

ИЗЫСКАНИЯ В КРИОЛИТОЗОНЕ

ТПУ ИПР ГИГЭ

Составитель Крамаренко В.В.

2011/2012 г

Схема определения видов и объемов работ при составлении проекта

1. Определяем по температуре состояние грунта
(ГОСТ 25100)



2. Выбираем принцип строительства и тип фундамента
СП 25.13330.201...



4. Определяем виды и объемы работ в зависимости от стадии изысканий
СП 11-105-97 часть 4



3. По состоянию грунта в зависимости от принципа из расчетных формул выбираем показатели для своей расчетной схемы «основание-фундамент»
СП 25.13330.201...
22.13330.2011
24.13330.2011



5. Подбираем методики проведения работ по действующим нормативам

Разновидность грунтов	Температура грунта t , °C
Немерзлый (талый)	$T \geq 0$
Мерзлый	$T < T_{bf}$
Охлажденный	$0 > T \geq T_{bf}$
Морозный	$T < 0$
Сыпучемерзлый (грунт с суммарной влажностью $w_{tot} \leq 3\%$).	$T < 0$

2. Классификация грунтов по льдистости за счет видимых ледяных включений

Разновидность грунтов	Льдистость за счет видимых ледяных включений i_i , д. ед.	
	Скальные и полускальные грунты	Дисперсные грунты
Нельдистый	-	$i_i \leq 0,03$
Слабольшедистый	$i_i \leq 0,01$	$0,03 < i_i \leq 0,20$
Льдистый	$0,01 < i_i \leq 0,05$	$0,20 < i_i \leq 0,40$
Сильнольдистый	$i_i > 0,05$	$0,40 < i_i \leq 0,60$
Очень сильнольдистый	-	$0,60 < i_i \leq 0,90$

3. Классификация песчаных грунтов по суммарной льдистости

Разновидности песчаных грунтов	Суммарная льдистость, i_{tot} , д. е.
Слабольшедистые	$i_{tot} \leq 0,40$
Льдистые	$0,40 < i_{tot} \leq 0,60$
Сильнольдистые	$i_{tot} > 0,60$

3. Классификация грунтов по состоянию (по температурно-прочностным свойствам)

Вид грунтов	Разновидность грунта		
	Твердомерзлый ($m \leq 0$, кПа ⁻¹) при $t < T_h$, °C	Пластичномерзлый ($m > 0,1$ кПа ⁻¹) при t , °C	Сыпучемерзлый при $t < 0^\circ\text{C}$
Скальные и полускальные грунты	$T_h = 0$	-	-
Крупнообломочный грунт	$T_h = 0$	$T_h < t < T_{bf}$ при $S_r < 0,8$	при $w_{tot} \leq 3\%$
Песок гравелистый, крупный и средней крупности	$T_h = -0,1$		
Песок мелкий и пылеватый	$T_h = -0,3$	$T_h < t < T_{bf}$	
Глинистый грунт	Супесь	$T_h = -0,6$	$T_h <$
	Суглинок	$T_h = -1,0$	
	Глина	$T_h = -1,5$	

1. Определяем по температуре состояние грунта (ГОСТ 25100)

Определение состояния вечномерзлых грунтов

Состояние вечно-мерзлых грунтов	Температура	Физическое состояние	Внешний вид	Наименование видов грунтов, в которых, как правило, встречается данная категория вечномерзлых грунтов
Твердо-мерзлые	Отрицательная или нулевая при наличии ледяных включений	Твердо смерзшиеся, сцементированные льдом	Видимые ледяные кристаллы и прослойки; при оттаивании грунты изменяют цвет на более темный	Все виды крупнообломочных, песчаных, глинистых и заторфованных грунтов
Пластично-мерзлые	То же	Полусмерзшиеся, пластичные	Льда в порах не видно; иногда (при рассмотрении в лупу) лед наблюдается в виде мелких кристаллов	Все виды глинистых грунтов, пески мелкие и пылеватые
Сыпуче-мерзлые		Несмерзшиеся, сыпучие; не изменяются при переходе отрицательных температур в	Иногда видны редкие блески кристаллов льда	Все виды крупнообломочных грунтов и пески крупные и средней крупности

СЕВЕРНЫЙ ЛЕДОВИТЫЙ ОКЕАН



Распространение многолетнемерзлых пород (ММП)

- зона редкоостровного, островного и массивно-островного распространения ММП со средними годовыми температурами (Тср) от +3 до -1°C и мощностью (М) мерзлой толщи от 0 до 100 м
- зона сплошного распространения ММП:
 - Тср от -1 до -3°;
М от 50 до 300 м
 - Тср от -3 до -5°;
М от 100 до 400 м
 - Тср от -5 до -9°;
М от 200 до 600 м
 - Тср ниже -9°;
М от 400 до 900 м и ниже
- безмерзлотные области
 южная граница криолитозоны

protown.ru

Масштаб 1:30 000 000

I принцип

**Вечномерзлые грунты
основания используются в
мерзлом состоянии,
сохраняемом в процессе
строительства и в течение
всего периода
эксплуатации сооружения.**

II принцип

**Вечномерзлые грунты
основания используются в
оттаянном или
оттаивающем состоянии.**

СП 25.13330.201...

«Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах»

Принцип I следует применять:

- если грунты основания можно сохранить в мерзлом состоянии при экономически целесообразных затратах на мероприятия, обеспечивающие сохранение такого состояния.
- на участках с **твердомерзлыми грунтами**,
- **при повышенной сейсмичности района** следует принимать, как правило, использование многолетнемерзлых грунтов по принципу I.

Принцип II следует применять

- **при наличии в основании скальных или других малосжимаемых грунтов**, деформация которых при оттаивании не превышают предельно допустимых значений для проектируемого сооружения,
- **при несплошном распространении многолетнемерзлых грунтов**,
- если по конструктивным особенностям сооружения и инженерно-геокриологическим условиям участка при сохранении мерзлого состояния грунтов не обеспечивается требуемый уровень надежности строительства.
- Выбор принципа использования многолетнемерзлых грунтов в качестве основания сооружений следует производить на основании сравнительных технико-экономических расчетов.

Основные расчеты при проектировании в районах криолитозоны и необходимые для них показатели состава и физико-механических свойств грунтов

3. По состоянию грунта в зависимости от принципа из расчетных формул выбираем показатели для своей расчетной схемы «основание-фундамент»

СП 25.13330.201...

22.13330.2011

24.13330.2011



I принцип

ПО НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ
для твердомерзлых грунтов

ПО НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ
И ПО ДЕФОРМАЦИЯМ
для пластичномерзлых и
сильнольдистых грунтов,
подземных льдов.

II принцип

ПО НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ
(в случаях, предусмотренных
СП 22.13330.2011 «Основания
зданий и сооружений») и
ПО ДЕФОРМАЦИЯМ
(во всех случаях,
при этом для оснований, оттаивающих в
процессе эксплуатации сооружения,
расчет по деформациям надлежит
производить из условия совместной
работы основания и сооружения).



**РАСЧЕТ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ ПРИ
ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ ПО
ПРИНЦИПУ I**

Расчет оснований фундаментов по несущей способности

$$F \leq F_u / \gamma_n$$

F - расчетная нагрузка на основание;

F_u - несущая способность основания, определяется расчетом, а для оснований свайных фундаментов – дополнительно и по данным полевых испытаний свай и статического зондирования.

γ_n - коэффициент надежности по назначению сооружения (СП 22.13330.2011)

$$F_u = \gamma_t \gamma_c \left(RA + \sum_{i=1}^n R_{af,i} A_{af,i} \right)$$

γ_t - температурный коэффициент, учитывающий изменения температуры грунтов основания из-за случайных изменений температуры наружного воздуха,

γ_c - коэффициент условий работы основания

R - расчетное давление на мерзлый грунт под нижним концом сваи или под подошвой столбчатого фундамента, кПа (кгс/см²)

A - площадь подошвы столбчатого фундамента или площадь опирания сваи на грунт, м² (см²)

$R_{af,i}$ - расчетное сопротивление мерзлого грунта или грунтового раствора сдвигу по боковой поверхности смерзания фундамента в пределах i -го слоя грунта, кПа (кгс/см²)

$A_{af,i}$ - площадь поверхности смерзания i -го слоя грунта с боковой поверхностью сваи, м² (см²)

n - число выделенных при расчете слоев вечномерзлого грунта.

- При однородных по составу вечномерзлых грунтах несущую способность основания висячей сваи допускается определять по формуле

$$F_u = \gamma_t \gamma_c (RA + R_{af} A_{af}),$$

- где R_{af} - расчетное сопротивление мерзлого грунта сдвигу на поверхности смерзания, кПа (кгс/см²), при средней по длине сваи (эквивалентной) температуре вечномерзлого грунта T_e ;
- A_{af} - площадь смерзания сваи с вечномерзлым грунтом, м² (см²).

В случаях, когда слой сезонного промерзания - оттаивания не сливается с многолетнемерзлым грунтом, несущую способность свай в пределах немерзлого слоя грунта допускается учитывать по [СП 24.13330.2011](#). При этом должны быть предусмотрены меры по стабилизации верхней поверхности многолетнемерзлого грунта, а расчетные сопротивления таликовых грунтов (кроме крупнообломочных и песков со степенью влажности не превышающей 0,8) вдоль боковой поверхности свай, принимаемые по нормативным таблицам [СП 24.13330.2011](#), следует брать с понижающими коэффициентами: 0,8 - для глинистых грунтов, 0,9 - для песчаных водонасыщенных грунтов; для других грунтов понижающие коэффициенты определяют по опытным данным

- Расчетное давление на мерзлый грунт под подошвой фундамента R и расчетные сопротивления мерзлого грунта или грунтового раствора сдвигу по поверхности смерзания фундамента R_{af} устанавливаются по данным испытаний грунтов, с учетом коэффициента надежности по грунту γ_g , и **расчетных температур грунта основания T_m , T_z и T_e , определяемых теплотехническим расчетом.**
- По результатам испытаний грунтов шариковым штампом или на одноосное сжатие расчетные значения R , кПа (кгс/см²), вычисляются по формуле

$$R = 5,7c_n/\gamma_g + \gamma_l d,$$

- **где c_n** - нормативное значение предельно длительного сцепления, кПа, принимаемое равным:
- **$c_n = c_{egn}$ при испытаниях грунтов шариковым штампом**
- **и $c_n = 0,5R_{cn}$ - при испытаниях на одноосное сжатие,**
- где c_{egn} и R_{cn} - соответственно предельно длительное эквивалентное сцепление и сопротивление грунта одноосному сжатию;
- γ_l - расчетное значение удельного веса грунта, кН/м³ (кгс/см³);
- d - глубина заложения фундамента, м (см).

- Для оснований свайных, столбчатых и других видов фундаментов сооружений с холодным (вентилируемым) подпольем, опор трубопроводов, линий электропередач, антенно-мачтовых сооружений, кроме оснований опор мостов, расчетные температуры грунтов T_m , T_z и T_e допускается определять по формулам:
- для оснований сооружений с холодным подпольем

- под серединой сооружения

- $$T_{m,z,e} = (T'_0 - T_{bf})\alpha_{m,z,e} + (T_0 - T'_0)k_1 + T_{bf}$$

- под краем сооружения

- $$T_{m,z,e} = (T'_0 - T_{bf})\alpha_{m,z,e} + (T_0 - T'_0)(0,5\alpha_{m,z,e} + k_2) + T_{bf}$$

- под углами сооружения

- $$T_{m,z,e} = (T'_0 - T_{bf})\alpha_{m,z,e} + (T_0 - T'_0)(0,75\alpha_{m,z,e} + k_3) + T_{bf}$$

- для оснований опор линий электропередач, антенно-мачтовых сооружений и трубопроводов

$$T_{m,z,e} = (T'_0 - T_{bf})\alpha_{m,z,e}k_{ts} + T_{bf}$$

- Расчетные температуры вечномерзлых грунтов основания **без учета теплового влияния сооружения** определяются по формуле

$$T_{m,z,e} = (T_0 - T_{bf}) \alpha_{m,z,e} + T_{bf}$$

- где T_0 - расчетная среднегодовая температура на верхней поверхности вечномерзлого грунта в основании сооружения, °С;
- T_{bf} - температура начала замерзания грунта, °С,;
- T_0 - расчетная среднегодовая температура грунта, °С,;
- $\alpha_m, \alpha_z, \alpha_e$ - коэффициенты сезонного изменения температуры грунтов основания, принимаемых в зависимости от значения параметра $z, c^{0,5}$ ($z^{0,5}$), где z - глубина от поверхности вечномерзлого грунта, м;
- c_f - объемная теплоемкость, Дж/ (м³·°С) [ккал/(м³·°С), и λ_f - теплопроводность мерзлого грунта, Вт/(м³·°С);
- k_1, k_2 и k_3 - коэффициенты теплового влияния сооружения, принимаемые в зависимости от отношений z/B и L/B , L и B - соответственно длина и ширина сооружения, м;
- k_{ts} - коэффициент теплового влияния изменения поверхностных условий при возведении фундаментов линейных сооружений, принимаемый в зависимости от вида и глубины заложения фундаментов z , м.

- Несущая способность основания одиночной сваи F_u по результатам полевых испытаний свай статической вдавливающей нагрузкой определяется по формуле

$$F_u = \gamma_t k \frac{F_{u,n}}{\gamma_g}$$

- где k - коэффициент, учитывающий различие в условиях работы опытной и проектируемых свай и определяемый по формуле
-
- $k = F_{u,p} / F_{u,t}$
-
- здесь $F_{u,p}$ и $F_{u,t}$ - значение несущей способности соответственно проектируемой и опытной свай, рассчитанные) по значениям R и R_{af} , принимаемым по таблицам :
- **для проектируемой сваи** - при расчетных температурах грунта,
- **а для опытной сваи** - при температурах, измеренных при испытании;
- $F_{u,n}$ - нормативное значение предельно длительного сопротивления основания опытной сваи статической нагрузке, определяемое по данным испытания сваи в соответствии с ГОСТ 5686 с учетом требований ГОСТ 20522;
- γ_g - коэффициент надежности по грунту, принимаемый равным 1,1.

Расчет оснований по деформациям

Производится исходя из условия

$$s_f \leq s_u$$

s_f - деформация пластичномерзлого основания под нагрузкой от сооружения, определяемая для свайных фундаментов.

s_u - предельно допустимая деформация основания сооружения за расчетный срок его эксплуатации, определяется согласно [СП 22.13330.2011](#).

Осадки оснований фундаментов, возводимых НА **ПЛАСТИЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ**, следует определять:

а) для столбчатых фундаментов

- в соответствии с указаниями [СП 22.13330.2011](#), применяя расчетную схему **в виде линейно-деформируемого полупространства или линейно-деформируемого слоя конечной толщины;**

б) для свайных фундаментов:

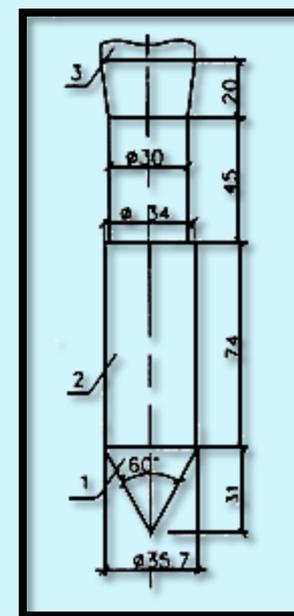
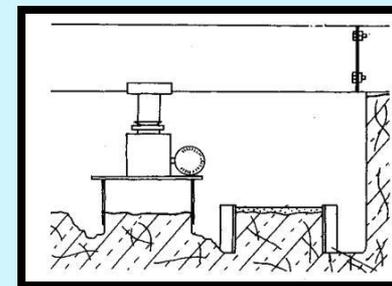
- для одиночных свайных фундаментов: - **по данным полевых испытаний свай статической вдавливающей нагрузкой,**

- для кустов или групп свай - согласно указаниям [СП 24.13330.2011](#) с использованием **расчетных схем, основанных на модели грунта как линейно-деформируемой среды.**

Расчетные деформационные характеристики пластичномерзлых грунтов (коэффициент сжимаемости δ_f или модуль деформации E_f) следует принимать **по данным компрессионных испытаний в соответствии с ГОСТ 24586 при расчетной температуре грунта.**

Полевые методы

<u>1 случай</u>	<u>2 случай</u>	<u>НД</u>
	Метод среза целиков (сопротивление грунта срезу, ϕ угол внутреннего трения, c удельное сцепление)	ГОСТ 20276-99
-	Метод испытания штампом (E модуль деформации, p_{sl})	ГОСТ 20276-99
	Метод полевого определения удельных касательных сил морозного пучения (τ_n - касательные силы пучения грунтов)	ГОСТ 27217-87
	Испытания статическими вдавливающими и выдергивающими нагрузками (S_u - предельно допустимая деформация основания сооружения за расчетный срок его эксплуатации)	ГОСТ 5686-94
-	Методы испытаний статическим зондированием (q удельное сопротивление грунта под наконечником зонда, Q общее сопротивление грунта на боковой поверхности, f удельное сопротивление грунта на участке боковой поверхности зонда)	ГОСТ 19912-2001



Лабораторные методы

1 случай	2 случай	НД
Метод режущего кольца (ρ – плотность)		ГОСТ 5180-84
Метод высушивания до постоянной массы (W - суммарная влажность)		ГОСТ 5180-84
Калориметрический метод (W_n - количество незамерзшей воды)		*
Калориметрический метод (температура начала замерзания грунтов)		*
Метод стационарного теплового режима (l - коэффициент теплопроводности)		ГОСТ 26263-84
Метод калориметрирования в жидкостном калориметре переменной температуры (C - объемная теплоемкость)		*
Метод компрессионного сжатия (E – модуль деформации, a коэффициент сжимаемости, m_o - коэффициент оттаивания и сжимаемости грунтов при оттаивании)	-	ГОСТ 12248-96
Метод испытания шариковым штампом (C_{eq} эквивалентное сцепление)		ГОСТ 12248-96
Испытания одноплоскостного сдвига ($R_{сд}$ Сопротивление сдвигу по поверхности смерзания фундамента)		ГОСТ 12248-96
Метод испытания образцов мерзлого грунта на сдвиг, трехосное и одноосное сжатие (R_n сопротивление нормальному давлению)	-	ГОСТ 12248-96
Испытания на трехосное сжатие под воздействием различных радиальных и осевых нагрузок ($R_{сд}$ сопротивление мерзлого грунта сдвиговым усилиям)	-	*
Механизированный динамометрический пресс (t_n - касательные силы пучения грунтов)		*
Метод лабораторного определения степени пучинистости (t_y Удельное значение устойчивого сопротивления сдвигу)		ГОСТ 28622-90

* - Руководство по определению физических, теплофизических и механических характеристик мерзлого грунта



**РАСЧЕТ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ ПРИ
ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ ПО
ПРИНЦИПУ II**

I принцип

ПО НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ
для твердомерзлых грунтов

ПО НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ
И ПО ДЕФОРМАЦИЯМ
для пластичномерзлых и
сильнольдистых грунтов,
подземных льдов.

II принцип

ПО НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ
(в случаях, предусмотренных
СП 22.13330.2011 «Основания
зданий и сооружений») и
ПО ДЕФОРМАЦИЯМ
(во всех случаях,
при этом для оснований, оттаивающих в
процессе эксплуатации сооружения,
расчет по деформациям надлежит
производить из условия совместной
работы основания и сооружения).

* На участках с твердомерзлыми грунтами, а также при повышенной сейсмичности района следует принимать, как правило, использование вечномерзлых грунтов по принципу I.

- Расчет оснований и фундаментов по первой группе предельных состояний (по несущей способности) надлежит производить в соответствии с требованиями [СП 22.13330.2011](#), для свайных фундаментов - в соответствии с требованиями [СП 24.13330.2011](#)

- **ПО II ПРИНЦИПУ расчет оснований по несущей способности должен производиться в случаях, если:**
 -
 - а) на основание передаются значительные горизонтальные нагрузки (подпорные стены, фундаменты распорных конструкций, углубление подвалов реконструируемых сооружений и т.п.), в том числе сейсмические;
 -
 - б) сооружение расположено на откосе или вблизи откоса;
 -
 - в) сооружение расположено вблизи котлована или подземной выработки;
 -
 - г) основание сложено скальными грунтами;
 -
 - д) сооружение относится к I уровню ответственности (ГОСТ 27751);
 -
 - е) увеличивается нагрузка на основание при реконструкции сооружений.
 - ж) основание сложено дисперсными грунтами, **указанными ниже;**

- **УКАЗАННЫЕ НИЖЕ**

- Сила предельного сопротивления основания, сложенного **медленно уплотняющимися водонасыщенными глинистыми, органоминеральными и органическими грунтами (при степени влажности 0,85 и коэффициенте консолидации 10 см /год)**, должна определяться с учетом возможного нестабилизированного состояния грунтов основания за счет повышения давления в поровой воде . При этом эффективные касательные напряжения принимают по зависимости

$$\tau = (\sigma_f - u) \operatorname{tg} \varphi_I + c_I$$

- где – σ_f - значение полного нормального напряжения и порового давления соответственно;
- φ_I и c_I - соответствуют стабилизированному состоянию грунтов основания и определяются по результатам консолидированного среза или КД трехосного сжатия (ГОСТ 12248 и ГОСТ 20276).
- Давление в поровой воде допускается определять методами фильтрационной консолидации грунтов с учетом скорости приложения нагрузки на основание.
- **При соответствующем обосновании** (высокие темпы возведения сооружения или нагружения его эксплуатационными нагрузками, отсутствие в основании дренирующих слоев грунта или дренирующих устройств) **допускается в запас надежности принимать $\varphi=0$, а c - соответствующим нестабилизированному состоянию грунтов основания и равным прочности грунта по результатам неконсолидированно-недренированного испытания при трехосном испытании по ГОСТ 12248**

- **Расчет оснований по деформациям** без учета совместной работы оттаивающего основания и сооружения надлежит производить исходя из условия

- $$s \leq s_u,$$

- где s - осадка основания фундаментов (совместная деформация основания и сооружения при оттаивании грунтов в процессе эксплуатации сооружения под воздействием собственного веса грунта и дополнительной нагрузки от сооружения в пределах расчетной глубины оттаивания H);
- s_u - предельное значение осадки основания фундамента (совместной деформации основания и сооружения), устанавливаемое согласно [СП 22.13330.2011](#).

- **ОСАДКУ оттаивающего в процессе эксплуатации сооружения основания** следует определять по формуле

$$s = s_{th} + s_p,$$

- где s_{th} - составляющая осадки основания, обусловленная действием собственного веса оттаивающего грунта,
- s_p - составляющая осадки основания, обусловленная дополнительным давлением на грунт от действия веса сооружения.
- Составляющую осадки основания s_{th} , м (см), надлежит определять по формуле

$$s_{th} = \sum_{i=1}^n (A_{th,i} + \delta_i \sigma_{zg,i}) h_i$$

- где n - число выделенных при расчете слоев грунта;
- **$A_{th,i}$ и δ - коэффициент оттаивания, доли единицы, и коэффициент сжимаемости, кПа^{-1} ($\text{см}^2/\text{кгс}$), i -го слоя оттаивающего грунта;**
- $\sigma_{zg,i}$ - вертикальное напряжение от собственного веса грунта в середине i -го слоя грунта, кПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$), определяемое расчетом для глубины z_i от уровня планировочных отметок с учетом взвешивающего действия воды.

Расчетные деформационные характеристики пластичномерзлых грунтов (коэффициент сжимаемости δ_f или модуль деформации E_f) следует принимать по данным компрессионных испытаний соответствию при расчетной температуре грунта.

- Составляющую осадки основания s_p , м (см), при расчетной схеме в виде линейно-деформируемого слоя конечной толщины следует определять по формуле

$$s_p = p_0 b k_h \sum_{i=1}^n \delta_i k_{\mu,i} (k_i - k_{i-1})$$

- где p_0 - дополнительное вертикальное давление на основание под подошвой фундамента, кПа (кгс/см²);
- b - ширина подошвы фундамента, м (см);
- k_h - безмерный коэффициент, определяемый в зависимости от отношения z/b , где z - расстояние от подошвы фундамента до нижней границы зоны оттаивания или кровли непросадочного при оттаивании грунта, м (см);
- δ_i - коэффициент сжимаемости i -го слоя грунта, кПа⁻¹ (см²/кгс);
- $k_{\mu,i}$ - коэффициент, определяемый в зависимости от отношения z/b , где z - расстояние от подошвы фундамента до середины i -го слоя грунта, м (см);
- k_i и k_{i-1} - коэффициенты, определяемые в зависимости от отношений l/b , z_i/b и z_{i-1}/b , где z_i и z_{i-1} - расстояние от подошвы фундамента соответственно до подошвы и кровли i -го слоя грунта, м (см).

Расчет развития осадок оттаивающего основания во времени следует производить по скорости протаивания грунтов под сооружением, определяемой теплотехническим расчетом.

- Осадку основания s **при предварительном оттаивании или замене льдистых грунтов до глубины $h_{b,th}$** для уменьшения деформаций основания, а также в случаях, когда слой сезонного промерзания-оттаивания не сливается с вечномерзлым грунтом, следует определять по формуле

$$s = s_{p,th} + s_{ad}$$

- где $s_{p,th}$ - **осадка уплотнения предварительно оттаянного, замененного или естественного немерзлого слоя грунта толщиной $h_{b,th}$ под воздействием веса сооружения,** определяемая в соответствии со [СП 22.13330.2011](#);
- s_{ad} - дополнительная осадка основания при оттаивании многолетнемерзлых грунтов в процессе эксплуатации сооружения, определяемая по [формуле \(7.20\)](#) для интервала глубин $d_{th} - h_{b,th}$, где d_{th} - расчетная глубина оттаивания грунта, считая от уровня планировки под зданием, устанавливаемая теплотехническим расчетом .
- **Глубину предварительного оттаивания или замены грунтов основания $h_{b,th}$** следует устанавливать исходя из условия
 - $s_{p,th} + s_{ad} \leq s_u$
- где s_u - предельно допустимая для данного сооружения осадка основания

- **Расчет оснований и фундаментов по деформациям** с учетом совместной работы основания и сооружения следует производить исходя из условия

$$F_f \leq \frac{F_{fd}}{\gamma_c \gamma_n} ,$$

- где F_f - расчетные усилия, возникающие в элементах конструкций фундаментов (сооружения) при неравномерных осадках оттаивающего основания;

- F_{fd} - предельные значения сопротивления элементов конструкции сооружения, рассчитываемые по нормам проектирования соответствующих конструкций;

- γ_c - коэффициент условий работы системы «основание-сооружение», принимаемый равным 1,25;

- γ_n - коэффициент надежности по назначению сооружения, принимаемый равным 1,0; 0,95 и 0,9 соответственно для сооружений I, II и III классов ответственности.

- Оттаивающее основание допускается рассматривать как **линейно-деформируемый слой конечной толщины**.

- При расчете оснований и фундаментов по деформациям среднее давление на основание под подошвой фундамента от основного сочетания нагрузок не должно превышать расчетного давления на основание R ,

- Расчет свай-стоек по несущей способности при опирании их на скальные или другие малосжимаемые при оттаивании грунты следует производить исходя из условия

$$F \leq \frac{F_u}{\gamma_k} - \gamma_p F_{neg}$$

- где F - расчетная нагрузка на сваю, кН (кгс);
- F_u - несущая способность (сила предельного сопротивления) основания одиночной сваи, кН (кгс),
- γ_k - коэффициент надежности, принимаемый в соответствии с указаниями СНиП 2.02.03-85 в зависимости от вида сооружения, конструкции фундаментов и принятого способа определения несущей способности свай;
- γ_p - коэффициент условий работы грунта по боковой поверхности свай в пределах зоны оттаивания, определяемый по опытным данным с учетом способов погружения свай; допускается принимать: $\gamma_k = 1$ - для буронабивных и буроопускных свай с цементно-песчаным заполнителем пазух и $\gamma_p = 0,7$ - для буроопускных свай с пылевато-глинистым заполнителем пазух;
- F_{neg} - отрицательная (негативная) сила трения, кН (кгс),

- **Несущая способность (силу предельного сопротивления) основания сваи-стойки F_u , кН (кгс)**, следует определять по формулам:

- **для заземленных свай-стоек**, заделанных в невыветрелый скальный грунт не менее чем на 0,5 м

$$F_u = \frac{R_{c,n} A}{\gamma_g} \left(\frac{l_d}{d_r} + 1,5 \right)$$

- **для незаземленных свай-стоек**

$$F_u = \frac{R_{c,n} A}{\gamma_g}$$

- **где $R_{c,n}$ - нормативное значение временного сопротивления грунта под нижним концом сваи одноосному сжатию в оттаявшем водонасыщенном состоянии, кПа (кгс/см²);**
- A - площадь опирания сваи на грунт, м² (см²), принимаемая для незаземленных свай-стоек сплошного сечения или полых, нижний конец которых заполнен в пределах высоты трех диаметров бетоном, равной площади поперечного сечения брутто; для заземленных свай-стоек - площади поперечного сечения нижней части (забоя) скважины;
- γ_g - коэффициент надежности по грунту, принимаемый: для незаземленных свай-стоек равным 1,0, для заземленных - 1,4;
- l_d и d_r - соответственно глубина заделки сваи в скальный грунт и наибольшее поперечное сечение заделанной части сваи, м (см).

