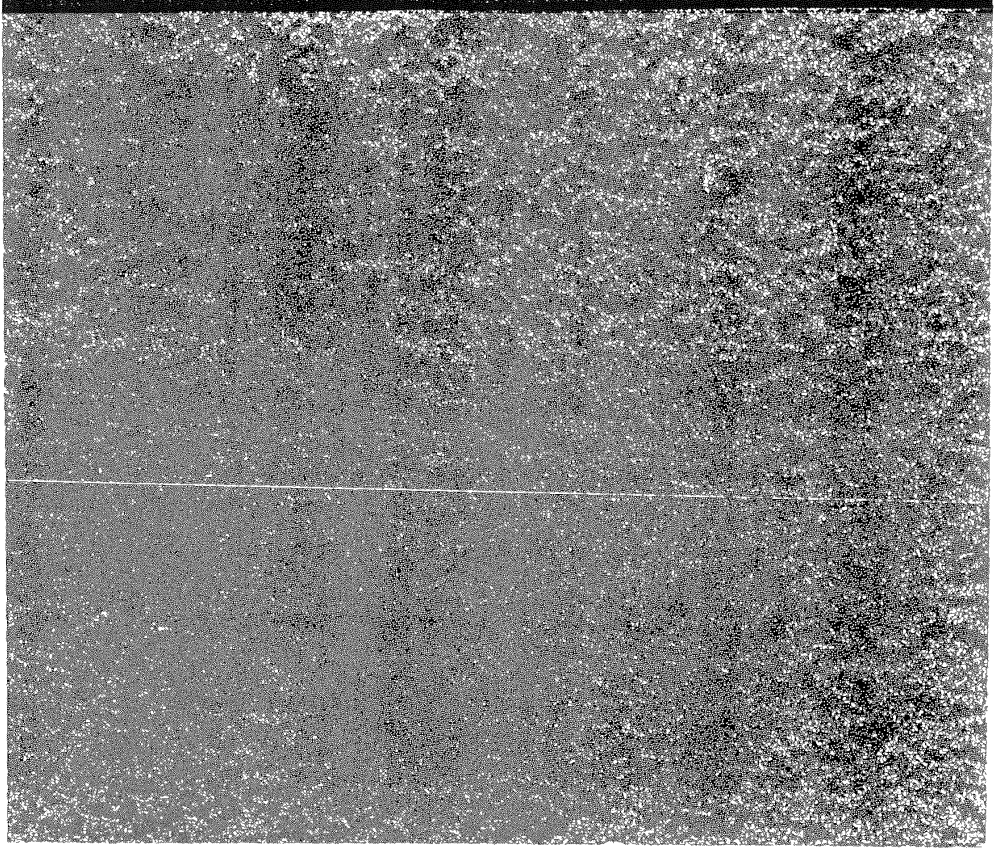
РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО УСТРОЙСТВУ И РАСЧЕТУ ОСНОВАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛОКАЛЬНОГО ОТТАИВАНИЯ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ КРУПНО-ОБЛОМОЧНЫХ ГРУНТОВ

ОРДЕНА
ТРУДОВОГО
КРАСНОГО
ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ
ОСНОВАНИЙ
И ПОДЗЕМНЫХ
СООРУЖЕНИЙ
ИМ. Н.М. ГЕРСЕВАНОВА
ГОССТРОЯ СССР



gost.e-ecolog.ru

ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ
ОСНОВАНИЙ
И ПОДЗЕМНЫХ
СООРУЖЕНИЙ
ИМ. Н.М. ГЕРСЕВАНОВА
ГОССТРОЯ СССР



РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСТРОЙСТВУ И РАСЧЕТУ ОСНОВАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛОКАЛЬНОГО ОТТАИВАНИЯ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ КРУПНООБЛОМОЧНЫХ ГРУНТОВ

МОСКВА
1983

УДК 624.139

Рекомендации содержат основные положения по устройству и расчетам оснований и фундаментов на вечномерзлых крупнообломочных грунтах с их предварительным локальным оттаиванием. Приводятся необходимые для расчетов данные по деформационно-прочностным свойствам оттаянных крупнообломочных грунтов и сведения по технологии производства работ.

Рекомендации разработаны канд.геол.-минерал.наук Д.И.Федоровичем, канд.техн.наук В.Ф.Куковым (НИИОСП), канд.техн.наук В.Б.Петренко (УкрвостокГИИНТИЗ) и инж. М.И.Виниковским (ГПИ Укргорстройпроект) под редакцией д-ра техн.наук, проф.С.С.Вялова.

Замечания и предложения просьба направлять по адресу: 109389, Москва, Ж-389, 2-я Институтская д.6, НИИ оснований и подземных сооружений имени Н.М.Герсеванова.

© Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт оснований и подземных сооружений имени Н.М.Герсеванова, 1983

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящие Рекомендации составлены к главе СНиП II-I8-76 "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах" и распространяются на устройство фундаментов зданий и сооружений, возводимых на вечномерзлых крупнообломочных грунтах при использовании их в качестве оснований по принципу II (в оттаянном и оттаивающем состояниях), включая проектирование и расчеты оснований с предварительным локальным оттаиванием этих грунтов.

I.2. Основные положения рекомендаций могут быть использованы также при проектировании и устройстве фундаментов на оттаивающих гравелистых песках и других грунтах, осадки которых происходят практически одновременно с оттаиванием, а внутрипоровое давление и процессы фильтрационной консолидации не имеют существенного значения.

I.3. Рекомендации не распространяются на пылеватые и глинистые грунты с крупнообломочными включениями, заторфованные грунты, а также на выветрелые скальные и полускальные породы и крупноглыбовый элювий коренных пород.

I.4. Строительство зданий и сооружений на предварительно оттаянных и оттаивающих в процессе их эксплуатации грунтах должно осуществляться по индивидуальным или специальным типовым проектам с привязкой последних к местным грунтовым условиям с учетом принятого способа подготовки оснований. В типовых проектах зданий с усиленной жесткостью должны даваться значения максимально допустимых для них осадок оттаивающего основания и их неравномерности. Для зданий и сооружений, конструкции которых не рассчитаны на дополнительные усилия, предельно допустимые деформации основания принимаются по таблицам действующих норм.

I.5. Для проектирования оснований и фундаментов с применением предварительного локального оттаивания вечномерзлых крупнообломочных грунтов и других специальных мероприятий, направленных на сокращение объемов предварительно оттаиваемого грунта, программа изысканий должна включать выполнение специальных опытных работ в составе и объемах, предусмотренных настоящими Рекомендациями. Программа опытных работ и состав дополнительно определяемых характеристик грунта должны быть согласованы с проектной организацией.

II. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ КРУПНООБЛОМОЧНЫХ ГРУНТОВ

2.I. Номенклатура и условия залегания крупнообломочных грунтов

2.I.I. В соответствии с ГОСТ 25I00-82 "Грунты. Классификация" к крупнообломочным грунтам относятся грунты, содержание по массе более 50% обломков кристаллических или осадочных пород с размером частиц более 2 мм. В зависимости от гранулометрического состава и степени окатанности обломков крупнообломочные грунты подразделяются на виды согласно табл.I.

Таблица I. Подразделение крупнообломочных грунтов

Вид крупнообломочного грунта	Распределение частиц по крупности, в % от веса сухого грунта
Валунный грунт (при преобладании неокатанных частиц - глыбовый).....	Масса частиц крупнее 200 мм составляет более 50%
Галечниковый грунт (при преобладании неокатанных частиц - щебенистый).....	Масса частиц крупнее I0 мм составляет более 50%
Гравийный грунт (при преобладании неокатанных частиц - дресвяный)	Масса частиц крупнее 2 мм составляет более 50%

2.I.2. При наличии в крупнообломочных грунтах песчаного заполнителя более 40% или глинистого заполнителя более 30%, а для вечномерзлых грунтов вне зависимости от содержания заполнителя в наименовании грунта должно приводиться также наименование заполнителя с выделением при этом грунтов с песчаным, супесчаным, суглинистым и глинистым заполнителем (по числу пластичности заполнителя).

2.I.3. Среди вечномерзлых крупнообломочных грунтов выделяют сыпучемерзлые, льдистые и сильнольдистые грунты. К сыпучемерзлым крупнообломочным грунтам относятся грунты, не сцементированные льдом при их суммарной влажности $W_{tot} < 0,03$. К льдистым крупнообломочным

грунтам относятся грунты с суммарной влажностью $W_{tot} > 0,03$ при льдистости за счет включений льда, в том числе в заполнителе, и в виде корок на отдельных крупных обломках $i_i \leq 0,4$. К сильнольдистым крупнообломочным грунтам относятся грунты с льдистостью за счет включений льда $i_i > 0,4$.

2.I.4. В зависимости от взаиморасположения отдельных крупных обломков и степени заполнения пространства между ними льдом и мелкодисперсным заполнителем мерзлые крупнообломочные грунты различаются по их криогенной текстуре и характеру упаковки крупнообломочного материала.

2.I.5. Криогенная текстура вечномерзлых крупнообломочных грунтов подразделяется в соответствии с ГОСТ 25100-82 "Грунты. Классификация". При этом дополнительно выделяются шировая, пластово-блочная и корковая текстуры. По характеру льда, цементирующего отдельные обломки, различают грунты с контактным, поровым и базальным льдом-цементом. Грунты с корковым и базальным льдом-цементом с коэффициентом упаковки крупнообломочного материала $K_p > 0$ (см.п.2.2.9) относятся к распученным льдом грунтам, отличающимся при оттаивании значительной просадочностью и неустойчивым посткриогенным сложением.

2.I.6. По особенностям залегания и условиям образования вечномерзлые крупнообломочные грунты подразделяются на элювиальные, делювиальные, пролювиальные, аллювиальные, водно-ледниковые и смешанного происхождения.

2.I.7. Элювиальные образования являются продуктами разрушения скальных и полускальных пород, оставшимися на месте своего образования и сохранившими в той или иной мере структуру исходных пород. Они, как правило, слагают верхние горизонты геологического разреза и широко распространены на водоразделах и в других местах выхода коренных пород. По гранулометрическому составу они очень неоднородны и представлены неокатанным крупноглыбовым и дресвяно-щебенистым материалом с супесчаным и суглинистым заполнителем. В мерзлом состоянии для них характерно наличие коркового льда и льда, заполняющего трещины и пустоты между отдельными обломками.

2.I.8. Делювиальные и пролювиальные образования представляют переотложенные продукты разрушения и выветривания коренных пород. В районах вечной мерзлоты в их формировании значительная роль принадлежит солифлюкционным и другим криогенным процессам и явлениям. Эти отложения приурочиваются к склонам горных долин, сопок и логов и

обычно предоставлены плохо отсортированным неокатанным и слабоокатанным крупнообломочным материалом с песчано-глинистыми прослоями, нередко переувлажненными и содержащими лед. В основаниях осыпей и пролювиальных конусов выноса встречаются погребенные льды.

2.I.9. Крупнообломочные грунты аллювиальных отложений широко распространены в долинах рек, межгорных понижениях и других аналогичных формах рельефа, слагая здесь пойменные и надпойменные террасы и другие геоморфологические элементы. Они обычно образуют достаточно выдержанные по мощности и составу горизонты, залегающие у поверхности или под слоем наносов различной толщины и, в основном, представлены хорошо окатанным крупнообломочным материалом валунно-галечникового и гравийно-галечникового состава с песчаным и суглинистым заполнителем. В мерзлом состоянии эти грунты нередко значительно расцучены льдом, содержащимся в заполнителе, а также в виде корок на отдельных обломках. В толще этих грунтов могут встречаться прослои и линзы льда.

2.I.I0. Верхняя трещиноватая зона вечномерзлых скальных и полускальных пород, крупнообломочные включения мерзлого аллювия и делювия при оттаивании могут существенно изменять свои физические и механические свойства вплоть до распада крупных агрегатов. Этому наиболее подвержены полускальные породы, а также темные кристаллические породы бескварцевого (основного) состава. Поэтому в геологической документации должны содержаться данные о петрографическом составе обломков, степени их выветрелости и подверженности посткриогенным изменениям.

2.I.II. По сравнению с другими видами вечномерзлых грунтов крупнообломочные грунты характеризуются относительно быстрым протаиванием при изменении внешних условий, что обусловливается их относительно малым влагосодержанием и повышенной фильтрационной способностью. Для участков, сложенных этими грунтами, характерно наличие термокарста и быстрое развитие процессов фильтрационного протаивания под действием поверхностных и сточных вод.

2.2. Деформационно-прочностные характеристики крупнообломочных грунтов

2.2.I. Вечномерзлые крупнообломочные грунты могут использоваться в качестве оснований в мерзлом, оттаявшем и оттаивающем состоянии-

ях. В зависимости от этого предъявляются разные требования к составу, объемам и методам определения необходимых для проектирования оснований прочностных и деформационных характеристик грунта.

2.2.2. При использовании вечномерзлых крупнообломочных грунтов в качестве оснований по принципу I (с сохранением их мерзлого состояния) в состав необходимых для проектирования расчетных характеристик входят: расчетное давление на мерзлый грунт, расчетное сопротивление мерзлых грунтов по поверхности смерзания фундаментов и расчетное сопротивление мерзлых грунтов сдвигу по грунту или грунтовому раствору. Значения этих характеристик устанавливаются в зависимости от температуры грунта согласно положениям главы СНиП II-18-76.

2.2.3. При использовании вечномерзлых крупнообломочных грунтов в качестве оснований по принципу II для расчета оснований и фундаментов необходимо иметь данные о деформационно-прочностных характеристиках грунтов в оттаявшем и оттаивающем состояниях.

