ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ

ПНСТ
Проект

ГРУНТЫ
МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ БОКОВОГО ДАВЛЕНИЯ ПЛОСКИМ ДИЛАТОМЕТРОМ

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения

Москва
Стандартинформ
2021

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное предприятие «Геотек» (ООО «НПП «Геотек»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от_____ № _____

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта и проведения его мониторинга установлены в ГОСТР 1.16—2011 (разделы 5 и 6).

Национальный орган Российской Федерации по стандартизации собирает сведения о практическом применении настоящего стандарта. Данные сведения, а также замечания и предложения по содержанию стандарта можно направить не позднее, чем за девять месяцев до истечения срока его действия, разработчику настоящего стандарта по адресу: 440068 Пенза, ул. Центральная, 1М и в национальный орган Российской Федерации по стандартизации по адресу:__.

В случае отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемых информационном указателе «Национальные стандарты» и журнале «Вестник технического регулирования». Уведомление будет размещено также на официальном сайте национального органа Российской Федерации в сети Интернет (www.gost.ru)

© Стандартинформ, 2021

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Общие положения 2
5 Сущность метода 3
6 Оборудование и приборы 6
7 Подготовка к выполнению испытаний 8
8 Проведение испытаний 9
9 Обработка результатов 10
Приложение А (рекомендуемое). Журнал измерений 12
Приложение Б (обязательное). Градуировочное устройство 13
Приложение В (рекомендуемое). Журнал градуировки датчика давления 14
Приложение Г (обязательное). Пример градуировочного графика 15
Приложение Д (обязательное). Паспорт испытаний 16
Приложение Е (обязательное). Коэффициент релаксации напряжения 17

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ

ГРУНТЫ
МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ БОКОВОГО ДАВЛЕНИЯ ПЛОСКИМ ДИЛАТОМЕТРОМ

Soils. Standard test method for measurement flat dilatometer

Дата введения –

Дата окончания -

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт распространяется на дисперсные грунты и устанавливает метод измерений бокового давления в природном грунтовом массиве при проведении инженерно-геологических и геотехнических исследований.

1.2 Стандарт не распространяется на измерения давлений в крупнообломочных и вечномерзлых грунтах; песчаных и глинистых грунтах с крупнообломочным заполнением более 20% объема.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 19912-2012 Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием

ГОСТ 20522-2012 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний

ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация

ГОСТ 30672-2012 Грунты. Полевые испытания. Общие положения

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 25100 и ГОСТ 30672, а также следующие термины с соответствующими определениями:

Боковое давление: Горизонтальное напряжение от собственного веса грунта на заданной глубине от поверхности грунта.

Грунтовый массив: Природная, неоднородная среда с дискретными физическими и механическими свойствами в трехмерном пространстве.

Зонд: Устройство, погружаемое в грунт и состоящее из штанги и наконечника в виде плоской пластины с датчиком давления.

Датчик давления: Тензометрический датчик давления с гидравлическим преобразователем.

Точка измерения: Место, в котором планируется или проведено измерение бокового давления в грунте с известными географическими координатами.

Силовое устройство: Устройство для вдавливания и извлечения зонда механического или гидравлического действия.

4 Общие положения

4.1 Общие требования к полевым испытаниям грунтов, оборудованию и приборам, подготовке площадок для испытаний приведены в ГОСТ 30672.

4.2 Метод измерения бокового давления плоским дилатометром соответствует ГОСТ 19912, развивая и дополняя его в части получения информации о начальном напряженном состоянии массива грунта, характеризуемое горизонтальными и вертикальными напряжениями от собственного веса грунта.

4.3 Измерения бокового давления в грунтовом массиве должны проводиться по программе инженерно-геологических или геотехнических исследований, составляемых изыскательской организацией и отвечающей требованиям, настоящего стандарта. Выбор горизонтов проведения измерений назначается по инженерно-геологическому разрезу. Точки исследования массива при проведении измерений должны быть обеспечены планово-высотной привязкой геодезическими методами.

4.4 В процессе измерений бокового давления плоским дилатометром ведут журнал, форма которого приведена в Приложении А, а при автоматизации процесса испытаний и обработки данных с помощью компьютерных программ результаты испытаний хранятся в базе данных испытаний в одном из электронных форматов.

4.5 Выполнение измерений бокового давления плоским дилатометром допускается проводить в условиях, установленных паспортными данными используемой измерительной аппаратуры, требования к которой приведены в п.п. 6.1.1, 6.3, 6.4.

