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

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ПРИНЦИПА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ В КАЧЕСТВЕ ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ

МОСКВА–1984

gost.e-ecolog.ru

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

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ПРИНЦИПА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ В КАЧЕСТВЕ ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ

МОСКВА–1984

УДК 624.139:624.15

Рекомендации преследуют цель дать научное обоснование выбору принципа использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований зданий. Выбор принципа осуществляется на основе технико-экономического сравнения вариантов с оценкой надежности принимаемых проектных решений, что является новым в практике фундаментостроения на вечномерзлых грунтах. Расчеты выполняются на ЭВМ. В Рекомендациях описываются алгоритм и программа расчета, излагается вероятностно-экономический подход к выбору принципа, даются указания по назначению исходных данных. Рекомендации позволяют повысить качество проектирования и обеспечить экономически оптимальный уровень надежности проектируемых объектов.

Рекомендации адресованы проектным организациям, занимающимся вопросами строительства в районах распространения вечномерзлых грунтов.

Работа рекомендована к изданию решением секции фундаментостроения на вечномерзлых грунтах Ученого совета НИИОСП.

Авторы Рекомендаций: докт.техн.наук Л.Н.Хрусталев, инженеры С.В.Яковлев и Г.П.Пустовойт.

Замечания и предложения по содержанию Рекомендаций просьба направлять по адресу: 169911, Воркута, ул.Яновского, 1, СО НИИОСП.

© Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт оснований и подземных сооружений имени Н.М.Герсеванова, 1984

ВВЕДЕНИЕ

При проектировании оснований и фундаментов зданий, возводимых на территории распространения вечномерзлых грунтов, принимается один из следующих двух принципов использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований [I] :

принцип I - вечномерзлые грунты основания используются в мерзлом состоянии;

принцип II - вечномерзлые грунты основания используются в оттаявшем состоянии.

Каждый принцип использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований в зависимости от мерзлотно-геологических условий может осуществляться несколькими способами фундаментостроения.

На участках, где слой сезонного промерзания-оттаивания сливается с вечномерзлыми грунтами, широко применяется способ фундаментостроения с сохранением грунтов основания в мерзлом состоянии (принцип I); конструктивно он выражается в заложении фундаментов в вечномерзлом грунте и устройстве под зданием вентилируемого подполья или другой охлаждающей системы. Этот способ обеспечивает долговечность здания, если одновременно обеспечивается нормальная работа охлаждающей системы и предусматриваются мероприятия по ликвидации теплового воздействия на грунты основания близрасположенных зданий.

Принцип I также может применяться на участках, где слой сезонного промерзания-оттаивания не сливается с вечномерзлыми грунтами. При неглубоком залегании верхней границы вечномерзлых грунтов, в пределах достигаемости их обычными свайными или столбчатыми фундаментами, этот принцип реализуется с помощью способа фундаментостроения с промораживанием грунтов основания в процессе эксплуатации здания. В этом случае фундамент опирают на вечномерзлый грунт, промораживание вышерасположенного талого слоя осуществляют в период эксплуатации за счет работы охлаждающей системы здания. При глубоком залегании верхней границы вечномерзлых грунтов принцип I реализуется с помощью способа фундаментостроения с предварительным промораживанием грунтов основания. Предварительное промораживание осуществляется установками искусственного или естественного холода до возведения фундаментов, после чего установки извлекаются из грунта, и поддержание мерзлого состояния основания в процессе эксплуатации осуществляется охлаждающей системой здания.

Однако более распространенными способами фундаментостроения на

участках, где слой сезонного промерзания–оттаивания не сливается с вечномерзлыми грунтами, являются способы фундаментостроения, реализующие принцип II.

Если подстилающий слой является малосжимаемым, то его оттаивание не вызывает существенных деформаций и может быть допущено в процессе эксплуатации здания. В этом случае применяется способ фундаментостроения с приспособлением конструкции к неравномерным осадкам. Фундаменты такого здания работают, как в талом грунте, отличие заключается лишь в большей жесткости или, наоборот, гибкости надфундаментной конструкции. Однако это редко встречающийся случай. Обычно вечномерзлые грунты при оттаивании дают большие деформации, которые являются основной причиной разрушения строительных конструкций. Поэтому для обеспечения устойчивости здания применяют способы фундаментостроения с предварительным оттаиванием вечномерзлых грунтов основания или со стабилизацией начального положения верхней границы вечномерзлых грунтов.

Первый из них предусматривает предварительное оттаивание вечномерзлых грунтов на такую глубину, при которой их дальнейшее оттаивание в процессе эксплуатации здания не вызовет деформаций, опасных для целостности и устойчивости конструкции. При этом фундамент здания закладывают в талом или предварительно оттаянном грунте.

Второй предполагает заложение фундаментов в талом слое грунта, расположенном над вечномерзлым, и устройство под зданием вентилируемого подполья со средней многолетней температурой воздуха, близкой к нулю градусов.

Принцип II может применяться и на участках, где слой сезонного промерзания–оттаивания сливается с вечномерзлыми грунтами, если это диктуется технологическими соображениями и экономической целесообразностью.

Таким образом, в большинстве случаев по мерзлотным условиям невозможно однозначно определить принцип использования вечномерзлых грунтов в качестве основания.

Строительные нормы и правила [I] рекомендуют выбор принципа осуществлять на основе технико-экономического сравнения вариантов. Однако в настоящее время под этим понимается лишь сравнение вариантов по их начальной стоимости. Такой подход нельзя считать обоснованным, поскольку при этом не учитывается надежность принимаемых решений. Очевидно, что варианты, отличающиеся по надежности, не могут быть сопоставлены по начальной стоимости. Поэтому для научно обоснованного вы-

бора принципа использования вечномерзлых грунтов и способа фундаментостроения необходимо уметь оценивать надежность оснований и уметь её оптимизировать по стоимости. Эти вопросы рассматриваются в настоящих Рекомендациях применительно к перечисленным выше способам фундаментостроения. При этом в целях упрощения задачи рассматривается только один тип фундаментов - сваи и один тип охлаждающей системы - вентилируемое подполье.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Для ускорения внедрения в практику строительства последних достижений науки и техники и установления прямых связей между научно-исследовательскими и проектными организациями Госстрой СССР разрешил при разработке рабочих чертежей применять рекомендации головных институтов Госстроя СССР до включения их в нормативные документы. При этом соответствующая часть проекта, в которую вошли разработки научно-исследовательского института, должна быть выполнена с участием головного НИИ - автора работы.

I.2. Настоящие Рекомендации разработаны в развитие положений п.3.8 СНиП П-18-76 "Нормы проектирования. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах" [I] и распространяются на проектирование гражданских и промышленных комплексов, возводимых на вечномерзлых грунтах.

I.3. Выбор оптимального проектного решения по устройству оснований и фундаментов зданий на вечномерзлых грунтах следует осуществлять на основе минимизации суммарной приведенной стоимости здания, являющейся функцией его начальной стоимости и надежности основания:

$$C = C_0 + C_1 = min \,, \qquad (I)$$

где C - суммарная приведенная стоимость здания; C_0 -начальная стоимость здания, определяемая как сумма стоимостей надфундаментной конструкции, фундаментов и подготовки основания; C_1 - цена риска, определяемая надежностью основания согласно (2).

$$C_1 = C_0 \int_0^{\tau_0} \frac{(0.01 \cdot k_6 \cdot \tau - k_3 - 1) P'(\tau)}{(1+E)^\tau} d\tau, \qquad (2)$$

где $P'(\tau)$- производная функции надежности основания по времени; k_6 - процент отчислений на полное восстановление, принимается в зависимости от класса капитальности здания согласно [2] ; k_3 - коэффициент эко-

номической ответственности, принимается как отношение постороннего ущерба к начальной стоимости здания; E - нормативный коэффициент приведения разновременных затрат, принимается согласно [3] ; τ - текущее время; $\tau_э$ - период эксплуатации здания.

I.4. Под надежностью основания понимается его способность воспринимать внешние нагрузки и воздействия (тепловые и механические) с сохранением эксплуатационной годности возведенного на нем здания. Количественной мерой надежности является вероятность события, при котором выполняются предельные условия по несущей способности и деформациям основания в течение всего периода эксплуатации здания $\tau_э$. Вероятность этого события за текущее время τ называется функцией надежности основания и описывается выражением (3).

$$P(\tau)=P\left|\begin{array}{l}\Phi(t)\geq N\\ S(t)\leq S_{пр}\\ F_n(t)-F_y(t)\leq N\\ 0\leq t\leq\tau\end{array}\right|, \qquad (3)$$

где $P(\tau)$ - функция надежности основания; $\Phi(t)$ - несущая способность основания на момент времени t ; N - нагрузка на основание от здания; $S(t)$ - величина совместной деформации основания и здания на момент времени t ; $S_{пр}$ - предельно допустимая величина совместной деформации основания и здания; $F_n(t)$ - действующие на фундамент силы морозного пучения на момент времени t ; $F_y(t)$ - силы трения и сцепления фундамента с грунтом на момент времени t.

I.5. Функция надежности основания определяется совокупностью действия множества природно-климатических и техногенных факторов, носящих случайный характер. Она вычисляется на электронно-вычислительной машине методом статистических испытаний (Монте-Карло) согласно алгоритму, изложенному в разделе 3 настоящих Рекомендаций. Алгоритм предусматривает также вычисление суммарной приведенной стоимости здания.

I.6. На вид и значения функции надежности можно направленно воздействовать с помощью нижеследующих управляющих параметров: мощности талого слоя, оставляемого под зданием к началу его эксплуатации H ; глубины заложения фундаментов L и модуля вентилирования подполья M (отношение площади вентиляционных отверстий в ограждении подполья к площади здания в плане).

I.7. Сочетание управляющих параметров H , L и M для конкрет-

ного здания, расположенного в конкретных природно-климатических условиях, однозначно определяет надежность основания, суммарную приведенную стоимость здания, принцип использования вечномерзлых грунтов в качестве основания и способ фундаментостроения. Поэтому задача поиска оптимального проектного решения сводится к задаче поиска некоторого сочетания управляющих параметров, соответствующего минимуму суммарной приведенной стоимости.

I.8. Первому принципу использования вечномерзлых грунтов в качестве основания соответствует следующее сочетание управляющих параметров: $H < L$, $M > 0$. При этом способу фундаментостроения с предварительным промораживанием грунтов основания отвечает соотношение $H < H_{max}$ (H_{max} - максимальная глубина залегания верхней границы вечномерзлых грунтов в естественных условиях в пределах пятна застройки). Способу фундаментостроения с сохранением грунтов основания в мерзлом состоянии и способу фундаментостроения с промораживанием грунтов основания в процессе эксплуатации - соотношение $H \geq H_{max}$.

I.9. Второму принципу использования вечномерзлых грунтов в качестве основания соответствует следующее сочетание управляющих параметров: $H < L$. При этом способу фундаментостроения с предварительным оттаиванием грунтов основания отвечают соотношения $M = 0$, $H > H_{min}$ (H_{min} - минимальная глубина залегания верхней границы вечномерзлых грунтов в естественных условиях в пределах пятна застройки). Способу фундаментостроения с допущением оттаивания грунтов основания в процессе эксплуатации - соотношения: $M = 0$, $H \leq H_{min}$. Способу фундаментостроения со стабилизацией начального положения верхней границы вечномерзлых грунтов - соотношение $M > 0$.

I.IO. Минимизацию функционала (I) рекомендуется осуществлять с помощью номограммы, связывающей между собой управляющие параметры H, L и M с надежностью основания $P = P(T_j)$ и приведенной суммарной стоимостью здания C. Номограмма строится по результатам расчета P, C и M для конкретных сочетаний H и L. Пример построения такой номограммы и пояснения по пользованию ею приводится в Приложении 3.

I.II. Все расчеты по выбору оптимального проектного решения следует осуществлять применительно к первичному элементу застройки (группа зданий), в пределах которого согласно [I] должен осуществляться единый принцип использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований, и применительно к типичному инженерно-геологическому разрезу в пределах этого элемента.

I.I2. Первичные элементы застройки, возводимые по принципу I и способу стабилизации, должны быть отделены от первичных элементов застройки, возводимых по принципу II, полосой безопасности, обеспечивающей тепловую защиту оснований от взаимного влияния зданий. Ширина полосы безопасности вычисляется по формуле:

$$z = L \cdot R_{B_0} \qquad (4)$$

где z - ширина полосы безопасности, м; L - глубина заложения фундаментов, м; R_{B_0} - параметр, определяемый по номограмме на рис.I, безразм.

Входные параметры номограммы: Q_1, Q_2 и B_c определяются по формулам (5) - (7).

$$Q_1 = \frac{t_{зд} - t_{ср}}{t_{зд} - t_{пб}}, \qquad (5)$$

$$Q_2 = \frac{0{,}5(t_{ср} - t_0) - 0{,}1}{t_{зд} - t_{пб}}, \qquad (6)$$

$$B_0 = \frac{B_{зд}}{L}, \qquad (7)$$

где $t_{зд}$ - температура поверхности грунта под ближайшим к полосе безопасности зданием, возводимым по принципу II, ^{o}C; $t_{пб}$ - температура поверхности грунта в пределах полосы безопасности, ^{o}C; $t_{ср}$ - средняя интегральная температура повехности грунта в черте застройки, возводимой (возведенной) по принципу II, определяется по формуле (8), ^{o}C ; t_0 - температура вечномерзлого грунта в естественных условиях на глубине I0 м, ^{o}C; $B_{зд}$ - ширина ближайшего к полосе безопасности здания, возводимого по принципу II, м.

$$t_{ср} = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{n} t_{пi} S_i, \qquad (8)$$

где $t_{пi}$ - температура поверхности грунта в пределах i -го элемента застройки (например, здания, дороги, газона и т.п.), ^{o}C; S_i - площадь i -го элемента в процентах к общей площади застроенной территории; n - количество элементов.