2.2.4. Основными прочностными характеристиками оттаявших и оттаивающих вечномерзлых грунтов являются угол внутреннего трения φ и удельное сцепление C, устанавливаемые применительно к двум различным схемам испытания грунтов:

1) медленный сдвиг в условиях завершенной консолидации;

2) быстрый сдвиг без предварительного уплотнения.

Результаты испытаний по первой схеме соответствуют характеру работы грунтов после завершения осадок оттаивания и используются для установления прочностных свойств предварительно оттаявших оснований. Результаты испытаний по второй схеме соответствуют характеру работы грунтов в процессе оттаивания и используются для получения минимальных значений прочностных характеристик оттаивающих в процессе эксплуатации зданий грунтов, а также при применении специальных способов подготовки оттаивающих оснований.

2.2.5. Деформационные свойства оттаявших и оттаивающих грунтов характеризуются коэффициентом оттаивания A_{th} и коэффициентом сжимаемости δ или модулем деформации грунта E. Значения характеристик грунта δ и E связаны между собой зависимостью

$$\delta = \frac{\beta}{E},$$

где β – безразмерный коэффициент, значение которого для крупнообломочных грунтов может приниматься равным 0,8. Коэффициенты оттаивания A_{th} и сжимаемости грунта δ устанавливаются по данным

испытаний грунтов горячим штампом.

Примечание. Здесь и далее приняты буквенные обозначения физических величин согласно стандарту СТ СЭВ 1565-79.

2.2.6. Для расчета оснований при строительстве с допущением оттаивания вечномерзлых грунтов в процессе эксплуатации зданий и сооружений, а также при применении способов локального оттаивания грунтов (см.раздел 3 настоящих рекомендаций) и других специальных мероприятий по подготовке оттаивающих оснований в состав определяемых при изысканиях расчетных характеристик грунта должны дополнительно входить: начальное просадочное давление P_{sl}, коэффициент упаковки K_p, показатель устойчивости n и коэффициент бокового давления оттаивающего грунта ξ.

2.2.7. Начальное просадочное давление P_{sl} характеризует прочность оттаивающего грунта в разуплотненном посткриогенном сложении. Для оттаивающих грунтов за значение P_{sl} принимается то давление, соответствующее:

при полевых испытаниях грунтов горячим штампом давлению, равному начальному участку линейной зависимости между осадкой и нагрузкой при относительной осадке не более 0,01;

при испытаниях грунтов на опытных площадках природному (бытовому) давлению на глубине, с которой начинается просадка протаивающего грунта под собственным весом.

Ориентировочные значения начального просадочного давления для основных видов грунтов приведены в табл.2.

Таблица 2. Значения начального просадочного давления P_{sl}

Грунт	P_{sl}, МПа
Крупнообломочный дресвяно-щебенистый с супесчаным заполнителем	0,12 - 0,15
То же, с суглинистым заполнителем	0,1 - 0,12
Крупнообломочный гравийно-галечниковый с супесчаным заполнителем	0,08 - 0,1
То же, с суглинистым заполнителем	0,07 - 0,09
Пески и супеси	0,06 - 0,07
Суглинки и глины	0,05 - 0,06

2.2.8. Коэффициент упаковки K_p выражает влияние гранулометрического состава и структурных особенностей крупнообломочного грун-

та на его прочностные свойства. Значение коэффициента упаковки определяется на основании полевой документации и гранулометрического анализа грунтов по формуле:

$$K_p = \frac{a_m - d_m}{d_m}, \qquad (2.2)$$

где a_m и d_m – соответственно среднее расстояние между центрами и средний диаметр крупнообломочных частиц. При $K_p > 0$ крупные обломки разделены мелкодисперсным заполнителем или льдом и непосредственно не соприкасаются между собой. При $K_p < 0$ обломки соприкасаются или заходят друг на друга, образуя жесткий скелет.

2.2.9. Показатель устойчивости оттаивающего грунта n характеризует его способность сохранять начальное посткриогенное сложение без проявления тепловых осадок. Для крупнообломочных грунтов показатель устойчивости зависит от коэффициента упаковки грунта K_p, его криогенной текстуры и свойств заполнителя.

При значении коэффициента упаковки $K_p < 0$ все крупнообломочные грунты могут быть отнесены к категории устойчивых. При значении $K_p > 0$ показатель устойчивости крупнообломочного грунта n устанавливается по материалу заполнителя

$$n = \frac{e_f - e_o}{e_f - e_p}, \qquad (2.3)$$

где e_f – коэффициент пористости заполнителя, соответствующий его начальному мерзлому состоянию;

e_o и e_p – коэффициенты пористости оттаянного заполнителя при нагрузке соответственно равной нулю и начальному просадочному давлению P_{sl}.

Условно можно принимать, что при $n < 0,3$ грунты относятся к категории устойчивых при оттаивании; при $n > 0,3$ – к категории неустойчивых. Для ориентировочных оценок этого показателя можно пользоваться данными табл.3.

Таблица 3. Значения показателя устойчивости n

Криогенная текстура заполнителя	Показатель устойчивости n			
	пески пылеватые	супеси	суглинки	глина
Массивная с мелкими кристаллами льда	0,8	0,2	0,1	0,1
Мелкослоисто-сетчатая	0,7	0,8	0,2	0,2
Среднеслоисто-сетчатая	0,8	0,4	0,3	0,7
Крупнослоисто-сетчатая	1,0	0,8	0,7	0,7
Шлировая	*	0,7	0,6	0,4

2.2.10. Под коэффициентом бокового давления ξ понимается соотношение между вертикальным и горизонтальным напряжением в сжимаемом под нагрузкой грунте. Значение ξ зависит от условий деформируемости грунта.

Для несвязных грунтов при возможности бокового расширения грунта (при нагрузке в нежесткой обойме)

$$\xi = \frac{1-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}\ ; \qquad (2.4)$$

при отсутствии возможности бокового расширения грунта (при нагрузке в жесткой обойме)

$$\xi' = 1-\sin\varphi, \qquad (2.5)$$

где φ – угол внутреннего трения.

В связи с большой ролью структурных особенностей и других факторов значения ξ и ξ' для реальных грунтов могут существенно отличаться от вычисленных по формулам (2.4) и (2.5) ,поэтому их следует определять экспериментально.

Ориентировочные значения ξ и ξ' для грунтов различных видов при полном водонасыщении приведены в табл.4.

Таблица 4. Значения коэффициента бокового давления ζ и ζ'

Грунт	Коэффициент ζ	Коэффициент ζ'
Крупнообломочный древесно-щебенистый с супесчаным заполнителем	0,2	0,25
То же, с суглинистым заполнителем	0,3	0,35
Крупнообломочный гравийно-галечниковый с супесчаным заполнителем	0,35	0,4
То же, с суглинистым заполнителем	0,4	0,45
Пески и супеси	0,3	0,45
Суглинки	0,4	0,6
Глины	0,5	0,7

2.2.II. Механические и физические характеристики крупнообломочных грунтов должны устанавливаться по данным их экспериментальных определений в полевых условиях путем испытаний грунтов в шурфах горячими штампами, сдвигами целиков и обойм грунта, обрушением и выпиранием прислоненных призм, оттаиванием грунтов на опытных площадках с послойным наблюдением за их осадками с помощью глубинных и поверхностных марок, а также путем испытаний свай статическими и динамическими нагрузками.

2.2.I2. При проведении испытаний крупнообломочных грунтов следует руководствоваться Рекомендациями по определению прочностных и деформационных характеристик крупнообломочных и полускальных грунтов (М., НИИ оснований и подземных сооружений, 1983) и Методическими рекомендациями по испытаниям мерзлых грунтов горячим штампом в полевых условиях (М., НИИ оснований и подземных сооружений, 1983).

Для полевых сдвиговых испытаний целиков оттаивающих крупнообломочных грунтов рекомендуется применять специальную сдвиговую установку УСП-1250 (Ф-2) с обогревателем, разработанную НИИ оснований и подземных сооружений и институтом Фундаментпроект.

2.2.I3. Методика и схемы испытания оттаивающих грунтов должны обеспечивать получение данных о их прочностных свойствах в условиях, предусмотренных п.2.2.4.

2.2.I4. Лабораторные определения деформационно-прочностных свойств крупнообломочных грунтов дают, как правило, недостаточно надежные результаты и подлежат обязательной корректировке данными полевых испытаний грунтов. Для определения прочностных характеристик крупнообломочных грунтов в лабораторных условиях необходимо применять срезные приборы и приборы трехосного и одноосного сжатия с отношением диаметра к максимальному размеру крупнообломочного материала испытуемого образца не менее 5:I.

2.2.I5. Для проектирования и расчета мероприятий по предпостроечному оттаиванию вечномерзлых грунтов оснований при полевых исследованиях должны дополнительно определяться коэффициент фильтрации оттаивающего грунта, степень его уплотнения под собственным весом и динамическими воздействиями, интенсивность оттаивания открытыми и закрытыми нагревателями и другие физические характеристики согласно „Рекомендациям по проектированию и устройству оснований и фундаментов с предпостроечным оттаиванием вечномерзлых грунтов" (М., НИИ оснований и подземных сооружений, I974).

2.2.I6. В случаях устройства оснований и фундаментов с применением локального оттаивания грунтов программой изысканий должно предусматриваться выполнение специальных опытных работ и испытаний свай по специальной методике согласно прил.I настоящих Рекомендаций. Число испытуемых свай должно составлять I-2% от общего числа свай, но не менее 3 для каждого здания.

2.2.I7. При отсутствии экспериментальных определений деформационно-прочностных характеристик крупнообломочных грунтов допускается на стадии предварительных расчетов оснований принимать значения этих характеристик по косвенным данным, исходя из корреляционных связей их с физическими свойствами грунта и его составом.

2.2.I8. Для неокатанных крупнообломочных грунтов в условиях завершенной консолидации после оттаивания значения прочностных характеристик φ и c приблизительно можно принимать по данным табл.5 как для немерзлых грунтов, а для аналогичных оттаивающих грунтов в условиях незавершенной консолидации - по данным табл.6.

2.2.I9. Для назначения прочностных характеристик окатанных крупнообломочных грунтов приведенные в таблицах 5 и 6 значения φ и c уменьшаются на поправочные коэффициенты K_φ и K_c, устанавливаемые согласно „Методике оценки прочности и сжимаемости крупнообломочных

Таблица 5. Значения прочностных характеристик C, МПа, и φ, град, для неокатанных крупнообломочных грунтов (медленный сдвиг в условиях завершенной консолидации)

Заполнитель	Показатель текучести заполнителя	Характеристика	Содержание крупнообломочных фракций, %				
			50	60	70	80	90
Супесь	$0 < J_L \leq 0{,}75$	C	0,009	0,008	0,007	0,005	0,005
		φ	43	44	45	46	46
Суглинок	$0{,}25 < J_L \leq 0{,}5$	C	0,014	0,012	0,011	0,009	0,007
		φ	38	40	42	44	45
	$0{,}5 < J_L \leq 0{,}75$	C	0,008	0,007	0,006	0,005	0,004
		φ	36	39	42	44	45
Глина	$0{,}25 < J_L \leq 0{,}5$	C	0,017	0,015	0,013	0,011	0,008
		φ	31	36	39	42	44
	$0{,}5 < J_L \leq 0{,}75$	C	0,010	0,009	0,008	0,006	0,005
		φ	30	34	38	41	44

Примечание. Таблица составлена по данным Дальневосточного Промстройниипроекта.

Таблица 6. Значения прочностных характеристик C, МПа, и φ, град, для неокатанных крупнообломочных грунтов (быстрый сдвиг без предварительного уплотнения)

Заполнитель	Показатель текучести заполнителя	Характеристика	Содержание крупнообломочных фракций, %				
			50	60	70	80	90
Супесь	$J_L \leq 1$	C	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002
		φ	28	30	32	34	35
	$J_L > 1$	C	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001
		φ	24	28	32	31	30
Суглинки и глины	$0{,}25 < J_L \leq 0{,}5$	C	0,009	0,007	0,005	0,003	0,003
		φ	26	28	30	32	34
	$0{,}5 < J_L \leq 0{,}75$	C	0,005	0,004	0,004	0,003	0,002
		φ	24	26	28	32	34
	$0{,}75 < J_L \leq 1$	C	0,004	0,003	0,003	0,002	0,001
		φ	20	23	27	30	32
	$J_L > 1$	C	0,003	0,003	0,002	0,001	0,001
		φ	16	20	24	28	31

грунтов" (Владивосток, Дальневосточный Промстройниипроект, 1977). Значение коэффициента K_γ определяется по табл.7 в зависимости от обобщающего показателя физических свойств грунта:

$$K_{tot} = \frac{m_{ff}}{m_{cf}} J_p (1 + J_L), \qquad (2.8)$$

где m_{ff} и m_{cf} – содержание в грунте соответственно мелкодисперсного заполнителя и крупнообломочного материала;

J_p и J_L – число пластичности и показатель текучести заполнителя.

Поправочный коэффициент K_c для значений удельного сцепления С можно принимать равным 0,9.

Таблица 7. Значения коэффициента K_γ

K_{tot}	0,2	0,4	0,6	0,8	I,0
K_γ	0,9	0,92	0,94	0,96	I,0

2.2.20. Значения деформации оттаянных крупнообломочных грунтов Е в условиях завершенной консолидации в стадии предварительных расчетов допускается принимать по табл.8.

