статическим зондированием с помощью ручного пенетрометра (приложение 1) косвенным методом, который основан на экспериментально устанавливаемой зависимости относительной просадочности при давлении на грунт $P=3$ *кгс/см*^{2} от коэффициента снижения прочности грунта $K_з$ при замачивании.

Примечание. Коэффициент снижения прочности грунта при замачивании представляет собой отношение удельного сопротивления зондированию при естественной влажности $R_е$ к удельному сопротивлению зондированию в водонасыщенном состоянии $R_в$ $\left(K_з = \frac{R_е}{R_в}\right)$.

1.2. Определение относительной просадочности зондированием рекомендуется осуществлять одновременно с применением общепринятого метода определения относительной просадочности в компрессионных приборах.

При применении статического зондирования ручным пенетрометром монолиты грунтов для компрессионных испытаний отбираются на стадии:

а) проектного задания в пределах деформируемой зоны от нагрузки фундаментов, равной 1,5 b (b — ширина фундамента), через каждые 2 *м* по глубине, а ниже — через 5 *м* на всю величину предполагаемой просадочной толщи;

б) рабочего проектирования в пределах деформируемой зоны через 2 *м* по глубине, а ниже — 3 *м* на всю величину предполагаемой просадочной толщи.

В интервалах между горизонтами отбора монолитов относительная просадочность через 1 *м* по глубине должна определяться статическим зондированием ручным пенетрометром.

Примечания: 1. Для легких малоэтажных зданий (с нагрузкой на колонну до 30 *т* или с нагрузкой по подошве ленточного фундамента до 10 *т/м*) относительную просадочность на всю величину просадочной толщи допускается определять статическим зондированием ручным пенетрометром.

2. Отбор монолитов в соответствии с пп. 1.2 а, б необходимо приурочить к отдельным литологическим слоям толщиной не менее 3 *м*.

3. По отобранным монолитам с каждого горизонта на основе компрессионных испытаний определяются: относительная просадочность, величина начального давления и, в необходимых случаях, величина начальной (критической) влажности.

1.3. Относительная просадочность грунтов статическим зондированием ручным пенетрометром определяется с поверхности дна шурфа по мере его отрывки. Шурфы размером в плане не менее 0,8×1 *м* или диаметром $d \geqslant 0{,}9$ *м* отрываются вручную либо с применением шурфобуров.

1.4. Для определения относительной просадочности грунта на каждом горизонте на одной части дна шурфа производится статическое зондирование на глубину 10 *см* при естественной влажности грунта, а на другой — в водонасыщенном состоянии после предварительного замачивания грунта на глубину 20—25 *см*.

1.5. Средняя величина удельного сопротивления зондированию при естественной влажности $R_{ср.\,е}$ и водонасыщенном состоянии $R_{ср.\,в}$ вычисляется как среднеарифметическая величина из 10 параллельных определений.

1.6. До начала применения статического зондирования с помощью ручного пенетрометра на основе параллельных определений относительной просадочности в компрессионных приборах и статическим зондированием уточняется тарировочная зависимость $\delta_{пр} = f(K_э)$ для исследуемых грунтов площадки или района.

1.7. В целях контроля принятой тарировочной зависимости $\delta_{пр} = f(K_э)$ (см. п. 3.4) в процессе производства работ каждое 10-е определение относительной просадочности статическим зондированием ручным пенетрометром выполняется на горизонте отбора монолитов для компрессионных испытаний на просадочность.

2. ЗОНДИРОВАНИЕ ГРУНТА

2.1. Горизонты для определения относительной просадочности статическим зондированием, так же как и для отбора монолитов для компрессионных испытаний, назначаются в процессе отрывки шурфа с учетом литологического строения лёссовой толщи. Во всех случаях целесообразно зондирование производить в верхних и нижних частях слоя, а при толщине отдельных слоев менее 0,8—1 *м* — в середине слоя.

2.2. Часть дна шурфа для статического зондирования на каждом заданном горизонте должна быть тщательно зачищена. При этом особое внимание обращается на исключение нарушения естественного сложения грунта как за счет уплотнения, так и разуплотнения.

2.3. Зондирование грунта осуществляется в два этапа.

На первом этапе производится зондирование грунта при естественной влажности путем 10 погружений зонда на глубину 10 *см*. Расстояние между точками погружения зонда должно быть не менее 10 *см*.

Результаты зондирования заносятся в журнал (приложение 2).

2.4. На втором этапе производится зондирование грунта в водонасыщенном состоянии, получаемом путем поверхностной заливки воды на части котлована, обвалованной валиком из местного грунта высотой до 10 *см* или огражденной путем задавливания металлической формы. В однородных грунтах вместо этого допускается для замачивания отрывка приямка необходимого размера глубиной 7—10 *см*.