Примечание. В случае отсутствия данных по $t_{пi}$ допускается расчет среднеинтегральной температуры производить по формуле: $t_{ср} = \rho(t_1 - t_0) + t_0$, где ρ - плотность застройки, возводимой (возведенной) по принципу II и выражаемая отношением площади, занимаемой зданиями,

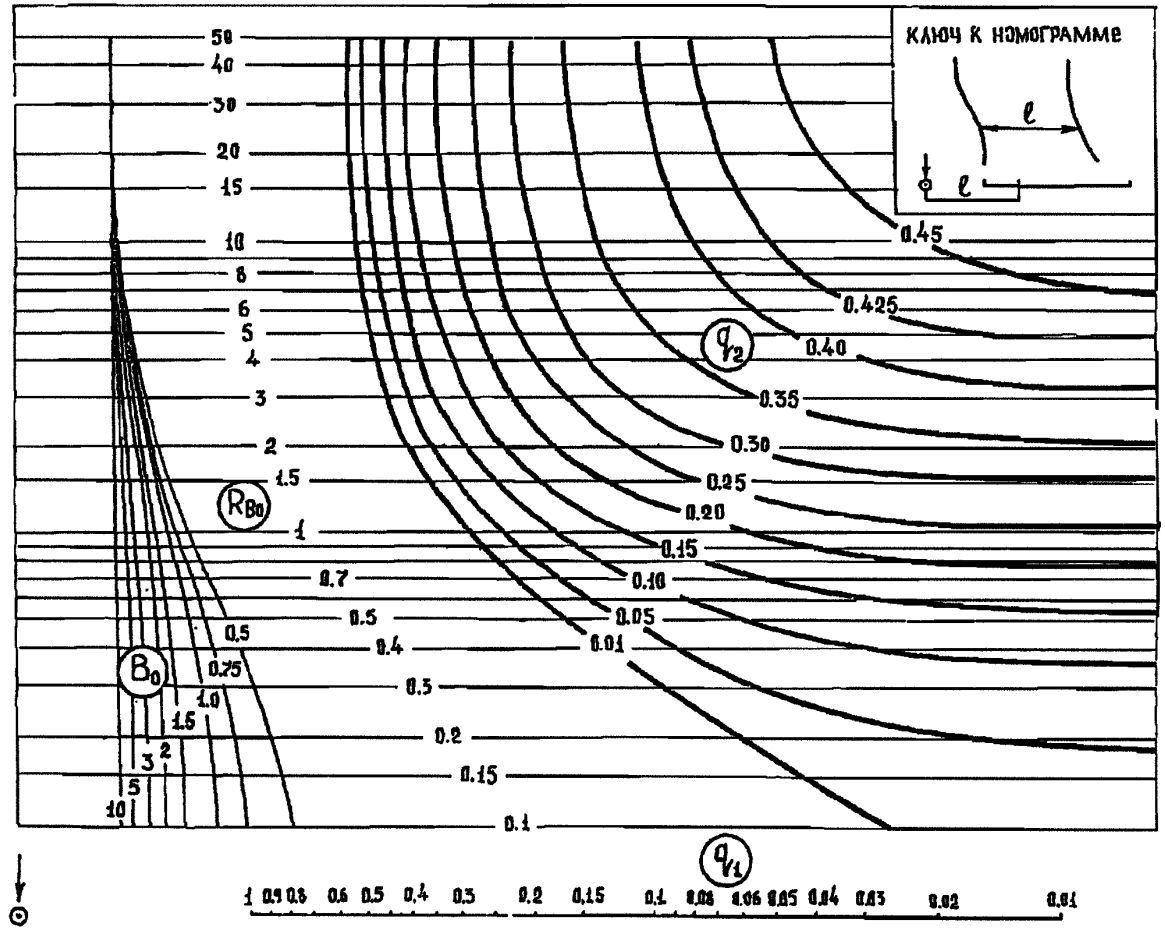


Рис.I. Номограмма для определения R_{Bo}

к общей площади, дол. ед.

I.I3. Разработанная методика выбора оптимального проектного решения по устройству оснований и фундаментов может быть использована и для выбора оптимального планировочного решения застройки. Для этого в число вышеперечисленных управляющих параметров следует добавить параметр, определяющий плановую привязку зданий (например, номер варианта возможной планировки), и минимизацию функционала (I) производить с учетом этого параметра.

2. НАЗНАЧЕНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

2.I. Для выбора оптимального проектного решения по устройству оснований и фундаментов зданий на вечномерзлых грунтах надо располагать информацией по 54 параметрам, из которых I6 следует принять за стохастические (перечень расчетных параметров приведен в таб. 2 и 3 Приложения I).

2.2. За стохастические параметры принимаются: средняя годовая температура наружного воздуха $t_{нв}$, средняя годовая скорость ветра $V_{ср}$, термическое сопротивление снежного покрова $R_{сн}$, коэффициент условия работы вентиляционных отверстий подполья здания m_y, температура воздуха в здании $t_в$ и грунтовые характеристики:

- влажность грунта в талом и мерзлом состояниях, $W_т$, $W_м$;
- объемный вес грунта в талом и мерзлом состояниях $\gamma_т$, $\gamma_м$;
- удельный вес грунта, γ_s;
- влажность грунта на границе раскатывания и текучести (для связных грунтов), W_t, W_p;
- льдистость мерзлого грунта за счет ледяных включений, $\mathcal{A}_в$;
- коэффициент сжимаемости грунта в талом и оттаивающем состояниях, $a_т$, $a_{от}$;
- коэффициент оттаивания грунта, A.

2.3. Параметры $t_{нв}$, $V_{ср}$, $R_{сн}$, m_y, $t_в$ подчиняются нормальному закону распределения и задаются характеристиками распределения их генеральной совокупности - математическим ожиданием и средним квадратическим отклонением.

2.4. Характеристики распределения генеральной совокупности параметра следует определять по характеристикам его частной выборки с использованием следующих формул:

$$M_u = \bar{U} \pm t(\alpha, n)\frac{S_u}{\sqrt{n}}, \qquad (9)$$

$$\sigma_u = S_u[1 \pm q(\alpha, n)], \qquad (10)$$

где M_u – математическое ожидание величины u (например, средней годовой температуры наружного воздуха); σ_u – среднее квадратическое отклонение величины u ; $\bar{u}$ – средняя выборки, определяется по формуле (II); S_u – стандарт, определяется по формуле (I2); $t(\alpha,n)$, $q(\alpha,n)$ – коэффициенты для оценки, соответственно, математического ожидания и среднего квадратического отклонения, зависящие от доверительной вероятности α и объема выборки n, для $\alpha = 0{,}85$ определяются по данным таб. I.

$$\bar{u} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} u_i \; ; \qquad (11)$$

$$S_u = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(u_i - \bar{u})} \; , \qquad (12)$$

где u_i – частное значение параметра (например, средняя годовая температура наружного воздуха за конкретный год).

Таблица I

Значения коэффициентов $t(\alpha,n)$, $q(\alpha,n)$ при $\alpha = 0{,}85$

Объем выборки n	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4
$t(\alpha,n)$	I,I6	I,I3	I,I2	I,II	I,I0	I,I0	I,09	I,08	I,08
$q(\alpha,n)$	0,58	0,50	0,45	0,4I	0,38	0,35	0,33	0,32	0,30

Объем выборки n	I5	I6	I7	I8	I9	20	25	30	40	60
$t(\alpha,n)$	I,08	I,07	I,07	I,07	I,07	I,07	I,06	I,05	I,05	I,05
$q(\alpha,n)$	0,29	0,28	0,27	C,26	0,25	0,24	0,2I	0,I6	0,I2	0,07

Примечания. I. Знак плюс в формуле (9) используется при оценках параметров $t_{нё}$, $t_в$; знак минус – параметров $v_{ср}$, $R_{сн}$, m_y.

2. Величина доверительной вероятности исходных данных согласно [I] принимается равной $\alpha = 0{,}85$.

2.5. Грунтовые характеристики $W_т$, $W_н$, W_m, $W_р$, $\gamma_т$, $\gamma_н$, γ_s, $J_в$, $a_т$, $a_{от}$, A задаются частными репрезентативными выборками их значений, которые получают на основе типического отбора из генеральной совокупности.

2.6. Средняя годовая температура наружного воздуха $t_{нв}$ и средняя годовая скорость ветра $v_{ср}$ определяются по данным метеорологических наблюдений в районе строительства, которые обрабатываются с использованием формул (9) - (I2). При этом под параметром u_i понимается значение среднегодовой температуры наружного воздуха (скорости ветра) за конкретный год, а под объемом выборки n - число лет наблюдений.

2.7. Термическое сопротивление снежного покрова вблизи здания $R_{сн}$ определяется по данным снегомерных наблюдений в районе строительства, обрабатываемых с использованием формулы (I3).

$$R_{сн} = \frac{\sum_{j=1}^{m_3} t_{нвj} \cdot h_{снj}}{\sum_{j=1}^{m_3} 0{,}018 + 0{,}87\,\gamma_{снj}}, \qquad (I3)$$
$$\sum_{j=1}^{m_3} t_{нвj}$$

где $t_{нвj}$ - средняя месячная температура наружного воздуха в -ый зимний месяц, °С; $h_{снj}$ - высота снежного покрова в j-ый зимний месяц, м; $\gamma_{снj}$ - плотность снежного покрова в j-ый зимний месяц, т/м^3; m_3 - число зимних месяцев.

2.8. В районах с небольшими величинами твердых осадков (до 200 мм) и отсутствием метелевого переноса снега (скорость ветра в зимний период менее 5 м/с) высоту и плотность снежного покрова вблизи здания рекомендуется принимать равной высоте и плотности снежного покрова на метеостанции. В этом случае при расчете характеристики распределения $R_{сн}$ под параметром u_i понимается термическое сопротивление снежного покрова за конкретный год, а под объемом выборки n - число лет наблюдений на метеостанции.

2.9. В районах с большим количеством твердых осадков (более 200 мм) и наличием метелевого переноса снега (скорость ветра в зимний период более 5 м/с) высоту и плотность снежного покрова возле здания необходимо определять по результатам специальных снегомерных наблюдений в черте застройки, близкой по своему функциональному назначению и архитектурному выражению к проектируемой. Методика этих наблюдений заключается в следующем.

На плане застройки намечаются здания, продольные оси которых расположены примерно перпендикулярно главной оси розы пург, затем возле этих зданий визуально оцениваются наиболее характерные типы снежных отложений (максимальные, средние, минимальные), в этих местах

намечаются снегомерные профили. Профиль располагают перпендикулярно стене здания. Длина профиля принимается равной ширине здания, число точек на профиле - от 5 до 10 шт. (в зависимости от неоднородности снежных отложений). Число профилей, расположенных с подветренной стороны зданий, должно соответствовать числу профилей, расположенных с наветренной стороны зданий. В каждой точке профиля один раз в месяц в течение всей зимы измеряется высота и плотность снега, которые затем осредняются по профилю. Дальнейшая обработка ведется с использованием формул (9) - (13). При этом под параметром U_i понимается термическое сопротивление снежного покрова на конкретном профиле, а под объемом выборки n - число профилей.

2.10. Коэффициент условия работы вентиляционных отверстий, численно равный отношению площади открытых вентиляционных отверстий к их суммарной площади в цоколе здания, следует определять по результатам ежемесячных измерений высоты снежных отложений у стен зданий, расположенных в черте застройки, близкой по своему функциональному назначению и архитектурному выражению к проектируемой. Измерения высоты снежных отложений проводятся по периметру зданий с постоянным шагом 6 - 12 м (в зависимости от неоднородности снежных отложений). Величина m_{y_i} для конкретного здания определяется по формуле:

$$m_y = \frac{\sum_{j=1}^{12} k_j \cdot t_{нвj} \cdot V_{ср}}{\sum_{j=1}^{12} t_{нвj} \cdot V_{срj}}, \qquad (14)$$

где k_j - отношение числа точек, где высота снежных отложений была меньше заданного уровня расположения оси вентиляционных отверстий к общему числу точек j-го наблюдения, в летние месяцы принимается k_j= 1; $V_{ср}$ - средняя месячная скорость ветра в j-ый месяц, м/с; $t_{нвj}$ - то же, что и в формуле (13).

Характеристики распределения генеральной совокупности параметра m_y вычисляются по формулам (9) - (12). При этом под параметром U_i понимается коэффициент условия работы вентиляционных отверстий конкретного здания, а под объемом выборки n - число зданий.

2.11. Температуру воздуха в здании $t_в$ следует определять по данным наблюдений в помещениях, расположенных над вентилируемыми подпольями. Наблюдения проводятся на высоте 0,1 м от пола отдельными сериями в летний и зимний периоды. Для наблюдений выбираются дни с температурой наружного воздуха, близкой к среднелетнему и среднезимнему

значение. Средняя годовая температура воздуха в здании вычисляется по формуле:

$$t_в = \frac{t_{вл} \cdot \tau_л + t_{вз} \cdot \tau_з}{8760}, \qquad (15)$$

где $t_{вл}$, $t_{вз}$ - температура воздуха в здании, соответственно, в летний и зимний периоды, °С; $\tau_л$, $\tau_з$ - продолжительность, соответственно, летнего и зимнего периодов, час. Дальнейшая обработка ведется с использованием формул (9) - (12). При этом под параметром U_i понимается средняя годовая температура воздуха в конкретном здании, а под объемом выборки n - количество зданий.

2.12. Грунтовые характеристики получают на основе данных инженерно-геологических изысканий. Изысканиями устанавливаются мощности литолого-генетических слоев, глубины залегания верхней границы вечномерзлых грунтов, физико-механические свойства грунтов. Определения физико-механических свойств производятся на отбираемых из буровых скважин образцах грунта.

Для получения репрезентативных (представительных) выборок число отбираемых образцов должно быть не менее 20 по каждому выделяемому литолого-генетическому слою. Если слой находится в двух агрегатных состояниях (талом и мерзлом), то число образцов должно быть не менее 20 по каждому агрегатному состоянию.

