

РЕСПУБЛИКАНСКИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ

**ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ
ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА
СОСТАВЛЕНИЕ ПРОГНОЗА
ИЗМЕНЕНИЙ
ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА
ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ
ЧИСЛЕННЫМИ МЕТОДАМИ**

РСН 67-87

Госстрой РСФСР

Издание официальное

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РСФСР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА**

РАЗРАБОТАНЫ производственным объединением
"Стройизыскания" Госстроя РСФСР совместно с институ-
том Фундаментпроект Минмонтажспецстроя СССР

Исполнители: канд геол-мин наук А И Левкович
("Стройизыскания"), канд геол-мин наук М А Минкин,
инж С П Дмитриева (Фундаментпроект), Ю.А Полов
("Стройизыскания")

ВНЕСЕНЫ И ПОДГОТОВЛЕНЫ К УТВЕРЖДЕНИЮ
производственным объединением по инженерно-строитель-
ным изысканиям ("Стройизыскания") Госстроя РСФСР

Вводятся впервые

Государственный комитет РСФСР по делам строительства (Госстрой РСФСР)	Республиканские строительные нормы	РСН 67-87 Госстрой РСФСР
	Инженерные изыскания для строительства. Составление прогноза изменений температурного режима вечномерзлых грунтов численными методами	Вводятся впервые

Настоящие Нормы устанавливают технические требования к производству работ по составлению прогноза изменений температурного режима грунтов для инженерно-геологического обоснования строительства новых, реконструкции и расширения действующих промышленных предприятий, зданий и сооружений, объектов сельскохозяйственного назначения, а также городов, поселков и сельских населенных пунктов на вечномерзлых грунтах

Требования Норм не распространяются на составление прогноза для обоснования строительства гидротехнических, магистральных линейных и подземных сооружений, а также мостовых переходов

Требованиями Норм следует руководствоваться при инженерно-геологическом обосновании строительства на участках талых грунтов, расположенных в пределах районов распространения вечномерзлых грунтов, а также при необходимости оценки динамики сезоннопромерзающего слоя в районах с сезонным промерзанием

Составление прогноза изменения температурного режима грунтов необходимо производить в соответствии с требованиями к порядку составления прогноза мерзлотных инженерно-геологических условий, регламентированному РСН 31-83, а также о общими требованиями к прогнозу изменения инженерно-геологи-

Внесены ПО "Стройизыскания" Госстроя РСФСР	Утверждены постановлением Государственного комитета РСФСР по делам строительства от 20 августа 1987 г. № 152	Срок введения в действие 1 января 1988 г
--	--	--

С.2 ГСII-7-87

ческих условий, установленными действующими нормативными документами по изысканиям и проектированию оснований и фундаментов

I ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I 1 Составление прогноза изменений температурного режима грунтов является необходимым элементом инженерно-геологического обоснования строительства (реконструкции, расширения) объектов народного хозяйства в районах распространения вечномерзлых грунтов

Составление прогноза изменения температурного режима грунтов производится изыскательской организацией при участии проектной организации-заказчика

- Участие проектной организации заключается
- в совместном с изыскательской организацией определении конкретных задач и вариантов прогноза,
- в предоставлении необходимых исходных данных для каждого варианта прогноза,
- в совместном с изыскательской организацией обсуждении результатов прогноза

I 2 Составление прогноза изменений температурного режима грунтов производится для ограниченного определенным образом грунтового массива путем последовательного расчета температурных полей в этом массиве, соответствующих любым заданным моментам времени от начала расчета. Температурный режим (совокупность последовательных температурных полей) в грунтовом массиве рассчитывается как результат задаваемых на весь период расчета прогноза тепловых воздействий на верхней, боковых и нижней границах грунтового массива

I.3. Расчет температурного режима грунтов производится для конкретных инженерно-геологических разрезов с учетом естественных изменений температурного режима воздуха и радиационного баланса дневной поверхности, естественных и техногенных условий теплообмена на поверхности грунтов (снежный и растительный покровы, насыпи, асфальтовые покрытия и т.п.) и техногенных источников и стоков тепла (здания и сооружения).

Расчет температурного режима грунтов производится на основе следующих данных:

материалов инженерно-геологических изысканий (инженерно-геологические разрезы с выделением классификационных разновидностей грунтов, физические и теплофизические свойства последних, естественные температуры грунтов и др.);

технического задания (пространственное размещение проектируемых объектов и проектный температурный режим в них, в том числе температурный режим в проветриваемых подпольях, вентилируемых насыпях и подвалах; при необходимости – вертикальная планировка территории; линии о заглублении проектируемых объектов, физические и теплофизические характеристики материала фундаментов, насыпей, полов и других теплоизоляционных покрытий и др.);

справочных материалов (температурный режим воздуха, радиационный баланс дневной поверхности, мощность и плотность снежного покрова и др.).

1.4. Расчетный срок (время) прогноза определяется расчетным сроком эксплуатации проектируемых объектов, для инженерно-геологического обоснования строительства которых составляется прогноз, и указывается в техническом задании.

Расчет прогноза может быть прекращен ранее в случаях стабилизации температурного режима грунтов в исследуемом грунтовом массиве. Под стабилизацией температурного режима в данном случае понимается наступление динамического равновесия температур в исследуемом массиве с учетом характера изменений тепловых воздействий на верхней границе массива.

1.5. Настоящие Нормы устанавливают правила расчета изменений температурного режима грунтов численным методом решения уравнения нестационарной теплопроводности с фазовыми переходами грунтовой влаги.

Прогноз составляется без учета миграции влаги, конвективного и лучистого теплообмена в грунтах.

При составлении прогноза учитываются:

неоднородность состава, свойств и состояния грунтов в исследуемой грунтовой области;

С.4 РСН 67-82

изменение соотносительных количеств льда и незамерзшей воды в диапазоне температур, принимаемых грунтами;

изменение граничных тепловых условий во времени и пространстве;

локальные источники и стоки тепла, расположенные внутри исследуемой грунтовой области.

1.6. Программа *PROGNOS* имеет 5 модификаций, изложенных в п. 2.3, составлена на языке "ФОРТРАН-7У" и предназначена для использования на ЕС ЭВМ с операционной системой ОС ЕС МУТ 6.1 и с памятью не менее 300 килобайт.

1.7. Пакет программ поставляется на магнитной ленте пользователя. Организация держатель подлинника - институт "Фундаментпроект".