Таблица 8. Значения модуля деформации крупнообломочных грунтов Е, Мпа

Заполнитель	Показатель текучести заполнителя	Содержание крупнообломочных фракций, %				
		50	60	70	80	90
Супесь	$0 < J_L \leq 0,25$	50	53	55	57	58
	$0,25 < J_L \leq 0,75$	48	5I	54	56	57
Суглинок	$0 < J_L \leq 0,25$	38	43	47	5I	55
	$0,25 < J_L \leq 0,5$	35	40	45	50	54
	$0,5 < J_L \leq 0,75$	32	38	44	49	53
Глина	$0 < J_L \leq 0,25$	29	35	40	47	52
	$0,25 < J_L \leq 0,5$	26	32	38	45	5I
	$0,5 < J_L \leq 0,75$	23	29	36	43	50

Для учета влияния степени выветрелости крупнообломочного материала в табличные значения E вводится поправочный коэффициент K_E, устанавливаемый по табл.9 в зависимости от показателя K_{tot} и коэффициента истираемости обломков $K_и$. Модуль деформации оттаивающих грунтов для условий незавершенной консолидации устанавливается только по экспериментальным данным.

Таблица 9. Значения коэффициента K_E

Коэффициент истираемости $K_и$	Обобщающий показатель K_{tot}			
	0,I	0,2	0,8	0,4
0,I	I,0	I,0	I,0	I,0
0,2	0,9	0,9	0,95	I,0
0,3	0,8	0,85	0,9	0,95
0,4	0,7	0,8	0,85	0,95

2.2.2I. При содержании в крупнообломочных грунтах более 40% песчано-глинистого заполнителя прочностные и деформационные характеристики крупнообломочного грунта допускается принимать по характеристикам материала заполнителя.

2.2.22. При расчетах природного давления в оттаянных и оттаивающих крупнообломочных грунтах необходимо учитывать взвешивающее действие воды на расчетные значения удельного веса грунта. Удельный вес грунта с учетом взвешивающего действия воды γ_{sb}, Н/м^3, определяется по формуле

$$\gamma_{sb} = g\frac{\rho_s - \rho_w}{1+e}, \qquad (2.9)$$

где g = 9,8 ≃ I0 м/с^2 - ускорение силы тяжести;
ρ_s - плотность минеральных частиц грунта, кг/м^3;
ρ_w = I000 кг/м^3 - плотность воды.
e - коэффициент пористости оттаянного грунта.

III. СПОСОБЫ ПОДГОТОВКИ ОСНОВАНИЙ И УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТОВ

3.1. Строительство зданий и сооружений на вечномерзлых крупнообломочных грунтах может осуществляться при использовании их в качестве оснований по принципу I и по принципу II. Выбор принципа использования этих грунтов зависит от конкретных мерзлотно-грунтовых условий строительной площадки, назначения и характеристики возводимых зданий и сооружений и должен производиться на основании технико-экономического сравнения вариантов и прогнозных теплотехнических расчетов изменения температурного режима грунтов на осваиваемой территории.

3.2. При выборе принципа использования вечномерзлых крупнообломочных грунтов в качестве оснований необходимо учитывать повышенную фильтрационную способность этих грунтов, что при прочих равных условиях значительно затрудняет сохранение их в мерзлом состоянии при застройке территории. Вместе с тем, в процессе оттаивания эти грунты хорошо уплотняются под собственным весом и приобретают высокую несущую способность, что позволяет рассматривать сложенные ими участки в качестве благоприятных для осуществления строительства по принципу II.

3.3. При использовании мерзлых крупнообломочных грунтов в качестве оснований зданий и сооружений по принципу I в проектных решениях должны предусматриваться специальные мероприятия по предотвращению фильтрационного протаивания этих грунтов в основаниях отдельных зданий и сооружений и застраиваемой территории в целом. Вертикальную планировку местности следует осуществлять преимущественно за счет отсыпки территории. Не допускаются срезки наносов, вскрывающие хорошо фильтрующие крупнообломочные грунты, заглубление в них выемок, траншей и коммуникаций, а основания зданий и сооружений, находящихся вблизи возможных путей фильтрации подземных вод, должны быть защищены противофильтрационными завесами и экранами.

3.4. При использовании мерзлых крупнообломочных грунтов в качестве оснований по принципу II строительство может осуществляться:

а) с допущением оттаивания грунтов оснований в процессе возведения и эксплуатации зданий и сооружений;

б) с проведением предварительного оттаивания грунтов оснований и других мероприятий по их улучшению.

3.5. Возможность строительства с допущением оттаивания грунтов основания в процессе эксплуатации здания или сооружения должна быть обоснована расчетом (см.разд.4 настоящих Рекомендаций). Критериями такого расчета являются прочность, устойчивость и трещиностойкость конструктивных элементов здания с учетом дополнительных усилий и напряжений в них, обусловленных деформациями оттаивающего основания.

3.6. В случаях, когда дополнительные напряжения в фундаментных и надфундаментных конструкциях зданий или сооружений от неравномерности осадок основания превышают предельно допустимые значения и не могут быть устранены за счет экономически оправданных конструктивных мероприятий, должны предусматриваться меры по уменьшению осадок оттаивающего основания (предварительное оттаивание, замена просадочных грунтов непросадочными и т.д.). Выбор тех или других мероприятий устанавливается в зависимости от конкретных условий строительства на основании технико-экономического сравнения вариантов. При этом следует иметь в виду, что наиболее экономичные и надежные решения получаются при целесообразном сочетании конструктивных мероприятий (усиление жесткости зданий, разрезка их осадочными швами и т.д.) с мероприятиями по улучшению грунтов оснований со снятием недопустимой части осадок.

3.7. В качестве основного мероприятия по уменьшению или исключению осадок оттаивающего основания, сложенного просадочными при оттаивании крупнообломочными грунтами, является предварительное (до возведения здания или сооружения) оттаивание этих грунтов.

3.8. Предварительное оттаивание вечномерзлых крупнообломочных грунтов может проводиться под всей площадью здания с выходом за его контуры на расчетное расстояние (сплошное оттаивание) либо под отдельными фундаментами или их группами, если это обосновано расчетом основания (локальное оттаивание).

3.9. Способы, глубина и объемы предварительно оттаиваемого грунта устанавливаются расчетом по данным изысканий с учетом характера возводимых зданий, условий залегания крупнообломочных грунтов, их фациальных особенностей и степени уплотнения в процессе оттаивания. При этом должны учитываться технико-экономические факторы и влияние оттаивания на температурный режим оснований соседних зданий и сооружений.

3.10. Проведение сплошного (под всей площадью здания) предварительного оттаивания крупнообломочных грунтов следует предусматривать в случаях их неоднородного состава, при наличии слабоуплотняющихся в процессе оттаивания грунтов этой категории, а также тогда, когда крупнообломочные грунты залегают неглубоко от поверхности и могут быть легко оттаяны за счет естественных факторов.

3.11. При наличии в основании сооружений достаточно однородных крупнообломочных грунтов гравийно-галечникового или дресвяно-щебенистого состава, гравелистых песков, а также в других случаях, когда это обосновано расчетом оснований, следует применять экономичные способы локального оттаивания грунтов.

3.12. В зависимости от мерзлотно-грунтовых условий строительных площадок и устройства фундаментов подготовка оснований с локальным оттаиванием грунтов может выполняться по следующим основным схемам:

I) по схеме локального оттаивания и уплотнения грунтов в пределах отдельных зон ограниченного радиуса, равномерно расположенных под возводимым зданием или сооружением, с опиранием фундаментов на распределительную песчаную или гравийную подушку (рис.I);

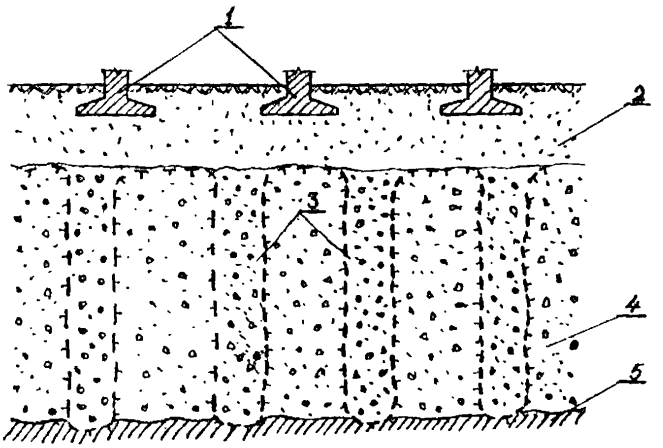


Рис.I. Схема устройства локально оттаянного основания при передаче нагрузок через распределительный слой:
I - фундаменты; 2 - распределительный слой; 3 - локально оттаянные зоны; 4 - вечномерзлый крупнообломочный грунт; 5 -непросадочный при оттаивании грунт

2) по схеме локального оттаивания и уплотнения грунтов непосредственно под фундаментными опорами или их группами (рис.2).

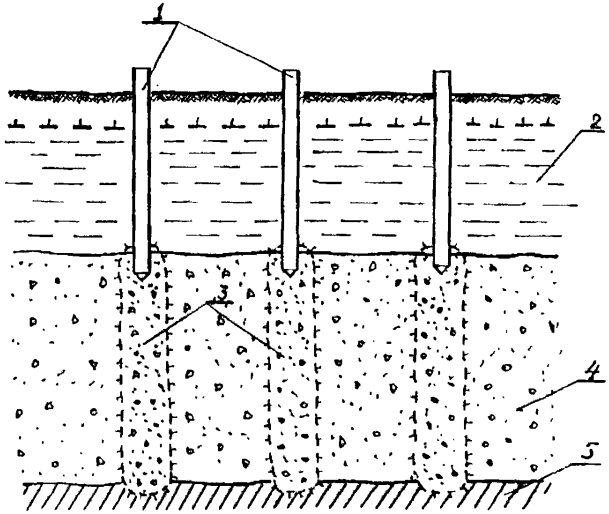


Рис.2. Схема устройства основания при опирании свай-стоек на локально оттаянные зоны грунта:
1 – забивные сваи – стойки; 2 – льдистые суглинки; 3 – локально оттаянные зоны; 4 – вечномерзлый крупнообломочный грунт; 5 – непросадочный при оттаивании грунт

3.13. Локальное оттаивание по первой схеме должно производиться в пределах всего контура здания с выходом за его пределы на расчетное расстояние.

Оттаивание грунтов по второй схеме может производиться под отдельными свайными опорами, под кустами свай, а также в виде непрерывных полос под ленточными фундаментами или отдельными рядами столбчатых или свайных фундаментов.

3.14. Предельно допустимые по условиям обеспечения устойчивости зданий и сооружений размеры локально оттаиваемых зон грунта в плане и по глубине, максимальные расстояния между ними, необходимая толщина распределительной подушки и пригрузочного слоя устанавливаются

расчетом согласно указаниям разд.4 настоящих Рекомендаций с учетом данных опытно-экспериментальных работ, выполняемых в составе изысканий (см.прил.I).

3.I5. При устройстве оснований с применением локального оттаивания должны предусматриваться мероприятия по уплотнению грунтов в пределах оттаянных зон, а также по предотвращению выпучивания ненагруженных фундаментов в строительный период. Допускается осуществлять уплотнение грунтов в процессе забивки свай в оттаянные зоны, если это проверено экспериментальными данными.

3.I6. Для предварительного оттаивания крупнообломочных грунтов, в том числе для выполнения локального оттаивания, могут применяться различные варианты методов паро- или электрооттаивания. Выбор способов оттаивания определяется конкретными технико-экономическими и мерзлотно-грунтовыми условиями строительства.

3.I7. В проект устройства оснований и фундаментов обязательно должны входить правила производства работ по принятым способам оттаивания грунтов и другим мероприятиям по подготовке оснований. При этом следует руководствоваться указаниями разд.5 настоящих Рекомендаций.

3.I8. Глубина заложения фундаментов на оттаянных и оттаиваемых грунтах устанавливается в соответствии с требованиями главы СНиП II-I5-74 „Основания зданий и сооружений." Нормы проектирования. Фундаменты следует устраивать по песчаной подготовке, что способствует перераспределению усилий и напряжений в несущих конструкциях при проявлении неравномерных осадок основания.

3.I9. Выбор целесообразных типов фундаментов зависит от мерзлотно-грунтовых условий участка строительства, конструктивных особенностей строящихся зданий и принятого способа подготовки оснований.

3.20. При строительстве с допущением оттаивания грунтов в эксплуатационный период для зданий с жесткой конструктивной схемой применимы различные варианты усиленных фундаментов, в том числе монолитные или сборные ленточные фундаменты, усиленные армопоясами, перекрестные ленты и т.д. Возможно также устройство столбчатых фундаментов с усилением несущих конструкций здания на уровне перекрытий подвала или первого этажа. Улучшению условий работы фундаментов на оттаивающих грунтах значительно способствует устройство клиновидной подошвы.

Под колонны промышленных зданий с гибкой конструктивной схемой применяются отдельные фундаментные опоры с уширенными плитами, а

также фундаменты с анкерами. Под стены бесподвальных малоэтажных зданий могут устраиваться столбчатые фундаменты из сборных элементов.

3.21. При предварительной подготовке оснований с локальным оттаиванием грунтов по схеме I п.3.12 следует применять ленточные сборные или монолитные фундаменты, усиленные при необходимости армированными поясами, а также фундаменты с клиновидной подошвой. Применение столбчатых фундаментов в данном случае не рекомендуется. При подготовке оснований с локальным оттаиванием крупнообломочных грунтов по схеме 2 п.3.12, залегающих под слоем наносов значительной толщины, применяются свайные фундаменты из забивных свай-стоек, а при неглубоком залегании этих грунтов - столбчатые или ленточные фундаменты по песчаной подготовке.