2.13. Информацию о грунтовых характеристиках $W_т$, $W_н$, W_L, W_p , $\gamma_т$, $\gamma_н$, $\gamma_з$, $\lambda_в$, $a_т$, $a_{ст}$, A следует задавать с указанием:

а) номера образца, к которому эти характеристики относятся;

б) литологического состава грунта (согласно классификации, приведенной в таб. 4 и 6 [4]) и его агрегатного состояния;

в) номера выделяемого литолого-генетического слоя и его мощности в пределах расчетного разреза.

2.14. Информацию о глубине залегания верхней границы вечномерзлых грунтов в пределах здания (первичного элемента застройки) следует задавать с указанием площади участка, на котором данная глубина была отмечена.

3. ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА

3.1. Алгоритм вычисления приведенной суммарной стоимости здания рекомендуется строить согласно блок-схеме, приведенной на

стр.16. Блок-схема включает 13 операторов, из которых главными функциональными являются: операторы ввода исходных данных, оператор расчета таблиц интерполяции, оператор расчета оптимального модуля вентиляции, оператор расчета функции надежности, оператор расчета приведенной суммарной стоимости здания.

3.2. Ввод исходных данных осуществляют операторы 2, 3,и 5. Исходные данные подразделяются на основные и управляющие параметры. К основным параметрам относятся: грунтовые характеристики, глубина залегания верхней границы вечномерзлых грунтов (ВГВМ) в пределах пятна застройки, температура вечномерзлых грунтов, глубина залегания кровли коренных пород (если они отмечены изысканиями), мощность слоя сезонного промерзания-оттаивания, размеры здания и вентилируемого подполья, нагрузки на основание, экономические показатели и др. Ввод основных параметров осуществляет оператор 2. К управляющим параметрам относят: мощность талого слоя, оставляемого под зданием к началу его эксплуатации H , глубина заложения фундаментов L и модуль вентилирования подполья M . Ввод управляющих параметров осуществляют операторы 3 и 5. Совокупность основных параметров совместно с тремя управляющими образуют вариант расчета, для которого определяют функцию надежности основания. Совокупность управляющих параметров при одних и тех же значениях основных параметров образует группу вариантов. Группа вариантов служит основой для составления расчетной номограммы, по которой определяют принцип использования вечномерзлых грунтов основания и способ фундаментостроения.

3.3. Вычисление таблиц интерполяции осуществляет оператор 4. В таблицах указывается глубина промерзания-оттаивания грунта в основании здания в диапазонах практически возможных изменений исходных параметров, заданных операторами 2 и 3. Данные таблиц впоследствии использует оператор 7 при вычислении функции надежности.При такой структуре алгоритма затраты машинного времени сокращаются в десятки раз.

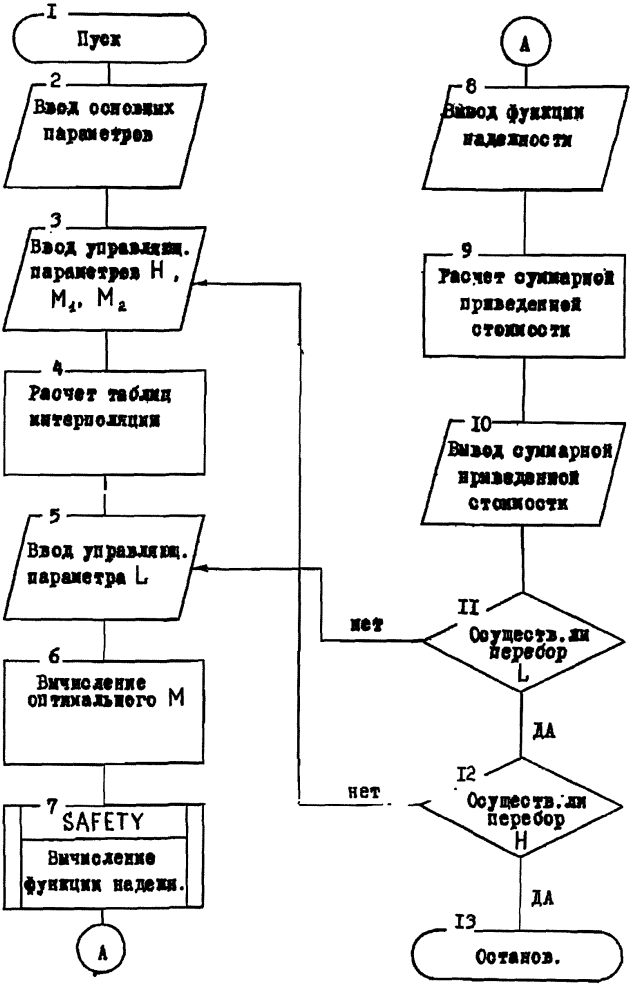
3.4. Глубину промерзания-оттаивания грунта вычисляют согласно[5, 6, 7] применительно к пяти расчетным случаям.

Случай 1. Расчет глубины оттаивания вечномерзлого грунта под серединой здания.

Случай 2. Расчет глубины оттаивания вечномерзлого грунта под краем здания.

Случай 3. Расчет глубины многолетнего промерзания грунта под краем здания, расположенном на участке с глубоким залеганием ВГВМ,при

БЛОК - СХЕМА АЛГОРИТМА



температуре поверхности грунта под зданием $t_1 \geq 0^0C$, вне здания $t_2 < 0^0C$.

Случай 4. Расчет глубины многолетнего промерзания грунта под серединой здания, расположенном на участке с глубоким залеганием ВГВМ, при $t_1 < 0^0C$ и $t_2 \leq 0^0C$.

Случай 5. Расчет глубины многолетнего промерзания грунта под краем здания, расположенном на участке с глубоким залеганием ВГВМ, при $t_1 < 0^0C$ и $t_2 \leq 0^0C$.

Пяти расчетным случаям соответствует пять таблиц интерполяции. Входными параметрами таблиц глубин оттаивания (расчетные случаи I и 2) является безразмерное время $\mathcal{Y}_1$, вычисляемое по формуле (I6), таблиц глубин промерзания (расчетные случаи 3 - 5) - безразмерное время $\mathcal{Y}_2$, вычисляемое по формуле (I7), и безразмерная температура β_1 (расчетный случай 3) или β_2 (расчетные случаи 4 и 5), вычисляемые по формуле (I8) или (I9).

$$\mathcal{Y}_1 = \frac{\lambda_T t_1 \tau}{\rho [\gamma_{ск.н} W_н (1 - \Lambda_в) + \Lambda_в \gamma_л] B^2}, \qquad (I6)$$

$$\mathcal{Y}_2 = \frac{\lambda_н |t_1| \tau}{\rho \gamma_{ск.т} W_т B^2}, \qquad (I7)$$

$$\beta_1 = - \frac{\lambda_н \cdot t_2}{\lambda_т \cdot t_1}, \qquad (I8)$$

$$\beta_2 = \frac{t_2}{t_1}. \qquad (I9)$$

В формулах (I6) - (I9) приняты следующие обозначения: τ -время, час; $\lambda_т$, $\lambda_н$ - средневзвешенный по расчетному инженерно-геологическому разрезу коэффициент теплопроводности, соответственно, талого и мерзлого грунта, ккал/м·час·град; $W_т$, $W_н$ - средневзвешенная по разрезу влажность, соответственно, талого и мерзлого грунта, дол. ед; $\Lambda_в$ - средневзвешенная по разрезу льдистость грунта за счет ледяных включений, дол.ед; $\gamma_{ск.т}$, $\gamma_{ск.н}$ - средневзвешенный по разрезу объемный вес скелета, соответственно, талого и мерзлого грунта, кг/м^3; $\gamma_л$ - удельный вес льда, 900 кг/м^3; ρ - удельная теплота плавления льда, 80 ккал/кг; B - ширина здания, м.

3.5. Вычисление оптимального модуля вентиляции осуществляет оператор 6. Под оптимальным модулем вентиляции холодного подполья понимается такой модуль, при котором достигается максимальная надежность основания при заданных значениях управляющих параметров L и H.

Оператор 6 с помощью оператора 7, который используется в качестве подпрограммы, вычисляет надежность основания при различных значениях M и из массива данных выбирает такое значение модуля, которое соответствует максимальной надежности. Перебор значений M осуществляется в интервале от 0 до M_1, с шагом M_2. Значения M_1 и M_2 задаются оператором 3.

3.6. Вычисление функции надежности осуществляет оператор 7 методом статистических испытаний (Монте-Карло). В основе метода лежит проведение массового машинного эксперимента, который заменяет статистическую задачу многократным решением детерминированной задачи (испытаниями). Алгоритм предусматривает следующий порядок операций. Вначале формируют все необходимые данные для проведения одного испытания. Для этого из совокупности входных параметров (массив исходных данных) с помощью генерируемых ЭВМ случайных чисел или вычисляемых псевдослучайных чисел выбирают необходимые для расчета параметры. Затем задают шаг во времени и производят расчет выходных параметров Φ, S, F_n, F_y и получаемый результат сравнивают с допускаемыми пределами N и $S_{пр}$ (обозначения указаны в расшифровке к формуле (3)). Если условие (3) не выполняется, то фиксируют отказ и испытание заканчивают, в противном случае делают еще один шаг по времени и вновь производят расчет выходных параметров и т.д. Испытание заканчивают при $\tau = \tau_э$ ($\tau_э$ - период эксплуатации здания) или в любой момент времени по получении отказа.

После первого испытания проводят второе, затем третье и т.д. По результатам всех испытаний вычисляют статистическую оценку функции надежности $P_m(\tau)$:

$$P_m(\tau) = 1 - \frac{n(\tau)}{m}, \qquad (20)$$

где $n(\tau)$ - число отказов в интервале времени от 0 до τ; m - число испытаний.

Число испытаний определяют из соотношения:

$$m = \frac{4P(1-P)}{\Delta^2}, \qquad (21)$$

где P - надежность основания $P = P(\tau_э)$, дол.ед; Δ - задаваемая точность вычислений, дол.ед.

3.7. Алгоритм расчета выходных параметров строят по следующей схеме. Вначале вычисляют температуру поверхности грунта под зданием t_1 и вне здания t_2. Далее производят расчет несущей способности ос-

нования Φ. Причем, если $t_f > 0$, предварительно определяют глубину оттаивания грунта под зданием. Затем производят расчет совместной деформации основания и здания S (при использовании грунтов основания по принципу I этот расчет пропускают). Завершают алгоритм расчетом действующих на фундамент сил морозного пучения F_n и сил, удерживающих фундамент от выпучивания F_y. Расчет F_n и F_y производят только в том случае, если слой сезонного промерзания-оттаивания не сливается с вечномерзлой толщей и хотя бы одна из температур поверхности (t_1 или t_2) отрицательна. Перед вычислением F_n и F_y определяют глубину многолетнего промерзания грунта под зданием.

3.8. Блок-схема алгоритма расчета функции надежности основания (стр. 20-21) включает 22 оператора, из которых главными функциональными являются: оператор розыгрыша стохастических параметров, не зависящих от времени; оператор розыгрыша стохастических параметров, зависящих от времени; оператор вычисления температуры поверхности грунта под зданием и за его контуром; оператор вычисления глубины промерзания-оттаивания грунта под зданием; оператор вычисления действующих на фундамент сил морозного пучения; оператор вычисления несущей способности основания; оператор вычисления совместной деформации основания и здания.

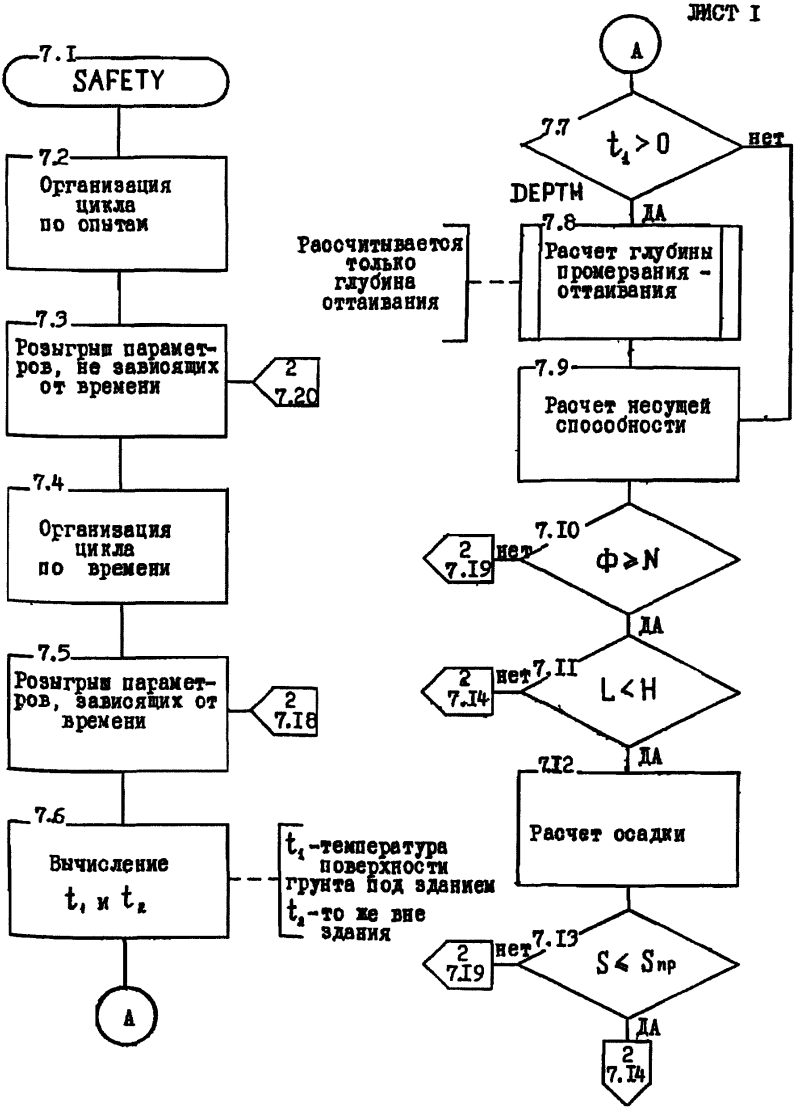
3.9. Розыгрыш параметров, не зависящих от времени производит оператор 7.3. При этом значения независимых случайных параметров R_{cn}, m_y, t_ℓ (обозначения указаны в п. 2.2) вычисляются по формуле:

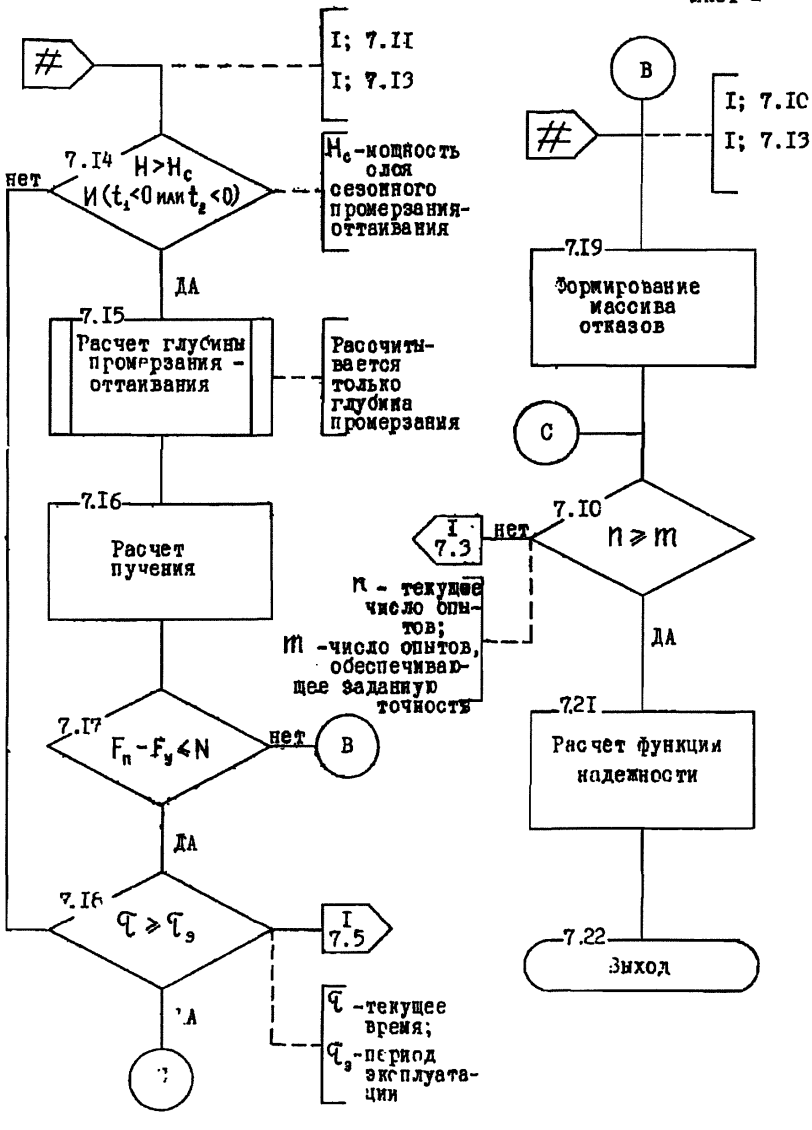
$$U = M_U + norm \cdot \sigma_U , \qquad (22)$$

где U - значение одного из перечисленных параметров в конкретном испытании; $norm$- генерируемое ЭВМ случайное число, подчиняющееся нормальному закону распределения с математическим ожиданием ноль и среднеквадратическим отклонением единица; M_U, σ_U - то же, что и в формулах (9) и (10).

Значения зависимых случайных параметров W_T, W_M, W_L, W_P, γ_T, γ_M, γ_S, λ_ℓ, a_T, a_{OT}, A (обозначения указаны в п.2.2) принимаются из их частных выборок по номеру того образца, который совпадает с числом rav, генерируемым ЭВМ для каждого литолого-генетического слоя грунта (rav - случайное число, подчиняющееся равномерному закону распределения.

После розыгрыша вышеперечисленных грунтовых параметров оператор 7.3 производит расчет функционально связанных с ними параметров: $\gamma_{cn.T}$,


ЛИСТ I
7.1
SAFETY
7.2
Организация цикла по опытам
7.3
Розыгрыш параметров, не зависящих от времени
2
7.20
7.4
Организация цикла по времени
7.5
Розыгрыш параметров, зависящих от времени
2
7.18
7.6
Вычисление t_1 и t_2
t_1 -температура поверхности грунта под зданием
t_2 -то же вне здания
A
A
7.7
$t_1 > 0$
нет
DEPTH
ДА
7.8
Расчет глубины промерзания - оттаивания
Рассчитывается только глубина оттаивания
7.9
Расчет несущей способности
7.10
$\Phi \geq N$
2
7.19
нет
ДА
7.11
$L < H$
2
7.14
нет
ДА
7.12
Расчет осадки
7.13
$S \leq S_{пр}$
2
7.19
нет
ДА
2
7.14


#
I; 7.II
I; 7.I3
7.I4 H>Hc И (t1<0 или t2<0)
нет
ДА
Hc-мощность слоя сезонного промерзания-оттаивания
7.I5
Расчет глубины промерзания - оттаивания
Рассчитывается только глубина промерзания
7.I6
Расчет пучения
7.I7 Fп-Fу≤N
нет
B
ДА
7.I8 τ≥τэ
I 7.5
ДА
C
τ -текущее время;
τэ-период эксплуатации
B
#
I; 7.IC
I; 7.I3
7.I9
Формирование массива отказов
C
I 7.3
нет
7.IC n≥m
n - текущее число опытов;
m -число опытов, обеспечивающее заданную точность
ДА
7.2I
Расчет функции надежности
7.22
Выход

$\gamma_{ск.м}$, e, G, J_L, $\lambda_т$, $\lambda_м$, $C_м$ (обозначения указаны в таб. I и 2 Приложения I). Расчет осуществляется с использованием формул (I.2), (I.3) [8]; (3), (5) [4] и данных Приложения I [I].

Примечание. В случае отсутствия на вводе информации о коэффициенте сжимаемости грунта в талом состоянии, оператор 7.3 определяет его расчетом с использованием данных таб. I и 3 Приложения 2 [4].

3.IO. Розыгрыш параметров, зависящих от времени, производит оператор 7.5. Значения независимых параметров $t_{нв}$, $v_{ср}$ вычисляются по формуле:

$$U = M_U + norm \frac{\sigma_U}{\sqrt{\tau}}, \qquad (23)$$

где U - значение одного из перечисленных параметров в конкретном испытании и в конкретный момент времени τ; M_U, σ_U - то же, что и в формулах (9) и (IO); $norm$ - то же, что и в формуле (22).

3.II. Вычисление температуры поверхности грунта под зданием t_1 и вне здания t_2 осуществляет оператор 7.6. При этом температура t_1 рассчитывается по формуле (87), а температура t_2 - по формуле (92) [7].

3.I2. Вычисление глубины промерзания-оттаивания грунта под зданием осуществляет подпрограмма *DEPTH*, которую используют операторы 7.8 и 7.I5. Глубина находится интерполяцией по строкам таблиц глубин оттаивания и по строкам и столбцам таблиц промерзания, подготовленных оператором 4. Предварительно по формулам (I6) - (I9) вычисляются входные параметры таблиц J_1, J_2, β_1 и β_2.

3.I3. Вычисление действующих на фундамент сил морозного пучения $F_п$ и сил, удерживающих фундамент от выпучивания, $F_у$ осуществляет оператор 7.I6. Расчет производится отдельно для середины и края здания применительно к двум расчетным случаям.

Случай I. Подошва фундамента находится в талом грунте:

$$F_п = m_1 U_{св} \left(H_c \tau_{вып} + \sum_{i=1}^{n_1} h_i R_{вып\,i} \right); \qquad (24)$$

$$F_у = m_1 \cdot U_{св} \sum_{i=n_1+1}^{n} h_i f_{ri}. \qquad (25)$$

Случай 2. Подошва фундамента находится в мерзлом грунте:

F_n - определяется по формуле (24),

$$F_y = m_1 U_{св} \left(\sum_{i=n_1+1}^{n_2} h_i f_{Ti} + \sum_{i=n_2+1}^{n} h_i \cdot R_{смi} \right). \qquad (26)$$

В формулах (24) - (26) приняты следующие обозначения: m_1-число свай в кусте; $U_{св}$ - периметр сваи, м; H_c - мощность слоя сезонного промерзания-оттаивания, м; n - число литоло-генетических слоев в пределах длины сваи, считая от подошвы слоя сезонного промерзания-оттаивания; n_1 - то же в пределах слоя многолетнего промерзания; n_2 - то же в пределах слоя многолетнего промерзания и слоя талого грунта; h_i - мощность i-го литоло-генетического слоя в пределах выделенного элемента (например, длины сваи). м; $\tau_{вып}$ - значение удельной касательной силы пучения в пределах слоя сезонного промерзания-оттаивания, определяется по данным Приложения 5 [I] , то/м^2; $R_{выпi}$ - то же в пределах i-го слоя многолетнего промерзания, определяется по данным таб. 3 Приложения 6 [I] в зависимости от значения эквивалентной температуры, то/м^2; $R_{смi}$ - сопротивление мерзлого грунта сдвигу по поверхности смерзания для i-го слоя, определяется по п. 4.8 [I] , то/м^2; f_T - сопротивление талых грунтов сдвигу по боковой поверхности сваи для i -го слоя, определяется по данным таб. 2 [9] .

Значение эквивалентной температуры слоя многолетнего промерзания $t_э$ определяется из условия абсолютного максимума эпюры температур в пределах этого слоя:

$$t_э = \left\{ \varphi_1 + (\varphi_0 - \varphi_1) \exp\left[0.01 H_м \sqrt{\frac{0.00025 C_м}{\lambda_м}} \cdot \left(1 - H_м \sqrt{\frac{0.00025 C_м}{\lambda_м}} \right) \right] \right\}; \qquad (27)$$

$$\varphi_0 = \begin{cases} 0.94\sqrt{A} + \dfrac{0.03}{A} & \text{при } A \geq 0.15; \\ 0.55 & \text{при } A < 0.15; \end{cases} \qquad (28)$$

$$\varphi_1 = \begin{cases} 0.67\sqrt{A} + \dfrac{0.055}{A} & \text{при } A \geq 0.3; \\ 0.55 & \text{при } A < 0.3, \end{cases} \qquad (29)$$

где $H_м$ - мощность слоя многолетнего промерзания, считая от подошвы слоя сезонного промерзания-оттаивания, м; A - амплитуда колебаний температуры грунта на подошве слоя сезонного промерзания- оттаивания, под серединой здания принимается равной t_1 , под краем здания - равной $0{,}5(t_1 + t_2)$, ^{0}С.

3.I4. Вычисление несущей способности основания осуществляет оператор 7.9. Расчет производится применительно к трем расчетным случаям.

Случай I. Подошва фундамента находится в вечномерзлом грунте ($L > H$), слой слой сезонного промерзания-оттаивания сливается с вечномерзлой толщей ($H = H_c$). Расчет осуществляется по формуле (I2) с использованием формул (I4) и (I5) и данных таб. 8 и 9 [I]. При этом коэффициент m в формуле (I2) принимается равным единице, а под параметрами t_o' и t_o в формулах (I4) и (I5) понимаются температуры t_1 и t_2.

Случай 2. Подошва фундамента находится в вечномерзлом грунте ($L > H$), слой сезонного промерзания-оттаивания не сливается с вечномерзлой толщей ($H > H_c$). Расчет осуществляется по формуле:

$$\Phi = R \cdot F_{cв} + U_{cв}\left(\sum_{i=n_1+1}^{n} h_i R_{cmc_i} + \sum_{i=1}^{n_1} h_i f_{Ti}\right), \qquad (30)$$

где Φ – несущая способность одной сваи, тс; R – давление на мерзлый грунт под нижним концом сваи, определяется по данным таб.I Приложения 6 [I] при температуре грунта минус 0,3°С, тс/м^2; R_{cmc} – сопротивление мерзлого грунта сдвигу по поверхности смерзания для i-го слоя, определяется по данным таб. 3 Приложения 6 [I] при температуре грунта минус 0,3°С, тс/м^2; $F_{cв}$ – площадь поперечного сечения сваи, м^2; n_1 – число литолого-генетических слоев до кровли вечномерзлых грунтов, считая от подошвы слоя сезонного промерзания-оттаивания. Остальные обозначения указаны в расшифровке к формулам (24) – (26).

Случай 3. Подошва фундамента находится в талом грунте ($L < H$). Расчет производится только на первом году эксплуатации здания и осуществляется по формуле (7) с использованием данных таб. I и 2 [9]. При этом коэффициенты m, m_R и m_f в формуле (7) принимаются равными единице.

Примечание. В формуле (30) знак плюс принимается при $t_1 < 0$°С, знак минус – при $t_1 \geq 0$°С.

3.I5. Вычисление совместной деформации основания и здания осуществляет оператор 7.I2. Расчет производится только для случая, когда подошва фундамента находится в талом грунте ($L < H$), и осуществляется по формуле (33) с использованием формулы (32) и данных таб.II [I], а также данных таб. 3 Приложения 3 [4] и п.п. 7.I, 7.2 рекомендаций [I0].

По результатам расчета совместной деформации под серединой S_c и краем здания $S_к$ определяется затем средняя $S_{ср}$ и относительная S_0 осадка здания, которые являются выходными параметрами оператора.

$$S_{ср} = (S_c + 2S_к)/3, \tag{31}$$

$$S_0 = 2|S_c - S_к|/B, \tag{32}$$

где B - ширина здания, м.

