

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

**РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ  
И РАСЧЕТУ  
МАЛОЗАГЛУБЛЕННЫХ  
ФУНДАМЕНТОВ  
НА ПУЧИНИСТЫХ ГРУНТАХ**

**МОСКВА-1985**

УДК 624.15.04:624.131.29:624.131.434

Настоящие Рекомендации содержат основные положения по проектированию и расчету малозаглубленных фундаментов, возводимых на сезоннопромерзающих пучинистых грунтах-основаниях с учетом восприятия деформаций морозного пучения. В них изложены методы выбора оптимальных конструктивных схем фундаментов в зависимости от степени пучинистости грунтов, методы расчета деформаций и сил морозного пучения грунтов, воздействующих на фундаменты, а также расчеты эксплуатационной надежности легких зданий с учетом жесткости их конструкций и назначения противоупучинных мероприятий.

Рекомендации разработаны в лаборатории оснований и фундаментов на пучинистых грунтах НИИОСП докт. техн. наук В.О. Орловым совместно с канд. техн. наук В.С. Сажиним (ЦНИИЭПсельстрой Минсельотроя СССР) при участии докт. техн. наук М.Ф. Киселева, кандидатов техн. наук В.Г. Буданова, А.В. Садовского, А.Н. Скачко, инж. Р.В. Жабровой и В.Г. Морозова.

Рекомендации одобрены секцией "Фундаментостроение на мерзлых грунтах" научно-технического Совета НИИОСП и рекомендованы к изданию.

Рекомендации предназначены в качестве практического пособия при изысканиях, проектировании и строительстве малоэтажных зданий и сооружений и выпущены взамен "Руководства по проектированию мелкозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах" (ЦНИИЭПсельстрой, М., 1982).

Замечания и предложения по содержанию Рекомендаций просим направлять по адресу: 109389, Москва, 2-я Институтская ул., д.6, НИИОСП.

© | Ордена Трудового Красного  
Знамени научно-исследовательский институт оснований и подземных сооружений им. Н.М. Герсеванова, 1985

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших проблем в фундаментаостроении является дальнейшее обоснование и разработка экономичных проектно-конструкторских решений по устройству оснований и фундаментов на сезоннопромерзающих на пучинистых грунтах.

Решение данной проблемы неразрывно связано с учетом и предупреждением воздействий морозного пучения грунтов основания на фундаменты и конструкции зданий и сооружений. Обоснованная оценка деформаций и сил морозного пучения грунтов, глубина заложения фундаментов, а также разработка противоупучивных мероприятий и приспособление конструкций сооружений к работе в пучинистых грунтах – вот тот необходимый перечень основных задач, решение которых обеспечивает устойчивость, эксплуатационную надежность и долговечность сооружений.

Широко распространенным в практике строительства мероприятием, обеспечивающим устойчивость сооружений (зданий) на пучинистых грунтах, до настоящего времени является заложение фундаментов ниже расчетной глубины сезонного промерзания. Если для зданий I и II классов глубина заложения фундаментов, исходя из расчетного давления на основание, назначается, как правило, большей, чем глубина сезонного промерзания грунтов, то для малоэтажных легких зданий III класса глубина заложения фундаментов при расчете основания по двум группам предельных состояний может быть ограничена слоем сезоннопромерзающего грунта.

При строительстве малоэтажных зданий, преимущественно сельскохозяйственного назначения, нагрузка на I м ленточных фундаментов, в основном не превышает 80-120 кН (8-12 тс), а на столбчатые фундаменты – 200 кН (20 тс). Небольшие нагрузки, на фундаменты обуславливают повышенную чувствительность зданий к силам морозного пучения. Это особенно проявляется в условиях глубокого сезонного промерзания пучинистых грунтов, что приводит к значительному расходу материальных и трудовых ресурсов, а следовательно, к удорожанию стоимости строительства. Так, в районах с глубоким промерзанием грунтов доля затрат на работу по нулевому циклу составляет от 25 до 50% общей стоимости строительства всего одноэтажного здания.

Настоящие Рекомендации разработаны с целью развития и дополнения к требованиям главы СНиП 2.02.01-83 [1], согласно которой глубину заложения фундаментов допускается назначать независимо

от расчетной глубины промерзания, если специальными исследованиями и расчетами установлено, что деформации грунтов основания при их промерзании и оттаивании на данной площадке не нарушают эксплуатационную пригодность здания. При этом они направлены на снижение материалоемкости и стоимости малоэтажных зданий за счет применения так называемых малозаглубленных фундаментов с глубиной заложения в пределах слоя сезоннопромерзающего пучинистого грунта, а также за счет снижения объема работ нулевого цикла.

Предлагаемые расчеты и конструктивные решения предусматривают использование пучинистых грунтов основания по второй группе предельных состояний, т.е. по деформациям от морозного пучения, не превышающим величин, предельно допустимых для нормальной эксплуатации зданий.

Для реализации принципа расчета малозаглубленных фундаментов по деформациям пучения в Рекомендациях приводится методика, основанная на исследовании закономерностей деформаций и сил морозного пучения грунтов и совместной работы фундаментов и оснований.

Согласно этой методике при расчете деформаций морозного пучения учитываются как изменения физических свойств промерзающего грунта и соответственно величины его деформаций в зависимости от передаваемого на основание давления, так и характер изменения сил морозного пучения в результате перемещений фундамента до предельно допустимых величин. Кроме того, методика учитывает тип и размеры фундамента, жесткость конструкций зданий и т.п.

Выбор типа и конструкции фундамента, как и назначение противопучинных мероприятий должны решаться путем сравнения вариантов фундаментов на основе технико-экономического анализа с учетом конкретных условий строительства, включая геологические и гидрогеологические условия, обуславливающие степень пучинистости промерзающих грунтов.

В основу Рекомендаций положены обобщенные результаты многолетних экспериментальных исследований морозного пучения грунтов и его воздействий на сооружения с использованием передового опыта экспериментального строительства зданий на малозаглубленных фундаментах.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие Рекомендации разработаны в развитие главы СНиП 2.02.01-83 "Основания зданий и сооружений" и предназначены для расчета, проектирования и устройства малозаглубленных фундаментов под одно-двухэтажные жилые, общественные и промышленные здания (сооружения), преимущественно сельскохозяйственного назначения, возводимые на пучинистых грунтах-основаниях с нормативной глубиной сезонного промерзания грунтов до 1,7 м.

1.2. Настоящие Рекомендации допускается использовать в качестве практического пособия при нормативной глубине сезонного промерзания пучинистых грунтов более 1,7 м, если малозаглубленные фундаменты проектируются для экспериментального строительства.

1.3. Рекомендации предусматривают расчет и проектирование морозоопасных оснований по второй группе предельных состояний (по деформациям), согласно которой рассчитываются как осадки основания, так и его деформации от морозного пучения грунта, промерзающего под фундаментом.

Расчет деформаций основания от внешней нагрузки, вызывающей осадки, просадки, горизонтальные перемещения, производится в соответствии с главой СНиП 2.02.01-83.