3.22. При проектировании и устройстве оснований и фундаментов следует учитывать, что приведенные в табл.18 главы СНиП II-15-74 предельно допустимые значения осадок и деформаций зданий даны без учета перераспределения нагрузок за счет усиления жесткости здания. В общем случае эти значения должны устанавливаться расчетом, исходя из технологических и эксплуатационных требований к зданию и принятых мероприятий по усилению фундаментных и надфундаментных конструкций здания.

IУ. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТЫ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ

4.I. Общие положения

4.I.I. Проектирование и расчеты оснований и фундаментов зданий и сооружений, возводимых на вечномерзлых крупнообломочных грунтах, производятся согласно положениям главы СНиП II-I8-76. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Нормы проектирования. Приводимые ниже в развитие этих положений методические рекомендации, в основном, относятся к особенностям проектирования и расчета оснований и фундаментов при использовании крупнообломочных грунтов по принципу II с применением локального оттаивания и других специальных мероприятий по подготовке оснований.

4.I.2. При использовании вечномерзлых грунтов в качестве оснований по принципу II расчеты оснований производятся по двум группам предельных состояний: по деформациям и по несущей способности.

Расчет оттаивающих оснований по деформациям производится во всех случаях и имеет своей целью ограничение деформаций оснований, фундаментов и надфундаментных конструкций зданий такими пределами, при которых обеспечивается их нормальная эксплуатация.

Расчеты оснований по несущей способности производятся в тех случаях, когда расчетом по деформациям нельзя учесть некоторые факторы, существенно влияющие на устойчивость фундаментов, они должны входить в состав расчетов локально оттаянных оснований, как работающих в особых условиях.

4.I.3. При проектировании оснований и фундаментов на оттаивающих грунтах расчетом в общем случае устанавливаются:

предельная глубина и развитие во времени зоны оттаивания грунта под зданием;

осадки оттаивающего основания;

расчетное давление на основание и усилия в несущих конструкциях здания;

требуемые размеры подошвы фундаментов;

глубина предварительного оттаивания грунта, необходимая для снятия недопустимой части осадок основания.

4.I.4. Проектирование и расчеты рекомендуется проводить в следующем порядке:

по материалам изысканий составляются инженерно-геологические профили по линиям расположения фундаментов; на всех профилях наносятся границы вечномерзлых грунтов и приводятся их расчетные характеристики;

оценивается степень неравномерности осадок оттаивающего основания;

в зависимости от мерзлотно-грунтовых условий площадки и типа проектируемого здания выбирается целесообразная конструкция фундаментов и возможные способы подготовки основания; при этом следует руководствоваться указаниями разд.4 настоящих Рекомендаций;

для выбранного варианта строительства устанавливаются предварительные размеры подошвы фундаментов и назначается глубина их заложения с учетом глубины сезонного промерзания и оттаивания грунта;

по осредненным теплофизическим характеристикам грунтов и заданному температурному режиму здания определяются предельные глубины и ход оттаивания вечномерзлого грунта под серединой и

краям здания; теплотехнические расчеты производятся согласно прил.3 главы СНиП П-18-76;

для найденных предельных глубин оттаивания выполняется предварительный расчет осадок фундаментов без учета жесткости здания, для чего можно пользоваться упрощенной формулой (31) главы СНиП П-18-76.

Если полученные по предварительным расчетам осадки не превышают предельно допустимых значений или эти значения таковы, что устойчивость здания может быть обеспечена только за счет конструктивных мероприятий без проведения предварительного оттаивания или замены грунта, уточняются размеры и конструкция фундаментов и определяются деформационно-прочностные параметры основания, необходимые для расчета по совместной работе с сооружением.

4.I.5. При проектировании фундаментов на оттаивающих крупнообломочных грунтах среднее давление под их подошвой от основного сочетания нагрузок должно не превышать расчетного сопротивления основания R, определяемого в соответствии с п.3.50 главы СНиП П-15-74 по значениям прочностных характеристик этих грунтов в оттаянном состоянии. При этом следует иметь в виду, что чем меньше расчетное значение R, тем больше перераспределяются нагрузки на основание и тем меньше дополнительные усилия в несущих конструкциях здания, вызванные неравномерной осадкой оттаивающего основания. Поэтому улучшению условий работы фундаментов на оттаивающих крупнообломочных грунтах значительно способствует устройство песчаной подушки с применением при этом фундаментов с уменьшенной шириной или с клиновидной подошвой.

4.I.6. Если осадки оттаивающего основания и вызванные ими деформации и дополнительные усилия в несущих конструкциях здания превышают предельно допустимые значения, применяется предварительное оттаивание грунтов или их замена на непросадочные для снятия недопустимой части осадок.

4.I.7. Глубина и размеры в плане предварительно оттаиваемого массива грунта устанавливаются согласно указаниям п п.3.23 и 4.26 главы СНиП П-18-76. Для крупнообломочных грунтов глубину предварительного оттаивания d можно определять по формуле

$$d = \frac{S_u - D_{th}\bar{\varepsilon}_{th}}{n\bar{\varepsilon}_0 - \bar{\varepsilon}_{tA}}, \qquad (4.I)$$

где S_u – предельно допустимая осадка фундаментов для данного здания;

D_{th} – расчетная глубина оттаивания грунта под зданием или глубина до кровли непросадочных грунтов;

$\bar{\varepsilon}_{th}$ – средняя по глубине относительная осадка оттаивания грунта, устанавливаемая по формуле (I) прил.7 главы СНиП II-I8-76 как значение δ ;

$\bar{\varepsilon}_{\delta}$ – средняя по глубине относительная осадка уплотнения предварительно оттаянного слоя грунта, устанавливаемая по опытным данным;

n – показатель устойчивости посткриогенного сложения грунта, устанавливаемый согласно п.2.2.9 настоящих Рекомендаций.

Размеры области предварительно оттаиваемого грунта в плане должны выходить за контуры здания на расстояние $a_e = 0{,}5\,d$. Допускается принимать меньшие значения a_e , если они отвечают расчету по формуле

$$a_e = \frac{c}{\gamma'} \ln \frac{\gamma' d}{2c} + \xi \left(d - \frac{2c}{\gamma'}\right) \operatorname{tg} \varphi, \qquad (4.2)$$

где γ' – удельный вес оттаянного грунта;

c , φ и ξ – прочностные характеристики грунта в условиях завершенной консолидации.

Примечание. В системе единиц СИ удельный вес грунта γ' выражается в кН/м^3 и связан с его плотностью ρ равенством

$$\gamma' = g\rho, \qquad (4.3)$$

где g ≈10 м/с^2 – ускорение силы тяжести;

ρ – плотность грунта в т/м^3.

4.2. Расчет оснований и фундаментов при локальном оттаивании грунтов

4.2.I. При проектировании оснований и фундаментов с применением локального оттаивания грунтов, помимо выполнения общих расчетов оттаивающих оснований согласно разд.4.I, дополнительно определяются необходимые для обеспечения устойчивости основания размеры предварительно оттаиваемых зон, их взаиморасположение в плане и другие

характеристики локально оттаянного основания. При выполнении этих расчетов следует различать два основных случая передачи нагрузок на локально оттаянное основание:

а) через распределительный слой;

б) непосредственно на локально оттаянные зоны.

Указанные расчетные случаи относятся к различным вариантам устройства фундаментов на локально оттаянных грунтах и в соответствии с принятым в п.3.12 их основным подразделением отличаются между собой общей схемой и методами расчета.

а) Случай опирания фундаментов на распределительный слой

4.2.2. В случае выполнения оттаивания по схеме I п.3.12 с опиранием фундаментов на распределительный слой расчет локально оттаянного основания производится по совместной работе составляющих его неоднородных по деформационно-прочностным свойствам элементов (предварительно оттаянных и неоттаянных зон). При этом обеспечение условий совместной работы этих элементов принимается в качестве главного условия обеспечения устойчивости основания.

4.2.3. Под совместной работой неоднородных элементов локально оттаянного основания понимается обусловленная силами взаимодействия между ними их совместная деформируемость в процессе эксплуатации здания без просадок и разрушения наиболее слабых элементов. Это обеспечивается назначением при проектировании необходимых размеров предварительно оттаиваемых зон, расстояний между ними и толщины распределительной подушки.

4.2.4. Требуемые для обеспечения устойчивости основания поперечные размеры предварительно оттаиваемых зон и максимально допустимые расстояния между ними зависят от свойств грунта и величины передаваемых нагрузок. Значения их устанавливаются расчетом, исходя из условия

$$\sigma_{zg} = \frac{1}{K_н} P_{sl} - (\sigma_{zp} + 0{,}5 \gamma_z h_ч), \qquad (4.4)$$

где σ_{zg} – природное вертикальное напряжение в оттаивающем грунте между предварительно оттаянными зонами, определяемое с учетом действия разгружающих сил трения по формуле

$$\sigma_{zg} = \frac{\gamma' - c\eta}{\xi\eta \operatorname{tg}\varphi}\left(1 - e^{-\xi\eta \operatorname{tg}\varphi z}\right); \qquad (4.5)$$

$K_н$ – коэффициент надежности, принимаемый равным 1,2;

P_{sl} – начальное просадочное давление, определяемое согласно указаниям п.2.2.7;

σ_{zp} – дополнительное к природному вертикальное напряжение в основании здания, определяемое по формуле (I) прил.3 главы СНиП II-15-74 как среднее по глубине просадочного слоя дополнительное давление P_{oz};

γ_z – удельный вес грунта распределительного слоя;

γ' – удельный вес оттаявшего грунта разуплотненного пострюгенного сложения (с учетом взвешивающего действия воды);

h_z – толщина распределительного слоя;

η – геометрический параметр, имеющий размерность $м^{-1}$;

$$\eta = \frac{\pi z_c}{A_i}; \qquad (4.6)$$

ξ – коэффициент бокового давления оттаявшего грунта в разуплотненном полностью водонасыщенном состоянии, назначаемый по экспериментальным данным; при отсутствии экспериментальных данных значение для основных категорий крупнообломочных грунтов приближительно можно принимать по данным табл.4;

φ и C – соответственно угол внутреннего трения и удельное сцепление оттаявшего грунта, определяемые методом быстрого неконсолидированного сдвига при полном водонасыщении; при отсутствии экспериментальных данных значения φ и C приблизительно можно принимать по табл.6;

z – глубина от подошвы распределительного слоя;

A_i – площадь поперечного сечения мерзлых целиков между предварительно оттаянными зонами; при расположении локально оттаянных зон радиусом z_o по равномерной прямоугольной сетке с расстоянием между их центрами ℓ значение A_i определяется по формуле

$$A_i = \ell^2 - \pi z_o^2. \qquad (4.7)$$

Геометрические параметры оттаивания η, ℓ и z_c связаны между собой равенством

$$\eta_0 = 0{,}5\ (\sqrt{1 + 1{,}3\eta\ell^2} + 1)\ . \qquad (4.8)$$

4.2.5. При проектировании оснований с применением локального оттаивания грунтов следует иметь в виду, что вертикальные напряжения в оттаивающем грунте σ_{zg} наиболее интенсивно возрастают до глубины 10 м, приближаясь к постоянному предельному значению σ_{zu}, не зависящему от глубины оттаивания. Значение σ_{zu} определяется по формуле

$$\sigma_{zu} = \frac{\gamma - c\eta}{\xi\eta\, tg\varphi}\ . \qquad (4.9)$$

Если $\sigma_{zu} \leqslant \rho_{sl}$, то устойчивость локально оттаянного основания обеспечивается при любой толщине просадочного слоя. Если $\sigma_{zu} > \rho_{sl}$, то, начиная с некоторой предельной глубины z_u, возможны явления просадок грунта под действием собственного веса. Для приблизительной оценки глубины z_u можно пользоваться формулой

$$z_u = \frac{1}{\xi\eta\, tg\varphi}\, ln\, \frac{\rho_{sl}\,\xi\eta\, tg\varphi + c\ell}{\gamma + c\eta}\ . \qquad (4.10)$$

4.2.6. Минимально допустимые поперечные размеры предварительно оттаиваемых зон грунта устанавливаются в зависимости от шага их расположения в плане. Расчеты производятся методом подбора по условию (4.4) в следующем порядке:

а) по заданным прочностным характеристикам грунта ρ_{sl}, φ, c, ξ и γ и принятой глубине оттаивания d по формуле (4.5) вычисляются значения σ_{zg} для ряда последовательно принимаемых значений параметра η, полагая $z = d$;

б) по полученным данным строится график зависимости σ_{zg} от η, по которому определяется значение параметра η, соответствующее значению σ_{zg}, рассчитанному по формуле (4.4);

в) для найденного значения η по формулам (4.7) и (4.8) устанавливаются удовлетворяющие этому параметру значения η_0 и ℓ.

При вычислении значений η_0 и ℓ по формулам (4.7) и (4.8) необходимо учитывать, что данному значению параметра η может удовлетворять разное сочетание значений η_0 и ℓ. При выборе целесообразного сочетания значений η_0 и ℓ следует учитывать, что о

увеличением радиуса предварительно оттаиваемых зон возрастают время и энергозатраты на оттаивание, а с его уменьшением возрастают расходы на буровые работы.

4.2.7. Согласно расчетам и имеющимся экспериментальным данным для крупнообломочных грунтов устойчивого непросадочного сложения оптимальные расстояния между предварительно оттаиваемыми зонами составляют около 2 м при радиусе поперечного сечения этих зон 0,6–0,7 м. При этом объемы предварительно оттаиваемого грунта сокращаются в 2,5–3 раза, а осадки основания – в 4–5 раз. Увеличение расстояний между предварительно оттаиваемыми зонами свыше 2 м приводит к быстрому возрастанию вертикальных напряжений в оттаивающем грунте, которые перестают компенсироваться силами нагружающего трения, что приводит к потере устойчивости основания.

