

**Задание на 9.11.2020 г.**

## **8 ТЕРМОМЕТРИЯ**

### **8.1 Общие положения**

Согласно ГОСТ 25358-2012 Грунты. Метод полевого определения температуры, Измерения температуры грунтов должны проводиться в заранее подготовленных и выстоянных термометрических скважинах переносными или стационарными термоизмерительными комплектами, представляющими собой гирлянды электрических датчиков температуры с соответствующей измерительной аппаратурой, устройствами для накопления информации (логгеры) в автоматическом режиме и дистанционной передачи данных или гирлянды "заленивленных" ртутных термометров; допускается применение отдельных датчиков, в том числе малоинерционных.

Многоканальные термоизмерительные системы с центральным пультом измерений или персональным компьютером (ПК), предназначенные для проведения длительных (режимных) наблюдений за температурой грунтов в термометрических скважинах на групповых опытных площадках или в основаниях зданий и сооружений, должны изготавливаться по проектам, разработанным с учетом инженерно-геологических и климатических условий района работ.

Температуру мерзлых, промерзающих и протаивающих грунтов следует выражать в градусах Цельсия с округлением до 0,1 °С.

Инструментальная погрешность приборов для полевых измерений температуры грунтов не должна превышать:

±0,1 °С	-	в диапазоне температур	±3°С;
±0,2 °С	"	"	" св. ±3 °С до ±10 °С включ.;
±0,3 °С	"	"	" св. ±10 °С.

Аппаратура и приборы для измерения температуры перед началом и после окончания полевого сезона, а также после выявления и устранения неисправностей должны поверяться сопоставлением их с образцовыми мерами и иметь аттестаты поверок, содержащие величины поправок.

Многоканальные термоизмерительные системы должны содержать устройства для калибровки и периодически поверяться по всем каналам (согласно инструкции по эксплуатации, выдаваемой предприятием - изготовителем оборудования).

## **8.2 Оборудование и приборы**

Комплект для полевого измерения температуры грунтов в скважинах представляет собой гирлянду ртутных "заленивленных" термометров или электрических датчиков температуры с прибором для измерения температуры (см. 6.8).

Число ртутных "заленивленных" термометров в одной гирлянде не должно превышать 5 шт. При большем числе точек измерения термометры следует группировать по 5 шт. в самостоятельные гирлянды, устанавливаемые в скважину одновременно. Число электрических датчиков температуры в одной гирлянде не лимитируется.

В качестве электрических датчиков температуры грунтов следует применять чувствительные элементы промышленных мерных термометров сопротивления с номиналом 100 Ом, допускается использовать электрические датчики с другим номиналом при обеспечении требований к инструментальной погрешности приборов.

В качестве измерительных приборов к электрическим датчикам следует применять специальные термометрические многопредельные

неравноесные мосты или потенциометры постоянного тока, отградуированные в градусах Цельсия, при цене деления шкалы не более 0,1 °С, либо лабораторные мосты сопротивлений класса точности 0,05%-0,1%, подключаемые к гирлянде через узел коммутации.

При измерении температуры грунтов в скважинах ртутными термометрами следует применять ртутные метеорологические термометры ценой деления не более 0,2 °С по ГОСТ 2045 и ГОСТ 112, предварительно вмонтировав их в специальные "заленивливающие" оправы для повышения тепловой инерции.

Тепловая инерция "заленивленного" термометра характеризуется двумя параметрами, которые должны ежегодно поверяться:

- время задержки - время, за которое показание исходной температуры изменится на 0,1 °С при переносе термометра в среду, температура которой отличается на  $\pm 20$  °С от исходной. Время задержки "заленивленного" термометра должно составлять  $(60 \pm 10)$  с, что ориентировочно лимитирует суммарное время снятия отсчетов со всех термометров гирлянды;

- показатель тепловой инерции - время, за которое температура изменится на 63% от задаваемого при поверке перепада температуры. По показателю тепловой инерции при измерении температуры грунтов определяют время выдержки гирлянды термометров в скважине (см. 7.3).

Тарировка и поверка электрических датчиков температуры и измерительных приборов к ним, а также ртутных термометров должны проводиться в лабораторных условиях на измерительных приборах более высокого класса точности, чем рабочие приборы.