2. АЛГОРИТМ И СТРУКТУРА ПРОГРАММ

2.1. Математическая постановка задачи

Процесс распространения тепла в грунте в трехмерном пространстве описывается уравнением

$$\frac{\partial u}{\partial t} = dw(\lambda \operatorname{grad} u) + F,$$

где $u(M, t)$ - температура грунта в точке $M(x, y, z)$ в момент t ;

$w(M, u, t)$ - энтальпия (теплосодержание), отнесенная к единице объема грунта;

$\lambda(M, u)$ - коэффициент теплопроводности грунта;

$F(M)$ - плотность тепловых внутренних источников и стоков в единице объема.

Энтальпия является функцией температуры, времени и координат. Так как рассмотренные ниже выводы верны для всех точек пространства, то будем рассматривать энтальпию только как функцию температуры. С учетом теплоты фазовых переходов в грунте, энтальпия равна:

$$w(u) = \int_{-\infty}^u [c(\xi) + a_{\phi} \delta(\xi - u')] d\xi,$$

где $\delta(x)$ - дельта-функция Дирака

$$C(\xi) = \begin{cases} C_T, & \xi > \xi^* \\ C_{\text{эфф}}(\xi), & \xi < \xi^* \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{(объемная теплоемкость талого грунта)} \\ \text{(эффективная теплоемкость мерзлого грунта);} \end{array}$$

$$C_T(M) = \rho_d(M)C_d(M) + W_{\text{tot}}(M)C_w;$$

$$C_{\text{эфф}}(M, \xi) = \rho_d(M)C_d(M) + \nu C_L(W_{\text{tot}}(M) - W_w(M, \xi))\rho_d(M) + \\ + C_w W_w(M, \xi)\rho_d(M) + \alpha(W_w(M, \xi))'\rho_d(M);$$

$C_d(M)$ - удельная теплоемкость сухого грунта;

$\rho_d(M)$ - плотность сухого грунта;

C_w - удельная теплоемкость воды;

C_L - удельная теплоемкость льда;

α - теплопроводность фазовых переходов;

$W_{\text{tot}}(M)$ - суммарная влажность грунта в долях к весу абсолютно сухого грунта;

$W_w(M, \xi)$ - незамерзшая вода при температуре ξ , принимается в виде $W_w(M, \xi) = \frac{KM}{B(M) - \xi} + C(M);$

$A(M), B(M), C(M)$ - коэффициенты, задающие кривую незамерзшей воды при $\xi < \xi^*$.

Задача рассматривается в параллелепипеде $D[\{0:\bar{x}\} \times \{0:\bar{y}\} \times \{0:\bar{z}\}]$ (т.е. $0 \leq x \leq \bar{x}, 0 \leq y \leq \bar{y}, 0 \leq z \leq \bar{z}$), на границах которого задаются краевые условия:

на верхней границе (2)

а) температура окружающей среды:

$$u(M, t)|_{z=0} = f_a(x, y, t)$$

или

б) теплопоток

$$\frac{\partial u(M)}{\partial z} \Big|_{z=0} = \bar{f}(x, y, t)$$

или

в) теплообмен по закону Ньютона

$$\lambda(M) \frac{\partial u(M)}{\partial z} \Big|_{z=0} = \sigma(M) \Big|_{z=0} [u(M) - u(x, y, t)];$$

С.6 РСН 67-87

на нижней границе (3)
температура окружающей среды

$$u(M, t)|_{z=0} = f_n(x, y, t);$$

на боковых границах (4)
постоянный теплопоток

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial x}|_{x=0} &= C_1, & \frac{\partial u}{\partial y}|_{y=0} &= C_3 \\ \frac{\partial u}{\partial x}|_{x=a} &= C_2, & \frac{\partial u}{\partial y}|_{y=b} &= C_4. \end{aligned}$$

Начальная температура грунта известна по всем параллелепипеде D :

$$u(M)|_{t=0} = u^0(M). \quad (5)$$

Требуется найти температуру грунта (функцию u) непрерывную в D , удовлетворяющую уравнению (1), краевым условиям (2)-(4) и начальному условию (5).

2.2. Алгоритм решения задачи

Предлагаемым алгоритмом задача (1)-(5) решается виталь-
пийским конечно-разностным методом по явной двухслойной схеме.

В прямоугольнике D вводится произвольная прямоугольная неравномерная разностная сетка с шагами $h^{(x)}, h^{(y)}, h^{(z)}$ и временная сетка с шагами T_e :

$$\begin{aligned} h^{(x)}_i &= x_{i+1} - x_i, \omega_x = \{x_i\} = \{x_0 = 0, x_1, x_2, \dots, x_{N_x} = \bar{x}\} \\ h^{(y)}_i &= y_{i+1} - y_i, \omega_y = \{y_i\} = \{y_0 = 0, y_1, y_2, \dots, y_{N_y} = \bar{y}\} \\ h^{(z)}_i &= z_{i+1} - z_i, \omega_z = \{z_i\} = \{z_0 = 0, z_1, z_2, \dots, z_{N_z} = \bar{z}\} \\ T_e &= t_{e+1} - t_e \end{aligned} \quad (6)$$

Применяя интегро-интерполяционный метод (метод баланса) построения однородных разностных схем, разностное уравнение, аппроксимирующее уравнение (1) по явной схеме на сетке (6) будет иметь вид:

$$\frac{h^{(x)}_i h^{(y)}_j h^{(z)}_k - h^{(x)}_i h^{(y)}_j h^{(z)}_k}{T_e} = (R_1 + R_2) h^{(x)}_i h^{(y)}_j h^{(z)}_k + (R_3 + R_4) h^{(x)}_i h^{(y)}_j h^{(z)}_k + R_5 + R_6 h^{(x)}_i h^{(y)}_j h^{(z)}_k + \Delta F_{i,j,k} \quad (7)$$

$$H_{i,j,k}^{e+1} = H_{i,j,k}^e + T^e [(R_1 + R_2) h_i^{(1)} h_k^{(1)} + (R_3 + R_4) h_i^{(2)} h_k^{(2)} + (R_5 + R_6) h_i^{(3)} h_j^{(3)} + \Delta F_{i,j,k}^{e+1}], \quad (8)$$

где $H_{i,j,k}^e$ – теплосодержание элемента (i,j,k) в момент времени e ;

$R_n, n = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ – теплопоток соответственно через верхнюю, нижнюю и четыре боковые грани каждого элемента;

$\Delta F_{i,j,k}^e$ – изменение энергии внутренних источников в объеме $\Delta V = h_i^{(1)} \times h_j^{(2)} \times h_k^{(3)}$ за время T_e .

