Система территориальных нормативных документов в строительстве

ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК МОРОЗООПАСНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

ТМД 50–601–2004 Санкт-Петербург

ИЗДАНИЕ ОФИЦИАЛЬНОЕ

Правительство Санкт-Петербурга
Санкт-Петербург
2005

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАНЫ Санкт-Петербургским государственным архитектурно-строительным университетом (научный руководитель д.т.н., профессор Карлов В.Д.)

2 ВНЕСЕНЫ Комитетом по строительству Правительства Санкт-Петербурга

3 ОДОБРЕНЫ И РЕКОМЕНДОВАНЫ к применению в качестве нормативного документа Системы территориальных нормативных документов распоряжением Комитета по строительству Правительства Санкт-Петербурга от 12.10.2004 № 20

ВВОДЯТСЯ ВПЕРВЫЕ

Настоящий нормативный документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Правительства Санкт-Петербурга

ISBN 5-87897-076-7

© *Правительство Санкт-Петербурга, 2005*

Содержание

Введение IV

1 Общие положения 1

2 Нормативные ссылки 2

3 Определение характеристик деформаций и сил морозного пучения грунтов и промерзающих оснований 2

4 Определение характеристик прочности оттаивающих грунтов и устойчивости оснований 6

5 Числовой пример определения характеристик морозоопасных свойств глинистого грунта 7

Библиография 9

Введение

В настоящее время актуальной задачей в области фундаментостроения является проблема повышения надежности зданий и сооружений различного назначения, возводимых с использованием в основаниях сезоннопромерзающих грунтов. Такие основания имеют специфические особенности, обусловленные сложными процессами, происходящими в грунтах при их промерзании и оттаивании. Эти процессы (миграция влаги, морозное пучение, образование морозной текстуры, формирование посткриогенной структуры, изменение деформационных и прочностных свойств в период весеннего оттаивания) и определяют ***морозоопасные свойства грунтов оснований***, оценка характеристик которых является сложной задачей, остающейся пока недостаточно разработанной.

Фундаменты и подземные конструкции сооружений в рассматриваемых условиях при промерзании грунтов подвергаются воздействию деформаций и сил морозного пучения, а при последующем оттаивании основания испытывают влияние деформаций обратного знака – осадок оттаивания и существенного снижения прочности оттаивающих грунтов.

Надежность оснований и фундаментов в условиях пучинистых грунтов должна быть обоснована расчетами при проектировании с использованием достоверных значений характеристик морозоопасных свойств грунтов. Определение показателей, характеризующих степень морозоопасности пучинистых грунтов с учетом возможного изменения гидрогеологических условий, по результатам испытаний, как этого требуют СНиП 2.02.01, практически невозможно вследствие малого временного периода для организации и проведения трудоемких, дорогостоящих и сложных исследований, при выполнении которых необходимы специальное оборудование и квалифицированные специалисты-мерзлотоведы. Также исследования не под силу большинству производственных изыскательских и строительных организаций. Это обстоятельство и предопределило необходимость разработки и использования для практических целей научно-обоснованного метода прогноза характеристик морозоопасности грунтов в строительстве. Во многих случаях такой подход – единственно возможный способ определения значений характеристик морозоопасных свойств грунтов. Для оценки значений этих характеристик используются данные обычных стандартных инженерно-геологических изысканий, выполняемых на строительной площадке.

В результате многолетних теоретических и экспериментальных исследований взаимодействия малозаглубленного фундаментов с сезоннопромерзающими грунтами, выполненных в Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете (СПбГАСУ) были установлены закономерности развития деформаций и сил морозного пучения грунтов при промерзании и формировании прочности и устойчивости грунтов оснований в процессе последующего оттаивания. Обоснована тесная взаимосвязь между характеристиками физико-механических свойств грунтов в талом, промерзающем и оттаивающем состояниях, обусловленная криогенными процессами (главным образом – миграцией влаги в промерзающий слой грунта). Полученные регрессивные уравнения, отображающие эту взаимосвязь, были положены в основу настоящей работы. Для практического использования Методики составлены таблицы параметров и коэффициентов с целью определения показателей морозоопасности грунтов по величине аналогичных показателей грунтов в талом состоянии с учетом условий промерзания, зимнего влагонакопления и интенсивности морозного пучения. Методика разработана на кафедре «Геотехника» СПбГАСУ доктором технических наук, профессором, Заслуженным работником высшей школы Российской Федерации В. Д. Карловым.

