Министерство строительства предприятий
тяжелой индустрии С С С Р

Проектный и научно-исследовательский институт
"КРАСНОЯРСКИЙ ПРОМСТРОЙНИИПРОЕКТ"

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И
ПО ИСПЫТАНИЮ ФУНДАМЕНТОВ НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ ПРОБНЫМИ НАГРУЗКАМИ

Красноярск,
1974

gost.e-ecolog.ru

Министерство строительства предприятий
тяжелой индустрии С С С Р

Проектный и научно-исследовательский институт
"КРАСНОЯРСКИЙ ПРОМСТРОЙНИИПРОЕКТ"

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И
ПО ИСПЫТАНИЮ ФУНДАМЕНТОВ НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ ПРОБНЫМИ НАГРУЗКАМИ

Красноярск,
1974

УДК 624.139 : 624.15

Настоящие Рекомендации дополняют главы СНиП II-Б. 6-66 "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Нормы проектирования", II-А. 13-69 "Инженерные изыскания для строительства. Основные положения", "Пособие по проектированию оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах" и СН 450-72 "Указания по проектированию оснований и фундаментов на засоленных и сильнольдистых вечномерзлых грунтах" практическими методиками определения нормативных сопротивлений, характеристик деформативных свойств и коэффициентов условий работы мерзлых грунтов и подземного льда.

Рекомендации предназначены для проектировщиков, строителей и инженеров - исследователей.

Отзывы и предложения просьба направлять по адресу:

660306, Красноярск, пр. Свободный, 75,
институт "Красноярский промстройниипроект"

Редакционная коллегия:

Ш.Ф.Акбулатов (отв.редактор), С.И.Гриб, М.С.Михельсон.

ВВЕДЕНИЕ

Методики испытаний, которые бы позволяли при проектировании фундаментов учитывать переменные во времени нагрузки и другие факторы, связанные с принципами использования вечномерзлых грунтов и технологией ведения строительных работ, не нашли отражения в требованиях Норм строительного проектирования.

В соответствии с общими положениями проектирования по предельным состояниям учет переменных во времени факторов должен осуществляться через коэффициенты условий работы. Коэффициенты условий работы вводятся к нормативным сопротивлениям грунта или льда и показывают неточность отражения действительных условий работы сооружения в расчетных схемах, принятых при нормировании сопротивлений.

Настоящие Рекомендации направлены на восполнение этого пробела в нормах строительного проектирования. Базируясь на кинетических уравнениях для характеристик деформативных свойств мерзлых грунтов, Рекомендации позволяют по результатам сравнительно простых испытаний переходить к расчетам оснований и фундаментов при различных сочетаниях статических и динамических нагрузок.

Рекомендации состоят из общих положений, четырех основных разделов и приложений. Общие положения регламентируют область применения Рекомендаций. Во втором, третьем и четвертом разделах приводятся методики определения нормативных сопротивлений, характеристик деформативных свойств и коэффициентов условий работы мерзлых грунтов и подземного льда. Заключительный раздел Рекомендаций содержит требования по измерению осадок, нагрузок и температур грунта во время испытания. В приложении даны классификация кинетических уравнений и правила конструирования интегральных функций, необходимых для расшифровки материалов испытаний с помощью ЭВМ.

Рекомендации разработаны ст. научным сотрудником А.К.Косинским в институте "Красноярский промстройниипроект".

Применение Рекомендаций будет способствовать более полному использованию пластических свойств мерзлых грунтов и подземного льда при проектировании фундаментов и в других случаях использо-

вания мерзлых грунтов в качестве материала и среды, в которой возводятся инженерные сооружения.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящие Рекомендации дополняют главы СНиП II-Б. 6-66, II-А. I3-69, "Пособие" (М.,I969) и СН 450-72 методиками определения нормативных сопротивлений, характеристик деформативных свойств и коэффициентов условий работы мерзлых грунтов и подземного льда.

Рекомендации распространяются на проектирование фундаментов и проверку их эксплуатационной надежности во время строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

I.2. Применение Рекомендаций позволяет проектирование оснований и фундаментов проводить с учетом изменения во времени:

а) нагрузок, составляющих расчетное сочетание;

б) мерзлотной обстановки и температурного режима грунтов;

в) положения границ зоны оттаивания-промерзания.

I.3. Испытания, предусматриваемые Рекомендациями, проводятся по специальным программам, допускающим определение полного или частичного набора параметров механических свойств мерзлых грунтов и подземного льда, необходимых для расчетов оснований и фундаментов по предельным состояниям при статических и динамических нагрузках.

Длительность испытаний устанавливается исходя из действительных условий работы фундаментов в нестационарном поле температур.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАТИВНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ И ПОДЗЕМНОГО ЛЬДА

2.I. Нормативные сопротивления мерзлых грунтов и подземного льда уточняются для конкретных мерзлотно-грунтовых условий и для принятой технологии работ по возведению фундаментов

2.2. Величина нормативных сопротивлений устанавливается для среднемесячной по толще мерзлых грунтов температуры,

определяемой по формуле

$$\theta = \frac{1}{h'} \sum_{i=1}^{q} \theta_i \Delta h_i , \qquad (I)$$

где h' – длина вмороженной части сваи или заложение подошвы штампа плюс не менее:

3,0 периметра сваи – для свай в вечномерзлых грунтах при льдистости $I_B \leqslant 0,4$;

3,0 периметра скважины – для свай в сильнольдистых грунтах и подземных льдах;

2,0 диаметра – для штампов;

q – число i-ых участков мощностью Δh_i, на которые разделена толща h' при измерении температуры.

2.3. Испытания могут проводиться в любое время года с соблюдением следующих требований:

а) испытывается не менее трех свай или штампов одинакового типоразмера в идентичных мерзлотно-грунтовых условиях и при одинаковых среднеинтегральных температурах в толще мерзлых грунтов;

б) пробные нагрузки в испытании поддерживаются постоянными и принимаются равными несущей способности основания Φ (определяемой согласно требованиям главы СНиП II-Б. 6-66 и СН 450-72), умноженной на коэффициенты, указанные в табл.I, соответственно для первой, второй и третьей свай или штампов.

Таблица I

Период года при испытании	Коэффициенты для назначения пробных нагрузок					
Летне-осенний	0,5	0,7	I,I	(0,6	0,8	I,2)
Зимний	0,7	I,0	I,4	(0,8	I,0	I,5)
Весенний	0,9	I,2	I,6	(0,9	I,2	I,8)

Примечание. Здесь и далее обозначения без скобок относятся к *мерзлым грунтам в пластично-мерзлом состоянии*, в скобках – в твердомерзлом.