2.5. Замачивание лёссовых грунтов до полного водонасыщения в пределах слоя глубиной 20—25 *см* осуществляется с поверхности дна шурфа расчетным количеством воды Q в $м^3$, определенным по формуле

$$Q = \frac{\gamma_{ск}(W_п - W_е)}{\gamma_у^в} Fhn, \qquad (1)$$

где $\gamma_{ск}$ — объемный вес скелета грунта на исследуемом горизонте в $т/м^3$;

$W_п$ — полная влагоемкость грунта, соответствующая влажности при полном водонасыщении ($G \geqslant 0{,}90$) в %, равная

$$W_п = \frac{G\,\gamma_у^в(\gamma_{уд} - \gamma_{ск})}{\gamma_{уд} \cdot \gamma_{ск}}; \qquad (2)$$

G — степень влажности грунта;

$\gamma_{уд}$ — удельный вес грунта в $т/м^3$.

$W_е$ — естественная влажность грунта в %;

$\gamma_у^в$ — удельный вес воды в $т/м^3$, равный 1;

F — площадь замачиваемой части дна котлована в $м^3$;

h — необходимая глубина замачивания в *м*;

n — коэффициент, учитывающий растекание воды в стороны, принимаемый $n=1{,}2$.

2.6. Зондирование просадочного грунта в водонасыщенном состоянии производится после полной инфильтрации воды в грунт, но не позднее чем через 10 *мин*, пу-

тем выполнения также 10 погружений наконечника зонда на глубину 10 *см* с занесением результатов зондирования в журнал (приложение 2).

2.7. Задавливание наконечника в грунт в процессе зондирования осуществляется равномерным нажимом (без рывков) со скоростью 4—5 *см* в секунду при вертикальном положении пенетрометра.

2.8. Зондирование при естественной влажности и в водонасыщенном состоянии грунта выполняется обычно наконечником-зондом площадью $F=2$ *см*^{2}. В том случае, если сопротивление зондированию в водонасыщенном состоянии окажется очень малым (меньше 10 делений по индикатору), следует применять наконечник площадью 3 или 5 *см*^{2}.

При невозможности задавливания в грунт естественной влажности наконечника площадью 2 *см*^{2} на необходимую глубину 10 *см* рекомендуется применять наконечники площадью 0,5—1 *см*^{2}.

2.9. При перерывах в работе и изменении влажности верхнего слоя грунта за счет высыхания или замачивания боле чем на 2% против естественной до начала зондирования при естественной влажности верхний слой грунта с измененной влажностью должен быть удален.

2.10. Отбор монолитов на горизонтах выполнения статического зондирования для компрессионных испытаний производится на той же глубине, что и зондирование со стенки или дна шурфа. При этом особое внимание должно обращаться на сохранение естественной структуры и влажности грунта.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПРОСАДОЧНОСТИ ГРУНТА

3.1. Для определения относительной просадочности грунта в соответствии с п. 1.5 вначале находятся средние величины сопротивления зондированию грунта при естественной влажности $R_{ср.\,е}$ и в водонасыщенном состоянии $R_{ср.\,в}$, а затем средние величины удельного сопротивления зондированию $R^{у}_{ср.е}$ и $R^{у}_{ср.в}$, равные при применении наконечников различной площади (п. 2.8):

$$R^{у}_{ср.е} = \frac{R_{ср.\,е}}{F_е}; \quad R^{у}_{ср.в} = \frac{R_{ср.\,в}}{F_в}, \qquad (3)$$

где $F_е$ и $F_в$ — площади поперечного сечения наконечника-зонда, примененного соответственно при зондировании грунта естественной влажности и в водонасыщенном состоянии.

3.2. Коэффициент снижения прочности при замачивании лёссового грунта при зондировании равен:

одним наконечником-зондом

$$K_з = \frac{R_{ср.е}}{R_{ср.в}}; \qquad (4)$$

различными наконечниками

$$K_з = \frac{R^{у}_{ср.е}}{R^{у}_{ср.в}}. \qquad (5)$$

3.3. Относительная просадочность при давлении на грунт $P=3$ *кгс/см*^{2} определяется в зависимости от коэффициента $K_з$, пользуясь экспериментально установленной для исследуемого района тарировочной зависимостью $\delta_{пр}=f(K_з)$, которая в общем виде принимается равной

$$\delta_{пр} = a(K_з - 1), \qquad (6)$$

где a — коэффициент, определяемый методом наименьших квадратов.

Примечание. Тарировочная зависимость $\delta_{пр}=f(K_з)$ для района Среднего Приднепровья приведена в приложении 3.