### **8.3 Подготовка к измерениям**

Для измерения температуры грунтов следует использовать инженерно-геологические скважины диаметром не более 160 мм и целевые термометрические скважины диаметром не более 90 мм, пробуренные колонковым способом без промывки на малых оборотах бурового инструмента или ручным буровым комплектом.

Использовать для измерения температуры грунтов скважины, заполненные водой, рассолом или другой жидкостью, не допускается.

Скважина в пределах протаивающего слоя грунта должна быть защищена обсадной трубой-кондуктором, заглубленным в многолетнемерзлый грунт не менее чем на 0,5 м. При наличии межмерзлотных или подмерзлотных вод и осыпанию стенок скважины на всю ее глубину следует устанавливать защитную пластмассовую или стальную трубу, герметизированную снизу и в соединениях, диаметр которой должен обеспечивать свободный спуск и подъем гирлянды. Термометрические скважины рекомендуется выполнять в соответствии со схемой, представленной на рисунке 8.1

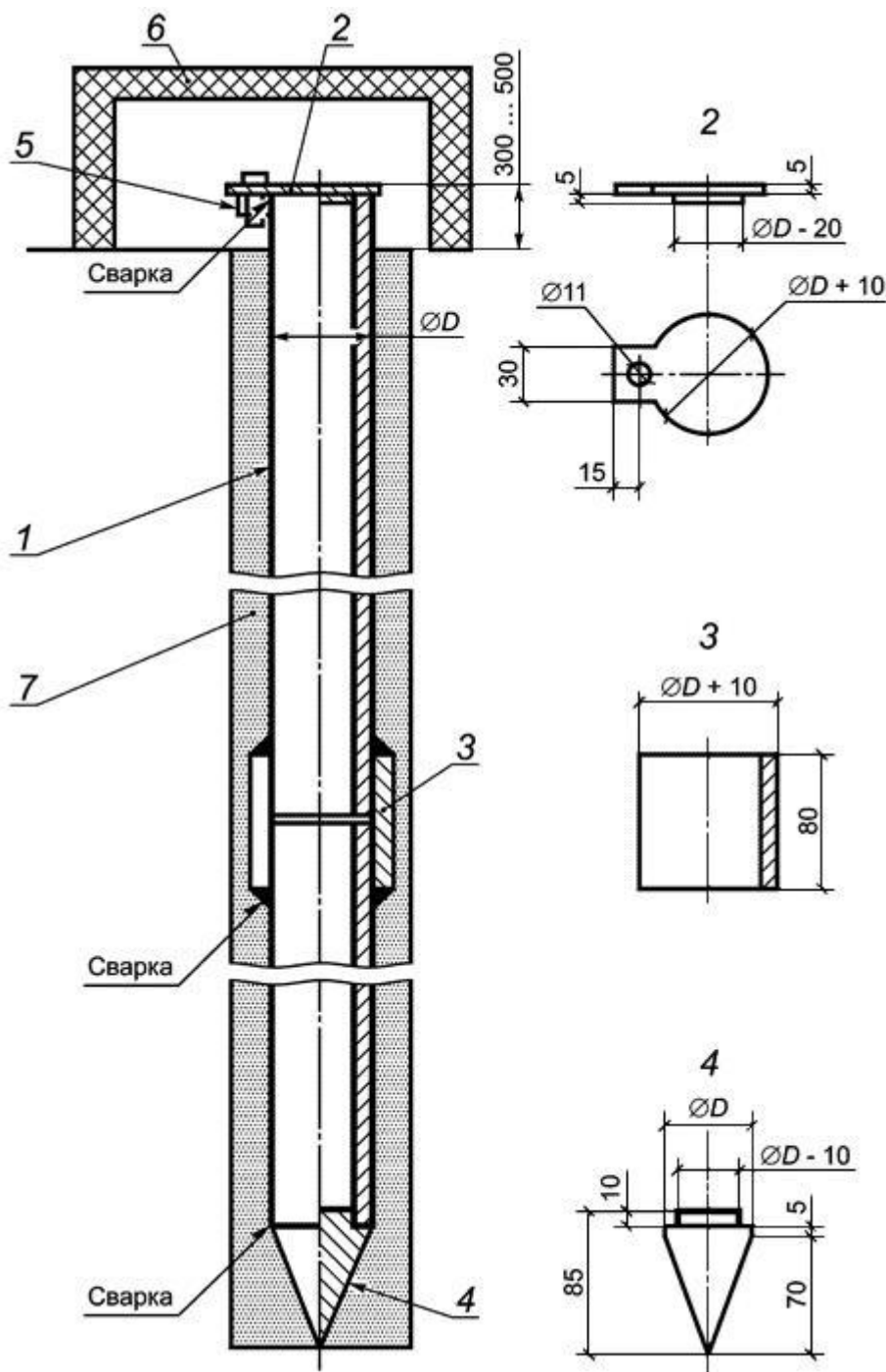
Без обсадки разрешается использовать только сухие скважины с устойчивыми стенками.