3.16. Расчет суммарной приведенной стоимости здания осуществляет оператор 9 по формуле:

$$C = C_0 + C_1, \tag{33}$$

обозначения указаны в расшифровке к формуле (1). При этом начальная стоимость определяется по формуле:

$$C_0 = C_{нк} + C_{вп} + C_{ф} + C_{под}, \tag{34}$$

где $C_{нк}$ - стоимость надфундаментной конструкции, руб; $C_{вп}$ - стоимость вентилируемого подполья, руб; $C_{ф}$ - стоимость фундаментов, определяется по формуле (35), руб; $C_{под}$ - стоимость подготовки основания, определяется по формуле (36), руб.

$$C_{ф} = \begin{cases} C_{ф}^{м} \; L \; n_{зд} & \text{при } L > H, \\ C_{ф}^{т} \; L \; n_{зд} & \text{при } L < H, \end{cases} \tag{35}$$

где $C_{ф}^{м}$ - стоимость в деле бурозабивной или буроопускной сваи, руб/м; $C_{ф}^{т}$ - то же забивной сваи, руб/м; $n_{зд}$ - общее число свай под зданием.

$$C_{под} = \begin{cases} 0.01\, C_{под}^{м} \cdot B L_1 \sum_{i=j+1}^{P} S_i H_{oi} & \text{, при промерзании} \\ 0.01\, C_{под}^{т} (B+H)(L_1+H) H \sum_{i=1}^{j-1} S_i & \text{, при оттаивании} \end{cases} \tag{36}$$

$C_{под}^{м}$, $C_{под}^{т}$ - соответственно, стоимость искусственного промораживания и оттаивания грунта, руб/м^3; B, L_1 - соответственно, ширина и длина здания, м; H_{oi} - глубина залегания верхней границы вечномерзлых грунтов (ВГВМ) в пределах i-го участка, м; S_i - площадь i-го участка в процентах от площади пятна застройки; P - общее число участков в пределах пятна застройки, где глубина залегания ВГВМ условно считается постоянной; j - номер участка, где $H_{oi} = H$.

Цена риска определяется по формуле:

$$C_1 = C_0 \sum_{k=1}^{k_1} (1+k_3 - 0.01 k_8 \cdot k \cdot h) \frac{P[(k-1)h] - P(kh)}{(1+E)^{kh}}, \qquad (37)$$

где $P(kh)$ – значение функции надежности основания на момент времени kh, определяется по формуле (38), дол.ед; h – шаг во времени, лет; k – число шагов за время τ; k_1 – число шагов за период эксплуатации здания $\tau_э$; остальные обозначения указаны в расшифровке к формулам (I) и (2).

$$P(kh) = 1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{k} n_i, \qquad (38)$$

где n_i – суммарное число отказов на i-ом шаге во времени; m – число испытаний.

3.I7. Для большей наглядности расчетной номограммы (см. Приложение 3) рекомендуется указывать суммарную приведенную стоимость нулевого цикла здания $C_{нц}$, выражаемую в процентах к стоимости надфундаментной конструкции $C_{нк}$ (вместо суммарной приведенной стоимости здания C).

Расчет $C_{н.ц}$ следует производить по формуле:

$$C_{нц} = \frac{C - C_{н.к}}{C_{н.к}} \cdot 100\%. \qquad (39)$$

3.I8. По данному алгоритму составлена программа для ЭВМ [I0]. В Приложении I приведены основные сведения о возможностях и структуре программы и о правилах её использования.

ЛИТЕРАТУРА

I. СНиП II-I8-76. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Нормы проектирования. М., Стройиздат, I977.

2. Нормы амортизационных отчислений по основным фондам народного хозяйства и положение о порядке планирования, начисления и использования амортизационных отчислений в народном хозяйстве. М., Экономика, I969.

3. СН 509-78. Инструкция по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. М., Стройиздат, I979.

4. СНиП II-I5-74. Основания зданий и сооружений. Нормы проектирования. М., Стройиздат, I975.

5. Порхаев Г.В. Тепловое взаимодействие зданий и сооружений с вечномерзлыми грунтами. М., Наука, I970.

6. Хрусталев Л.Н., Пейхель Ю.В. Расчет глубины оттаивания грунта основания на участках, где слой сезонного промерзания не сливается с вечномерзлой толщей. – Основания, фундаменты и механика грунтов, I978, № I.

7. Хрусталев Л.Н. Температурный режим вечномерзлых грунтов на застроенной территории. М., Наука, I97I.

8. Цытович Н.А. Механика грунтов. М., Высшая школа, I973.

9. СНиП II-I7-77. Свайные фундаменты. Нормы проектирования. М., Стройиздат, I978.

I0. Хрусталев Л.Н., Пустовойт Г.П., Яковлев С.В. Программа расчета надежности оснований и приведенной суммарной стоимости зданий на вечномерзлых грунтах. П006454. М., Гос.фонд алгоритмов и программ, I983.

Приложение I

ОПИСАНИЕ ФОРТРАН-ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА ФУНКЦИИ НАДЕЖНОСТИ ОСНОВАНИЯ И ПРИВЕДЕННОЙ СУММАРНОЙ СТОИМОСТИ ЗДАНИЯ

I. Назначение и условия применения

Настоящая программа предназначена для использования при проектировании зданий, возводимых на неоднородных (многослойных) основаниях, сложенных вечномерзлыми, оттаивающими и промерзающими в процессе эксплуатации грунтами.

Программа рассчитывает надежность основания и приведенную суммарную стоимость здания, включающую в себя как стоимость предварительного оттаивания-промораживания грунтов основания, так и цену риска преждевременного отказа здания, определяемую экономической ответственностью последнего и надежностью основания.

Результаты расчетов позволяют выбрать оптимальный по стоимости и/или надежности вариант строительства и принцип использования грунтов основания.

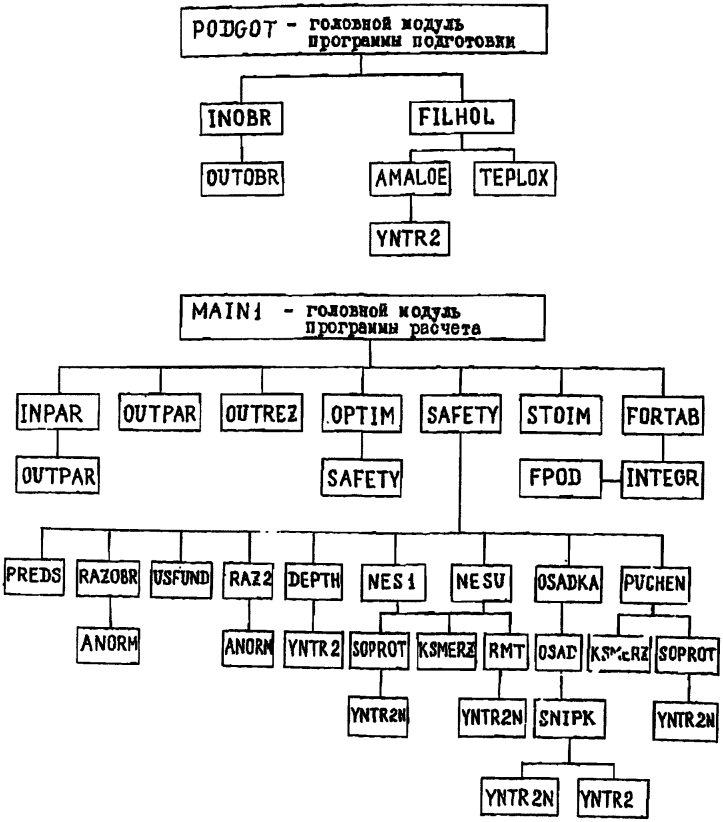
Программа написана на языке Фортран (ГОСТ 23056-78) и может использоваться на любых ЭВМ, в состав математического обеспечения которых входит транслятор с Фортрана. Единственное отступление от стандарта языка, имеющееся в отдельных модулях: в предложении DATA использовано имя массива, а не ссылки к элементам массива (в тексте каждого такого модуля это особо оговорено). Такое отступление допустимо в большинстве реализаций Фортрана, в частности, в реализации для ЕС ЭВМ.

В состав внешних устройств ЭВМ должно входить устройство ввода, позволяющее вводить записи длиной 80 символов (например, устройство ввода перфокарт), устройство, используемое как промежуточная память, позволяющее выводить и вводить записи длиной 80 символов (например, накопитель на магнитной ленте или диске) и алфавитно-цифровое печатающее устройство с длиной строки не менее 120 символов.

2. Состав программы

Программа состоит из 34 модулей, которые образуют 2 выполнимые программы: программу ввода и подготовки к счету характеристик грунтов основания, упоминаемую в дальнейшем как п р о г р а м м а подготовки, и собственно п р о г р а м м у р а с ч е т а.

ИЕРАРХИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОГРАММЫ



В программу подготовки входят следующие модули:

PODGOT - головной модуль программы подготовки;

INOBR - модуль-подпрограмма, вводит характеристики образцов грунта;

OUTOBR - модуль-подпрограмма, распечатывает введенные характеристики образцов в виде таблицы;

FILHOL - модуль-подпрограмма, пополняет введенные характеристики недостающей информацией и готовит их к счету;

AMALOE - модуль-функция, рассчитывает коэффициент сжимаемости талых грунтов там, где он отсутствует;

TEPLOX - модуль-подпрограмма, рассчитывает теплофизические характеристики грунтов;

YNTR 2 - модуль-функция, выполняет параболическое интерполирование по двумерной таблице с постоянным шагом;

В программу расчета входят следующие модули:

MAIN 1 - головной модуль программы расчета;

модуль-блок данных;

INPAR - модуль-подпрограмма, вводит и интерпретирует параметры расчета;

OUTPAR - модуль-подпрограмма, распечатывает значения основных параметров;

OUTREZ - модуль-подпрограмма, распечатывает результаты расчета;

OPTIM - модуль-подпрограмма, осуществляет поиск оптимального значения модуля вентилирования;

SAFETY - модуль-подпрограмма, реализует алгоритм расчета функции надежности по методу Монте-Карло;

PREDS - модуль-подпрограмма, рассчитывает некоторые часто используемые коэффициенты, не зависящие от стохастических параметров;

ANORM - модуль-функция, генерирует нормально распределенные случайные числа;

RAZOBR - модуль-подпрограмма, "разыгрывает" образцы грунта и стохастические параметры, не зависящие от времени;

RAZ 2 - модуль-подпрограмма, "разыгрывает" стохастические параметры, зависящие от времени;

DEPTH - модуль-функция, рассчитывает глубину оттаивания и промерзания грунтов основания;

NES 1 - модуль-подпрограмма, рассчитывает несущую способность основания в первый год эксплуатации сооружения;

NESU - модуль-подпрограмма, рассчитывает несущую способность ос-

нования в последующие годы;

PUCHEN - модуль-подпрограмма, рассчитывает пучение;

SOPROT - модуль-подпрограмма, рассчитывает сопротивление талого грунта сдвигу по боковой поверхности и под торцом;

KSMERZ - модуль-подпрограмма, рассчитывает коэффициенты сопротивления сдвигу по поверхности смерзания;

RMT - модуль-функция, рассчитывает сопротивлением мерзлого грунта под торцом;

OSADKA - модуль-подпрограмма, проверяет допустимость осадки сооружения;

OSAD - модуль-функция, рассчитывает осадки фундаментов;

SNIPK - модуль-функция, рассчитывает коэффициент k для расчета осадки по таб. 3 приложения 3 [4];

USFUND - модуль-подпрограмма, приводит свайный фундамент к условному;

YNTR2 - модуль-функция, выполняет параболическое интерполирование по двумерной таблице с постоянным шагом;

YNTR2N - модуль-функция, выполняет параболическое интерполирование по двумерной таблице с переменным шагом;

FORTAB - модуль-подпрограмма, формирует интерполяционные таблицы для расчета оттаивания и промерзания;

INTEGR - модуль-подпрограмма, вычисляет интегралы оттаивания и промерзания;

FPOD - модуль-функция, вычисляет значение подинтегральной функции в интегралах оттаивания и промерзания;

STOIM - модуль-подпрограмма, рассчитывает стоимость сооружения.

3. Функциональные возможности

3.1. Программа расчета. Основными функциями программы являются расчеты надежности основания как функции времени и приведенной суммарной стоимости здания.

Функция надежности рассчитывается на заданном временном интервале для заданных значений управляющих параметров: мощности талого слоя (H), глубины заложения фундамента (L) и модуля вентилирования (M). Совокупность значений управляющих параметров задает вариант расчета. Программа может выполнить любое количество вариантов расчета.

Для отдельных вариантов расчета по желанию пользователя может быть выполнена оптимизация модуля вентилирования по надеж-

ности. При этом программа ищет оптимальное значение модуля из интервала, указанного пользователем, а затем использует найденное значение для расчета функции надежности. Оптимизация не выполняется, если слой сезонного промерзания-оттаивания сливается с вечномерзлыми грунтами.

Вид функции надежности зависит, кроме управляющих параметров, также и от множества других стохастичеоких и детерминированных параметров.

Часть стохастических параметров, а именно, грунтовые характеристики, задаются репрезентативными выборками их значений, полученных на основе данных инженерно-геологических изысканий. Для каждого литолого-генетического слоя задаются характеристики образцов грунта, причем они не могут быть изменены при работе программы. Программа "разыгрывает" с помощью генератора случайных чисел порядковый номер образца в каждом слое. Полученная случайная выборка образцов и дает необходимые грунтовые характеристики. В теплофизических расчетах последние осредняются по всем слоям грунта.

Другие стохастические параметры определяют температурный режим основания и подчиняются нормальному закону распределения. Их программа "разыгрывает" с помощью генератора случайных чисел по заданным значениям параметров распределений - математических ожиданий и средних квадратичеоких отклонений.

К детерминированным параметрам относятся стоимостные и конструктивные параметры сооружения, некоторые параметры, характеризующие исходное состояние основания, и параметры, задающие точность расчета.

