



**ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ
ОБЩЕСТВО
«ФУНДАМЕНТПРОЕКТ»**



**Методика расчета
железобетонных свай с оболочкой
противопучинной ОСПТ «Reline»
по ТУ 2247-007-75457705-2014
на воздействие сил морозного пучения**

Генеральный директор



М.А. Минкин

— ◆ —
Москва, 2016 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение _____	3
1. Методика расчета ж.б. свай с оболочками противопучинными ОСПТ «Reline» на воздействие сил морозного пучения в соответствии с СП 24.13330.2011 (Приложение Ж) _____	5
2. Методика расчета ж.б. свай с оболочками противопучинными ОСПТ «Reline» по устойчивости и прочности на воздействие сил морозного пучения в соответствии с СП 25.13330.2012 _____	7
3. Примеры расчета _____	9
3.1 Пример расчета ж.б. свай и ж.б. свай с оболочкой противопучинной ОСПТ «Reline» на воздействие сил морозного пучения в соответствии с СП 24.13330.2011 (Приложение Ж) _____	9
3.2 Пример расчета ж.б. свай с оболочкой противопучинной ОСПТ «Reline» по устойчивости и прочности на воздействие сил морозного пучения в соответствии с СП 25.13330.2012 _____	12
4. Библиография _____	15

Введение

Данная методика была разработана ЗАО «ОЗСК» совместно со специалистами института ОАО «Фундаментпроект» г.Москва для расчета ж.б. свайных фундаментов по ТУ 2247-007-75457705-2014 на воздействие сил морозного пучения.

В 2011-2013г. ОАО «Фундаментпроект» проводило на базе института лабораторные исследования, а на месторождении Медвежье (ЯНАО) натурные полевые испытания свай с применением новейших противопучинных технологий, результатом которых стало подтверждение уникальных качественных характеристик свай покрытых оболочками противопучинными ОСПТ «Reline».

В железобетонных сваях квадратного сплошного сечения с поперечным армированием ствола (далее по тексту «Свай») с использованием оболочки противопучинной серии ОСПТ «Reline» по ТУ 2247-007-75457705-2014, производства ЗАО УЗПТ «Маяк», изготавливаемых в заводских условиях из тяжелого или мелкозернистого бетона, используется новейшая противопучинная технология для свайных фундаментов, основанная на применении противопучинной оболочки (ОСПТ) «Reline». На сегодняшний день данная технология является наиболее дешевым и эффективным способом борьбы с морозным пучением грунтов.

Для оценки эффективности были проведены лабораторные исследования (Отчёт «Лабораторные определения сил смерзания грунтов и цементно-песчаных смесей с моделями фундаментов, покрытых сложно-модифицированным полимером «Reline» с целью снижения проявления сил морозного пучения грунтов», выполненный ОАО «Фундаментпроект» в 2011 году) и натурные испытания свай (Отчет о результатах 12 испытаний свай «СМОТ», покрытых оболочками противопучинными ОСПТ «Reline» и стандартных металлических свай, выполненный ОАО «Фундаментпроект» в 2014 году).

По результатам лабораторных и натурных испытаний свай было определено, что при расчете оснований и фундаментов по устойчивости и прочности на воздействие сил морозного пучения в соответствии с п.Ж.3 СП 24.13330.2011 и п.7.4.3 СП 25.13330.2012, для ж.б. свай с оболочками противопучинными ОСПТ «Reline», к значениям τ_{fn} следует применять понижающий коэффициент 0,42.

1. Методика расчета ж.б. свай с оболочками противопучинными ОСПТ «Reline» на воздействие сил морозного пучения в соответствии с СП 24.13330.2011 (Приложение Ж).

Примечание: Пункты, ссылки на пункты и номера формул соответствуют пунктам и номерам формул СП24.13330.2011.