Кондуктор или защитная труба должны выступать над поверхностью грунта на 0,3-0,5 м.

На строительных площадках и в зонах проезда транспортных средств верхняя часть обсадных и защитных труб должна быть заглублена на 0,1-0,3 м и закрыта металлическим колпаком, предохраняющим скважину от повреждения транспортными средствами и строительными механизмами.

Выступающая над поверхностью грунта часть кондуктора или защитной трубы должна быть теплоизолирована коробом с крышкой, заполненным мхом, торфом или другим теплоизоляционным материалом. Входное отверстие скважины (трубы) после бурения и в промежутках

между наблюдениями должно плотно закрываться пробкой, предупреждающей возможность попадания в скважину атмосферных осадков и образование в ней конденсата или снежной шубы.



1 - обсадная труба; 2 - защитная крышка; 3 - обойма; 4 - наконечник; 5 - приваренная к трубе гайка М10; 6 - теплоизолированный короб; 7 - грунт обратной засыпки

Рисунок 8.1 - Схема термометрической скважины

При режимных (длительных) наблюдениях в скважинах диаметром более 100 мм затрубное пространство защитных труб следует засыпать сухим песком или мелким гравием, либо местным сухим измельченным грунтом.

Значительно большее влияние оказывает нарушение температурного режима пород вокруг скважины в процессе бурения, которое может достигать 4-5° и более. Необходимо некоторое время (время выстойки скважины), чтобы температурный режим пород восстановился. Оно зависит от продолжительности, режима и способа бурения, температуры и льдистости пород. По данным В. Н. Девяткина, в скважинах глубиной 500-3000 м, пройденных с промывкой, восстановление температур (до  $\pm 0,1^\circ$ ) может достигать 2-10 лет, в то время как при проходке с продувкой до глубины 300-600 м время восстановления составляет всего 10-30 сут после окончания бурения. Обычно в скважинах средней (до 200 м) глубины, проходимых с промывкой, температурный режим восстанавливается через 2-3 мес. Время выстойки мелких скважин, проходимых всухую, измеряется сутками. Удостовериться в том, что скважина выстоялась, можно, проводя повторные температурные замеры в ней и сравнивая полученные результаты.

Подготовка к измерению температуры грунтов в свежепробуренных скважинах включает опытную оценку времени "выстойки" скважины после бурения и величины дополнительной погрешности измерения, вызванной нарушением естественного температурного режима грунтов при бурении и обсадке скважины. Для этого:

- на участке с типичными для данной площадки мерзлотно-грунтовыми условиями проходят и оборудуют опытную скважину на планируемую глубину измерения температуры, но не менее 10 м, способ,

режим бурения и конструкция которой должны быть аналогичными применяемым в данных условиях;

- по окончании бурения и обустройства скважины проводят измерение температуры грунтов на глубине 5 м и более в следующие сроки: в течение первых трех суток - через каждые 12 ч; далее - через сутки (до момента, когда за трехсуточный период изменение температуры на одних и тех же глубинах составит  $\pm 0,1$  °С).

Время "выстойки" определяется максимальным периодом стабилизации температур, измеренных на разных горизонтах.

Оценку дополнительной погрешности измерения, возникающей от сокращения времени "выстойки" скважин после бурения, проводят по кривым стабилизации температуры в опытной скважине.

При наличии в районе работ старых законсервированных скважин, пригодных для термометрии, в них проводят параллельные измерения температуры, в соответствии с результатами которых коррелируются результаты измерения температуры в опытной скважине.