в) при испытаниях определяются температура грунта и пере-

мещения опытных свай и штампов во времени, а при оснащении опытных свай тензометрическими устройствами - сопротивления грунта вдоль боковой поверхности сваи и под нижним торцом;

г) программа испытаний по определению нормативных сопротивлений мерзлых грунтов и льда считается выполненной, если среднеинтегральная по толще мерзлых грунтов температура в конце испытания изменилась по отношению к начальному моменту не более, чем на 10 проц

д) дальнейшее испытание свай проводится в режиме ступенчатого нагружения, результаты которого необходимы для определения деформативных свойств и коэффициентов условий работы;

е) длительность испытания свай и штампов назначается по условию

$$\tau_i < \tau_{i+1} < \cdots < K_{доп} T, \quad i = 1, 2, 3, \ldots \quad (2)$$

где τ_i - время до условной стабилизации осадок i-ых свай или штампов;

$K_{доп}$ - допустимая относительная длительность испытания;

T - период колебаний температур грунта в толще мерзлых грунтов, равный 8760 час.

2.4. Время до условной стабилизации осадок i-ых свай или штампов устанавливается по приращениям относительных деформаций, превышающим 0,01 за следующие интервалы времени: для песков-12(6), супесей-24(12); суглинков и глин-48(24) час.

2.5. Допустимая относительная длительность испытаний определяется по формуле

$$K_{доп} = \frac{1}{T}(\tau' - \tau''), \quad (3)$$

где τ' и τ'' - начало и конец испытания, отсчитываемые от момента времени, когда на поверхности толщи вечномерзлых грунтов температура равна нулю.

Допустимая относительная длительность испытания должна удовлетворять уравнению

$$K_{доп} = \frac{10}{\Phi_1} \sum_{j=1}^{g} \Phi'(\tau) \Delta\tau_j \quad (4)$$

где $\Phi'(\tau)$ – условная скорость изменения несущей способности основания в связи с годовым ходом температур в толще вечномерзлых грунтов;

Φ_1 – несущая способность i-ой сваи или штампа к моменту начала испытания;

q – количество участков мощностью $\Delta\tau_j$, на которые делится продолжительность испытания i-ой сваи или штампа

2.6. При проведении испытаний в летне-осенний период в уравнении (4) принимается $\Phi_1 = \Phi$, что соответствует условию $\Phi'(\tau)=0$, где Φ устанавливается согласно требованиям главы СНиП II-Б. 6-66 и СН 450 – 72. Допустимая относительная длительность испытания определяется по формуле

$$K_{доп} = 0{,}15\left\{\operatorname{arctg}\left[(1-1{,}1\alpha)^{\vartheta} - (1-1{,}1\alpha^{\vartheta})\right]^{0{,}5}(1-1{,}1\alpha^{\vartheta})^{-1} - \ln(1-\alpha)\right\}, \quad (5)$$

где α – безразмерный коэффициент, принимаемый по табл.7 п. 5.8 главы СНиП II-Б. 6-66, а для засоленных и сильнольдистых вечномерзлых грунтов – по СН 450-72;

ϑ – параметр, равный для грунтов в твердомерзлом состоянии I, а в пластично-мерзлом – 0,5.

Назначение допустимой относительной длительности испытаний может осуществляться по табл.2.

Таблица 2

Допустимая относительная длительность испытания $K_{доп}$

Состояние мерзлого грунта	Значение допустимой относительной длительности испытания при α_t или α_ϑ, равном					
	0,I	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
I. твердомерзлое	0,06	0,II	0,I3	0,I7	0,23	0,32
2. пластично-мерзлое	0,03	0,07	0,08	0,I2	0,I3	0,I9

Примечание. Коэффициент α_t принимается для штампов, коэффициент α_ϑ – для свай.

2.7. Нормативное сопротивление мерзлых грунтов и подземного льда R, кг/см^2 устанавливается по формуле

$$R=\frac{\beta_2-\beta_1}{\alpha_1\beta_2-\alpha_2\beta_1}, \qquad (6)$$

где α_1 и β_1 – вспомогательные коэффициенты, характеризующие зависимость между величиной i-ых пробных нагрузок и расчетным временем до стабилизации осадок t_i;

α_2 и β_2 – то же, для времени до разрушения (срыва сваи или штампа) t_i^*.

Нормативные сопротивления определяются для расчетов, связанных с использованием мерзлых грунтов и подземного льда в качестве:

а) оснований-для сдвига грунта по грунту и по прослойкам подземного льда (СН 450-72) и сопротивлений R^H и $R_{сдг}$ для расчета фундаментов (СНиП II-Б. 6-66);

б) материала и среды, в которой возводятся сооружения, для сдвига, растяжения и сжатия.

При частичном наборе параметров, устанавливаемых в испытаниях, допускается нормативные сопротивления определять по формуле

$$R=\frac{1}{\alpha_1+\beta_1 \ln 0{,}5 t_э}, \qquad (7)$$

где α_1 и β_1 – то же, что и в формуле (6);

$t_э$ – срок службы сооружения, принимаемый согласно требованиям главы СНиП II-А. 3-62 "Классификация зданий и сооружений. Основные положения проектирования".

При испытании в летне-осенний период в формулах (6 и 7) нормативное сопротивление R заменяется на $\Phi_{оп}$ – несущую способность основания, устанавливаемую по п.5.11 СНиП II-Б. 6-66.

2.8. Расчетное время до стабилизации осадок устанавливается по формуле

$$t_i=\frac{\alpha_3\beta_3 e_к^2 \tau_к}{\alpha_3 e_к+\beta_3 e_к \tau_к-\tau_к}, \qquad (8)$$

где α_3, β_3 – вспомогательные коэффициенты, характеризующие накопление осадок во времени;

e_k - осадка i-ой сваи или штампа в конце испытания, отнесенная к периметру сваи или диаметру штампа;

t_k - время до условной стабилизации осадок.