Документ рассмотрен и одобрен на заседании научно-технического совета СПбГАСУ (протокол от 11.12.2003 № 4) и утвержден проректором по инновационному и научно-техническому развитию СПбГАСУ 22.12.2003 г.

ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК МОРОЗООПАСНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

1 Общие положения

1.1 Настоящая Методика, составленная в развитии ТСН 50-302–2004 Санкт-Петербург, СНиП 2.02.01, СНиП 3.02.01, других нормативных документов, не отменяет и не входит в противоречие с действующими строительными нормами и правилами.

1.2 Целью Методики является геокриологическое обеспечение проектных, конструктивных и технологических решений по устройству оснований и фундаментов в условиях пучинистых при промерзании грунтов (морозоопасных).

1.3 Геокриологическое обеспечение включает определение расчетными методами следующих характеристик морозопасных свойств грунтов:

- относительную (ε_f) и абсолютную (f_f) величины деформаций морозного пучения грунтов и оснований;
- давление морозного пучения (p_{fh}), нормального к подошве фундамента или иной конструкции, взаимодействующей с промерзающим грунтом;
- удельного значения (τ_{fh}) касательной силы морозного пучения, действующей вдоль боковой поверхности фундамента или стены, заглубленной в грунт;
- предельного сопротивления сдвигу оттаивающего грунта ($\tau_{fh,u}$);
- угла внутреннего трения оттаивающего грунта (φ_{th}) сезоннопромерзающего слоя;
- удельного сцепления оттаивающего грунта (c_{th}) сезоннопромерзающего слоя.

1.4 Перечисленные характеристики используются при разработке проекта малозаглубленных и поверхностных фундаментов легких зданий и сооружений, а также при составлении проекта производства работ (ППР) по устройству фундаментов с целью принятия инженерных решений по:

- обеспечению устойчивости откосов котлованов или креплений их стенок в процессе промерзания и последующего оттаивания грунтов;
- установлению несущей способности и темпов нагружения оттаявшего естественным или искусственным путем грунтов основания;
- обеспечению устойчивости и надежности фундаментов и подземных конструкций при возведении их в зимних условиях;
- оценке морозоопасных свойств сезоннопромерзающих или искусственно замораживаемых грунтов при изменении гидрологических условий площадки строительства.

1.5 Инженерно-геокриологическое обоснование условий строительных площадок в связи с необходимостью учета морозоопасных свойств грунтов при проектировании и устройстве оснований и фундаментов в условиях пучинистых при промерзании грунтов отвечает требованиям 14* СНиП 2.02.01, 1.1 СНиП 3.02.01 и направлено на реализацию требований ТСН 50-302–2004 Санкт-Петербург по обеспечению высокого качества работ и повышения надежности строящихся и реконструируемых зданий и сооружений.

1.6 Для оценки значений характеристик морозоопасных свойств грунтов исходными данными являются:

- природная влажность w и плотность ρ грунта до промерзания;
- угол внутреннего трения φ и удельное сцепление c грунта до промерзания;

Издание официальное

- расстояние от границы сезонного промерзания до уровня подземных вод z;
- максимальное значение этого расстояния z_{max}, при котором можно не учитывать влияние подземных вод на интенсивность морозного пучения грунта;
- величина среднего напряжения σ в слое промерзающего грунта, если поверхность слоя испытывает внешнее давление p;
- глубина сезонного промерзания грунта.

1.7 В соответствии со СНиП 2.02.01 расчетные значения характеристик морозоопасных свойств грунтов X определяются по формуле

$$X = X_n / \gamma_g, \qquad (1.1)$$

где X_n – нормативное значение данной характеристики, определяемой в соответствии с настоящей Методикой;

γ_g – коэффициент надежности по грунту, принимаемый со следующими значениями (СНиП 2.02.01) в расчетах оснований по деформациям $\gamma_g = 1$; в расчетах оснований по несущей способности: для угла внутреннего трения $\gamma_{g(c)} = 1{,}15$, для удельного сцепления $\gamma_{g(c)} = 1{,}50$.

1.8 Нормативная глубина промерзания грунтов d_{fn} в Санкт-Петербурге принимается для глин и суглинков $d_{fn} = 1{,}2$ м; супесей, песков мелких и пылеватых $d_{fn} = 1{,}45$ м; песков крупных и средней крупности $d_{fn} = 1{,}55$ м; крупнообломочных грунтов $d_{fn} = 1{,}75$ м. Значение d_{fn} для грунтов неоднородного сложения определяется как средневзвешенная величина.