При измерении температуры грунтов на глубине 1 м и более и при диаметре буровых скважин не более 100 мм допускается пренебрегать погрешностью от конвекции воздуха в скважине.

В скважинах диаметром более 100 мм до глубины 5 м следует применять легкие разделительные диски-диафрагмы, закрепляемые на гирлянде через 1 м.

Каждая гирлянда электрических датчиков температуры (или ртутных термометров) должна иметь метку, совмещающую при установке гирлянды с горизонтом устья скважины. Расстояние от этой метки до середины датчика или центра ртутного резервуара термометра определяет глубину измерения температуры.

Погрешность установки термодатчиков или термометров в скважине по глубине не должна превышать  $\pm 0,05$  м.

Для инженерно-геокриологических исследований *глубины измерения температуры в скважинах следует принимать: в пределах первых 5 м - кратными 0,5 м; затем, до глубины 10 м - кратными 1 м, свыше 10 м - кратными 2 м, а также на забое скважины.*

Ранее рекомендуемые интервалы измерения температур в скважинах (Методы..., 1979) составляли

Глубина от устья скважины, м	0-5	5-10	10-25	25-50	50-100	Глубже 10м
Интервалы между замерами, м	0,5	1,0	2,5	5,0	10	20

В случае аномального распределения температуры грунтов по глубине (при наличии таликов, заглубленных источников тепла и т.п.) и для специальных исследований (для устройства свайных оснований, береговых сооружений и т.п.) допускается изменять глубины измерения температуры в соответствии с конкретными местными условиями и целями термоизмерительных работ.

Для режимных наблюдений за температурой верхних горизонтов грунта, проводимых на опытных площадках или вблизи фундаментов, дистанционные датчики температуры следует устанавливать непосредственно в грунт, для чего:

- в углу шурфа на выбранных горизонтах делают шпур 0,20-0,25 м и в них закладывают датчики;

- отводят провода восходящей змейкой или в резиновых трубках для снижения механических усилий в них при пучении и осадках грунта;

- выполняют обратную засыпку шурфа ранее вынутым грунтом с послойным его уплотнением;

- на поверхности восстанавливают нарушенный растительный и снежный покров.

Время выстойки шурфа после засыпки - от 10 до 20 дней (уточняется опытным путем).

### **8.3 Проведение измерений**

Измерение температуры грунтов следует проводить в следующем порядке:

- перед спуском термоизмерительной гирлянды в скважину проверяют рабочую глубину скважины, отсутствие в ней воды или снежной шубы посредством грузового лота, диаметр которого обеспечивает проход гирлянды;

- в скважину или защитную трубу опускают гирлянду на заданную глубину, закрепляют во входном отверстии скважины пробкой и оставляют на период выдержки;

- после установки гирлянды в скважину в полевом журнале, записывают номер скважины, дату ее проходки и обустройства, номер гирлянды, дату и время ее установки, температуру наружного воздуха, измеренную с помощью термометра-праца;

- оценивают период выдержки гирлянды в скважине;

- по истечении периода выдержки гирлянды в скважине проводят измерения и регистрацию температуры грунта. При проведении измерений с использованием гирлянды дистанционных датчиков ее разъем подключают к измерительному прибору, после настройки которого и выбора диапазона измерений последовательно по всем каналам гирлянды снимают и записывают в журнал показания температуры. При

использовании автоматических приборов с запоминающими устройствами для снятия результатов измерений к данным приборам подключают компьютер и записывают показания. При проведении измерений с использованием ртутных «заленивленных» термометров их извлекают (по одному) из скважины, не допуская попадания на термометр прямых солнечных лучей, и записывают отсчеты по шкале температур;

- непосредственно после записи отсчетов проводят оценку значений температуры сопоставлением их между собой или с данными предыдущих измерений. При наличии аномальных отклонений измерения следует повторить;

- по окончании измерений переносную гирлянду извлекают из скважины, скважину закрывают пробкой, а короб крышкой. Если гирлянда стационарная, то наружную ее часть следует уложить под крышку короба, накрыть непромокаемой пленкой.