3.4. Тарировочная зависимость $\delta_{пр}=f(K_з)$ для каждого нового района должна устанавливаться на основе не менее 20 параллельных определений относительной просадочности (в компрессионных приборах и статическим зондированием), охватывающих равномерно весь диапазон изменений просадочных свойств грунтов. При этом коэффициент корреляции должен быть не ниже 0,8.

3.5. Компрессионные исследования для получения или уточнения тарировочной зависимости (пп. 1.7; 3.4) должны выполняться не менее чем с двукратной повторностью.

3.6. Для уточнения тарировочной зависимости $\delta_{пр}=f(K_з)$ на вновь осваиваемых площадках, на кото-

рых вещественный состав грунтов может существенно отличаться от исследованных ранее, должны выполняться не менее 6 параллельных определений относительной просадочности в компрессионном приборе и статическим зондированием. При этом желательно охватить грунты, характеризующиеся максимальными и минимальными просадочными свойствами.

3.7. По мере накопления дополнительных данных принятая для работы тарировочная зависимость $\delta_{пр} = f(K_з)$ уточняется.

3.8. Переход от относительной просадочности $\delta_{пр}$ при давлении на грунт 3 *кгс/см*^{2} к относительной просадочности $\delta_{пр\,i}$ при меньших давлениях или больших давлениях, но не более 4 *кгс/см*^{2} осуществляется по полученным на основе статической обработки зависимости $\delta_{пр} = f(K_з)$ по формулам:

а) для лёссов и лёссовидных супесей с числом пластичности $W_п < 10$

$$\delta_{пр\,i} = \delta_{пр} \cdot 0{,}33 \frac{P_i}{P_1}; \qquad (7)$$

б) для лёссовидных суглинков с числом пластичности $10 \leqslant W_п \leqslant 14$

$$\delta_{пр\,i} = \delta_{пр}\, 0{,}37 \left(\frac{P_i - 0{,}30}{P_1} \right); \qquad (8)$$

в) для лёссовидных суглинков и глин при $W_п > 14$

$$\delta_{пр\,i} = \delta_{пр}\, 0{,}42 \left(\frac{P_i - 0{,}60}{P_1} \right), \qquad (9)$$

где P_i — давление на грунт, при котором определяется относительная просадочность, в *кгс/см*^{2};

P_1 — давление, равное 1 *кгс/см*^{2}.

Примечание. При наличии достаточных данных компрессионных испытаний по определению $\delta_{пр}$ при различных давлениях приведенные в формулах (7)—(9) зависимости для изучаемого региона должны быть уточнены статистической обработкой имеющихся данных.

Оборудование для статического зондирования с поверхности дна шурфа

1. Статическое зондирование с поверхности дна шурфа выполняется ручным пенетрометром и основано на замере сопротивления зондированию динамометром сжатия.

2. Ручной пенетрометр конструкции НИИ оснований (рис. 1) состоит из корпуса, иглы, сменного наконечника-зонда с углом заострения 60° и площадью 0,5; 1, 2; 3; 5 *см*², стандартного динамометра грузоподъемностью 50—200 *кг*, позволяющего замерять полное сопротивление зондированию с точностью до 0,4 *кг* (цена деления индикатора), стойки, крепежного болта, ручки для погружения зонда и индикатора к динамометру.

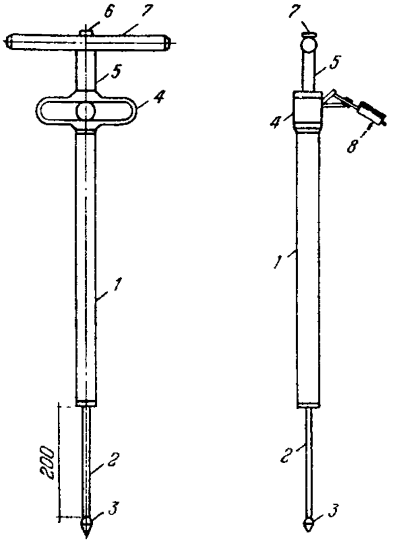

Рис. 1. Ручной пенетрометр НИИ оснований

1 — корпус; *2* — игла; *3* — сменный наконечник; *4* — динамометр сжатия; *5* — стойка; *6* — крепежный болт; *7* — ручка; *8* — индикатор динамометра

3. Пенетрометр хранится в разобранном виде в специальном ящике и собирается непосредственно на месте производства испытаний в следующем порядке:

к корпусу прибора *1* привинчивается игла *2;*

на иглу *2* навинчивается соответствующей площади наконечник-зонд *3*;

корпус прибора *1* соединяется с динамометром *4;*

в отверстие стойки *5* вставляется ручка *7* и через них пропускается крепежный болт *6*;

в собранном виде ручка крепится крепежным болтом к динамометру;

на динамометр устанавливается индикатор *8*, стрелка которого в ненагруженном состоянии должна показывать отсчет 1 *мм*.