2 Нормативные ссылки

В настоящем документе приведены ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 25100-95	Грунты. Классификация
СНиП 2.02.01-83*	Основания зданий и сооружений
СНиП 2.02.04-88	Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах
СНиП 3.02.01-87	Земляные сооружения, основания и фундаменты
ТСН 50-302-2004 Санкт-Петербург	Проектирование фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге

3 Определение характеристик деформаций и сил морозного пучения грунтов и промерзающих оснований

3.1 Величина относительной деформации морозного пучения (коэффициент морозного пучения) промерзающего слоя **глинистого грунта** при ненагруженной его поверхности в естественных условиях для случая отсутствия подземных вод или их глубокого расположения определяется по формуле

$$\varepsilon_f = [\alpha\, w\, (\rho_d / \rho_w) - \beta]\, \gamma_т, \qquad (3.1)$$

где ε_f – коэффициент морозного пучения грунта, доли единицы;

w – природная влажность грунта перед его промерзанием, доли единицы;

$\rho_d = \rho/(1+w)$ – плотность скелета грунта при его естественной (природной) плотности ρ, кг/м^3;

ρ_w – плотность воды, находящейся в порах грунта, $\rho_w = 1000$ кг/м^3;

$\gamma_т$ – коэффициент, учитывающий влияние скорости и продолжительности промерзания грунта в районе строительства, для Санкт-Петербурга;

α и β – параметры пучинистых свойств грунтов, определяемые по таблице 3.1 в зависимости от вида глинистого грунта, величины числа пластичности I_p и значения влажности грунта на границе текучести w_L.

3.2 Коэффициент морозного пучения слоя **глинистого грунта** основания, воспринимающего внешнее давление от сооружения ε_{fp} при отсутствии подземных вод или их глубокого расположения определяется по формуле

$$\varepsilon_{fp} = [\alpha\, w\, (\rho_d / \rho_w) - \beta - \psi\sigma]\, \gamma_т, \qquad (3.2)$$

Здесь помимо величин, указанных в 3.1, σ – среднее дополнительное вертикальное напряжение в промерзающем слое грунта, МПа;

ψ – параметр, учитывающий влияние внешнего давления на интенсивность морозного пучения грунта, МПа$^{-1}$, определяется по таблице 3.1.

3.3 Коэффициент морозного пучения слоя **глинистого грунта** при отсутствии на его поверхности нагрузки в условиях близкого расположения уровня подземных вод у границы промерзания определяется по формуле

$$\varepsilon_f = [\alpha\, w\, (\rho_d / \rho_w) - \beta]\, \gamma_т\, \chi. \qquad (3.3)$$

Здесь помимо величин, указанных в 3.1, χ – коэффициент, учитывающий влияние подземных вод на интенсивность процесса миграции влаги и морозного пучения, определяемый по формуле:

$$\chi = (z_{max} + d_{w\tau}) / (z + d_{w\tau}), \qquad (3.4)$$

где z – расстояние от границы сезонного промерзания до уровня подземных вод, м;

z_{max} – тоже, когда влияние подземных вод можно не учитывать ($z \geq z_{max}$), устанавливается в зависимости от вида грунта по таблице 3.2;

d_{ws} – глубина зоны всасывания, в пределах которой происходит миграция влаги к границе промерзания, равная 0,30 м.

3.4 Коэффициент морозного пучения слоя **глинистого грунта** основания, воспринимающего внешнее давление от сооружения ε_{fp} в условиях близкого расположения уровня подземных вод у границы промерзания, определяется по формуле

$$\varepsilon_{fp} = [\alpha\, w\, (\rho_d / \rho_w) - \beta - \psi\sigma]\, \gamma_\tau\, \chi, \qquad (3.5)$$

В формулу (3.5) входят величины, обозначение которых приведено выше.

3.5 Коэффициент морозного пучения слоя **песка крупного или средней крупности** при невозможности отжатия влаги от границы промерзания определяется по формуле

$$\varepsilon_f = 0{,}09\, S_r\, e\, (\rho_d / \rho_s), \qquad 3.6)$$

где ρ_s – плотность минеральных частиц, величина которой может быть принята равной 2650 кг/м^3;

$S_r = w\, \rho_s / e\, \rho_w$ – степень влажности песка перед промерзанием, доли единицы;

$e = (\rho_s - \rho_d) / \rho_d$ – коэффициент пористости песка, доли единицы;

обозначение остальных величин указано выше.