1.4. Деформации основания, вызванные пучением грунта под подошвой фундамента, не должны превышать предельно допустимые деформации, величина которых зависит от конструктивных особенностей зданий.

Расчет морозоопасного основания по деформациям включает обязательную проверку эксплуатационной надежности здания при действии на фундаменты касательных сил морозного пучения.

1.5. Основным требованием, ограничивающим возможность использования морозоопасных оснований по деформациям морозного пучения, является выбор строительной площадки с грунтами, однородными по составу в плане площадки и по глубине той части сезоннопромерзающего слоя, которая проектируется в качестве основания.

1.6. Проектированию зданий на пучинистых грунтах должны предшествовать обоснованные результаты инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий на участках строительства, способные обеспечить достоверный многолетний прогноз деформаций промерзающих грунтов основания и назначение необходимых противопучинных мероприятий. Материалы изысканий должны также содержать климатологические данные о районе строительства, включая нормативную глубину сезонного

промерзания [1] .

1.7. При проектировании оснований и фундаментов на пучинистых грунтах необходимо предусмотреть мероприятия, направленные на уменьшение деформаций конструкций зданий. Прочность и долговечная эксплуатационная надежность зданий на пучинистых грунтах достигается использованием комплекса инженерно-мелиоративных (тепло- и гидромелиорация), строительско-конструктивных и физико-химических мероприятий, при назначении которых следует исходить из требований, приведенных в руководствах [2-3].

1.8. Настоящие Рекомендации содержат сведения по выявлению и расчету деформаций и сил морозного пучения грунтов.

В условиях возможного проведения в течение ряда лет полевых исследований пучинистых свойств промерзающих грунтов на площадках, близких к участкам застройки, следует учитывать рекомендации, приведенные в Руководстве [4] . При этом деформации морозного пучения грунтов определяются посредством инструментальных наблюдений за положением поверхностных и глубинных реперов (марок), а также пучиномеров согласно инструкциям, разрабатываемым ведомственными НИИ, и детального обследования территории застройки

## 2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

2.1. Под малозаглубленным фундаментом на морозоопасном основании (естественном, искусственном, уплотненном и т.п.) понимается любой тип фундамента, глубина заложения которого не превышает нормативную глубину промерзания пучинистого грунта основания. При этом предусматривается, что вертикальная нагрузка от сооружения передается только на основание под подошвой фундамента.

2.2. Основания, подвергающиеся сезонному промерзанию-оттаиванию, должны проектироваться с учетом морозного пучения грунтов. Под морозным пучением понимается внутриобъемное деформирование промерзающих влажных почв, скальных пород и грунтов, приводящее к увеличению их объема вследствие замерзания в них воды и образования ледяных включений в виде прослоек, линз, поликристаллов и т.п. При последующем оттаивании в этих грунтах протекает обратный процесс, сопровождающийся их осадкой, разуплотнением и снижением несущей способности. Таким образом, при проектировании зданий на малозаглубленных фундаментах необходимо учитывать сезонные знакопеременные деформации основания, проявляющиеся в виде подьема и

осадания его поверхности.

Морозное пучение выражается, как правило, в неравномерном поднятии слоя промерзающего грунта, причем напряжения, возникающие в грунте при пучении, оказывают существенное воздействие на фундаменты и наземные конструкции зданий.

2.3. Характеристиками пучинистых грунтов являются: величина (деформация) морозного пучения  $f_i$ , представляющая собой высоту поднятия промерзающего грунта в данной точке; интенсивность пучения  $f_i$ , характеризующая пучение элементарного слоя промерзающего грунта; относительное пучение (или коэффициент пучения)  $\bar{f}$ , определяемое по формуле

$$\bar{f} = \frac{f_i}{d_i} \quad (2.1)$$

где  $d_i$  - мощность слоя промерзающего грунта.

2.4. При назначении глубины заложения фундаментов, исходя из условия влияния морозного пучения на эксплуатационную надежность зданий, следует учитывать, что интенсивность этого процесса зависит от таких факторов, как дисперсность и плотность грунта, его влажность и глубина залегания подземных вод, температурный режим в период его промерзания и нагрузка, передаваемая на фундамент. В зависимости от указанных факторов все грунты подразделяются на пучинистые и непучинистые.

2.5. К пучинистым относятся все глинистые грунты, пески мелкие, пылеватые, а также крупнообломочные грунты, содержащие глинистый заполнитель в определенном количестве (см. п. 2.7).

Крупнообломочные грунты с песчаным заполнителем, пески гравелистые, крупные и средние, не содержащие пылевато-глинистых фракций, считаются непучинистыми грунтами при любом уровне безнапорных подземных вод; при водонасыщении этих грунтов в условиях замкнутого объема они относятся к группе слабопучинистых грунтов.

2.6. По степени пучинистости все глинистые грунты подразделяются на пять групп (табл. I). Принадлежность глинистого грунта к одной из этих групп оценивается параметром  $R_f$ , определяемым по формуле

$$R_f = 0,012(w - 0,1) + \frac{w(w - w_{cl})^2}{w_L \cdot w_p \cdot \sqrt{M_s}} \quad (2.2)$$

где  $w, w_p, w_L$  - расчетные значения влажности в слое сезонного промерзания грунта, соответствующие природной,

на границах раскатывания и текучести, доли ед.;  
значение  $w$  определяется по прил. I;

$w_{cr}$  - критическая влажность, доли ед., ниже значения которой в промерзающем глинистом грунте прекращается перераспределение влаги, вызывающей морозное пучение;  $w_{cr}$  определяется по графику рис. I;

$M_s$  - безразмерный коэффициент, численно равный при открытой поверхности промерзающего грунта абсолютному значению средней зимней температуры воздуха, определяемой в соответствии с главой СНиП 2.01.01-83 "Строительная климатология и геофизика", а при отсутствии в ней данных для конкретного района строительства - по результатам наблюдений ближайшей гидрометеорологической станции.

2.7. Пучинистые свойства крупнообломочных грунтов и песков, содержащих пылевато-глинистые фракции, а также супесей с  $\gamma_p < 0,02$ , определяются через показатель дисперсности  $D$ . Эти грунты относятся к непучинистым при  $D < 1$ , к пучинистым - при  $D > 1$ . Изменение показателя  $D$  в пределах от 1 до 5 ( $1 < D < 5$ ) соответствует группе слабопучинистых грунтов.

Значение  $D$  определяется по формуле

$$D = \frac{K}{\bar{d}_s^2 e_s}, \quad (2.3)$$

где  $K$  - коэффициент,  $\text{см}^2$ , равный  $1,85 \times 10^{-4}$ ;

$e_s$  - коэффициент пористости талого грунта;

$\bar{d}_s$  - средний диаметр частиц грунта, см, определяемый по формуле

$$\bar{d}_s = \left( \frac{\rho_1}{d_{s1}} + \frac{\rho_2}{d_{s2}} + \dots + \frac{\rho_i}{d_{si}} \right)^{-1}, \quad (2.4)$$

$\rho_1; \rho_2; \dots; \rho_i$  - процентное содержание отдельных фракций грунта, доли ед;

$d_{s1}; d_{s2}; \dots; d_{si}$  - средний диаметр агрегатов (частиц) отдельных фракций, см.