Разборка прибора производится в обратной последовательности.

4. Принцип работы ручного пенетрометра состоит в том, что вертикальное усилие от оператора передается через ручку на динамометр и через него на наконечник-зонд.

При погружении наконечника-зонда в грунт на глубину 10 *см*, что определяется по кольцевым меткам-прорезям на игле (стержне), записывается по показаниям динамометра усилие вдавливания.

5. Усилие вдавливания по динамометру сжатия определяется по предварительно полученной тарировочной зависимости для данного динамометра между показаниями индикатора и нагрузкой.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Журнал

определения относительной просадочности грунта статическим зондированием

№ п.п.	Место объекта	№ шурфа	№ бурового журнала	Глубина горизонта зондирования	Состояние грунта	Площадь наконечника в $см^2$	Сопротивление зондированию R или отсчеты в точках №										$P_{ср}$ в $кгс/см^2$	$P^{у}_{ср}$ в $кг/см^2$	$K_з$	$\delta_{пр}$
							I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X				
					Естественная влажность															
					Полное водонасыщение															
					Естественная влажность															
					Полное водонасыщение															
					Естественная влажность															
					Полное водонасыщение															

Инженер-геолог _____ (подпись) *Буровой мастер* _____ (подпись)

Тарировочная зависимость $\delta_{пр}=f(K_з)$ для района Среднего Приднепровья

1. Тарировочная зависимость $\delta_{пр}=f(K_з)$ для района Среднего Приднепровья получена на основе статистической обработки 228 параллельных определений относительной просадочности при $P=3$ *кгс/см*^{2}, определенной в основном по методу двух кривых и результатов статического зондирования с поверхности дна шурфа ручным пенетрометром на глубину $h=10$ *см* при 6—10-кратной повторности.

2. Между относительной просадочностью $\delta_{пр}$ при давлении на грунт 3 *кгс/см*^{2} и коэффициентом снижения прочности $K_з$ лёссовых грунтов Среднего Приднепровья наблюдается тесная корреляционная связь (коэффициент корреляции $r=0{,}914$).

3. По полученным данным и результатам статистической обработки зависимость между относительной просадочностью $\delta_{пр}$ и коэффициентом снижения прочности $K_з$ принята прямолинейной (рис. 2). Так как при $K=1$ относительная просадочность $\delta_{пр}=0$, уравнение прямой будет иметь вид

$$\delta_{пр} = a\,(K_з - 1),$$

где a — коэффициент, определенный методом наименьших квадратов, равный 2,3.

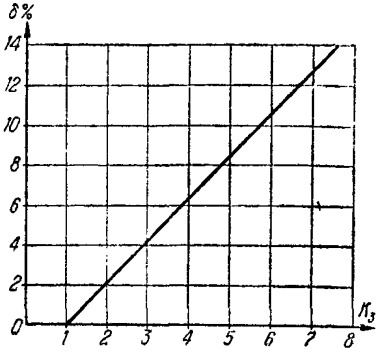

Рис. 2. График зависимости относительной просадочности $\delta_{пр}$ при давлении на грунт 3 *кгс/см*^{2} от коэффициента снижения прочности грунта $K_з$ при замачивании

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие 3
1. Общие положения 4
2. Зондирование грунта 5
3. Определение относительной просадочности грунта . . 7
Приложение 1. Оборудование для статического зондирования с поверхности дна шурфа 10
Приложение 2. Журнал определения относительной просадочности грунта статическим зондированием . . . 12
Приложение 3. Тарировочная зависимость $\delta_{пр}=f(K_э)$ для района Среднего Приднепровья 13

НИИОСП Госстроя СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ
ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПРОСАДОЧНОСТИ ГРУНТОВ
СТАТИЧЕСКИМ ЗОНДИРОВАНИЕМ С ПОВЕРХНОСТИ ДНА ШУРФА

* * *

Стройиздат
Москва, К-31, Кузнецкий мост, д. 9

* * *

Редактор издательства Л. Т. Калачева
Технический редактор В. Д. Павлова
Корректор О. В. Стигнеева

Сдано в набор 1/VII-1971 г. Подписано к печати 18/X-1971 г. Т-16721
Бумага 84×108¹/₃₂ 0,25 бум. л.-0,84 усл. печ. л. (уч.-изд. 0,58 л.) Тираж 15 000 экз.
Изд. № 1544Л Заказ № 3602 Цена 3 коп.

Типография № 4 Управления по печати Ленгорисполкома, г. Пушкин

gost.e-ecolog.ru