2.9 Вспомогательные коэффициенты в формулах (6, 7 и 8) устанавливаются по формулам (31-32) п. 5.7 настоящих Рекомендаций при:

а) $X = \ln(t_{i+1})$ $Y = 1/\sigma_i$ (где t_i - расчетное время до стабилизации осадок при $\sigma_i < R$, σ_i - величина i-ой пробной нагрузки, отнесенная к боковой поверхности сваи или площади штампа) для α_1 и β_1;

б) $X = \ln(t_i^{*}+1)$, $Y = 1/\sigma_i$ (где t_i^{*} - время до разрушения, среза сваи или штампа, при $\sigma_i > R$ σ_i - величина i-ой пробной нагрузки, отнесенная к боковой поверхности сваи или площади штампа) для α_2 и β_2;

в) $X = \tau$ $Y = \tau/s$ (где τ - время испытания, s-осадка, отнесенная к периметру сваи или диаметру штампа) для α_3 и β_3.

Для определения Φ_{on} вспомогательные коэффициенты находятся при:

$Y = 1/N_i$ для подпунктов "а" и "б" настоящего пункта;

$Y = \tau/S$ для подпункта "в", где S - осадка сваи или штампа.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕФОРМАТИВНЫХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ "СВАЯ - ОСНОВАНИЕ" ИЛИ "ШТАМП-ОСНОВАНИЕ"

3.1. Характеристики деформативных свойств системы "свая-основание" или "штамп-основание" определяются через параметры ползучести мерзлых грунтов и подземного льда и необходимы для расчета оснований и фундаментов по деформациям.

3.2. Параметры ползучести мерзлых грунтов и подземного льда уточняются для местных мерзлотно-грунтовых условий и для принятой технологии работ по возведению фундаментов.

3.3. Для определения параметров ползучести проводится испытание не менее трех свай или штампов с соблюдением следующих требований:

а) начало испытания предусматривается в любой период времени года с соблюдением условия

$$t_i^* < t_{i+1} < \dots \leqslant K_{доп} t, \quad i = 1, 2, 3 \dots, \qquad (9)$$

где t_i^* -время до разрушения(срыва сваи или штампа) i -ой сваи или штампа, определяемое по п.5.6 настоящих Рекомендаций

Допустимая относительная длительность испытания $K_{доп}$ назначается согласно пп. 2.4 - 2.5.

б) испытывается не менее трех свай или штампов: два испытания проводятся при одинаковой среднеинтегральной температуре и одно - при температуре, отличающейся от температуры грунта в первых двух испытаниях не менее, чем на 30-40 проц., что достигается переходом на другую длину сваи (при параллельном их испытании) или испытанием свай и штампов в разное время года;

в) величина пробной нагрузки принимается равной несущей способности основания ϕ, определяемой согласно требованиям глав СНиП II-Б. 6-66 и СН 450-72 с коэффициентами в 4-5 раз выше, чем в испытаниях по п.2.2 настоящих Рекомендаций.

3.4. Полный набор параметров ползучести мерзлых грунтов и подземного льда необходим для расчетов, связанных с учетом переменных нагрузок и температур, и включает:

а) безразмерный параметр ядра ползучести λ ;

б) коэффициент упрочнения m;

в) безразмерные параметры ядра ползучести $|\theta|$ и K ;

г) параметр ω', кг/см2.

3.5. Безразмерные параметры λ и m определяются по результатам испытаний свай или штампов при одинаковых температурах по формулам

$$\lambda = \frac{2}{\varphi} \sum_{j=1}^{\varphi} \frac{\ln \frac{N_{i,j}}{N_{i+1,j}}}{\ln \frac{t_{i,j}^*}{t_{i+1,j}^*}}, \qquad (10)$$

$$m = \frac{2}{\varphi} \sum_{j=1}^{\varphi} \frac{N_{i,j}}{N_{i+1,j} t_{i+1,j}^{*\lambda}}, \qquad (11)$$

где φ - число j -их сочетаний, составленных из свай или штампов, испытанных при одинаковой температуре;

$N_{i,j}, N_{i+1,j}$ - пробные нагрузки i-ых свай и штампов;

$t_{i,j}^*, t_{i+1,j}^*$ - время до разрушения (срыва i -их свай или штампов);

λ_j – параметр, определяемый по формуле (I0) при $q = 1$;
$b_{i,j}$ и $b_{i+1,j}$ – вспомогательные коэффициенты, устанавливаемые по п.3.7 настоящих Рекомендаций.

3.6. Параметр ползучести $|\theta|$ принимается равным среднеинтегральной температуре в толще мерзлых грунтов без учета знака "минус" и устанавливается по п.2.2 настоящих Рекомендаций.

Параметры K и ω' определяются по формулам

$$K=\left[\ln\frac{N_i}{N_{i+1}}-m(a_i-a_{i+1})\right]1/\ln\frac{1+|\theta_i|}{1+|\theta_{i+1}|}, \qquad (I2)$$

$$\omega'=\frac{1}{n}\sum_{i}^{n}N_i/uh\exp K\ln(1+|\theta_i|)\exp a_i m, \qquad (I3)$$

где a_i a_{i+1} – вспомогательные коэффициенты для i-ых свай или штампов при общем их количестве n, устанавливаемые по п.3.7 настоящих Рекомендаций.

Применительно к штампам произведение uh в формуле (I3) заменяется на площадь подошвы штампа.

3.7. Вспомогательные коэффициенты a_i и b_i и $b_{i,j}$ определяются соответственно как a и b по формулам (3I, 32) при $K=\ln(\frac{\tau}{t_0}+1)$ $Y=\ln e(\tau)$, где τ – время испытания, t_0 – единичный параметр, час; $e(\tau)$ – осадка, отнесенная к периметру сваи или диаметру штампа.

3.8. При проектировании оснований и фундаментов по деформациям допускается принимать $\frac{\lambda}{m}=1$, $\frac{1}{m}=2$ и переходить к параметру K_λ, см^4/кг^{2}час^2.

$$K_\lambda=(\omega' t_0)^{-2}(1+|\theta|)^{1-2K} \qquad (I4)$$

Расчеты выполняются в соответствии с "Пособием" к п. 5.7 главы СНиП II-Б. 6-66.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ УСЛОВИЙ РАБОТЫ

4.I. Коэффициенты условий работы мерзлых грунтов и подземного льда устанавливаются согласно требованиям главы СНиП I-А. I0-72 "Строительные конструкции и основания. Основные положения

проектирования" и предназначены для учета действительных условий работы оснований и фундаментов.

4.2. Величина коэффициента условий работы определяется в зависимости от принятого принципа использования вечномерзлых грунтов основания, технологии и темпов ведения строительных работ и назначения сооружений.