Диаметры отдельных классифицированных фракций определяются по их минимальным размерам, умноженным на коэффициент 1,4. За расчетный диаметр последней тонкой фракции принимается ее максимальный размер, деленный на коэффициент 1,4.

2.8. Неравномерность морозного пучения грунта по площади характеризуется расчетной относительной деформацией пучения  $\epsilon_f = \frac{\Delta h_f}{L}$ ,



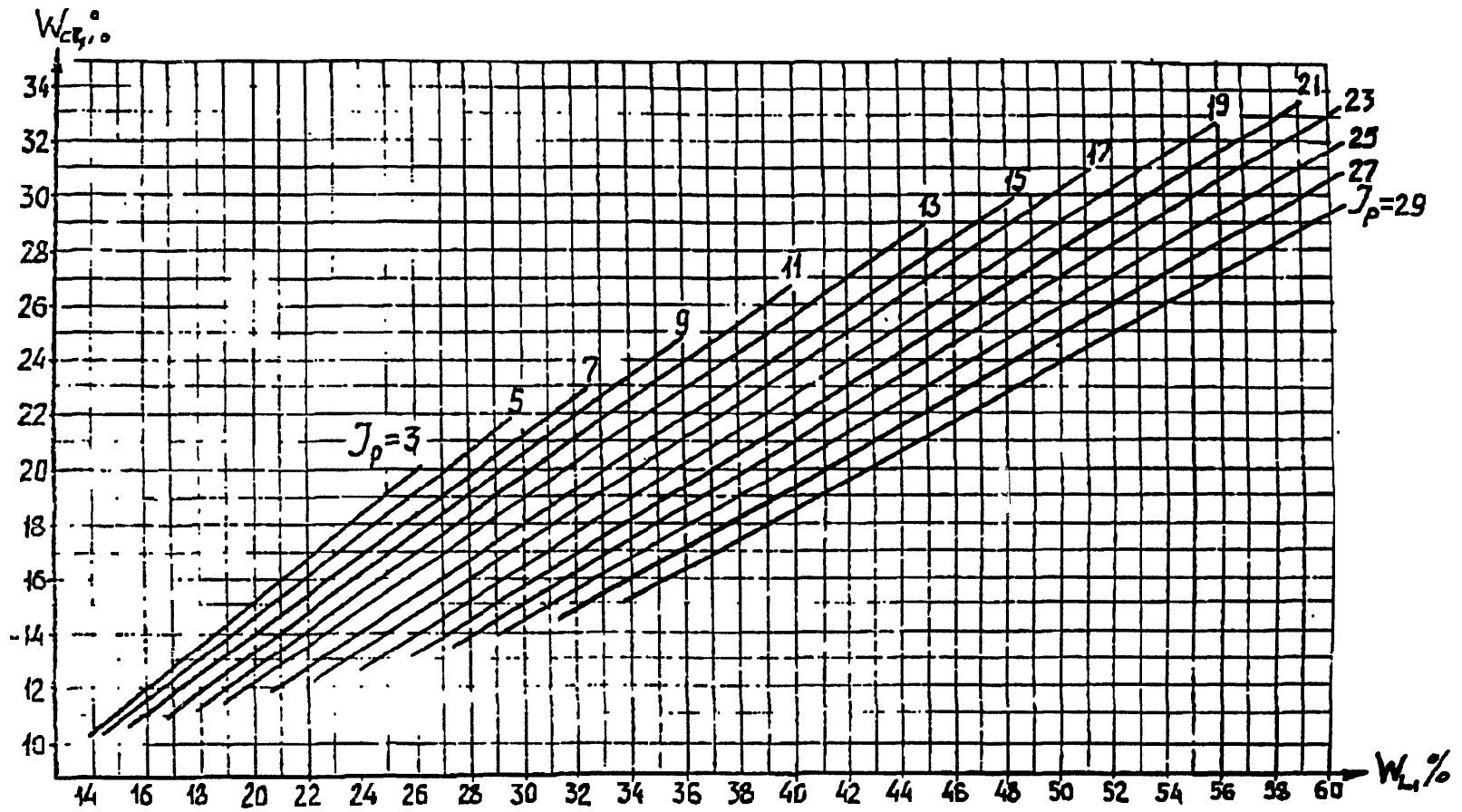


Рис. 1. Значения критической влажности  $W_{cr}$  в зависимости от числа пластичности (%) и влажности на границе текучести

под которой понимается отношение разности величин (деформаций) пучения  $\Delta h_f$  в двух точках к расстоянию (длине заложения)  $L$  между ними; величина  $L$  назначается в соответствии с конструктивными особенностями сооружения.

2.9. Перемещения грунта в процессе морозного пучения обусловлены силами пучения, которые в зависимости от воздействия на фундаменты и конструкции сооружения подразделяются на два вида: касательные силы морозного пучения  $T_k$ , действующие вертикально вдоль боковой поверхности фундамента; нормальные силы морозного пучения  $N_n$ , вызывающие давление пучающегося грунта на подошву фундамента или иную конструкцию здания.

Если значение удельной силы  $T_k$  (силы, отнесенной к единице площади боковой поверхности фундамента) для средней полосы страны составляет 40–100 кПа (0,4–1,0 кгс/см<sup>2</sup>); то значение удельной силы  $N_n$  может достигать 800–1200 кПа (8–12 кгс/см<sup>2</sup>) и более.

### 3. ВЫБОР ТИПА И КОНСТРУКЦИИ ФУНДАМЕНТА

3.1. Выбор типа и конструкции фундамента помимо назначения здания и его наземных конструктивных особенностей определяется степенью и неравномерностью пучения грунтов основания. При этом на сильно- и чрезмернопучинистых грунтах (табл. I) предпочтение следует отдавать монолитным железобетонным ленточным фундаментам или фундаментам-плитам.

3.2. Для зданий с малонагруженными фундаментами целесообразно применять такие конструктивные решения, которые направлены на снижение сил морозного пучения и деформаций конструкций зданий, а также на приспособление зданий к неравномерным деформациям оснований.