Ж.1 При строительстве зданий и сооружений на свайных фундаментах в сезоннопромерзающих или искусственно замороженных пучинистых грунтах необходимо учитывать касательные силы морозного пучения. Расчет оснований и свайных фундаментов по устойчивости и прочности на воздействие сил морозного пучения грунтов следует производить при эксплуатации неотопливаемых сооружений, мачт линий электропередачи и мобильной связи, трубопроводов и др. или при консервации сооружений, а также для условий периода строительства, если до передачи на сваи проектных нагрузок возможно промерзание грунтов слоя сезонного промерзания - оттаивания или выполняется искусственное замораживание грунтов (при строительстве метро или эксплуатации помещений с отрицательной температурой). При необходимости в проекте должны быть предусмотрены мероприятия по предотвращению выпучивания свай в период строительства.

Ж.2 Устойчивость свайных фундаментов на действие касательных сил морозного пучения грунтов надлежит проверять по условию

$$\tau_{fn} A_{fn} - F \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_k} F_{rf}, \quad (\text{Ж.1})$$

где τ_{fn} - расчетная удельная касательная сила пучения, кПа, принимаемая согласно указаниям Ж.3;

A_{fn} - площадь боковой поверхности смерзания сваи в пределах расчетной глубины сезонного промерзания-оттаивания грунта или слоя искусственно замороженного грунта, м²;

F - расчетная нагрузка на сваю, кН, принимаемая с коэффициентом 0,9 по наиболее невыгодному сочетанию нагрузок и воздействий, включая выдергивающие (ветровые, крановые и т.п.);

F_{rf} - расчетное значение силы, удерживающей сваю от выпучивания вследствие трения его боковой поверхности о талый грунт, лежащий ниже расчетной глубины промерзания, кН, принимаемое по указаниям Ж.4;

γ_c - коэффициент условий работы, принимаемый равным 1,0;

γ_k - коэффициент надежности, принимаемый равным 1,1.

Ж.3 Расчетную удельную касательную силу морозного пучения τ_{fn} , кПа, следует определять, как правило, опытным путем. При отсутствии опытных данных допускается принимать значение τ_{fn} по таблице Ж.1 в зависимости от вида и характеристик грунта.

Ж.4 Расчетное значение силы F_{rf} , кН, удерживающей сваи от выпучивания, следует определять по формуле

$$F_{rf} = u \sum_{i=1}^n f_i h_i \quad (\text{Ж.2})$$

где u - периметр сечения поверхности сдвига, м, принимаемый равным периметру сечения сваи;

h_i - толщина i -го слоя талого грунта, расположенного ниже подошвы слоя промерзания-оттаивания, м;

f_i - расчетное сопротивление i -го слоя талого грунта сдвигу по поверхности сваи, кПа, принимаемое по таблице 7.3 СП 24.13330.2011.

Таблица Ж.1

Грунты и их характеристики	Значения τ_{fn} , кПа, при глубине сезонного промерзания - оттаивания		
	d_{fn} , м		
	До 1,5	2,5	3,0 и более
Супеси, суглинки и глины при показателе текучести $I_L > 0,5$, крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем, пески мелкие и пылеватые при показателе дисперсности $D > 5$ и степени влажности $S_r > 0,95$	110	90	70
Супеси, суглинки и глины при $0,25 < I_L \leq 0,5$, крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем, пески мелкие и пылеватые при $D > 1$ и степени влажности $0,8 < S_r \leq 0,95$	90	70	55
Супеси, суглинки и глины при $I_L \leq 0,25$, крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем, пески мелкие и пылеватые при $D > 1$ и степени влажности $0,6 < S_r \leq 0,8$	70	55	40
<p>Примечания</p> <p>1 Для промежуточных глубин промерзания τ_{fn}, принимается интерполяцией.</p> <p>2 Значения τ_{fn} для грунтов, используемых при обратной засыпке котлованов, принимается по первой строке таблицы.</p> <p>3 В зависимости от вида поверхности фундамента приведенные значения τ_{fn} умножают на коэффициент: для ж.б. свай с оболочками противопучинными ОСПТ «Reline» - 0,42.</p> <p>4 Для сооружений III уровня ответственности значения τ_{fn} умножают на коэффициент 0,9.</p>			

2. Методика расчета ж.б. свай с оболочками противопучинными ОСПТ «Reline» по устойчивости и прочности на воздействие сил морозного пучения в соответствии с СП 25.13330.2012.