Коэффициенты условий работы устанавливаются на момент времени, отдаленный от начала эксплуатации сооружения и равный сроку его службы.

4.3. Принцип использования вечномерзлых грунтов основания учитывается нормированием коэффициентов условий работы для изменений во времени:

- мерзлотной обстановки застраиваемой территории;
- температурного режима грунтов;
- границ зоны оттаивания основания.

4.4. Технология ведения строительных работ при назначении коэффициентов условий работы учитывается в зависимости от условий раннего нагружения фундаментов, допустимого темпа монтажа конструкций и директивных сроков ввода сооружения в эксплуатацию.

4.5. Назначение сооружения при нормировании коэффициентов условий работы должно учитываться в зависимости от удельного веса длительно действующих нагрузок, степени ответственности сооружения, конфигурации характерных циклов изменения нагрузок и режимов их приложения, а в необходимых случаях - с учетом изменения во времени расчетных схем сооружений, роста нагрузок при реконструкции предприятий и модернизации технологического оборудования.

4.6. При назначении коэффициентов условий работы переменные факторы, указанные в пп. 4.3 -4.5 учитываются в наиболее невыгодной комбинации.

4.7. Коэффициенты условий работы определяются по материалам испытаний свай и штампов пробными нагрузками, по результатам прогнозных теплотехнических расчетов, данных инженерно-геологических изысканий и опыта эксплуатации сооружений.

4.8. Коэффициенты условий работы определяются на основе климатических уравнений первого и второго типа.

Классификацию кинетических уравнений см. в приложениях 1,2 настоящих Рекомендаций.

4.9. Выбор типа уравнений производится в зависимости от укрупненных констант C_I и C_2.

Испытания по определению укрупненных констант C_I и C_2 обязательны при проектировании сооружений со значительными динамическими нагрузками: анкерных опор ЛЭП, искусственных сооружений на автомобильных и железных дорогах I и II категории, фундаментов под мотор-генераторы и компрессоры, фундаментов зданий электростанций, промышленных сооружений с мостовыми кранами и другими средствами технологического транспорта тяжелого и весьма тяжелого режимов работы.

4.10. Испытания должны проводиться по программам, обеспечивающим:

а) определение параметров, предусмотренных пп. 2.1 - 2.3, 3.3 и 3.4 настоящих Рекомендаций, или только параметров ползучести мерзлых грунтов и подземного льда;

б) оценку теплообразования внутри деформируемой зоны вечномерзлого грунта при длительных динамических нагрузках;

в) учет релаксации и восстановления напряженного состояния в мерзлых грунтах при последовательных чередованиях периодов "нагружения" и "отдыха";

г) испытания свай или штампов (не менее двух) при переменном во времени поле температур.

4.11. Применимость уравнения первого или второго типа устанавливается по наименьшему из ускорений

$$\rho_{on} \leq \rho_{gon}, \qquad (15)$$

где ρ_{on} - показатель точности, характеризующий разброс укрупненных констант C_I и C_2 относительно своих средних значений;

ρ_{gon} - то же, допустимый показатель точности, принимаемый для ответственных сооружений 10-20, а для сооружений массового строительства - 25 проц.

Показатель точности определяется по формуле

$$\rho_{on} = \sqrt{\frac{n}{n-1} \frac{\sum_{i=1}^{n} (\bar{C} - C_i)^2}{\left(\sum_{i=1}^{n} C_i\right)^2}}, \qquad (16)$$

где n – число определений укрупненных констант C_I или C_2 по материалам испытаний;

$\bar{C}$ – средняя величина константы;

C_i – значение константы C_I или C_2 в i-ом испытании.

4.12. Укрупненная константа C_I, кг$\frac{1}{m}$/см$\frac{2}{m}$ · град, определяется по формуле

$$C_1=\sum_{j=1}^{q}\left(\frac{N_i}{Uh_j}\right)^{2/m}\bar{B}(\theta,\Delta t_j)\Delta t_j^{\frac{\lambda}{m}}, \qquad (17)$$

где q – число j-ых участков длительностью Δt_j, в пределах которых пробная нагрузка N_i, среднеинтегральная по времени и температура ($\theta,\Delta t_j$) и высота вмороженной части свай h_j принимаются постоянными;

$\bar{B}(\theta,\Delta t_j)$ – функция среднеинтегральной по времени температуры равная

$$\bar{B}(\theta,\Delta t_j)=(\omega' t_0^{\lambda})^{-\frac{1}{m}}(1+|\theta_j|)^{-\frac{2}{m}}(|\theta_j|,\Delta t_j)^{-1}. \qquad (18)$$

Сумма всех выделенных участков Δt_j должна составлять полное время до разрушения (срыва свай или штампа). Остальные обозначения в формулах (17 и 18) соответствуют зависимостям (10-14).

4.13. Укрупненная константа C_2, кг/см^2 .град., определяется по формуле

$$C_2=\frac{1}{\theta_0 t^{\mu}}\sum_{j=1}^{q}\frac{\lambda_{1,j}\lambda_{2,j}\alpha_{2,j}\Delta t_j}{\lambda_{3,j}\left(1+\sum_{1}^{3}\alpha_j\right)}, \qquad (19)$$

где θ_0 – постоянная, равная единице, град;

q – число j-ых участков длительностью Δt_j, в пределах которых пробные нагрузки, скорость осадок и среднеинтегральную температуру грунта можно считать монотонно меняющимися или постоянными;

$\lambda_{1,j}\alpha_{1,j}$ – вспомогательные коэффициенты, характеризующие изменение нагрузок на j-ом участке испытания;

$\lambda_{2,j}\alpha_{2,j}$ – то же изменение осадок;

$\lambda_{3,j}\alpha_{3,j}$ – то же, изменение среднеинтегральных по времени температур грунта.

При расчетах по формуле (19) вспомогательный коэффициент $\alpha_{3,j}$

вводится с противоположным знаком.