- Отрицательную (негативную) силу трения оттаивающего грунта по боковой поверхности сваи

$$F_{neg} = u_p \sum_{i=1}^n f_{n,i} h_i$$

- где u_p - периметр поперечного сечения сваи, м (см);
- **$f_{n,i}$ - отрицательное трение i -го слоя оттаивающего грунта по боковой поверхности сваи, кПа (кгс/см²),** определяемое по опытным данным; допускается принимать расчетные значения $f_{n,i}$ **по [СП 24.13330.2011](#)** для свайных фундаментов;
- h_i - толщина i -го слоя оттаивающего грунта.
- Сваи-стойки по прочности материала следует рассчитывать с учетом воспринимаемых ими отрицательных сил трения F_{neg} .



**РАСЧЕТ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ ПО УСТОЙЧИВОСТИ
И ПРОЧНОСТИ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ СИЛ МОРОЗНОГО
ПУЧЕНИЯ**

- Устойчивость фундаментов на действие касательных сил морозного пучения грунтов надлежит проверять по условию

$$\tau_{fh} A'_{fh} - F \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} F_r$$

- где τ_{fh} - расчетная удельная касательная сила пучения, кПа (кгс/см²),
- A_{fh} - площадь боковой поверхности смерзания фундамента в пределах расчетной глубины сезонного промерзания-оттаивания грунта, м² (см²);
- F - расчетная нагрузка на фундамент, кН (кгс), принимаемая с коэффициентом 0,9 по наиболее невыгодному сочетанию нагрузок и воздействий, включая выдергивающие (ветровые, крановые и т. п.);
- F_r - расчетное значение силы, удерживающей фундамент от выпучивания, кН (кгс),
- γ_c - коэффициент условий работы, принимаемый равным 1,0;
- γ_n - коэффициент надежности по назначению сооружения

- Расчетную удельную касательную силу морозного пучения τ_{fh} , кПа (кгс/см²), **следует определять, как правило, опытным путем.** Для сооружений II и III классов ответственности значения τ_{fh} допускается принимать по табл. в зависимости от состава, влажности и глубины сезонного промерзания и оттаивания грунтов d_{th} .

- Расчетное значение силы F_r , кН (кгс), удерживающей фундаменты от выпучивания, следует определять по формулам:

- **при использовании вечномерзлых грунтов по принципу I**

$$F_r = u \sum_{i=1}^n R_{af,i} h_i ;$$

- **при использовании вечномерзлых грунтов по принципу II**

$$F_r = u \sum_{i=1}^n f_i h_i ,$$

- где u - периметр сечения поверхности сдвига, м (см), принимаемый равным: для свайных и столбчатых фундаментов без анкерной плиты - периметру сечения фундамента; для столбчатых фундаментов с анкерной плитой - периметру анкерной плиты;
- **$R_{af,i}$ - расчетное сопротивление i -го слоя вечномерзлого грунта сдвигу по поверхности смерзания, кПа (кгс/см²);**
- h_i - толщина i -го слоя мерзлого или талого грунта, расположенного ниже подошвы слоя сезонного промерзания-оттаивания, м (см);
- **f_i - расчетное сопротивление i -го слоя талого грунта сдвигу по поверхности фундамента, кПа (кгс/см²).**

- Поверхностные и малозаглубленные фундаменты, закладываемые в слое сезонного промерзания-оттаивания грунтов, следует рассчитывать по устойчивости на действие нормальных сил морозного пучения и по деформациям.
- Устойчивость фундаментов на действие нормальных сил морозного пучения проверяется по формуле

$$p_{fh} A_f \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} F$$

- где p_{fh} - **удельное нормальное давление пучения** грунта на подошву фундамента, кПа (кгс/см²), устанавливаемое по опытным данным;
- A_f - площадь подошвы фундамента, м² (см²).

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСНОВАНИЙ И
ФУНДАМЕНТОВ НА СИЛЬНОЛЬДИСТЫХ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ
ГРУНТАХ И ПОДЗЕМНЫХ ЛЬДАХ**



- При проектировании оснований и фундаментов на сильнольдистых вечномерзлых грунтах и подземных льдах следует предусматривать использование таких грунтов в качестве основания, как правило, **по принципу I.**
- В случаях необходимости использования сильнольдистых грунтов по принципу II должны обязательно предусматриваться мероприятия по их предварительному оттаиванию или замене льдистых грунтов на непросадочные на расчетную глубину

Расчет оснований по несущей способности следует производить:

- для столбчатых фундаментов на сильнольдистых грунтах и подземных льдах - по указаниям [п. 5.7](#);
- для свайных фундаментов в сильнольдистых грунтах - по указаниям [п. 5.9](#), а в подземных льдах - **по данным полевых испытаний свай статической вдавливающей нагрузкой.**

Расчет оснований по деформациям следует производить:

- для столбчатых фундаментов на сильнольдистых грунтах и подземных льдах - по указаниям [п. 5.8](#);
- для свайных фундаментов в сильнольдистых грунтах и подземных льдах - **по данным полевых испытаний свай статической вдавливающей нагрузкой.**

5. 7. Расчет оснований по несущей способности следует производить:

- **Силу предельного сопротивления (несущую способность) основания столбчатого фундамента** на сильнольдистых грунтах и подземных льдах следует определять по

$$F_u = \gamma_t \gamma_c \left(RA + \sum_{i=1}^n R_{af,i} A_{af,i} \right)$$

- , при этом значения R и R_{af} допускается принимать по таблицам рекомендуемого приложения 2.

- **5.8. Осадку основания столчатого фундамента** на сильнольдистых грунтах и подземных льдах s следует определять по формуле
 - $s = s_p + s_t$,
- где s_p - осадка, обусловленная уплотнением основания под нагрузкой;
- s_t - осадка, обусловленная пластичновязким течением грунта за заданный срок эксплуатации сооружения, определяемая по формуле
- $s = t_u v$,
- здесь t_u - заданный срок эксплуатации здания (сооружения), год;
- v - **скорость осадки**, м/год (см/год), определяемая исходя из модели линейно или нелинейновязкого полупространства.

Для свайных фундаментов в сильнольдистых грунтах и подземных льдах
- по данным полевых испытаний свай статической вдавливающей нагрузкой.

- **Скорость осадки сильнольдистых грунтов** v , м/год (см/год), обусловленная их пластичновязким течением, определяется по формуле

$$v = \sum_{j=1}^m v_j$$

- где m - число месяцев в году, в течение которых развиваются деформации ползучести грунтов;
- v_j - среднемесячная скорость осадки, м/мес (см/мес), определяемая по формуле

$$v_j = 730 \sum_{k=1}^n h_k \xi_k$$

- где n - число слоев грунта, в пределах которых определяется среднемесячная температура $T_{j,k}$;
- h_k - толщина k -го слоя грунта, м (см); принимается не более $0,2b$ (b - меньший размер подошвы фундамента);
- ξ_k - **скорость относительной деформации k -го слоя грунта, 1/ч, при среднемесячной температуре грунта $T_{j,k}$** , определяемая по формуле

$$\xi_k = \frac{1}{2\eta_k} \left(\sigma_k - \frac{2}{3} \sigma_{L,k} \right)$$

- здесь η_k - **коэффициент вязкости** k -го слоя грунта основания, кПа·ч(кгс·ч/см²);
- σ_k - напряжение, кПа (кгс/см²), в k -ом слое грунта основания;
- $\sigma_{L,k}$ - **предел текучести k -го слоя грунта основания**, кПа (кгс/см²),

- Напряжение σ_k вычисляется по формуле

$$\sigma_k = 0,5(\sigma_{z,k-1} + \sigma_{z,k}),$$

- где $\sigma_{z,k-1}$ и $\sigma_{z,k}$ - напряжения, кПа (кгс/см²), на верхней и нижней границах k-го слоя, определяемые по формуле

$$\sigma_z = \alpha_0 p_0,$$

- Среднее дополнительное давление на грунт p_0 должно удовлетворять условию

$$p_0 \leq k_f \frac{2}{3} \sigma_u$$

- где k_f - безмерный коэффициент, принимаемый по l/b и h_s/b ;
- σ_u - **наибольшее значение напряжения, кПа (кгс/см²), при котором сохраняется линейная зависимость скорости установившегося течения от напряжения на начальном участке реологической кривой,**
- Расчетные характеристики сильнольдистого грунта η , σ_L , σ_u определяются при инженерных изысканиях из испытаний образцов мерзлого грунта на одноосное сжатие.

- **Скорость осадки подземного льда** v м/год (см/год), обусловленная его пластичновязким течением, определяется по формуле

$$v = 4380 p_0 b k_i \sum_{j=1}^n (k_{t,j} + k_{t,j-1}) (\omega_j - \omega_{j-1})$$

- где p_0 - дополнительное (к природному) вертикальное давление на грунт под подошвой фундамента, кПа (кгс/см²), определяемое так же,
- B - ширина подошвы фундамента, м (см);
- k_i - параметр, характеризующий **вязкость льда, определяемый из испытаний образцов льда на одноосное сжатие**, °С/(кПа·ч) [см²·град/(кгс·ч)];
- n - число слоев, на которое разделяется толща льда (толщина слоя принимается не более $0,4b$);
- $k_{t,j}, k_{t,j-1}$ - коэффициенты, 1/С, принимаемые в зависимости от **температуры основания ($T_o - T_{b,f}$) и расстояний** от верхней поверхности вечномерзлых грунтов до кровли z_{j-1} и подошвы z_j j -го слоя льда;
- ω_j, ω_{j-1} - безмерные коэффициенты, определяемые в зависимости от отношения сторон подошвы фундамента l/b и соответственно относительных глубин и (здесь z_{j-1} и z_j) расстояния от подошвы фундамента соответственно до кровли и подошвы j -го слоя льда).

- **5.9. Несущую способность основания свайного фундамента F_u в сильнольдистых грунтах** следует определять, как правило, по данным полевых испытаний свай. Допускается определять несущую способность сваи расчетом в соответствии с указаниями [пп. 4.7](#) и [4.8](#) по наименьшему значению F_u , полученному по условиям ее сопротивления сдвигу по грунтовому раствору и сдвигу грунтового раствора по контакту с льдистым грунтом. В последнем случае значение F_u , кН (кгс), следует рассчитывать по формуле

$$F_u = \gamma_t \gamma_c \left\{ R A_w + \sum_{j=1}^n \left[(1 - i_{ij}) R_{shj} + i_{ij} R_{sh,i,j} \right] A_{shj} \right\}$$

- где γ_t и γ_c - обозначения те же;
- R - расчетное сопротивление сильнольдистого грунта или льда под нижним концом сваи, кПа (кгс/см²),
- A_w - площадь поперечного сечения скважины, м² (см²);
- $i_{i,j}$ - **льдистость за счет ледяных включений j -го слоя грунта;**
- R_{shj} ; $R_{sh,i,j}$ - расчетные сопротивления сдвигу грунтового раствора по вечномерзлому грунту и грунтового **раствора по льду для середины i -го слоя,** кПа (кгс/см²),
- A_{shj} - площадь поверхности сдвига в j -ом слое, определяемая в зависимости от диаметра скважины, м² (см²).

Для свайных фундаментов в подземных льдах - по данным полевых испытаний свай статической вдавливающей нагрузкой.

Выбор объемов и методов работ

4.Определение видов и
объемов работ в зависимости
от стадии изысканий
СП 11-105-97 часть 4

Факторы	Категория сложности		
	I (простая)	II (средней сложности)	III (сложная)
Геоморфологические условия	Площадка (участок) в пределах одного геоморфологического элемента. Поверхность горизонтальная, нерасчлененная	Площадка (участок) в пределах нескольких геоморфологических элементов одного генезиса. Поверхность наклоненная, слабо расчлененная	Площадка (участок) в пределах нескольких геоморфологических элементов разного генезиса. Поверхность сильно расчлененная
Геологические условия в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой	Не более двух различных по литологии слоев, залегающих горизонтально или слабо наклонно (уклон не более 0,1). Мощность выдержана по простиранию. Незначительна степень неоднородности слоев по показателям свойств грунтов, закономерно изменяющихся в плане и по глубине. Скальные грунты залегают с поверхности или перекрыты маломощным слоем нескальных грунтов	Не более четырех по литологии слоев, залегающих наклонно или с выклиниванием. Мощность изменяется закономерно. Существенные изменения характеристик свойств грунтов в плане или по глубине. Скальные грунты имеют неровную кровлю и перекрыты нескальными грунтами.	Более четырех различных по литологии слоев. Мощность резко изменяется. Линзовидное залегание слоев. Значительная степень неоднородности по показателям свойств грунтов, изменяющихся в плане и по глубине. Скальные грунты имеют сильно расчлененную кровлю и перекрыты нескальными грунтами. Имеются разломы разного порядка.
Геокриологические условия в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой	Морозные, мерзлые слабльдистые и льдистые скальные и полускальные грунты, перекрытые слоем слабльдистых дисперсных грунтов мощностью до 5 м. Незначительная изменчивость свойств грунтов по простиранию и глубине.	Незначительная изменчивость свойств грунтов по простиранию и глубине. Незначительная изменчивость льдистости по простиранию и глубине; локальное развитие повторно-жильных и пластовых льдов.	Твердомерзлые и пластичномерзлые грунты сплошного и (или) прерывистого распространения с различной глубиной залегания их кровли. Значительная изменчивость состава и льдистости по простиранию и глубине. Широкое развитие повторно-жильных и (или) пластовых льдов.
Гидрогеологические условия в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой	Подземные воды отсутствуют или имеется один выдержанный горизонт надмерзлотных вод с однородным химическим составом	Горизонты надмерзлотных грунтовых вод неоднородного химического состава, различной минерализации, приуроченные к несквозным таликам и слою сезонного оттаивания	Горизонты надмерзлотных, межмерзлотных и подмерзлотных подземных вод неоднородного химического состава, различной минерализации
Геологические, инженерно-геологические, криогенные процессы, отрицательно влияющие на условия строительства и эксплуатации зданий и сооружений	Отсутствуют или имеют ограниченное распространение и (или) не оказывают влияния на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов	Имеют ограниченное распространение и (или) не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов	Имеют широкое распространение и (или) оказывают решающее влияние на выбор проектных решений, строительство, эксплуатацию объектов, мероприятий по инженерной защите территорий, зданий и сооружений
Техногенные воздействия и изменения освоенных территорий	Незначительные и могут не учитываться при инженерно-геологических изысканиях и проектировании	Оказывают существенное влияние на выбор проектных решений и осложняют производство инженерно-геологических изысканий	Оказывают существенное влияние на выбор проектных решений и осложняют производство инженерно-геологических изысканий в части увеличения их состава и объемов работ

Категория сложности инженерно-геокриологических условий	Расстояние между горными выработками для зданий и сооружений I и II уровней ответственности, м	
	I	II
I	40-30	50-40
II	25-20	30-25
III	15-10	20-15

Большие значения расстояний следует применять для зданий и сооружений малочувствительных к неравномерным осадкам, меньшие — для чувствительных к неравномерным осадкам, с учетом регионального опыта и требований проектирования.

При наличии в основании зданий и сооружений многолетнемерзлых грунтов, характеризующихся **неоднородным составом, льдистостью, температурой, крупными ледяными включениями, проявлением опасных криогенных процессов и т.п.**, расстояния между выработками допускается принимать **менее 10 м**, а также проходить их под отдельные опоры фундаментов при соответствующем обосновании в программе изысканий.

Общее количество горных выработок в пределах контура каждого здания и сооружения **II уровня ответственности должно быть, как правило, не менее трех**, включая выработки, пройденные ранее, а для зданий и сооружений **I уровня ответственности — не менее 4—5 (в зависимости от их вида)**. Ранее пройденные выработки могут быть включены в указанное количество только в том случае, когда с момента их бурения и замеров температуры мерзлых грунтов прошло не более трех лет. На застроенной территории ранее пройденные выработки в указанное количество не включаются.

ГЛУБИНА ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Типы фундаментов	при использовании дисперсных грунтов оснований по принципу:	
	I	II
ТВЕРДОМЕРЗЛЫЕ ГРУНТЫ		
Ленточные и отдельные опоры	7-10 м от подошвы фундамента	5 м ниже расчетной глубины оттаивания грунтов, но не менее 7-10 м от подошвы фундамента
Свайные	3-5 м глубже нижнего торца свай, но не менее 10-12 м	5 м глубже нижнего торца свай, но не менее 5 м ниже расчетной глубины оттаивания грунтов оснований
ПЛАСТИЧНОМЕРЗЛЫЕ ГРУНТЫ		
Ленточные при нагрузках : - до 500 кН/м - до 700 кН/м - до 1000 кН/м	10-12 м от подошвы фундамента 12-15 м 15-20 м	10-12 м от подошвы фундамента 12-15 м 15-20 м (но не менее 5 м ниже расчетной глубины оттаивания грунтов оснований)
Отдельные опоры, при нагрузках на опору: - до 2500 кН - до 5000 кН - до 10000 кН - до 15000 кН - до 20000 кН	8-10 м 10-12 м от подошвы фундамента 10-12 м фундамента 12- 15 м 15-20м	10-12 м от подошвы фундамента 12-15 м фундамента 12-15 м (но не менее 5 м ниже расчетной глубины оттаивания грунтов оснований) 15-20 м 20-25 м
Свайные	5 м глубже нижнего торца свай	5 м глубже нижнего торца свай, но не менее 5 м ниже расчетной глубины оттаивания грунтов основания

1. Меньшие значения глубин горных выработок принимаются при использовании в качестве оснований **слабольшдистых грунтов, большие — при льдистых и сильнольдистых.**
2. Глубину выработок при изысканиях под здания и сооружения, проектируемых по второму принципу, следует принимать **глубже подошвы сжимаемой толщи на 3-5 м.**
3. Если в пределах глубин залегают скальные грунты (морозные, слабольшдистые), то горные выработки необходимо проходить на **2-3 м ниже кровли слабовыветрелых грунтов или подошвы фундамента при его заложении на скальный грунт.**
4. Глубину горных выработок **при плитном типе фундамента** (ширина фундамента более 10 м), основанием для которых служат дисперсные **твердомерзлые грунты**, следует назначать не менее 12-15 м, расстояние между выработками должно быть не более 20 м, а количество выработок - **не менее трех.**
5. При использовании **пластичномерзлых** грунтов, глубина горных выработок на 3-5 м должна превышать величину сжимаемой толщи, а количество выработок под один фундамент должно быть не менее трех.
6. При строительстве зданий и сооружений на плитном фундаменте **по второму принципу** **глубина горных выработок должна не менее чем на 5 м превышать расчетную глубину оттаивания** многолетнемерзлых грунтов, а количество выработок под один фундамент должно быть **не менее 4-5.**

СПОСОБЫ БУРЕНИЯ ММП

Способ бурения	Разновидность способа бурения	Диаметр бурения (по диаметру обсадных труб), мм	Условия применения (виды и характеристика грунтов)
Колонковый	С промывкой водой	34-146	Скальные невыветрелые (монолитные) и слабовыветрелые (трещиноватые), не содержащие льда (морозные)
	С промывкой глинистым раствором	73-146	Скальные слабовыветрелые (трещиноватые) и выветрелые, не содержащие льда (морозные)
	С продувкой охлажденным воздухом	73-146	Скальные невыветрелые (монолитные), слабовыветрелые (трещиноватые) с трещинами, заполненными льдом, выветрелые и сильновыветрелые; глины в твердомерзлом и пластичномерзлом состоянии.
	С применением пневмоударников	108-219	Все виды мерзлых грунтов
	Всухую	89-219	Скальные сильновыветрелые морозные и мерзлые; дисперсные твердомерзлые и пластичномерзлые
Ударно-канатный	Забивной, кольцевым забоем	108-325	Песчаные и глинистые пластичномерзлые, твердомерзлые
Вибрационный	С применением вибратора или вибромолота	108-168	Песчаные, глинистые пластичномерзлые, твердомерзлые

Определение температуры

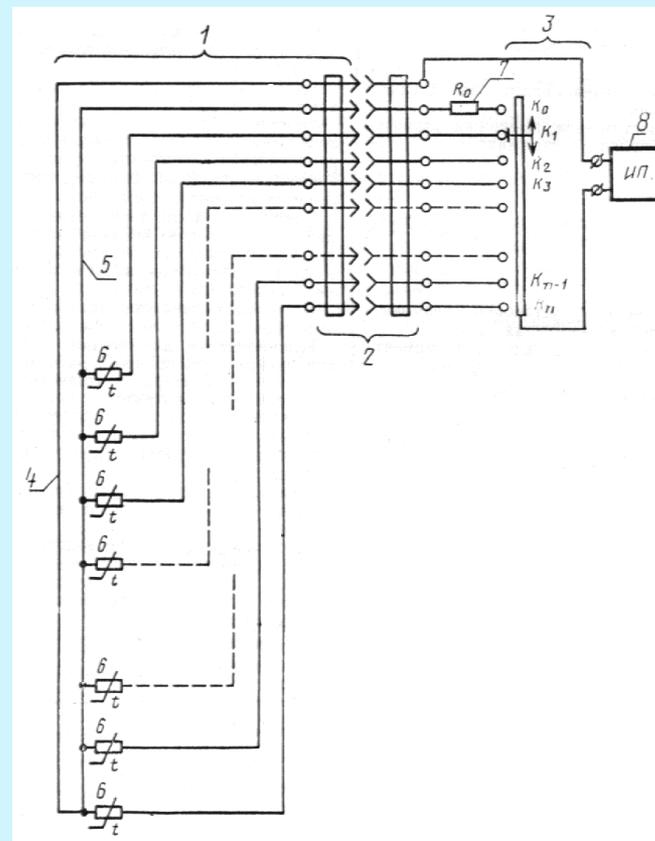
- **Определение температуры многолетнемерзлых грунтов оснований следует проводить во всех скважинах глубиной 10-15 м (в соответствии с требованиями ГОСТ 25358).**
- **При обосновании в программе изысканий полевыми методами определяются также показатели свойств многолетнемерзлых, промерзающих грунтов, характеристики грунтов для расчета фундаментов на воздействие сил морозного (криогенного) пучения, сопротивление мерзлого грунта сдвигу (по грунту, материалу фундаментов) и др.**

ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ

ГОСТ 25358—82 МЕТОД ПОЛЕВОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

- Комплект для полевого измерения температуры грунтов в скважинах представляет собой гирлянду (сборку) электрических датчиков температуры или ртутных «заленивленных» термометров, закрепленных на несущем шнуре в соответствии с глубиной точек измерения.
- Количество 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 совместно.
- В качестве электрических датчиков температуры грунтов следует применять чувствительные элементы промышленных мерных термометров сопротивления с номиналом 100 Ом (например, ЭСМ-03 по ТУ 25.02.738.71).
- Допускается использовать для измерения температуры грунтов электрические датчики других видов (термометры сопротивления других номиналов, термисторы марок ММТ-1 и ММТ-4, термопары и т. п.).
- При измерении температуры грунтов в скважинах ртутными термометрами следует применять ртутные метеорологические термометры с ценой деления не более $0,2^{\circ}\text{C}$ (по ГОСТ 2045—71 и ГОСТ 112—78), предварительно вмонтировав их в специальные «заленивливающие» оправы для повышения тепловой инерции.
- Тепловая инерция «заленивленного» термометра характеризуется двумя параметрами, которые должны ежегодно проверяться:
 - время задержки — время, за которое показание исходной температуры изменится на $0,1^{\circ}\text{C}$ при переносе термометра в среду, температура которой отличается на $\pm 20^{\circ}\text{C}$ от исходной. Время задержки «заленивленного» термометра должно составлять (60 ± 10) с, что ориентировочно лимитирует суммарное время снятия отсчетов со всех термометров гирлянды;
 - показатель тепловой инерции t_0 — время, за которое температура изменится на 63% от задаваемого при проверке перепада температуры. По показателю тепловой инерции при измерении температуры грунтов определяется время выдержки гирлянды термометров в скважине.
- Градуировка и поверка электрических датчиков и ртутных термометров должны выполняться с погрешностью не более $0,03^{\circ}\text{C}$ и включать температуру $(0,00 \pm 0,02)^{\circ}\text{C}$, при которой определяется поправка на «место нуля».
- Тарировка и поверка электрических датчиков температуры и измерительных приборов к ним, а также ртутных термометров должны производиться в лабораторных условиях на измерительных приборах более высокого класса точности, чем рабочие приборы.

- Монтаж гирлянды электрических датчиков температуры должен выполняться по схеме (см. рис), однотипным (из одной бухты) многожильным медным проводом сечением $0,35—0,5 \text{ мм}^2$ с надежной изоляцией; места спаек должны быть электро- и гидроизолированы.
- Разница в сопротивлениях соединительных проводов, измеренная на клеммах разъема, не должна превышать $0,01 \text{ Ом}$; сопротивление изоляции проводов, шунтирующее датчик, должно быть не менее 2 МОм .



- 1 — гирлянда электрических термометров сопротивления;
- 2 — разъем; 3 — переключатель; 4 — общий провод;
- 5 — компенсационный провод; 6 — электрические термометры сопротивления с номиналом 100 Ом ; 7 — образцовый резистор с номиналом $R_0 = 100 \text{ Ом} (\pm 0,01\%)$; 8 — измерительный прибор

Ход измерений

- 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 оборах 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 вечномёрзлый грунт не менее чем на 0,5 м. 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.
- 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.
- 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 проходится и оборудуется опытная скважина 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 проводится 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 $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$).

- Время «выстойки» определяется максимальным периодом стабилизации температур из измеренных на разных горизонтах.
- Оценка дополнительной погрешности измерения, возникающей от сокращения времени «выстойки» скважин после бурения, осуществляется по кривым стабилизации температуры в опытной скважине.
- При наличии в районе работ старых законсервированных скважин, пригодных для термометрии, в них проводятся параллельные измерения температуры, в соответствии с результатами которых коррелируются результаты измерения температуры в опытной скважине.
- 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 ± 5 см.
- Для инженерно-геокриологических исследований глубины измерения температуры в скважинах следует принимать: в пределах первых 3 м — кратными 0,5 м; затем, до глубины 5 м — кратными 1 м; далее — на глубинах 7 и 10 м. В более глубоких скважинах исследующие глубины устанавливаются кратными 5 м, а также на забое скважины.
- 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).

- **Измерение температуры грунтов следует производить 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, форма которого приведена в рекомендуемом приложении 4, записывают: номер скважины, дату ее проходки и обустройства, номер гирлянды, дату и время ее установки, температуру наружно-го воздуха, измеренную с помощью термометра-праща;
- оценивают период выдержки гирлянды в скважине;
- по истечении периода выдержки гирлянды в скважине производят 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 или электрических сопротивлений. 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 производят оценку значений температуры путем сопоставления 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 и крышку короба закрыть на ключ.