Для краевых условий I рода соответствующее R_n граничных элементов равны:

$$R_n = 2 \times (M^e - u_{i,n}) \frac{h_i^{(n)} \lambda_i(u_i)}{(h_i^{(n)})^2} = 2(M^e - u_{i,n}) \frac{\lambda_i(u_i)}{h_i^{(n)}},$$

где $M^e = f_s(x_i, y_j, t^e)$;

для краевых условий II рода

$$R_n = \psi^e,$$

где $\psi^e = \bar{f}$, заданная величина теплового потока;

для краевых условий III рода

$$\begin{aligned} R_n &= (M^e - u_{i,n}) \frac{1}{\frac{h_i^{(n)}}{2\lambda_i} + \frac{1}{d_{\text{нос}}^{(n)}} + R_{\text{нос}}^{(n)}} = \\ &= (M^e - u_{i,n}) \frac{2}{\frac{h_i^{(n)}}{\lambda_i} + 2 \left(\frac{1}{d_{\text{нос}}^{(n)}} + R_{\text{нос}}^{(n)} \right)}, \end{aligned}$$

где M^e – температура внешней среды;

$R_{\text{нос}}$ – термическое сопротивление;

$d_{\text{нос}}$ – коэффициент конвективного теплообмена.

При решении задачи на шаге e по известной температуре и энталпии H^e в каждом элементе определяется энталпия на шаге $e+1$ по формуле (8). Так как существует взаимно однозначное соответствие между энталпией и температурой, то находим температуру каждого элемента на слое $e+1$. Затем определяем энталпию H^{e+2} и т.д.

С.8 РСН 67-87

Расчетные формулы для определения энталпии и температуры по известной энталпии следующие:

По определению полная энталпия

$$H(u) = \int_{u^*}^u C(\xi) + \alpha \rho_d (W_{tot} - W_w(u^*)) \delta(\xi - u^*) d\xi,$$

где $C(\xi)$ — теплоемкость грунта (рис. I)

$$C(\xi) = \begin{cases} C_{\text{зф}}(\xi), & \xi < u^* \\ C_{\text{грун}}, & \xi > u^*. \end{cases}$$

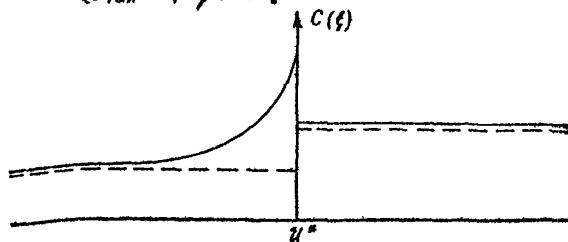


Рис. I. График изменения теплоемкости по температуре

— — — — без учета фазовых переходов в спектре отрицательных температур;

— — — — то же с учетом фазовых переходов в спектре отрицательных температур.

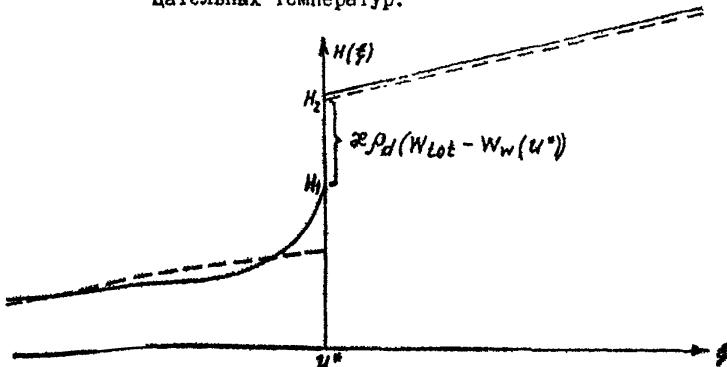


Рис. 2. График изменения энталпии по температуре

Все дальнейшие расчеты проводятся с учетом фазовых переходов в спектре отрицательных температур. Незамерзшая вода учитывается в виде $W_w(\xi) = \frac{A}{B-\xi} + M$.

Критические значения энталпии:

$$H_1 = H(U^* - \varepsilon) = \rho_d (C_d + 0.5/W_{tot} + M)(U^* - K) - A \rho_d [0.5 \ln \frac{|U^* - B|}{|K - B|} + \\ + \infty \frac{K - U^*}{(K - B)(U^* - B)}].$$

Здесь и далее K - условная температура в градусах Цельсия, при которой теплосодержание (энталпия) принимается равной нулю. (Абсолютный нуль $K = -273^0\text{C}$).

$$H_2 = H(U^* + \varepsilon) = H_1 + \infty \rho_d (W_{tot} - W_w(U^*)).$$

Энталпия определяется по следующим формулам (рис. 2):

если $U^* > U^* + \varepsilon$, то

$$H(U^*) = H_2 + \int_{U^*}^{U^*} C_{теп} d\xi = H_2 + \rho_d (C_d + W_{tot})(U^* - U^*) = H_2 + C_{теп}(U^* - U^*),$$

если $U^* < U^* + \varepsilon$, то

$$H(U^*) = \int_{K}^{U^*} C_{эн}(\xi) d\xi = \rho_d (C_d + 0.5/W_{tot} + M)(U^* - K) - \\ - A \rho_d [0.5 \ln \frac{|U^* - B|}{|K - B|} + \infty \frac{K - U^*}{(K - B)(U^* - B)}].$$

По известной энталпии температура определяется:

если $H(U^*) > H_2$, то

$$U^* = \frac{H(U^*) - H_2}{C_{теп}} + U^*;$$

если $H_1 < H(U^*) < H_2$, то

$$U^* = U^*;$$

если $H(U^*) < H_1$, то U^* определяется линейной интерполяцией по значениям табличной функции энталпии, составляемой для каждого слоя грунта.

2.3. Структура программы

Алгоритм, описанный выше, реализован в программе *PROGNOZ*. Связь между частями программы представлена на рис. 3.