Примечание: Пункты, ссылки на пункты и номера формул соответствуют пунктам и номерам формул СП25.13330.2012.

7.4.1 Расчет оснований и фундаментов по устойчивости и прочности на воздействие сил морозного пучения грунтов следует производить как для условий эксплуатации сооружения, так и для условий периода строительства, если до передачи на фундаменты проектных нагрузок возможно промерзание грунтов слоя сезонного оттаивания (промерзания), при несливающейся мерзлоте - талого слоя со стороны многолетнемерзлых грунтов. При необходимости в проекте должны быть предусмотрены мероприятия по предотвращению выпучивания фундаментов в период строительства.

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

$$\tau_{fn} A_{fn} - F \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} F_r, \quad (7.29)$$

где τ_{fn} - расчетная удельная касательная сила пучения, кПа, принимаемая согласно указаниям 7.4.3;

A_{fn} - площадь боковой поверхности смерзания фундамента в пределах расчетной глубины сезонного промерзания-оттаивания грунта, м²;

F - расчетная нагрузка на фундамент, кН, 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, принимаемое по указаниям 7.4.4;

γ - коэффициент условий работы, принимаемый равным 1,0;

γ_n - коэффициент надежности по назначению сооружения, принимаемый равным 1,1, а для фундаментов опор мостов - 1,3.

7.4.3 Расчетную удельную касательную силу морозного пучения τ_{fn} , кПа, следует определять, как правило, опытным путем. Для сооружений II и III уровней ответственности значения τ_{fn} допускается принимать по таблице 7.8 в зависимости от состава, влажности и глубины сезонного промерзания и оттаивания грунтов d_{fn} .

Таблица 7.8

Грунты и степень водонасыщения	Значения τ_{fn} , кПа, при глубине сезонного промерзания - оттаивания d_{th} , м		
	1,0	2,0	3,0
Глинистые при показателе текучести $I_L > 0,5$, пески мелкие и пылеватые при степени влажности $S_r > 0,95$	130	110	90
Глинистые при $0,25 < I_L \leq 0,5$, пески мелкие и пылеватые при $0,8 < S_r \leq 0,95$, крупнообломочные с заполнителем (глинистым, мелкопесчаным и пылеватым) свыше 30 %	100	90	70
Глинистые при $I_L \leq 0,25$, пески мелкие и пылеватые при $0,6 < S_r \leq 0,8$, а также крупнообломочные с заполнителем (глинистым, мелкопесчаным и пылеватым) от 10 до 30 %	80	70	50

Примечания

1 Приведенные в таблице значения τ_{fn} относятся к поверхности бетонного фундамента. Для фундаментов из других материалов табличные значения τ_{fn} должны умножаться на коэффициент γ_{af} , значения которого даны в приложении «В» СП25.13330.2012.

2 Для поверхностей фундаментов, покрытых специальными составами, уменьшающими силы смерзания, а также при применении других противопучинных мероприятий, значение τ_{fn} следует принимать на основании опытных данных.

По результатам опытных данных, для ж.б. свай с оболочками противопучинными ОСПТ «Reline», приведенные значения τ_{fn} следует умножать на коэффициент - 0,42.