- 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 τ_{Δ} , ч, гирлянды «заленивленных» ртутных термометров в скважине следует определять по формуле

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

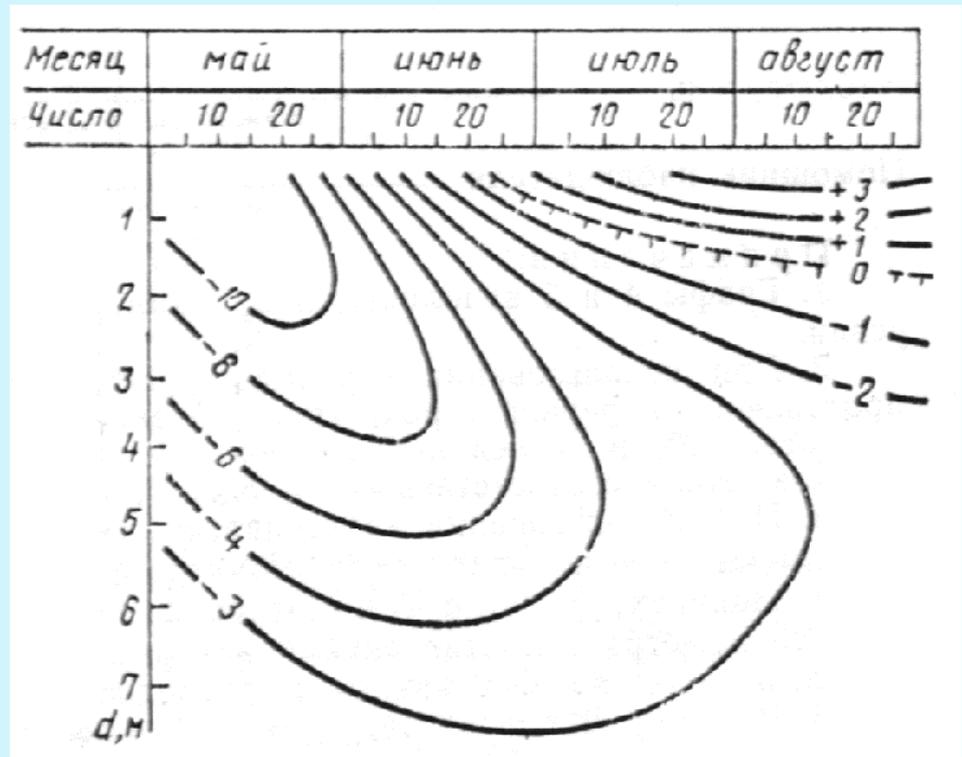
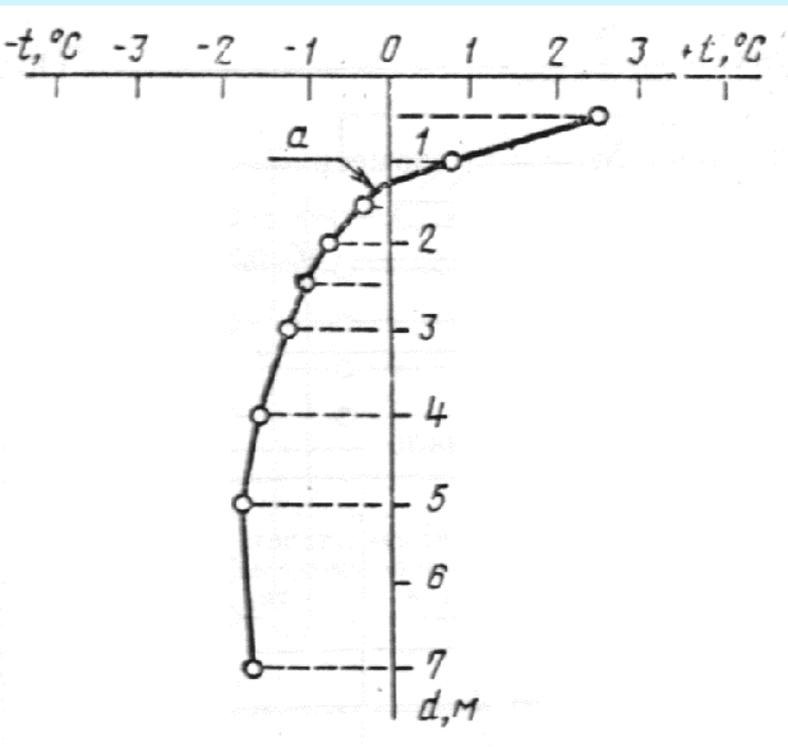
- где τ_0 — показатель тепловой инерции, ч;
- t_e — исходная температура (температура наружного воздуха во время измерения), °С;
- t_s — ожидаемая температура грунта в скважине (принимается ориентировочно с погрешностью до $\pm 2^{\circ}\text{C}$), °С;
- Δt — допускаемая погрешность за счет ограничения времени выдержки, $\Delta t \leq 0,05^{\circ}\text{C}$.
- Время выдержки гирлянды ртутных термометров или электрических датчиков температуры следует определять для разностей температур, равных 10, 20, 30 и 40 °С, и для разности ($t_e - t_s$) 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.
- После окончания измерения температуры грунтов скважины, пройденные в процессе термоизмерительных работ и не переданные заказчику для продолжения стационарных наблюдений, надлежит затампонировать грунтом и закрепить с соответствующей маркировкой (номер точки измерения, организация), а также очистить площадку от мусора и восстановить почвенно-растительный слой в местах, где он был нарушен в результате производств работ по измерению температуры.

ОБРАБОТКА ИЗМЕРЕНИЙ

- В отсчеты температуры грунтов, зафиксированных 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) данного измерительного прибора или термометра, с учетом положения «места нуля».
- Температуру грунтов t_i на глубине d_i измеряемую мостом электрических сопротивлений, надлежит вычислять по формуле

$$t_i = \left[(R_i - R_s) / \alpha R_0 \right] - \Delta,$$

- где R_i — электрическое сопротивление, измеренное при положениях переключателя $K1, K2, \dots, Kn$, Ом;
- R_0 — номинал сопротивления электрического термометра, Ом, при температуре 0°C ;
- $R_s = RL + R_0$ — суммарное сопротивление линии связи RL и образцового резистора, определяемое в положении $K0$ переключателя, Ом;
- α — температурный коэффициент сопротивления (для медного провода $\alpha = 0,00426$), $1/^\circ\text{C}$;
- Δ — индивидуальная поправка на «место нуля» электрического термометра, $^\circ\text{C}$.
- 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 термоизоплант — для длительных (режимных) 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.



- ОБРАЗЦЫ ГРАФИЧЕСКОГО ОФОРМЛЕНИЯ
- РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ГРУНТА

- График термоизоплент по скважине № _____
- за период с _____ по _____ по данным
- режимных (длительных) температурных наблюдений

Изменение средних температур донной залежи ТМР "Усть-Кандинское" в 1990–1999 г.

1 – на поверхности,

2 – 0,1 м,

3 – 0,2 м,

4 – 0,3 м,

5 – 0,4 м,

6 – 0,5 м,

7 – 0,6 м,

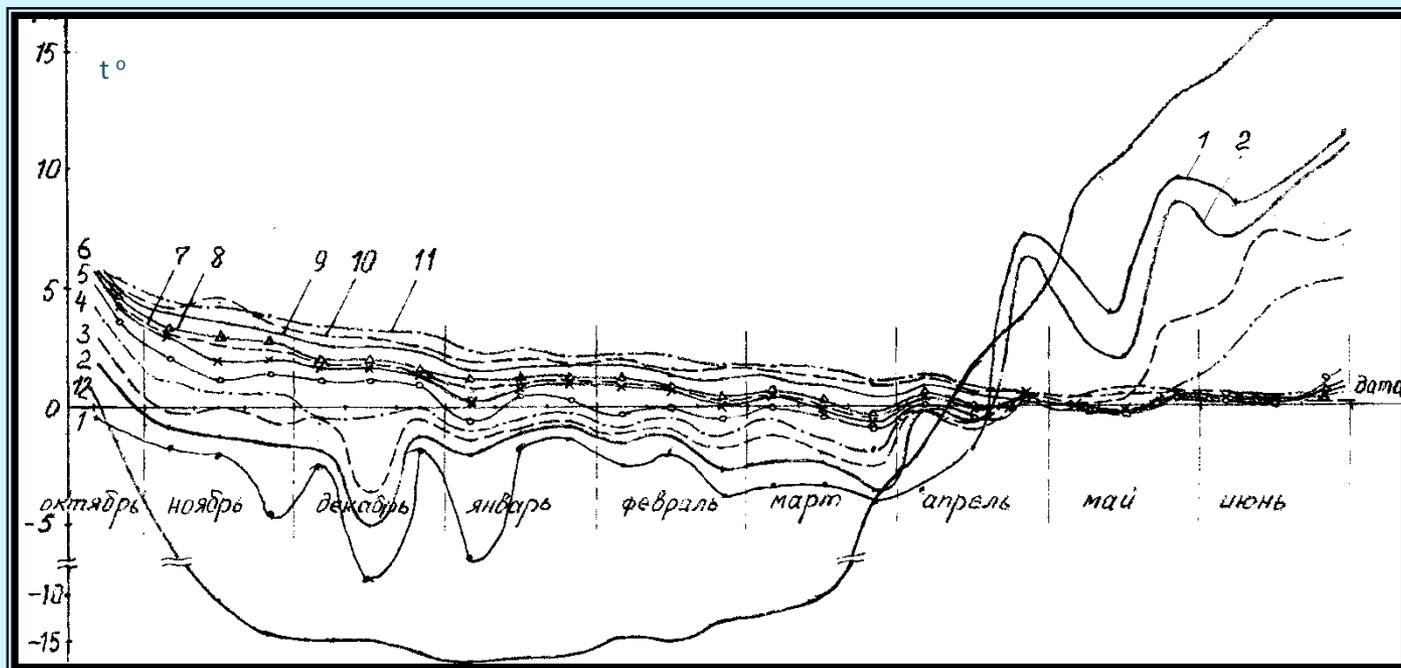
8 – 0,7 м,

9 – 0,8 м,

10 – 0,9 м,

11 – 1,0 м,

12 – среднедекадная температура воздуха



Кривые температурного режима соответствуют

Изменение средних температур верхней залежи ТМР "Темное" в период 1990–1999 г. глубинам:

1 – на поверхности,

2 – 0,1 м,

3 – 0,2 м,

4 – 0,3 м,

5 – 0,4 м,

6 – 0,5 м,

7 – 0,6 м,

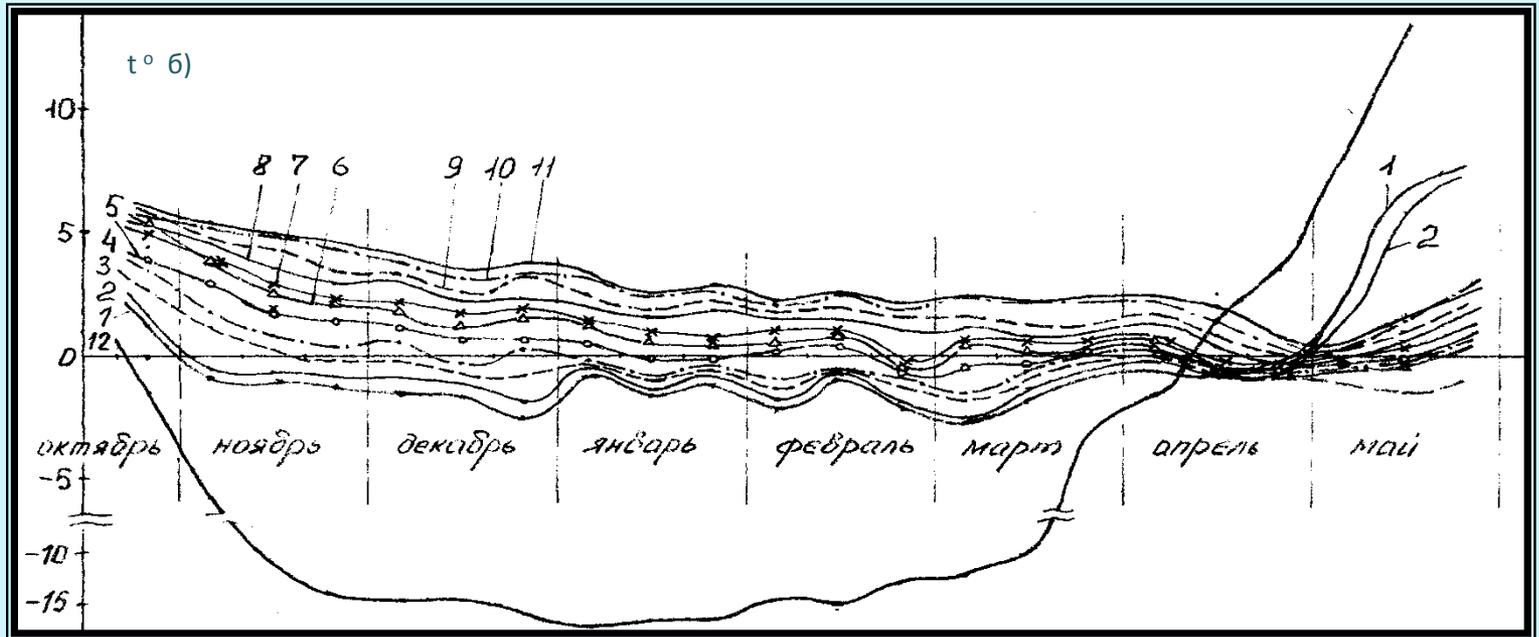
8 – 0,7 м,

9 – 0,8 м,

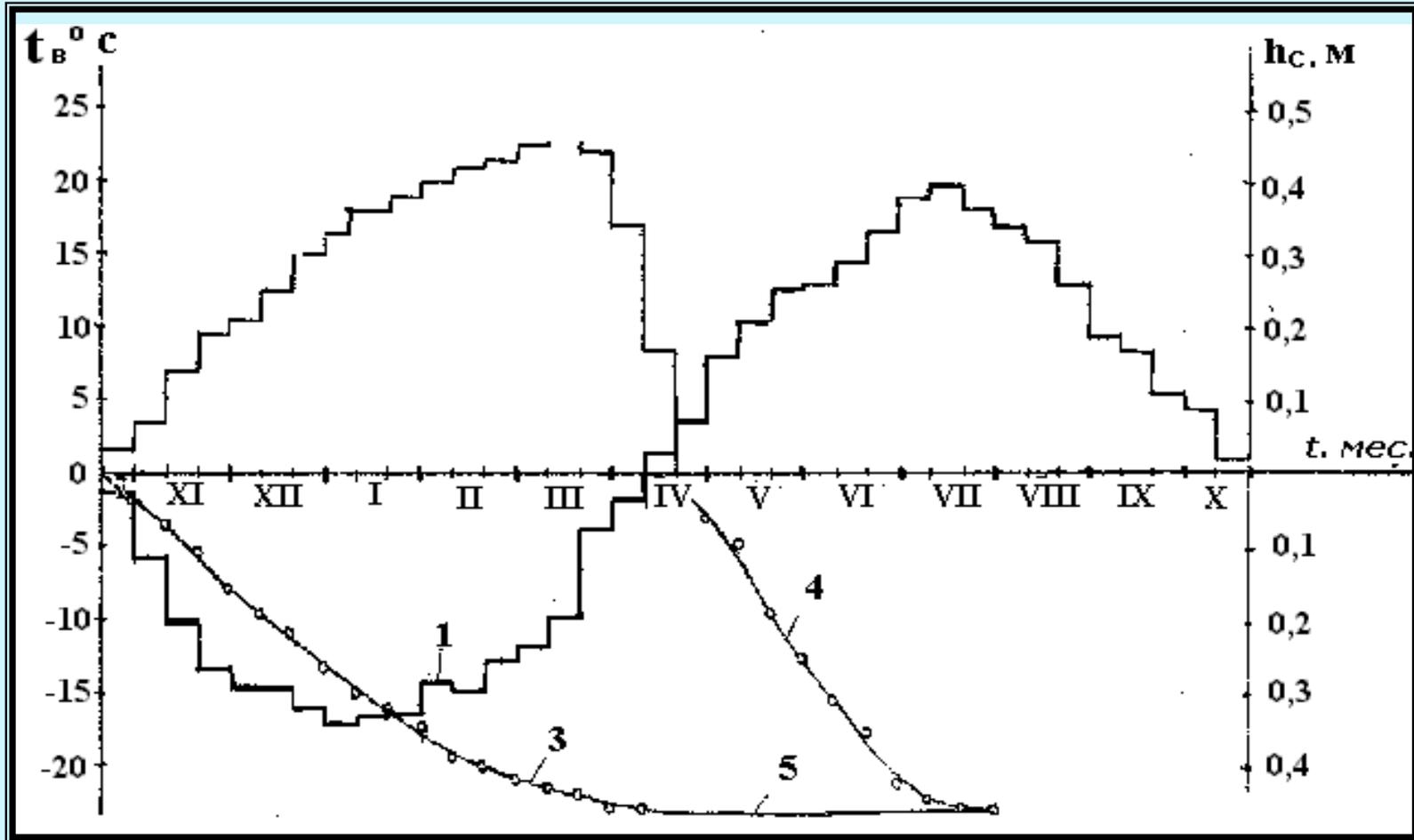
10 – 0,9 м,

11 – 1,0 м,

12 – среднедекадная температура воздуха



Промерзание и оттаивание верхней залежи ТМР “Темное” в 1985–1999г.



- 1 – среднедекадная температура воздуха,
- 2 – среднедекадная толщина снежного покрова,
- 3 – промерзание торфяной залежи,
- 4 и 5 – оттаивание торфяной залежи сверху и снизу

Комплект для измерения температуры грунтов в скважинах

- **Комплект для измерения температуры грунтов в скважинах** при проведении полевых и стационарных исследований температурного режима грунтов в процессе инженерных изысканий в строительстве и мониторинга температурных полей грунтовых оснований инженерных сооружений, в том числе в области вечной мерзлоты.
- В состав комплекта входят:
- гидроизолированная коса термодатчиков, в которой используется специальный, устойчивый к растяжению провод;
- измерительный прибор, который позволяет измерять температуру в диапазоне от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$ с погрешностью $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$, в середине диапазона от -10°C до $+20^{\circ}\text{C}$ с погрешностью $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$.
- **Прибор ЭТЦ-0,1/10**
- **Термокоса ТК-10/10**
- (в названии термокосы первое число соответствует длине косы, а второе — количеству датчиков)
- **Расположение датчиков и длина косы**



Комплект термокос для горячего штампа ТК-0,8/8

Основные технические характеристики прибора

Основные технические характеристики прибора

Наименование

	Параметры
Вес прибора	0,4 кг
Размеры прибора, мм	170 x 85 x 40
Источник питания	1 элемент, 9В "Крона"
Потребляемый ток	2 мА
Режим работы	полуавтоматический
Температурный диапазон работы прибора	-50°C : +50°C

Технические характеристики косы термодатчиков

Тип датчика	ЧЭМТ - 8
Гидроизоляция	полиэтилен
Номинальное сопротивление датчика	100 Ом
Диапазон измерения температуры	-50°C : +50°C
Погрешность измерения температуры	±0,2°C
Тепловая инерция датчиков	8-10 мин.
Тип проводов	П-274



- телефон (495) 366-36-89, (499) 369-56-15, e-mail: sale@pniis.ru, elina00@bk.ru

Опробование

- Выбор методов отбора (точечный, бороздовый, валовый) образцов обосновывается исходя из характера инженерно-геокриологического разреза.
- Точечный способ используется для отбора образцов из однородных по составу и криогенному строению слоев грунта.
- Для однородных по составу и криогенному строению слоев пробы грунта отбираются из кровли, середины и подошвы слоя, но не реже, чем через 1 м.
- Бороздовый и валовый методы применяются для отбора образцов в грунтах **с неоднородным криогенным строением.** Образцы отбираются из каждой разновидности грунтов.
- Образцы ненарушенного сложения (монолиты) отбираются для определения плотности многолетнемерзлых грунтов и показателей физических, механических и теплофизических свойств.

Полевые и лабораторные работы

5.Подбираем методики проведения работ
по действующим нормативам

Методы полевых исследований свойств грунтов	Цели полевых исследований свойств грунтов							Исследуемые грунты							Нормы
	Определение показателей							Исследуемые грунты							
	Физические свойства грунтов	Деформационные свойства грунтов	Прочностные свойства твердომержлых грунтов	Прочностные свойства пластичномержлых грунтов	Прочностные свойства грунтов, деформации пучения	Удельные касательные силы пучения промерзающих грунтов, удельные нормальные силы давления пучения грунтов, деформации пучения	Изменчивости свойств грунтов	Оценка пространственной способности свай	Оценка пространственной изменчивости свойств грунтов	Крупнообломочные мерзлые	Песчаные мерзлые	Глинистые твердომержлые	Глинистые пластичномержлые	Глинистые и песчаные засоленные охлаждаемые ниже нуля °С	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Изыскания для разработки проекта															
Исследование плотности грунтов	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	1)*
Испытание «горячим» штампом	-	+(II)	-	-	-	-	-	-	С	+	+	+	-	-	ГОСТ 23253-78
Испытание штампом	-	С(I)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	4)
Испытание на срез целиков грунтов	-	-	С	С	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	2), 4)
Испытания промерзающих грунтов на силовые воздействия (на фундаменты, опоры и др.)	-	-	-	-	С	-	-	-	-	+	+	+	+	-	ГОСТ 27217-87
Исследование вертикальных перемещений грунтов при промерзании и оттаивании	-	-	-	-	С	-	-	-	-	+	+	+	+	-	ГОСТ 28622-90
Испытание эталонной свай	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	3),4)
Испытания статическим зондированием	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	4)

Методы полевых исследований свойств грунтов	Цели полевых исследований свойств грунтов							Изучаемые грунты							Обозначение государственного стандарта метода исследований
	Определение показателей														
	Физические свойства грунтов	Деформационные свойства грунтов	Твердомерзлых грунтов	Прочностные свойства пластичномерзлых грунтов	Прочностные свойства грунтов	Удельные касательные силы пучения промерзающих грунтов; удельные нормальные силы давления пучения грунтов, деформации	Изменчивости свойств грунтов	Оценка несущей способности свай	Оценка пространственной	Крупнообломочные мерзлые	Песчаные мерзлые	Глинистые твердомерзлые	Глинистые пластичномерзлые	Глинистые и песчаные засоленные охлажденные ниже нуля °С	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Изыскания для разработки рабочей документации															
Исследование плотности грунтов	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	1)
Испытание «горячим штампом»	-	+(II)	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	ГОСТ 23253-78	
Испытание штампом	-	+(I)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	4)	
Испытание на срез целиков грунтов	-	-	C	C	-	-	-	-	+	+	+	+	-	2), 4)	
Испытания промерзающих грунтов на силовые воздействия (на фундаменты, опоры и др.)	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	-	ГОСТ 27217-87	
Исследование вертикальных перемещений грунтов при промерзании и оттаивании	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	-	1)	
Испытание эталонной свай	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	3),4)	
Испытание натуральных свай	-	-	-	-	-	-	C	-	+	+	+	+	+	ГОСТ 24546-81	
Испытания статическим зондированием	-	+	-	+	-	+	+	-	-	-	+	+	-	4)	

- *Обозначения:* «+» - исследования выполняются;
- (I) - исследования выполняются при назначении первого принципа использования мерзлых грунтов в качестве оснований;
- (II) - исследования выполняются при назначении второго принципа использования мерзлых грунтов в качестве оснований.
- «-» - исследования не выполняются;
- «С» - исследования выполняются по специальному заданию.
- * - разработанных стандартов нет; рекомендуется использование указанных методических руководств:
- 1) Руководство по определению физических, теплофизических и механических характеристик мерзлых грунтов. Стройиздат, М., 1973.
- 2) Рекомендации по определению физических, прочностных и деформационных характеристик мерзлых и оттаивающих крупнообломочных, полускальных и сильновыветрелых скальных грунтов. НИИОСП, М., 1990.
- 3) Временная инструкция по проведению испытаний эталонной сваей вечномерзлых грунтов. Фундаментпроект, М., 1987.
- 4) Методическое пособие по полевым испытаниям вечномерзлых грунтов. Фундаментпроект, М., 1987

- **Испытания мерзлых грунтов на сдвиг** следует проводить с учетом особенностей их криогенного строения при различных значениях сдвигающей и нормальной нагрузки для построения графиков зависимости горизонтальных деформаций от сдвигающих усилий.
- Определение **деформационных характеристик пластичномерзлых грунтов** следует осуществлять испытаниями статическими нагрузками **на штамп в шурфах на проектируемой глубине (отметке) заложения фундаментов**.
-
- **Испытания статическими нагрузками на сваи** предусматриваются на площадках зданий и сооружений, сложенных **твердо— и пластичномерзлыми грунтами и льдами**.
- **Испытания пластичномерзлых, засоленных, охлажденных ниже нуля °С грунтов** следует выполнять для определения температуры и состояния (талое или мерзлое) грунтов, оценки показателей и пространственной изменчивости их прочностных и деформационных свойств, несущей способности свай.
- **Испытания грунтов горячим штампом в** целях определения деформационных характеристик выделенных инженерно-геокриологических элементов проводятся **до расчетной глубины оттаивания грунтов под зданиями и сооружениями** в соответствии с ГОСТ 23253-78.
- Для зданий и сооружений I и II уровня ответственности при проектировании опор надземных сооружений следует проводить определения:
 - **удельной касательной силы морозного пучения, нормального давления,**
 - **пучения на подошву фундаментов, деформации поверхности грунта при его промерзании.**
- В пределах каждого здания и сооружения, проектируемого **на свайных фундаментах, количество испытаний эталонной сваей**, в соответствии с требованиями СНиП 2.02.03-85, должно быть **не менее шести**, а статических испытаний натуральных свай (устанавливаемой в техническом задании заказчика) — **не менее двух** (с учетом сложности инженерно-геокриологических условий, принципов строительства, уровней ответственности зданий и сооружений).

УСТРОЙСТВО КОМПРЕССИОННОГО СЖАТИЯ ГТ 1.1.4

Для испытания образцов грунта методом компрессионного сжатия по ГОСТ 12248-96, ГОСТ 23161-78, ГОСТ 24143-80 в составе измерительно-вычислительного комплекса «АСИС-1».

Для испытания образцов мерзлого грунта методом компрессионного сжатия по ГОСТ 12248-96 в составе комплекса измерительно-вычислительного «АСИС-Криология».

Состав

Устройство осевого нагружения ГТ 2.0.7

Одометр фильтрационный ГТ 2.1.1

Датчик силы SBA-1

Датчик линейных перемещений ДЛП-10М

Колба ГТЕК.306577.001

Характеристики

Диаметр испытываемого образца – 87,0 мм

Высота испытываемого образца – 25,0 мм

Способ приложения вертикальной нагрузки – статический, ступенями.

Максимальное нормальное давление на образец – 1,5 МПа.

Максимальные вертикальные деформации образца грунта – 10 мм.

Габаритные размеры (ширина x высота x глубина) — не более 343 x 483x 316 мм.

Масса изделия — не более 20 кг.

Устройство обеспечивает:

- испытание немерзлого грунта методом компрессионного сжатия для определения следующих характеристик деформируемости: коэффициента сжимаемости, модуля деформации, структурной прочности на сжатие, коэффициента фильтрационной консолидации, давления набухания прямым и косвенным методами;
- испытание мерзлого грунта методом компрессионного сжатия для определения следующих характеристик деформируемости: коэффициента сжимаемости пластичномерзлых грунтов, коэффициента оттаивания и сжимаемости при оттаивании для песков и глинистых грунтов (кроме песков гравелистых и крупных), а также заторфованных, засоленных и сыпучемерзлых разновидностей указанных грунтов.

Устройство оснащено тензометрическим датчиком силы для измерения вертикальной нагрузки и датчиком линейных перемещений для измерения вертикальной деформации. Вертикальная нагрузка на образец грунта создается ступенями при помощи сжатого воздуха с номинальным давлением в сети пневмопровода 0,6 МПа.



Испытание мерзлого грунта методом компрессионного сжатия

проводят для определения следующих характеристик деформируемости для песков и глинистых грунтов (кроме песков гравелистых и крупных), а также заторфованных, засоленных и сыпучемерзлых разновидностей указанных грунтов:

*коэффициента сжимаемости пластичномерзлых грунтов m_f ,
МПа⁻¹*

*коэффициента оттаивания A_{th} ,
сжимаемости при оттаивании m .*

При испытании для определения коэффициентов A_{th} и m значение ε_{th} определяется:

$$\varepsilon_{th} = \frac{\Delta h_i - \Delta h_g}{h_i},$$

где Δh_i – абсолютная стабилизированная деформация образца грунта после оттаивания, мм; Δh_g – абсолютная стабилизированная деформация образца грунта на первой ступени нагружения (при давлении, равном напряжению от собственного веса грунта на глубине отбора образца, и до его оттаивания), мм; h_i – высота образца грунта после обжатия (до его оттаивания), мм.

По вычисленным значениям строят графики зависимости $\varepsilon_f=f(\sigma)$ или $\varepsilon_{th}=f(\sigma)$, где σ – напряжение в образце на каждой ступени нагружения, МПа (рис.).

Коэффициенты сжимаемости пластично-мерзлого грунта $m_{f,i}$, МПа⁻¹ определяют как величины, численно равные тангенсам углов наклона α_i прямых, проведенных из начала координат через точки p_i и $\varepsilon_{f,i}$ с точностью 0,001 МПа⁻¹ по формуле:

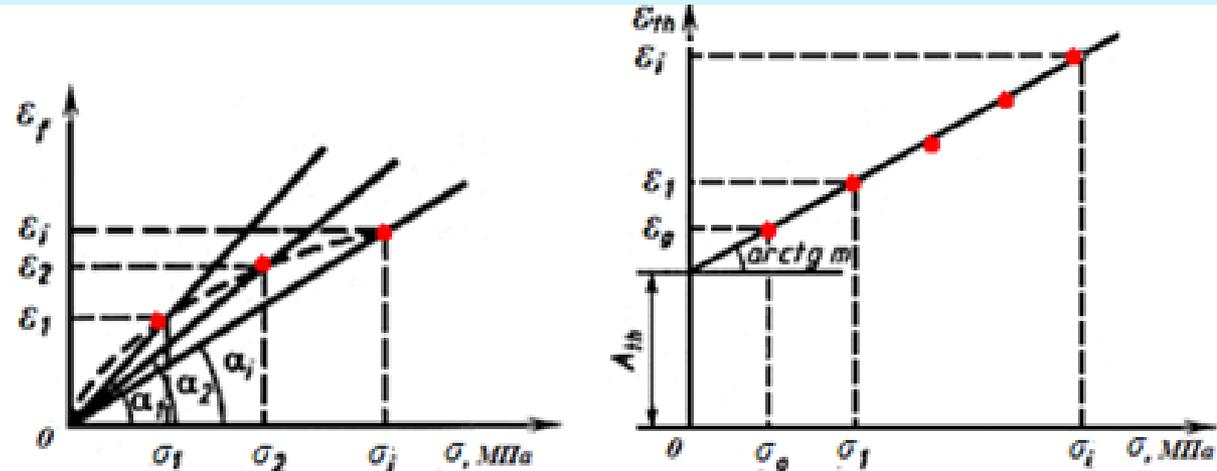
$$m_{f,i} = \operatorname{tg} \alpha_i = \frac{\varepsilon_{f,i}}{p_i}.$$

Определение характеристик деформации мерзлых грунтов

По значениям коэффициента сжимаемости $m_{f,i}$ может быть вычислен **модуль деформации**:

$$E_i = \frac{\beta}{m_{f,i}},$$

где β – коэффициент, равный 0,8.