4.2.8. Расчет деформаций локально оттаянного основания производится по среднему эффективному значению модуля деформации его разнородных элементов E_{ef} с учетом перераспределения нагрузок за счет распределительного слоя (подушки).

4.2.9. Необходимая для полного перераспределения нагрузок толщина распределительного слоя h_z устанавливается расчетом по формуле

$$h_z = \frac{p - p_{sl}}{p_{sl}} b \,, \qquad (4.11)$$

где p – расчетное давление под подошвой фундамента;

p_{sl} – начальное просадочное давление подстилающего оттаявшего грунта;

b – ширина подошвы фундаментов.

Для грунтов неустойчивого непросадочного сложения, а также в случаях, когда обеспечение расчетного значения h_z по формуле (4.11) экономически нецелесообразно, толщина распределительной подушки определяется специальным расчетом фундаментов по деформациям, исходя из предельно допустимой для них неравномерности осадок.

4.2.10. Среднее эффективное значение модуля деформации локально оттаянного основания E_{ef} определяется по формуле

$$E_{ef} = \frac{E_s A_s + E_i A_i}{A_s + A_i} \,, \qquad (4.12)$$

где E_s – модуль деформации грунта в пределах предварительно оттаянных зон, устанавливаемый по данным испытаний; при отсутствии экспериментальных данных значение E_s можно принимать по табл.8;

E_i – модуль деформации грунта в интервалах между предварительно оттаянными зонами, определяемый согласно п.4.2.II;

A_s и A_i – соответственно площади поперечного сечения предварительно оттаянных и неоттаянных зон в пределах контура здания.

4.2.II. Модуль деформации в интервалах между предварительно оттаянными зонами E_i определяется с учетом взаимодействия разуплотненного оттаявшего грунта с предварительно оттаянными и уплотненными зонами по формуле

$$E_i = P_{sl}\left[1 + \frac{4\pi z_0 z}{A_i \sigma_{zg}}\left(\frac{\sigma_{zg}}{2}\xi tg\varphi + c\right)\right], \qquad (4.13)$$

где φ, C и ξ – прочностные характеристики оттаявшего грунта разуплотненного посткриогенного сложения, устанавливаемые согласно п.4.2.4.

4.2.I2. Осадка фундаментов S на локально оттаянном основании определяется как сумма двух составляющих

$$S = S_p + S_g , \qquad (4.14)$$

где S_p – осадка основания за счет нагрузки от здания, определяемая без учета природного давления по формуле

$$S_p = \beta\left(\frac{\sigma_{zp} d}{E_{ef}} + \frac{\sigma'_{zp} h_2}{E_2}\right); \qquad (4.15)$$

S_g – осадка основания за счет сжатия предварительно оттаянных зон силами нагружающего трения при взаимодействии с ними оттаивающего грунта

$$S_g = \frac{d + h_2}{E_s}\left[\gamma d + \gamma_i h_2 - \frac{\gamma - c\xi}{\xi n tg\varphi}\left(1 - e^{-\xi n tg\varphi d}\right)\right]; \qquad (4.16)$$

β – безразмерный коэффициент, принимаемый равным 0,8;

σ_{zp} и σ'_{zp} – средние дополнительные к природному вертикальные напряжения соответственно в оттаивающем крупнообломочном грунте и в распределительном слое, определяемые по прил.3 главы СНиП II-15-74 (см.п.2.2.4);

E_i – модуль деформации грунтов распределительного слоя;

d' – глубина предварительного оттаивания грунтов.

4.2.13. При расчетах деформаций локально оттаянного основания следует различать грунты устойчивого и неустойчивого посткриогенного сложения, что определяется значением показателя устойчивости оттаявшего грунта n (см.п.2.2.9).

4.2.14. Для грунтов устойчивого посткриогенного сложения ($n < 0,3$) осадки за счет их самопроизвольного уплотнения в замкнутом объеме относительно малы и практически полностью компенсируются явлениями зависания грунта. При выполнении для этих грунтов условия (4.4) деформации локально оттаянного основания в процессе эксплуатации здания будут происходить совместно и определяться, в основном, деформациями сжатия предварительно оттаянных зон.

4.2.15. Для грунтов неустойчивого посткриогенного сложени ($n > 0,3$) осадки за счет их самопроизвольного уплотнения при оттаивании могут привести к просадкам основания на участках между предварительно оттаянными зонами. Для оценки величины этих просадок можно пользоваться формулой

$$S_{sl} = \alpha S_{th} , \qquad (4.17)$$

где α – коэффициент, характеризующий степень разуплотнения оттаянного грунта в замкнутом объеме и определяемый по формуле

$$\alpha = 1 - \eta D_{th} \frac{2}{3} tg\varphi \left(1 - \frac{i_i}{i_i + 0,5\delta_{th} D_{th}}\right), \qquad (4.18)$$

S_{th} – полная осадка оттаивающего основания, определяемая согласно указаниям п.4.14;

D_{th} – расчетная глубина оттаивания;

i_i – льдистость грунта за счет ледяных включений;

δ_{th} – коэффициент сжимаемости грунта.

П р и м е р . Для жилого здания запроектированы ленточные фундаменты, устраиваемые с проведением предварительного локального от-

таивания грунтов основания с передачей нагрузок через распределительную подушку. Ширина подошвы фундаментов b =I,6 м, расчетная нагрузка по их подошве P =0,2I МПа.

По данным изысканий, в основании здания залегают льдистые крупнообломочные гравийно-галечниковые грунты мощностью 7 м, которые подстилаются непросадочными при оттаивании скальными породами и перекрываются сверху заторфованными суглинками мощностью 0,5÷0,6м. Уровень подземных вод находится на глубине 0,5 м от поверхности. При оттаивании без нагрузки гравийно-галечниковые грунты сохраняют начальное посткриогенное сложение и могут быть отнесены к категории устойчивых ($n < 0,3$). Начальное просадочное давление для этих грунтов P_{sl} =0,09 МПа, угол внутреннего трения в оттаянном неуплотненном состоянии φ =24°, удельное сцепление с = 0,005 МПа, коэффициент $\frac{e}{\xi}$ =0,4, плотность ρ =2,I т/м³. Модуль деформации их в уплотненном состоянии E_s =40 МПа. Грунты распределительной подушки характеризуются следующими свойствами: плотность ρ_2 =2 т/м³, модуль деформации E_2 =20 МПа.

Требуется определить необходимые для обеспечения устойчивости основания размеры предварительно оттаиваемых вон грунта, расстояния между их центрами и толщину распределительной подушки, а также величину осадок фундаментов при локальном оттаивании основания до глубины подошвы просадочного слоя d = 7 м.

Расчет производится в следующей последовательности.

По формуле (4.II) определяется толщина распределительной подушки:

$$h_2 = \frac{0,2I - 0,09}{0,09} \cdot I,6 = 2,I \text{ м}.$$

С учетом найденной толщины распределительной подушки вычисляется значение дополнительного к природному напряжения σ_{zp} на глубине подошвы просадочного слоя z =2,I+ 7 = 9,I м. При ширине фундамента b =I,6 м, относительной глубине $n_2 = \frac{2z}{b} = \frac{2 \cdot 9,I}{I,6}$ = II,4 и значении параметра $n = \frac{l}{b}$ = I0 по табл.I прил.3 главы СНиП II-I6-74 коэффициент α =0,II. При этих значениях параметров по формуле (I) прил.3 той же главы СНиПа

$$\sigma_{zp} = \alpha \cdot p = 0,II \cdot 0,2I = 0,023 \text{ МПа}.$$

По заданным прочностным характеристикам оттаявшего грунта: $P_{s\ell}$ = 0,09 МПа = 90 КПа, С =0,005 МПа = 5 КПа, φ = 0,4-и его удельному весу с учетом взвешивающего действия воды γ' =10 (2,1-1)= 11кН/м^3 по формуле (4.5) вычисляются значения σ_{zg} для ряда последовательно принимаемых значений параметра η при $z = d$ = 7 м. Задавая последовательно η_1 =0,5 м$^{-1}$, η_2 =1 м$^{-1}$, η_3 = 1,5 м$^{-1}$ и η_4 = 2 м$^{-1}$, соответственно получим:

$$\sigma_{zg,1} = \frac{11 \cdot 0,5 \cdot 0,5}{0,4 \cdot 0,5 \operatorname{tg} 24^0}\left(1 - e^{-0,4 \cdot 0,5 \cdot \operatorname{tg} 24^0 \cdot 7}\right) = 44,5 \text{ кПа};$$

$$\sigma_{zg,2} = \frac{11 \cdot 0,5 \cdot 1}{0,4 \cdot 1 \operatorname{tg} 24^0}\left(1 - e^{-0,4 \cdot 1 \cdot 5 \cdot \operatorname{tg} 24^0 \cdot 7}\right) = 24 \text{ кПа};$$

$$\sigma_{zg,3} = \frac{11 \cdot 0,5 \cdot 1,5}{0,4 \cdot 1 \cdot 5 \operatorname{tg} 24^0}\left(1 - e^{-0,4 \cdot 1,5 \operatorname{tg} 24^0 \cdot 7}\right) = 11 \text{ кПа};$$

$$\sigma_{zg,4} = \frac{11 \cdot 0,5 \cdot 2}{0,4 \cdot 2 \operatorname{tg} 24^0}\left(1 - e^{-0,4 \cdot 2 \operatorname{tg} 24^0 \cdot 7}\right) = 2,6 \text{ кПа}.$$

По полученным данным строится график зависимости σ_{zg} от η, который приведен на рис.3.

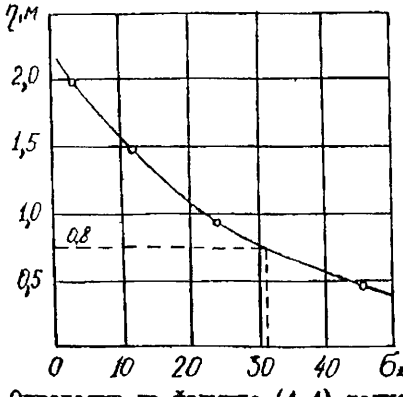


Рис.3. График зависимости σ_{zg} от η (к примеру расчета)

Определив по формуле (4.4) допустимое в данных условиях значение σ_{zg}:

$$\sigma_{zg} = \frac{90}{1,2} - (23 + 0,4 \cdot 20 \cdot 2,1) = 31 \text{ кПа},$$

по графику рис.3 находим, что этому значению σ_{zg} соответствует значение параметра η =0,8 м$^{-1}$.

Полученному значению параметра η может удовлетворять разное сочетание значений ℓ и r_0. Если оттаивание осуществляется по равномерной прямоугольной сетке с шагом $\ell = 2$ м, то радиус локально оттаиваемых зон на основании формулы (4.8) должен быть равен

$$r_0 = \frac{1}{2}\left(\sqrt{1 + 1{,}3.0{,}8.2^2} - 1\right) = 0{,}65 \text{ м}.$$

Для определения осадок локально оттаянного основания предварительно вычисляются:

площади поперечного сечения локально оттаянных зон

$$A_s = \pi r_0^2 = 3{,}14.0{,}65^2 = 1{,}32 \text{ м}^2;$$

площади мерзлых целиков между предварительно оттаянными зонами по формуле (4.7)

$$A_z = 2^2 - 2{,}14.0{,}65^2 = 2{,}7 \text{ м}^2;$$

модуль деформации грунта в промежутках между предварительно оттаянными зонами по формуле (4.13)

$$E_i = 90\left[1 + \frac{4{,}8.14.0{,}65.7}{2{,}7.31}\left(\frac{31}{2}\,0{,}4.\operatorname{tg}24^\circ + 5\right)\right] = 580 \text{ кПа};$$

эффективное значение модуля деформации локально оттаянного основания по формуле (4.12)

$$E_{ef} = \frac{40000.1{,}32 + 580.2{,}7}{1{,}32 + 2{,}7} = 13600 \text{ кПа}.$$

Значения средних дополнительных (к природному) напряжений в распределительном слое σ'_{zp} и подстилающем просадочном грунте σ_{zp} определяются по прил.3 главы СНиП II-15-74; в данном случае $\sigma'_{zp} = 160$ кПа и $\sigma_{zp} = 62$ кПа.

По полученным данным определяются по формуле (4.15) составляющая осадки основания за счет нагрузки от здания

$$S_p = 0{,}8\left(\frac{160.2.1}{20000} + \frac{62.7}{13600}\right) \approx 0{,}04 \text{ м}$$

и по формуле (4.I6) составляющая осадки основания за счет сжатия предварительно оттаянных зон силами нагружающего трения

$$S_g = \frac{7+2,I}{40000}(II,7+20.2,I) \cdot \frac{II \cdot 5.0,8}{0,4.0,8. tg\,24^0}(I - e^{-0,4.0,8\,tg\,24^0 7}) =$$

= 0,02 м.

Суммарная осадка фундаментов на локально оттаянном основании равна

$$S = S_p + S_g = 0,04 + 0,02 = 0,06 \text{ м},$$

б) Случай опирания фундаментов непосредственно на локально оттаянный грунт

4.2.I6. В случае подготовки оснований по схеме 2 п.3.I2 с опиранием фундаментов непосредственно на локально оттаянный грунт расчет основания производится по предельному равновесию предварительно оттаянных и уплотненных зон с вмещающим их массивом грунта, оттаивающим в процессе эксплуатации здания. При этом учитывается, что горизонтальные составляющие напряжений в предварительно оттаянных зонах сначала воспринимаются мерзлым грунтом, который практически несжимаем, а после его оттаивания под тепловым влиянием здания эти напряжения передаются оттаявшему грунту, что может привести к явлениям распора и потере устойчивости фундаментов.