Программа *PROGNOZ* имеет 5 модификаций:

I. *PROGNOZ - 35*

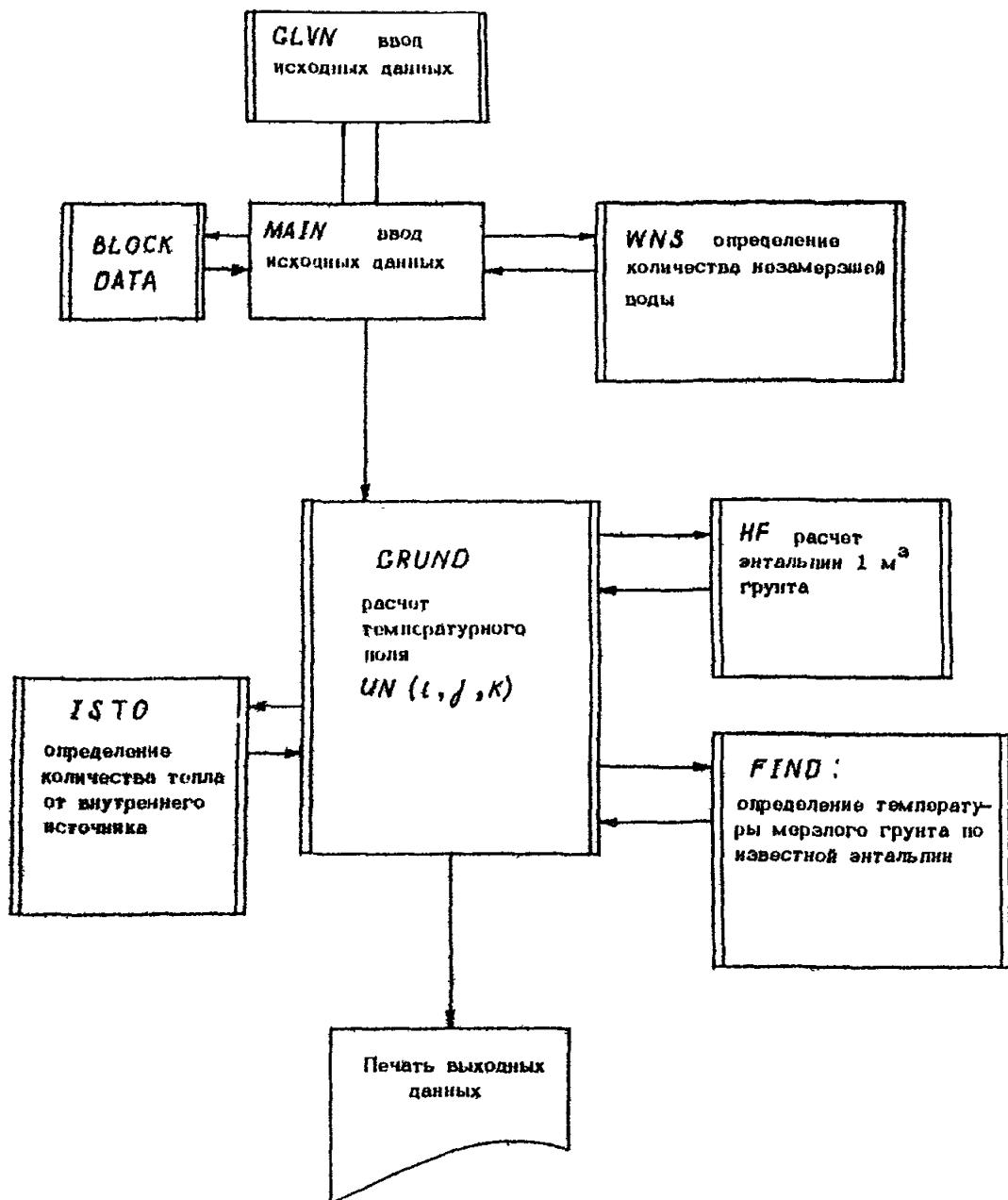
Решается задача по трехмерной расчетной схеме. Главная (управляющая) программа *MAIN* составляется для каждого варианта прогноза. В программу *MAIN* вводятся исходные массивы начальной температуры и некоторые другие исходные данные. Размерности массива, индивидуальные для каждого варианта прогноза, задаются в операторах описания.

Из программы *MAIN* происходит обращение к подпрограмме *WNS*. В ней определяются коэффициенты *A*, *B* и *C* для вычисления количества незамерзшей воды в каждом слое грунта, по формуле $W_w(U) = \frac{A}{B-U} + C$ где $U < 0$ – температура грунта. Для контроля выдается на печать таблица получаемых значений W_w от U при $-30 < U < 0$.

Из подпрограммы *WNS* полученные массивы *A* (*N*), *B* (*N*), *C* (*N*) передаются в *MAIN*.

В подпрограмме *GRUND* определяются одно- двух- или трехмерные температурные поля в заданном массиве грунтов. Здесь используются подпрограмма-функция *HF* и подпрограмма *FIND*. *HF* (*N, U*) вычисляет энталпию $I \text{ m}^3$ грунта в *N*-ом слое при температуре $U < u_{kR}$ (критическая температура фазовых переходов). Для расчета функция *HF* использует физико-механические и теплофизические свойства грунтов, введенные подпрограммой *BLOCK DATA*.

Подпрограмма *FIND(HN1, N1, u1)* определяет температуру u_{l1} в слое грунта с номером *N1* по энталпии *HN1*, если *HN1 < H1(u)*, т.е. если *HN1* соответствует энталпии мерзлого грунта. *FIND* использует общую область *TABL*, в которой содержатся таблицы значений энталпии по температуре от 0 до -50°C по всем грунтовым слоям, вычисленные с помощью функции *HF*.

Рис 3. Межмодульные связи в программе *PROGNOZ*

С.12 РСН 67-87

Подпрограмма *ISTO*(*i,j,k,t,F*) учитывает влияние источников тепла и охлаждающих установок, находящихся внутри массива грунта. Результат работы подпрограммы присваивается простой переменной *F*, где *F* - тепло, выделяемое внутренними источниками (стоками) в единицу времени (час) в фиксированном элементе (*i,j,k*) грунтового массива в момент времени *t*.

Алгоритм подпрограммы может быть составлен как по экспериментальным данным, так и по теоретическим расчетам применительно к конкретному случаю.