Образец графического оформления результатов испытания мерзлого грунта

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЧНОСТИ НА СДВИГ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

Испытания методом одноплоскостного среза оттаивающего грунта по поверхности мерзлого грунта проводят для определения следующих характеристик для песков мелких и пылеватых, глинистых и органоминеральных грунтов:

сопротивления грунта срезу τ ,
угла внутреннего трения φ
удельного сцепления c .

Сопротивление грунта срезу определяют как предельное среднее касательное напряжение, при котором образец оттаивающего грунта срезается по фиксированной плоскости, проходящей на 2-4 мм выше поверхности мерзлого грунта при заданном нормальном напряжении. Для определения частных значений φ и c необходимо провести не менее трех испытаний при различных значениях нормального напряжения.

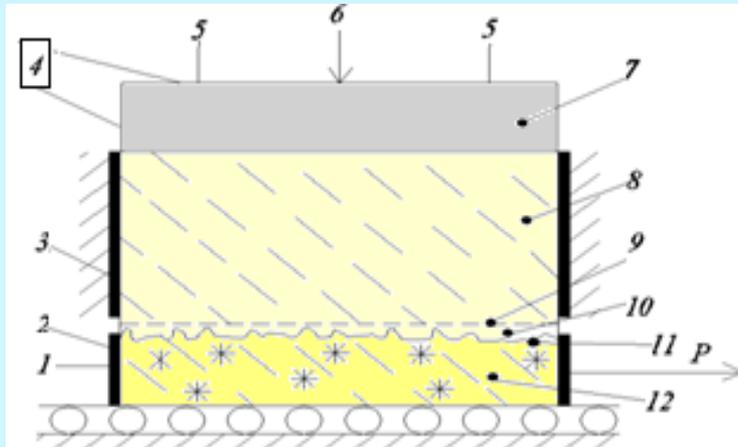
По измеренным в процессе испытания значениям деформации среза l , соответствующим различным напряжениям τ , строят график зависимости $l = f(\tau)$. По полученным значениям строят график зависимости $\tau = f(\sigma)$.

Оттаивание образцов мерзлого грунта проводят сверху вниз.

Срез проводится на контакте оттаивающего грунта с мерзлым слоем («приконтактный слой»).

Испытания проводят по схеме **неконсолидированного быстрого среза**.

Принципиальная схема установки для определения сопротивления



Условные обозначения:

- 1 – индикатор часового типа для измерений деформаций сдвига;
- 2 – подвижная обойма;
- 3 – неподвижная обойма;
- 4 – устройство для создания и регулирования температуры теплового штампа;
- 5 – индикаторы часового типа для измерения деформации осадки;
- 6 – вертикальная нагрузка;
- 7 – тепловой штамп;
- 8 – оттаявший грунт;
- 9 – плоскость среза;
- 10 – приконтактный слой (оттаивающий грунт);
- 11 – граница раздела оттаивающего и мерзлого грунта;
- 12 – мерзлый грунт;
- P – сдвигающая нагрузка

Грунты		Нормальное давление p , МПа
Глинистые и органо-минеральные грунты с показателем текучести:	Пески мелкие и пылеватые с коэффициентом водонасыщения S_r	
$I_L < 0,5$	$S_r < 0,50$	0,1; 0,15; 0,2
$0,5 I_L < 1,0$	$0,50 \leq S_r \leq 0,80$	0,05; 0,1; 0,15
$I_L 1,0$	$S_r > 0,80$	0,025; 0,075; 0,125

Сразу после передачи нормальной нагрузки приводят в действие механизм создания срезающей нагрузки и производят срез образца грунта не более чем за 2 мин с момента приложения вертикальной нагрузки.

При передаче сдвигающей нагрузки **ступенями** их значения не должны превышать 10% значения нормального давления, при котором производится срез, и приложение ступеней должно следовать через каждые 10-15 с.

При передаче **непрерывно возрастающей сдвигающей** нагрузки скорость среза принимают в интервале 2-3 мм/мин так, чтобы срез проходил не более чем за 2 мин.

Испытание следует считать законченным, если при приложении очередной ступени срезающей нагрузки происходит мгновенный срез (срыв) одной части образца по отношению к другой или общая деформация среза превысит 5 мм (относительная деформация – 10%), что наступит раньше.

ВДАВЛИВАНИЕ ШАРИКОВОГО ШТАМПА.

Вдавливание в грунт шарикового штампа позволяет определить *предельно-длительное значение эквивалентного сцепления c_{eq}* .

Эквивалентным сцеплением c_{eq} МПа, называется комплексный параметр прочности мерзлого грунта, учитывающий совместно как силы сцепления, так и наличие внутреннего трения, который отражает прочность связей между структурными элементами грунта.

При приложении нагрузки в течение 5–10 секунд вычисляемое сцепление будет ***мгновенным.***

Испытание шариковым штампом проводят для определения c_{eq} мелких и пылеватых песков и глинистых грунтов с содержанием органического вещества не более 10% ($I_r \leq 0,1$), имеющих массивную, тонкослоистую и мелкосетчатую криогенные текстуры при отсутствии в них обломочного материала, кроме их заторфованных засоленных и сыпучемерзлых разновидностей. Для испытаний используют образцы мерзлого грунта ненарушенного сложения с природной влажностью и льдистостью. Толщина прослоек льда в образце должна быть не более 2 мм, а льдистость $i \leq 0,4$.

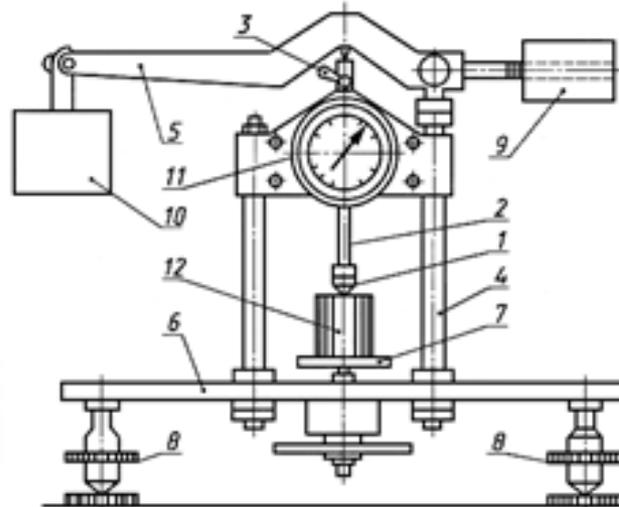
Метод вдавливания шарикового штампа заключается в том, что в грунт под заданной нагрузкой p вдавливается жесткий штамп шаровой формы и измеряется глубина его погружения в процессе вдавливания. По показаниям устройств для измерения деформаций определяют глубину погружения шарикового штампа в грунт в конце испытания (по достижении условной стабилизации деформации **или через 8 ч – при ускоренном режиме испытания**).

Предельно длительное значение эквивалентного сцепления определяют по глубине погружения шарикового штампа в образец грунта от заданной постоянной нагрузки при заданной температуре испытаний:

- для незасоленных грунтов от $[T_{bf} + (-0,5)]$ до (-5) °С;
- для засоленных от $[T_{bf} + (-0,5)]$ до (-8) °С, где T_{bf} – температура начала замерзания грунта.

Для испытаний используют образцы мерзлого грунта ненарушенного сложения с природной влажностью и льдистостью и нарушенного сложения с заданной влажностью. Толщина прослоек льда в образце должна быть не более 2 мм, а льдистость $i \leq 0,4$. При большей льдистости необходимо увеличение диаметра шарикового штампа и колец. Образцы должны иметь форму цилиндра диаметром не менее 70 мм и высотой не менее 35 мм.

**Шариковый штамп:
установка производства «Геотек Инфо»,
и принципиальная схема установки для испытания
мерзлого грунта шариковым штампом**



- Условные обозначения:
- 1 – шариковый штамп;
 - 2 – подвижной стержень с держателем шарика;
 - 3 – ручка стопорного винта;
 - 4 – стойки;
 - 5 – рычажный пресс (с соотношением плеч рычага 5:1);
 - 6 – опорная плита;
 - 7 – подвижной столик;
 - 8 – уравнительные винты;
 - 9 – контргруз;
 - 10 – гири;
 - 11 – индикатор деформаций;
 - 12 – образец грунта

Вид грунта	Состояние мерзлого грунта	Величина нагрузки, Н
Мелкие пески и супеси	Пластичномерзлый	40
	Твердомерзлый	50
Глины и суглинки	Пластичномерзлый	20
	Твердомерзлый	30

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ШАРИКОВЫМ ШТАМПОМ ГТ 1.5.1

Для испытаний образцов мерзлого грунта шариковым штампом по ГОСТ 12248-96 в составе комплекса измерительно-вычислительного «АСИС-Криология».

Состав

Устройство осевого нагружения ГТ2.0.6

Приспособление для испытаний шариковым штампом ГТ2.5.3

Датчик силы SBA-500L

Датчик линейных перемещений ДЛП-10М

Характеристики

Диаметр испытываемого образца – 87,0 мм

Высота испытываемого образца – 25,0 мм

Способ приложения вертикальной нагрузки – статический, ступенями.

Максимальное нормальное давление на образец – 0,65 МПа.

Максимальные вертикальные деформации образца грунта – 10 мм.

Габаритные размеры (ширина x высота x глубина) – не более 305 x 450 x 265 мм.

Масса изделия – не более 17,5 кг.

Устройство обеспечивает определение предельно длительного значения эквивалентного сцепления мелких и пылеватых песков и глинистых грунтов, кроме заторфованных засоленных и сыпучемерзлых разновидностей этих грунтов.



- Величина нагрузки на шариковый штамп назначается из условия:
-
- $0,005 d < S_{15} < 0,05 d$,
-
- где d – диаметр шарикового штампа, см; S_{15} – глубина погружения шарикового штампа в образец грунта через 15 мин после приложения нагрузки, см.
- К образцу грунта прикладывают постоянную нагрузку. Отсчеты для измерения вертикальной деформации образца грунта при испытании в ускоренном режиме (8 ч) снимают через 1, 5, 10, 15, 20, 30, 60 и 120 мин после приложения нагрузки, затем не реже, чем через 2 ч, далее при длительном испытании два раза в сутки (в начале и конце рабочего дня) до условной стабилизации деформации, или ведется автоматическая запись с интервалами, не реже чем перечисленные.
- Для каждого вида грунта рекомендуется проводить серию, состоящую не менее, чем из 6-ти восьмичасовых опытов (для одного значения температуры). **Один опыт (а при обосновании 2-4 опыта) из каждой серии оставляют в качестве длительных.**
- Испытание заканчивают через 8 ч после начала опыта при ускоренных испытаниях или после достижения условной стабилизации глубины погружения шарикового штампа. За критерий условной стабилизации деформации принимают приращение вертикальной деформации, не превышающее 0,01 мм за 12 ч.
- Повторные испытания на том же образце могут быть проведены при соблюдении условия: центр следующего погружения шарикового штампа должен отстоять от границ предыдущих отпечатков шарика и от края образца не менее чем на половину диаметра шарика.

- Предельно длительное значение эквивалентного сцепления мерзлого грунта c_{eq} , МПа, определяют с точностью 0,01 МПа по формуле

$$c_{eq} = 0,06k \frac{F}{d S}$$

- где F – нагрузка на шариковый штамп, кН;
- d – диаметр шарикового штампа, см;
- S – глубина погружения шарикового штампа в грунт в конце испытания, см;
- k – безразмерный коэффициент, равный 1 при испытаниях до условной стабилизации деформации и 0,8 – при ускоренном режиме.
- Для практических расчетов величины предельно длительного эквивалентного сцепления по данным восьмичасовых испытаний можно пользоваться переходным коэффициентом $K_{п}$, получаемым из соотношения

$$K_{п} = C_{eq}^{дл} / C_{eq}^8$$

- где $C_{eq}^{дл}$ – величина эквивалентного сцепления, полученная по результатам длительных испытаний, кПа;
- C_{eq}^8 – величина эквивалентного сцепления, полученная по результатам восьмичасовых испытаний, кПа.

МЕТОД ОДНОПЛОСКОСТНОГО СРЕЗА ПО ПОВЕРХНОСТИ СМЕРЗАНИЯ

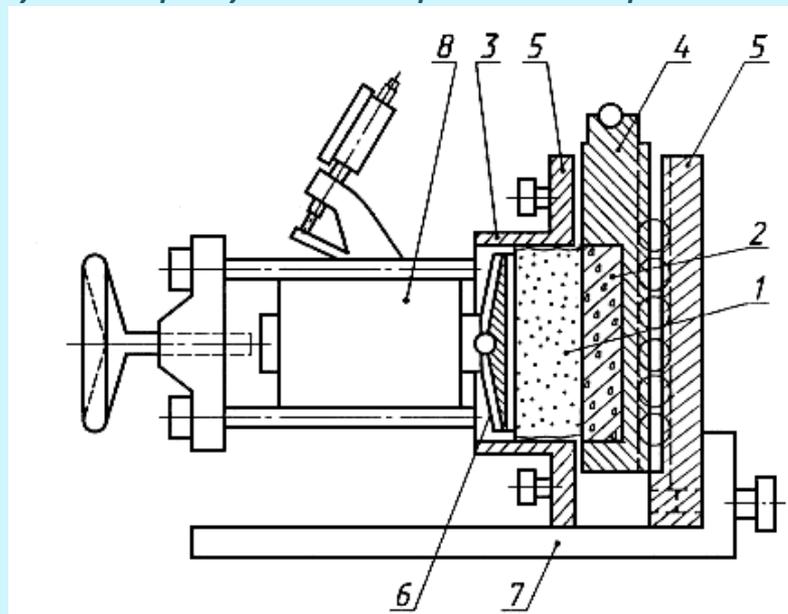
Прочность смерзания грунтов на контакте поверхности конструкции с мерзлыми грунтами характеризуют сопротивления срезу мерзлого грунта, грунтового раствора и льда по поверхности их смерзания с материалом. Установление этих величин связано с расчетами несущей способности фундаментов на мерзлых грунтах и устойчивости конструкций на действие сил пучения.

Испытание мерзлого грунта методом одноплоскостного среза по поверхности смерзания проводят для определения следующих характеристик прочности:

- сопротивления срезу, (а при необходимости также угла внутреннего трения и удельного сцепления) мерзлого грунта, грунтового раствора и льда по поверхности их смерзания с материалом фундамента R_{af}
- сопротивления срезу мерзлого грунта по поверхности смерзания с другим грунтом или грунтовым раствором R_{sh} ;
- сопротивления срезу льда по поверхности смерзания с грунтом или грунтовым раствором $R_{sh,i}$.

Схема одноплоскостного срезного прибора типа ПРС для определения сопротивления мерзлого грунта срезу по поверхности срезания

- Условные обозначения (рис. а):
- 1 - мерзлый грунт;
- 2 - материал;
- 3 - рабочее кольцо;
- 4 - срезная каретка;
- 5 - корпус прибора;
- 6 - боковой штамп;
- 7 - опорная плита;
- 8 – динамометр;



Конструкция срезного прибора должна обеспечивать возможность приложения удельной касательной нагрузки не менее **0,7 МПа для длительных опытов** и **1,5 МПа для кратковременных**.

Формы для смораживания изготавливают из материала низкой теплопроводности (например, органического стекла). Толщина стенок колец формы из органического стекла должна быть не менее 20 мм.

УСТАНОВКА ОДНОПЛОСКОСТНОГО СРЕЗА ГТ 0.2.2

Для испытания образцов вечномерзлого грунта методом одноплоскостного среза по поверхности смерзания с заданной скоростью деформаций среза по ГОСТ 12248-96 в составе комплекса "АСИС-Криология"

Состав

Устройство одноплоскостного среза кинематическое ГТ 1.2.10

Блок управления шаговым двигателем ГТ 6.0.3



Характеристики

Диаметр испытываемого образца — 71,4 мм

Высота испытываемого образца — 35,0 мм

Способ приложения сдвигающей нагрузки — кинематический, с постоянной скоростью деформаций среза

Скорость деформаций среза 0,01–5,0 мм/мин

Максимальное нормальное давление на образец — 1,0 МПа

Максимальная сдвигающая нагрузка — 10 кН.

Максимальные вертикальные деформации образца — 10 мм.

Максимальные деформации сдвига — 24 мм.

Установка обеспечивает определение следующих характеристик прочности:

- сопротивление срезу мерзлого грунта, грунтового раствора и льда по поверхности их смерзания с материалом фундамента или другим твердым материалом;
- сопротивление срезу мерзлого грунта по поверхности смерзания с другим грунтом или грунтовым раствором;
- сопротивление срезу льда по поверхности смерзания с грунтом или грунтовым раствором.

- Значение первой ступени касательной нагрузки Q_1 и ступени последующего нагружения ΔQ , кН, при испытаниях по определению R_{af} , R_{sh} и $R_{sh,i}$ следует устанавливать в соответствии с заданием, а при его отсутствии – определять на основании результатов предварительно проведенных испытаний при непрерывном быстром воздействии нагрузки по формуле
- $Q_1 = 0,1R_{af,o}A_{af}$
- где $R_{af,o}$ – условно-мгновенное сопротивление срезу, МПа.
- Далее увеличивают касательную нагрузку ступенями нагружения ΔQ , кН, значения которых при отсутствии задания определяют по формуле
- $\Delta Q = Q_1/2$.
- При недостаточном количестве образцов значения Q_1 и ΔQ могут быть определены по формулам:
- $Q_1 = \tau_1 A_{af}$
- $\Delta Q = \Delta \tau A_{af}$
- где τ_1 – касательное напряжение, МПа, принимаемое по табл. 8.46; A_{af} – площадь срезания образца грунта с образцом материала фундамента, см²; $\Delta \tau$ – приращение касательного напряжения на каждой ступени нагружения, МПа, принимаемое по табл. 8.47.

- При определении $\Delta\tau$ учитывают уменьшение площади сдвига в течение испытания.
- Отсчеты по приборам для измерения вертикальной деформации образца грунта при испытании в ускоренном режиме (8 ч) снимают через 1, 5, 10, 15, 20, 30, 60 и 120 мин после приложения нагрузки, затем не реже, чем через 2 ч, далее при длительном испытании два раза в сутки (в начале и конце рабочего дня) до условной стабилизации деформации, или ведется автоматическая запись с интервалами, не реже чем перечисленные.
- За критерий условной стабилизации деформации принимают приращение вертикальной деформации, не превышающее 0,01 мм за 12 ч.
- Если на очередной ступени нагружения стабилизации деформации не наблюдается, то нагрузку выдерживают до возникновения деформирования с постоянной скоростью, которое считается достигнутым, когда скорость деформирования в течение двух следующих друг за другом 12-часовых интервалов сохраняется постоянной.
- Испытание заканчивают, когда деформирование с постоянной скоростью установлено не менее чем для двух ступеней касательной нагрузки.
- При проведении испытания при непрерывном быстром возрастании нагрузки к образцу плавно, не допуская ударов, прикладывают касательную нагрузку, увеличивая ее непрерывно и обеспечивая такую постоянную скорость деформирования образца, чтобы время от начала испытания до момента разрушения образца составляло 20---40 с.

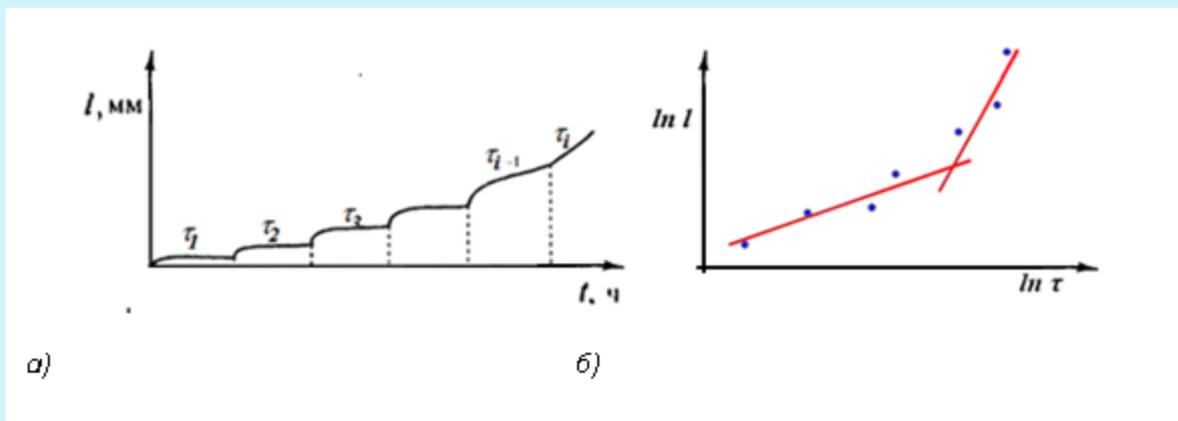
В процессе испытания производят автоматическую запись касательной нагрузки на образец, а при отсутствии системы автоматической записи фиксируют нагрузку Q_0 , кН, в момент его разрушения.

По результатам испытаний при непрерывном быстром возрастании нагрузки определяют **условно-мгновенное значение сопротивления срезу мерзлого грунта, льда по поверхности смерзания $R_{af,0}$, МПа, по формуле:**

$$R_{af,0} = Q_0 / A_{af}$$

В процессе испытаний строят график зависимости деформаций грунта l во времени при различных значениях касательного напряжения (рис, а).

Предельно длительное значение сопротивления срезу R_{af} , R_{sh} , $R_{sh,i}$ определяют как наибольшее касательное напряжение, при котором произошла стабилизация деформации образца при заданном нормальном напряжении, по кривой «деформация-нагрузка» и по графику $\ln(l) - \ln(\tau)$ (рис., б).



Зависимости: а) деформаций грунта во времени при различных значениях касательного напряжения. б) логарифмическая зависимость деформаций грунта во

Расчетные сопротивление мерзлого грунта или грунтового раствора сдвигу по боковой поверхности смерзания фундамента

Грунты	Расчетные сопротивления мерзлых грунтов R_{af} кПа (кгс/см ³), при температуре грунта, С											
	-0,3	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-6	-8	-10
Глинистые	40 (0,4)	60 (0,6)	100 (1,0)	130 (1,3)	150 (1,5)	180 (1,8)	200 (2,0)	230 (2,3)	250 (2,5)	300 (3,0)	340 (3,4)	380 (3,8)
Песчаные	50 (5,0)	80 (8,0)	130 (1,3)	160 (1,6)	200 (2,0)	230 (2,3)	260 (2,6)	290 (2,9)	330 (3,3)	380 (3,8)	440 (4,4)	500 (5,0)

■ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЧНОСТИ НА ОДНООСНОЕ СЖАТИЕ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

• **Испытание методом одноосного сжатия мерзлого грунта** проводят для определения **характеристик прочности** :

- предельно-длительного значения предела прочности на одноосное сжатие R_c
- условно-мгновенного значения предела прочности на одноосное сжатие R_{oc} ;

характеристик деформируемости:

- модуля линейной деформации E ,
- коэффициента поперечного расширения ν ,
- коэффициента нелинейной деформации A ,

характеристики ползучести:

- коэффициента вязкости сильнольдистых грунтов η для песков (кроме гравелистых и крупных) и глинистых грунтов, кроме заторфованных, засоленных и сыпучемерзлых разновидностей указанных грунтов.

УСТАНОВКА ОДНООСНОГО СЖАТИЯ ГТ 0.5.1



Для испытания образцов глинистого грунта методом одноосного сжатия по ГОСТ 12248-96 в составе комплекса "АСИС-1".

Для испытания образцов вечномёрзлого грунта методом одноосного сжатия по ГОСТ 12248-96 в составе комплекса "АСИС -Криология".

Состав

Устройство осевого нагружения ГТ 2.0.5

Приспособление одноосного сжатия ГТ2.5.1

Датчик силы SBA-1

Датчик линейных перемещений ДЛП-10М

Датчик линейных перемещений ДЛП-24М

Блок управления шаговым двигателем ГТ 6.0.3

Характеристики

Диаметр испытываемого образца — 38,0 мм, 50,0 мм.

Высота испытываемого образца — 76,0 мм, 100,0 мм.

Способ приложения вертикальной нагрузки — кинематический, с постоянной скоростью вертикальных деформаций или статический, ступенями.

Скорость вертикальных деформаций — 0,01–5,0 мм/мин.

Максимальное нормальное давление на образец — 8,0 МПа.

Максимальные вертикальные деформации образца — 24 мм.

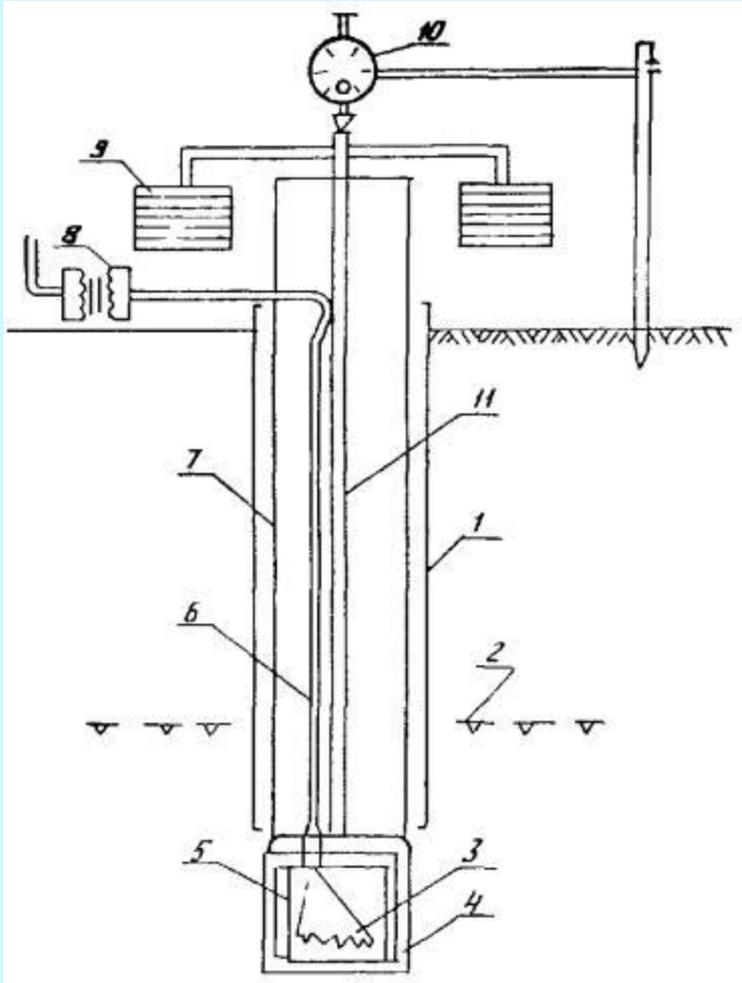
Максимальные радиальные деформации образца — 5 мм.

Установка обеспечивает:

- определение предела прочности на одноосное сжатие и сопротивления недренированному сдвигу водонасыщенных глинистых грунтов;
- определение характеристик прочности и деформируемости мерзлого грунта: предела прочности на одноосное сжатие, модуля линейной деформации, коэффициента поперечного расширения, коэффициента нелинейной деформации, коэффициента вязкости сильнольдистых грунтов для песков (кроме гравелистых и крупных) и глинистых грунтов, кроме заторфованных, засоленных и сыпучемерзлых разновидностей указанных грунтов.

Определение осадки мерзлых грунтов при оттаивании штампом в скважине

- 3.36. При инженерно-геологических исследованиях в районах распространения вечномёрзлых грунтов необходимо определять величину осадки грунтов при их оттаивании. Эта величина является одной из важнейших характеристик, определяющих принцип строительства и основные параметры конструкции сооружений.
- Величину осадки грунтов при оттаивании определяют либо в лабораторных условиях на образцах мерзлого грунта ненарушенного сложения [14], либо путем оттаивания грунта в шурфе горячими штампами [26]. Оба метода практически не применяются в практике изысканий, которые обычно проводятся в летнее время, когда сложно проводить испытания образцов мерзлого грунта и предохранить шурф от затопления надмерзлотными водами, а также от оплывания грунта при оттаивании стенок шурфа.
- Поэтому рекомендуется при инженерно-геологических изысканиях применять метод определения величины осадки мерзлого грунта путем послойного оттаивания его горячим штампом, опускаемым в скважину [9]. Установка для определения осадки мерзлых грунтов при оттаивании их в скважине (рис. 5) состоит из следующих основных элементов: штампа, реперной стойки, труб для передачи давления, индикаторов часового типа, приспособлений для установки индикаторов, грузов, электрооборудования.
- 3.37. Штамп представляет собой металлический пустотелый цилиндр. Диаметр штампа должен быть в 1,3 - 1,5 раза меньше диаметра скважины.



Установка для определения осадки мерзлых грунтов при их оттаивании в скважине:

1 - обсадная труба; 2 - поверхность вечномёрзлых грунтов; 3 - электроспираль в четочной изоляции; 4 - штамп; 5 - теплоизоляция; 6 - электрокабель; 7 - обсадные трубы диаметром 7,5 см; 8 - автотрансформатор; 9 - грузы; 10 - приспособление для установки индикаторов часового типа; 11 - реперная стойка

Штамп плотно закрывается крышкой на резьбе. В крышке смонтирован штуцер с запрессованными контактами. В центре крышки сделан выступ с конусной резьбой для закрепления реперной стойки. На дно цилиндра, покрытое листовым асбестом, укладывают спираль в четочной изоляции. Сверху спираль прикрывают асбестовой ватой примерно на четверть свободного объема штампа с тем, чтобы уменьшить общий обогрев скважины. Во избежание испарения воды и иссушения верхнего слоя оттаивающего грунта температура на подошве штампа не должна превышать 90 °С, для этого на днище штампа монтируется терморегулятор. Напряжение регулируют с помощью автотрансформатора.