В условиях промерзания крупных и средней крупности песков с отжатием воды от фронта промерзания коэффициент морозного пучения может быть менее 0,01 (таблица Б.27 ГОСТ 25100).

3.6 Коэффициент морозного пучения слоя **пылеватого и мелкого песка** определяется по формуле

$$\varepsilon_f = 0{,}09\, S_r\, e\, (\rho_d / \rho_s)\, \chi, \qquad (3.7)$$

Здесь, помимо величин, входящих в формулу (3.6), χ – коэффициент, учитывающий влияние подземных вод на интенсивность морозного пучения песков в следствии миграции влаги к границе промерзания, определяемый из выражения (3.4). Глубина зоны всасывания d_{ws} принимается равной 0,4 м, а z_{max} – по таблице 3.2 в зависимости от разновидности песков.

3.7 Величина абсолютной деформации морозного пучения f_f (величина пучения) слоя грунта при отсутствии на его поверхность внешней нагрузки определяется из выражения

$$f_f = \varepsilon_f d_f, \qquad (3.8)$$

где ε_f – коэффициент морозного пучения слоя грунта при ненагруженной поверхности, величина которого определяется по формулам (3.1) или (3.3) в зависимости от положения уровня подземных вод, доли единицы;

d_f – глубина промерзания грунта, м.

3.8 Величина абсолютной деформации морозного пучения f_{fp} грунта основания в пределах сжимаемой толщи (при местной нагрузке на основание) определяется по формуле

$$f_{fp} = \varepsilon_{fp} h_f, \qquad (3.9)$$

где ε_{fp} – средневзвешенное значение коэффициента морозного пучения грунта, определяемое по формуле (3.2) с учетом средней величины дополнительного напряжения в промерзшем слое грунта толщиной h_f

3.9 Величина максимального значения нормального давления морозного пучения **глинистого грунта** по подошве фундамента или к поверхности иной конструкции, определяется по формуле

$$p_{f,p,max} = [\alpha\, w\, (\rho_d / \rho_w) - \beta] / \psi, \qquad (3.10)$$

где $p_{fp,max}$ – максимальное значение удельного нормального давления морозного пучения грунта, МПа; остальные значения указаны выше.

Величина удельного нормального давления морозного пучения песка пылеватого и мелкого может быть вычислена по формуле

$$\rho_{f,p,max} = [0{,}09\, S_r\, e\, (\rho_d / \rho_s)] / \psi, \qquad (3.11)$$

где помимо величин, входящих в формулу (3.6), ψ – коэффициент, величина которого принимается для песка пылеватого 0,042, а для мелкого песка – 0,049.

Величина удельного давления морозного пучения p_{fh} зависит от степени ограничения деформации морозного пучения промерзающего слоя грунта. При свободном перемещении ненагруженной поверхности промерзающего грунта $f_{f,o}$ значение p_{fh} можно принять равным нулю. В условиях полного исключения деформации морозного пучения ($f_{f,p} = 0$) величина p_{fh} будет максимальной ($p_{fh,max}$). В случае частичного ограничения деформации пучения ($f_{f,0} - s_k$) за счет податливости системы «основание – сооружение» удельное нормальное давление морозного пучения p_{fh} будет определяться пропорционально степени стеснения (ограничения) возможного деформирования промерзания слоя грунта (рисунок 3.1).

3.10 **Величина удельной касательной силы морозного пучения** определяется в соответствии с рекомендациями СНиП 2.02.04 и рекомендациями проф. Далматова Б. И. для условий Санкт-Петербурга - таблица 3.3.

Т а б л и ц а 3.1 - Значения параметров пучинистых свойств глинистых грунтов α, β и ψ

Наименование грунта и число пластичности	Влажность грунта на границе текучести, w_L, доли единицы	Параметры		
		α	β	ψ
Супеси $0,02 < I_p \le 0,07$	0,15	0,216	0,025	0,028
	0,25	0,174	0,037	0,029
	0,33	0,155	0,043	0,030
Супеси пылеватые $0,02 < I_p \le 0,07$	0,15	0,302	0,041	0,034
	0,25	0,245	0,058	0,035
	0,33	0,228	0,071	0,036
Суглинки $0,07 < I_p \le 0,17$	0,20	0,310	0,048	0,050
	0,30	0,242	0,054	0,052
	0,40	0,202	0,056	0,054
	0,50	0,168	0,058	0,056
Суглинки пылеватые $0,07 < I_p \le 0,13$	0,20	0,268	0,029	0,056
	0,30	0,237	0,046	0,058
	0,40	0,224	0,062	0,060
	0,50	0,206	0,070	0,062
Суглинки пылеватые $0,13 < I_p \le 0,17$	0,20	0,234	0,015	0,059
	0,30	0,199	0,026	0,061
	0,40	0,189	0,039	0,064
	0,50	0,184	0,050	0,068
Глины $I_p > 0,17$	0,25	0,176	0,017	0,050
	0,35	0,149	0,021	0,052
	0,45	0,141	0,029	0,054
	0,55	0,134	0,035	0,056
	0,65	0,131	0,040	0,058