4.I4. Вспомогательные коэффициенты в формуле (I9) устанавливаются при $A=a$ и $\alpha=b$ по формулам (3I-32) настоящих Рекомендаций для $X = \ln(\Delta t_j + 1)$, где Δt_j – длительность j-го участка испытания, при:

а) $y=\ln \sigma_{i,j}$ (где $\sigma_{i,j}$ – пробная нагрузка, отнесенная к боковой поверхности сваи или штампа на j-ом участке испытания) для $A_{1,j}$ и $\alpha_{1,j}$;

б) $y=\ln e_{i,j}$ (где $e_{i,j}$ – осадка, отнесенная к периметру сваи или диаметру штампа) для $A_{2,j}$ и $\alpha_{2,j}$;

в) $y=\ln|\theta_j|$ (где θ_j – параметр, равный среднеинтегральной температуре без знака минус) для $A_{3,j}$ и $\alpha_{3,j}$;

4.I5. Для расчетов, связанных с использованием мерзлых грунтов и подземного льда в качестве материала и среды, в которой возводятся сооружения, укрупненные константы C_1 и C_2 устанавливаются по результатам испытаний на сдвиг, растяжение и сжатие.

4.I6. Коэффициенты условий работы КУР определяются по формулам

$$КУР = \begin{cases} \frac{1}{R} \exp 0{,}5m\left[\ln c_1 - \ln \sum_{i=1}^{k} J_j\right], & (20) \\ \frac{2C_2}{R\sum_{j=1}^{k} \bar{J}_j} - \frac{\bar{J}}{\sum_{j=1}^{k} \bar{J}_j}, & (21) \end{cases}$$

где J_j и $\bar{J}, \bar{J}_j$ – интегральные функции, учитывающие факторы, указанные в пп. 4.3 -4.5 соответственно в кинетических уравнениях первого и второго типа.

При расчетах по формулам (20-2I) нормативное сопротивление мерзлых грунтов может заменяться несущей способностью основания, определяемой в соответствии с главой СНиП II-Б. 6-66 и строительными нормами СН 450-72 или несущей способностью Φ_{on}.

Правила конструирования интегральных функций приводятся в приложении 3.

При использовании мерзлых грунтов и подземного льда в качестве материала и среды, в которой возводятся сооружения, коэффициенты условий работы устанавливаются по результатам испытаний на сдвиг, растяжение и сжатие.

4.17. При переменном во времени коэффициенте упрочнения $m=m(t)$ величина КУР определяется по среднеинтегральному его значению, равному

$$m=\frac{1}{t}\sum_{i=1}^{q} m_i \Delta t_i \quad , \qquad (22)$$

где q – число участков мощностью Δt_i, на которые делится графическая зависимость коэффициента упрочнения во времени при

$$t=\sum_{i=1}^{q} \Delta t_i .$$

4.18. При проектировании зданий и сооружений с нагрузками легкого и среднего режима коэффициенты условий работы принимаются по табл. 3

Таблица 3

Назначение помещений в зданиях	Значения КУР при коэффициенте упрочнения m, равном				
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
I. Культурно-бытовых с удельным весом временных нагрузок 0,2 – 0,3	I,2	I,2	I,4	I,5	1,6
2. Промышленных-типа стоянок транспорта, гаражей, складов периодического наполнения	I,3	I,4	I,7	I,8	2,0
3. Промышленных с цеховым транспортом и удельным весом временных нагрузок 0,2-0,3	I,4	I,8	2,0	3,0	4,0
4. То же, с удельным весом временных нагрузок 0,6-0,8	I,0	I,I	I,2	I,3	I,4

Примечание. Коэффициенты относятся к температуре грунта, определяемой по формулам (10 и11) СНиП II-Б. 6-66. При учете колебаний температур грунта в годовом цикле значения коэффициентов могут быть повышены при глубине заложения фундаментов

до 3 и на 20, до 5 м - на I0, а для свай - на 30 проц.

4.I9. При разработке проектов организации работ рекомендуется действительные условия работы фундаментов, насыпей и других элементов земляных и подгрунтовых сооружений в строительный период оценивать через показатель допустимого темпа нагружения $\bar{n}$ и относительную температуру $\theta_э/\theta_c$, при которой обеспечивается устойчивость основания или элементов земляного сооружения.

4.20. Показатель допустимого темпа нагружения определяется по формуле

$$\bar{n}=0{,}5\lambda\left[(\alpha\beta)^{\frac{\varepsilon}{m}}\gamma\delta-1\right], \qquad (23)$$

где $\alpha,\beta,\gamma,\delta$ – вспомогательные коэффициенты, характеризующие изменение нагрузок, расчетной схемы основания или элементов земляного сооружения и температуры грунта, равные

$$\alpha=P_c/P_э;\ \beta=\bar{t}_c/\bar{t}_э;\ \gamma=\bar{B}(\theta_c)/\bar{B}(\theta_э);$$
$$\delta=\left[K\nu\bar{n}^{\frac{1}{m}}+\left(\frac{t_c}{t_э}\right)^{\frac{1}{m}}-1\right]^{-\varepsilon}, \qquad (24)$$

где $P_c, P_э$ – удельные нагрузки, кг/см2, к моменту окончания строительства t_c и при эксплуатации сооружения $t_э$;

$\bar{t}_c, \bar{t}_э$ и $\bar{B}_c, \bar{B}_э$ – интенсивность касательных напряжений от единичных сил и параметры, равные среднеинтегральной по времени температуре, соответственно во время строительства и эксплуатации сооружения.

В расчетах по формулам (23-24) допускается температуру во время эксплуатации сооружения $\theta_э$ определять по пп. 5.7-5.8 главы СНиП II-Б. 6-66.

Относительная температура, при которой обеспечивается устойчивость сооружения во время строительства, устанавливается по формуле

$$\frac{\theta_э}{\theta_c}=\exp\left(\frac{\lambda}{\varepsilon+m}\ln\frac{t_c}{t_э}\right)\exp\left(\frac{m}{\varepsilon+m}\ln\frac{\lambda+2\bar{n}}{\lambda}\right), \qquad (25)$$

где λ, ε, m – параметры ползучести;

$\bar{n}$ – показатель допустимого темпа нагружения.

Предусмотренный в проекте организации работ рост нагрузок должен проверяться расчетом, если показатель допустимого темпа

нагружения больше единицы.

4.21. Несущая способность фундамента $\phi(t)$ в момент времени t, отсчитываемый от начала нагружения, оценивается по формуле

$$\phi(t) = P_c\, u\, h_c \exp\left(\bar{n} \ln \frac{t}{t_c}\right) \qquad (26)$$

где U и h_c – периметр и длина вмороженной части сваи во время строительства.

5. ТРЕБОВАНИЯ К ИЗМЕРЕНИЯМ ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА ИЗМЕРЕНИЙ

5.1. Нормативные сопротивления фундаментов, деформативные свойства системы "свая-основание", "штамп-основание" и коэффициенты условий работы устанавливаются на основе измерения нагрузок, осадок и температуры грунта.