Реперная стойка, представляющая собой трубку из дюраля диаметром 12 - 15 мм, состоит из отдельных звеньев (штанг) длиной 1 или 0,5 м, соединяющихся конической резьбой. Для обеспечения центровки реперной стойки через 1,5 или 2 м по ее длине следует установить три направляющих жесткоупругих «уса», укрепленных хомутами. Для уменьшения трения направляющих «усов» внутренние стенки обсадной трубы должны быть тщательно зачищены и смазаны. Общая масса штампа с реперной стойкой должна быть такой, чтобы удельная нагрузка на грунт составила 0,98 Н/см². Поэтому при оттаивании верхних слоев грунта, когда масса реперной стойки небольшая, на штамп устанавливается дополнительный груз в виде обсадной трубы диаметром 7,5 см. Приспособление для установки индикаторов состоит из стойки длиной 1,5 м с отверстиями диаметром 10 - 12 мм через 10 см по всей ее длине и стержня с резьбой, что позволяет при установке индикатора смещать его как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении. Стойку забивают в грунт на глубину 0,5 - 1 м. Желательно, чтобы нижний конец стойки упирался в мерзлый грунт. При оттаивании грунта без нагрузки индикатор устанавливают на верх реперной стойки. При оттаивании под нагрузкой на хомуты обсадной трубы, через которую передается нагрузка, устанавливают два-три индикатора, что позволяет определить перекоп штампа, если он возникает. Для передачи давления на штамп используют обсадные трубы диаметром 7,5 см и длиной от 0,5 до 1,5 м, соединенные между собой с помощью муфт. Нагрузка создается с помощью рычажного пресса или специальными грузами. При нагружении штампа необходимо учитывать массу труб, передающих давление.

- 3.38. Методика проведения опыта заключается в следующем. Пробурируют скважину диаметром не менее 146 мм до мерзлого грунта или до расчетной глубины. Скважина обсаживается и при наличии воды должна быть осушена. Забой скважины выравнивают и присыпают крупнозернистым охлажденным песком. На забой устанавливают штамп с репером, выступающим над землей на 0,3 - 0,8 м. Нагрузка на штамп регулируется так, чтобы удельная нагрузка на грунт составляла $0,98 \text{ Н/см}^2$. На верхнее звено реперной стойки устанавливают индикатор И4-3, снимают начальный отсчет и включают ток. Осадка штампа фиксируется в течение всего опыта. Отсчеты берут через 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120 мин от начала опыта. Затем по мере уменьшения осадки отсчеты снимают через 30 мин и через час.
- Продолжительность нагрева определяется временем, необходимым для оттаивания грунта на глубину, равную радиусу штампа. Это время для каждого штампа устанавливают опытным путем в скважине или на стенде в мерзлотной камере. После прекращения нагрева и отключения тока наблюдение за осадкой продолжается, так как некоторое оттаивание происходит за счет запасов тепла в штампе и чаше оттаивания. Эти наблюдения ведутся до прекращения осадки. Практически можно считать, что осадка прекратилась, если разность отсчетов за час не превышает 0,01 мм. По окончании этой части опыта осторожно, чтобы не сдвинуть штамп с места, монтируют обсадные трубы до выхода на поверхность и создают первую степень нагрузки, равную $0,98 \text{ Н/см}^2$. Осадка грунта определяется по указанной выше схеме под заданной нагрузкой до стабилизации, затем дается следующая ступень нагрузки и т.д.
- После того, как опыт закончен, установку демонтируют и с помощью щупа и ручного бура устанавливают глубину оттаивания с точностью до 1 см. Берутся пробы для определения влажности и других характеристик. Затем скважину углубляют на величину оттаявшего слоя грунта и определяют осадку при оттаивании следующего горизонта.

Коэффициент оттаивания A_i для данного слоя определяют по величине осадки S_{si} под нагрузкой $0,98 \text{ Н/см}^2$

$$A_i = S_{si}/H_{si} \quad (14)$$

где H_{si} - величина чаши оттаивания.

Коэффициент сжимаемости α_i определяется так:

$$\alpha_i = (S_{si-2} - S_{si-1})/H_{si}(P_2 - P_1), \quad (15)$$

где S_{si-1} - оттаявшего слоя грунта под нагрузкой P_1 ;

S_{si-2} - то же под нагрузкой P_2 .

На основе этих данных определяют значения A_i и α_i изучаемой толщи с заданной доверительной вероятностью по методу наименьших квадратов.



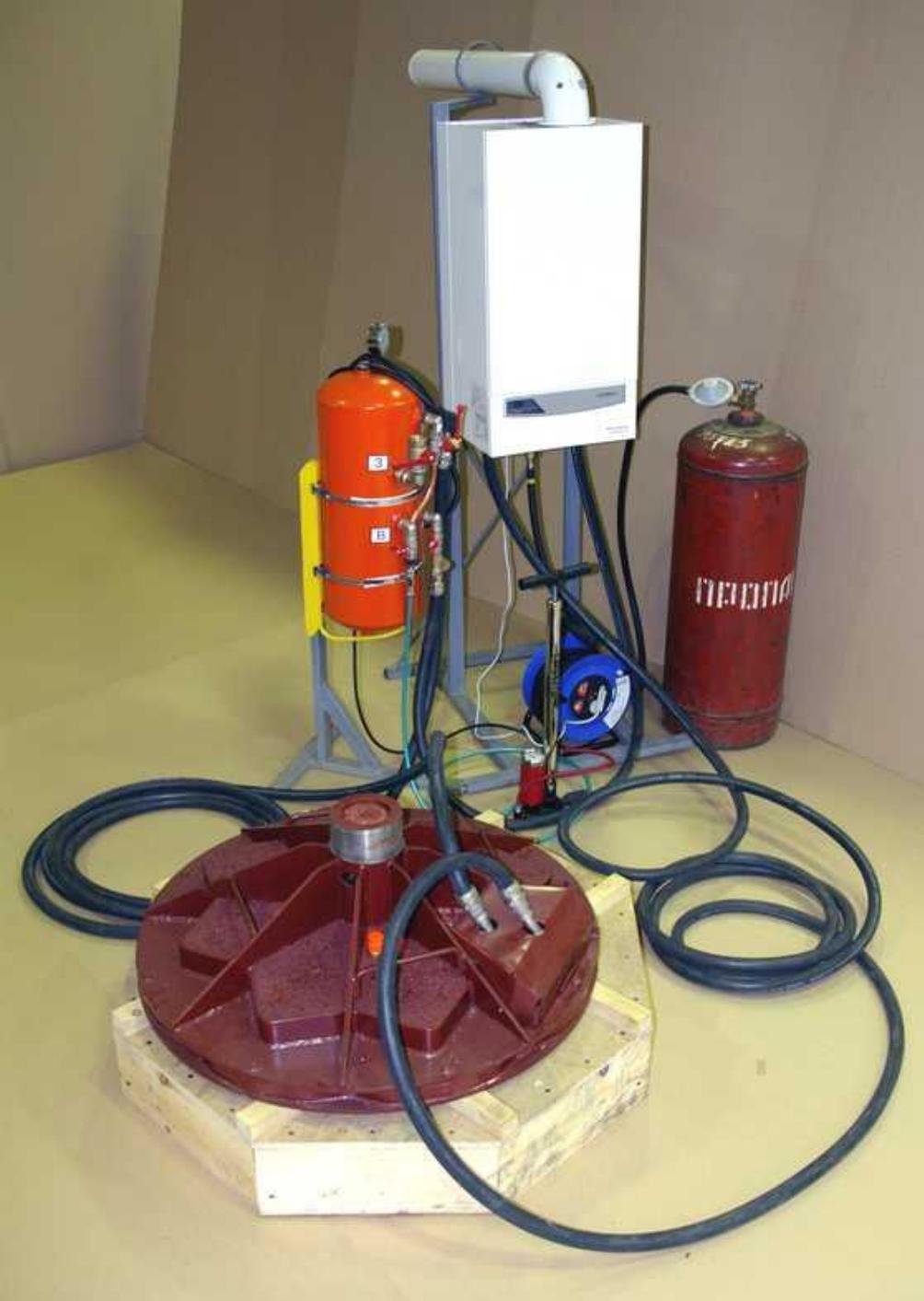
ШТАМП ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ГРУНТОВ В СКВАЖИНЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ

ШГСП-600/6, ШГСП-600/10, ШГСП-600/15

Конструкция штампа согласно ГОСТ 20276 «Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости» относится к III типу - с плоской подошвой площадью 600 см² и обеспечивает проведение испытаний для определения модуля деформации E и позволяет регистрировать результаты в автоматическом режиме без участия оператора. Испытания проводят на следующих типах грунта: крупнообломочные, пески плотные, глинистые.

Управление штампом осуществляется с персонального компьютера по интерфейсу Ethernet.

Наименование	Значение		
Напряжение питания	220В частотой 50Гц		
Максимальная потребляемая мощность, Вт	не более 100		
Интерфейс связи с компьютером	Ethernet		
Площадь штампа, см ²	600		
Максимальное давление на грунт, МПа	0,6	1,0	1,5
Погрешность измерения давления на грунт	5% от ступени давления		
Максимальное давление (газовая магистраль) в нагрузочной системе, МПа	1,0		
Диапазон измерения перемещений, мм	0...100		
Погрешность измерения перемещений, мм, не более	0,1		
Максимальная глубина испытания, м	10	20	30
Тип нагрузочной системы	пневматическая		
Диапазон рабочей температуры, °С	от - 10 до + 40		



Штамп 5000Т относится (согласно классификации **ГОСТ 20276-99**) к I типу и предназначен для определения в полевых условиях следующих характеристик деформируемости мёрзлого грунта:
коэффициента оттаивания **Ath**,
Коэффициента сжимаемости **m** и модуля деформации **E**.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Штамп 5000Т:

площадь штампа, см² - 5000
диаметр штампа, мм - 800
давление на грунт, не более, МПа - 0,4
материал проточной части - медь
потери напора, м вод. ст. (Штамп 5000Т с рукавами), не более - 3,5
гидравлическое давление, не более, МПа - 0,3
тепловая мощность, Вт/град - 30
диапазон температур эксплуатации, С° - от -35 до +60

Монжус:

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ

К нижней поверхности штампа жёстко закреплена тепловая плита, внутри которой расположен кольцевой нагревательный элемент, выполненный в виде плоской спирали из медной трубки, по которой циркулирует теплоноситель. В качестве устройства для нагрева теплоносителя используется отопительный котёл газового или электрического типа, который обеспечивает циркуляцию и нагрев теплоносителя до заданной температуры. Котёл соединён со штампом рукавами длиной 8 метров. Монжус предназначен для хранения теплоносителя, заправки системы и создания избыточного давления, необходимого для работы оборудования. *Общая схема гидросистемы штампа ШП5000Т.*

Для нормального функционирования оборудования отопительный котёл, монжус и газовый баллон стационарно размещают в тёплом вагончике, который устанавливается вблизи места испытания.

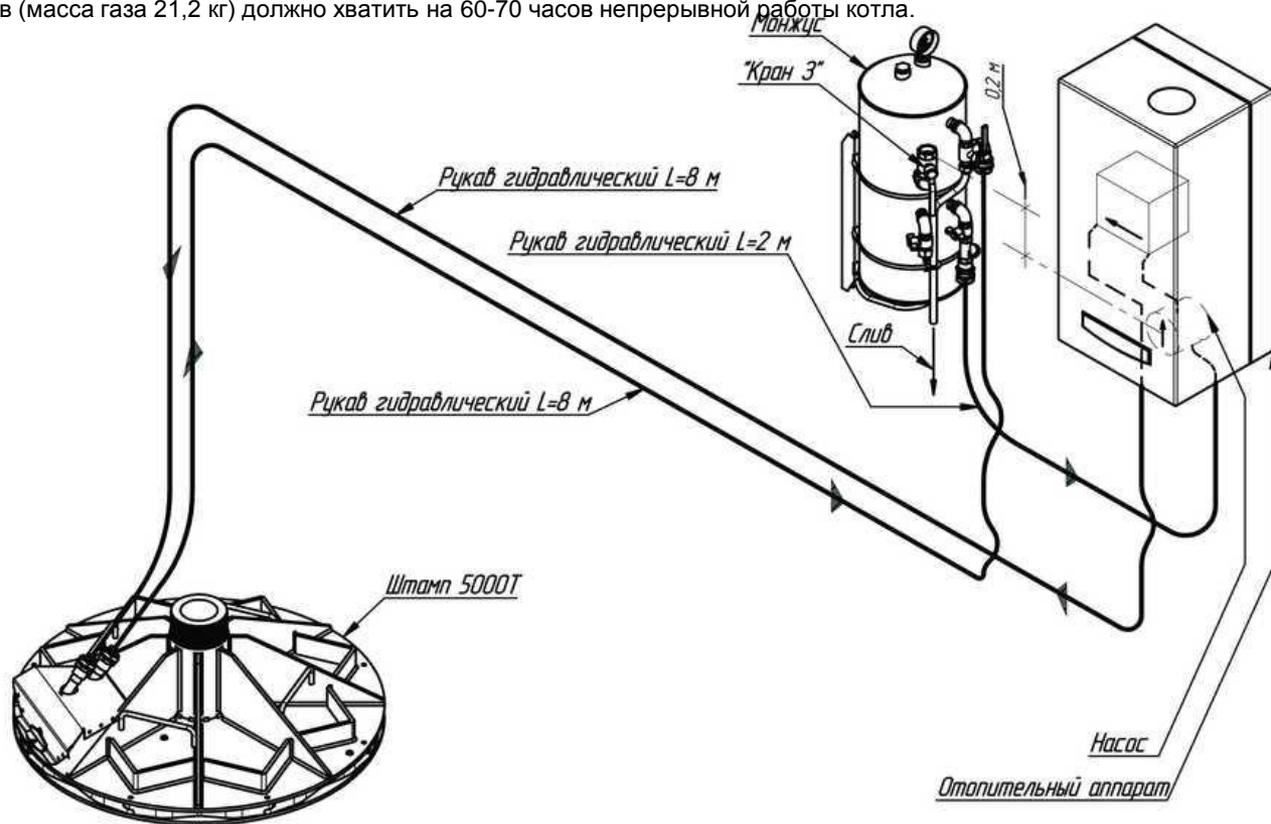
Для испытаний мёрзлого грунта в шурфе, на поверхность мёрзлого грунта устанавливают штамп, монтируют силовую и реперную системы. Вблизи места испытания располагают вагончик с оборудованием и собирают гидросистему штампа. Затем выполняют операции заполнения гидросистемы и запускают отопительный котёл.

Устанавливают необходимую температуру теплоносителя для оттаивания мёрзлого грунта под штампом.

В процессе оттаивания грунта под бытовым давлением измеряют осадку штампа (1-й этап испытаний). После оттаивания грунта на необходимую глубину (примерно 40 см) выполняют испытания на сжимаемость путём нагружения штампа ступенчато . возрастающей нагрузкой (2-й этап испытаний).

После испытания выполняют демонтаж силового оборудования и операции по перекачке теплоносителя в монжус для хранения.

Для работы отопительного котла требуется электрическая мощность не более 250 Вт, поэтому при отсутствии электрических сетей, вполне можно обойтись бензиновым генератором минимальной мощности (0,5-1,0 кВт). Расход сжиженного газа при работе котла составляет в среднем 0.3 кг/час, поэтому стандартного бытового баллона 50 литров (масса газа 21,2 кг) должно хватить на 60-70 часов непрерывной работы котла.



МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ДЕФОРМАЦИИ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ

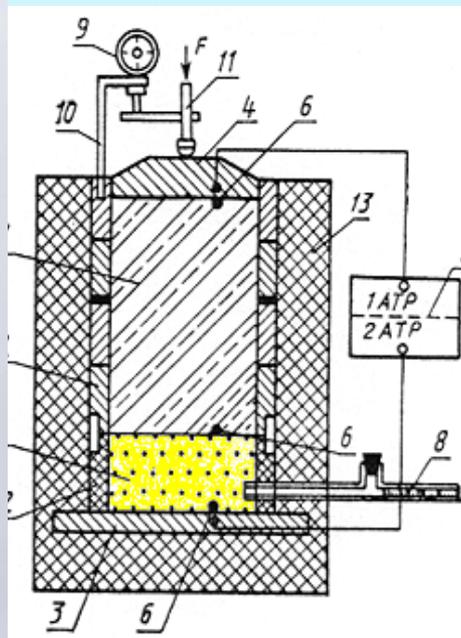
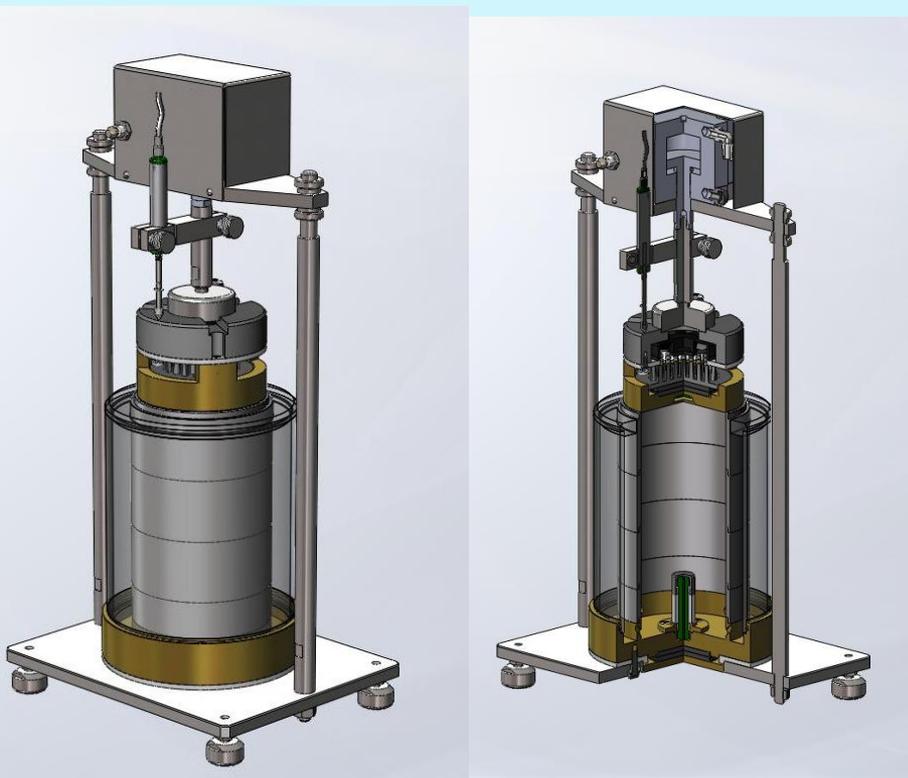
Под морозным пучением понимается внутриобъемное деформирование промерзающих влажных грунтов, приводящее к увеличению их объема вследствие кристаллизации в них воды и разуплотнения минеральной составляющей при образовании ледяных включений в виде прослойков, линз, поликристаллов и т.д. К основным характеристикам деформируемости промерзающего грунта относятся величина (деформация) морозного пучения h_f , представляющей высоту поднятия поверхности слоя промерзающего грунта и относительная деформация морозного пучения e_f .

Метод определения относительной деформации морозного пучения

распространяется на пылевато-глинистые, крупнообломочные (с содержанием пылевато-глинистого заполнителя более 10% общей массы), песчаные (с содержанием частиц мельче 0,05 мм более 2% общей массы), биогенные и искусственные грунты и устанавливает метод лабораторного определения степени их пучинистости при исследованиях грунтов для строительства. Метод не распространяется на засоленные грунты.

Испытания проводят на образцах грунта ненарушенного сложения с природной или заданной влажностью или на искусственно приготовленных образцах с заданной плотностью и влажностью, значения которых устанавливаются программой испытаний в зависимости от возможных изменений воднофизических свойств грунта в процессе строительства и эксплуатации сооружения.

Испытания проводят не менее чем для трех параллельных образцов исследуемого грунта



Условные обозначения:

- 1 - образец грунта;
- 2 - обойма;
- 3 - нижняя термостатированная плита;
- 4 - верхняя термостатированная плита;
- 5 - блок автоматического терморегулирования;
- 6 - датчики температуры;
- 7 - капиллярно-пористый материал;
- 8 - устройство для подачи воды;
- 9 - индикатор перемещения;
- 10 - кронштейн;
- 11 - шток механизма для нагружения образца грунта;
- 12 - поддон обоймы;
- 13 - теплоизоляционный кожух

Установка для определения относительной деформации морозного пучения: а) установка производства «Геотек Инфо», б) схема установки для определения степени пучинистости грунтов

Измеритель пучинистости грунта

УПГ-МГ4 «Грунт»



Прибор УПГ-МГ4 «Грунт» предназначен для определения степени пучинистости грунта в лабораторных условиях по ГОСТ 28622-90.

Измеритель пучинистости грунта УПГ-МГ4 «Грунт» состоит из блока управления с дисплеем и установки для создания и поддержания условий промораживания образца грунта, включающей силовую рамку, термоконтейнер, верхнюю и нижнюю термоплиты, устройства для автоматического измерения температур, силы и перемещения.

В процессе испытаний обеспечивается автоматическое поддержание температуры верхней и нижней термоплит (-4 °С и +1 °С соответственно), измерение температуры образца грунта, измерение силы нагружения и вертикальной деформации образца грунта.

Измеритель пучинистости грунта УПГ-МГ4 имеет режим непрерывной регистрации процесса испытаний, энергонезависимую память и связь с ПК.

Технические характеристики измерителя пучинистости грунта УПГ-МГ4 «Грунт»

Наименование характеристик

УПГ-МГ4 «Грунт»

Диапазон нагружения, кН 0...0,05

Диапазон измерения деформации, мм 0...20

Диапазон измерения температуры, °С -10...+100

Погрешность измерения температуры, °С $\pm 0,2$

Погрешность измерения силы, % $\pm 1,0$

Погрешность измерения перемещения, мм $\pm 0,1$

Электрическое питание 220 В (50 Гц)

Габаритные размеры, не более, мм:

- установки 290x290x450

- блока управления 240x170x92

Масса, кг, не более 5,2

info@m-ts.ru

info@geo-ndt.ru



Состав комплекта:

- 1.Обойма.
- 2.Комплект датчиков.
- 3.Теплоизоляционный кожух.
- 4.Устройство для подачи воды.
- 5.Механизм для нагружения.
- 6.Блок управления.
- 7.Программное обеспечение.

Технические характеристики:

- 1.Диаметр/высота образца, мм 100/150
- 2.Максимальная нагрузка на образец, кгс 50
- 3.Диапазон измерения вертикальной деформации образца, мм 25
- 4.Погрешность измерения вертикальной деформации образца, мм $\pm 0,05$
- 5.Количество обойм для образцов по заказу
- 6.Интерфейс связи с компьютером Ethernet
- 7.Напряжение питания 220В частотой 50Гц
- 8.Максимальная потребляемая мощность, кВт от 0,25



прибор.мыл.ру

Прибор предназначен для определения степени пучинистости грунта по значению относительной деформации морозного пучения, полученному по результатам испытаний образцов грунта. Прибор совместно с холодильной установкой обеспечивают промораживание образца исследуемого грунта в заданном температурном и влажностном режимах, и измерение перемещений его поверхности в автоматическом режиме. Все показания датчиков можно наблюдать в режиме реального времени. Результаты оформляются в виде графиков и таблиц.

sale@pniis.ru, elina00@bk.ru

- Установку помещают в холодильную камеру и выдерживают при температуре плюс $(1 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ не менее суток.
- Включают автоматизированную систему для задания температурного режима промораживания образца. В ходе испытания через каждые 12 ч снимают показания приборов для измерения вертикальной деформации образца грунта и температуры верхней и нижней термостатированной плиты. Во избежание переохлаждения грунта через 12 ч с начала испытания следует вызвать начало кристаллизации влаги в образце легким постукиванием по верхней термостатированной плите. Во время испытания необходимо следить за непрерывностью подтока воды к образцу. Испытание прекращают при достижении температуры 0°C на нижнем торце образца.
- Сразу после окончания испытания образец извлекают из обоймы, разрезают вдоль вертикальной оси, измеряют фактическую толщину промерзшего слоя (за исключением зоны пластично-мерзлого грунта) и описывают его криогенную текстуру.

Относительную деформацию морозного пучения (синонимы: f – относительное пучение, коэффициент пучения, интенсивность пучения, степень пучинистости) ε_{fr} , определяется согласно ГОСТ 28622 [31], по результатам испытаний образцов грунта в специальных установках, обеспечивающих промораживание образца исследуемого грунта в заданном температурном и влажностном режимах. Относительную деформацию морозного пучения образца грунта ε_f вычисляют с точностью 0,01 по формуле [11]:

$$\varepsilon_f = h_f / d_i$$

где h_f – вертикальная деформация морозного пучения образца грунта, мм; d_i – фактическая толщина промерзшего слоя образца грунта, мм.

Значение ε_f вычисляют как среднее арифметическое результатов параллельных определений. В случае, если разница между параллельными определениями превышает 30%, число определений следует увеличить.

Классификация грунтов по относительной деформации пучения

Разновидность грунтов	Относительная деформация пучения ε_{fs} д.ед.	Характеристика грунтов
Практически непучинистый	< 0,01	Глинистые при $I_L \leq 0$ Пески гравелистые, крупные и средней крупности, пески мелкие и пылеватые при $S_r \leq 0,6$, а также пески мелкие и пылеватые, содержащие менее 15 % по массе частиц мельчи 0,05 мм (независимо от значения S_r). Крупнообломочные грунты с заполнителем до 10 %
Слабопучинистый	0,01 – 0,04	Глинистые при $0 < I_L \leq 0,25$ Пески пылеватые и мелкие при $0,6 < S_r \leq 0,8$ Крупнообломочные с заполнителем (глинистым, песком мелким и пылеватым) от 10 до 30 % по массе
Среднепучинистый	0,04 – 0,10	Глинистые при $0,25 < I_L \leq 0,50$ Пески пылеватые и мелкие при $0,80 < S_r \leq 0,95$ Крупнообломочные с заполнителем (глинистым, песком пылеватым и мелким) более 30 % по массе
Сильнопучинистый	> 0,12	Глинистые при $I_L > 0,50$. Пески пылеватые и мелкие при $S_r > 0,95$
Чрезмерно пучинистый		

Принадлежность глинистого грунта к одной из групп оценивается параметром R_f , определяемым по формуле [11]:

$$R_f = 0,012 \cdot (w - 0,1) + \frac{w(w - w_{cr})^2}{w_L \cdot w_p \sqrt{M_0}}$$

где w , w_p , w_L – влажности в пределах слоя промерзающего грунта, соответствующие природной влажности, и влажности на границах раскатывания и текучести, доли единицы; w_{cr} – расчетная критическая влажность, ниже значения которой прекращается перераспределение влаги в промерзающем грунте, д.ед., определяется по графику рис. 6.3, M_0 – безразмерный коэффициент, равный при открытой поверхности промерзающего грунта абсолютному значению среднезимней температуры воздуха; принимается по СНиП 2.02.01. Строительная климатология и геофизика.