7.4.4. Расчетное значение силы F_r , кН, удерживающей фундаменты от выпучивания, следует определять по формулам:

при использовании многолетнемерзлых грунтов по принципу I

$$F_r = u \sum_{i=1}^n R_{af,i} h_i \quad (7.30)$$

при использовании многолетнемерзлых грунтов по принципу II

$$F_r = u \sum_{i=1}^n f_i h_i \quad (7.31)$$

где u - периметр сечения поверхности сдвига, м, принимаемый равным: для свайных и столбчатых фундаментов без анкерной плиты - периметру сечения фундамента; для столбчатых фундаментов с анкерной плитой - периметру анкерной плиты;

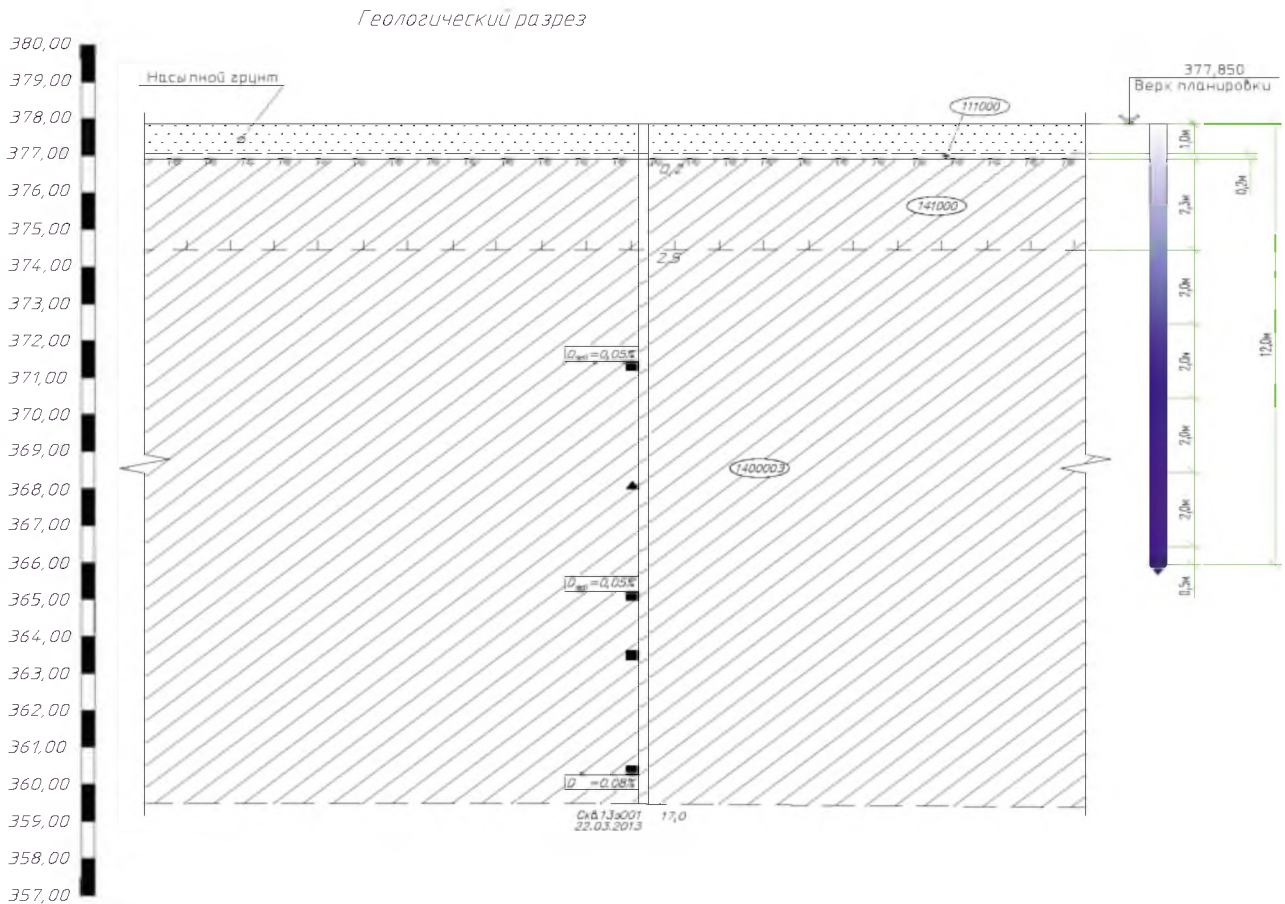
$R_{af,i}$ - расчетное сопротивление i -го слоя многолетнемерзлого грунта сдвигу по поверхности смерзания, кПа, принимаемое по испытаниям и таблицам приложения «В» СП 25.13330.2012;