5.2. Измерения производятся с помощью:

- динамометров, контрольных грузов и манометров, обеспечивающих определение нагрузок с точностью 50 кг и менее;
- индикаторов, деформометров или прогибомеров, обеспечивающих определение осадок с точностью 0,05 и менее;
- термометров или терморезисторов, позволяющих определить температуры грунта с точностью 0,1°С;
- часов общего назначения или отметчиков времени, обеспечивающих фиксирование времени испытания с точностью не более 0,5 мин.

Периодичность снятия отсчетов зависит от вида нагрузок и оговаривается программой испытания.

5.3. Осадки измеряются на каждой ступени нагрузок, отсчеты снимаются последовательно через 5, 10, 20, 30, 60 мин. и далее на протяжении 6-10 часов через каждые 2 час. При переходе осадок в стадию прогрессирующего течения отсчеты берутся через 60,30, 20 мин.

5.4. Температура измеряется в поверхностном слое сезонного оттаивания и промерзания и в толще мерзлых грунтов в точках, расположенных не менее, чем через 0,5-1,0 м и с учетом требований

п. 2.2 настоящих Рекомендаций.

5.5. При испытании свай или штампов переменными нагрузками необходимо контролировать заданный закон изменения нагрузок и по результатам измерений строить синхронные по времени зависимости для нагрузок, осадок и температур грунта.

5.6. Первичная обработка измерений состоит в определении:

а) среднеинтегральной по времени нагрузки

$$N_i = \frac{1}{\tau_i} \sum_{j=1}^{q} N_{i,j} \Delta \tau_j , \qquad (27)$$

где τ_i - продолжительность испытания;

q - число j-ых интервалов времени, на при изменчивостью нагрузок можно пренебречь;

$\Delta \tau_j$ - длительность j-го интервала;

$N_{i,j}$ - величина нагрузки на i-ом интервале;

б) среднеинтегральной по толще мерзлых температуры в заданные моменты времени

$$\theta_j = \frac{1}{h+h'} \sum_{i=1}^{q} \theta_i \Delta h_i , \qquad (28)$$

где $h+h'$ - длина вмороженной части сваи с учетом требования пп. 2.2 и 5.4;

θ_i - температура i-го слоя вечномерзлого грунта мощностью Δh_i, на которые разбивается глубина $h+h'$;

q - количество участков, внутри которых измеряется температура;

в) среднеинтегральной по времени температуры грунта

$$(\theta_j \Delta t_j) = \frac{1}{\tau_i} \sum_{j=1}^{q} \theta_j \Delta t_j , \qquad (29)$$

где τ_i - продолжительность испытания;

q - число интервалов времени, на которых изменчивостью температур можно пренебречь;

θ_j - среднеинтегральная по толще мерзлых грунтов температура в j-ый интервал времени испытания;

Δt_j - длительность j-го интервала испытания;

г) времени до разрушения

$$t_i^* = exp - \frac{a_i - a_i'}{b_i' - b_i} \qquad (30)$$

где a_i, b_i – вспомогательные коэффициенты, характеризующие наклонение деформации на стадии затухающей ползучести;

a_i', b_i' – то же, на стадии прогрессирующего течения.

5.7. Вспомогательные коэффициенты определяются по формулам

$$a = \frac{1}{n}\left(\sum_1^n y - b\sum_1^n x\right), \qquad (31)$$

$$b = \frac{n\sum_1^n xy - \left(\sum_1^n x\right)\left(\sum_1^n y\right)}{n\sum_1^n x^2 - \left(\sum_1^n x\right)^2}, \qquad (32)$$

где n – число опытных точек;

a – коэффициент, равный ординате, при $X = 0$;

b – тангенс угла наклона спрямленной кривой;

x, y – координаты спрямления, принимаемые по пп.2.9, 3.7, 4.14 настоящих Рекомендаций.

5.8. По результатам контроля пробных нагрузок и измерения температуры грунта устанавливаются фактические отклонения от заданного режима нагружения. Нагрузки и температуры относятся к постоянным, если в начале, конце и середине испытания на заданной ступени нагрузок результаты измерений отличаются не более, чем на 5–10 проц.

5.9. Требования Рекомендаций распространяются на испытание образцов грунта и горных пород в условиях ползучести.

Приложение I

КИНЕТИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

I. Общая форма кинетических уравнений определяется условиями длительной прочности мерзлых грунтов и строится методами термодинамики необратимых процессов.

2. При построении кинетических уравнений решаются две самостоятельные задачи:

а) выбор параметров, характеризующих состояние мерзлого грунта;

б) вывод кинетического уравнения для обобщенных характеристик деформативных свойств.

3. Кинетическое уравнение включает физический закон накопления деформаций. В качестве физического закона рекомендуется использовать теорию течения. Восстанавливающие деформации могут специально не выделяться. Релаксационные явления (снижение напряжений при постоянной упругопластической деформации и восстановление напряженного состояния после разгрузки и фиксирования остаточных деформаций) учитываются неявно.

4. Теория течения должна применяться в форме

$$\mathcal{D}_{ij} = \frac{1}{2} f(\tau, \theta, \tau)\, \mathcal{D}_{ij} , \qquad (1)$$

где $\mathcal{D}_{ij}$ и $\mathcal{D}_{ij}$ – девиаторы скоростей деформаций и напряжений;

$f(\tau,\theta,\tau)$ – функция интенсивности касательных напряжений (τ), температуры (θ) и времени (τ)

$$f(\tau,\theta,\tau) = \psi(\tau)\, B(\theta)\, \psi'(\tau), \qquad (2)$$

отражающая переменную вязкость грунта.

В формуле (2)

$\psi(\tau)$ – функция напряженного состояния

$$\psi(\tau) = \tau^{\frac{1}{m}-1}, \qquad (3)$$

$B(\theta)$ – функция температуры, учитывающая влияние температуры грунта на скорость накопления деформаций;

$$B(\theta) = a^{-\frac{1}{m}} (1+|\theta|)^{-\frac{\varepsilon}{m}}, \qquad (4)$$

$\psi'(\tau)$ – ядро ползучести

$$\psi'(\tau) = \frac{\lambda}{m}\tau^{\frac{\lambda}{m}-1}. \qquad (5)$$

(Здесь и в дальнейшем m – коэффициент упрочнения, $\omega, \kappa, |\theta|_0, \lambda$ – параметры ползучести, которые являются характеристиками деформативных свойств).