- Определение температуры начала замерзания (приборная часть конструкции Ю.А.Попова (СИМГ); методика - А.В. Иоспа, Д.Н. Кривов (СИГМ ОИГС))

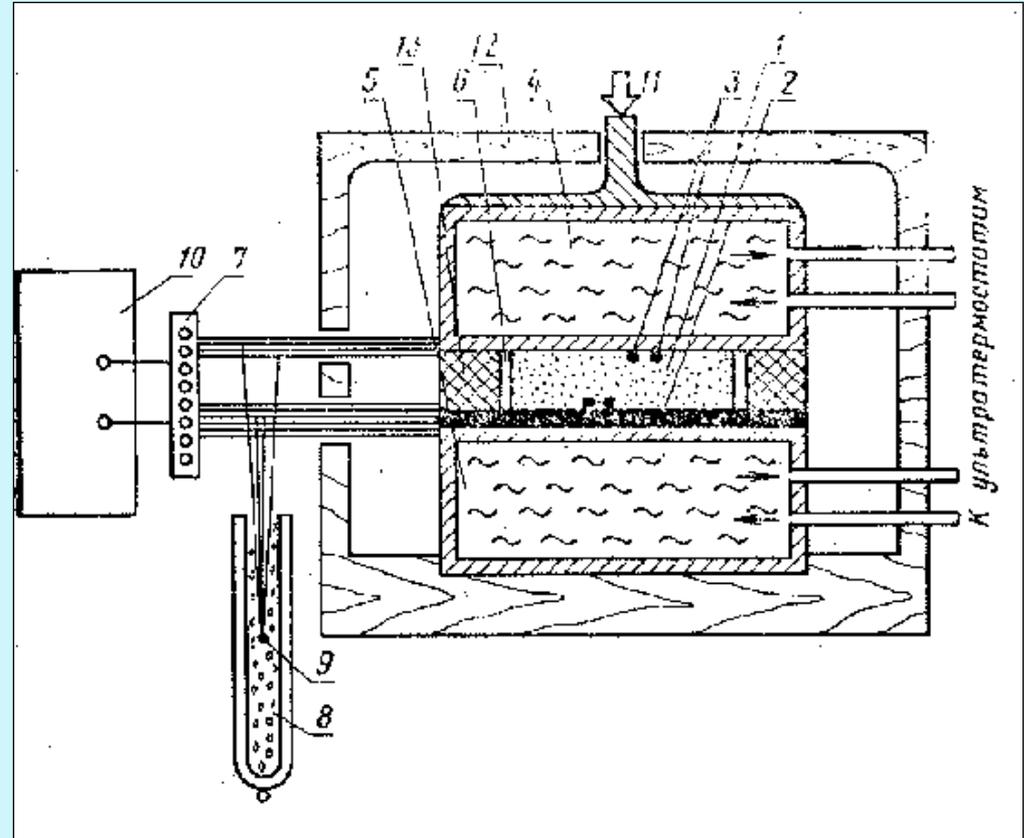


ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ

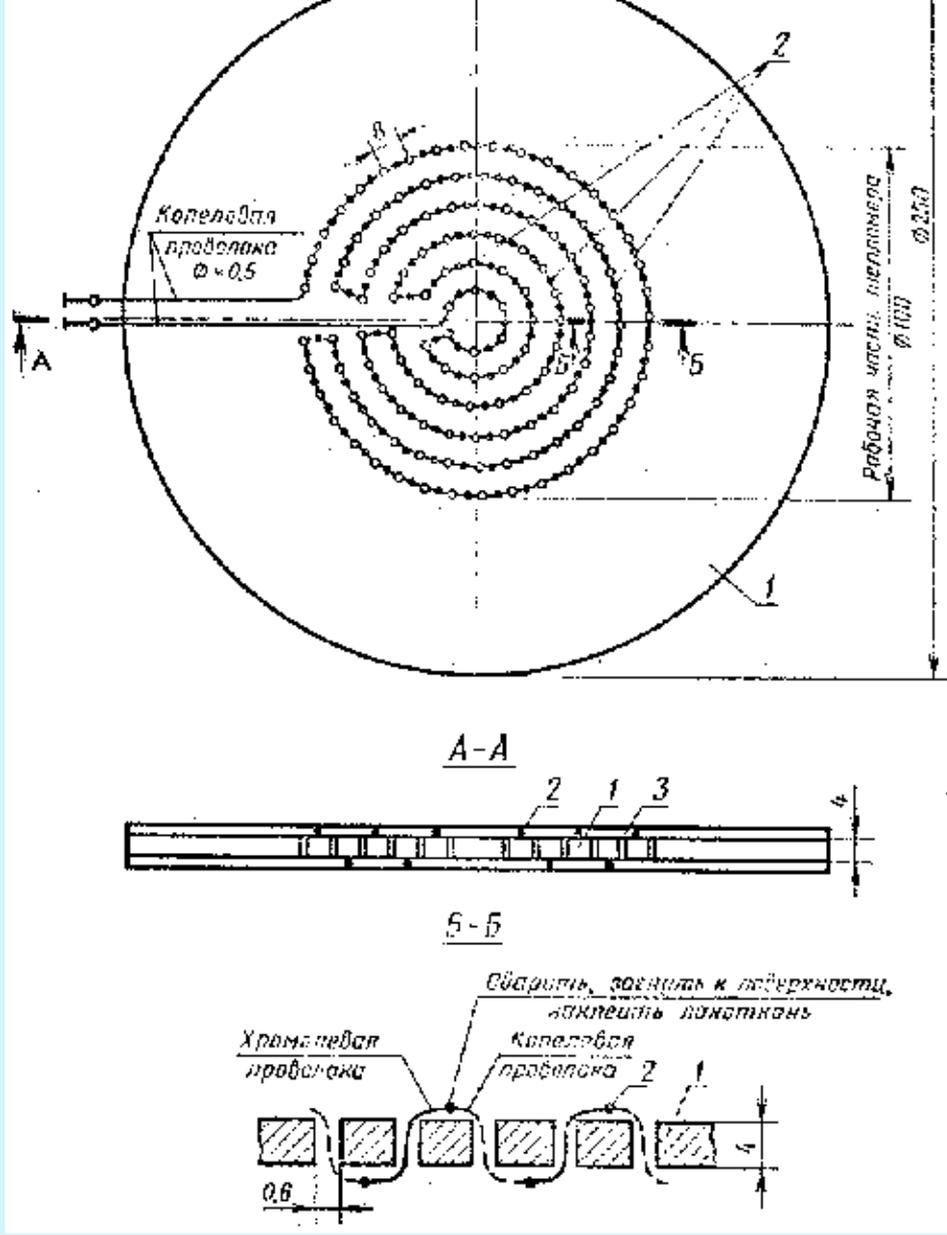
- Теплопроводность мерзлого грунта определяют методом стационарного теплового режима.
- **Метод стационарного теплового режима** - метод определения теплопроводности грунта по измеренному при испытании установившемуся (неизменному во времени) тепловому потоку через исследуемый образец при постоянных температурах и его противоположных поверхностях.
- Теплопроводность грунтов определяют на образцах ненарушенного сложения с природной влажностью и льдистостью при естественных или расчетных температурах, значения которых устанавливаются программой испытаний.
- Допускается проводить определение теплопроводности на искусственно приготовленных образцах.
- Результаты определения теплопроводности грунтов должны сопровождаться данными о месте отбора образца, наименовании грунта, типе его криогенной текстуры, льдистости, влажности, плотности, а также о температурных условиях опыта. Эти характеристики записывают в журнале.

ГОСТ 26263-84
 Метод лабораторного определения
 теплопроводности мерзлых грунтов

- 1 - образец грунта;
- 2 - термомер;
- 3 - датчики температуры;
- 4 - верхняя термостатированная плита;
- 5 - нижняя термостатированная плита;
- 6 - обойма из органического стекла;
- 7 - переключатель;
- 8 - сосуд Дьюара;
- 9 - слей сравнения;
- 10 - потенциометр;
- 11 - прижимное устройство;
- 12 - теплоизоляционный кожух;
- 13 - поролон



- Тепломер представляет собой термобатарей, смонтированную на пластине из органического стекла диаметром 250 мм и толщиной 4 мм (см. рис).
- Термобатарея может быть изготовлена из отрезков хромелевых и копелевых проволок диаметром 0,2 мм, спаянных последовательно.
- Термобатарею размещают в средней части пластины диаметром 100 мм, имеющей 130 отверстий диаметром 0,6 мм на расстоянии 8 мм друг от друга.
- Спаи термобатареи располагают поочередно с одной и другой сторон пластины.
- К концам термобатареи приваривают (припаивают) две копелевые проволоки диаметром 0,5 мм.
- С обеих сторон тепломера клеим БФ-2 наклеивают слой лакоткани. Определяют градуировочный коэффициент изготовленного тепломера.
- Допускается измерять тепловой поток другими приборами, если их точность удовлетворяет предъявленным требованиям.



- 1 - пластина из органического стекла;
- 2 - термоспай;
- 3 - лакоткань

Ход определения

- Образец в обойме следует выдержать при отрицательной температуре, соответствующей температуре испытаний, не менее 6 ч для песчаных и гравийных и 12 ч для остальных грунтов. Образец грунта с термопарами (не менее двух с каждой стороны) должен быть помещен на тепломер, уложенный на нижнюю термостатированную плиту. Термопары должны быть расположены на расстоянии 10 и 40 мм от центра образца.
- Сверху на образец следует установить верхнюю термостатированную плиту и прижать с помощью прижимного устройства под давлением 0,02-0,05 МПа (0,2 - 0,5 кгс/см).
- Образец должен полностью перекрывать рабочую часть тепломера. Если размеры образца меньше размера термостатированных плит, оставшаяся часть пространства заполняется теплоизоляционным материалом (поролон).
- С обеих сторон образца необходимо проложить резиновые прокладки или нанести консистентную смазку (например, солидол).
- Собранную установку закрывают кожухом.
- Термопары и тепломер подключают через переключатель к потенциометру.
- Спай сравнения погружают в сосуд Дьюара с тающим льдом.
- Термостатируемые плиты подключают к ультратермостатам (термоэлектрическим батареям).
- Температуру ультратермостатов устанавливают таким образом, чтобы средняя температура термостатируемых плит соответствовала температуре испытания образца грунта. Разница между температурами плит при испытании мерзлого грунта должна быть не меньше 1°C. При испытании талого грунта разница температур плит должна быть в пределах от 0,1 до 3°C.
- Измерения показаний тепломера начинают не менее чем через 2 ч после включения ультратермостатов и выполняют на протяжении испытания через каждые 20 мин.
- Окончание испытания определяется моментом, когда показание тепломера отличается от предыдущего показания не более чем на 5%. При этом измеряют температуру верхней и нижней поверхностей образца.
- Показания тепломера и термопар записывают в журнал.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

- Теплопроводность грунта λ , Вт/(м·°С) [ккал/(м·ч·°С)], определяют по формуле

$$\lambda = \frac{\varepsilon \nu h}{T_v - T_n},$$

- где ε - измеренная э.д.с., мВ (последнее показание тепломера);
- ν - градуировочный коэффициент, Вт/(м· мВ) [ккал/(м· ч · мВ)];
- h - высота исследуемого образца грунта, м;
- T_v и T_n - средние значения температур соответственно верхней и нижней поверхностей образца при установившемся тепловом потоке, °С.
- Значения теплопроводности вычисляют с точностью до 0,01 Вт/(м·°С) [0,01 ккал/(м·ч·°С)].
- Теплопроводность определяют не менее чем для двух параллельных образцов исследуемого грунта.
- Для теплотехнических расчетов значение теплопроводности принимают равным среднему арифметическому значению теплопроводностей, определенных для параллельных образцов грунта.

- Градуировочный коэффициент тепломера ν , Вт/(м· мВ) [ккал/(м· ч · мВ)], определяют по формуле

$$\nu = \frac{\lambda_{\text{э}}}{\varepsilon} \frac{T_{\text{в}} - T_{\text{н}}}{h_{\text{э}}},$$

- где $\lambda_{\text{э}}$ - теплопроводность эталонного образца, Вт/(м·°С) [ккал/(м·ч·°С)];
- Эталонный образец должен быть изготовлен из материала с известной теплопроводностью в пределах от 0,2 до 1,0 Вт/(м·°С) [0,17-0,86 ккал/(м·ч·°С)] (например, органическое стекло). Размеры эталонного образца должны соответствовать размерам исследуемых образцов.
- За градуировочный коэффициент тепломера принимают среднее значение результатов двух испытаний эталонного образца при разных температурах (отличающихся не менее чем на 5°С) в интервале температур исследования образцов грунта.

ЖУРНАЛ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ГРУНТА

T_v Номер опыта	Время испытания	Показания тепломера, мВ	Показания термопар, мВ						Температура, С		Теплопроводность Вт/(м·С) [ккал/(м·ч·С)]	Примечания	
			верхние			нижние							
			1	2	среднее	1	2	среднее	10	11			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ МЕРЗЛОГО ГРУНТА МЕТОДОМ ВЗВЕШИВАНИЯ В НЕЙТРАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ

ГОСТ 5180 МЕТОДЫ ЛАБОРАТОРНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

- Образец грунта и нейтральная жидкость (керосин, лигроин и др.) должны иметь отрицательную температуру.
- Образец грунта отбирают округлой формы массой 100—150 г и обвязывают нитью (п. Для грунтов с сетчатой или слоистой криогенной структурой масса образца может быть уве-личена.
- Определяют плотность нейтральной жидкости ареометром при температуре испытания.
- Обвязанный нитью образец грунта взвешивают. Затем образец взвешивают, погрузив его в нейтральную жидкость. Плотность грунта ρ , г/см³ вычисляют по формуле

$$\rho = \rho_{nl} m / (m - m_1),$$

- где m — масса образца (до погружения), г;
- m_1 — результат взвешивания образца в нейтральной жидкости—разность масс образца и вытесненной им жидкости, г;
- ρ_{nl} — плотность нейтральной жидкости при температуре испы-таний, г/см³.
- При применении метода обратного взвешивания плотность грунта вычисляют по формуле

$$\rho = \rho_{nl} m / (m_4 - m_3),$$

Методы полевого определения глубины сезонного оттаивания

ГОСТ 26262-84

- Глубина сезонного оттаивания определяется наибольшим за год расстоянием по вертикали от поверхности грунта (без учета растительного покрова) до кровли вечномерзлого грунта.
- Глубину сезонного оттаивания определяют в целях:
 - обоснования значений нормативной глубины сезонного оттаивания;
 - назначение глубины заложения и выбора типа фундаментов зданий и сооружений, а также разработки мероприятий, исключающих возможность появления недопустимых деформаций оснований и фундаментов;
 - разработки мероприятий по охране окружающей среды осваиваемых территорий.
- Для определения глубины сезонного оттаивания следует применять методы **единовременных измерений** (метод непосредственных измерений, криотекстурный метод, геофизические методы) и **методы режимных наблюдений** (температурный метод и метод измерения мерзлотомерами).
- Метод определения глубины сезонного оттаивания следует устанавливать в программе исследований в зависимости от инженерно-геологических и гидрогеологических условий, вида сооружений, возможности применения и экономической целесообразности метода.

Методы полевого определения глубины сезонного оттаивания

Методы определения		Виды полевых работ	Сроки выполнения измерений и наблюдений
Основные	Непосредственных измерений	Маршрутные наблюдения, проходка горных выработок	Период положительных температур воздуха* (кроме первого месяца)
	Температурный	Режимные наблюдения	Период положительных температур воздуха и первый месяц периода отрицательных температур воздуха
	Измерения мерзлотомерами		
Допускаемые к применению	Криотекстурный	Проходка горных выработок	Вторая половина периода отрицательных и первый месяц периода положительных температур воздуха
	Геофизические	Электроразведка	Период положительных температур воздуха (кроме первого месяца)
		Сейсморазведка	

МЕТОД НЕПОСРЕДСТВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ глубины сезонного оттаивания

- Глубину оттаивания следует измерять в горных выработках (скважинах, шурфах и т.п.) или с поверхности грунта.
- Скважины должны быть пробурены с сохранением керна в ненарушенном состоянии колонковым механическим способом без промывки на малых оборотах бурового инструмента или ручным буровым комплектом. Глубину оттаивания в горных выработках следует измерять рулеткой, метром и т.п.
- Измерения в горных выработках, заполненных водой, не допускаются.
- Глубину оттаивания с поверхности грунта следует измерять щупом, представляющим собой заостренный металлический стержень диаметром 8 - 10 мм и длиной 1,5 м.
- Щуп следует использовать при глубине сезонного оттаивания до 1,0 - 1,2 м в песчаных, пылевато-глинистых и биогенных грунтах, не содержащих включений крупнообломочных частиц размером более 10 мм.
- Глубину оттаивания в горных выработках следует измерять во время их проходки. Глубину залегания мерзлого грунта устанавливают по керну или стенке шурфа.
- При определении глубины оттаивания с помощью щупа измеряют длину части щупа, погруженной вручную до упора в мерзлый грунт. В каждой точке наблюдений следует производить три измерения на расстоянии до 1 м друг от друга. За глубину оттаивания принимают наибольшее значение.

- **Обработка результатов**

- Глубину сезонного оттаивания d_{th} , м, в каждой точке наблюдений следует определять по формуле

$$d_{th} = d \sqrt{\frac{\Omega_{max}}{\Omega}},$$

- где d – измеренная глубина сезонного оттаивания, м;

Ω_{max} – сумма градусо-часов воздуха за весь период положительных температур воздуха года проведения изысканий (или средняя многолетняя), °Сч.

- Ω – сумма градусо-часов воздуха года проведения изысканий с начала периода положительных температур воздуха до момента измерений, °Сч.

- Сумма градусо-часов воздуха равна сумме произведений среднедекадных температур воздуха в градусах Цельсия и продолжительности декад в часах.

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ МЕТОД

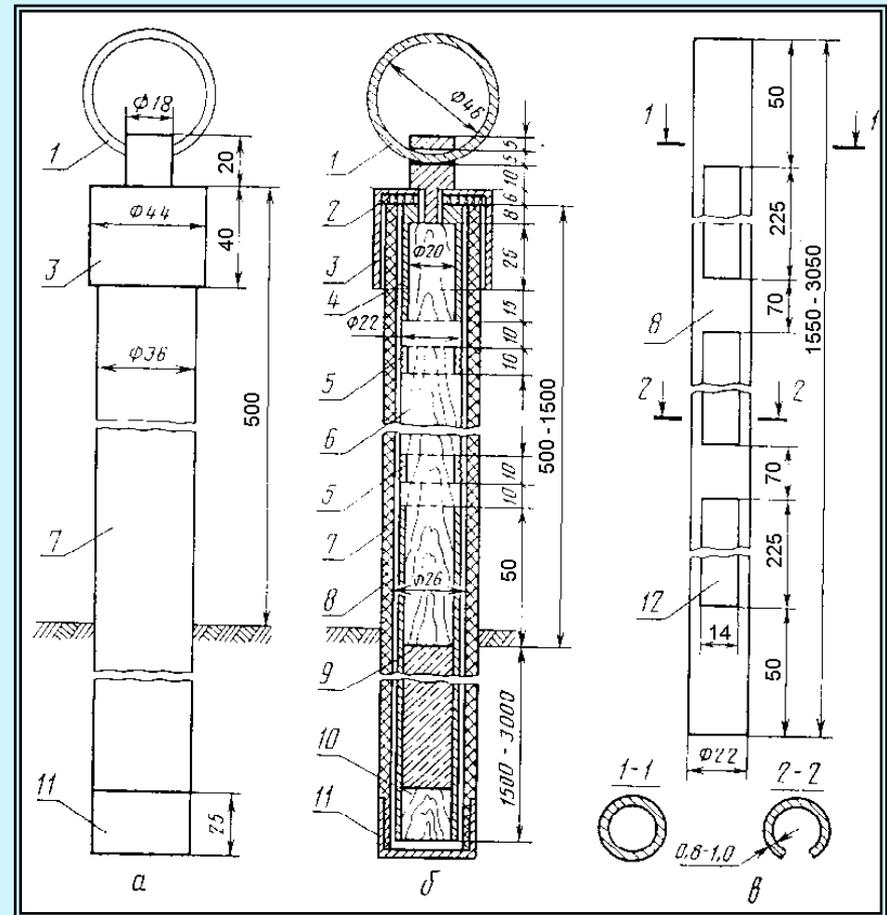
- Глубину сезонного оттаивания следует определять по результатам режимных наблюдений за ходом изменения по глубине температуры грунта слоя сезонного оттаивания и подстилающего вечномерзлого грунта.
- Температуру грунта следует измерять в целевых термометрических скважинах или непосредственно в грунте.
- Глубины скважин и шурфов должны превышать прогнозируемую глубину сезонного оттаивания не менее чем на 1 м.
- При прогнозируемой глубине сезонного оттаивания менее 1,6 м измерения следует производить, начиная с глубины 0,2 м через 0,4 м. При больших глубинах сезонного оттаивания измерения производят, начиная с глубины 0,5 м через 0,5 м.
- Температуру грунта следует измерять в период положительных температур воздуха и в первый месяц периода отрицательных температур воздуха один раз в 10 дней.
- По результатам измерений температур грунта должен быть построен график изотерм. Глубину сезонного оттаивания определяют на графике нижним положением изотермы, соответствующей температуре начала замерзания грунта.

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ МЕРЗЛОТОМЕРАМИ

- Скважины для установки мерзлотометров следует бурить на 0,5 м ниже прогнозируемой глубины сезонного оттаивания.
- Перед установкой мерзлотометров в скважины глинистый грунт или дистиллированная вода в трубке мерзлотомера должны быть заморожены.
- Положение границы мерзлого и оттаявшего грунта (или воды) в трубке мерзлотомера следует измерять через каждые 5 сут в течение периода положительных температур воздуха и в первый месяц периода отрицательных температур воздуха.
- По данным измерений должен быть построен график измерения глубины оттаивания во времени. За глубину сезонного оттаивания следует принимать наибольшее значение глубины оттаивания на графике.

Мерзлотомер Ратомского

- В состав мерзлотомера Ратомского (МР), конструкция которого приведена на черт., должны входить следующие основные детали:
- трубка из некорродирующей стали с прорезями, служащими для заполнения трубки глинистым грунтом и определения границы слоя в твердомерзлом состоянии;
- деревянный стержень переменной длины (500; 1000; 1500 мм) для регулирования глубины погружения металлической трубки в зависимости от значений глубины промерзания грунтов;
- обсадная фенопластмассовая (эбонитовая) трубка, предохраняющая стенки скважины от осыпания и оплывания.



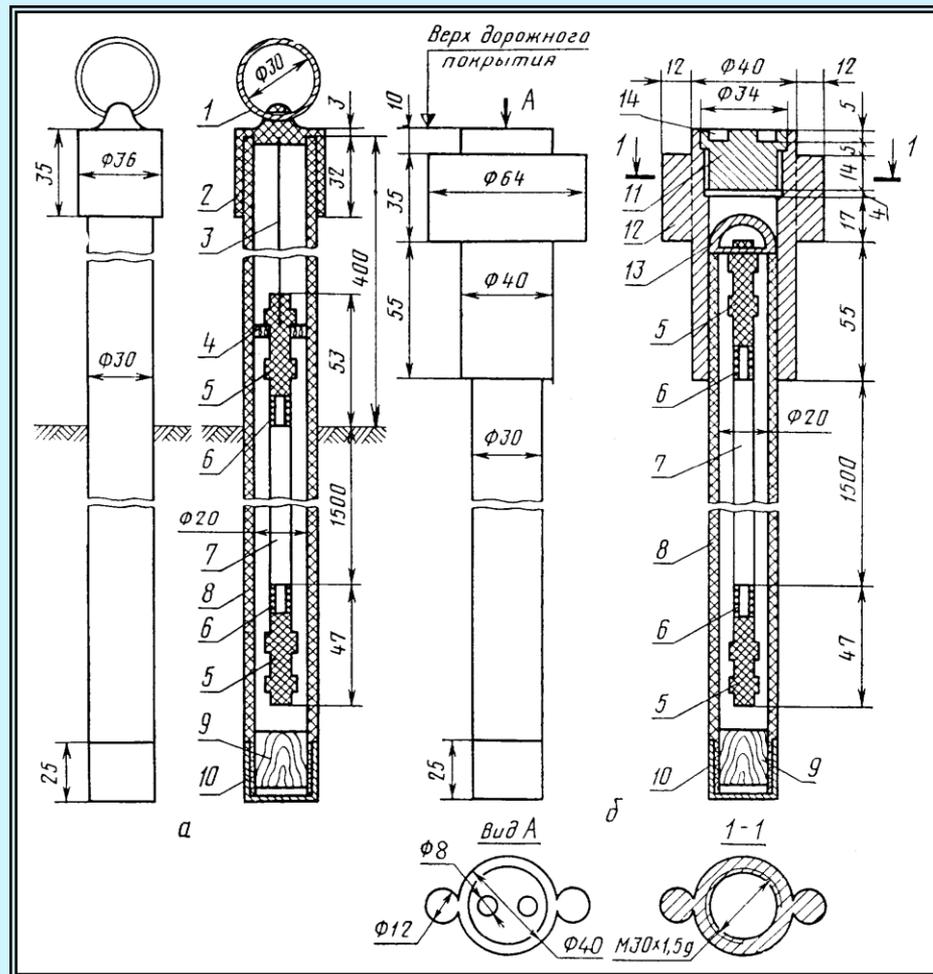
- а - общий вид; б - продольный разрез; в - металлическая трубка; 1 - металлический стержень с кольцом для удержания мерзлотомера в строго фиксированном положении; 2 - войлочная прокладка; 3 - металлический колпачок для закрытия обсадной трубки; 4 - металлическая обойма стержня; 5 - войлочная обертка, стянутая проволокой; 6 - деревянный стержень; 7 - обсадная фенопластмассовая (эбонитовая) трубка; 8 - трубка из некорродирующей стали, заполняемая глинистым грунтом; 9 - влажный глинистый грунт - наполнитель металлической трубки; 10 - деревянная пробка; 11 - металлическая насадка; 12 - прорези

Мерзлотоведение
ГИГЭ ИГНД ТПУ

Мерзлотомер

Данилина

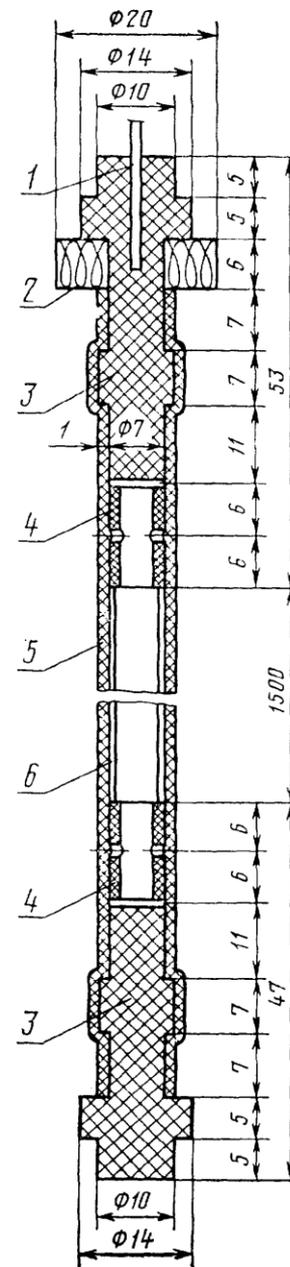
- В состав мерзлотомера Данилина (МД), конструкция которого приведена на черт. 2 и 3, должны входить следующие основные детали:
- две резиновые трубки с капроновыми пробками, заполняемые дистиллированной водой: первая - для замера глубины проникания в грунт нулевой температуры до 1500 мм; вторая, погружаемая за счет соответствующего удлинения льняного (капронового) шнура, - для продолжения наблюдений при глубине проникания в грунт нулевой температуры ниже 1500 мм;
- обсадная фенопластмассовая (эбонитовая) трубка.
- С наружной стороны металлической трубки МР и резиновой трубки МД должны быть нанесены деления через 10 мм, обозначенные цифрами через каждые пять делений, для отсчета глубины промерзания грунта.
- Обсадные трубки должны быть герметичны и иметь с наружной стороны белую отметку, до которой они погружаются в грунт.



- а - общий вид и продольный разрез мерзлотомера, устанавливаемого на поверхности рельефа; б - то же, устанавливаемого заподлицо с поверхностью дорожного покрытия; 1 - металлическое кольцо для поднятия и опускания мерзлотомера; 2 - пластмассовый колпачок для закрытия обсадной трубки; 3 - льняной (капроновый) шнур; 4 - войлочная прокладка; 5 - капроновая пробка; 6 - капроновая втулка; 7 - резиновая трубка; 8 - обсадная фенопластмассовая (эбонитовая) трубка; 9 - деревянная пробка; 10 - металлическая насадка; 11 - металлическая крышка оголовка; 12 - металлический оголовок; 13 - металлическое полукольцо; 14 - углубление для ключа.

Комплект резиновой трубки мерзлотомера Данилина

- 1 - льняной (капроновый) шнур;
- 2 - войлочная прокладка;
- 3 - капроновая пробка;
- 4 - капроновая втулка;
- 5 - резиновая трубка;
- 6 - капроновая нить.



РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ГЛУБИНЫ СЕЗОННОГО ОТТАИВАНИЯ КРИОТЕКСТУРНЫМ МЕТОДОМ

- 1. Глубину сезонного оттаивания следует определять по расстоянию от поверхности грунта до горизонта с повышенной льдистостью и (или) влажностью, расположенного в основании слоя сезонного оттаивания.
- 2. Данный метод применим в однородных пылевато-глинистых и пылеватых песчаных грунтах при отсутствии водоносного горизонта в слое сезонного оттаивания.
- 3. Слой с повышенной льдистостью определяют визуально в мерзлом грунте по смене криогенной текстуры грунта или увеличению влажности грунта, устанавливаемому исследованиями проб грунта, отобранных через 10 см по глубине горной выработки.
- 4. Для получения глубины сезонного оттаивания при обработке результатов измерений к глубине залегания слоя с повышенной льдистостью (влажностью) вводят поправку согласно таблице.

Среднегодовая температура мерзлого грунта, °С	-0,5 ÷ -1,0	-1,0 ÷ -3,0	-3,0 ÷ -5,0
Поправка к глубине залегания слоя с повышенной льдистостью, см	1 ÷ 5	5 ÷ 10	10 ÷ 20

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ГЛУБИНЫ СЕЗОННОГО ОТТАИВАНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

- 1. При геофизических исследованиях глубину сезонного оттаивания следует определять по результатам измерений удельного электрического сопротивления грунтов методом *вертикального электрического зондирования* (метод ВЭЗ) при малых разносах питающих линий (начиная с $AB/2 = 0,3$) или по результатам *малоглубинной сейсморазведки корреляционным методом преломленных волн* (КМПВ).
- 2. За глубину оттаивания следует принимать расстояние на разрезах (геоэлектрических и сейсмогеологических) от поверхности грунта до слоя, в котором происходит резкое увеличение удельного электрического сопротивления (метод ВЭЗ) или скачок скоростей продольных и поперечных волн (метод КМПВ).

