

**Лабораторные исследования зависимости
морозного пучения грунта от давления
в малогабаритной промышленной
установке.**

ПЛАКАТ №1

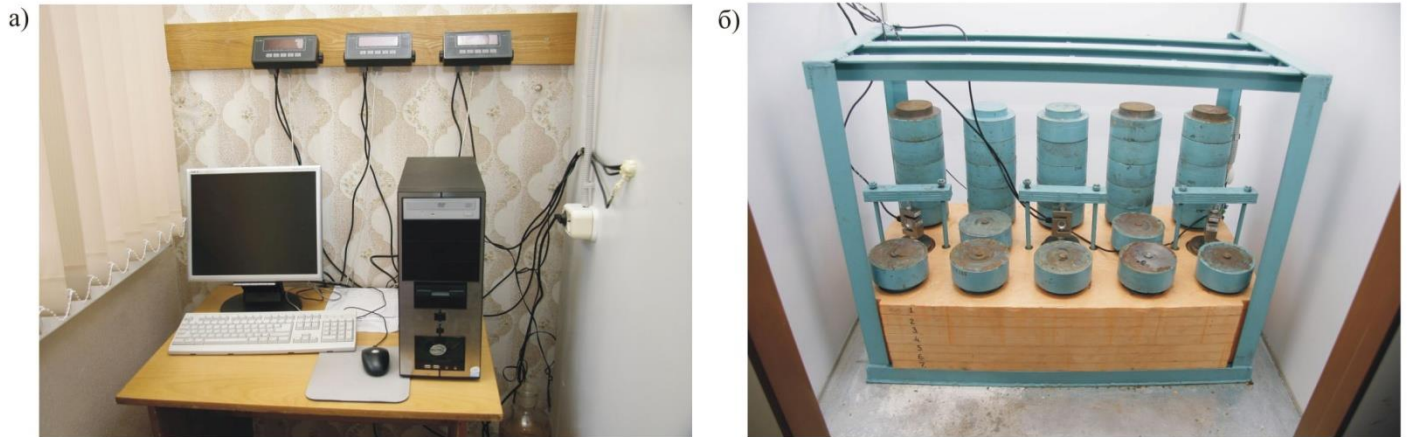


Рис.1 Установка для определения величины морозного пучения грунта от давления:
 а) компьютер для снятия и обработки результатов испытаний; б) установка в холодильной камере.