4.2.I7. В рассматриваемом случае расчетом основания определяются: минимально допустимые по условиям обеспечения устойчивости фундаментов размеры предварительно оттаиваемых зон грунта, необходимая толщина пригрузочного слоя, осадка и несущая способность локально оттаянного основания.

4.2.I8. За условие устойчивости фундаментов принимается условие равенства горизонтальных составляющих активных и пассивных напряжений в грунте на границе предварительно оттаянных зон

$$K_н \sigma_{xa} = \sigma_{xp}, \qquad (4.I9)$$

где $K_н$ – коэффициент надежности, принимаемый равным I,2;

σ_{xa} – горизонтальная составляющая активного напряжения (распора) на боковой поверхности предварительно оттаянных зон грунта;

σ_{xp} – горизонтальная составляющая пассивного напряжения (отпора) со стороны вмещающего грунта.

4.2.19. Горизонтальная составляющая активного напряжения в грунте (распор) определяется по формулам:
для свайных и отдельных столбчатых фундаментов

$$\sigma_{za}=(P_o+P_{nf}+\gamma_s z)tg^2(45^\circ-\frac{\varphi_s}{2})-\frac{C_s}{tg\varphi_s}\left[1-tg^2(45^\circ-\frac{\varphi_s}{2})\right]; \quad (4.20)$$

для ленточных фундаментов

$$\sigma_{za}=(P_o+P_{nf}+\gamma_s z)tg^2(45^\circ-\frac{\varphi_s}{2})-2C_s tg(45^\circ-\frac{\varphi_s}{2}), \quad (4.21)$$

где P_o - расчетное давление на локально оттаянные зоны, определяемое для указанных видов фундаментов, включая свайные при их заделке в грунт не менее чем на два диаметра сваи, по формуле

$$P_o=\frac{F}{A_s}; \quad (4.22)$$

F - нагрузка, включая вес фундамента;

A_s - площадь горизонтального сечения локально оттаянных зон грунта;

P_{nf} - давление за счет сил нагружающего (негативного) трения оттаивающего грунта

$$P_{nf}=R_{nf}\eta' z; \quad (4.23)$$

R_{nf} - нагружающее (негативное) трение оттаивающего грунта, принимаемое равным 0,01 МПа;

η' - геометрический параметр, имеющий размерность $м^{-1}$,

$$\eta'=\frac{U_s}{A_s}; \quad (4.24)$$

U_s - периметр горизонтального сечения локально оттаянных зон;

z - глубина от уровня планировочных отметок;

φ_s и C_s - прочностные характеристики грунта в пределах предварительно оттаянных зон, определяемые экспериментально; при отсутствии экспериментальных данных значения φ_s и C_s можно принимать по табл.5;

γ_s – удельный вес грунта в пределах этих зон с учетом взвешивающего действия воды.

4.2.20. Горизонтальная составляющая пассивного напряжения (отпор) со стороны вмещающего грунта определяется по формулам:
для свайных и столбчатых фундаментов

$$\sigma_{xp} = \gamma_i z \bar{\sigma}_{xp} + \frac{c_i}{tg\varphi_i}\left[1 - tg^2\left(45^\circ - \frac{\varphi_i}{2}\right)\right] \qquad (4.25)$$

и для ленточных фундаментов

$$\sigma_{xp} = \gamma_i z \bar{\sigma}_{xp} + 2 c_i tg\left(45^\circ - \frac{\varphi_i}{2}\right), \qquad (4.26)$$

где $\bar{\sigma}_{xp}$ – безразмерный параметр, определяемый по табл.10 в зависимости от угла внутреннего трения оттаявшего грунта φ_i, принимая, что в данном случае $\varphi_i = \varphi_o$, где φ_o – угол трения по поверхности предварительно оттаянных зон;

φ_i и c_i – прочностные характеристики грунта разуплотненного посткриогенного сложения в интервалах между предварительно оттаянными зонами, устанавливаемые согласно п.4.2.4;

γ_i – удельный вес этих грунтов с учетом взвешивающего действия воды.

Таблица 10. Значение параметра $\bar{\sigma}_{xp}$

φ_i, °	5	10	15	20	25	30	35	40
$\bar{\sigma}_{xp}$	0,85	1,65	2,2	2,85	3,9	5,7	8,5	14,0

Примечание. Таблица составлена по данным Соколовского И.В. при $\varphi_i = \varphi_o$.

4.2.21. Общие расчеты показывают, что с увеличением глубины от поверхности рост отпорных напряжений в оттаивающем грунте σ_{xp} превышает рост распорных напряжений σ_{xa}. Это приводит к повышению устойчивости локально оттаянного основания с глубиной. Поэтому расчеты локально оттаянных оснований должны производиться по уровню глубины заложения подошвы фундаментов и проверяться на достаточ-

ность пригрузки сверху. Расчеты проводятся в следующем порядке:

а) определяются минимально допустимые размеры предварительно оттаиваемых зон грунта, характеризуемые площадью их поперечного сечения A_s. Для этого по заданным прочностным характеристикам грунта и принятой глубине заложения фундаментов d_f по формулам (4.20) или (4.21) вычисляются значения σ_{xa} при $z = d_f$ для ряда последовательно принимаемых значений A_s. На основании полученных данных строится график зависимости σ_{xa} от A_s, по которому определяется искомое значение A_{s1} как абсцисса точки с координатой $\sigma_{xa} = \frac{1}{k_s}\sigma_{xp}$, вычисленной по формулам (4.25) или (4.26) при $z = d_f$;

б) проверяется достаточность толщины пригрузочного слоя грунта по формуле

$$h_p \geq \frac{K_н P_0 tg^2(45^\circ - \frac{\varphi_s}{2})}{\gamma_p \bar{\sigma}_{xp} - K_н \gamma_s tg^2(45^\circ - \frac{\varphi_s}{2})}, \qquad (4.27)$$

где h_p – толщина пригрузочного слоя грунта (от уровня планировочных отметок до подошвы фундаментов);

γ_p – удельный вес грунта пригрузочного слоя;

в) на основании полученного значения h_p уточняется глубина заложения фундаментов и размеры предварительно оттаиваемых зон.

4.2.22. Грунты гравийно-галечникового состава и некоторые другие виды крупнообломочных грунтов в оттаянном состоянии обладают относительно небольшим удельным сцеплением С и им в практических расчетах можно пренебречь. В этих случаях при расчете параметров локального оттаивания для всех указанных выше типов фундаментов можно пользоваться одной формулой

$$A_s = \frac{K_н f tg^2(45^\circ - \frac{\varphi_s}{2})}{(\gamma_p h_f + \gamma_i h)\bar{\sigma}_{xp} - K_н(h_f + h)(R_{sf}\eta + \gamma_s)tg^2(45^\circ - \frac{\varphi_s}{2})}, \qquad (4.28)$$

где h_f – глубина от уровня планировочных отметок до подошвы фундаментов;

h – глубина от подошвы фундаментов до подошвы оттаиваемого слоя грунта.

4.2.23. Расчеты по формуле (4.28) производятся методом последовательных приближений. Для этого, сначала задавая ориентировочное значение параметра $\eta' = \eta'_1$, по формуле (4.28) вычисляется в первом приближении значение $A_s = A_{s,1}$, по которому на основании равенства (4.24) определяется уточненное значение параметра $\eta' = \eta'_2$ и по формуле (4.28) находится второе приближение величины $A_s = A_{s,2}$. Расчеты повторяются в том же порядке до получения сходимости двух последовательных значений A_s не менее 10-15%. По полученным значениям A_s и η' находятся определяющие размеры предварительно оттаиваемых зон, учитывая, что для зон цилиндрической формы

$$\eta' = \frac{U_s}{A_s} = \frac{2}{r_0} = 2\sqrt{\frac{\pi}{A_s}} \; ; \qquad (4.29)$$

для зон прямоугольной формы

$$\eta' = \frac{2(a+b)}{ab} \; , \qquad (4.30)$$

где r_s, b и a – соответственно радиус, ширина и длина указанных зон в плане.

4.2.24. Осадки фундаментов при опирании их на локально оттаянные грунты определяются по формуле

$$S = \beta \sum_{i}^{n} \frac{P_0 h_i + P_{nf,i} h_i}{E_s} \; , \qquad (4.31)$$

где β – безразмерный коэффициент, принимаемый равным 0,8;

P_0 – расчетное давление на локально оттаянные зоны грунта, определяемое по формуле (4.22);

$P_{nf,i}$ – давление за счет сил нагружающего трения оттаивающего грунта, определяемое по формуле (4.23) для значений z, равных глубине залегания середины выделенных в разрезе слоев грунта;

h_i – толщина выделенных слоев грунта;

E_s – модуль деформации грунта в пределах предварительно оттаянных зон.

4.2.25. Если выполнение локального оттаивания предусматривается не на всю глубину просадочной толщи, то при расчете осадок фундаментов должны дополнительно учитываться осадки за счет оттаива-

ния нижележащих слоев грунта.

П р и м е р . Для жилого здания запроектировано устройство свайных фундаментов, опираемых на льдистые крупнообломочные грунты гравийно-галечникового состава с их предварительным локальным оттаиванием. По данным изысканий, горизонт крупнообломочных грунтов имеет мощность h_t = 6 м и залегает под слоем наносов толщиной 5 м на непросадочных полускальных породах. Слагающие его грунты характеризуются следующими свойствами: плотность в уплотненном состоянии ρ_s = = 2,4 т/м^3, φ_s = 36^0; E_s = 57 МПа; при разуплотненном посткриогенном сложении ρ_t =2,35 т/м^3, φ_t =22^0. Плотность грунтов слоя наносов ρ_p = 2 т/м^3, уровень подземных вод находится на глубине 5 м от поверхности.

Требуется определить необходимые для обеспечения устойчивости фундаментов размеры предварительно оттаиваемых зон грунта, толщину слоя естественной пригрузки и осадку фундаментов при расчетной нагрузке на сваю F = 600 кН.

Расчеты проводятся в следующем порядке.

Определяются значения удельного веса грунтов с учетом взвешивающего действия воды. По формулам (2.9) и (4.3) получим: γ'_s=14 кН/м^3, γ'_t=12,5 кН/м^3 и γ'_p =20 кН/м^3. По углу внутреннего трения неуплотненного оттаянного грунта φ_t =22^0 по табл.10 определяется значение параметра $\bar{c}_{tp}$=2,85.

Принимая в соответствии с геологическим разрезом глубину заложения подошвы фундаментов h_f =5 м, глубину от подошвы фундаментов до подошвы оттаиваемого слоя грунта h =6 м и задаваясь ориентировочным значением параметра $\eta' \approx 4$ м$^{-1}$, находим по (4.28) в первом приближении значение площади $A_{s,1}$ при R_{nf} =0,01 МПа =10 кПа (по п.4.2.19):

$$A_{s,1} = \frac{1{,}2 \cdot 600 \cdot tg^2(45^0-18^0)}{(20.5+12{,}5.6).2{,}85-1{,}2(6-5)(10.4+14)\cdot tg^2(45^0-18^0)} = 0{,}7 \text{ м}^2.$$

По найденному значению $A_{s,1}$ =0,7 м^2 на основании равенства (4.24) корректируется параметр η':

$$\eta' = 2\sqrt{\frac{1}{0{,}7}} = 4{,}3 \text{ м}^{-1}$$

и по формуле (4.28) уточняется значение

$$A_{s,2} = \frac{1{,}2.600\, tg(45^0-18^0)}{(20.5+12{,}5.6)\cdot 2{,}85-1{,}2(6-5)(10.4{,}3-1{,}4)\, tg^2(45^0-18^0)} = 0{,}75 \text{ м}^2.$$

Так как расхождения двух последовательно полученных значений не превышают 10%, практически можно принять $A_{3,1} = A_{3,2} \approx 0{,}75$ м^2, что соответствует радиусу локально оттаиваемых зон под сваи $r_0 = 0{,}5$ м.

Толщина пригрузочного слоя h_p, необходимая для предотвращения выпора грунта на уровне подошвы фундаментов, определяется по формуле (4.27). Вычисляя по формуле (4.22) давление

$$P_0 = \frac{600}{0{,}75} = 800 \text{ кН/м}^2$$

и принимая в качестве пригрузочного слоя слой наносов с удельным весом грунтов $\gamma_p = 20$ кН/м^3, получим

$$h_p = \frac{1{,}2 \cdot 800 \cdot tg^2(45^0 - 18^0)}{20 \cdot 2{,}85 - 1{,}2 \cdot 14 \cdot tg^2(45^0 - 18^0)} = 4{,}7 \text{ м}.$$

Поскольку полученное значение h_p меньше толщины естественного пригрузочного слоя, устойчивость фундаментов обеспечивается без дополнительной пригрузки.

Осадки фундаментов рассчитываются по формуле (4.31). Определяя по формуле (4.23) при $z = 0{,}5\,(h + h_p)$ давление за счет сил нагружающего трения

$$P_{nf} = 10 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 0{,}5\ (6+5) = 236 \text{ кН/м}^3$$

и принимая заданное значение модуля деформации грунтов оттаянных зон $E = 57$ МПа $= 57000$ кПа, получим

$$S = 0{,}8 \cdot \frac{800 \cdot 6 + 23 \cdot 6 \cdot 6}{57000} = 0{,}07 \text{ м}.$$

У. ПРАВИЛА ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

5.1. Общие требования

5.1.1. Правила и технология производства работ по предпостроечной подготовке оттаивающих оснований должны входить в состав проектной документации данного строительного объекта.