Таблица 3.2 - Значение z_{max}

Наименование грунта	Значение z_{max}, м
Глины с монтмориллонитовой и иллитовой основой	3,5
Глины с каолинитовой основой	2,5
Суглинки пылеватые с $I_p > 0,13$	2,5
Суглинки с $I_p > 0,13$	2,0
Суглинки пылеватые с $I_p \le 0,13$	2,0
Суглинки с $I_p \le 0,13$	1,8
Супеси пылеватые с $I_p > 0,02$	1,5
Супеси с $I_p > 0,02$	1,3
Супеси с $I_p \le 0,02$, пески пылеватые	1,0
Пески мелкие	0,8

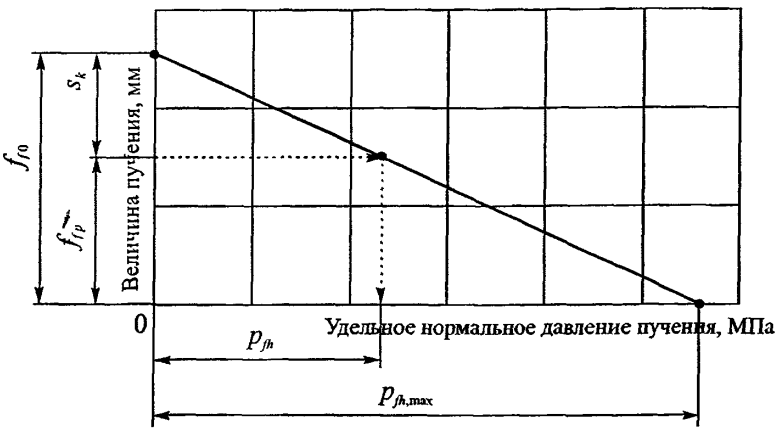

Рисунок 3.1 К определению величины удельного давления морозного пучения p_{fh} путем расчета по формуле (2.8) с учетом допустимого (возможного) перемещения фундамента на величину f_{fp}

Т а б л и ц а 3.3 - Значение удельной касательной силы морозного пучения грунтов

Виды грунтов и их состояние	Коэффициент морозного пучения в рассматриваемых условиях ε_f, доли единицы	Значение удельной касательной силы пучения τ_{fh}, кПа
Глинистые грунты при показатели текучести $I_L > 0,50$; пески мелкие и пылеватые при степени влажности $S_r > 0,95$	$\varepsilon_f > 0,7$	120
Глинистые грунты при $0,25 < I_L \le 0,50$; пески мелкие и пылеватые при $S_r \le 0,95$; крупнообломочные грунты с пучинистым заполнителем свыше 30 %	$0,035 \le \varepsilon_f \le 0,07$	90
Глинистые грунты при $I_L \le 0,25$; пески мелкие и пылеватые при $0,6 < S_r \le 0,95$; крупнообломочные грунты с пучинистым заполнителем от 10 до 30 %	$0,01 \le \varepsilon_f \le 0,035$	70

Приведенные в таблице 3.3 значения τ_{th} относятся к бетонному фундаменту с гладкой поверхностью. При шероховатой поверхности бетона: с выступами до 5 мм и с выступами до 20 мм значения τ_{fh} следует умножить на коэффициент γ_{af}, соответственно $\gamma_{af} = 1,15$ и $\gamma_{af} = 1,30$. Для фундаментов из других материалов τ_{th} следует умножить на коэффициенты γ_{af}: для деревянных поверхностей, необработанных масляными антисептиками $\gamma_{af} = 1,0$; для деревянных поверхностей обработанных масляными антисептиками $\gamma_{af} = 0,9$; для металлических поверхностей из прокатной стали $\gamma_{af} = 0,7$.