Для обращения к подпрограмме *ISTO* в подпрограмме *GRUND* (рекомендуемое приложение 2) следует заменить оператор *F=0.0* с номером 0000399 на обращение к подпрограмме *ISTO*:

CALL ISTO(i,j,k,t,F).

В подпрограмме *GRUND* выводятся на печать значения рассчитанного температурного поля.

Пример текста подпрограммы *ISTO* приведен в рекомендуемом приложении 2.

2. PROGNOZ - 3N

Задача решается по трехмерной расчетной схеме. Отличие от *PROGNOZ-3S* в том, что вся исходная информация вводится только с перфокарт, изменений текста не требуется. Максимальное количество элементов в расчетной области - 3000. Ввод данных осуществляется в управляющей программе *MAIN3N* и подпрограмме *CLVN3N*.

Подпрограмма *BLOCK DATA* отсутствует.

3. PROGNOZ - 2S

Эта подпрограмма отличается от *PROGNOZ-3S* тем, что рассчитывает только двух- и одномерные температурные поля. Программа *MAIN* и *BLOCK DATA* составляются для каждого варианта прогноза. Расчет двухмерных задач по модификации *PROGNOZ-2S* сокращает время расчета по отношению к *PROGNOZ-3S* приблизительно в 1,5 раза.

4. PROGNOZ - 2N

Аналогично *PROGNOZ-2S* рассчитывает только двух- и одномерные температурные поля. Вся исходная информация

вводится только с перфоарт. Ввод данных осуществляется в подпрограмме *MAIN2N* и подпрограмме *CLVN2N*. Подпрограмма *BLOCK DATA* отсутствует. Максимальное количество элементов в расчетной области - 3000.

5. *PROCNOZ - L*

Решается двухмерная задача. Верхняя граница области исследования может быть задана ступенчатой линией.

Ввод данных аналогичен *PROGNOZ - 2N*. Максимальное количество элементов (с учетом фиктивных) в расчетной области - 3000.

3. ПОДГОТОВКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ РАСЧЕТА

3.1. Расчетная область

Расчетная область исследования может быть задана трехмерной, двухмерной или одномерной. Так как в грунтах теплообмен всегда пространствен, т.е. трехмерен, то в трехмерной расчетной области может решаться любая задача прогнозирования. В этом случае любая точка и грунта определяется координатами (x, y, z) в прямоугольной системе координат. В ряде случаев задача может быть сведена к двухмерной и даже одномерной, что более выгодно и удобно при расчете на ЭВМ.

Алгоритм составлен и может быть применен для расчетных областей, ограниченных прямоугольной верхней границей, в контурах которой фиксированы в плане тепловыделяющие объекты. В трехмерном случае область исследования параллелепипед, в двухмерном - прямоугольник и в одномерном - прямая. Для создания объема в двухмерной и одномерной областях задаются по направлениям, в которых размеры не определяются, единичные размеры, равные 1 м.

Область исследования фиксируется прямоугольной системой координат, с центром 0 в одной из вершин параллелепипеда и направлением осей: z - в вертикальном направлении, x и y в горизонтальных. Направление горизонтальных осей x и y совпадает с осевыми линиями тепловыделяющих объек-

С.14 РСН 67-87

тов. Величина ребер параллелепипеда определяет размеры области исследования. Его грани являются границами области исследования.

Различаются верхняя, нижняя и четыре боковые грани (соответственно верхняя, нижняя и четыре боковые грани параллелепипеда).

Теплопоток через боковые грани области исследования должен быть постоянен во времени и по всей плоскости грани. Исходя из этого, определяются размеры области исследования.

На практике чаще применяется условие отсутствия теплопотока через боковые грани. Тогда для тепловыделяющих сооружений расстояние от их контура в плане до боковой грани-цы области исследования должно быть в 2,5-3 раза больше, чем размеры самого здания в том же направлении.

Положение нижней границы (глубина области исследования) выбирается ниже глубины распространения годовых колебаний температуры в грунтах и зависит от интенсивности тепловыделения на верхней границе, а также срока прогнозного расчета.

При естественных условиях теплообмена на верхней границе, или без наличия тепловыделяющих сооружений эта глубина должна быть не менее 15-20 м. В остальных случаях она должна быть на 10 м больше максимальной глубины чаши оттаяния, определенной расчетом по СНиП П-19-76.

При определении области исследования следует исходить также из экономии времени счета на ЭНИ. Для этого следует использовать возможную симметричность задачи, а также возможность сведения трехмерной области с двухмерной или одномерной.

Если задача симметрична, или может быть сведена к симметричной, то в трехмерной задаче плоскость (или плоскости) симметрии, а в двухмерной ось (или оси) симметрии должны быть границами области исследования с условием отсутствия теплообмена на них.

3.2. Разбивка области исследования

Область исследования разбивается на прямоугольные элементы произвольных размеров (рис. 4).

Разбивка производится горизонтальными и вертикальными плоскостями (разбивочными плоскостями), параллельными соответствующим границам области в следующем порядке:

на верхней и нижней границах области исследования выделяются зоны с различным режимом теплообмена грунта с окружающей средой. На каждой из этих границ может быть выделено до 9 таких зон;

границы выделенных зон с различным режимом теплообмена должны быть параллельны боковым границам области исследования. Если граница выделенной зоны не отвечает этому требованию, то она заменяется ступенчатой линией со "ступеньками", аппроксимирующими ее контур и удовлетворяющими указанному требованию;

после построения границ зон через каждую прямую, обра- зующую "ступеньки", как на верхней, так и на нижней границах области исследования проводятся разбивочные плоскости;

криволинейные границы литологических разностей заменяются ступенчатыми, с плоскостями образующих их "ступенек", параллельными границам области исследования;

проводятся разбивочные плоскости через плоскости полу-ченных "ступенек";

проводятся остальные разбивочные плоскости так, чтобы в зоне возможных фазовых переходов грунтовой влаги размеры ребер получаемых прямоугольных элементов в направлении теплообмена составляли от 0,5 до 2 м. Размер ребер тех же элементов в перпендикулярных направлениях может быть соот-ветственно в 2-3 раза больше. Вне зоны возможных фазовых переходов и влияния тепловыделяющих объектов размер элементов в направлении теплообмена может быть постепенно увеличен до 6-8 м.

По каждому направлению число элементов не должно пре-вышать 100.