5.1.2. Правила производства работ составляются на основании материалов изысканий и проектной документации по устройству оснований и фундаментов с учетом технико-экономических условий строительства и требований по охране окружающей среды. В них должны быть указаны способы, глубина и объемы предварительного оттаивания грунта

и другие мероприятия по упрочнению грунтов оснований, порядок и сроки производства работ. Отклонения от проектных положений должны согласовываться с проектной организацией.

5.I.3. При производстве работ по предпостроечному оттаиванию грунтов необходимо предусматривать меры, предотвращающие оттаивание мерзлых оснований соседних зданий и сооружений.

5.I.4. В процессе строительства должны вестись контрольные наблюдения за ходом оттаивания, осадками, степенью уплотнения и другими показателями состояния грунтов в основании здания и их соответствием проектным данным. При отклонениях от проектных показателей должны приниматься меры по их устранению.

5.I.5. При приемке здания в эксплуатацию строительной организацией должны сдаваться все материалы наблюдений за состоянием оснований и фундаментов с указанием соответствия выполненных работ по подготовке оснований и устройству фундаментов требованиям проекта.

5.2. Организация и производство работ по оттаиванию грунтов

5.2.I. Для выполнения предпостроечного оттаивания крупнообломочных грунтов можно применять различные методы электро- и парооттаивания, а также методы естественной тепловой мелиорации грунтов, если это позволяет сократить сроки строительства. Выбор методов оттаивания определяется конкретными условиями участка строительства. При этом следует иметь в виду, что для проведения искусственного оттаивания хорошо проницаемых крупнообломочных грунтов с песчаным и супесчаным заполнителем целесообразно применять методы пароотаивания с помощью *открытых* паровых игл. На участках со слабопроницаемыми грунтами с глинистым заполнителем следует предусматривать применение закрытых паровых игл или методов электрооттаивания. Паровые иглы должны погружаться на глубину I-I,5 м ниже подошвы оттаиваемого слоя.

5.2.2. Для организации и выполнения работ по оттаиванию расчетом должны устанавливаться общие энергозатраты на оттаивание, время оттаивания, шаг между нагревателями, нужное количество одновременно работающих нагревателей и их групп, а также необходимая мощность источников электроэнергии или производительность пароустановок. На основании этих расчетов составляются общая схема оттаивания и

календарный план выполнения отдельных этапов работ с учетом затрат времени на промежуточные операции (бурение скважин, погружение игл и т.д.),

5.2.3. В качестве исходных расчетных показателей при проектировании работ по оттаиванию принимаются время и энергозатраты, необходимые для оттаивания грунта в заданном объеме. Значения этих показателей устанавливаются в зависимости от мерзлотно-грунтовых условий участка строительства с учетом принятого способа оттаивания.

5.2.4. При оттаивании грунтов паром с применением открытых паровых игл время оттаивания грунта в заданном радиусе должно устанавливаться опытным путем. Для ориентировочных расчетов в этих целях можно пользоваться эмпирической формулой

$$t = 0{,}18 \frac{r^2 \cdot z}{q_{wp}} \left(\frac{\rho_f w_{tot}}{1 + w_{tot}} + 265 - 5{,}3 T_f \right), \qquad (5.1)$$

где t – время оттаивания, ч;

r – радиус оттаивания, м;

z – глубина оттаивания, м;

ρ_f – плотность мерзлого грунта, кг/м;

w_{tot} – суммарная влажность мёрзлого грунта;

T_f – начальная температура мёрзлого грунта, °С;

q_{wp} – массовый расход пара, кг/ч.

5.2.5. Расход пара q_{wp} через иглу зависит от давления и гидравлического сопротивления иглы в погруженном состоянии и должен регулироваться так, чтобы не происходило выноса мелкодисперсных частиц грунта и выброса воды. При этом следует учитывать, что наиболее полная теплоотдача пара происходит при его малых расходах, однако, при этом увеличивается время оттаивания t. Оптимальный эксплуатационный расход пара на иглу устанавливается из расчета 1,5–2,0 кг/ч на 1 м глубины ее погружения в грунт.

5.2.6. В случае применения закрытых паровых игл, а также при электрооттаивании грунтов ТЭНами и другими омическими электронагревателями время оттаивания грунта в заданном радиусе r определяется расчетом по формуле

$$t = \frac{r^2}{2 \lambda T_h} \left(L_i w_{tot} \rho_{fd} \ln \frac{r}{r_0} + \frac{T_h}{2} c \right), \qquad (5.2)$$

где $L_i \approx 336$ кДж/кг – скрытая теплота таяния льда;

λ и С – соответственно теплопроводность и объемная теплоемкость грунта, значения которых принимаются по прил.I главы СНиП II-I8–76;

ω_{tot} – суммарная влажность мерзлого грунта;

ρ_{fd} – плотность мерзлого грунта в сухом состоянии;

r_0 – радиус нагревателя;

T_h – температура нагревателя (теплоносителя), ^{0}С.

5.2.7. Температура нагревателей T_h в ходе оттаивания должна поддерживаться 75–85^{0}С и не превышать I00^{0}С, так как при более высокой температуре происходит иссушение грунта вокруг нагревателей, что замедляет оттаивание и приводит к перерасходу энергии. Необходимая для этого электрическая мощность нагревателей P_e, кВт, устанавливается по формуле

$$P_e = 2\pi K_0 \lambda z T_h , \qquad (5.3)$$

где K_0 – коэффициент, принимаемый по табл.II в зависимости от отношения r/r_0;

z – глубина погружения нагревателя в грунт.

Таблица II. Значения коэффициента K_0

r/r_0	4	I0	I4	$\geq$ 20
K_0	0,7	0,47	0,36	0,35

5.2.8. Для выполнения запланированных объемов оттаивания грунта общая мощность источников электроэнергии или производительность пароустановок устанавливается в зависимости от принятой схемы производства работ по числу одновременно работающих при этом нагревателей на основании электротехнических или гидродинамических расчетов. При этом должны предусматриваться резервные мощности источников тепла порядка I5–20%.

5.2.9. При комплектовании и монтаже оборудования необходимо учитывать местные условия и наличие свободных источников энергии. Для электрооттаивания требуются электрогенераторы или силовые трансформаторы мощностью 300–500 кВт и выше. Для парооттаивания могут

использоваться различные виды паровых котлов производительностью 500 кг пара в час при рабочем давлении 8÷ I0 атм. Например, котлы типа Д-563, смонтированные на автомобильном полуприцепе.

5.2.I0. Паровые иглы и электронагреватели в мерзлые крупнообломочные грунты следует погружать в заранее пробуренные скважины. Расположение нагревателей в плане устанавливается исходя из того, что с уменьшением расстояния между ними сокращается время оттаивания, но возрастают затраты на буровые работы. При этом следует руководствоваться указаниями п п. 4.2.6 и 4.2.7. Локальное оттаивание под свайные фундаменты по схеме 2 п.3.I2 производится по сетке свайного поля.

5.2.II. Для бурения скважин под паровые иглы и электронагреватели рекомендуется применять специальные буровые станки вибровращательного , пневмоударного и шарошечного бурения типа СДВВ-II, БТС-М и др. с диаметром бурения 46÷70 мм.

5.2.I2. Во избежание завалов и других осложнений нагреватели и иглы целесообразно погружать сразу после проходки скважин. Открытые паровые иглы, если они вводятся в работу не сразу после погружения, следует вывешивать не доходя до забоя на I-I,5 м, чтобы предотвратить их примерзание и закупорку наконечников. Последующая недопосадка игл до забоя при этом должна не превышать 0,3÷0,4 м.

5.2.I3. В процессе оттаивания следует проводить систематические наблюдения за температурой и осадками оттаивающего грунта. Расположение и глубина контрольных термометрических скважин и осадочных реперов устанавливаются проектной организацией.

5.2.I4. При осуществлении сплошного оттаивания оснований оттаивание может считаться законченным, когда температура грунта по контрольным скважинам в интервале оттаиваемого слоя примет положительные значения ($t > I^{\circ}C$). Локальное оттаивание производится в течение расчетного времени, устанавливаемого согласно указаниям п п. 5.2.4 и 5.2.6 по действительной работе нагревателей. При этом обязательно должен предусматриваться выборочный контроль фактических размеров оттаянных зон грунта.

5.2.I5. Возведение фундаментов на оттаянных грунтах производится после стабилизации их осадок до расчетных значений и проведения контрольного инженерно-геологического обследования оттаянного массива. При необходимости, а при локальном оттаивании - во всех случаях, должно проводиться искусственное уплотнение оттаянных грунтов.

5.2.16. Уплотнение грунтов в пределах локально оттаянных зон следует осуществлять с помощью погружных вибраторов или других механизмов вибрационного или ударного типа. Уплотнение должно проводиться ступенями через 1-1,5 м глубины при подъеме инструмента до заданных значений плотности грунта. Время вибрирования на каждой ступени и другие параметры уплотнения устанавливаются по данным опытных работ. Проводить уплотнение надо сразу после извлечения из скважины нагревателей (игл), но не ранее чем через 3-4 дня после окончания оттаивания, когда произойдет выравнивание температур и стабилизация талика.

5.2.17. При опытном обосновании допускается осуществлять уплотнение грунтов в процессе забивки в локально оттаянные зоны свай-стоек дизель-молотом или вибропогружателем. Сваи-стойки при этом должны иметь тупой угол заострения 120^0 и погружаться до проектного отказа с отдыхом между отдельными сериями-залогами.

5.2.18. Качество и степень уплотнения грунтов должны проверяться по данным динамического зондирования, а также статических и динамических испытаний свай.

5.3. Требования по технике безопасности

5.3.1. При составлении проекта на производство работ по подготовке оснований и устройству фундаментов, а также при выполнении этих работ строительными организациями должны соблюдаться требования главы СНиП III-4-80 "Техника безопасности при строительстве".

5.3.2. Безопасность производства работ по предпостроечному оттаиванию грунтов обеспечивается правильной организацией этих работ, размещением силовых трансформаторов, паровых котлов, линий электропередачи и паропроводов в безопасных местах и их ограждением, а также соответствующим инструктажем работающего персонала. К производству работ по оттаиванию грунтов должны допускаться только специально обученные рабочие.

5.3.3. Силовые электролинии должны подводиться к трансформаторам на высоте, безопасной для пешеходов и транспорта. Для подключения механизмов и электроагрегатов должны применяться шланговые электрокабели в надежной изоляции согласно ТУ для работы в условиях повышенной влажности.

5.3.4. Все электрооборудование должно быть тщательно заземлено

с учетом особых условий Севера (наличие вечномерзлых грунтов, высокая влажность и т.д.).

5.3.5. Применяемые для пароотаивания грунтов паровые котлы должны периодически проверяться котлонадзором и иметь исправную контрольно-измерительную аппаратуру. Во всех распределительных узлах паропроводов должны быть установлены контрольные манометры и предохранительные вентили. Для подачи пара к паровым иглам допускается использовать только специальные резинотканные шланги высокого давления.

5.3.6. Устранение неисправностей в паропроводах и иглах, разъединение и подключение труб, шлангов и другие монтажно-ремонтные работы допускается проводить только после отключения пара.

5.3.7. На участках, где производится оттаивание грунтов, не должны допускаться лица, непосредственно несвязанные с выполнением этой работы. Наблюдения за температурой грунтов, нивелировка осадочных марок и другие контрольные и вспомогательные работы должны проводиться только при отключенном напряжении или при снятом давлении пара.

6. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЛОКАЛЬНОГО ОТТАИВАНИЯ

Способ локального оттаивания грунтов впервые внедрен в практику строительства ГПИ Укргорстройпроект Госстроя УССР и ССМП Укрстрой на объектах БАМ и ГПИ Фундаментпроект при строительстве нефтегазовых обустройств в Западной Сибири. В качестве примера ниже приводятся основные технико-экономические показатели применения этого способа по данным Укргорстройпроекта и СССМ Укротрой.

Инженерно-геологические условия строительного участка характеризовались наличием достаточно выдержанного горизонта льдистых гравийно-галечниковых отложений мощностью 5-7 м, залегающих на полускальных породах и перекрытых сверху слоем мерзлых пылевато-глинистых грунтов мощностью 6-8 м. При строительстве применялись свайные фундаменты, опираемые на полускальные грунты. Длина свай составляла 12-16 м. Для уменьшения длины свай и общей стоимости устройства фундаментов было принято решение применить в данных условиях укороченные сваи-стойки, опираемые на локально оттаянные грунты гравийно-галечникового горизонта. Соответствующие изыскания были выполнены

УкрвостокГИИНТИЗом.

При подготовке оснований и устройстве фундаментов в данных условиях принята схема локального оттаивания крупнообломочных грунтов по сетке свайного поля с последующей забивкой в оттаянные зоны свай-стоек. Оттаивание грунтов осуществлялось открытыми паровыми иглами, погружаемыми в предварительно пробуренные скважины малого диаметра. Опыт показал, что при использовании для этих целей станков вращательного бурения типа БТС-М с шарошками диаметром 70 мм практически обеспечивается средняя скорость проходки скважин в галечниках до 80-100 м в смену. Для выполнения пароотаивания применялись серийно выпускаемые паровые котлы типа Д-563, смонтированные на одноосном автоприцепе. Эти котлы при рабочем давлении 10 атм имеют производительность 550 кг пара в час и обеспечивали одновременную работу 20-25 паровых игл.