3.3. Малозаглубленный (незаглубленный) фундамент конструктивно представляет собой бетонный или железобетонный элемент, уложенный, как правило, на подушку из непучинистого материала (рис. 2), уменьшающего величину и неравномерность перемещений фундамента. Для предотвращения неравномерных подъемов фундамента, обусловленных действием касательных сил пучения, его боковые грани рекомендуется выполнять наклонными (угол наклона до 2–3°) или изолировать от

10

Т а б л и ц а I

## Классификация промерзающих глинистых грунтов по степени пучинистости

Наименование грунта	Наименование грунта по степени пучинистости				
	Практически непучинистый $\bar{f} < 0,01$	Слабо- пучинистый $0,01 < \bar{f} < 0,035$	Средне- пучинистый $0,05 < \bar{f} < 0,07$	Сильно- пучинистый $0,07 < \bar{f} < 0,012$	Чрезмер- но-пучи- нистый $\bar{f} > 0,12$
	Значение параметра $R_f \cdot 10^2$				
Супеси с $0,02 < I_p < 0,07$	0,14	0,14-0,49	0,49-0,98	0,98-1,69	1,69
Супеси пылеватые с $0,02 < I_p < 0,07$	0,09	0,09-0,3	0,3-0,6	0,6-1,03	1,03
Суглинки с $0,07 < I_p < 0,17$	0,1	0,1-0,35	0,35-0,71	0,71-1,22	1,22
Суглинки пылеватые с $0,07 < I_p < 0,13$	0,08	0,08-0,27	0,27-0,54	0,54-0,93	0,93
Суглинки пылеватые с $0,13 < I_p < 0,17$	0,07	0,07-0,23	0,23-0,46	0,46-0,79	0,79
Глины с $I_p > 0,17$	0,12	0,12-0,43	0,43-0,86	0,86-1,47	1,47

П р и м е ч а н и е. Значение  $R_f$  рассчитывается по формуле (2), в которой плотность сухого грунта  $\rho_d$  принята равной  $1,5 \text{ т/м}^3$ ; при иной плотности грунта расчетное значение  $R_f$  умножается на отношение  $\rho_d/1,5$ , где  $\rho_d$  - плотность сухого исследуемого грунта,  $\text{т/м}^3$ .

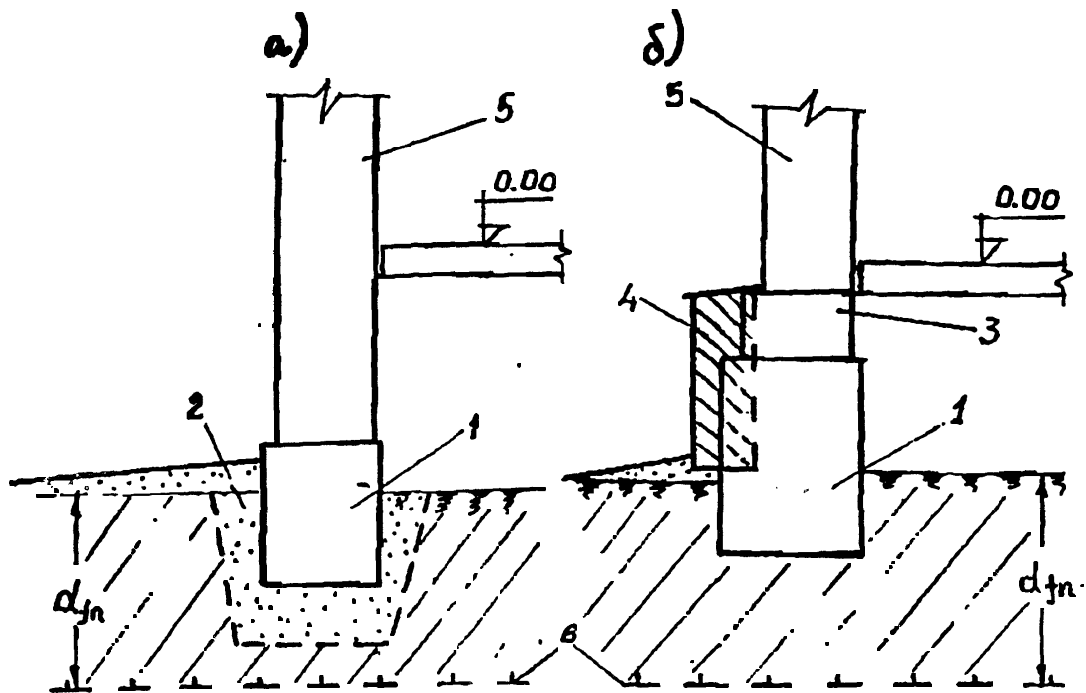


Рис.2. Варианты малозатрубленных фундаментов:  
 а - ленточный сборный с устройством песчаной подушки; б - столбчатый (сборный, монолитный)  
 1 - бетонный блок, 2 - песчаная подушка, 3 - балка, 4 - поперечный элемент, 5 - стена, 6 - расчетная глубина сезонного промерзания, 7 - отмостка из того же бетона или асфальта

смерзания с грунтом специальными покрытиями и омазками [6]

3.4. В качестве материала для устройства подушки может быть использован песок гравелистый, крупный или средней крупности, мелкий щебень, котельный шлак, а также непучинистые грунты, имеющие показатель доперености  $D < I$  (см. п.2.7).

В случае необходимости для увеличения несущей способности основания целесообразно предусматривать устройство песчано-щебеночной подушки, состоящей из смеси песка крупного, средней крупности (40%), щебня или гравия (60%).

3.5. При высоком уровне грунтовых вод и верховодке необходимо предусматривать меры к предохранению материала подушки от заиливания окружающим пучинистым грунтом. С этой целью возможна обработка грунта по контуру подушки различного вида вяжущими омазочными веществами, использование полимерных материалов и т.п.

3.6. Устройство подушек и засыпку пазух и траншей следует выполнять с полойным трамбованием или уплотнением площадочными вибраторами. Во избежание попадания атмосферных вод в подушку ее пазухи следует гидроизолировать устройством отмосток из асфальта, тощего бетона и т.п.

3.7. В зависимости от степени пучинистости грунта основания (табл. I) ленточные малозаглубленные фундаменты под стены кирпичных и панельных зданий рекомендуется устраивать:

на практически непучинистых и слабопучинистых грунтах - из блоков (бетон, керамзитобетон), укладываемых свободно, без соединения между собой непосредственно на естественное основание;

на средне- и сильнопучинистых грунтах - из оборных железобетонных (керамзитобетонных) блоков, жестко соединенных между собой или из монолитного железобетона. На среднепучинистых грунтах допускается применять ленточные фундаменты из свободно уложенных блоков с устройством по ним и над ними армированных поясов (варианты соединения блоков приведены на рис.3);

на сильно- и чрезмернопучинистых грунтах - армированные монолитные фундаменты с применением армированных или железобетонных поясов над проемами последнего этажа (при необходимости - и на уровне перекрытий).

Для последних групп пучинистости грунтов могут быть применены жесткие рамные железобетонные фундаменты или фундаменты-плиты (рис.4).

**П р и м е ч а н и е.** Армирование блоков, фундаментных поясов и необходимость усиления стен армированием или железобетонными поясами определяется расчетом.

**3.8.** Столбчатые маловаглубленные фундаменты под стены зданий из любых материалов целесообразно устраивать при пониженных степенях пучинистости грунтов основания.

На средне- и сильнопучинистых грунтах фундаменты в виде стоек должны быть жестко связаны между собой фундаментной балкой и представлять рамную конструкцию. Для усиления балок могут быть применены армированные или железобетонные пояса.