4.6 При разнице температур окружающей среды и грунта более 5°С в результаты измерения нулевой отметки шкалы измерения должны вводиться температурные поправки, в соответствии с параметрами измерительной аппаратуры.

4.7 При проведении измерений необходимо определить номинальные значения влияющих величин: температура среды на поверхности грунта и на исследуемом горизонте, относительная влажность воздуха и атмосферное давление, напряжение питания измерительной аппаратуры.

5 Сущность метода

5.1 Измерения бокового давления в природном грунтовом массиве осуществляется датчиком давления, входящий в состав конструкции плоского зонда (рис. 1) в момент вдавливания последнего в грунтовый массив.

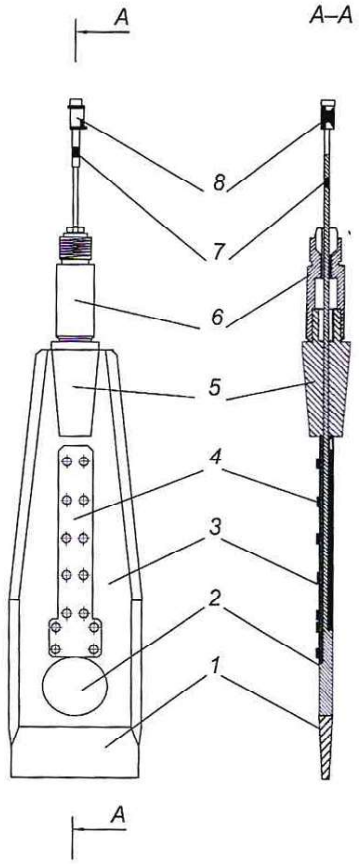
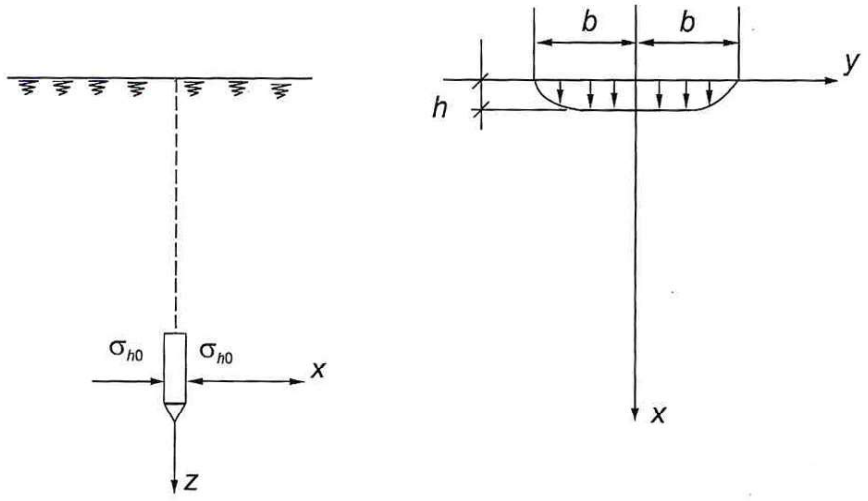


Рисунок 1. Конструкция зонда: 1 – наконечник; 2. – датчик давления грунта; 3 – рабочая часть зонда; 4 – крышка канала вывода кабеля; 5 – конус; 6 – переходник с резьбой под штангу; 7 – кабель; 8 – разъем

5.2 Измерения бокового давления в природном грунтовом массиве (рис. 2а) выполняются прямым методом, основанном на многократном измерении бокового давления на одной и той же глубине от поверхности и в одном и том же инженерно-геологическом элементе.



а) б)

Рисунок 2. Напряженное состояние вблизи задавливаемого зонда: а – измеряемое боковое давление; б – схема к решению упругой задачи раскрытия трещины

5.3 При измерениях давлений в грунтовом массиве определяют:

– коэффициент бокового давления в состоянии покоя;
– мгновенный модуль общей деформации;
– длительный модуль общей деформации;
– коэффициент релаксации напряжений.