h_i - толщина i -го слоя мерзлого или талого грунта, расположенного ниже подошвы слоя сезонного промерзания-оттаивания, м;





f_i - расчетное сопротивление i -го слоя талого грунта сдвигу по поверхности фундамента, кПа, принимаемое в соответствии с требованиями СП 24.13330.2011, с учетом примечания к 7.3.1 СП 25.13330.2012.

3. Примеры расчета.

3.1 Пример расчета ж.б. свай и ж.б. свай с оболочкой противопучинной ОСПТ «Reline» на воздействие сил морозного пучения в соответствии с СП24.13330.2011 (Приложение Ж).



Условные обозначения

	Грунт растительного слоя
	Суглинок мягкопластичный, $J_L=0,6$
	Суглинок мягкопластичный, $J_L=0,6$
	Граница сезонного промерзания бергштрихи направлены в сторону мерзлоты

Свая ж.б. сечением 350х350мм длиной 12м в грунте, погружаемая забивным способом. Поверхность спланирована насыпью толщиной 1,0м. Насыпь подстилается растительным слоем. Принято, что насыпь отсыпается из песков мелких и пылеватых при степени влажности $Sr > 0,95$ или из глинистых грунтов при показателе текучести $I_L > 0,5$.

Глубина сезонного промерзания грунта $d_m = 3,5$ м.

Грунты сезонного промерзания-оттаивания сильнопучинистые.

Инженерно-геологические условия ниже сезонно-мерзлого слоя СМС характеризуются распространением до глубины разведочной скважины 17,0 м от природной поверхности рельефа суглинком мягкопластичным. Грунты находятся в талом состоянии.

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

$$\tau_m A_{\text{п}} - F \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_k} F_{\text{р}},$$

где τ_m - расчетная удельная касательная сила пучения, принимаемая по таблице Ж.1:

- для глинистых грунтов с $I_L > 0,5$ при глубине сезонного промерзания-оттаивания 3,5м τ_m составляет 70кПа;

$A_{\text{п}}$ - площадь боковой поверхности смерзания сваи в пределах расчетной глубины сезонного промерзания-оттаивания грунта,

$$A_{\text{п}} = 0,35\text{м} * 4 * (1,0\text{м} + 0,2\text{м} + 2,3\text{м}) = 1,4\text{м} * 3,5\text{м} = 4,9\text{м}^2;$$

$$\tau_m * A_{\text{п}} = 70\text{кПа} * 4,9\text{м}^2 = 343,0\text{кН}$$

F - расчетная нагрузка на сваю. Принимаем для строительного случая, когда на сваю не действуют нагрузки, $F = 0$ кН;

$F_{\text{р}}$ - расчетное значение силы, удерживающей сваю от выпучивания вследствие трения его боковой поверхности о талый грунт, лежащий ниже расчетной глубины промерзания, принимаемое по указаниям Ж.4;

γ_c - коэффициент условий работы, принимаемый равным 1,0;

γ_k - коэффициент надежности, принимаемый равным 1,1.

$$F_{\text{р}} = u \sum_{i=1}^n f_i h_i$$

где u - периметр сечения поверхности сдвига, принимаемый равным периметру сечения сваи: $u = 0,35\text{м} * 4 = 1,4\text{м}$;

h_i - толщина i -го слоя талого грунта, расположенного ниже подошвы слоя промерзания-оттаивания;

f_i - расчетное сопротивление i -го слоя талого грунта сдвигу по поверхности свай, кПа, принимаемое по таблице 7.3 СП 24.13330.2011:

- для $h_1 = 2,0$ м на глубине 4,5м $f_1 = 16,5$ кПа;
- для $h_2 = 2,0$ м на глубине 6,5м $f_2 = 18,25$ кПа;
- для $h_3 = 2,0$ м на глубине 8,5м $f_3 = 19,0$ кПа;
- для $h_4 = 2,0$ м на глубине 10,5м $f_4 = 19,1$ кПа;
- для $h_5 = 0,5$ м на глубине 11,75м $f_5 = 19,35$ кПа.

$$F_{ср} = 1,4 * (2,0 * 16,5 \text{кПа} + 2,0 * 18,25 \text{кПа} + 2,0 * 19,0 \text{кПа} + 2,0 * 19,1 \text{кПа} + 0,5 * 19,35 \text{кПа}) \\ = 1,4 * 155,375 = 217,52 \text{кН}$$

$$343,0 \text{кН} - 0 \text{кН} \leq 217,52 \text{кН} * 1/1,1$$

$$343,0 \text{кН} \not\leq 197,74 \text{кН}$$

Условие не выполняется.

Необходимо применять противопучинные мероприятия или удлинять сваю.

При применении железобетонной сваи с оболочкой противопучинной ОСПТ «Reline» необходимо применить понижающий коэффициент 0,42 к значению τ_m .

В случае применения железобетонной сваи с оболочкой противопучинной ОСПТ «Reline», касательная сила морозного пучения грунтов составит:

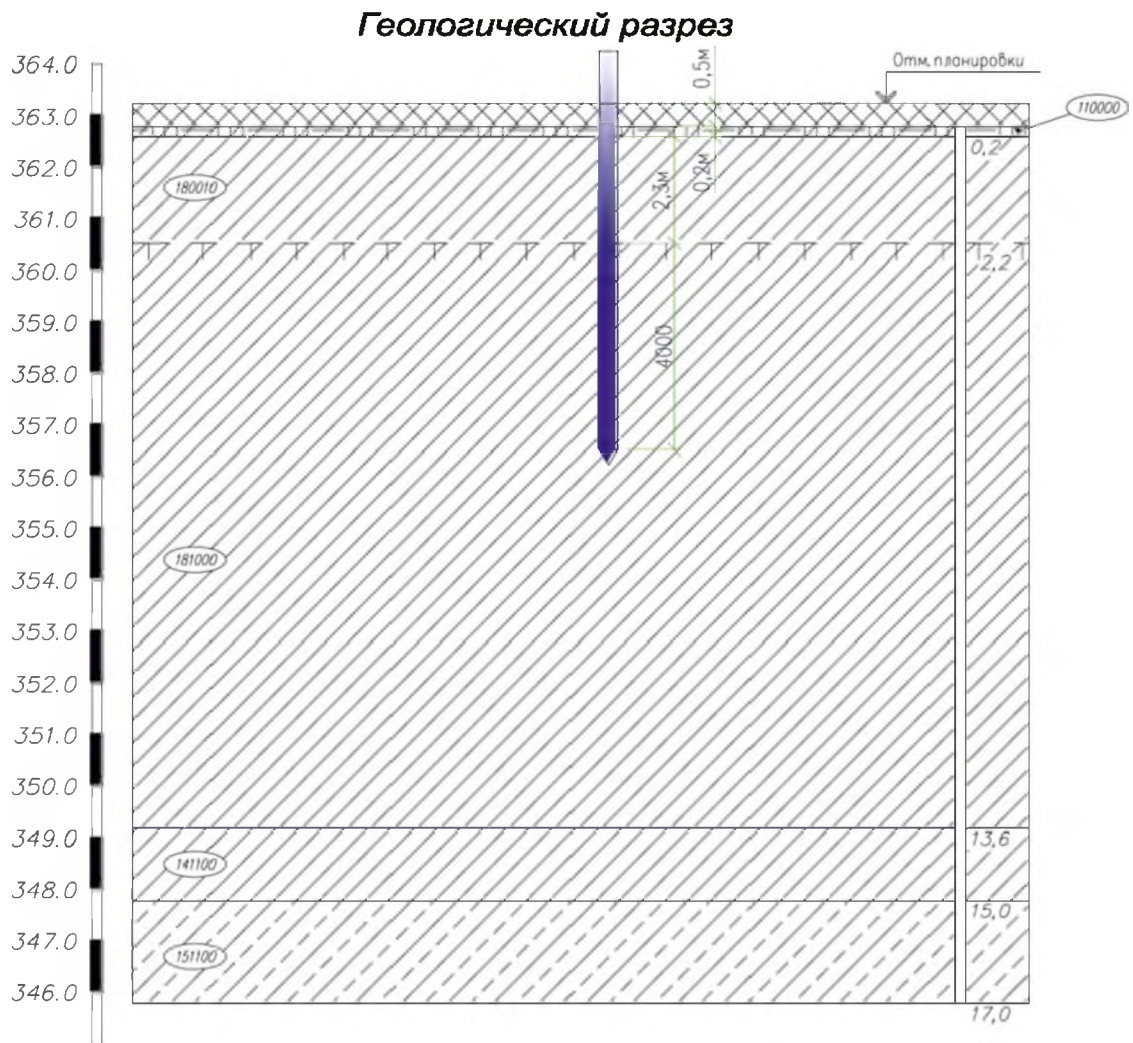
$$0,42 * \tau_m * A_n = 0,42 * 70 \text{кПа} * 4,9 \text{м}^2 = 144,06 \text{кН}$$