**3.9.** Одной из эффективных конструкций столбчатых фундаментов на слабо- и среднепучинистых грунтах являются фундаменты на локально уплотненном основании [2]. Локальное уплотнение грунта достигается забивкой блоков или вытрамбовыванием в основании гнезд, в которые устанавливаются сборные или монолитные фундаменты.

**3.10.** При устройстве столбчатых фундаментов необходимо предусмотреть свободное пространство – зазор между фундаментной балкой и планировочной поверхностью грунта. Величина зазора должна быть не меньше расчетной величины подъема ненагруженного грунта при морозном пучении, определяемой в соответствии с п.4.4.

Подобные зазоры следует предусматривать и на вводах коммуникаций в здание, располагаемых в пределах нормативной глубины сезонного промерзания грунта.

**3.11.** При строительстве зданий из деревянных конструкций на слабопучинистых грунтах могут быть применены незаглубленные ленточные фундаменты из сборных блоков, свободно уложенных на подсыпку из непучинистого материала.

На среднепучинистых грунтах армированные блоки сечением 0,25x0,2 м и длиной не менее 2 м укладываются на подсыпку в два ряда с перевязкой швов. Целесообразно применение на этих грунтах и монолитных железобетонных фундаментов.

**3.12.** Для зданий ограниченных размеров в плане (при отношении длины здания к его высоте менее 4) могут быть применены незаглубленные фундаменты из монолитных (оборно-монолитных) плит, укладываемых на подсыпках из непучинистых материалов.

**3.13.** При устройстве сборно-монолитных ленточных фундаментов рекомендуется использовать длинномерные блоки, что позволяет уменьшить трудозатраты на соединение блоков между собой. Сплошные или пустотелые железобетонные блоки высотой 0,22 м, длиной до 6 м могут

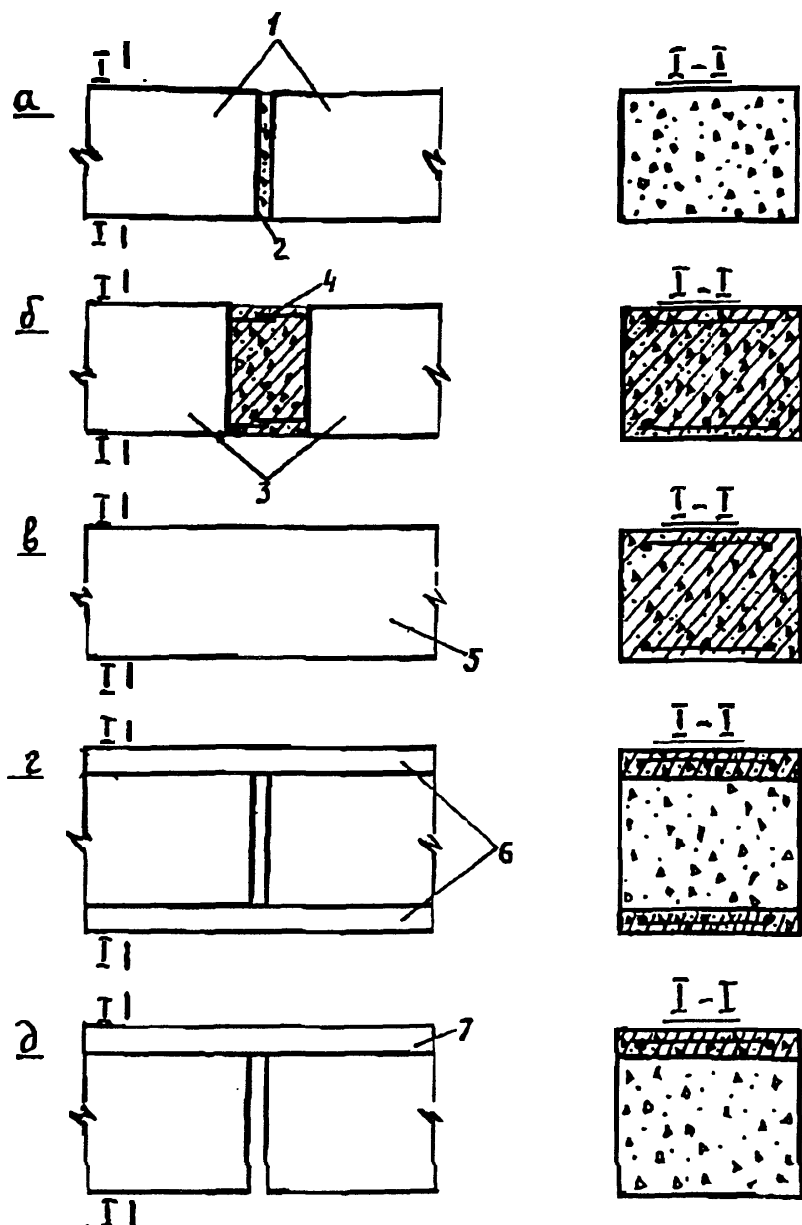


Рис. 3. Варианты соединения элементов мелкозаглубленных ленточных фундаментов:

а - фундамент из свободно уложенных бетонных блоков; б - сборно-монолитный фундамент из ж/б блоков с выпусками арматуры; в - монолитный ж/б фундамент; г - фундамент из бетонных блоков с ж/б поясами; д - фундамент из бетонных блоков с ж/б поясом.  
 1 - сборные бетонные блоки; 2 - раствор; 3 - сборные ж/б блоки с выпусками арматуры; 4 - монолитный бетон; 5 - монолитный железобетон; 6 - армированные пояса; 7 - железобетонный пояс