5.4 Процесс вдавливания зонда в грунт осуществляется путем раздвижки грунта и вытеснения его в стороны от боковой поверхности. В результате этого на боковой поверхности зонда возникают контактные давления, как реакция природного грунта на вдавливание, которые интегрально отражают природное боковое давление, действующее в данной точке массива (σ_{h0}), так и дополнительное давление $(\Delta\sigma_h)$, вызванное внешним воздействием за счет вдавливания зонда. Таким образом, измеряемое на контакте зонда с грунтом давление (σ_h) можно представить в виде:

$$\sigma_h = \sigma_{h0} + \Delta\sigma_h . \quad (1)$$

При вдавливании зонда в грунтовый массив грунту задается толщиной пластинки постоянное перемещение (деформация) и измеря-

ется реакция, что соответствуют испытанию грунта в режиме релаксации напряжений. При таком режиме испытания грунтов в начальный момент времени ($t_н$) вдавливания зонда реакция грунта максимальная, а после остановки и выдержки во времени происходит релаксация напряжений. Скорость релаксации напряжений определяется реологическими свойствами грунта. При этом релаксируют только дополнительное давление ($\Delta\sigma_h$), вызванное внешним воздействием – раздвижкой грунта, а природные горизонтальные напряжения (σ_{h0}) остаются в данной точке неизменными (рис. 3).

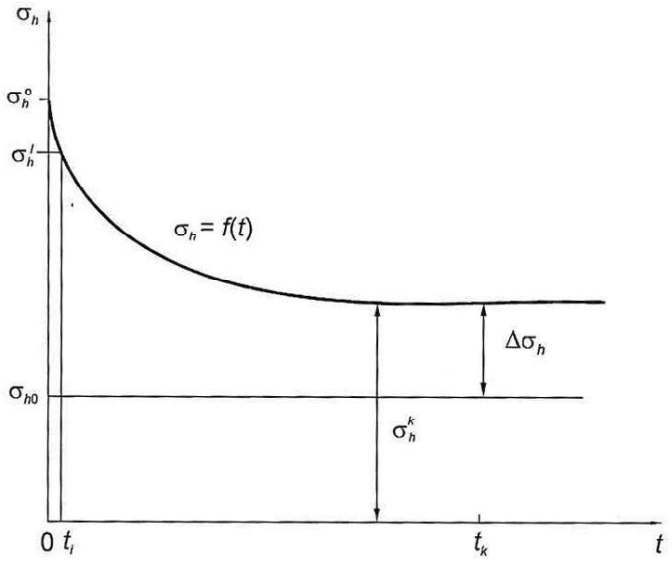


Рисунок 3. Схема релаксации напряжений

Релаксация напряжений на заданной глубине производится до стабилизированных значений измеряемого давления (σ_h), при этом в зависимости от физических свойств грунта (плотность, структурная прочность и др.) дополнительные давления релаксируют до конечных значений и, чем выше плотность и структурная прочность, тем больше значения остаточного дополнительного давления, а в слабых грунтах $\Delta\sigma_h$ релаксируют до нулевых значений, тогда:

$$\sigma_h = \sigma_{h0}. \qquad (2)$$

5.5 Вдавливание зонда рассматривается, как процесс образования и расширения трещины в упругой среде за счет приложенного изнутри давления. Решение подобной задачи получено В. Новацким [1] в условиях упругой плоской задачи раскрытия трещины шириной 2*b* в виде уравнения:

$$\overline{\sigma}_0 = \frac{Eu_x}{2\left(1-\mu^2\right)\sqrt{b^2-y^2}} = \frac{2Eh}{\left(1-\mu^2\right)B}, \quad (3)$$

где σ_0 – давление на границе трещины; u_x– перемещение границы трещины; μ – коэффициент Пуассона; b – полуширина трещины; $B = 2b$ – ширина пластины зонда; h – толщина пластины зонда; E – модуль деформации.

Из уравнения (3) зависимость для модуля деформации имеет вид:

$$E = \frac{\left(1-\mu^2\right)\sigma_h B}{h} \quad (4)$$

где σ_h – измеряемое боковое давление.

5.6 Определение напряжений в грунте в процессе релаксации выполняют с использованием реологической модели Максвелла-Шведова:

$$\sigma_h^t = \sigma_h^k + (\sigma_h^0 - \sigma_h^k)\exp(-t_i / n) \quad (5)$$

где σ_h^k – стабилизированное значение измеренного давления; σ_h^i – начальное измеренное давление, соответствующее времени t_i =1 мин.; t_i – значение времени в процессе релаксации; n – коэффициент релаксации (Приложение Е).

Примечание 1 – Для аппроксимации данных релаксации напряжений могут быть использованы и другие функции [2].