ГОСТ 24847-81 Методы определения глубины сезонного промерзания

- Глубина сезонного промерзания глинистого грунта в природных условиях, определяемая расстоянием по вертикали от поверхности площадки до границы слоя грунта в твердомерзлом состоянии, при уровне грунтовых вод, расположенном ниже глубины сезонного промерзания, измеряется мерзлотомером Ратомского (МР) в целях:
 - обоснования значений нормативной глубины сезонного промерзания;
 - **назначения глубины заложения и выбора типа фундаментов зданий и сооружений, а также разработки мероприятий, исключающих возможность появления недопустимых деформаций оснований и фундаментов.**
- Переходный пластично-мерзлый слой грунта, располагаемый между **твердомерзлым и талым грунтами, в толщину твердомерзлого слоя не включается.**
- Глубина проникания нулевой температуры в песчаный, глинистый или крупнообломочный грунты в природных условиях независимо от глубины залегания грунтовых вод измеряется мерзлотомером Данилина (МД) в целях:
 - назначения глубины заложения трубопроводов (водопровода, канализации и т.п.) и разработки их конструктивных решений, удовлетворяющих требованиям морозоустойчивости;
 - разработки конструктивных решений и мероприятий, исключающих возможность появления недопустимых деформаций земляного полотна и покрытия автомобильных дорог.
- Определение глубины фактического промерзания грунта следует производить на горизонтально расположенной площадке, очищенной в течение всего периода измерений от растительности и снега на расстоянии (в радиусе) от мерзлотомера, равном удвоенной нормативной глубине сезонного промерзания грунта.

ХОД ИЗМЕРЕНИЙ

- Подготовку к измерениям глубины сезонного промерзания и проникания в грунт нулевой температуры необходимо проводить в следующем порядке:
 - выбрать площадку и места установки на ней мерзлотомеров;
 - пробурить скважины с одновременным отбором образцов грунта;
 - установить обсадные трубки;
 - смонтировать и проверить оборудование мерзлотомеров;
 - заполнить металлическую трубку МР глинистым грунтом, а резиновую трубку МД - дистиллированной водой.
- Местоположение площадки, в пределах которой определяется глубина сезонного промерзания грунта или глубина проникания в грунт нулевой температуры, а также места расположения на ней мерзлотомеров устанавливаются проектной или строительной организацией с учетом рельефа местности, инженерно-геологических и гидрогеологических условий, расположения существующих и проектируемых зданий или сооружений.
- Подготовка площадки и проверка оборудования для измерения глубины сезонного промерзания или определения положения нулевой изотермы грунта должны производиться за месяц до начала промерзания грунта. После установки оборудования надлежит произвести геодезическими методами планово-высотную привязку мест установки мерзлотомеров и закрепить их соответствующими знаками.
- Скважина для установки мерзлотомера должна проходиться буром, имеющим диаметр наконечника 37 мм, до глубины, превышающей не менее чем на 30 см глубину прогнозируемого промерзания грунта.
- В процессе проходки скважины для установки мерзлотомера должны отбираться пробы грунта через каждые 10 см по глубине в целях определения его природной влажности. Одновременно из каждого слоя грунта, но не реже чем через 50 см отбираются образцы для определения зернового (гранулометрического) состава и пределов пластичности грунта.
- Результаты данных анализа грунта, взятого из каждой скважины, а также краткое описание места расположения скважины, грунтовых напластований и условий их увлажнения (поверхностными или грунтовыми водами) регистрируются в журнале наблюдений.
- В скважину сразу же после ее проходки необходимо погрузить обсадную трубку так, чтобы метка на ней совпала с поверхностью грунта. Зазор между стенкой скважины и обсадной трубкой следует засыпать сухим песком и тщательно утрамбовать, а поверхность грунта вокруг обсадной трубки приподнять на 3-5 см для отвода воды от скважины.

- МД, размещаемый в пределах дорожного покрытия, должен погружаться заподлицо с ним.
- Металлическую трубку МР следует заправлять глинистым грунтом (преимущественно грунтом площадки, на которой мерзлотомер устанавливается). При этом глинистый грунт увлажняется до состояния, близкого к границе раскатывания плюс 0,5 числа пластичности, но так, чтобы грунт не вытекал из трубки, поставленной вертикально, и вода в ее нижней части не накапливалась. Грунт в местах прорезей должен быть вдавлен внутрь трубки на 4-5 мм во избежание примерзания его к стенке обсадной трубки.
- Применение суглинков с числом пластичности более 0,12 и глин для заправки металлической трубки МР не допускается.
- Металлическую трубку МР после заправки ее грунтом надлежит немедленно поставить в обсадную трубку и отметить в журнале наблюдений время установки мерзлотомера.
- Резиновая трубка МД приводится в рабочее состояние следующим образом: из трубки вынимаются верхняя и нижняя капроновые пробки; трубка в U-образном положении заполняется дистиллированной водой до краев; концы трубки закрываются пробками; резиновая трубка опускается в обсадную трубку.
- Наблюдения за глубиной промерзания или проникания в грунт нулевой температуры следует проводить с начала промерзания до полного оттаивания грунта через каждые 5 дней после наступления отрицательной температуры воздуха

- **ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ ПО МЕРЗЛОТОМЕРУ РАТОМСКОГО**
- Измерение глубины сезонного промерзания грунта по МР следует проводить в следующей последовательности:
 - замерить высоту патрубка обсадной трубки мерзлотомера;
 - вынуть металлическую трубку, заправленную глинистым грунтом;
 - определить границу слоя грунта в твердомерзлом состоянии путем его прокола тупой иглой или стальной проволокой диаметром 2 мм;
 - зафиксировать фактическую глубину сезонного промерзания грунта и результаты измерений занести в журнал наблюдений;
 - после очередного замера металлическую трубку следует немедленно опустить в обсадную трубку мерзлотомера.
- При промерзании грунта на всю длину металлической трубки МР она освобождается от мерзлого грунта и заправляется заново талым глинистым грунтом. При этом деревянный стержень заменяется другим соответствующей длины и мерзлотомер вновь опускается в обсадную трубку ниже замеренной глубины промерзания для продолжения наблюдений.

• ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ ПО МЕРЗЛОТОМЕРУ ДАНИЛИНА

• Определение глубины проникания в грунт нулевой температуры по МД следует проводить в следующей последовательности:

- замерить высоту патрубка обсадной трубки мерзлотомера;
- вынуть резиновую трубку, заправленную дистиллированной водой;
- определить конец ледяного столбика путем прощупывания;
- зафиксировать границу между льдом и водой и результаты измерений занести в журнал наблюдений;
- после очередного замера резиновую трубку следует немедленно опустить в обсадную трубку мерзлотомера.

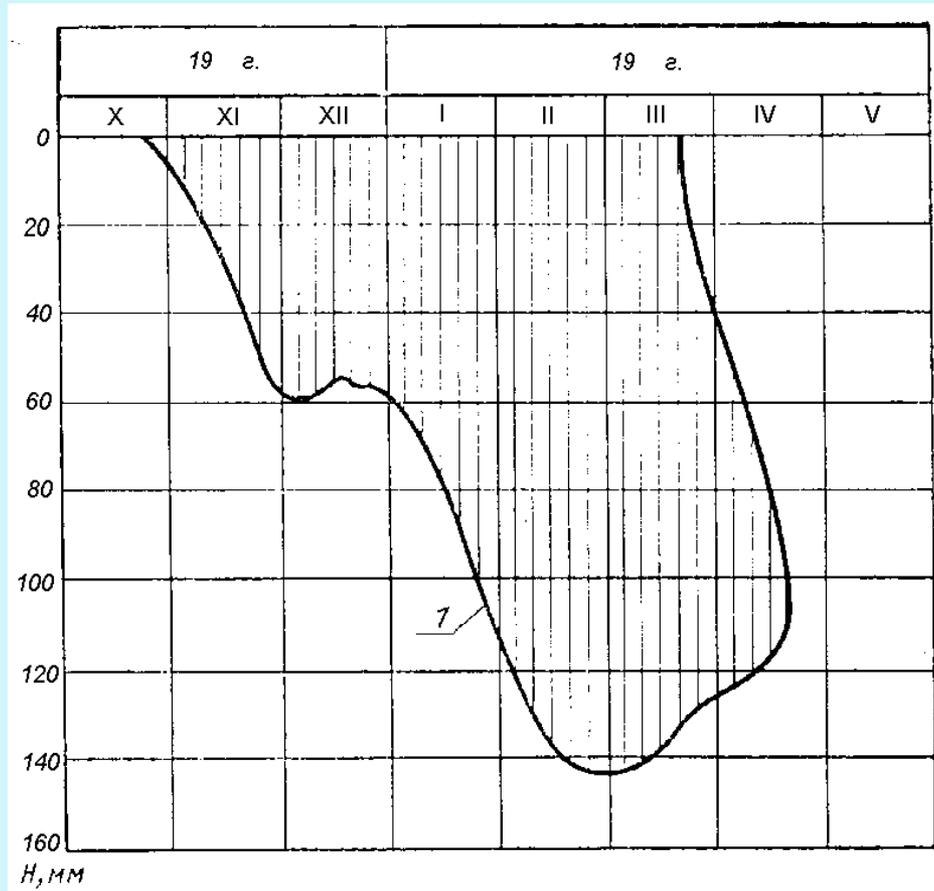
• При промерзании всей воды в резиновой трубке следует заменить ее другой с делениями шкалы от 1500 до 3000 мм, опускаемой в обсадную трубку за счет соответствующего удлинения льняного (капронового) шнура, для продолжения наблюдений.

• В процессе наблюдений необходимо следить за вертикальным перемещением обсадной трубки по белой отметке на ней. При обнаружении вертикального смещения обсадной трубки в отсчеты фактической глубины промерзания должны вводиться соответствующие поправки со знаком минус (если отметка окажется выше поверхности грунта) или со знаком плюс (если отметка окажется ниже поверхности грунта).

• Вычисление значения глубины промерзания или положения нулевой изотермы грунта с учетом поправки следует производить немедленно после замера; в случае неувязки вычисленной величины с предыдущим замером необходимо сделать повторный замер.

• Наблюдения за промерзанием грунта следует продолжать и в том случае, если показания мерзлотомера не изменяются или уменьшаются по сравнению с предыдущими замерами.

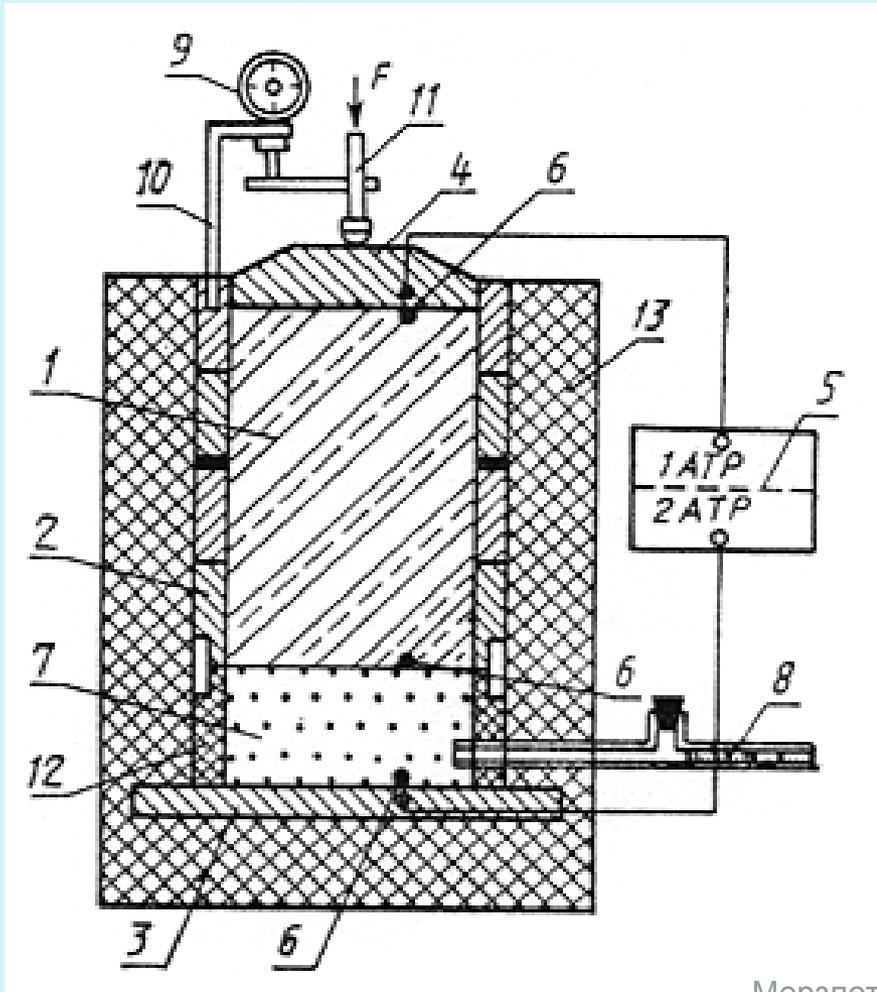
ОБРАЗЕЦ ГРАФИЧЕСКОГО ОФОРМЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ХОДОМ ПРОМЕРЗАНИЯ ГРУНТА



- 1 - граница слоя грунта в твердомерзлом состоянии (определяемая по МР) или положение нулевой изотермы (определяемое по МД).

МЕТОД ЛАБОРАТОРНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ПУЧИНИСТОСТИ

Принципиальная схема установки для определения степени пучинистости грунтов



- В состав установки для определения относительной деформации морозного пучения должны входить:
 - устройство для создания, поддержания и контролирования заданных условий промораживания образца грунта (верхняя и нижняя термостатированные плиты, жидкостной ультратермостат или термоэлектрическая батарея, термоконтакты, термопары и т.д.);
 - механизм для вертикального нагружения образца грунта (рычажные, гидравлические, пневматические, электромеханические и др. прессы);
 - устройство для измерения вертикальных деформаций образца грунта (приборы для автоматической записи деформаций, индикатор часового типа и т.д.);
 - обойма для помещения образца грунта;
 - устройство, обеспечивающее непрерывный порядок воды к нижнему торцу образца грунта (поддон для обоймы, заполненный капиллярно-пористым материалом, и система подачи воды);
 - теплоизоляционный кожух.
- Конструкция установки должна обеспечивать:
 - промораживание образца грунта при температуре на верхнем его торце минус $(4\pm 0,2)^\circ\text{C}$ и при монотонном понижении температуры на нижнем торце образца от плюс 1 до 0°C , что обеспечивается автоматическим поддержанием температуры нижней термостатированной плиты плюс $(1\pm 0,2)^\circ\text{C}$;
 - возможность вертикального нагружения образца грунта давлением, равным давлению от собственного веса грунта на горизонте отбора образца, или давлением, равным предполагаемому давлению от постоянных нагрузок на заданной глубине, но не более 0,05 МПа;
 - термическое сопротивление теплоизоляционного кожуха не менее $0,8 \text{ м} \cdot \text{К/Дж}$.
- Измерительные устройства (приборы) должны обеспечивать:
 - измерение вертикальной деформации образца грунта с погрешностью не более 0,1 мм;
 - измерение температуры образца грунта с погрешностью не более $0,2^\circ\text{C}$.
- Обойму цилиндрической формы для помещения образца грунта изготавливают из малотеплопроводного материала (например, органического стекла). Обойма должна состоять из отдельных колец высотой 2-5 см, соединенных между собой, и иметь внутренний диаметр не менее 100 и высоту 150 мм. В качестве капиллярно-пористого материала для поддона обоймы может быть использован чистый мелкозернистый песок, корборунд и т.п. Высота слоя капиллярно-пористого материала должна составлять 50 мм.

Ход работы

- Образец грунта в обойме, смазанной внутри тонким слоем технического вазелина или покрытой слоем антифрикционного материала, помещают в установку на увлажненный капиллярно-пористый материал поддона и проводят следующие операции:
 - на верхний торец образца устанавливают термостатированную плиту;
 - проверяют положение штока механизма для нагружения образца по отношению к центру образца;
 - устанавливают прибор для измерения вертикальных деформаций образца грунта;
 - подключают систему непрерывного подтока воды к образцу;
 - к образцу грунта плавно, не допуская ударов, прикладывают нагрузку, создавая давление;
 - записывают начальные показания приборов.
- Установку помещают в холодильную камеру и выдерживают при температуре плюс $(1 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ не менее суток.
- Включают автоматизированную систему для задания температурного режима промораживания образца.
- В ходе испытания через каждые 12 ч снимают показания приборов для измерения вертикальной деформации образца грунта и температуры верхней и нижней термостатированной плиты.
- Во избежание переохлаждения грунта через 12 ч с начала испытания следует вызвать начало кристаллизации влаги в образце легким постукиванием по верхней термостатированной плите.
- Во время испытания необходимо следить за непрерывностью подтока воды к образцу.
- В обоснованных случаях допускается проведение испытаний без увлажнения образца грунта. При этом между образцом и капиллярно-пористым материалом укладывают влагонепроницаемую пленку.
- Испытание прекращают при достижении температуры 0°C на нижнем торце образца.
- Сразу после окончания испытания образец извлекают из обоймы, разрезают вдоль вертикальной оси, измеряют фактическую толщину промерзшего слоя (за исключением зоны пластично-мерзлого грунта) и описывают его криогенную текстуру.

Обработка результатов

- Относительную деформацию морозного пучения образца грунта вычисляют с точностью 0,01 по формуле

$$\varepsilon_{fh} = h_f / d_i$$

- где h_f - вертикальная деформация образца грунта в конце испытания, мм;
- d_i - фактическая толщина промерзшего слоя образца грунта, мм.

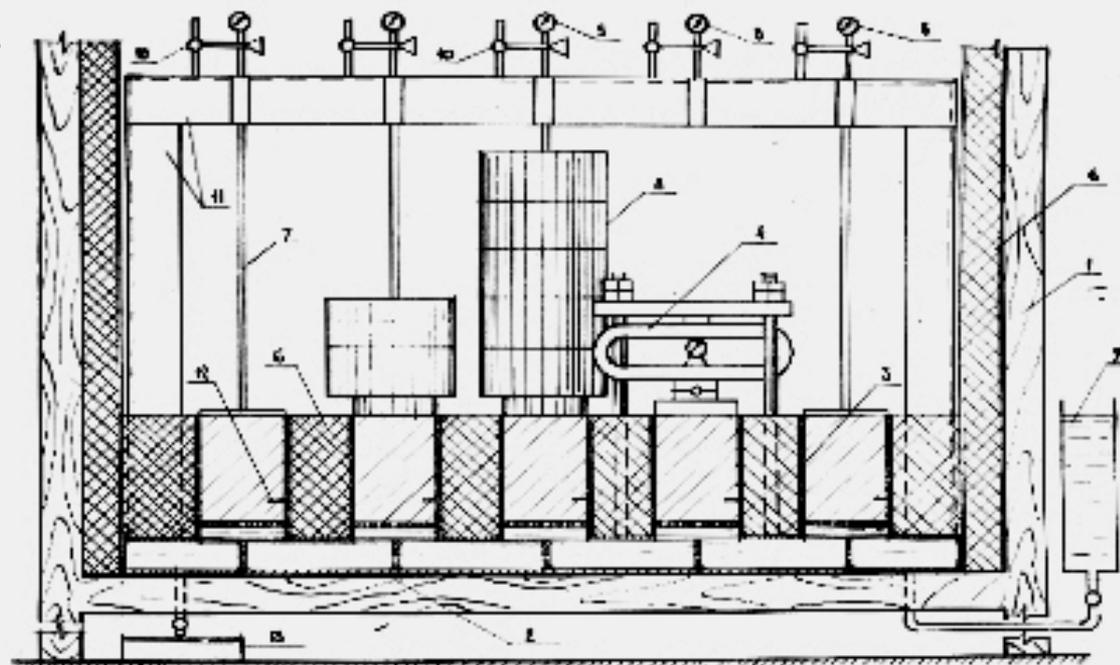


Рис. 4 Схема установки для проведения лабораторных испытаний грунтов на пучинистость под нагрузкой.

1 - холодильный шкаф 1,6 x 1,0 x 0,5 м; 2 - поддон; 3- образцы грунта;

4 - динамометр ДОСМ 3.5; 5 - мессуры;

6 - теплоизоляция; 7 - шток; 8 - грузы; 9 - сосуд с водой; 10 - штатив; 11 - каркас из уголков; 12 - терморпары; 13 - сосуд для воды.

Метод полевого определения удельных касательных сил морозного пучения

- **Морозное пучение грунта** - увеличение объема влажного грунта при замерзании в нем воды, приводящее к подъему слоя промерзающего грунта.
- **Касательная сила морозного пучения** - сила, действующая в процессе подъема промерзающего грунта вдоль боковой поверхности фундамента, обусловленная сопротивлением смерзания и трения его с промерзающим грунтом.
- **Удельное значение касательной силы морозного пучения** - касательная сила пучения, отнесенная к площади боковой поверхности фундамента, контактирующей с промерзающим грунтом.

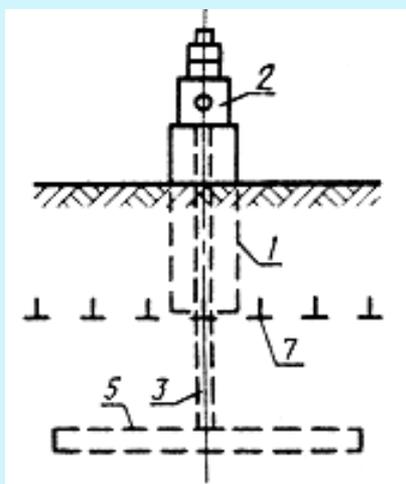
- **Удельную касательную силу морозного пучения определяют как отношение измеренной при испытаниях на специальных установках максимальной касательной силы морозного пучения, действующей на образец фундамента, к его боковой поверхности, находящейся в промерзающем грунте.**
- Удельную касательную силу морозного пучения определяют в целях:
 - назначения глубины заложения и выбора типа фундаментов зданий и сооружений;
 - разработки мероприятий, уменьшающих силы и деформации морозного пучения и исключающих возможность появления недопустимых деформаций оснований и фундаментов.
- Максимальные касательные силы морозного пучения определяют не менее чем для двух одинаковых образцов фундамента на испытательных установках, расположенных на площадках, очищенных в течение всего периода испытаний от растительного покрова и снега на расстоянии (в радиусе) не менее 2 м от боковой поверхности образца фундамента.
- За максимальную касательную силу морозного пучения принимают наибольшее значение, полученное в результате испытаний образцов фундамента.
- Места расположения испытательных установок назначают в программе исследований на основе инженерно-геологической съемки в зависимости от инженерно-геологических, гидрогеологических и геокриологических (в районах распространения вечномерзлых грунтов) условий с учетом факторов, влияющих на процессы морозного пучения грунта (положение уровня подземных вод, наличие обводненных участков и т.д.), и размещения существующих и проектируемых зданий и сооружений.
- Результаты полевых определений удельных касательных сил морозного пучения должны сопровождаться данными о месте проведения испытаний, описанием грунтов и их физико-механическими характеристиками, а также данными о глубине сезонного промерзания-оттаивания.

ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

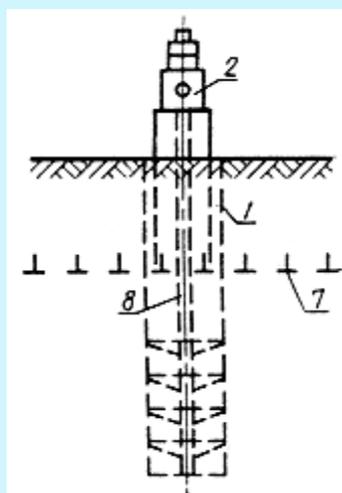
- В состав установки для определения удельных значений касательных сил морозного пучения должны входить:
- образец фундамента:
 - анкерное устройство (с центральным анкером, с анкерными сваями);
 - силоизмерительное устройство (шариковый индикатор, тензометрический динамометр с записывающим устройством и др.);
 - приборы для измерения размеров отпечатков на верхней пластине шарикового индикатора (отсчетный микроскоп МПБ-2, лупа Польди и др.).
- Допускается использовать пружинные динамометры при жесткости пружины динамометра не менее 0,05 МН/мм (5,0 тс/мм).
- Конструкция установки должна обеспечивать:
 - неподвижность анкерной тяги или системы упорных балок в течение периода испытаний;
 - центрированную передачу усилия (касательной силы морозного пучения) на силоизмерительное устройство.
- Приборы для измерения размеров отпечатков должны обеспечивать измерение глубины отпечатка с погрешностью не более 0,01 мм, а диаметра отпечатка - не более 0,1 мм.
- Образец фундамента изготавливают в виде железобетонной стойки квадратного сечения 20X20 и 30X30 см. Размеры поперечного сечения и длину образца определяют в зависимости от вида грунта слоя сезонного промерзания-оттаивания и глубины его промерзания.
 - 1. В специальных случаях, определенных программой испытаний, допускается изготавливать образцы фундамента из других материалов (дерево, металл и др.) и другой формы.
 - 2. При применении анкерного устройства с центральной тягой образец должен иметь сквозное осевое отверстие диаметром, превышающим на 10 мм диаметр анкерной тяги.
 - 3. Допускается применение в качестве образцов фундамента железобетонных свай.
- Все конструкции установки должны быть рассчитаны на нагрузку, превышающую на 50% предполагаемую касательную силу морозного пучения, определяемую по указаниям рекомендуемого приложения 4.
- Измерительные приборы должны быть защищены от непосредственного воздействия солнечных лучей, сильного ветра, атмосферных осадков и снежных заносов.

Установка с центральным анкером

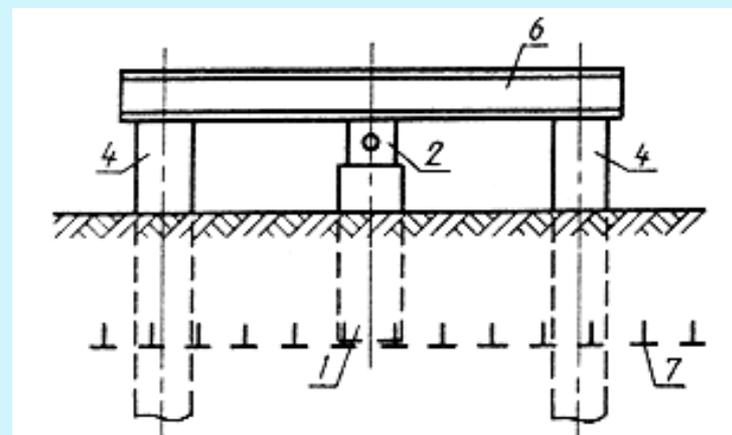
а) с анкерной плитой



б) с лопастями



Установка с анкерными сваями



- 1 - образец фундамента; 2 - силоизмерительное устройство; 3 - анкерная тяга; 4 - анкерная свая; 5 - анкерная плита; 6 - система упорных балок; 7 - подошва слоя сезонного промерзания-оттаивания грунта; 8 - анкерная тяга с лопастями (для районов распространения вечномёрзлых грунтов)

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Удельную касательную силу морозного пучения $\tau_{\text{м}}$, МПа (кгс/см²), вычисляют по формуле

$$\tau_{\text{м}} = \frac{F+G}{u \cdot d_f} \quad (1)$$

где F - максимальная касательная сила морозного пучения, зарегистрированная показаниями приборов, МН (кгс);

u - периметр поперечного сечения образца фундамента, м (см);

d_f - глубина сезонного промерзания (оттаивания) грунта, м (см);

G - вес образца фундамента, МН (кгс).

В случае применения шарикового индикатора силу F , МН (кгс), вычисляют по формуле

$$F = \sum_1^3 F_i \quad (2)$$

где F_i ($i=1, 2, 3$) - силы, МН (кгс), рассчитанные по размерам каждого из трех отпечатков по формулам:

при определении F_i по глубине отпечатка

$$F_i = \pi H_s d_{ti} D \quad (3)$$

при определении F_i по диаметру отпечатка

$$F_i = \pi H_s D (D - \sqrt{D^2 - D_{ti}^2}) / 2 \quad (4)$$

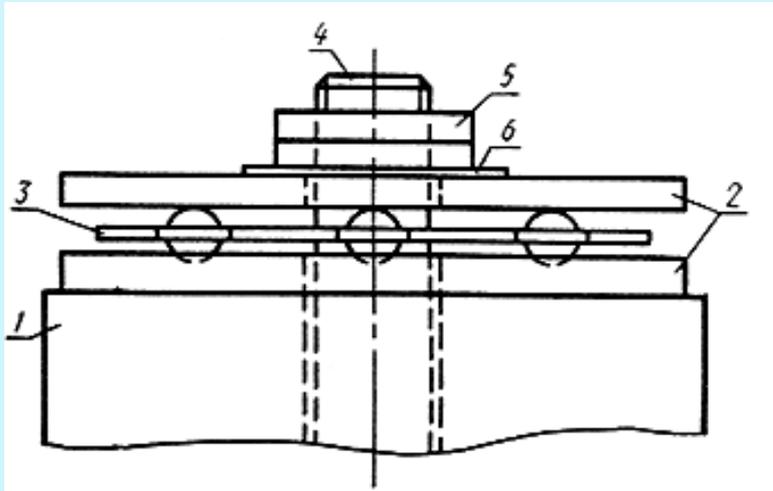
где H_s - твердость металла верхней пластины индикатора, МН/мм² (кгс/мм²);

D - диаметр шарика, мм;

d_{ti} - глубина отпечатка i -го шарика, мм;

D_{ti} - диаметр отпечатка i -го шарика, мм.