5. При $\psi'(\tau)=1$ и $m=\frac{1}{n}$ функция $f(\tau,\theta,\tau)$ физического закона (1) описывает течение льда с постоянной скоростью и может быть выражена формулой

$$f(\tau,\theta,\tau) = \frac{K_\Lambda \tau^{n-1}}{\tau+|\theta|}, \qquad (6)$$

где K_Λ – параметр ползучести льда.

Параметры ползучести льда и мерзлых грунтов связаны зависимостью

$$K_\Lambda = \omega^{-n}(1+|\theta|)^{1-\kappa n}. \qquad (7)$$

6. Номенклатурные признаки мерзлых пород оказывают влияние на параметры ползучести. Поэтому все функции физического закона накопления деформаций должны определяться по материалам региональных обобщений или из испытаний на конкретных площадках. Параметры ползучести должны учитывать влажность-льдистость, плотность и засоленность грунтов, их происхождение, а для свай – дополнительно технологию погружения и условия их вмораживания.

7. Физическому закону (1) соответствует кинетическое уравнение

$$\int_0^{t^*}\left[P(\tau)\bar{\tau}(\tau)\right]^{2/m}\bar{B}(\theta,\tau)\psi'(\tau)\,d\tau = K^{2/m}\bar{B}(\theta)\gamma(t), \qquad (8)$$

где t^* – время до разрушения, характеризующее наступление стадии прогрессирующего течения;

$P(\tau)$ – закон изменения нагрузок;

$\bar{\tau}(\tau)$ – закон изменения интенсивности касательных напряжений от единичных сил;

$\bar{B}(\theta,\tau)$ – функция зависимости по времени температуры

$$\bar{B}(\theta,\tau) = \bar{\omega}^{\frac{1}{m}}(1+|\theta(\tau)|)^{\frac{\kappa}{m}}\left[\theta(\tau)\right]^{-\frac{1}{m}}; \qquad (9)$$

R – нормативное сопротивление грунта данному виду нагрузок;

$\bar{B}(\theta)$ – функция температуры

$$\bar{B}(\theta)=\omega^{\frac{1}{m}}\left(1+|\theta|\right)^{\frac{k}{m}}\theta^{-1}; \qquad (10)$$

$\psi(t)$ – интеграл ядра ползучести для срока службы сооружения.

8. Применительно к расчету и испытанию сваи функции температуры $\bar{B}(\theta)$ и $\bar{B}(\theta,\tau)$ должны рассматриваться как среднеинтегральные по длине вмороженной части сваи, а эпюра интенсивности напряжений может приниматься по решению задачи о напряженном состоянии или по экспериментальным данным, получаемым с помощью тензометрии.

9. При расшифровке материалов испытаний свай на вертикальные нагрузки допускается сопротивление грунта под нижним торцом сваи специально не выделять. Это допущение приводит к уравнению следующего вида:

$$\int_0^{t^*}\left[\frac{N(\tau)}{Uh}\right]^{2/m}\bar{B}(\theta,\tau)\psi'(\tau)d\tau=\left(\frac{\Phi}{Uh}\right)^{2/m}\bar{B}(t)\psi(t), \qquad (11)$$

где $N(\tau)$ – закон изменения пробной нагрузки;

U и h – периметр и длина вмороженной части сваи;

Φ – несущая способность основания при постоянной нагрузке и температуре.

Остальные обозначения в формуле (11) соответствуют зависимостям (2 – 10).

10. Правая часть уравнения (11) представляет собой укрупненную константу, инвариантную различным режимам нагружения. Поэтому вместо (11) можно записать

$$\int_0^{t^*}\left[\frac{N(\tau)}{Uh}\right]^{2/m}\bar{B}(\theta,\tau)\psi'(\tau)d\tau=C_1, \qquad (12)$$

где функция температуры зависит от среднеинтегральной по толще мерзлых грунтов температуры.

11. Более простая форма зависимости (11) имеет вид

$$\int_0^{t^*}\frac{N(\tau)S(\tau)}{U^2h\theta(\tau)}d\tau=C_2, \qquad (13)$$

где $\dot{S}(\tau)$ - скорость осадки сваи;

$\theta(\tau)$ - функция времени для среднеинтегральной по длине сваи температуры;

C_2 - новая укрупненная константа.

12. Укрупненные константы C_1 и C_2 производны от деформативных свойств и могут рассматриваться как обобщенные характеристики длительной прочности мерзлых грунтов в кинетических уравнениях первого и второго типа.

Приложение 2

ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ КИНЕТИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

1. Для постоянных нагрузок и температур решение уравнения (12) может быть записано следующим образом

$$\left(\frac{N}{Uh}\right)^{2/m}\bar{B}(\theta)\,t^{*\lambda/m}=C_1 . \qquad (14)$$

Отсюда для свай одного типоразмера, испытанных различными нагрузками, $N_2>N_1$, следует

$$N_1^2\,t_1^{*\lambda}=N_2^2\,t_2^{*\lambda} , \qquad (15)$$

где t_1^*, t_2^* - время до разрушения, определяемое по материалам испытаний.

2. Если в процессе испытания производится последовательная откопка сваи или постепенное формирование чаши протаивания, т.е. поверхность смерзания меняется во времени, решая уравнение (12), переходим к другой формуле для уравнения первого типа

$$\sum_{j=1}^{q}\left(\frac{N_j}{Uh_j}\right)^{2/m}\bar{B}_j(\theta)\,\Delta t_j^{\lambda/m}=C_1 , \qquad (16)$$

где q - количество j-х интервалов длительностью Δt_j, сумма которых составляет полное время до разрушения;

N_j - пробная нагрузка на j-ом интервале испытаний;

Uh_j - поверхность смерзания в j-ый период испытания;

$\bar{B}_j(\theta)$ - функция температуры на j-ом интервале испытаний.

3. Для постоянных нагрузок и температур решение уравнения (13) имеет вид

$$\sum_{j=1}^{q}\frac{N_j^2}{U^2h_j^2\theta_j}\int_0^{\Delta t_j}\dot{S}(\tau)\,d\tau=C_2 , \qquad (17)$$

где $\dot{S}(t)$ - функция времени для скорости осадки свай на j-ой ступени нагрузок.