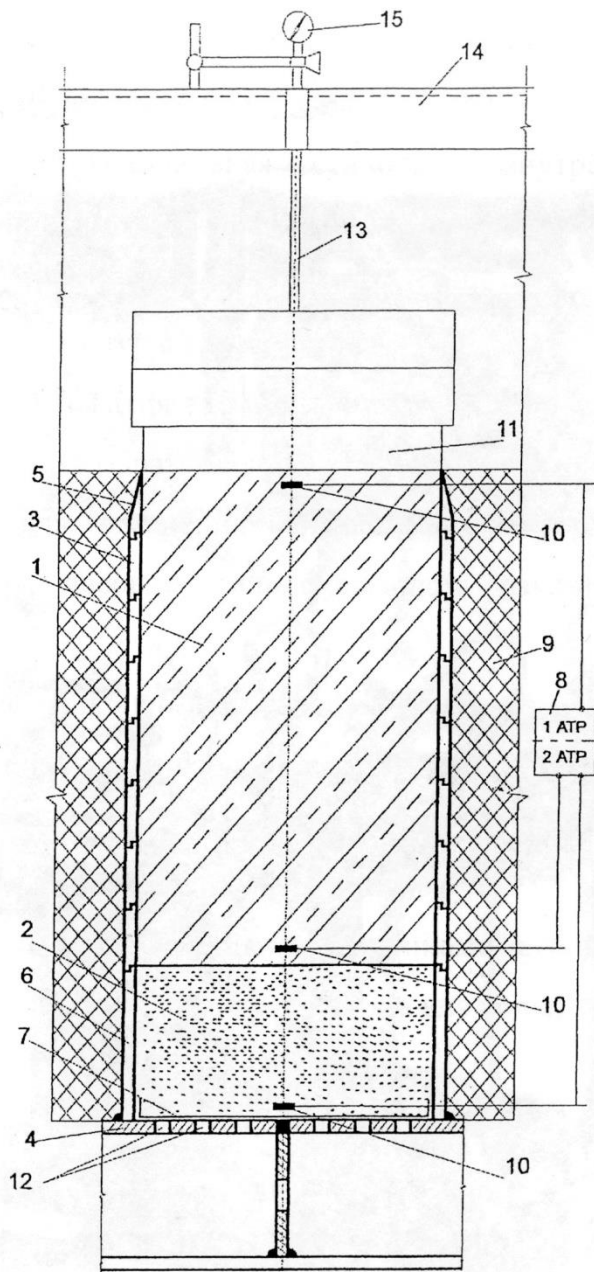


Рис.П.1.1 Принципиальная схема установки для определения степени пучинистости грунта.
 1-образец грунта; 2- чистый, мелкозернистый песок; 3-обойма; 4-поддон с водой;
 5-режущее кольцо; б- нижняя обойма, сваренная по периметру с поддоном;
 7-фильтрующая ткань, типа «Дорнита»; 8-блок автоматического терморегулирования;
 9-теплоизоляционный кожух; 10-датчик температуры; 11-металлический штамп, нагрузка
 на образец грунта, создающий давление 20 и 50 кПа; 12-отверстия в поддоне под образцом с грунтом; 13-шток;
 14-уголок для крепления штока с индикатором; 15-индикатор перемещения.

Результаты определения физико-механических характеристик испытываемых грунтов приведены в табл.1.

табл.1.

Номер выработки	Глубина отбора, м	Влажность, %			Число пластичности	Показатель текучести	Плотность грунта, г/см ³			Пористость, %	Коэффициент пористости	Коэффициент водонасыщения	Модуль деформации, МПа	Наименование грунтов по ГОСТ 25100-95
		Природная	На границе текучести	На границе раскатывания			Природная	Сухого	Частиц					
58463	1,8	21,1	24,5	16,2	8,3	0,59	2	1,65	2,68	38,4	0,62	0,91	17,0	Суглинок мягкопластичный
58461	1,8	22,4	32	19	13	0,26	2,1	1,72	2,68	36	0,56	1	24,5	Суглинок тугопластичный

Модули деформации в табл.1 приняты согласно [16].

ПЛАКАТ №3

Многочисленными исследованиями зависимости степени пучинистости грунта от давления О.О.Голли [14], установлена экспоненциальная зависимость между ними, которая выражается в общем виде формулой:

$$P_i = P_{f \max} \exp(-m \varepsilon_{f_i}^1), \quad (1)$$

где P_i – действующие на пластичномерзлый слой грунта давления от фундамента для рассматриваемой глубины промерзания, определяемое с учетом прочности твердомерзлого грунта на растяжение и сдвиг согласно [15] кПа;

$P_{f \max}$ – максимальное давление морозного пучения, получаемое при испытаний грунтов (под динамометрами сжатия), кПа;

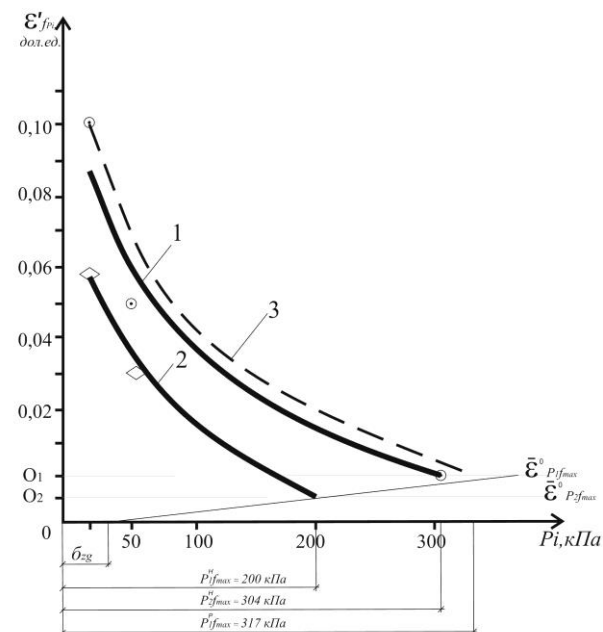
m – постоянный параметр грунта, определяемый экспериментально, зависящий от физических и теплофизических свойств грунта и условий промерзания;

$\varepsilon_{f_i}^1$ – относительная деформация (степень пучинистости) грунта при давлении P_i , получаемая экспериментально, в долях единицы.

Рис. 2 Графики зависимости относительной деформации пучения грунта от давления:

1,3 – нормативная и расчетная кривые для мягкопластичного суглинка;

2 – нормативная кривая для тугопластичного суглинка.