$$144,06 - 0 \text{кН} \leq 217,52 \text{кН} * 1/1,1$$


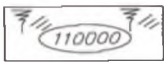

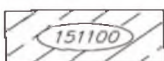
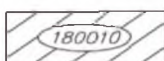
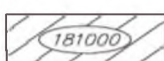

$$144,06 \text{кН} \leq 197,74 \text{кН}$$

Условие выполняется.

3.2 Пример расчета ж.б. свай и ж.б. свай с оболочкой противопучинной ОСПТ «Reline» на воздействие сил морозного пучения в соответствии с СП25.13330.2012.



Условные обозначения

	Насыпной грунт
	Грунт растительного слоя
	Суглинок легкий пылеватый, слабльдистый, $i_i - 0,1$
	Супесь песчанистая, слабльдистая, $i_i - 0,08$
	Суглинок легкий пылеватый, слабльдистый, $i_i - 0,1$
	Суглинок легкий слабльдистый, $i_i - 0,1$
	Граница сезонного промерзания бергштрихи направлены в сторону мерзлоты

Свая ж.б. сечением 350х350мм длиной 7м в грунте, погружаемая бурозабивным способом при диаметре лидерных скважин менее 0,8 диаметра свай. Поверхность спланирована насыпью толщиной 0,5м. Насыпь подстилается почвенно-растительным слоем толщиной 0,2м.

Принято, что насыпь отсыпана песками мелкими и пылеватыми при степени влажности $Sr > 0,95$ или из глинистых грунтов при показателе текучести $I_L > 0,5$.

Грунты сезонно-талого слоя (СТС) представлены суглинком легким пылеватым слабобльдистым сильнопучинистым и насыпным грунтом. Глубина сезонного оттаивания СТС равна 3,0 м.

Инженерно-геологические условия ниже сезонно-талого слоя СТС характеризуются распространением до глубины 13,6м от природной поверхности рельефа без учета планировки суглинком легким слабобльдистым (в мерзлом состоянии). Они подстилаются:

- в интервале глубин от 13,6 м до 15,0 м суглинком легким пылеватым слабобльдистым;
- в интервале глубин от 15,0 м и до глубины разведочной скважины (17,0 м) супесью песчанистой слабобльдистой.

Средняя температура грунтов по глубине погружения сваи ниже сезонно-талого слоя СТС равна минус 0,3°C. Грунты находятся в мерзлом состоянии и используются по принципу I в соответствии с рекомендациями СП25.13330.2012.