Совокупность параметров распределений и детерминированных параметров в настоящем документе будет обозначаться термином "основные параметры". Программа позволяет при переходе от одного варианта расчета к другому изменять значения основных параметров. Последовательность вариантов расчета, выполненных при одних и тех же значениях всех основных параметров будет обозначаться термином "группа вариантов".

Программа может выполнить любое количество групп вариантов, в каждой из которых может быть любое количество отдельных вариантов. Для перехода к новой группе достаточно задать лишь те параметры, которые отличают её от предыдущей, так как программа сохраняет однажды заданные значения основных параметров.

В самом начале работы программы все основные параметры автоматически получают значения, приведенные в таб. I и 2. Эти значения, называемые в дальнейшем стандартными, типичны для жилых массивов, возводимых в городе Воркуте. Расчеты, выполненные со стандартными значе-

ниями основных параметров можно рассматривать как контрольный пример применения программы.

Стандартное значение любого основного параметра сохраняется до тех пор, пока в исходных данных не встретится его новое значение, которое, в свою очередь, будет сохраняться. Таким образом, исходные данные для первой группы вариантов должны содержать значения лишь тех основных параметров, которые отличаются от стандартных, для прочих групп - значения, отличающие эту группу от предыдущей.

Сами стандартные значения устанавливаются в модуле-блоке данных и могут быть изменены путем модификации этого модуля.

Управляющие параметры (H, L, M) не имеют стандартных значений, не сохраняются и должны задаваться для каждого варианта расчета.

Характеристики образцов грунта должны задаваться один и только один раз; они не могут быть изменены на протяжении всего счета.

После расчета функции надежности рассчитывается приведенная суммарная стоимость сооружения, включающая в себя цену риска, зависящую от вида функции надежности, и стоимость подготовки основания.

Стоимость подготовки основания, то есть предварительного оттаивания или промораживания грунта зависит от начального положения верхней границы вечномерзлых грунтов (ВГВМ). Программа позволяет при одних и тех же значениях H, L и M (а значит, при одной и той же надежности) рассчитывать стоимость для различных начальных положений ВГВМ. Таким образом можно отыскать, например, оптимальный по стоимости вариант расположения зданий на местности.

3.2. Программа подготовки. Основными функциями программы подготовки являются: ввод характеристик образцов грунта из входного файла образцов, их анализ и подготовка к счету с последующей записью в промежуточный файл образцов.

В процессе подготовки рассчитываются теплофизические характеристики образцов грунта, показатель консистенции (для глинистых грунтов) и коэффициент сжимаемости, если он отсутствует. Все характеристики размещаются в двумерном массиве, и формируется адресный массив, указывающий расположение образцов каждого слоя и их количество. Определяется также слой, выше которого мерзлые образцы не встречаются.

Вся эта информация, полностью готовая к счету, записывается в промежуточный файл образцов и впоследствии считывается оттуда программой расчета. Такая организация вычислительного процесса сокращает объем программы расчета и избавляет от необходимости при каждом её запус-

ке вводить заново и обрабатывать довольно обширные сведения об образцах грунта.

4. Информация, передаваемая через общие блоки

Обмен информацией между отдельными модулями в значительной мере осуществляется через общие блоки. Через общие блоки передается информация трех типов: I) значения основных параметров; 2) "разыгранные" значения стохастических параметров и различные коэффициенты, зависящие от них и от детерминированных параметров; 3) таблицы интегралов, по которым определяется глубина оттаивания и промерзания грунта.

В программе имеются общие блоки с именами PARAM, STOH, TABLE и неименованный общий блок.

4.I. Общий блок PARAM. Блок состоит из 40 элементов данных (чисел) и содержит значения детерминированных параметров. Всем элементам данных этого блока даются начальные значения в модуле-блоке данных BLOCK DATA. Значение любого элемента данных может быть изменено подпрограммой INPAR (и только ею), если исходные данные будут содержать значение соответствующего детерминированного параметра.

В таблице 2 для каждого детерминированного параметра приводится его порядковый номер относительно начала блока, содержательное название, обозначение в тексте настоящих Рекомендаций, обозначение в программе, начальное (стандартное) значение, единица измерения и имена подпрограмм, использующих этот параметр. Порядковый номер параметра является тем условным номером, по которому параметр идентифицируется при вводе.

Таблица 2

Детерминированные параметры (общий блок PARAM)

Порядковый номер	Содержательное название	Обозначен. в тексте	Обозначен. в программе	Стандартное значен.	Единица измерения	Где используется
I	2	3	4	5	6	7
I.	Сумма месячных температур воздуха за зиму	Ω_3	SUM	-74638	град·час	PREDS,RAZ2
2.	Обобщенные аэродинамический коэффициент	K_A	KA	0,37	б/р	PREDS

I	2	3	4	5	6	7
3.	Ширина здания	B	B	I2	м	головной модуль, SAFETY PREDS OSADKA
4.	Термическое сопротивление перекрытия над подпольем	R_0	R1	2,9I	$\frac{м^2 \cdot час \cdot град}{ккал}$	PREDS
5.	Термическое сопротивление ограждения цоколя	$R_ц$	R2	0,3	$\frac{м^2 \cdot час \cdot град}{ккал}$	PREDS
6.	Термическое сопротивление на поверхности грунта в подполье	$R_п$	R3	0,I2	$\frac{м^2 \cdot час \cdot град}{ккал}$	PREDS
7.	Высота подполья	$h_п$	H1	I,5	м	PREDS
8.	Толщина стен цоколя	$b_ц$	H2	0,4	м	PREDS
9.	Периметр сваи	$Ц_{св}$	US	I,2	м	NES1, NESU, PUCHEN
I0.	Поперечное сечение сваи	$F_{св}$	SS	0,09	$м^2$	NES1, NESU, PUCHEN
II.	Число свай в ростверке для центра здания		KSC	4	шт.	NES1, NESU, PUCHEN
I2.	Нагрузка на ростверк для центра здания		NRK	90	т	NES1, NESU, PUCHEN, OSADKA
I3.	Длина ростверка для центра здания*)		DC	I,2	м	SAFETY
I4.	Ширина ростверка для центра здания*)		BC	I,2	м	SAFETY
I5.	Длина здания	L_1	L1	I00	м	STOIM
I6.	Период эксплуатации здания	$Ц_э$	J1	50	год	головной модуль
I7.	Число свай в ростверке для края здания		KSK	2	шт.	NES1, NESU, PUCHEN
I8.	Нагрузка на ростверк для края здания		NRK	45	т	NES1, NESU, PUCHEN, OSADKA
I9.	Длина ростверка для края здания*)		DK	I,2	м	SAFETY
20.	Ширина ростверка для края здания*)		BK	0,3	м	SAFETY
2I.	Удельная касательная сила пучения для слоя сезонного промерзания		PK	7	$т/м^3$	PUCHEN
22.	Расстояние между ростверками.		RR	3,2	м	STOIM

I	2	3	4	5	6	7
23.	Предельная средняя осадка основания	$S_{пр\ ср.}$	SMN	0,I5	м	OSADKA
24.	Предельная относительная деформация основания	$S_{пр\ от}$	SON	0,006	б/р	OSADKA
25.	Резерв					
26.	Мощность слоя сезонного промерзания-оттаивания	H_c	HC	2,0	м	INPAR, SAFETY, NES1, NESU, PUCHEN
27.	Глубина залегания коренных пород	H_s	HS	30	м	головной модуль, INPAR, STOTM
28.	Параметр точности расчета функции надежности ***)	δ	ACCUR	0,4	б/р	SAFETY
29.	Начальная температура вечномерзлого грунта	t_0	TØ	- 2	град.	NES1
30.	Минимальный шаг изменения модуля вентилирования	M_2	DM	0,0005	б/р	OPTIM
3I.	Стоимость надфундаментной конструкции	$C_{нк}$	CNK	76I000	руб.	STOIM
32.	Стоимость вентилируемого подполья	$C_{вп}$	CP	89000	руб.	- " -
33.	Стоимость оттаивания I куб.м грунта	$C^{т}_{под}$	COT	5.02	руб/м^3	- " -
34.	Стоимость промораживания I куб.м грунта	$C^{м}_{под}$	CPR	I2,48	руб/м^3	- " -
35.	Стоимость погружения одного п.м. сваи в талый грунт	$C_{фт}$	CFT	2I,I0	руб/м	- " -
36.	Стоимость погружения одного п.м. сваи в мерзлый грунт	$C_{фм}$	CFM	48,50	руб/м	- " -
37.	Коэффициент амортизационных отчислений	$K_в$	AMOR	0,7	%	- " -
38.	Коэффициент экономической ответственности	$K_э$	EK	0	б/р	- " -
39.	Коэффициент приведения разновременных затрат	E	PRR	0,08	б/р	- " -
40.	Полное число свай	$N_{св}$	NSV	264	шт.	- " -

Примечания. *) Для круглых ростверков параметры BC и BK задают диаметр ростверка, DC и DK задаются отрицательными.

**) Параметр δ задает точность расчета (Δ) функции надежности (P): $\Delta = \delta/2$ при $P \leq 0{,}5$; $\Delta = (1-P)\delta$ при $0{,}5 < P < 0{,}95$; $\Delta = \delta\sqrt{(1-P)/20}$ при $P \geq 0{,}95$.

4.2. Общий блок STOH . Блок состоит из 60 элементов данных (чисел) и содержит начальные значения для генератора случайных чисел (2 числа), математические ожидания и средние квадратические отклонения стохастических параметров (10 чисел), "разыгранные" значения стохастических параметров, рассчитанные значения некоторых часто используемых коэффициентов и резервные поля.

Первые 12 элементов данных считаются параметрами распределений. Они получают начальные (стандартные) значения в модуле-блоке данных и могут быть изменены подпрограммой INPAR при интерпретации исходных данных. Начальные значения для генератора случайных чисел изменяются, кроме того, самим этим генератором при каждом обращении к нему. Остальные элементы данных блока вычисляются при работе программы и для пользователя недоступны.

В таблице 3 для каждого параметра распределений приводится его порядковый номер относительно начала блока, содержательное название и начальное (стандартное) значение. Порядковый номер параметра, взятый со знаком "минус", является тем условным номером, по которому параметр идентифицируется при вводе.

Таблица 3

Стохастические параметры (общий блок STOH)

Порядковый номер	Содержательное название	Стандартные значения	Единицы измерения
I	2	3	4
I.	Начальные значения для генератора случайных чисел	3.I4I5926	б/р
2.		0.542I0I9	б/р
	Математические ожидания:		
3.	Температуры воздуха в здании	I7	град.
4.	Термического сопротивления снежного покрова	3	$\frac{м^2 \cdot час \cdot град}{ккал}$

I	2	3	4
5.	Коэффициента условий работы вентиляционных отверстий	0,45	б/р
6.	Среднегодовой температуры наружного воздуха	-5,9	град.
7.	Среднегодовой скорости ветра	5,2	м/сек
	Средние квадратические отклонения:		
8.	Температуры воздуха в здании	2,4	град.
9.	Термического сопротивления снежного покрова	I,5	$\frac{м^2 \cdot час \cdot град}{ккал}$
I0.	Коэффициента условий работы вентиляционных отверстий	0,I8	б/р
II.	Среднегодовой температуры наружного воздуха	I,4	град.
I2.	Среднегодовой скорости ветра	0,I	м/сек.

В таблице 4 приводятся сведения о рабочих элементах данных блока STOH , значения которых вычисляются самой программой (элементы с I3-го по 60-й). Для каждого элемента данных приводится его порядковый номер относительно начала блока, содержательное название или расчетная формула, обозначение в программе, имя подпрограммы, вычисляющей значение элемента и имена подпрограмм, использующих его значение.

Таблица 4

Рабочие элементы данных общего блока STOH

Порядковый номер	Содержательное название или расчетная формула	Обозначение в программе	Где вычислен	Где используется
I	2	3	4	5
I3.	Температура воздуха в здании $t_в$	TG	RAZDBR	RAZ2
I4.	Термическое сопротивление снежного покрова $R_{см}$	RS	RAZOBR	RAZ2
I5.	Коэффициент условий работы вентиляционных отверстий $m_у$	MA	RAZOBR	RAZ2
I6. I7.	Коэффициенты для расчета сил смерзания грунта с боковой поверхностью сваи	BJ1 BJ2	NES1	NESU, PUCHEN
I8.	Индекс для расчета сопротивления грунта под торцом сваи	IPOD	NES1	NESU

I	2	3	4	5
I9.	Сопротивление грунта под торцом сваи	RT	NES1	NESU
20.	$\sqrt{0{,}0025 \cdot C_м / \lambda_м}$	BETA	RAZOBR	PUCHEN
2I.				
22.				
23.	Р Е З Е Р В			
24.				
25.				
26.				
	Осредненные по слоям значения:			
27.	Объемного веса скелета талого грунта $\gamma_{ск.т}$	GT	RAZOBR	SAFETY, RAZ2
28.	Объемного веса скелета мерзлого грунта $\gamma_{ск.м}$	GM	RAZOBR	SAFETY, RAZ2
29.	Влажности талого грунта $W_т$	WT	RAZOBR	SAFETY, RAZ2
30.	Влажности мерзлого грунта $W_м$	WM	RAZOBR	SAFETY RAZ2
3I.	Теплопроводности талого грунта $\lambda_т$	LAMT	RAZOBR	SAFETY, RAZ2
32.	Теплопроводности мерзлого грунта $\lambda_м$	LAMM	RAZOBR	SAFETY, RAZ2, NES1
33.	Теплоемкости мерзлого грунта $C_м$	CM	RAZOBR	NES1
34.	Теплоемкости талого грунта $C_т$	CT	RAZOBR	
35.	Длина условного фундамента для центра здания	DUC	USFUND	OSADKA
36.	Ширина условного фундамента для центра здания	BUC	USFUND	OSADKA
37.	Длина условного фундамента для края здания	DUK	USFUND	OSADKA
38.	Ширина условного фундамента для края здания	BUK	USFUND	OSADKA
39.	Случайное приращение температуры воздуха	DISTL	RAZ2 (I-й год)	RAZ2
40.	Случайное приращение скорости ветра	DISV	RAZ2 (I-й год)	-"-
4I.	B/R1	R21	PREDS	-"-
42.	H1/R2	R22	-"-	-"-
43.	860 КА·М·В		-"-	-"-

I	2	3	4	5
44.	B/R3	R24	PREDS	RAZ2
45.	$\frac{2}{\pi} lg \frac{B}{H2}$	R25	-"-	-"-
46.	|SUM|	R26	-"-	-"-
	Коэффициенты для расчета несущей способности на слитой мерзлоте:			
47.	k_{ct} для подошвы фундамента	RKC	PREDS	NESU
48.	$k_{\kappa t}$ для подошвы фундамента	RKK	-"-	-"-
49.	k_{ct} для средней глубины	SKS	-"-	-"-
50.	$k_{\kappa t}$ для средней глубины	SKK	-"-	-"-
51.	α_x для подошвы фундамента	ALFP	NES1	-"-
52.	α_x для средней глубины	ALFS	NES1	-"-
53.	R24·LAMM R25	R2E1	RAZ2 (I-й год)	RAZ2
54.	R24·R21·TG	R2E2		
55.	R2E1·R21+R24·(R2E1-R24)	R2E3		
56.	R26+X3·X1·X4/LAMM	R2X5		
57.	LAMT/LAMM	DTLAM		
58.	R26/DTLAM+X3	R2X8		
59.	P E З Е Р В			
60.				