Приложение 3

КОНСТРУИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ

1. Интегральные функции $J_j, \bar{J}_j$ и $\bar{J}$ учитывают изменение во времени нагрузок $p(\tau)$, интенсивности касательных напряжений $\bar{\tau}(\tau)$ температуры, высоты вмороженной части сваи и конструируются, исходя из общей формы кинетических уравнений первого и второго типа.

2. Интегральная функция J_j относится к кинетическим уравнениям I типа и для штампов составляется по формуле

$$J_j = \int_{t_{j-1}}^{t_j} \left[p(\tau)\bar{\tau}(\tau)\right]^{2m} \bar{B}(\theta,\tau)\dot{S}^{\gamma}(\tau)\,d\tau, \qquad (18)$$

где t_{j-1}, t_j - верхний и нижний пределы интегрирования, принимаемые по условию

$$t_{j-1} - t_j = \Delta t_j\ ,$$
$$\sum_{j=1}^{q} \Delta t_j = t^* = t_c + t_э\ , \qquad (19)$$

где q - число j-ых участков длительностью Δt_j;

t_c - длительность строительного периода;

$t_э$ - срок службы сооружения.

В зависимости от конкретных условий расчета фундаментов формула (18) может иметь пять модификаций, каждая из которых определяется сочетанием функций времени для нагрузок, интенсивности касательных напряжений и температуры грунта.

3. Интегральная функция $\bar{J}_j$ для расчета свай принимается по формуле

$$\bar{J}_j = \int_0^{Ush_j} \int_{t_{j-1}}^{t_j} \left[p(\tau)\bar{\tau}(\tau)\right]^{\frac{n}{m}} \bar{B}(\theta,z,\tau)\dot{S}^{\gamma}(\tau)\,d\tau\,dz\ , \qquad (20)$$

где Ush_j - периметр и высота вмороженной части сваи;

$\bar{\tau}(\tau,z), \bar{B}(\theta,z,\tau)$ - интенсивность касательных напряжений и функция температуры грунта, учитывающая изменения их во времени

и по глубине $z \leq h_j$

4. Нагрузку $P(\tau)$ в формулах (I9 и 20) можно представить как удельное сопротивление по нижнему торцу сваи и по ее боковой поверхности

$$P(\tau) = P_0(\tau) + P_\delta(\tau) \equiv \frac{N_j}{Uh_j}, \qquad (21)$$

где P_0 и P_δ – удельное сопротивление мерзлых грунтов по нижнему торцу сваи площадью F и по боковой поверхности смерзания площадью Uh_j;

N_j – расчетная нагрузка.

Внося P_0 и P_δ в (I9 и 20), получим

$$J_j = J_{j,0} + J_{j,\delta}, \qquad (22)$$

где $J_{j,0}$; $J_{j,\delta}$ – определяются по формулам (I9 и 20) с заменой $P(\tau)$ соответственно на $P_0(\tau)$ и $P_\delta(\tau)$.

Формула (22) позволяет расчеты свайных фундаментов проводить с учетом изменения во времени соотношения между нагрузками, отнесенными к нижнему торцу и к боковой поверхности сваи. Дополнительное условие, учитывающее перераспределение нагрузок, следует из (22)

$$\frac{dP_0(\tau)}{d\tau}F + \frac{dP_\delta(\tau)}{d\tau}Uh_j = 0, \qquad (23)$$

и характеризует связь между скоростями перераспределения нагрузок и размерами сваи.

5. Интегральные функции $\bar{J}_j$ и $\bar{J}$ относятся к уравнениям второго типа и для штампов диаметром D составляются по формулам

$$\bar{J}_j = \frac{1}{D}\int_{t_{j-1}}^{t_j} \frac{P(\tau)\dot{S}_j(\tau)}{\theta(\tau)}\,d\tau \qquad (24)$$

$$\bar{J} = \frac{1}{D}\int^{\tau^*} \dot{S}(\tau)\,d\tau, \qquad (25)$$

где $\dot{S}_j(\tau)$ и $\dot{S}(\tau)$ – скорость осадок на j-ом участке эксплуатации сооружения и при нормативных сопротивлениях основания.

Верхние и нижние пределы интегрирования в формулах (24 и 25) принимаются по условию (I9).

Формула (25) может иметь две дополнительные модификации

в зависимости от сочетания функций времени для нагрузок и температуры грунта.

6. Для расчетов свайных фундаментов интегральная функция вычисляется по формуле

$$\bar{J}_j = \frac{1}{U}\int_0^{h_j}\int_{t_{j-1}}^{t_j} \frac{P(\tau, z)}{\theta(\tau, z)}\, d\tau\, dz, \qquad (26)$$

где U и h_j периметр и высота вмороженной части сваи на j-ом участке эксплуатации сооружения;

$P(\tau, z), \theta(\tau, z)$ - нагрузка и температура с учетом изменения их во времени и по глубине $z \leq h_j$

Для функции $\bar{J}$ в (26) принимается $P(\tau, z) = P(z)$ и $\theta(\tau, z) = \vartheta(z)$.

Учет перераспределения нагрузок между нижним торцом и боковой поверхностью сваи производится по формулам (21 - 23).

7. Интенсивность касательных напряжений $\bar{\tau}_j(\tau)$, скорость осадок $\dot{S}_j(\tau)$ и $\dot{S}(\tau)$ должны удовлетворять в статических задачах условию равновесия, а в динамических - условию движения системы "штамп-основание" или "свая-основание".

Расчеты рекомендуется выполнять с помощью ЭВМ.

Содержание

		стр.
	Введение	3
1.	Общие положения	4
2.	Определение нормативных сопротивлений мерзлых грунтов и подземного льда	4
3.	Определение характеристик деформативных свойств системы "свая-основание" или "штамп-основание"	9
4.	Определение коэффициентов условий работы	II
5.	Требования к измерениям. Первичная обработка измерений	18
	Приложения	
1.	Кинетические уравнения и их классификация	21
2.	Частные случаи кинетических уравнений	24
3.	Конструирование интегральных функций	25

Рекомендации по испытанию фундаментов на вечномерзлых грунтах пробными нагрузками

Отв. за выпуск Л.Н.Бубенцова
Корректор Т.Л.Попова
Подписано к печати I февраля 1974 г.

Объем I,36 уч.-изд.л., I,75 печ.л. Тираж 500 экз.
АЛ 06090 Цена I4 коп. Заказ №224

Печатно-графический цех
института "Красноярский промстройниипроект"
Красноярск, пр. Свободный, 75

gost.e-ecolog.ru