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

$$\tau_{fn} A_{fn} - F \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} F_r ,$$

где τ_m - расчетная удельная касательная сила пучения, принимаемая по таблице 7.8 СП25.13330.2012:

- для глинистых грунтов с $I_L > 0,5$ и для сильнопучинистых грунтов при глубине сезонного промерзания-оттаивания 3,0м τ_m составляет 90кПа;

A_n - площадь боковой поверхности смерзания сваи в пределах глубины сезонного промерзания-оттаивания грунта:

$$A_n = 0,35\text{м} * 4 * (0,5\text{м} + 0,2\text{м} + 2,3\text{м}) = 1,4\text{м} * 3,0\text{м} = 4,2\text{м}^2;$$

$$\tau_{fn} * A_n = 90\text{кПа} * 4,2\text{м}^2 = 378,0\text{кН}$$

F - расчетная нагрузка на фундамент. Принимаем для строительного случая, когда на сваю не действуют нагрузки, $F = 0\text{кН}$;

F_r - расчетное значение силы, удерживающей фундамент от выпучивания, принимаемое по указаниям 7.4.4 СП25.13330.2012;

γ_c - коэффициент условий работы, принимаемый равным 1,0;

γ_n - коэффициент надежности по назначению сооружения, принимаемый равным 1,1.

Расчетное значение силы F_r , удерживающей фундаменты от выпучивания при использовании многолетнемерзлых грунтов по принципу I:

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

где u - периметр сечения поверхности сдвига: $u = 0,35 \text{ м} * 4 = 1,4 \text{ м}$;

$R_{af,i}$ - расчетное сопротивление i -го слоя многолетнемерзлого грунта сдвигу по поверхности смерзания, принимаемое по таблицам приложения «В» СП25.13330.2012: для глинистых грунтов при температуре минус $0,3^\circ \text{C}$ $R_{af,1} = 40 \text{ кПа}$;

h_i - толщина i -го слоя мерзлого грунта, расположенного ниже подошвы слоя сезонного промерзания-оттаивания: $h_1 = 4,0 \text{ м}$;

$$F_r = 1,4 \text{ м} * 40 \text{ кПа} * 4,0 \text{ м} = 224,0 \text{ кН}$$

$$378,0 \text{ кН} - 0 \text{ кН} \leq 224,0 \text{ кН} * 1/1,1$$

$$378,0 \text{ кН} \not\leq 203,6 \text{ кН}$$

Условие не выполняется.

Необходимо применять противопучинные мероприятия или удлинять сваю.

При применении железобетонной сваи с оболочкой противопучинной ОСПТ «Reline» необходимо применить понижающий коэффициент 0,42 к значению τ_m .

В случае применения железобетонной сваи с оболочкой противопучинной ОСПТ «Reline», касательная сила морозного пучения грунтов составит:

$$0,42 * \tau_m * A_{fn} = 0,42 * 90 \text{ кПа} * 4,2 \text{ м}^2 = 158,76 \text{ кН}$$

$$158,76 - 0 \text{ кН} \leq 224,0 \text{ кН} * 1/1,1$$

$$158,76 \text{ кН} \leq 203,6 \text{ кН}$$

Условие выполняется.

4. Библиография

1. СП 24.13330.2011 СВАЙНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85, Москва 2011.
2. 25.13330.2012 ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88, Москва 2012.
3. Отчёт «Лабораторные определения сил смерзания грунтов и цементно-песчаных смесей с моделями фундаментов, покрытых сложно-модифицированным полимером «Reline» с целью снижения проявления сил морозного пучения грунтов», выполненный ОАО «Фундаментпроект», Москва 2011.
4. Отчет о результатах 12 испытаний свай «СМОТ», покрытых оболочками противопучинными ОСПТ «Reline» и стандартных металлических свай, выполненный ОАО «Фундаментпроект», Москва 2014.
5. ТУ 2247-007-75457705-2014 Сваи железобетонные квадратного сплошного сечения с поперечным армированием ствола с использованием и без оболочки противопучинной серии ОСПТ «Reline», ЗАО УЗПТ «Маяк».