ПЛАКАТ №4

Результаты обработки лабораторных исследований зависимости величины морозного пучения (степени пучинистости) грунта от давления для мягкопластичного суглинка в соответствии с указаниями [17] приведены в табл.2 и на рис.2.

табл.2.

Давление P_i , кПа	Количество п	Нормативная величина пучения h_{fp} , мм	Нормативная степень пучинистости ε_{fp}^{-1} , мм	Коэффициент вариации $(\frac{h_{fp}}{h_{fp}})^2$, дол.ед.	t_{α} - коэффициент при $\alpha = 0,95$	Показатель точности оценки среднего значения $P = t_{\alpha} \cdot \sigma / \sqrt{n}$	Расчетная степень пучинистости, $\varepsilon_{fp}^{-1} = \varepsilon_{fp}^{-1} (1 + P)$, дол.ед.	Расчетное максимальное давление пучения, $P_{f \max} = \bar{P}_{f \max} (1 + P)$, кПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9
22,5	4	18,3	0,103	0,09	2,35	0,108	0,112	-
52,5	3	8,5	0,05	0,11	2,92	0,185	0,06	-
$\bar{P}_{f \max} = 340$	3	-	-	0,026	2,92	0,044	-	353

Примечание: $\bar{P}_{f \max}$ – среднее значение максимального давления морозного пучения при относительной податливости грунта под динамометром, определяемой согласно [13]; α – расчетная доверительная вероятность, равная 0,95, согласно указаний [17], в табл.2 $\bar{P}_{f \max}$ принята с учетом предварительного обжатия.

По табличным значениям P_i , $\bar{P}_{f \max}$, $P_{f \max}$, ε_{fp}^{-1} , ε_{fp}^1 в соответствии с рекомендациями [13] определены нормативные и расчетные уравнения зависимости степени пучинистости грунта от давления согласно формулы (1).

Так нормативная зависимость выражается уравнением (без учета предварительного обжатия):

$$\begin{aligned} \bar{P}_{f \max} - P_{\partial} &= 340 - 36 = 304 \text{ кПа}; \\ P_i &= 304 \exp(-30,2 \varepsilon_{fp}^1); \end{aligned} \quad (2)$$

То же, расчетное $\bar{P}_{f \max} - P_{\partial} = 353 - 36 = 317 \text{ кПа}$:

$$P_i = 317 \exp(-28,2 \varepsilon_{fp}^1); \quad (3)$$

ПЛАКАТ №5

При определении максимального давления морозного пучения в лабораторных условиях следует учитывать относительную податливость грунта под динамометрами $\varepsilon_{pf\ max}^0$ [13]. Тогда общая величина морозного пучения грунта под фундаментами определится по формуле:

$$h_{ff} = d_f \varepsilon_{pf\ max}^0 + \sum_{II}^{i=1} \Delta d_f \varepsilon_{fp_i}^1; \quad (4)$$

где d_f - глубина промерзания грунта ниже подошвы фундамента, м;

Δd_f - минимальная толщина промерзаемого грунта под подошвой фундамента, принимаемая из условия обеспечения точности определения (h_{ff}), равной 0,125-0,25м;

Для нашего эксперимента нормативное значение составило $\varepsilon_{P_{FMAX}}^{-0} = 0,009$, а расчетное $\varepsilon_{P_{FMAX}}^0 = 0,0095$.

Начало отчета для определения $\varepsilon_{fp_i}^1$ (см.рис.2) принимается соответственно значения $\varepsilon_{P_{FMAX}}^{-0}$ или $\varepsilon_{P_{FMAX}}^0$.

В формуле (4) предполагается, что расчетное давление от фундамента передается на грунт до его промерзания и в процессе его промерзания нижележащие талые слои не уплотняются.

При определении величины выпучивания свайных ростверков на пучинистых грунтовых основаниях, грунтов обратных засыпок фундаментов, когда давление на них передаются от фундаментов только в процессе промерзания последних, происходит уплотнение (осадка) нижележащих талых слоев, поэтому значение $\varepsilon_{P_{FMAX}}^0$ рекомендуется принять равным нулю.