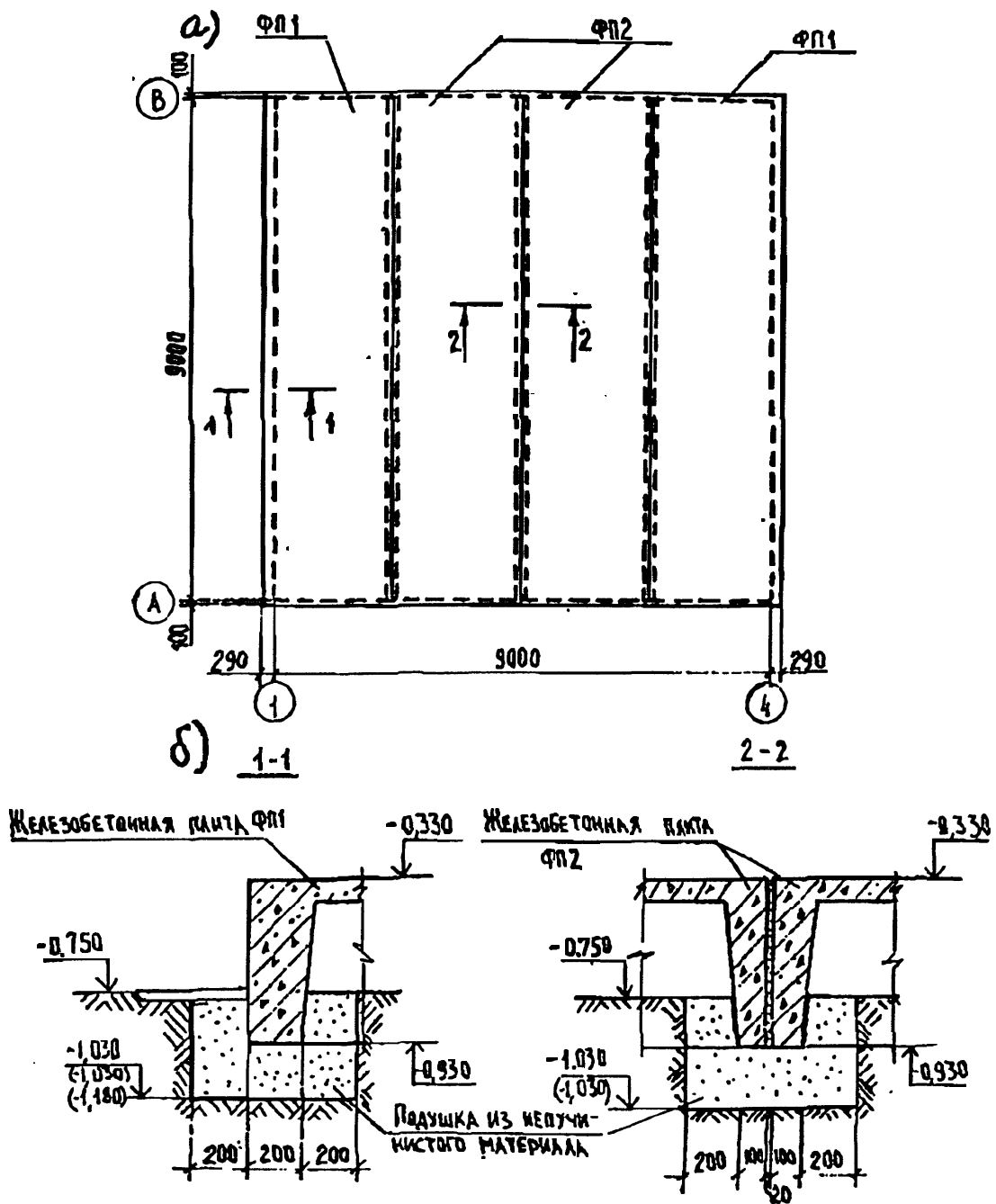


Рис. 4. Сборно-монолитная ребристая плита; а-план; б-разрезы



быть изготовлены в опалубке, предназначенной для панелей перекрытия.

3.14. Значительное снижение расхода материалов при устройстве столчатых фундаментов достигается применением сборных оболочек, устанавливаемых в открытый котлован или пробуренную скважину.

3.15. Для уменьшения влияния касательных сил морозного пучения рекомендуется предусматривать обмазку выровненных боковых поверхностей фундаментов пластичными омазками и пленками [6].

3.16. Выбор типа и конструкции фундамента, способа подготовки основания и других мероприятий по уменьшению неравномерных деформаций здания от морозного пучения должен решаться на основе технико-экономического анализа с учетом конкретных условий строительства.

#### 4. РАСЧЕТ ОСНОВАНИЙ МАЛОЗАГЛУБЛЕННОГО ФУНДАМЕНТА ПО ДЕФОРМАЦИЯМ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ ГРУНТА

4.1. При расчете основания малозаглубленных фундаментов по деформациям морозного пучения грунта помимо настоящих Рекомендаций необходимо соблюдать требования главы СНиП 2.02.01-83 по проектированию оснований зданий и сооружений.

4.2. Расчет основания по деформациям морозного пучения грунта, промерзающего ниже подошвы малозаглубленного фундамента, производится исходя из следующих двух условий:

$$h_{fp} \leq S_u, \quad (4.1)$$

$$\varepsilon_{fp} \leq \left( \frac{\Delta S}{L} \right)_u, \quad (4.2)$$

где  $h_{fp}$  — расчетная величина подъема основания от пучения грунта под фундаментом с учетом давления под его подошвой;

$\varepsilon_{fp}$  — расчетная относительная деформация пучения грунта основания под фундаментом;

$S_u; \left( \frac{\Delta S}{L} \right)_u$  — соответственно предельные величины подъема и относительной деформации основания, принимаемые по табл.2.

4.3. Расчет деформаций и сил морозного пучения грунтов основания, а также глубины заложения фундамента производится в следующей последовательности:

а) на основе материалов изысканий и данных табл. I определяется степень пучинистости грунтов основания и в зависимости от нее

Т а б л и ц а 2

## Значения предельных деформаций основания

Конструктивные особенности зданий	Предельные деформации оснований фундаментов		
	подъем $S_u$ , ом	относительные деформации $(\frac{\Delta S}{L})_u$	
		вид	величина
Бескаркасные здания с несущими стенами из: панелей	2,5	Относительный прогиб или выгиб	0,00035
	2,5	Относительный прогиб или выгиб	0,0005 <sup>*</sup>
блоков и кирпичной кладки без армирования	3,5	Относительный прогиб или выгиб	0,0006 <sup>*</sup>
		Относительный прогиб или выгиб	
блоков и кирпичной кладки с армированием или железобетонными поясами при наличии сборно-монолитных (монолитных) ленточных или столбчатых фундаментов со сборно-монолитными фундаментными балками	4,0	Относительная разность подъемов	0,005
		Относительный прогиб или выгиб	
Здания стоечно-балочной конструкции	5,0	Относительный прогиб или выгиб	0,002
	5,0	Относительная разность подъемов	0,006

\* Допускается принимать большие значения  $(\frac{\Delta S}{L})_u$ , если на основании расчета стены на прочность будет установлено, что напряжения в кладке не превышают расчетных сопротивлений кладки растяжению при изгибе.

выбирается тип и конструкция фундаментов;

б) определяется величина морозного пучения  $h_f$  ненагруженного грунта при расчетной глубине сезонного промерзания  $d_f$  ;

в) исходя из глубины заложения фундамента, размеров его подошвы и толщины подушки из непучинистого материала определяется расчетная величина подъема ненагруженного основания  $h_{fa}$  ;

г) определяются температурный режим и динамика сезонного промерзания грунтов основания, на основе которых рассчитывается давление морозного пучения на подошву фундамента;

д) производится проверка условия, согласно которому среднее давление под подошвой фундамента не должно быть больше расчетного сопротивления материала подушки, а давление на глубине заложения подушки – расчетного сопротивления грунта, определяемого в соответствии с главой СНиП 2.02.01-83 [1] ;

е) производится расчет основания фундамента по деформациям морозного пучения грунта, удовлетворяющий условиям (4.1)-(4.2);

ж) производится расчет фундамента по устойчивости на воздействие касательных сил морозного пучения, который выполняется в соответствии с разделом 6 настоящих Рекомендаций.