6 Оборудование и приборы

6.1 В состав установки для измерений бокового давления и подготовке к ним должны входить:

– зонд;

– устройство для вдавливания и извлечения зонда;

– опорно-анкерное устройство (при необходимости);

– измерительная система;

– устройства калибровки датчиков.

6.1.1 Измерительная система должна иметь не менее четырех измерительных каналов для измерения показаний датчика давления, датчика силы, датчика перемещений и датчика угла наклона.

Примечание 2 – Допускается использование дополнительных каналов, например, для измерения температуры грунта, скорости поперечных волн, порового давления и др.

6.2 Опорно-анкерное устройство должно воспринимать реактивные усилия, возникающие при вдавливании и извлечении зонда.

6.3 Основная погрешность измерительных каналов должна быть не более:

– ±2 % – при измерении прикладываемой осевой нагрузки;

– ± 1,5% – при измерении бокового давления;

– не более 2^0 – при измерении отклонения зонда от вертикали;

– ± 1 см при измерении глубины погружения.

6.4 Градуировка датчиков и калибровка каналов измерительной системы должны выполняться не реже чем через три месяца, а также после испытаний, в которых нагрузка на датчики была близка или превышала максимально допустимое значение (по паспорту фирмы изготовителя) или было зарегистрировано значительное смещение нуля.

6.4.1 Для градуировки датчиков следует применять в лабораторных и полевых условиях устройство для гидростатической градуировки, в соответствии с Приложением В.

6.4.2 Проверку смещения нуля следует проводить перед и после каждого испытания. Ее результаты следует учитывать при обработке результатов измерений и балансировке измерительной системы.

6.4.3 Контрольная градуировка и контроль работоспособности зонда в полевых условиях выполняется с помощью устройства для градуировки.

6.4.4 Результаты градуировок заносятся в журнал, форма которого представлена в рекомендуемом Приложении Г.

6.5 Выбор датчика давления следует производить по номинально-допустимому давлению ($P_{Н.Д}$). Рабочий диапазон измерений для обеспечения заданной точности измерений должен приниматься в интервале $(0,2 – 1,0)P_{Н.Д.}$

6.6 Величину $P_{Н.д}$ датчика давления следует выбирать в зависимости от физического состояния грунтов, глубины зондирования, уровня грунтовых вод:

– для рыхлых песков, слабых водонасыщенных глинистых грунтов, торфов и лессовых грунтов при зондировании до 10 метров ($P_{Н.Д.}$ = 0,5 МПа);

– для глинистых грунтов полутвердой и твердой консистенции и плотных песков при глубине зондирования до 10 метров и при глубине зондирования более 10 метров для других видов грунтов ($P_{Н.Д.}$=1,0 МПа);

– для плотных песков и глинистых грунтов полутвердой и твердой консистенции при глубине зондирования более 10 метров ($P_{Н.Д.}$> 1,0 МПа).

6.7 Рабочая часть зонда должна быть выполнена в виде тонкой заостренной пластины с тем, чтобы при ее погружении в грунт минимизировать разрыв сплошности грунта и обеспечить полный контакт ее поверхности с грунтом.

6.8 Края рабочей поверхности пластины должны быть закруглены для уменьшения концентрации напряжений. Конструкция пластины должна иметь соотношения геометрических размеров толщины h к ширине B не более $h/B \leq 0{,}2$. Угол заострения зонда должен быть не более 20°.

6.9 Конструкция переходных элементов от зонда к силовому устройству не должна создавать дополнительные погрешности при измерениях.

6.10 Конструкция зонда должна отвечать следующим условиям:

6.10.1 Модуль упругости датчика давления должен быть не менее чем в десять раз выше модуля упругости исследуемого грунта.

6.10.2 Измерение бокового давления должно осуществляться непосредственно на контактной поверхности рабочей части зонда.

6.11 Для вдавливания и извлечении зонда следует применять силовые устройства буровых машин, используемых в инженерно-геологических исследованиях.

6.12 Отклонение вертикальной оси зонда при его вдавливании не должно превышать ±2°.

6.13 Конструкция силового устройства должна обеспечивать возможность прохождения кабеля внутри колонны штанг, используемых для вдавливания.

7 Подготовка к выполнению испытаний

7.1 При подготовке к испытаниям должны быть выполнены следующие работы:

– визуальный осмотр зонда и измерительной системы;
– монтаж рабочей части зонда на штанге;
– пропускание электрического кабеля через набор штанг;
– монтаж колонны штанг на силовом устройстве буровой машины;
– подключение и опробование измерительной системы.