Неисправности, обусловленные коррозией контактов, обрывом или замыканием проводов, замачиванием электрических датчиков гирлянды атмосферными осадками, должны регистрироваться в журнале.

До исправления повреждений использовать гирлянду для измерений температуры грунтов не допускается.

Время выдержки  $\tau_{\Delta}$ , ч, гирлянды датчиков температуры в скважине следует определять по формуле

$$\tau_{\Delta} = \tau_0 \ln [t_e - t_s] / \Delta t, (7.1)$$

где  $\tau_0$  - показатель тепловой инерции, ч;

$t_e$  - исходная температура (температура наружного воздуха во время измерения), °С;

$t_s$  - ожидаемая температура грунта в скважине (принимается ориентировочно с погрешностью до  $\pm 2$  °С), °С;

$\Delta t$  - допускаемая погрешность за счет ограничения времени выдержки, 0,05 °С.

Время выдержки гирлянды датчиков температуры следует определять для разностей температур, равных 10 °С, 20 °С, 30 °С и 40 °С, и для разности  $t_g - t_s$  следует использовать ближайшее большее значение времени выдержки.

При режимных наблюдениях на опытных площадках необходимо не нарушать растительный и снежный покров около скважины и на площадке в целом.

#### **8.4 Обработка результатов измерений**

В отсчеты температуры грунтов, зафиксированные в полевом журнале, следует ввести инструментальные поправки, выявленные в результате поверки термодатчиков и измерительных приборов или термометров, включая поправку на "место нуля", полученную в результате последней поверки, и шкаловую поправку, определяемую по паспорту (аттестату) конкретного измерительного прибора или термометра, с учетом положения "места нуля".

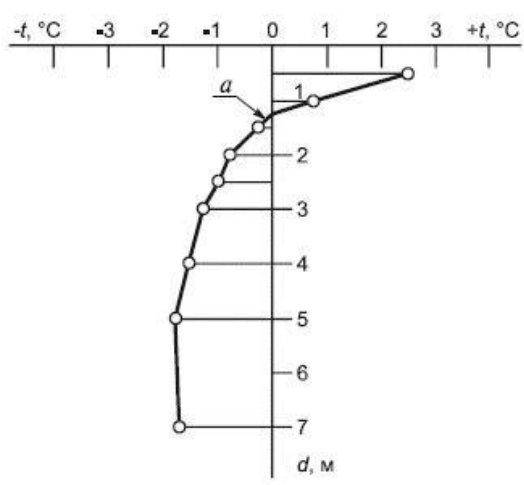
Дополнительные погрешности измерения должны оцениваться расчетом или опытным путем и учитываться по мере их проявления в конкретных условиях измерения температуры грунтов.

Результаты наблюдений за температурой грунтов следует оформлять в виде:

- сводной ведомости значений температуры грунтов, скорректированных с учетом инструментальных и дополнительных поправок;

- графика распределения температуры по глубине для одноразовых измерений температуры или графика термоизоплет - для длительных (режимных) наблюдений.

Объект \_\_\_\_\_  
 Планшет № \_\_\_\_\_  
 Скважина № \_\_\_\_\_  
 Отметка устья \_\_\_\_\_  
 Дата измерений \_\_\_\_\_



Примечание - В переходной зоне точку сопряжения находят встречной экстраполяцией прямых, продолженных из смежных зон до их пересечения.

Рисунок 8.2 - График распределения температуры, °С, грунта по глубине, м, для одноразовых измерений температуры

Объект \_\_\_\_\_  
 Планшет № \_\_\_\_\_  
 Скважина № \_\_\_\_\_  
 Отметка устья \_\_\_\_\_

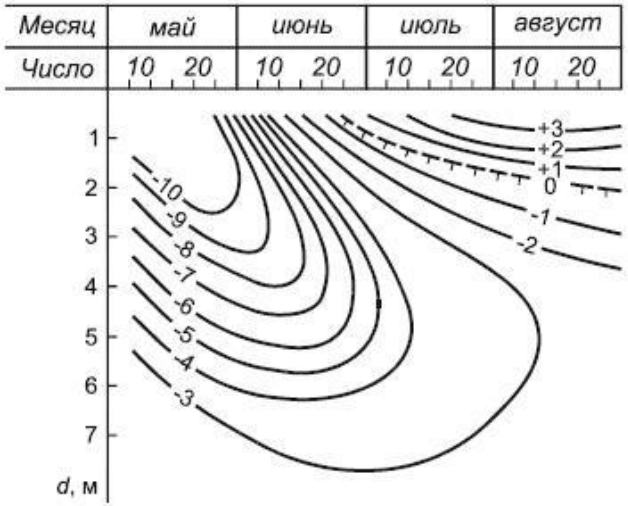


Рисунок 8.3 - График термоизоплет по скважине по данным режимных (длительных) температурных наблюдений