В результате проведенного разбиения область исследования состоит из прямоугольных элементов разных размеров. Каждая выделенная литологическая разность представлена целым числом элементов. В контурах зон с различным режимом теплообмена на верхней и нижней границах содержится целое число элементов (в плане).

Полученное разбиение остается постоянным на все время проведения расчета.

За каждым элементом закрепляется трехзначный индекс (i, j, k), где i определяет номер элемента по направлению оси z , j — по направлению оси "x" и k — по направлению оси y .

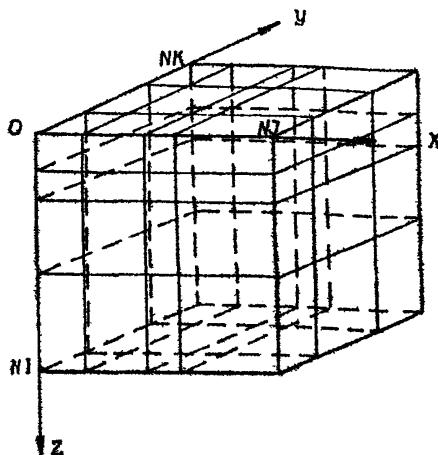


Рис. 4. Пример разбивки области исследования

Фиксируется число расчетных элементов по направлению осей.

Обозначим их соответственно M_1, N_1, NK . Произведение $P = M_1 \times N_1 \times NK$ определяет число расчетных элементов во всей области исследования.

При решении двухмерной задачи $NK = 1$. При решении одномерной $NK = 1$ и $N_1 = 1$.

3.3. Начальные условия

В каждом полученном элементе области исследования задаются начальные условия (u^0), т.е. температуры грунта, соответствующие времени начала расчета. Эти температуры назначаются в геометрических центрах элементов и считается, что каждый элемент характеризуется температурой его центра. Последнее положение также относится к любым температурным полям, полученным в процессе расчета задачи.

Начальное распределение температур в области исследований назначается по данным термокаротажных работ. Время проведения этих работ считается моментом начала расчета.

Начальная температура (u^0) ни в одном из элементов не может назначаться равной температуре начала фазовых переходов (u^*). В этом случае задается температура $u^* \pm \varepsilon$, где $\varepsilon = 0,001^0\text{C}$.

Начальная температура грунта u^0 записывается в табл. I по "разрезам", сделанным параллельно оси j области исследования для каждого фиксированного значения K , где $1 \leq K \leq N_K$.

3.4. Границные условия

Границные условия задаются на каждой границе области исследований на все времена расчета температурного режима.

На верхней границе области исследования задаются независимые друг от друга граничные условия в каждой выделенной зоне с различным режимом теплообмена грунта с внешней средой.

Количество граничных условий на нижней границе определяется количеством выделенных на границе зон с различным режимом теплообмена. В одномерных задачах на верхней и нижней границах задается только одно граничное условие.

На каждой из боковых границ области исследования задается по одному граничному условию.

Различают граничные условия I, II и III рода.

Условие I рода – известна температура грунта на поверхности границы.

Условие II рода – известен теплопоток через поверхность границы.

С.18 РСН 67-87

Таблица I

$K=1$

$i \diagdown j$	$j=1$	$j=2$	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	$j=NJ$
$i=1$	$u(1,1,1)$	$u(1,2,1)$	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	$u(1,NJ,1)$
$i=2$	$u(2,1,1)$	$u(2,2,1)$	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	$u(2,NJ,1)$
$i=3$	$u(3,1,1)$	$u(3,2,1)$	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	$u(3,NJ,1)$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$i=Nl$	$u(Nl,1,1)$	$u(Nl,2,1)$	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	$u(Nl,NJ,1)$

$K=2$

$i \diagdown j$	$j=1$	$j=2$	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	$j=J$
$i=1$	$u(1,1,2)$	$u(1,2,2)$	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	$u(1,NJ,2)$
$i=2$	$u(2,1,2)$	$u(2,2,2)$	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	$u(2,NJ,2)$
$i=3$	$u(3,1,2)$	$u(3,2,2)$	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	$u(3,NJ,2)$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$i=Nl$	$(Nl,1,2)$	$(Nl,2,2)$	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	$(Nl,NJ,2)$

и т.д.

$K=NK$

$i \diagdown j$	$j=1$	$j=2$	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	$j=J$
$i=1$	$u(1,1,NK)$	$u(1,2,NK)$	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	$u(1,NJ,NK)$
$i=2$	$u(2,1,NK)$	$u(2,2,NK)$	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	$u(2,NJ,NK)$
$i=3$	$u(3,1,NK)$	$u(3,2,NK)$	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	$u(3,NJ,NK)$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$i=Nl$	$u(Nl,1,NK)$	$u(Nl,2,NK)$	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	$u(Nl,NJ,NK)$

Условие III рода – теплообмен через границу области исследования определяется температурой окружающей среды и коэффициентом теплообмена, т.е. происходит по закону Ньютона.

$$q = \sigma (u_a - t_s),$$

где Q – количество приходящего к поверхности грунта или уходящего от него тепла, кДж (ккал);

σ – коэффициент теплоотдачи с поверхности грунта,

$$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot {}^\circ\text{C}) \quad \text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot {}^\circ\text{C} \cdot \text{ч});$$

u_a – температура поверхности грунта, ${}^\circ\text{C}$;

t_s – температура окружающей среды, ${}^\circ\text{C}$.

Границные условия верхней границы изменяются с периодом повторения $T_{\text{пер}}$, назначаемым в исходных данных расчета. На практике наиболее часто употребляется $T_{\text{пер}} = 1 \text{ год} = 8760 \text{ часов}$.

Период счета разбит на интервалы. Если период год, то интервалов 12 (12 месяцев) или 36 (36 декад). Количество интервалов задается в исходных данных переменной Ll . На верхней границе области исследования, в каждой выделенной зоне с различным режимом теплообмена грунта с внешней средой, для каждого интервала периода счета задаются следующие средние значения за этот интервал величин, определяющих теплообмен в зависимости от рода краевых условий в зоне:

для условий I рода задается температура поверхности грунта, ${}^\circ\text{C}$;

для условий II рода задается величина теплопотока, кДж (ккал);

для условий III рода задаются:

t_s – температура окружающей среды, ${}^\circ\text{C}$;

$R_{\text{наг}}$ – термическое сопротивление поверхности грунта,

$$\text{м}^2 \cdot {}^\circ\text{C}/\text{Вт} \quad \text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {}^\circ\text{C}/\text{ккал};$$

$\alpha_{\text{наг}}$ – коэффициент теплообмена, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot {}^\circ\text{C}) \quad \text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {}^\circ\text{C})$.