4.3. Общий блок TABLE. Блок состоит из 1550 элементов данных (чисел) и содержит 5 таблиц интегралов: I - оттаивания под центром здания (элементы с I-го по 25-й); 2 - оттаивания под краем здания (элементы с 26-го по 50-й); 3 - промерзания только под краем здания, когда температура поверхности грунта под зданием положительна (элементы с 5I-го по 550-й); 4 - промерзания под центром здания (элементы с 55I-го по I050-й); 5 - промерзания под краем здания, когда температура поверхности грунта под зданием отрицательна (элементы с I05I по I550-й). Таблицы оттаивания - одномерные, аргумент - логарифм безразмерного времени; таблицы промерзания- двумерные, аргументы - логарифм безразмерного времени и логарифм безразмерной температуры.

Таблицы заполняются подпрограммой FORTAB всякий раз, когда изменяется значение детерминированного параметра B (ширина здания),

или HS (глубина залегания коренных пород), или управляющего параметра H (глубина ВГВМ). Заполнение таблиц требует значительного времени, поэтому для сокращения времени счета следует располагать варианты с одинаковым значением H подряд. Значения, заносимые в таблицы, выражают глубину оттаивания и промерзания в метрах и используются модулем-функцией DEPTH при работе подпрограммы SAFETY. Эта функция вызывает модуль-функцию YNTR2 , которой передает в качестве параметра нужную таблицу для интерполирования.

4.4. Неименованный общий блок. Блок состоит из 400 элементов данных (чисел) и используется подпрограммой STOIM для хранения информации о начальном положении ВГВМ в пределах пятна застройки. В блоке может храниться до 10 различных начальных положений ВГВМ, каждое из них описывается 40 числами.

5. Входная информация

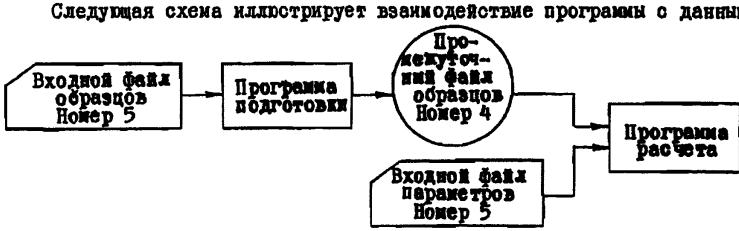
Входной информацией программы являются основные и управляющие параметры и характеристики образцов грунта.

Характеристики образцов грунта образуют входной файл образцов - последовательный файл с номером 5 - и вводятся программой подготовки, в результате работы которой создается промежуточный файл образцов - последовательный файл с номером 4. Основные и управляющие параметры программой подготовки не используются.

Промежуточный файл образцов является входным для программы расчета, в которой он идентифицируется тем же номером 4. Второй источник данных для программы расчета - основные и управляющие параметры, образующие входной файл параметров - последовательный файл с номером 5.

Промежуточный и оба входных файла состоят из записей длиной по 80 символов. Промежуточный файл целесообразно располагать на магнитной ленте или диске. Входные файлы обычно располагают на перфокартах. В дальнейшем записи входных файлов будут именоваться картами.

Следующая схема иллюстрирует взаимодействие программы с данными.



5.I. Состав и структура входного файла параметров. Файл может содержать карты (записи) четырех типов: карта варианта, карта ВГВМ, карта параметров и конечная карта.

Карта варианта предписывает выполнить вариант расчета и содержит значения управляющих параметров. Все управляющие параметры должны располагаться на одной карте. Подряд может следовать несколько карт вариантов. Признаком карты варианта являются символы "пробел" в первых трех позициях.

Карта ВГВМ задает начальное положение ВГВМ, используемое в расчете стоимости. Расчет стоимости может быть выполнен для различных начальных положений ВГВМ, поэтому подряд могут следовать несколько карт ВГВМ, но не более IO. Карты ВГВМ, в отличие от карт варианта, параметров и конечной, не имеют признака, по которому могли бы быть распознаны программой, поэтому картам ВГВМ должна обязательно предшествовать карта варианта, на которой указано, сколько карт ВГВМ за ней следует. На карте ВГВМ располагаются 40 двузначных целых чисел: первое число в позициях I и 2, второе - в позициях 3 и 4 и т.д.;пробелы воспринимаются как нули. При этом n -ное число есть доля площади (в процентах) с начальной глубиной ВГВМ n метров. Если начальная глубина ВГВМ одинакова и равна ℓ метров по всей площади застройки, то ℓ -тое число задается равным 99, остальные - нуль. В этом случае программа исправляет 99 на IOO. В любом другом случае сумма всех 40 чисел должна быть равна IOO. Нарушение этого условия воспринимается как ошибка.

Карта параметров указывает на начало группы вариантов и может содержать от I до 8 значений основных параметров. Подряд может следовать несколько карт параметров. Признаком карты параметров является целое число, отличное от нуля и 999, в первых трех позициях.

Конечная карта обозначает конец исходных данных и предписывает завершить выполнение программы. Присутствие её обязательно.Признаком конечной карты является число 999 в первых трех позициях.

Входной файл может содержать любое количество карт вариантов и карт параметров в произвольном порядке (однако, карты ВГВМ могут появляться лишь вслед за картой варианта) и должен завершаться конечной картой. Идущие подряд карты параметров определяют новые значения основных параметров для одной группы вариантов, идущие подряд карты вариантов образуют одну группу. В первой группе вариантов карты параметров могут отсутствовать, что указывает на стандартные значения всех основных параметров для этой группы.

5.2. Правила кодирования параметров. Основные параметры распо-

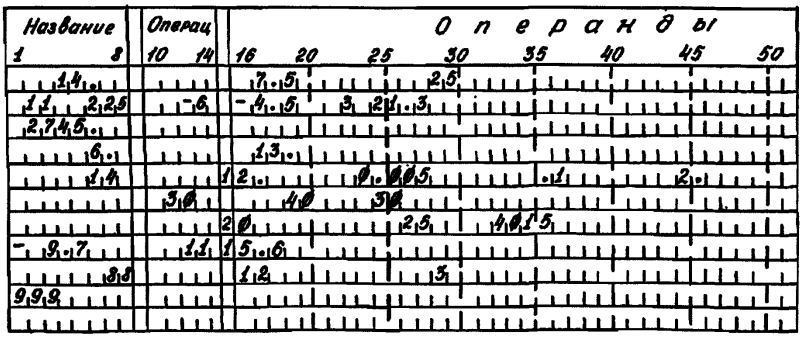
лагаются на картах параметров. Для задания основного параметра нужно задать его условный номер и значение. Условные номера приведены в графе I таблиц 2 и 3. Номера детерминированных параметров кодируются положительными числами, параметров распределений - отрицательными. Под каждый параметр отводится поле длиной I0 символов, из которых первые 3 должны содержать условный номер в виде целого числа со знаком или без, прижатого к правому краю, следующие 7 символов должны содержать значение параметра (формат ввода $F7.3$). Пробелы воспринимаются как нули. На карте может располагаться от I до 8 основных параметров.

Управляющие параметры располагаются на картах вариантов. Они не имеют условных номеров и идентифицируются относительным расположением на карте. Все управляющие параметры должны помещаться на одной карте в следующем порядке: мощность талого слоя (H) - позиции с 4-ой по I0-ю, глубина заложения фундамента (L) - позиции с I4-й по 20-ю, модуль вентилирования (M) - позиции с 24-й по 30-ю.

В позициях с 34-й по 40-ю может помещаться управляющий параметр $M1$, который задает режим поиска оптимального значения модуля вентилирования. При этом значения M и $M1$ задают соответственно нижнюю и верхнюю границы диапазона, в котором осуществляется поиск. Если параметр $M1$ не задан или $M1 \leq M$, то оптимизация не производится. Все управляющие параметры вводятся по формату $F7.3$, пробелы воспринимаются как нули.

В позициях с 44-й по 50-ю может помещаться управляющий параметр $N0$, который задает число различных начальных положений ВГВМ для расчета стоимости. Если в самой первой карте варианта параметр $N0$ не задан или равен нулю, то расчет стоимости не выполняется до тех пор, пока не встретится карта варианта с положительным значением $N0$. Если в какой-либо карте варианта значение $N0 = n$, то сразу за этой картой должно следовать n карт ВГВМ, причем, n не должно быть больше I0. Информация с этих карт запоминается в неименованном общем блоке и используется при расчете стоимости как этого варианта, так и всех последующих, в которых $N0$ не задан или равен нулю, вплоть до следующей карты варианта с отличным от нуля значением $N0$. Для отмены расчета стоимости нужно задать отрицательное значение $N0$.

5.3. Пример. На приведенном ниже фрагменте бланка для записи исходных данных представлен набор карт входного файла параметров, задающий три группы вариантов расчета.



Первая группа вариантов выполняется со стандартными значениями всех основных параметров и содержит один вариант: H = I4; L = 7,5; M = 0,025, стоимость не рассчитывается.

Во второй группе вариантов детерминированные параметры 3-й, II-й и 27-й получают значения соответственно 21,3; 22,5 и 45; 6-й параметр распределений получает значение -4,5; прочие основные параметры сохраняют стандартные значения. С этими значениями основных параметров выполняются два варианта расчета: в первом H = 6, L = I3, M = 0, стоимость не рассчитывается, во втором ищется оптимальное значение M в диапазоне от 0,005 до 0,I при H = I4, L = I2, стоимость рассчитывается для двух различных начальных положений ВГВИ. Первое положение: на 30 % площади начальная глубина ВГВИ равна 6 метрам, на 40 % - I0 метрам, на оставшихся 30 % - I3 метрам. Второе положение: 20 % площади с начальной глубиной ВГВИ 8 м, 25 % - I4 м, 40% - I7 м и I5% -I8м.

В третьей группе вариантов детерминированный параметр II-й получает новое значение I5,6; 3-й и 27-й параметры сохраняют значения 2I,3 и 45; 6-й параметр распределений остается равным -4,5; 9-й же становится равным 0,7. Выполняется один вариант расчета при H = 8,8; L = I2; M = 0,03; стоимость рассчитывается для тех же двух положений ВГВИ.

На этом работа программы заканчивается, так как следующая карта является конечной.

5.4. Состав и структура входного файла образцов. Файл может содержать карты (записи) трех типов: карта образца, карта серии и конечная карта.

Карта образца содержит характеристики одного образца талого или мерзлого грунта. Порядок расположения характеристик образца на карте, единицы измерения и формат ввода указаны в таблице 5. Значение признака вида грунта задается согласно таблице 6. Влажности на границах текучести и раскатывания задаются только для глинистых грунтов. Коэффициент оттаивания и льдистость задаются только для мерзлых образцов. Коэффициент сжимаемости для талых образцов можно не задавать, в этом случае программа подготовки рассчитывает его.

Карты образцов одного типа (то есть талые или мерзлые) и одного литоло-генетического слоя должны быть сгруппированы в серию (соответственно, талую или мерзлую). Если слой представлен и талыми и мерзлыми образцами, то талая серия должна предшествовать мерзлой. Отсутствие в слое талых или мерзлых образцов не нужно отмечать никакими специальными признаками. Полное число образцов в слое в любом случае должно быть не меньше 20. Информация о слоях во входном файле должна располагаться в соответствии с физическим расположением слоев: в начале файла образцы самого верхнего слоя, в конце - самого глубокого.

Карта серии обозначает начало серии образцов и должна присутствовать перед каждой серией. Признаком талой серии является число ноль в I-й позиции, признаком мерзлой серии - число -I в I-й, 2-й позициях. Прочие позиции карты серии остаются пустыми. При отсутствии в слое талой или мерзлой серии не нужна и соответствующая карта серии, то есть не следует создавать пустых серий.

Конечная карта обозначает конец входного файла образцов. Присутствие ее обязательно. Признаком конечной карты является число -99 в первых трех позициях.

5.5. Состав и структура промежуточного файла образцов. Файл содержит следующие записи: спецификации формата ввода - вывода величин NOBR , NS , HGRAN - I-я запись, адресного массива - 2-я запись и массива характеристик образцов - 3-я запись; число образцов грунта NOBR , число слоев NS и глубина HGRAN, выше которой мерзлые образцы не встречаются - 4-я запись; адресный массив - следующие NS записей, каждая из которых описывает один слой грунта; массив характеристик образцов грунта - последующие 2*NOBR записей, где каждая пара содержит I3 характеристик одного образца, в том числе I0 исходных (см. таблицу 5) и 3 рассчитанных: показатель консистенции (для песчаных и крупнообломочных грунтов записывается отрицательное число), коэффициент теплопроводности (ккал/м·час·град.) и удельную теплоемкость (ккал/град·м^3).