7.2 Перед началом испытаний зонд осматривают, устанавливая отсутствие механических и прочих повреждений зонда и кабеля, вызванных транспортировкой.

7.3 Производят подготовку силового устройства для вдавливания зонда в грунтовый массив в соответствии с инструкцией по ее эксплуатации и выполняют при необходимости его анкеровку.

7.4 Мачту силового устройства устанавливают в месте испытаний. Отклонение мачты установки от вертикали не должно превышать ±2°.

7.5 В случае проведения измерений бокового давления из забоя скважины, выполняют лидирующую скважину диаметром равным ширине зонда, забой которой не достигает отметки измерений на расстояние не менее 4-х диаметров скважины.

7.6 Выполняют монтаж зонда на 1-ом звене колонны штанг.

7.7 Кабель пропускают через комплект соединительных задавливающих штанг. Длина кабеля и суммарная длина соединительных штанг должны обеспечивать возможность вдавливания зонда на наинизшем проектном горизонте измерений бокового давления.

7.8 Подключают кабель к измерительной системе.

7.9 Проводят опробование измерительных каналов с целью установления их работоспособности, осуществляя контрольную градуировку датчика давления следующим образом:

7.9.1 Рабочая часть зонда вставляется в устройство градуировки (Приложение В) и выполняют трехкратную нагрузку-разгрузку датчика давления.

7.9.2 Результаты контрольной градуировки заносят в журнал измерений и сверяют с результатами лабораторной градуировки датчика давления (Приложение В).При различии в показаниях не более 5% зонд считается пригодным к выполнению измерений. В противном случае необходимо выполнить повторную градуировку.

8 Проведение испытаний

8.1 Зонд, соединенный с силовым устройством штангами, располагают у поверхности массива грунта и записывают начальные показания измерительных каналов.

8.2 При выполнении измерений из забоя скважины зонд опускают до забоя и выдерживают в таком положении в течение 30 минут и записывают начальные показания датчика давления.

8.3 Снятие показаний проводят не менее трех раз за период выдерживания. Результат измерения фиксируют в качестве нулевых показаний датчика давления.

8.4 В случае нахождения в массиве грунтовых вод, устанавливают превышение отметки поверхности грунтовых вод над глубиной испытаний и проводят корректировку нулевых показаний датчика давления, обусловленную гидростатическим обжатием.

8.5 При вдавливании зонда из скважины расстояние от забоя до точки измерения не должно быть менее четырех диаметров скважины.

8.6 Вдавливание зонда производят равномерно с максимально возможной скоростью, которую обеспечивает силовое устройство.

8.7 В процессе вдавливания проводится снятие показаний датчика осевой нагрузки и датчика перемещений через каждые 1-2 с.

8.8 При достижении заданной глубины вдавливание прекращают и нагрузку на вдавливающие штанги полностью снимают.

8.9 В момент прекращения вдавливания и снятия нагрузки фиксируют показание измерительной системы, и этот момент принимается за начало отсчета времени данного измерения (t_O).

8.10 Дальнейшую регистрацию показаний датчика давления проводят через 1; 2; 5; 10; 20; 30; 60 минут после начала данного измерения до условной стабилизации бокового давления (релаксации напряжений), принимаемая в 1 кПа за один час.

8.11 Зонд извлекают из грунтового массива на поверхность и проводят регистрацию конечных "нулевых" показаний измерительной системы.

8.12 Результаты измерений фиксируют в журнале измерений (Приложение А) и хранят в базе данных компьютера в одном из электронных форматах данных.

9 Обработка результатов

9.1 По результатам испытаний проводят обработку измерений следующим образом:

9.1.1 Определяют приращение измеренного давления $\Delta\sigma_h$ над начальным "нулевым-мгновенным" значением в фиксированные моменты времени, указанные в п. 8.10.

9.1.2 Строят график зависимости $\sigma_h = f(t)$ (рис. 3) при времени от начала опыта, до момента условной стабилизации измеренного давления для данного испытания. При этом за начало отсчета времени принимается значение времени равное 1 мин.

9.1.3 Используя формулу (4), определяют модули деформации:

– мгновенный модуль деформации при $\sigma_h = \sigma_h^i$;

– длительный модуль деформации при $\sigma_h = \sigma_h^k$.