ПЛАКАТ №6

Зависимость миграционного водонакопления от давления на грунт так же будет экспоненциальным и по лабораторным испытаниям можно получить уравнения, подобные приведенного в формуле (1) см. рис.3. Определим миграционное водонакопление в долях единицы из выражения:

$$W_{MG} = \frac{A \cdot [h_{ff} \pm (W_{pr} - W) \cdot 1,09]}{1,09 \cdot V_{th}} \quad (7)$$

где h_{ff} - величина пучения образцов под давлением, см; A – площадь образца с грунтом $A = 78,5 \text{ см}^2$; V_{th} – объем образца после промерзания, W_{pr} - влажность на пределе пучения, при которой все поры грунта заполнены льдом и незамерзшей водой, но пучение отсутствует, определяемый согласно [1]. Знак (+) при $S_r \leq 0,8$ и знак (-) при $S_r = 1$.

Аналогично уравнение зависимости миграционного водонакопления от давления выразится:

$$P_i = P_{f \max} \exp(-n \cdot W_{MG}); \quad (8)$$

По экспериментальным данным значений $P_1, P_2, P_{f \max}, h_{ff}, V_{th}$, приведенных выше получим:

для мягкопластичного суглинка

$$P_i = 304 \exp(-32,5 \cdot W_{iA}); \quad (9)$$

для тугопластичного суглинка

$$P_i = 200 \exp(-40,8 \cdot W_{iA}); \quad (10)$$

Отклонения от экспериментальных нормативных значений составили:

для мягкопластичного суглинка $\pm 15,4 \%$, для тугопластичного суглинка $+ 2,4\%$.

ПЛАКАТ №7

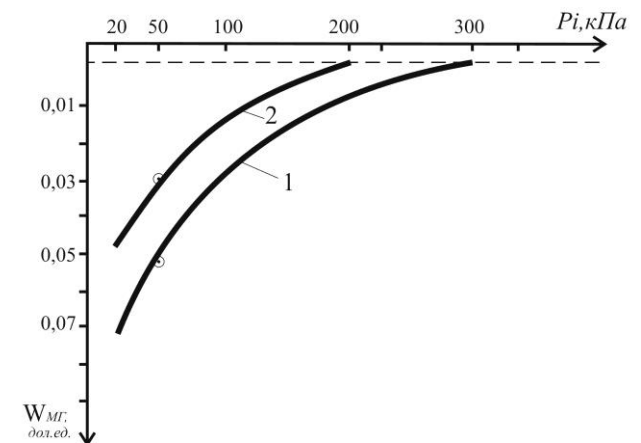


Рис.3

В табл.3 приведены результаты опытов на срез в условиях неконсолидированно-недренированного испытания до промерзания и после оттаивания образцов под давлением 52,5 кПа для мягко-тугопластичных суглинков.

Отметим, что нагрузки на образцы с грунтом снимаются сразу же после отключения холодильника.

табл.3.

Наименование грунтов	Предельные сопротивления срезу, кПа		$\tau_u / \tau_{th.u}$	$P = P_{th.u}$ кПа
	До промерзания τ_u	После оттаивания $\tau_{th.u}$		
Мягкопластичный суглинок	85	37,5	2,27	150
Тугопластичный суглинок	100	42,5	2,35	200

За расчетное сопротивление оттаивающего основания следует принять отношение величины предельного давления к коэффициенту надежности γ_n , установленному [16] в зависимости от ответственности проектируемого сооружения [19], т.е.

$$R_{th} = \gamma_c \cdot P_{th.u} / \gamma_n ; \quad (11)$$

где γ_c – коэффициент условий работы, принимаемый по данным натурным наблюдений за осадками зданий, после оттаивания грунтов, при их отсутствии предлагается принять $\gamma_c = 1$ для мягкопластичных грунтов и $\gamma_c = 1,1$ для тугопластичных грунтов.

Выводы: Разработанные малогабаритная промышленная установка для определения величины морозного пучения грунта от давления и способ определения этой зависимости [12,13], защищенные патентами на изобретения, обеспечивают:

- 1) необходимую точность определения характеристик морозного пучения в соответствии с указанием [17];
- 2) III уровень точности в соответствии с рекомендациями Международной организации (ISSMGE), необходимый для проектирования сооружений на морозоопасных основаниях;
- 3) получение расчетного значения давления на сезоннооттаивающее основание при расчете основания по несущей способности и расчетного сопротивления оттаивающего основания при расчете его на допустимую осадку, примерно равную величине его морозного пучения
- 4) определение зависимости миграционного водонакопления от давления под фундаментами;
- 5) контроль режима промерзания, нарастания давления морозного пучения и перемещений образцов с грунтом в автоматическом режиме реального времени через компьютер, исключая ошибки, вызванные человеческим фактором и значительно уменьшая трудоемкость испытания.