Графики изотерм следует, как правило, совмещать с геологическим разрезом, на котором показываются также границы раздела талых и

мерзлых грунтов, полученные средствами инженерно-геологической и геофизической разведки, с указанием даты проведения этих работ.

По результатам измерений температуры грунтов составляют технический отчет, который должен включать:

- техническое задание и программу проведения термоизмерительных работ;
- примененную методику измерений;
- оценку инструментальных и дополнительных погрешностей;
- акты поверок измерительной аппаратуры;
- ситуационный план площадки с указанием плановой и высотной привязки скважин;
- сводную ведомость температуры грунтов;
- графические материалы;
- выводы о результатах термоизмерительных работ

*Программа термоизмерительных работ* должна быть составлена с учетом:

- имеющихся результатов ранее проводившихся исследований инженерно-геокриологических (мерзлотных) условий района;
- конкретных условий площадки (инженерно-геологических, геоморфологических, гидрогеологических);
- климатических характеристик района проведения измерений;
- характера проектируемых зданий и сооружений, типа и глубины заложения их фундаментов;
- инженерной подготовки и обустройства осваиваемой территории;
- возможности проявления неблагоприятных мерзлотных процессов и явлений в результате освоения территории;
- обеспеченности термоизмерительной аппаратурой и приборами;
- резерва на выполнение дополнительных работ на аномальных

участках, выявленных в ходе инженерно-геологической и геофизической разведки.

В программе должны быть предусмотрены:

- цели и задачи проводимых измерений;
- места расположения, глубины и конструкции термометрических скважин, способы и режимы их проходки;
- сроки и периодичность проведения измерений, число и типы опытных площадок;
- состав исполнителей и сроки проведения работ, включая монтаж и поверку аппаратуры и приборов.

Причины погрешностей измерения	Мероприятия по снижению погрешностей
Недостаточная "выстойка" скважины после бурения и обустройства	Увеличение времени "выстойки", бурение скважин без промывки на малых оборотах бурового инструмента (см. 6.1); использование скважин меньшего диаметра; учет поправок по измерениям в опытной скважине (см. 6.5)
Конвекция воздуха в скважине	Использование скважин малого диаметра; установка термоизолирующих коробов над устьем скважин (см. 6.4) и разделительных дисков-диафрагм до глубины 5 м (см. 6.6); засыпка скважин сухим песком, мелким гравием или местным сухим измельченным грунтом (см. 6.4)
Конденсация влаги на стенках скважин	Тщательная заглушка скважин пробками (см. 6.4)
Недостаточная выдержка переносных гирлянд в скважине	Увеличение времени выдержки; снижение теплоемкости гирлянды за счет рациональной конструкции; уменьшение показателя тепловой инерции "заленивленных" ртутных термометров
Недостаточное время задержки "заленивленных" термометров	Уменьшение числа термометров в гирлянде; увеличение времени задержки; повышение скорости извлечения термометров из скважины и отсчета показаний температуры
Неточность установки термометров по глубине скважины	Повышение точности установки термометров и контроль глубин установки
Неточность определения момента фиксации температуры грунта	Использование для верхних горизонтов грунта дистанционных датчиков измерения температуры с установкой их непосредственно в грунт

Недостаточная изоляция проводов линий связи дистанционных датчиков температуры	Применение проводов с более надежной изоляцией; измерение величин сопротивлений "утечек" и их учет при расчете температур
Разогрев датчиков измерительным током	Уменьшение силы тока; сокращение времени включения прибора при снятии отсчета
Неравенство температур монтажных проводов гирлянды	Продольная свивка проводов; применение проводов большего сечения; увеличение чувствительности датчика