В том случае, когда условия (4.1), (4.2) не удовлетворяются, весь расчет повторяется при назначении большей глубины заложения фундамента, увеличении толщины подушки или предусматриваются дополнительные мероприятия в соответствии с разделом 3 настоящих Рекомендаций.

4.4. Величина морозного пучения (подъем)  $h_f$  (м) ненагруженного глинистого грунта при промерзании до расчетной глубины  $d_f$  (м) определяется в зависимости от расчетной осенней влажности  $w$  в промерзающем грунте по следующим формулам:

при  $w > w_{pz}$

$$h_f = d_f \frac{\rho_d}{\rho_w} \left\{ 0,09 [w - K_w (T_{up}) \cdot w_p] + 1,09 K_B J_t \psi \sqrt{\frac{T_{up}}{T_0}} \eta \frac{(w - w_{kz})^2}{w_p} \right. \quad (4.3)$$

при  $w < w_{pz}$

$$h_f = 1,09 d_f \frac{\rho_d}{\rho_w} K_B J_t \psi \sqrt{\frac{T_{up}}{T_0}} \eta \frac{(w - w_{kz})^2}{w_p}, \quad (4.4)$$

где  $w_{pz}$  – расчетная влажность предела пучения грунта, определяемая по формуле

$$W_{pz} = 0,92 \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s \cdot \rho_d} + 0,08 K_w (T_{up}) \cdot W_p; \quad (4.5)$$

здесь:  $0,92$ ;  $\rho_w$ ;  $\rho_s$ ;  $\rho_d$  — плотность, ( $t/m^3$ ) льда, воды, твердых частиц и сухого грунта соответственно;  
 $K_w(T_{up})$  — коэффициент содержания незамерзшей воды в мерзлом грунте при температуре равной  $0,5 T_{up}$ ;  
 $T_{up}$  — максимальная температура грунта, при которой прекращается его пучение;  $T_{up}$  и  $K_w$  определяются по данным табл.3;

$T_0$  — расчетная температура у открытой поверхности грунта,  $^{\circ}C$ , приравненная к средней многолетней температуре воздуха за зимний период; определяется по СНиП 2.01.01-82 [5];

$w$ ;  $w_p$ ;  $w_{cs}$  — те же значения, что в п.2.6;

$K_s$  — параметр, выражающий отношение коэффициентов влагопроводности, равный

$$K_s = \frac{W}{W_{sat}} \quad |K_s \leq 1| \quad (4.6)$$

где  $W_{sat}$  — полная влагоемкость грунта;  
 $J_z$  — температурный импульс движения влаги в промерзающем грунте

$$J_z = \sqrt{\frac{T_0}{T_{opt}}} = \sqrt{\frac{T_0}{T_{up} (\text{grad } T_{cs} \psi d_{zn})^2}} \quad |J_z \leq 1|, \quad (4.7)$$

где  $T_{opt}$  — оптимальная для движения влаги температура охлаждающей среды при критическом градиенте ее в зоне промерзания равном в среднем  $\text{grad } T_{cs} = 10^{\circ}C/m$   
 $\psi$  — параметр, характеризующий зону одновременного пучения;  $\psi$  определяется по номограммам рис.5(а,б);  
 $\eta$  — параметр, выражающий связь между температурой и содержанием незамерзшей воды в зоне промерзания;  $\eta$  определяется по данным таблицы 3.

4.5. Величина подъема ненагруженного основания  $h_{zi}$  при пучении грунта ниже подошвы фундамента определяется по одной из формул, приведенных в табл.4, в соответствии с тремя расчетными схемами, отражающими интенсивность пучения грунта по глубине в зависи-

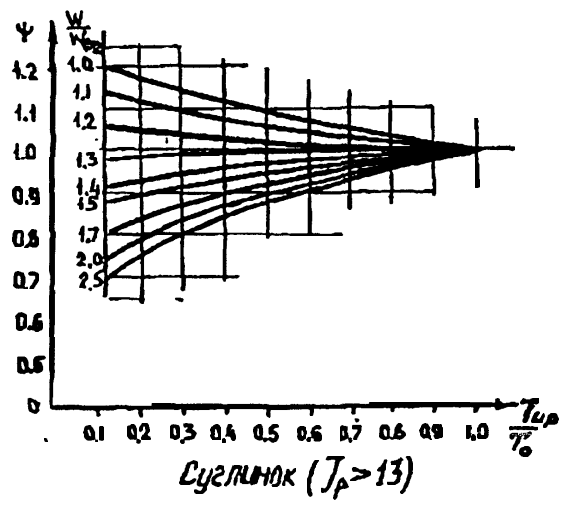
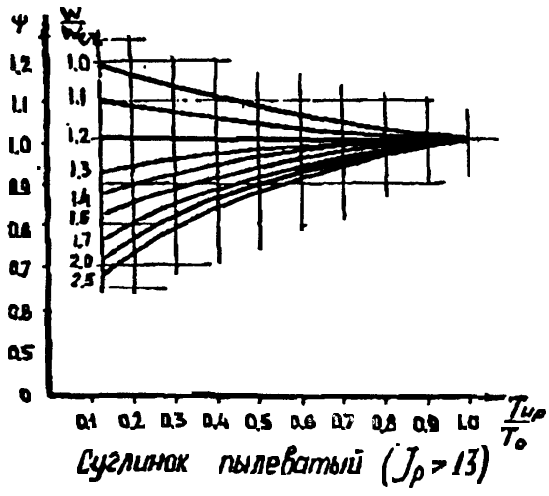
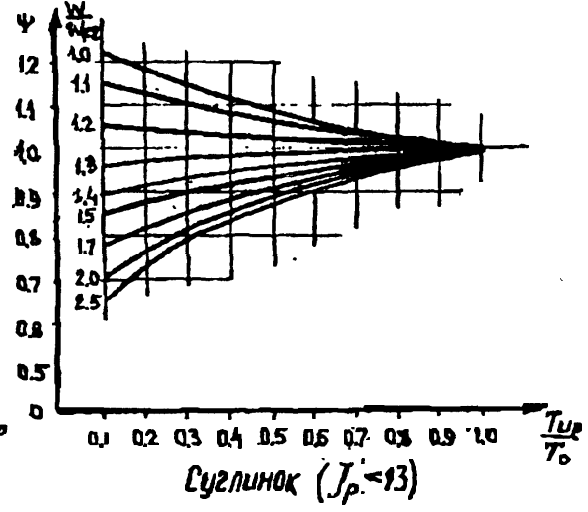
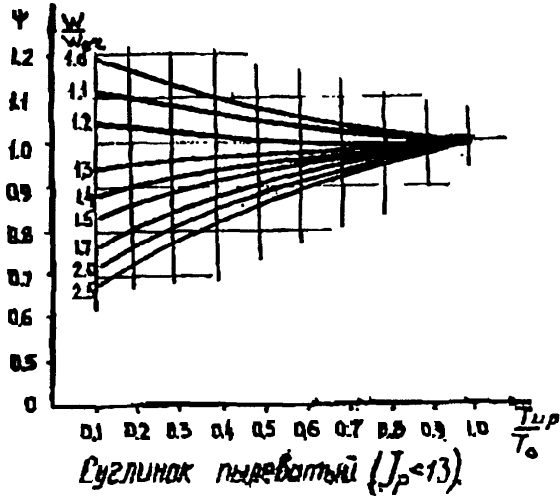
Таблица 3