Схема шарикового индикатора



1 - образец фундамента; 2 - пластины индикатора; 3 - сепаратор с шариками; 4 - анкерная тяга; 5 - гайка и контргайка; 6 - шайба (полиэтиленовая прокладка)

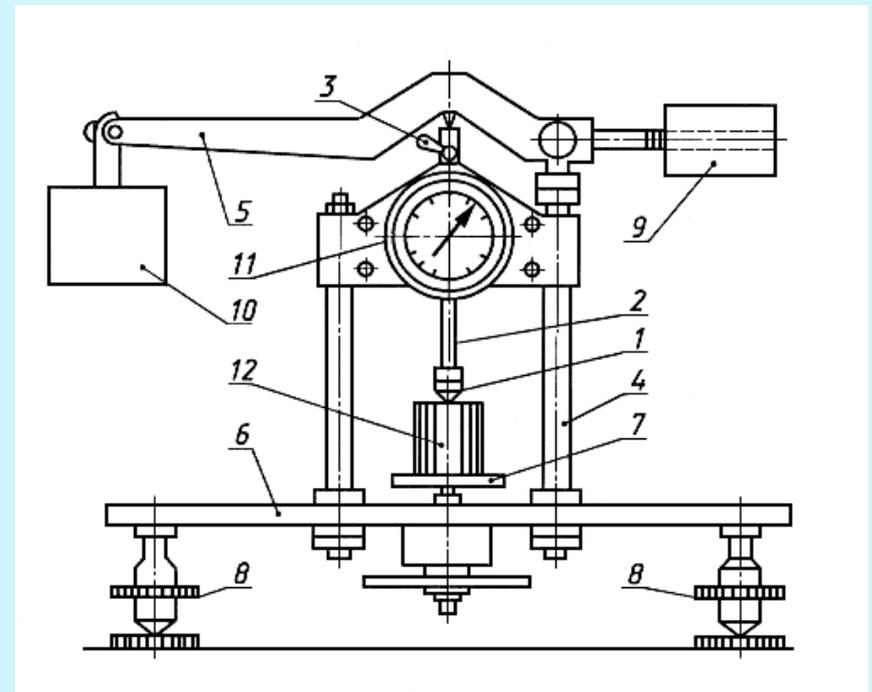
- Для фиксации положения шариков в нижней пластине устраивают три лунки, расположенные в вершинах равностороннего треугольника, центр которого должен совпадать с центром пластины. При этом расстояние от центра лунки до края пластины должно быть не менее $2d$ (d - диаметр шарика). Верхняя пластина со стороны, обращенной к шарикам, должна быть отшлифована.
- Для измерительной установки с одним анкером пластины должны иметь центральное отверстие для пропуска анкерной тяги.
- Значение твердости стали верхней пластины устанавливают испытанием по методике СТ СЭВ 468-77 с использованием шарика диаметром, равным диаметру шариков, применяемых в индикаторе, и наносят на пластину. Полученное значение должно находиться в пределах 1,0-2,5 кН/мм (100-250 кгс/мм).
- При сборке и установке шарикового индикатора все его детали должны быть покрыты консервационной смазкой.
- Размеры пластин и шариков в зависимости от значения предполагаемой касательной силы морозного пучения, действующей на образец фундамента, приведены в табл. 1.

Предполагаемая касательная сила морозного пучения, МН (тс)	Размеры шарикового индикатора			
	Размеры пластин в плане, см	Толщина пластин, мм	Глубина лунки в нижней пластине, мм	Диаметр шариков, мм
0,1 (10)	16x16	10	3	10
0,2 (20)	16x16	14	4,5	14
0,4 (40)	20x20	18	6	18

Примечание. Диаметры шариков могут отличаться от указанных в таблице на 10%, но в каждом индикаторе должны быть равными между собой.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА УСТАНОВКИ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ МЕРЗЛОГО ГРУНТА ШАРИКОВЫМ ШТАМПОМ

- 1 - шариковый штамп; 2 - подвижной стержень с держателем шарика; 3 - ручка стопорного винта; 4 - стойки; 5 - рычажный пресс (с соотношением плеч рычага 5:1); 6 - опорная плита; 7 - подвижной столик; 8 - уравнивательные винты; 9 - контргруз;
- 10 - гири; 11 - индикатор деформаций; 12 - образец грунта



- Шариковый штамп
Проведение
испытаний.



Определение предполагаемых касательных сил морозного пучения грунта

Значение предполагаемой касательной силы морозного пучения грунта F_f , МН (кгс), вычисляются по формуле

$$F_f = \tau_{\text{н}} u d_f K_m, \quad (5)$$

где $\tau_{\text{н}}$ - удельная касательная сила морозного пучения, МПа (кгс/см²), принимаемая по табл. ;

d_f - нормативная глубина сезонного промерзания-оттаивания грунта, м (см);

u - периметр поперечного сечения образца фундамента, м (см);

K_m - коэффициент, принимаемый в зависимости от материала образца фундамента, равный:

для бетона - 1,0;

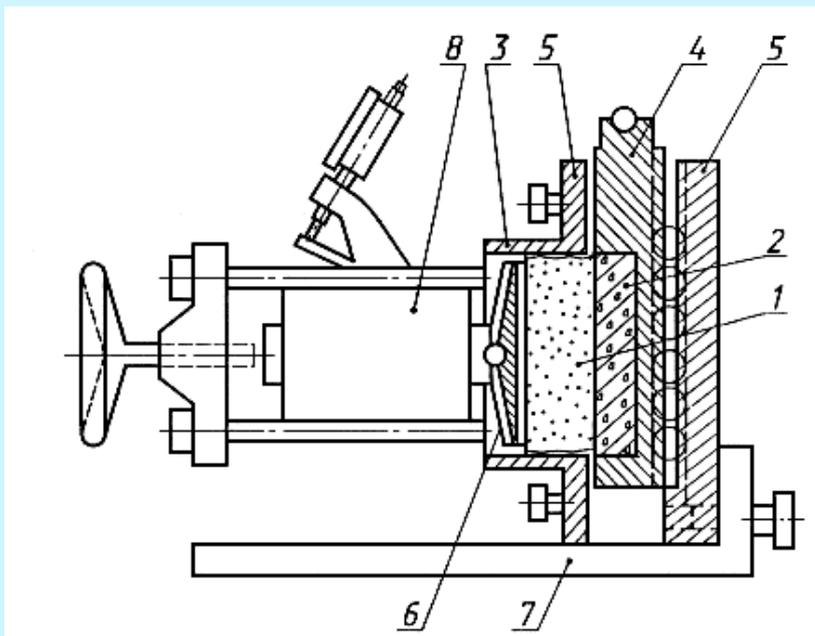
для дерева - 0,9;

для металла - 0,8.

Грунты	Удельные касательные силы морозного пучения $\tau_{\text{н}}$, МПа (кгс/см ²), при глубине сезонного промерзания-оттаивания, м		
	до 1,5	до 2,5	более 2,5
1. Пылевато-глинистые при показателе текучести $I_L > 0,5$;	0,11 (1,1)	0,09 (0,9)	0,07 (0,7)
	-----	-----	-----
	0,13 (1,3)	0,11 (1,1)	0,09 (0,9)
пески мелкие и пылеватые при степени влажности $S_1 > 0,95$			
2. Пылевато-глинистые при $0,25 < I_L \leq 0,5$;	0,09 (0,9)	0,07 (0,7)	0,055 (0,55)
	-----	-----	-----
	0,1 (1,0)	0,09 (0,9)	0,07 (0,7)
пески мелкие и пылеватые при $0,8 < S_1 \leq 0,95$;			
крупнообломочные с заполнителем (пылевато-глинистым, мелкопесчаным) более 30%			
3. Пылевато-глинистые при $I_L \leq 0,25$;	0,07 (0,7)	0,055 (0,55)	0,04 (0,4)
	-----	-----	-----
	0,08 (0,8)	0,07 (0,7)	0,05 (0,5)
пески мелкие и пылеватые при $0,6 < S_1 \leq 0,8$;			
крупнообломочные с заполнителем (пылевато-глинистым, мелкопесчаным) от 10 до 30%			

Примечание. В знаменателе даны значения $\tau_{\text{н}}$ для районов распространения указанных грунтов.

Схема одноплоскостного срезного прибора
 типа ПРС
 для определения сопротивления мерзлого
 грунта срезу по поверхности срезания

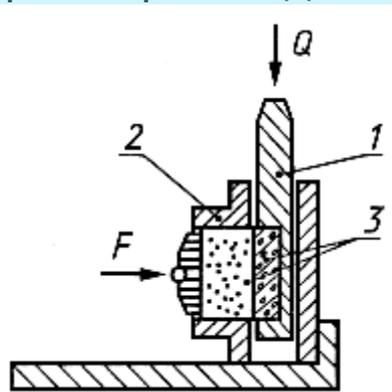


- 1 - мерзлый грунт; 2 - материал; 3 - рабочее кольцо; 4 - срезная каретка; 5 - корпус прибора; 6 - боковой штамп; 7 - опорная плита; 8 - динамометр

Схемы испытаний на
 одноплоскостном срезном
 приборе типа ПРС для
 определения сопротивления
 мерзлого грунта срезу по

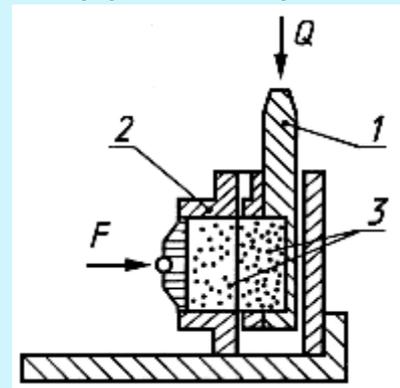
Схема испытания

по поверхности
 срезания
 мерзлого грунта,
 грунтового
 раствора и льда



- 1 - подвижная часть прибора (срезная каретка); 2 - неподвижная часть прибора(корпус) 3 - образец; Q - касательная нагрузка; F - нормальная нагрузка

по поверхности
 срезания
 мерзлого грунта
 по грунту,
 грунтовому



- Проведение экспериментов на срез по поверхности смерзания с материалом фундамента (прибор конструкции А.В. Садовского, ВНИИОСП)

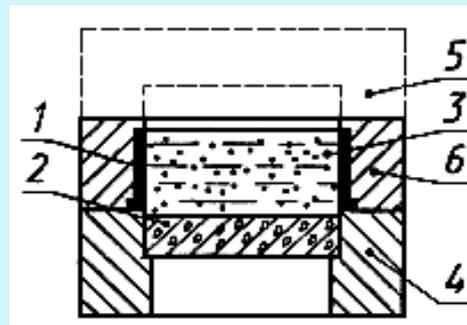


РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ ОБРАЗЦОВ МАТЕРИАЛА И ГРУНТА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ МЕТОДОМ ОДНОПЛОСКОСТНОГО СРЕЗА ПО ПОВЕРХНОСТИ СМЕРЗАНИЯ

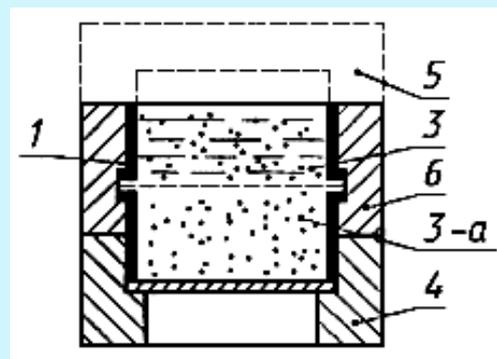
- 1 Изготовление образцов материала фундамента или других твердых материалов (скальных и полускальных горных пород, строительных материалов и др.) следует производить таким образом, чтобы их шероховатость по поверхности смерзания соответствовала требованиям задания. При отсутствии задания шероховатость поверхности образца материала должна соответствовать шероховатости материала в естественных условиях.
 - Изготовление образцов материала фундамента с такой же шероховатостью поверхности, как у фундамента (не подвергнутой специальной обработке), должно производиться с учетом следующих требований:
 - деревянные образцы должны быть изготовлены из необработанной древесины и их поверхность должна быть остругана; при замораживании образцов древесина должна быть в водонасыщенном состоянии;
 - стальные образцы должны иметь "горячекатаную" или "холоднокатаную" поверхность в зависимости от вида проката, используемого для изготовления образцов на токарных, фрезерных или строгальных станках без шлифования их поверхности, если образцы применяют взамен горячекатаной стали и со шлифованием - взамен холоднокатаной;
 - бетонные образцы должны быть изготовлены с виброуплотнением в гладкой металлической опалубке, поверхность которой перед бетонированием покрывают известковым или глинистым раствором; на поверхности образцов, смерзающихся с грунтом, не должно быть раковин и зажелезненных участков.
- 2 Образец вида "грунт (грунтовый раствор) - материал" готовят в следующей последовательности: в опорное кольцо формы первого типа помещают материал, затем на него устанавливают рабочее кольцо срезного прибора, на которое помещают защитное кольцо формы. Рабочее кольцо заполняют заранее подготовленным грунтом или грунтовым раствором заданного состава и влажности. При заполнении рабочего кольца грунтом нарушенного сложения добиваются требуемой плотности грунта. Крышку формы устанавливают в ее положение в зависимости от заданных условий промораживания, а именно: при промораживании через грунт - снизу; при промораживании через материал - сверху. Форму с образцом устанавливают для промораживания в помещение или холодильный шкаф с заданной отрицательной температурой воздуха.

- **3 Образец вида "лед - материал"** подготавливают в следующей последовательности: образец материала помещают в опорное кольцо формы первого типа, на него устанавливают рабочее кольцо срезного прибора, на которое помещают защитное кольцо формы и снизу устанавливают крышку формы. Форму переносят в помещение с заданной отрицательной температурой, где после ее охлаждения производят намораживание льда на материал.
- Лед намораживают слоями толщиной до 5 мм, причем каждый новый слой намораживается после полного замерзания предыдущего.
- Для намораживания применяют воду, охлажденную до температуры замерзания.
- Если заданием требуется испытать лед природного сложения или лед, образованный в условиях, моделирующих природные, то образец льда вырезают из монолита по форме рабочего кольца срезного прибора, закладывают его в рабочее кольцо и смораживают с материалом через слой охлажденной до температуры замерзания воды толщиной до 3 мм, налитой на охлажденную контактную поверхность.
- **4 Образец вида "грунт - грунтовый раствор (грунт)"** подготавливают в следующей последовательности:
 - - для грунта ненарушенного сложения - вырезают из монолита грунта образец по форме рабочего кольца срезного прибора и помещают его в рабочее кольцо;
 - - для грунта нарушенного сложения - рабочее кольцо прибора заполняют заранее подготовленным грунтом заданного состава и влажности, добиваясь требуемой плотности грунта, после чего грунт замораживают. Условия охлаждения образца при замораживании определяются заданием. При отсутствии данных образец грунта промораживают в условиях всестороннего охлаждения;
 - - мерзлый грунт в рабочем кольце срезного прибора устанавливают в опорное кольцо формы второго типа. На это рабочее кольцо устанавливают второе такое же рабочее кольцо и на него помещают защитное кольцо формы второго типа. Верхнее рабочее кольцо заполняют предварительно охлажденным до температуры замерзания грунтовым раствором или грунтом заданного состава и влажности и производят смораживание образца через верхний или нижний торец.
- **5 Образец вида "грунт - лед"** подготавливают в следующей последовательности: сбоку формы второго типа, подготовку и промораживание образца грунта производят в соответствии с 6.2.3.3. Лед намораживают на мерзлый грунт во втором кольце срезного прибора слоями толщиной до 5 мм или примораживают образец природного льда через слой охлажденной до температуры замерзания воды толщиной до 3 мм. Все операции выполняют в помещении с отрицательной температурой.
- Во время промораживания измеряют температуру контрольного образца грунта, в который помещают термодатчик термоизмерительного устройства.
- Промораживание заканчивают, когда температура контрольного образца достигнет значения температуры воздуха в помещении. После этого образец извлекают из формы, герметизируют и сохраняют до испытаний.

- Форма типа I для приготовления образцов вида "грунт (грунтовый раствор, лед) - материал"

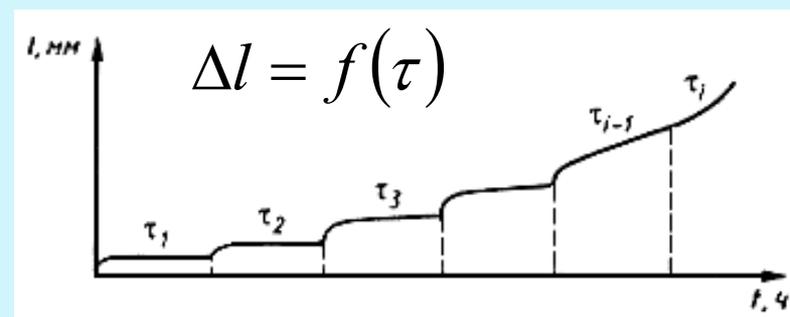


- Форма типа II для приготовления образцов вида "грунт - грунтовый раствор (лед, грунт)"



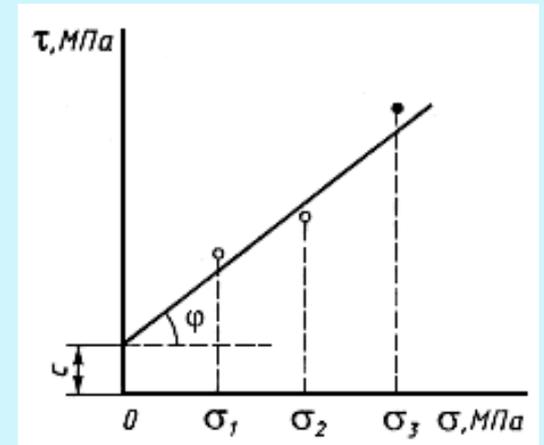
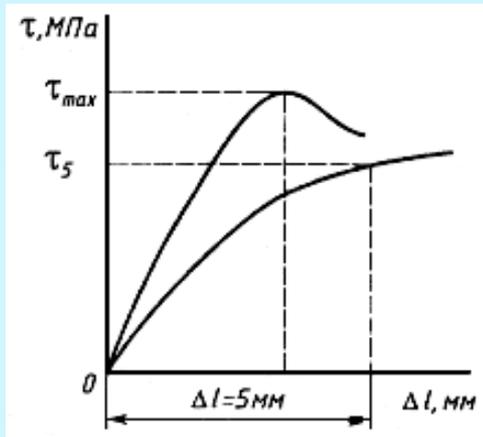
- 1 - рабочее кольцо срезного прибора; 2 - материал; 3 - грунт (лед, грунтовый раствор); 3-а - грунт; 4 - опорное кольцо; 5 - крышка формы; 6 - защитное кольцо формы

ОБРАЗЕЦ ГРАФИЧЕСКОГО ОФОРМЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЯ ГРУНТА МЕТОДОМ ОДНОПЛОСКОСТНОГО СРЕЗА ПО ПОВЕРХНОСТИ СМЕРЗАНИЯ



ОБРАЗЕЦ ГРАФИЧЕСКОГО ОФОРМЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЯ ГРУНТА МЕТОДОМ ОДНОПЛОСКОСТНОГО СРЕЗА

$$\tau = f(\sigma)$$



Масштаб графика:

по горизонтали

10 мм - 1 мм для Δl

по вертикали

20 мм - 0,1 МПа для τ

Масштаб графика:

по горизонтали

20 мм - 0,1 МПа для σ

по вертикали

20 мм - 0,1 МПа для τ

Метод компрессионного сжатия

- Испытание мерзлого грунта методом компрессионного сжатия проводят для определения следующих характеристик деформируемости: коэффициента сжимаемости пластичномерзлых грунтов, коэффициента оттаивания и сжимаемости при оттаивании для песков и глинистых грунтов (кроме песков гравелистых и крупных), а также заторфованных, засоленных и сыпучемерзлых разновидностей указанных грунтов.
- Эти характеристики определяют по результатам испытаний образцов грунта в компрессионных приборах (одомерах), исключающих возможность бокового расширения образца грунта при его нагружении вертикальной нагрузкой в мерзлом или оттаянном состоянии.
- Результаты испытаний оформляют в виде графиков зависимостей деформаций образца от нагрузки и их изменения во времени.
- Нагрузку при испытаниях определяют из условия, что на первой ступени нагружения давление должно быть равно напряжению от собственного веса на глубине отбора образца, а на последней ступени - расчетному сопротивлению грунта под подошвой фундамента задаваемому в программе испытаний.
- При отсутствии данных значение допускается принимать в соответствии с **табл. ниже**.
- Для испытаний используют образцы мерзлого грунта ненарушенного сложения с природной влажностью и льдистостью.
- Толщина прослоек льда в образце должна быть не более 2 мм, а льдистость 0,4.
- Образцы должны иметь форму цилиндра диаметром не менее 71 мм и отношением высоты к диаметру 1:3,5.
- **Оборудование и приборы**
- В состав установки для испытаний грунта методом компрессионного сжатия должны входить:
 - - компрессионный прибор (одомер);
 - - механизм для вертикального нагружения образца грунта;
 - - устройства для измерения вертикальных деформаций образца грунта.
- Для испытываемых грунтов дополнительно к физическим характеристикам, должны быть определены следующие характеристики: тип криогенной текстуры, влажность за счет ледяных включений и льдистость.

- Образец грунта в рабочем кольце помещают в направляющий цилиндр одометра и производят следующие операции:
 - - на образец грунта ставят штамп и центрируют его;
 - - закрепляют устройства для измерения вертикальных деформаций образца грунта симметрично относительно оси штампа;
 - - одометр устанавливают на станину под пресс и центрируют;
 - - выдерживают образец при температуре испытания;
 - - записывают начальные показания приборов;
 - - фиксируют температуру и время начала испытания.
- К образцу плавно, не допуская ударов, прикладывают нагрузку первой степени нагружения, создавая давление,.
- После стабилизации деформации увеличивают нагрузку на образец ступенями нагружения. Число ступеней должно быть не менее пяти. Каждую ступень нагружения следует прикладывать после условной стабилизации вертикальной деформации образца грунта на предшествующей ступени.
- При испытаниях для определения и после условной стабилизации деформации на первой ступени нагружения производят оттаивание образца грунта, повышая температуру воздуха в помещении для испытаний и фиксируют при этом деформации образца грунта также до достижения условной стабилизации деформации. Далее продолжают испытание грунта в оттаявшем состоянии. Приращение давления при этом на последующих ступенях принимают 0,05 МПа для глинистых грунтов и 0,075 МПа - для песков.
- На каждой ступени нагружения записывают показания приборов (устройств) для измерения вертикальной деформации образца грунта через интервалы времени.
- В процессе испытания ведут журнал

- Проведение длительных испытаний мерзлых грунтов методом одноосного сжатия (длительные). Конструкция приборной части В.И. Аксенова (СИМГ ОИГС)



- Лабораторные методы исследования мерзлых пород. МГУ, 1985.
- Методические рекомендации по определению физико-механических свойств грунтов радиоизотопными методами (на опыте строительства БАМ). НИИОСП, М., 1980.
- Рекомендации по лабораторному изучению строения мерзлых грунтов. ПНИИИС, М., Стройиздат, 1984.
- Рекомендации по определению морозной пучинистости грунтов оснований зданий и сооружений. Уральский политехнический ин-т, Свердловск, 1979.
- Рекомендации по определению теплофизических и структурно-механических свойств мерзлых торфяных грунтов. ПНИИИС, М., Стройиздат, 1984.
- Рекомендации по определению теплофизических характеристик торфяных грунтов и расчетам их промерзания и оттаивания. НИИОСП, М., 1978.
- Рекомендации по применению автоматизированных комплексов аппаратуры для температурных измерений в грунтах. ПНИИИС, М., Стройиздат, 1984.
- Руководство по определению физических, теплофизических и механических характеристик мерзлых грунтов. ПНИИИС, НИИОСП, М., Стройиздат, 1973.
- Руководство по полевым испытаниям свай в вечномерзлых грунтах. НИИОСП, М., 1979.
- Многолетнемерзлые скальные основания сооружений. Стройиздат, Ленинградское отд. 1978.
- Рекомендации по геокриологической съемке и районированию равнинных территорий для размещения объектов нефтяной и газовой промышленности по стадиям проектирования. ПНИИИС, М., Стройиздат, 1984.
- Полевые геокриологические (мерзлотные) исследования. Методическое руководство. Изд-во АНСССР, М., 1961.
- Методика мерзлотной съемки. МГУ, 1979.
- Методическое руководство по инженерно-геокриологическим и гидрогеологическим работам при разведке рудных месторождений на Крайнем Севере. «Недра». М., 1972.
- Инструкция по производству мерзлотно-гидрогеологической и инженерно-геологической съемки масштабов 1:200000 - 1:500000. МГУ, 1969.
- Изучение инженерно-геокриологических и гидрогеологических условий верхних горизонтов пород в нефтегазоносных районах криолитозоны. Методическое руководство. ВСЕГИНГЕО, М., 1992.
- Рекомендации по производству опережающих исследований для строительства в районах распространения вечномерзлых грунтов. ПНИИИС, М., Стройиздат, 1986.
- Рекомендации по комплексированию геофизических методов при мерзлотной съемке. ПНИИИС, М., Стройиздат, 1988.
- Рекомендации по методике изучения подземных льдов и криогенного строения многолетнемерзлых грунтов. ПНИИИС, М., 1969.
- Рекомендации по инженерно-геокриологическому изучению скальных пород как оснований гидротехнических сооружений. ВНИИГ, С.-Петербург, 1991.
- Методические рекомендации по стационарному изучению криогенных физико-геологических процессов. ВСЕГИНГЕО, М., 1979.
- Методические указания по инженерно-геологическим исследованиям россыпей, курумов и осыпей. ЦНИИС, М., 1979.
- Методические указания по инженерно-геологическому обследованию участков природных и прогнозируемых наледей. ЦНИИС, М., 1979.
- Изучение наледей. Методическое пособие. Л., Гидрометеиздат, 1984.
- Методика изучения наледей. Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, Якутск, 1975.
- Рекомендации по методике изучения процессов сезонного промерзания и протаивания грунтов. ПНИИИС, М., Стройиздат, 1986.
- Рекомендации по методике изучения солифлюкционных процессов при инженерных изысканиях. ПНИИИС, М., 1969.
- Рекомендации по методике изучения термокарста при инженерных изысканиях. ПНИИИС, М., 1969.
- Рекомендации по наблюдению за состоянием грунтов оснований и фундаментов зданий и сооружений, возводимых на вечномерзлых грунтах. НИИОСП, М., Стройиздат, 1982.
- Методические рекомендации по прогнозу морозобойного растрескивания грунтов. М.: ВСЕГИНГЕО, 1972,37с.
- Инструкция по теплотехническим расчетам при проектировании нефтяных промыслов (РД-39-0147323-607-86). Гипротюменьнефтегаз, Тюмень, 1986.
- Методические рекомендации по прогнозу изменения инженерно-геокриологических условий и развития криогенных процессов при линейном строительстве в северотаежной зоне Западной Сибири. ВСЕГИНГЕО, М., 1976.
- Методика изучения и прогноза экзогенных геологических процессов. ВСЕГИНГЕО, М., 1979.
- Методические рекомендации по применению разных способов охлаждения грунтов оснований опор мостов, возводимых на вечномерзлых грунтах. ЦНИИС, М., 1984.
- Методические рекомендации по прогнозу морозобойного растрескивания грунтов. ВСЕГИНГЕО, М.,1972.
- Пособие по определению температурного поля грунта вокруг заглубленного трубопровода в условиях севера (применительно к освоению месторождения п-ва Ямал). ВНИИПКтехоргнефтестрой, М., 1988.
- Пособие по прогнозу температурного режима грунтов Якутии. Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, Якутск, 1988.
- Рекомендации по прогнозу теплового состояния мерзлых грунтов. ПНИИИС, М., Стройиздат, 1989.
- Рекомендации по оценке допустимых изменений мерзлотно-грунтовых условий на осваиваемых территориях Западной Сибири. ПНИИИС, М., Стройиздат, 1987.
- Рекомендации по учету и предупреждению деформаций и сил морозного пучения. ПНИИИС, М., Стройиздат, 1986.
- Рекомендации по методике регулирования сезонного промерзания и протаивания грунтов и развития термокарста при освоении Западной Сибири. ПНИИИС, М., Стройиздат, 1987.
- Рекомендации по методике прогнозирования и инженерно-геологической оценке криогенных склоновых процессов в районе Байкало-Амурской магистрали. ЦНИИС, М., 1978.
- Руководство по прогнозированию теплового взаимодействия трубопроводов с окружающей средой. Р 486-83. ВНИИСТ, М., 1984.
- Справочник по строительству на вечномерзлых грунтах. Л., Стройиздат, Ленинградское отд-ние,1977.
- Основы мерзлотного прогноза при инженерно-геологических исследованиях. МГУ, 1974.
- Методика прогнозной оценки антропогенных изменений мерзлотных условий. МГУ, 1985.
- Инженерная геокриология. Справочное пособие. М., Недра, 1991.
- Нормативные и расчетные значения прочностных и деформационных характеристик засоленных мерзлых грунтов для проектирования объектов нефтегазового комплекса. ПНИИИС, М., 1998.