С.20 РОН 67-87

На любой момент времени от начала счета значения этих величин определяются линейной интерполяцией между значениями их в соседних интервалах.

На нижней границе задаются условия теплообмена 1 рода. При этом в каждой выделенной зоне значения температуры могут быть только постоянными на все время проведения расчета.

На каждой из 4-х боковых границ задаются условия П рода. Теплопоток на каждой границе постоянен на все время проведения расчета и по всей плоскости грани. Для граничных условий верхней границы заполняется табл. 2. При этом каждой выделенной зоне присваивается постоянный номер от 1 до M , где $M < 9$.

После закрепления номеров за каждой зоной краевых условий верхней границы заполняется табл. 3. Каждое значение $KL(j, k)$ этой таблицы имеет вид:

$$KL(j, k) = KOL \ NP \ MD \ MDK, \\ \text{где } KOL = \begin{cases} 0, & \text{если во всех элементах } (i, j, k), \text{ где } 1 \leq i \leq N_1, \\ & \text{а } j, k \text{ фиксированы, внутренние источники от-} \\ & \text{сутствуют;} \\ 1, & \text{если внутренние источники присутствуют хотя бы} \\ & \text{в одном из элементов } (i, j, k), \text{ где } 1 \leq i \leq N_1, \\ & \text{а } j, k \text{ фиксированы;} \end{cases}$$

NP - номер типа источника, $NP = 1, 2, \dots, 9$. Если источник отсутствует $NP = 1$;

MD - номер зоны краевых условий верхней границы, в которой находится элемент (i, j, k) области исследования;

MDK - номер зоны краевых условий нижней границы для соответствующего элемента $(N_1 i, j, k)$ области исследования.

Для двухмерной задачи табл. 3 состоит из одного столбца для $K=1$, для одномерной из одного числа $KL(1, 1)$.

Таблица 2

Номер зоны	Род краевых условий в зоне	характеристики	месяц (или декада)	I	II	III	IV	V	VI
			январь	февраль	март	апрель	май	июнь	
I	III	Температура окружающей среды t , $^{\circ}\text{C}$ Термическое сопротивление R , $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{Вт}$ ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{ккал}$) Коэффициент теплообмена λ , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$, ккал/($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C}$)							
2	I	Температура на поверхности грунта t , $^{\circ}\text{C}$							
3	II	Теплоток α , кДж (ккал)							
4	III	Температура окружающей среды t , $^{\circ}\text{C}$ Термическое сопротивление R , $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{Вт}$ ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{ккал}$) Коэффициент теплообмена λ , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$, ккал/($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C}$)							

и т.д. для каждой выделенной зоны.

Таблица 3

$j \setminus K$	$K=1$	$K=2 \dots$	$K=NK$
$j=1$	$KL(1,1)$	$KL(1,2)$	$KL(1,NK)$
$j=2$	$KL(2,1)$	$KL(2,2)$	$KL(2,NK)$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$j=NJ$	$KL(NJ,1)$	$KL(NJ,2)$	$KL(NJ,NK)$

3.5. Физические и теплофизические свойства

Расчетная область может содержать до 10 литологических разностей, характеризующихся следующими свойствами, учитывающимися алгоритмом:

ρ_d - плотность сухого грунта кг/м³;

w_{bl} - весовая влажность грунта, доли единицы;

C_d - удельная теплоемкость скелета, кДж/(кг·°C), ккал/(кг·°C);

λ_t - коэффициент теплопроводности грунта в талом состоянии Вт/(м·°C), ккал/(м·ч·°C);

λ_m - коэффициент теплопроводности грунта в мерзлом состоянии Вт/(м·°C), ккал/(м·ч·°C);

u^* - температура начала фазовых переходов, °C;

w_w - количество незамерзшей воды в диапазоне отрицательных температур, доли, задаваемой кривой

$$w_w = \frac{A}{B - u} + C,$$

где А, В, С - коэффициенты, определяющие количество незамерзшей воды в данной литологической разности.

Все вышеуказанные свойства должны быть определены для каждой литологической разности по лабораторным данным, справочным или нормативным документам. Они остаются неизменными для всего времени счета.

Составляется табл. 4. При этом каждой литологической разности присваивается постоянный номер от I до NSL, где $NSL \leq 10$.

Таблица 4

Номер литологической разности	ρ_d , кг/м ³	C_d , ккал/(кг·°C)	w_{bl} , доли	λ_m , Вт/(м·°C), ккал/(м·ч·°C)	λ_t , Вт/(м·°C)	u^* , °C	w_w , доли
I							
2							
и т. д.							
до							
$NSL \leq 10$							

В графе W_w помещается информация о незамерзшей воде в данном слое. Если известна кривая, то есть уже известны коэффициенты А, В, С ее задающие, то записываются значения коэффициентов. Если известны лабораторные данные, то приводятся они. Например: $W_w(t_1) = W_1$, $W_w(t_2) = W_2$ и так далее не менее трех значений. Если в расчете $W_w = 0$, то коэффициенты, задающие кривую незамерзшей воды в данном слое будут равны:

$$A \equiv 0, B \geq 1, C \equiv 0.$$

После закрепления номеров за каждой литологической разностью заполняется табл. 5, структура которой повторяет табл. I. Таблицей 5 за каждым элементом (i, j, k), полученным при разбивке области исследования, закрепляется номер той литологической разности, которой он принадлежит.

Каждое значение N (i, j, k) в табл. 5 может быть только целым числом от 1 до NSL , где $NSL \leq 10$ – число выделенных литологических разностей.

3.6. Дополнительные данные, необходимые для проведения расчета

Для проведения расчета необходимо также определить значение следующих величин, задействованных алгоритмом.