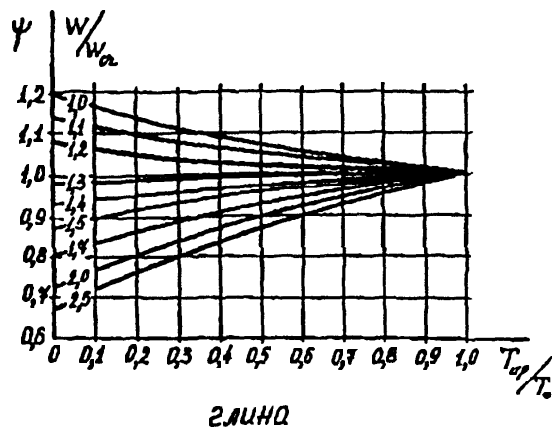
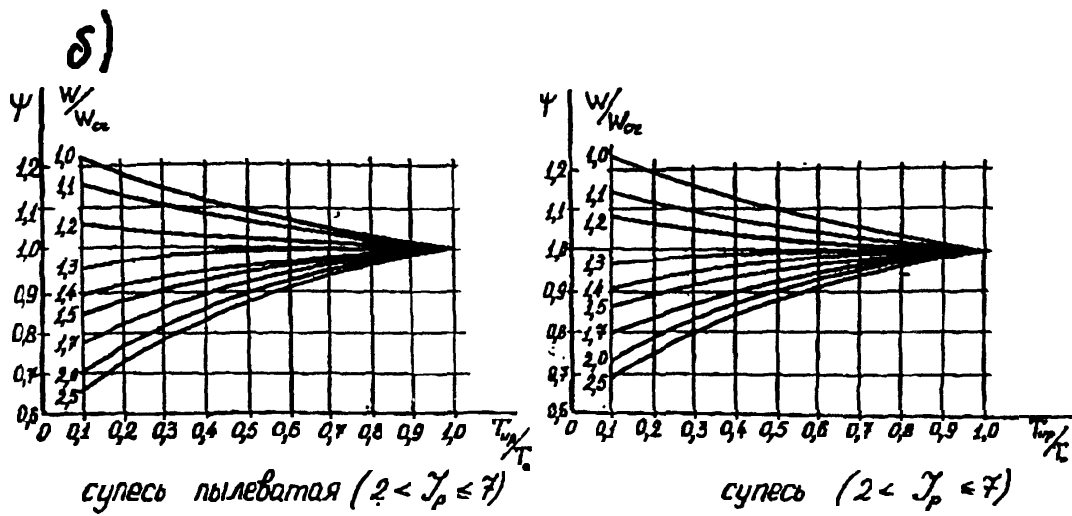
Значения параметров  $\eta$ ,  $k_w(T)$  и температуры прекращения течения  $T_{up}$  для различных видов глинистого грунта

Вид грунта	Число пластичности грунта $\gamma_p$	Температура прекращения течения $T_{up}, ^\circ\text{C}$	Значение параметров $\eta$	Значение коэффициента $k_w$ при температуре грунта, $^\circ\text{C}$								
				-0,3	-0,5	-1	-2	-3	-4	-6	-8	-10
Супесь	$0,02 < \gamma_p < 0,07$	-1,5	3,55	0,6	0,5	0,4	0,35	0,33	0,3	0,28	0,26	0,25
Супесь пылеватая		-2,0	5,0									
Суглинок	$0,07 < \gamma_p < 0,13$	-2,0	4,25	0,7	0,65	0,6	0,5	0,48	0,45	0,43	0,41	0,4
Суглинок пылеватый		-2,5	5,0									
Суглинок	$0,13 < \gamma_p < 0,17$	-2,5	3,8	-	0,75	0,65	0,55	0,54	0,5	0,48	0,46	0,45
Суглинок пылеватый		-3,0	5,35									
Глина	$\gamma_p > 0,17$	-4,0	2,5	-	0,95	0,9	0,65	0,63	0,6	0,58	0,56	0,55

Примечание. Для промежуточных значений температуры величина коэффициента  $k_w$  принимается по интерполяции

а)





Значение параметра  $\psi = F\left(\frac{T_{sp}}{T_0}, \frac{w}{w_a}\right)$

Рис. 5. Значения параметра  $\psi$  для суглинков (а), супесей и глина (б)

Выбор схемы расчета характеристик морозного пучения грунта под фундаментом в зависимости от гидрогеологических условий и рельефа участка застройки

Условия увлажнения грунтов по виду рельефа	Расстояние от поверхности грунта до уровня подземных вод $d$ м	Ориентировочное значение средней влажности в пределах сезоннопромерзающего слоя, $d_{\text{пр}}$	Формулы расчета деформации морозного пучения грунта $h_{\text{з}}$ на глубине заложения фундамента ( $d$ ) с попушкой ( $h_n$ )
1. Сухие участки - возвышенности, всхолмленные места. Водорадельное плато. Грунты увлажняются только за счет атмосферных осадков	$d_w > d_n + x$	а) $w < w_n + 0,3\%$ б) $w > w_n + 0,3\%$	$h_{\text{з}} = h_n \left(1 - \frac{d+h_n}{3,75d}\right)$ (4.8) $h_{\text{з}} = h_n \left(1 - \frac{d+h_n}{0,75d}\right)^{3/2}$ (4.9)
2. Сырые участки - слабо всхолмленные места, равнины, пологие склоны с затяжным уклоном, котловины с признаками поверхностного заболачивания. Грунты увлажняются за счет атмосферных осадков и верховодки, частично подземных вод	$d_w - d_n < x$	$w > w_n + 0,3\%$	$h_{\text{з}} = h_n \left(1 - \frac{d+h_n}{d}\right)^{3/2}$ (4.10)
3. Мокрые участки - пониженные равнины, котловины, межсклоновые низины, заболоченные места. Грунты водонасыщаются за счет атмосферных осадков и подземных вод ключая верховодку	$d_w < d_n$	$w > w_n + 0,5\%$	$h_{\text{з}} = h_n \left(1 - \frac{d+h_n}{d}\right)$ (4.11)

Примечание. Значение  $d_w$  рассчитывается с учетом прогноза изменения уровня подземных вод;  $x$  - наименьшее расстояние (м) от границы сезонного промерзания  $d_{\text{пр}}$  до уровня подземных вод, при котором эти воды не оказывают влияния на увлажнение промерзающего грунта; значение  $x$  определяется по табл. 5