4 Определение характеристик прочности оттаивающих грунтов и устойчивости оснований

4.1 Предельное сопротивление оттаивающих глинистых грунтов сдвигу ($\tau_{th.u}$) после их промерзания существенно снижается по сравнению с предельным сопротивлением сдвигу тех же грунтов до промерзания (τ_u). Между этими величинами существует закономерная связь, которую можно представить в виде выражения

$$\tau_{th.u} = \tau_u (a - b\, w_v), \qquad (4.1)$$

где a и b – параметры, зависящие от вида, состава грунта и условий его промерзания;

w_v – объемная влажность оттаивающего грунта.

На основании зависимости (4.1) разработана *методика определения величины угла внутреннего трения* φ_{th} *и удельного сцепления* c_{th} *оттаивающего грунта* путем уменьшения аналогичных характеристик грунтов до промерзания (φ и c) за счет следующих коэффициентов:

$$\varphi_{th} = \varphi / \gamma_{g(\varphi)th}\, \gamma_{m.f} \quad \text{и} \quad c_{th} = c / \gamma_{g(c)th}\, \gamma_{m.f} \qquad (4.2)$$

где $\gamma_{g(\varphi)th}$ – коэффициент надежности по грунту при его оттаивании для угла внутреннего трения, определяется по таблице 4.1;

$\gamma_{g(c)th}$ – коэффициент надежности по грунту при его оттаивании для удельного сцепления, определяется по таблице 4.2;

$\gamma_{m.f}$ – коэффициент, учитывающий влияние интенсивности миграции влаги и морозного пучения грунта на формирование посткриогенной структуры оттаивающего грунта и его прочностные свойства, определяется по таблице 4.3.

4.2 Показатели прочностных свойств оттаивающих водонасыщенных песчаных грунтов в порядке первого приближения можно определить по формулам

$$\varphi_{th} = \varphi / \eta \quad \text{и} \quad c_{th} = c\, i\, (\gamma'_{g(c)th}\, \gamma'_{m.f}) \qquad (4.3)$$

где η – коэффициент надежности по грунту, учитывающий снижение угла внутреннего трения обусловленное формированием посткриогенной структуры песков, определяемый по таблице 4.4;

$\gamma'_{g(c)th}$ и $\gamma'_{m.f}$ – понижающие коэффициенты принимаемые как для супесей по таблице 4.2 и 4.3.

4.3 Величина предельного сопротивления оттаивающего грунта сдвигу по всем поверхностям скольжения определяется из выражения

$$\tau_{th\,u} = p_{th}\, \mathrm{tg}\, \varphi_{th} + c_{th}, \qquad (4.4)$$

где p_{th} – нормальное напряжение по поверхности скольжения, кПа;

φ_{th} и c_{th} – вычисляются по формулам (4.2)

Таблица 4.1 - Значения коэффициентов $\gamma_{g(\varphi)th}$

Наименование грунтов	Коэффициенты $\gamma_{g(\varphi)th}$ для грунтов с показателем I_L равным			
	$0 \le I_L \le 0,25$	$0,25 < I_L \le 0,5$	$0,5 < I_L \le 0,75$	$I_L > 0,75$
Глины	1,05	1,15	1,20	1,05
Суглинки	1,10	1,25	1,25	1,10
Супеси	1,02	1,10	1,10	1,05

Таблица 4.2 - Значения коэффициентов $\gamma_{g(c)th}$

Наименование грунтов	Коэффициенты $\gamma_{g(c)th}$ для грунтов с показателем I_L равным			
	$0 \le I_L \le 0,25$	$0,25 < I_L \le 0,5$	$0,5 < I_L \le 0,75$	$I_L > 0,75$
Глины	1,20	1,40	1,60	1,30
Суглинки	1,15	1,35	1,50	1,20
Супеси	1,10	1,20	1,30	1,10

Таблица 4.3 - Значения коэффициентов $\gamma_{m,f}$ в зависимости от их пучинистости (ε_f)

Коэффициенты морозного пучения ε_f, доли единицы	Коэффициенты $\gamma_{m,f}$
$\varepsilon_f \le 0,01$	1,00
$0,01 < \varepsilon_f \le 0,03$	1,15
$0,03 < \varepsilon_f \le 0,07$	1,30
$0,07 < \varepsilon_f \le 0,10$	1,50
$\varepsilon_f > 0,10$	1,80

4.4 Расчетное сопротивление оттаивающего грунта основания определяется по формуле 7 СНиП 2.02.01 с использованием значений φ_{th} и c_{th}.

4.5 Несущая способность оттаивающих оснований также определяется на основании этих же значений характеристик прочностных свойств по 2.57-2.66 СниП 2.02.01.