В примененном в производственных условиях варианте работы по устройству фундаментов осуществлялись в три последовательных этапа, включающих проходку скважин под паровые иглы станками типа БТС-М до подошвы галечникового горизонта, оттаивание грунтов паром в течение 1,5-2 сут и забивку свай в оттаянные зоны дизель-молотом типа УР-1250М. Забивка свай производилась до получения расчетного отказа при заглублении в гравийно-галечниковый горизонт на 0,7-1 м. Для предотвращения отклонения свай от вертикали сваебойный копер оборудовался специальным направляющим устройством. Средняя производительность работ по устройству фундаментов составила 5-6 свай в деле в день или 150-200 свай в месяц в расчете на один комплект указанного оборудования. Основные технико-экономические показатели способа локального оттаивания по сравнению со сплошным оттаиванием основания здания приведены в табл.12.

Таблица 12. Технико-экономические показатели

Затраты на 1 куб.м основания	Способы оттаивания		
	существующее сплошное	рекомендуемое локальное	экономия
Металла на оттаивание основания, кг/м³	1,7	0,8	0,9
Энергии, кВт.ч/м³	63	9	54
Труда, чел-дн/м³	0,08	0,05	0,03
Стоимость, руб/м³	4р.17к.	1р.29к.	2р.88к.

Приложение

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ СВАЙ-СТОЕК В ОТТАИВАЮЩИХ КРУПНООБЛОМОЧНЫХ ГРУНТАХ

I. Методика испытания свай-стоек при втором принципе использования вечномерзлых грунтов в качестве основания предназначается в соответствии с п п. 3.26 и 3.27 главы СНиП II-I8-76 для свай-стоек, если основанием для них служат непросадочные грунты при оттаивании в эксплуатационный период или для свай-стоек и висячих свай, если основанием служат просадочные, но предварительно оттаянные и уплотненные грунты.

2. Испытание свай с целью контрольной проверки устойчивости основания, сложенного оттаявшим и оттаивающим вечномерзлым крупнообломочным грунтом, и определения несущей способности свай производятся для случаев, когда по данным инженерно-геологических изысканий:

А) крупнообломочный грунт характеризуется как просадочный и поэтому в проекте предусмотрено его предварительное оттаивание и уплотнение в некотором ,устанавливаемом по расчету, объеме основания (см.раздел IУ настоящих Рекомендаций);

Б) крупнообломочный грунт характеризуется как непросадочный при оттаивании под нагруженной сваей и поэтому в проекте принято допущение, что грунт основания оттаивает в эксплуатационный период.

3. Методика испытания свай-стоек распространяется как на случай локального оттаивания грунта в основании каждой сваи или куста свай, так и на случай сплошного оттаивания грунтов в основании здания или сооружения.

А. Проверка устойчивости основания и несущей способности свай при просадочном грунте

4. На строительной площадке проверяются:

а) устойчивость нагруженного свайного фундамента, установленного на предварительно оттаянное основание в соответствии с принятыми в проекте расчетными положениями;

б) сохранение устойчивости нагруженного фундамента при дополнительном оттаивании основания;

в) принятая в проекте несущая способность сваи.

5. Опытная свая погружается в грунт на проектную глубину способом, принятым в проекте. Например, свая может быть забита непосредственно в оттаянный грунт или через лидерную скважину; при этом контур оттаянного грунта под опытной сваей должен соответствовать контуру предпостроечного оттаивания, приходящемуся на одну сваю в проекте. При погружении сваи ведется журнал забивки сваи и определяется ее отказ.

6. До погружения сваи на площадке выполняется следующая подготовительная работа:

I) при локальном оттаивании основания проходятся три или четыре скважины (рис.4).

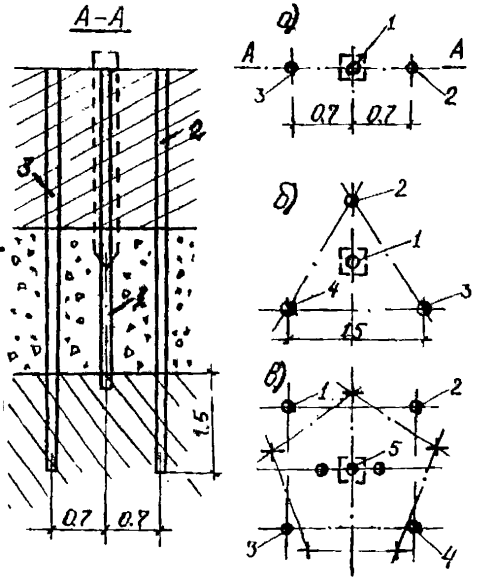


Рис.4. Размещение скважин при испытании свай-стоек;
+ и о - скважины для оттаивания грунта;
● - скважины для измерения температуры;
□ - положение сваи

Три скважины назначаются при толщине оттаиваемого слоя просадочного грунта не более 3 м, а четыре - при большей толщине. Скважину I (см.рис.4а,б) располагают по центру установки сваи и проходят на глубину до подошвы оттаиваемого слоя или на глубину, равную принятой в проекте, что указывается в задании на испытание сваи. Скважины 2,3,4 (см.рис.4а,б) располагают на расстоянии примерно 0,7-0,8 м от

скважины I. Глубина этих скважин на I-I,5 м больше скважины I.

Через скважину I производится локальное оттаивание основания, скважины 2-4 в это время служат для контрольных измерений температуры грунта в ходе оттаивания до достижения заданного в проекте объема. После оттаивания грунта производится погружение сваи на проектную глубину и испытание ее вдавливающей статической ступенчато-возрастающей нагрузкой. По окончании проверки устойчивости сваи производится дополнительное оттаивание основания через скважины 2-4 , при этом продолжаются наблюдения за устойчивостью нагруженной сваи;

2) при сплошном предпостроечном оттаивании основания на опытной площадке проходятся 4или5 скважин для оттаивания и одна скважина для температурных наблюдений (см.рис.4,в).Скважины для оттаивания грунта располагают на расстоянии I-I,2 м от места погружения опытной сваи. Глубина этих скважин равна глубине принятого в проекте предпостроечного оттаивания.

Температурная скважина располагается в месте забивки сваи; ее глубина на 0,7-I м более глубины погружения сваи.

После достигнутого оттаивания производится погружение сваи, в ходе которого ведется журнал забивки сваи и определяется ее отказ. Испытание сваи вдавливающей статической нагрузкой и проверка устойчивости нагруженного фундамента при дополнительном оттаивании основания производятся так же ,как при локальном оттаивании основания. При этом следует учитывать, что на оттаивание грунта потребуется несколько больше времени.

7. Испытание сваи вдавливающей статической нагрузкой производится после фиксирования приборами положения погруженной сваи и записи в журнале полевого испытания сваи сведений согласно прил.3 ГОСТ 5686-78 "Сваи. Методы полевых испытаний".

8. Испытываемая свая оборудуется приборами наблюдения за осадкой при ее ступенчатой загрузке, на свае устанавливается загрузочная платформа, вблизи создается репер (см.ГОСТ 5686-78, ГОСТ 24546-8I или "Руководство по полевым испытаниям свай в вечномерзлых грунтах").

9. Испытываемая свая загружается первой ступенью нагрузки, составляющей I/I0 заданной расчетной (проектной) нагрузки на сваю. Если осадка сваи от первой нагрузки не превышает I-2 мм, то вторая и последующие ступени могут приниматься равными I/5 расчетной

нагрузки.

10. Несущая способность сваи определяется по результатам проведенного испытания и полученного отказа при забивке сваи, руководствуясь указаниями раздела 6 главы СНиП II-17-77 "Свайные фундаменты".

11. В случае, если свая в ходе испытания переместится более чем на 40 мм или ее осадка носит незатухающий характер при нагрузке, менее принятой в проекте расчетной величины, то следует проверить, уплотнился ли после оттаивания грунт в основании и уточнить способ и время его уплотнения (до забивки или во время забивки сваи).

12. Устойчивость сваи при углублении оттаивания основания проверяется после проведения статических испытаний. Показателем устойчивости сваи будет отсутствие дополнительной осадки или проявление ее в пределах расчетных значений.

Б. Проверка устойчивости основания и несущей способности сваи-стойки при непросадочном грунте

13. При непросадочном, по данным изысканий, вечномерзлом грунте в основании сваи-стойки на строительной площадке проверяется: а) устойчивость нагруженного свайного фундамента при оттаивании грунта ниже острия сваи; б) несущая способность фундамента.

14. Опытная свая-стойка погружается на проектную глубину способом, принятым в проекте. Например, свая может быть опущена в заранее пробуренную скважину диаметром более поперечника сваи, забита в лидерную скважину или в предварительно оттаянный с помощью паровой иглы грунт. Оттаивание производится в радиусе 1-1,5 диаметра сваи на глубину погружения сваи. Пространство между опущенной сваей и стенкой скважины должно оставаться незаполненным в течение проведения эксперимента. По завершении испытания это пространство плотно заполняется грунтовым (или цементным и т.п.) раствором.

15. Вокруг погружаемой сваи проходятся для оттаивания грунта под острием сваи четыре или пять скважин, располагаемых как указано в п.6 настоящего приложения.

Для измерения температуры оттаиваемого грунта пробуривают одну-две скважины на расстоянии 0,5-0,7 м от центра сваи. Глубина всех скважин должна быть на 1,5-2 м больше глубины погружения сваи.

16. Опытная свая оборудуется приборами наблюдения за осадкой при ее ступенчатой загрузке, на свае устанавливается загрузочная

платформа, вблизи – репер. Испытание сваи вдавливающей статической нагрузкой производится так же, как это указано в п п.7-9 настоящего приложения.

I7. После проведения статических испытаний опытной сваи проверяется ее устойчивость при оттаивании грунта под острием нагруженной сваи. С этой целью через скважины I-5 производят оттаивание грунта. По результатам проверки составляют выводы, как это указано в п.I2 настоящего приложения.

I8. Число опытных свай определяется программой испытаний на основе положений главы СНиП на проектирование свайных фундаментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП II-18-76. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Нормы проектирования. М.,Стройиздат, 1977.
2. Руководство по проектированию оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах. М.,Стройиздат, 1980.
3. Рекомендации по проектированию и устройству оснований и фундаментов с предпостроечным оттаиванием вечномерзлых грунтов. М., НИИ оснований и подземных сооружений, 1974.
4. Руководство по полевым испытаниям свай в вечномерзлых грунтах. М.,Стройиздат, 1977.
5. Руководство по технологии физико-химического укрепления промерзающих и оттаивающих грунтов. М.,Стройиздат, 1977.
6. Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов. М.,Высшая школа ,1978.
7. Вялов С.С. Принципы управления геокриологическими условиями при строительстве в области многолетнемерзлых горных пород (обзор исследований в СССР). 2-я Международная конференция по мерзлотоведению. Якутск, 1975.
8. Колесов А.А. Способы устройства фундаментов на оттаивающих вечномерзлых грунтах. Экспресс-информация. М., ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР, 1981.
9. Федорович Д.И., Жуков В.Ф., Петренко В.Б. Опыт устройства фундаментов при строительстве поселка Ургал БАМ.- На стройках России, 1980, № 9.
10. Методика оценки прочности и сжимаемости крупнообломочных грунтов. Владивосток, Дальневосточный ПромстройНИИпроект, 1977.
11. Федорович Д.И., Жуков В.Ф., Петренко В.Б. Опыт устройства фундаментов в условиях БАМ. -Сб.: Тезисы докладов Всесоюзного совещания "Фундаментостроение". М.,НИИ оснований и подземных сооружений", 1979.
12. Колесов А.А., Струбцов Ю.А. Способ возведения свайных фундаментов на оттаивающих вечномерзлых грунтах на объектах обустройства Уренгойского газового месторождения.-Сб.:Тезисы докладов Всесоюзного совещания "Фундаментостроение".М.,НИИ оснований и подземных сооружений, 1979.
13. Федорович Д.И., Жуков В.Ф., Петренко В.Б. Льдистые крупнообломочные грунты как основания. - Основания, фундаменты и механика грунтов. 1981, № 3.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 3
П. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ КРУПНООБЛОМОЧНЫХ ГРУНТОВ..... 4
2.I. Номенклатура и условия залегания крупнообломочных грунтов..... 4
2.2. Деформационно-прочностные характеристики крупнообломочных грунтов 6
Ш. СПОСОБЫ ПОДГОТОВКИ ОСНОВАНИЙ И УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТОВ..... 16
IУ.ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТЫ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ ..... 2[illegible]
4.I. Общие положения ..... 2[illegible]
4.2. Расчет оснований и фундаментов при локальном оттаивании грунтов 24
а) Случай опирания фундаментов на распределительный слой 25
о) Случай опирания фундаментов непосредственно на локально оттаянный грунт 34
У. ПРАВИЛА ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ..... 4[illegible]
5.I. Общие требования ..... 4[illegible]
5.2. Организация и производство работ по оттаиванию грунтов 4
5.3. Требования по технике безопасности..... 45
УI.ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЛОКАЛЬНОГО ОТТАИВАНИЯ ..... 4[illegible]
ПРИЛОЖЕНИЕ. Методика испытания свай-стоек в оттаивающих крупнообломочных грунтах..... 4[illegible]
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... 5[illegible]

Научно-исследовательский институт оснований и
подземных сооружений им.Н.М.Герсеванова

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И

ПО УСТРОЙСТВУ И РАСЧЕТУ ОСНОВАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛОКАЛЬНОГО ОТТАИВАНИЯ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ КРУПНООБЛОМОЧНЫХ ГРУНТОВ

Зав. ОПИ и НТИ А.И.ЮШИН
Редактор Л.В.ПУЗАНОВА

Л - 111033. Подп.к печати 16/IX 1983 г. Заказ № 1069
Формат 60х90 1/16. Бумага офсетная. Набор машинописный
Уч.-изд.л. 3,31. Тираж 500 экз. Цена 48 коп.

Производственные экспериментальные мастерские
ВНИИИС Госстроя СССР

121471, Москва, Можайское шоссе, 25

gost.e-ecolog.ru