9.1.4 Коэффициент бокового давления находят из выражения:

$$K_0 = \frac{\sigma_{h0}}{\sigma_{v0}}, \qquad (6)$$

где σ_{v0} – вертикальные напряжения от собственного веса грунта. Ниже грунтовых вод напряжения определяются с учетом взвешивающего действия воды.

9.1.5 Напряжения соответствующие заданному периоду времени релаксации находятся с использованием уравнения (5).

9.2 Статистическую обработку результатов измерений проводят в соответствии с ГОСТ 20522. Для статистической обработки принимают результаты измерений по различным испытаниям, но соответствующие одному и тому же времени от момента остановки зонда в точке измерения и начала испытания.

Библиография

[1] Новацкий В. Теория упругости. – М.: Мир, 1975.
[2] Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов. – М.: Высшая школа, 1978.

Приложение А
(рекомендуемое)

Журнал измерений

Площадка: Объект:
Номер точки измерения:
Привязка точки измерения: Долгота Широта
Абсолютная отметка поверхности грунта
Глубина от поверхности гранта, м:
Номер зонда:
Дата измерений:

Глубина, м	Время, с	Давление, кПа	Примечания

Испытания провел _____ Ф.И.О
Дата

Приложение Б
(обязательное)

Градуировочное устройство

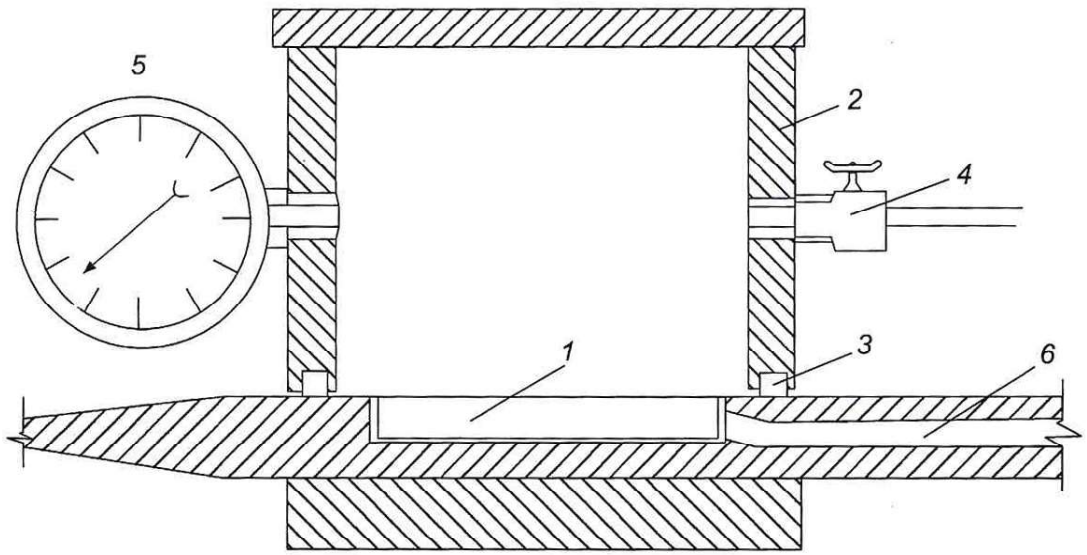


Схема устройства для гидростатической градуировки датчика давления:
1 – месдоза, установленная в теле зонда; 2 – кондуктор для создания гидростатического давления жидкости; 3 – кольцевой уплотнитель; 4 – кран подачи давления жидкости; 5 –образцовый манометр для контроля давления жидкости в кондукторе; 6 – кабель

Приложение В
(рекомендуемое)