4.6 Устойчивость оттаивающих откосов, давление оттаивающего грунта на ограждения рассчитывается известными методами с использованием значений характеристик прочностных свойств грунтов при их оттаивании, установленным по изложенной выше методике.

5 Числовой пример определения характеристик морозоопасных свойств глинистого грунта

Грунт – суглинок, плотность которого $\rho = 2000$ кг/м^3, естественная влажность $w = 0,25$; влажность на границе текучести и раскатывания $w_L = 0,30$ и $w_p = 0,15$; показатель текучести $I_L = 0,67$; число пластичности $I_p = 0,15$; плотность скелета (сухого грунта) $\rho_d = 1600$ кг/м^3; угол внутреннего трения $\varphi = 19°$ и удельное сцепление $c = 25,0$ кПа. Глубина промерзания суглинка $d_f = 1,2$ м.

Таблица 4.4 - Значение коэффициента η

Наименование песчаных грунтов	Коэффициент надежности η оттаивающих песков при плотности их сложения		
	Плотное	Средней плотности	Рыхлое
Крупные	1,05	1,10	1,15
Средней крупности	1,15	1,20	1,25
Мелкие	1,20	1,25	1,35
Пылеватые	1,25	1,30	1,45

Рассматриваются два условия промерзания:

I условие – при отсутствии подземных вод (или расположении их уровня ниже границы промерзания на $z \geq z_{max}$).

Для рассматриваемых условий $\gamma_т = 1,2$; $\chi = 1,0$. Параметры пучинистых свойств грунтов определяются по таблице 3.1: $\alpha = 0,242$; $\beta = 0,054$; $\psi = 0,052$.

1. Коэффициент морозного пучения суглинка определяется по формуле (3.1):

$$\varepsilon_f = [\alpha w (\rho_d / \rho_w) - \beta] \gamma_т = [0,242 \cdot 0,25 (1600/1000) - 0,054] \cdot 1,2 = 0,051.$$

2. Величина морозного пучения суглинка при глубине промерзания $d_f = 1,2$ м определяется по формуле (3.6):

$$f_f = \varepsilon_f d_f = 0,051 \cdot 1,2 = 0,061 \text{ м} = 6,1 \text{ см}.$$

3. При среднем напряжении в промерзающем слое 0,15 МПа (150 кПа), вызванном внешней нагрузкой, коэффициент морозного пучения суглинка составит (формула 3.2)

$$\varepsilon_{fp} = [\alpha w (\rho_d / \rho_w) - \beta - \psi\sigma] \gamma_т = [0,242 \cdot 0,25 (1600/1000) - 0,054 - 0,052 \cdot 0,15] \cdot 1,2 = 0,042$$

4. Максимальная величина удельного нормального давления морозного пучения вычисляется по формуле (3.8)

$$p_{fp,max} = [\alpha w (\rho_d / \rho_w) - \beta] / \psi = [0,242 \cdot 0,25 (1600/1000) - 0,054]/0,052 = 0,94 \text{ МПа} = 940 \text{ кПа} = 9,4 \text{ кгс/см}^2.$$

5. Величина удельной касательной силы морозного пучения суглинка при показателе текучести $I_L = 0,67$ и коэффициенте морозного пучения $\varepsilon_f = 0,051$ согласно таблицы 3.3 равна $\tau_{fh} = 120$ кПа, как максимальное значение по одному из двух признаков.

6. Величина угла внутреннего трения при оттаивании промерзшего суглинка вычисляется по формуле (4.2) и в соответствии с данными таблицы 4.1 и таблицы 4.3

$$\varphi_{th} = \varphi / \gamma_{g(\varphi)th} \gamma_{m.f} = 19/1,25 \cdot 1,3 = 12 °.$$

7. Величина удельного сцепления при оттаивании промерзшего суглинка вычисляется по формуле (4.2) и согласно данным таблицы 4.2 и таблицы 4.3

$$c_{th} = c / \gamma_{g(c)th} \gamma_{m.f} = 25 / 1,5 \cdot 1,3 = 13 \text{ кПа}.$$

II условие – при расположении уровня подземных вод на глубине $z = 1,0$ м ниже границы промерзания.