Таблица 5

Расположение грунтовых характеристик на карте образца

№ п/п	Наименование характеристики	Единица измерения	Позиции на карте	Формат ввода
I	2	3	4	5
I.	Мощность слоя, из которого взят образец	м	I – 4	F4.1
2.	Признак вида грунта GENET	б/р	5, 6	F2.0
3.	Объемный вес $\gamma_{об}$	т/м^3	7 – II	F5.3
4.	Удельный вес $\gamma_{уд}$	т/м^3	I2 – I6	F5.3
5.	Суммарная влажность W_c	б/р	I7 – 2I	F5.3
6.	Влажность на границе текучести $W_{тек}$	б/р	22 – 26	F5.3
7.	Влажность на границе раскатывания W_p	б/р	27-3I	F5.3
8.	Коэффициент сжимаемости a	см^2/кг	32 – 37	F6.4
9.	Коэффициент оттаивания A	б/р	38 – 43	F6.4
I0.	Объемная льдистость за счет ледяных включений $J_в$	б/р	44 – 47	F4.2

Таблица 6

Значения признака вида грунта

Наименование вида грунта по СНиП II-I5-74	Значение признака
Крупнообломочные грунты:	
валунный грунт	I
галечниковый грунт	2
гравийный грунт	3
Песчаные грунты:	
песок гравелистый	4
песок крупный	5
песок средней крупности	6
песок мелкий	7
песок пылеватый	8
Глинистые грунты:	
супесь	9
суглинок	I0
глина	II

Так как использована форматная передача данных, промежуточный файл можно распечатать любой стандартной программой распечатки файлов (например, в операционной системе ОС ЕС программой IEBGENER или IEBPTPCH).

6. Выходная информация

Выходная информация помещается в последовательный файл с номером 6. Информация выводится записями, содержащими различное число символов, но не более 120. Первый символ является управляющим по стандартным соглашениям Фортрана. При выводе на печатающее устройство каждая запись образует одну печатную строку.

Программа подготовки распечатывает в виде таблицы все введенные значения характеристик образцов грунта.

В начале работы программы расчета выводятся значения числа образцов грунта, числа слоев и глубины HGRAN, прочитанные из промежуточного файла, а затем стандартные значения основных параметров.

Вывод значений всех основных параметров производится для каждой группы вариантов. Однако, если при интерпретации карты параметров обнаружена ошибка, то вместо значений основных параметров выводится строка, воспроизводящая ошибочную карту, под ней звездочками отмечается ошибочный параметр, затем выводится сообщение "ГРУППА ВАРИАНТОВ ОТВЕРГАЕТСЯ", и программа приступает к обработке следующей группы.

После вывода основных параметров выводится информация о вариантах расчета в том порядке, в каком вводились карты вариантов. Для каждого варианта выводятся значения управляющих параметров, значение функции надежности в последний год расчетного периода с указанием вероятной ошибки, число опытов в реализации метода Монте-Карло, суммарное количество отказов по несущей способности, осадке и пучению и таблица распределения по годам отказов и значений функции надежности. В вариантах расчета с оптимизацией модуля вентилирования значение модуля снабжается пометкой "ОПТИМАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ".

Если запрашивается расчет стоимости, то при вводе карт ВГВМ их содержимое распечатывается. В дальнейшем для каждого варианта расчета после функции надежности распечатываются рассчитанные стоимостные характеристики в виде таблицы, содержащей от 1 до 10 строк, каждая строка соответствует одному из заданных начальных положений ВГВМ.

Приложение 2

УСЛОВИЯ ПРИОБРЕТЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Для приобретения программы необходимо выслать гарантийное письмо-заявку на имя директора Всесоюзного научно-технического информационного центра по адресу: I25493, Москва, ул. Смольная, I4.

В письме следует указать гос.номер программы – П006454.

ПРИМЕР РАСЧЕТА

Задан функциональный элемент застройки, показанный на рис.2.0н состоит из шести пятиэтажных жилых зданий. Здания сблокированы в две группы, по три здания в каждой. Общая длина фронта застройки составляет L_f = 494 м, общая стоимость надфундаментной конструкции 3759 тыс.руб., вентилируемого подполья 440 тыс.руб. Здания усилены железобетонными поясами жесткости, расположенными в уровнях междуэтажных перекрытий. Согласно [4] для таких зданий допускаются следующие величины предельных деформаций: средняя осадка S пр.ср. = 0,I5 м, относительная деформация S пр.от. = 0,006. Тип фундамента - свайный,общее количество свай - I085. Расположение свай - кустовое. Число свай в кусте под центральными осями зданий - 3, под крайними - 2.

Грунты основания (рис.3) представлены моренными суглинками до глубины 5,3 м, далее до глубины I0 м - флювиогляциальными суглинками и ниже флювиогляциальными песками, которые на глубине 30 м подстилаются коренными породами. Характеристики грунтов по этим слоям приводятся на стр.48. Мерзлотные условия - разнородные. Глубина залегания верхней границы вечномерзлых грунтов (ВГВМ) характеризуется следующим распределением:

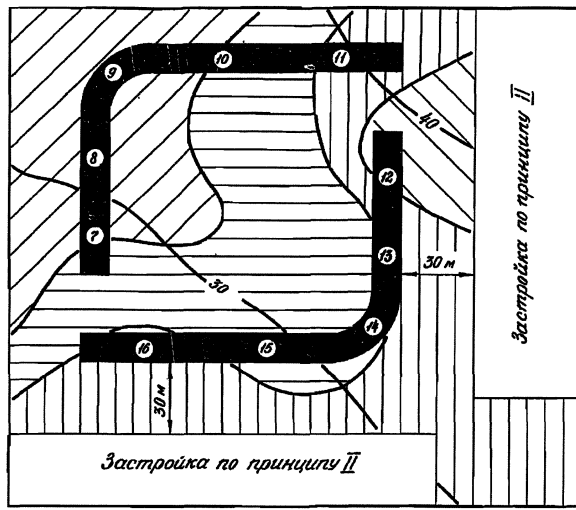
Средняя глубина залегания ВГВМ в пределах участка, м	2	4	I5	30
Площадь участка в % от площади пятна застройки	24	25	42	9

Функциональный элемент застройки отделяется от сопредельной застройки, возведенной по принципу П, транспортными магистралями шириной 30 м, одновременно являющимися полосами безопасности. Сопредельная застройка характеризуется плотностью ρ = 0,I5, шириной здания $B_{зд.}$ = I3 м, температурой грунта под зданиями $t_{зд.}$ = I2°С,вне зданий $t_c \approx -0{,}3$°С, в пределах транспортных магистралей $t_{маг.}$ = -4°С.

Остальные исходные данные, необходимые для расчета, приведены в таб. 2 и 3.

Требуется:

- определить принцип использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований, способ фундаментостроения и конструктивные па-



Условные обозначения:

ВГВМ сливающаяся с двятельным слоем

ВГВМ на глубине от 2 до 10 м

ВГВМ на глубине от 10 до 20 м

ВГВМ на глубине >20 м

30 Изогипсы коренных пород

14 Строительный номер здания

Рис. 2. План застройки (к примеру расчета).

№ слоя	Литологическая колонка	Мощность слоя (м)	Описание грунтов
I		5.3	Суглинки верхнечетвертичные с включением гальки и гравия до 40%. Встречаются в талом и мерзлом состояниях.
II		4.8	Суглинки флювиогляциальные с включением гальки и гравия до 40%. Встречаются в талом и мерзлом состояниях
III		10.0	Пески флювиогляциальные разнозернистые (от гравелистых до пылеватых). Встречаются в талом и мерзлом состояниях.

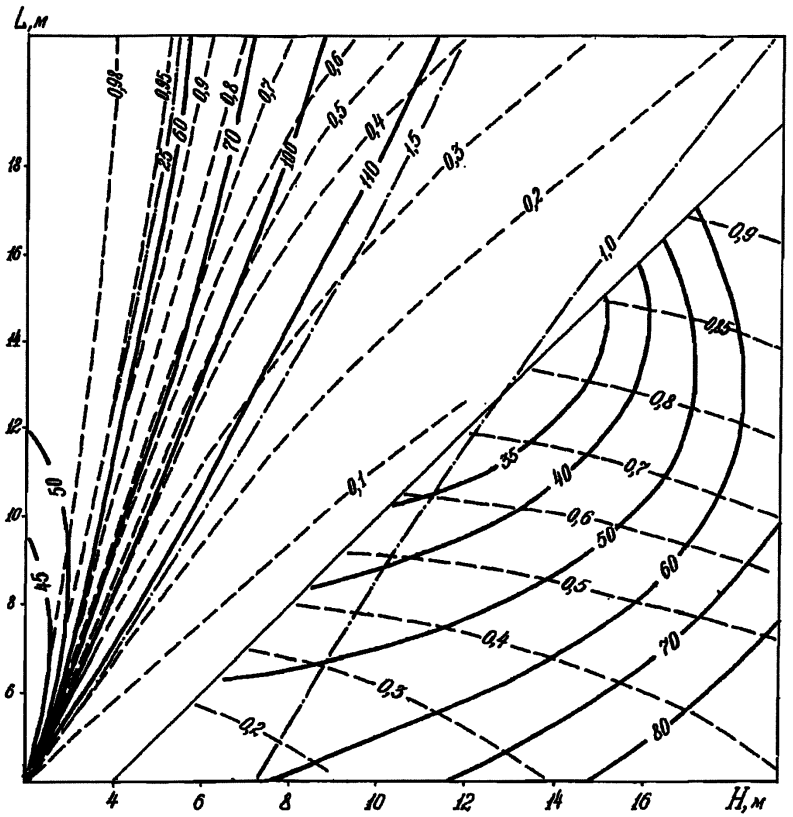
Рис.3. Расчетный инженерно-геологический разрез

метры основания L, H и M;

– проверить обеспечивают ли транспортные магистрали необходимую тепловую защиту проектируемого функционального элемента от теплового воздействия сопредельной застройки.

Решение первой задачи осуществляем по номограмме, связывающей между собой надежность основания P и приведенную суммарную стоимость нулевого цикла здания $C_{нк}$ со значениями управляющих параметров L, H и M. Номограмму строим по результатам расчета на ЭВМ P, $C_{нк}$ и M, задаваясь значениями L и H.

На рис.4 показана номограмма, построенная для рассматриваемого случая. По оси ординат номограммы отложена глубина заложения фундаментов L, по оси абсцисс – мощность талого слоя H; сплошными линиями показаны изолинии суммарной приведенной стоимости нулевого цикла здания $C_{нк}$ в процентах от стоимости надфундаментной конструкции, пунктирными – надежность основания P в дол.ед., штрих-пунктирными – модуля вентиляции M в дол.ед. х 10^{-3}. Прямая $L = H$ разделяет поле номограммы на две области – область первого и область второго прин-



—— изолинии приведенной суммарной стоимости нулевого цикла в процентах от стоимости надфундаментной конструкции

—— надежность основания в дол. ед.

—— модуль вентиляции в дол. ед. х 10^{-3}

Рис. 4. Номограмма для выбора оптимального проектного решения

ципа. Расчетная точка (точка, соответствующая минимуму суммарной стоимости) находится в области второго принципа и имеет координаты H = 15 м, L = 14 м. Ей соответствуют параметры M = 0,0005, D = 0,86, $C_{мк}$ = 35,7%.

Исходя из этого принимаем решение: здания возводить по способу стабилизации, глубину заложения фундаментов принять 14 м, глубину предварительного оттаивания грунтов - 15 м (предварительное оттаивание производится в пределах пятна застройки, где ВГВМ залегает на глубине менее 15 м).

Необходимо отметить, что главными показателями, определяющими положение расчетной точки в поле номограммы, являются мерзлотно-геологические условия стройплощадки, стоимость надфундаментной конструкции и уровень индустриализации строительства.

Решение второй задачи осуществляем в соответствии с рекомендациями п.1.12. Предварительно определим среднеинтегральную температуру $t_{сф}=\rho(t_1-t_0)+t_0$ = 0,15 (12 + 0,3) - 0,3 = 1,54°С, и по формулам (5) - (7) - входные параметры номограммы для определения R_{B_0}

$$q_1=\frac{12-1,54}{12+4}=0,65;\quad q_2=\frac{0,5\,(1,54+0,3)-0,1}{12+4}=0,05;\quad \beta_0=\frac{12}{14}=0,86.$$

Этим параметрам на номограмме (рис.1) соответствует значение R_{B_0} = 1,4. Ширину полосы безопасности определяем по формуле (4)

$$\gamma = 14 \cdot 1,4 = 19,6 \text{ м}.$$

Сопоставляя этот результат с шириной транспортных магистралей, равной 30 м, делаем вывод, что они обеспечивают необходимую тепловую защиту основания проектируемого функционального элемента от теплового воздействия сопредельной застройки.

НИИ оснований и подземных сооружений имени Н.М.Герсеванова

Рекомендации по выбору принципа использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований зданий

Отдел патентных исследований и научно-технической информации

Зав.отделом Б.И.Кулачкин

Техн.редактор Г.Н.Кузнецова

Л-94146 Подп. в печать 16/IУ-84г. Заказ № 667

Формат 60 х 90 1/16. Бумага офсетная. Набор машинописный.

Уч. - изд.л. 3,37. Усл.кр.-отт. 3,62. Тираж 500 экз. Цена 30 коп.

Отпечатано в Производственных экспериментальных мастерских ВНИИИС Госстроя СССР

121471,Москва, Можайское шоссе, 25

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3
I. Общие положения. 5
2. Назначение исходных данных I0
3. Описание алгоритма I4
Литература 27
Приложение I. Описание фортран-программы расчета функции надежности основания и приведенной суммарной стоимости здания . . . 28
Приложение 2. Условия приобретения программы 48
Приложение 3. Пример расчета 49

gost.e-ecolog.ru