Журнал градуировки датчика давления

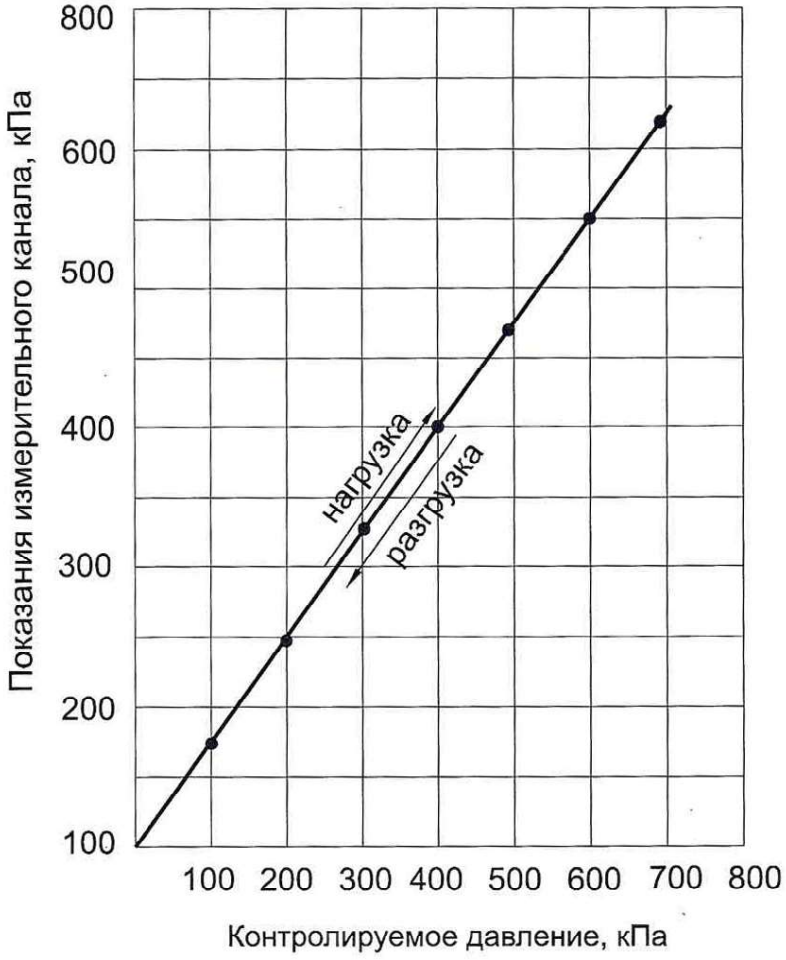
Номер зонда: _____
Номинально-допустимое давление: _____ МПа (кПа)
Данные по средствам измерения: _____
Манометр образцовый №: _____
Максимальное давление: _____ МПа (кПа)

Действительное давление МПа (кПа)	Цикл прямого хода по измерителю			Среднее значение	Вариация		Цикл обратного хода по измерителю			Среднее значение	Вариация	
	1	2	3		абс. в делен.	отн. в %	1	2	3		абс. в делен.	отн. в %

Испытания провел _____ Ф.И.О.
Дата

Приложение Г
(обязательное)

Пример градуировочного графика



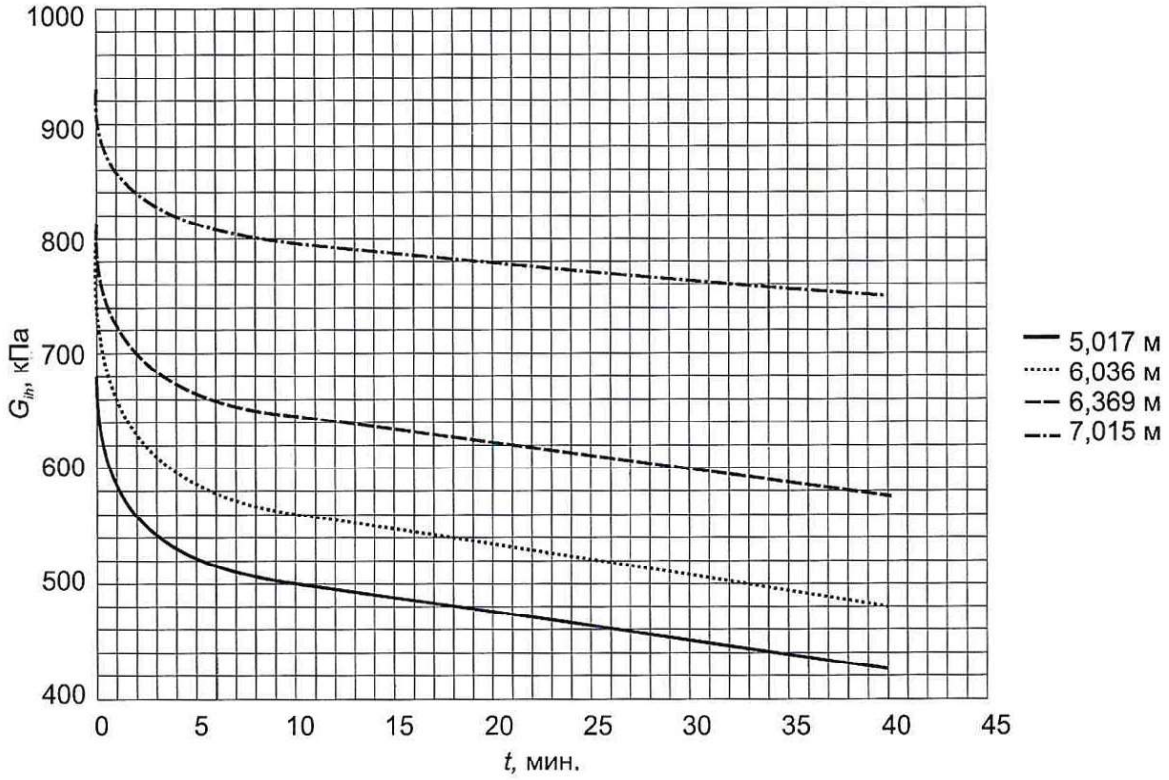
Зонд №: _____ Измерительный канал №: _____