Согласно данным таблицы 3.2 $z_{max} = 2,0$ м. Величина коэффициента

$$\chi = (z_{max} + d_{ws}) / (z + d_{ws}) = (2 + 0,3) / (1 + 0,3) = 1,77$$

8. Коэффициент морозного пучения суглинка определяется по формуле (3.3)

$$\varepsilon_f = [\alpha w (\rho_d / \rho_w) - \beta] \gamma_т \chi = [0,242 \cdot 0,25 (1600/1000) - 0,054] \cdot 1,2 \cdot 1,77 = 0,09.$$

9. Величина морозного пучения суглинка при глубине промерзания $d_f = 1,2$ м определяется по формуле (3.6)

$$f_f = \varepsilon_f d_f = 0,09 \cdot 1,2 = 0,108 \text{ м} = 10,8 \text{ см}.$$

10. При среднем напряжении 0,15 МПа в промерзшем слое коэффициент морозного пучения суглинка составляет (формула 3.5)

$$\varepsilon_{fp} = [\alpha w (\rho_d / \rho_w) - \beta - \psi\sigma] \gamma_т \chi = [2,42 \cdot 0,25 (1600/1000) - 0.054 - 0,052 \cdot 0,15] \cdot 1,2 \cdot 1,77 = 0,07.$$

11. Величина угла внутреннего трения при оттаивании промерзшего суглинка для рассматриваемых условий ($\varepsilon_f = 0,09$) составит (таблица 4.1 и таблица 4.3)

$$\varphi_{th} = \varphi / \gamma_{g(\varphi)th} \gamma_{m.f} = 19 / 1,25 \cdot 1,5 = 10 °.$$

12. Величина удельного сцепления при оттаивании промерзшего суглинка для рассматриваемых условий ($\varepsilon_f = 0,09$) составит (таблица 4.2 и таблица 4.3)

$$c_{th} = c / \gamma_{g(c)th} \gamma_{m.f} = 25 / 1,5 \cdot 1.5 = 11 \text{ кПа}.$$

Библиография

[1] *Цытович Н.А.* Механика мерзлых грунтов (общая и прикладная). М.: Высшая школа, 1973

[2] *Далматов Б.И., Бронин В.Н., Карлов В.Д., Мангушев Р.А., Сахаров И.И., Сотников С.Н., Улицкий В.М., Фадеев Н.Б.* Основания и фундаменты. Ч. 2. Основы геотехники. М.; СПб.: Изд-во АСВ, 2002

[3] *Карлов В.Д.* Основания и фундаменты в районах распространения вечномерзлых грунтов. М.; СПб.: Изд-во АСВ, 1997

[4] *Карлов В.Д.* Новые методы оценки влияния промерзания и оттаивания на изменение механических свойств сезонномерзающих грунтов оснований сооружений. Сб. «Инженерно-геологические изыскания и исследования в криолитозоне – теория, методология, практика» (ИГК-2000). СПб, 2000

[5] *Руководство* по проектированию оснований и фундаментов на пучинистых грунтах. М.: Стройиздат, 1979

[6] *Невзоров А.А.* Фундаменты на сезонномерзающих грунтах. М.: Изд-во АСВ, 2000

[7] *Карлов В.Д.* Геокриологическое обеспечение технологических решений при устройстве оснований, фундаментов и реконструкции сооружений в зимних условиях. «Реконструкция городов и геотехническое строительство», № 2/2000. (Internet: www.georec.spb.ru)

УДК 69

Ключевые слова: Основание, мелкозаглубленные фундаменты, морозоопасные свойства грунтов, силы морозного пучения, прочность оттаивающих грунтов, геокриологическое обеспечение проектных, конструктивных и технологических решений

**Настоящий документ издан и распространяется
по поручению Правительство Санкт-Петербурга
ЗАО Инженерная ассоциация «Ленстройинжсервис»
(Соглашение от 09.03.2005 № ТСН-5)**

**Издание официальное
Правительство Санкт-Петербурга**

ТМД 50-601-2004 Санкт-Петербург
Методика оценки характеристик морозоопасных свойств грунтов в строительстве Санкт-Петербурга

**Генеральный директор — Главный редактор Н. Н. Днепрова
Редактор М. А. Иванов**

**Подписано в печать 15.03.2005. Формат 60x90 1/8. Печать офсетная.
Усл.-печ.л 0,5. Тираж 200 экз. Заказ №...**

**ОАО «Издательство Стройиздат СПб»
199004 Санкт-Петербург, Биржевой пер., 1/10**

**ЗАО Инженерная ассоциация «Ленстройинжсервис»
197343, Санкт-Петербург, Сердобольская ул., 7, тел. 242-27-06**

gost.e-ecolog.ru