Испытания провел _____ Ф.И.О.
Дата

Приложение Д
(обязательное)

Паспорт испытаний

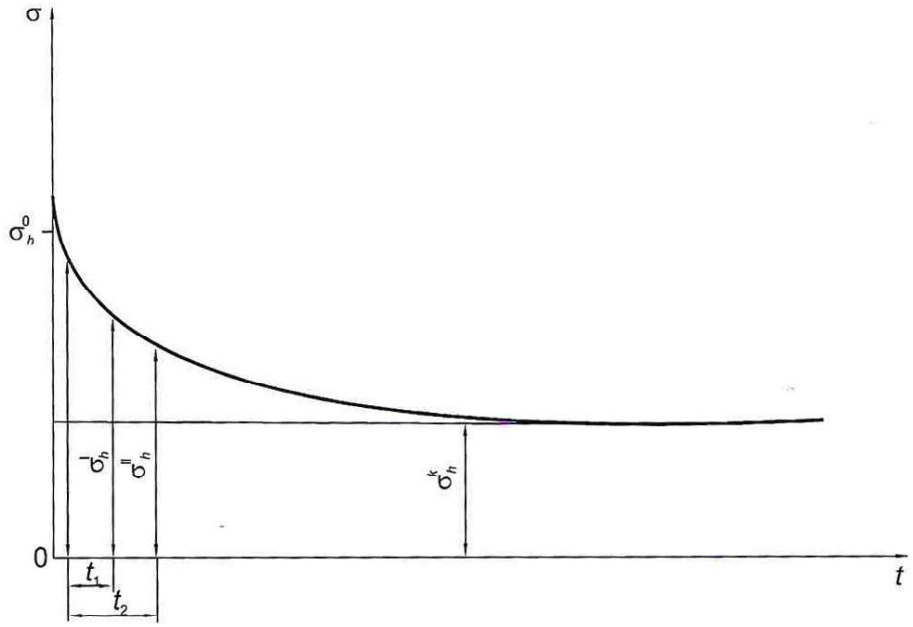
Площадка: Объект:
Номер точки измерения:
Привязка точки измерения: Долгота _____ Широта _____
Абсолютная отметка поверхности грунта _____
Глубина от поверхности гранта, м: _____



Испытания провел _____ Ф.И.О.
Дата

Приложение Е
(обязательное)

Коэффициент релаксации напряжения



Из выражения (Е.1) можно определить коэффициент релаксации n соответствующий выбранному периоду времени $t_2=2t_1$:

$$n = \frac{t_1}{\ln \dfrac{\sigma_h^0 - \sigma_h^{II}}{\sigma_h^0 - \sigma_h^{I}}}, \qquad (Е.1)$$

где σ_h^0 – начальное измеренное давление, соответствующее времени t = 1 мин.; σ_h^{I} – измеренное давление, соответствующее первому выбранному периоду времени; σ_h^{II} – измеренное давление, соответствующее второму выбранному периоду времени; t_1 – значение первого выбранного периода времени в процессе релаксации.

ПНСТ (проект)

УДК 624.131.386 ОКС 19.060

Ключевые слова: полевые испытания, боковое давление, плоский дилатометр, коэффициент релаксации, модуль деформации

Руководитель организации-разработчика
ООО «НПП «Геотек»
Генеральный директор И.Х.Идрисов

Руководитель разработки
Директор по научной работе
и инновациям Г.Г.Болдырев