Шаг по времени. Размеры элементов и шаг по времени связаны между собой следующим соотношением:

$$\Delta t \leq \frac{\min C_m^{(i)}}{2 \cdot n \cdot \max \lambda_m^{(i)}} \times \min(\Delta h)^2,$$

где Δt – шаг по времени, ч;

i – номер грунтовой разности;

NSL – число выделенных грунтовых разностей;

$C_m^{(i)} = \rho_d [C_d + \nu C_{sl} w_{sl}]$ – теплоемкость мерзлого грунта i -го слоя при $W_w = 0$, кДж/(м³·°C), ккал/(м³·°C);

W_w – количество незамерзшей воды, доли;

ρ_d – плотность сухого грунта, кг/м³;

C_d – удельная теплоемкость сухого грунта, кДж/(кг·°C), ккал/(кг·°C);

C_{sl} – удельная теплоемкость льда, кДж/(кг·°C), ккал/(кг·°C);

ν – коэффициент объемного расширения, $\nu = 1,1$;

Таблица 5

K=1

i	j	$j=1$	$j=2$	\dots	$j=NJ$
$l=1$	$N(1,1,1)$	$N(1,2,1)$	\dots	\dots	$N(1,NJ,1)$
$l=2$	$N(2,1,1)$	$N(2,2,1)$	\dots	\dots	$N(2,NJ,1)$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$l=Nl$	$N(Nl,1,1)$	$N(Nl,2,1)$	\dots	\dots	$N(Nl,NJ,1)$

K=2

$i \setminus j$	$j=1$	$j=2 \dots$	$j=NJ$
$i=1$	$N(1,1,2)$	$N(1,2,2)$	$N(1,NJ,2)$
$i=2$	$N(2,1,2)$	$N(2,2,2)$	$N(2,NJ,2)$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$i=Nl$	$N(Nl,1,2)$	$N(Nl,2,2)$	$N(Nl,NJ,2)$

и т.д.

$$K \equiv \Delta K$$

i	j	$j=1$	$j=2$	\dots	$j=NJ$
$i=1$	$N(1,1,K)$	$N(1,2,K)$	\dots	\dots	$N(1,NJ,NK)$
$i=2$	$N(2,1,K)$	$N(2,2,K)$	\dots	\dots	$N(2,NJ,NK)$
\vdots		\vdots			\vdots
$i=Ni$	$N(Ni,1,K)$	$N(Ni,2,K)$	\dots	\dots	$N(Ni,NJ,NK)$

W_{tot} - весовая влажность грунта, доли;

λ_m - коэффициент теплопроводности мерзлого грунта,
 $\text{Вт}/(\text{м} \cdot {^{\circ}\text{C}})$, $\text{ккал}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot {^{\circ}\text{C}})$;

n - мерность области исследования, $1 < n < 3$;

Δh - размер ребра элемента.

Шаг по времени может быть изменен в процессе счета NT раз, где $NT > I$.

Время изменения расчетного шага от начала расчета задается одномерным массивом TR размерностью NT .

$TR(1) = T_{\text{изм}}^{(1)}$, $TR(2) = T_{\text{изм}}^{(2)}$, ..., $TR(NT) = T_{\text{изм}}$,

где $T_{\text{изм}}$ - время изменения шага от начала счета в часах.

Отсчет происходит от момента начала счета, т.е. от 0.

Спределяется $T_{\text{кон}}$ (час) - время окончания решения задачи. Выдаются T_1 , T_2 , T_3 ..., T_p - время выдачи результатов расчета на печать (в часах). Время последней выдачи результата T_p обязательно меньше $T_{\text{кон}}$ на один шаг по времени. В противном случае счет может прекратиться раньше, чем будет получен последний результат.

Определяются интервалы, через которые происходит очередная выдача результатов на печать.

$I_{\text{неч}}^{(1)} = T_1$, $I_{\text{неч}}^{(2)} = T_2 - T_1$, $I_{\text{неч}}^{(3)} = T_3 - T_2$ и т.д.

$I_{\text{неч}}^{(p-I)} = T_p - T_{p-I}$.

Для последующего ввода в ЭВМ формируется одномерный массив $HPRi$ размерностью INT . Размерность INT массива зависит от того, с постоянным шагом выдаются результаты расчета или нет.

$INT = \begin{cases} 2, & - \text{выдача производится с постоянным шагом;} \\ P+I, & - \text{выдача производится с переменным шагом.} \end{cases}$

Если $INT = 2$, то $HPRi(1) = -I, 0$, $HPRi(2) = I_{\text{неч}}$.

Если $INT = P+I$, то $HPRi(1) = \bar{P}$, $HPRi(2) = T_1$,
 $HPRi(3) = I_{\text{неч}}$, $HPRi(4) = I_{\text{неч}}$ и т.д. $HPRi(INT) = I_{\text{неч}}$.

Задание печати распределения температур

Для удобства обработки информации, получаемой в результате расчета, фиксируются необходимые для анализа температурного режима "линии разрезов", по которым выдается на печать распределение температур.

С.26 РСН 67-87

Положение "разрезов", параллельных плоскости ZOX , задается координатой K элементов, составляющих этот разрез.

Формируется массив целых чисел KP размерностью KW , где KW – число выдаваемых на печать "разрезов" по направлению K . Если по этому направлению ни одного разреза выдавать на печать не надо, то $KW = 1$ и $KP(1) = 0$. В противном случае $KP(1) = K_1$, $KP(2) = K_2$ и т.д. $KP(KW) = K_{KW}$, где $K_1 < K_2 < \dots < K_{KW}$, $KW \leq 100$.

Положение "разрезов", параллельных плоскости ZOY , задается координатой j элементов, составляющих этот разрез.

Формируется массив целых чисел jP размерностью jW , где jW – число выдаваемых на печать "разрезов" по направлению j . Если по этому направлению ни одного разреза выдавать на печать не надо, то $jW = 1$ и $jP(1) = 0$. В противном случае $jP(1) = j_1$, $jP(2) = j_2$ и т.д. $jP(jW) = j_{jW}$, где $j_1 < j_2 < \dots < j_{jW} \leq 100$.

Положение "разрезов", параллельных плоскости XOY , задается координатой l элементов, составляющих этот разрез.

Формируется массив целых чисел lP размерностью lW , где lW – число выдаваемых на печать "разрезов" по направлению l .

Если по этому направлению ни одного разреза выдавать на печать не надо, то $lW = 1$ и $lP(1) = 0$. В противном случае $lP(1) = l_1$, $lP(2) = l_2$ и т.д. $lP(lW) = l_{lW}$, где $l_1 < l_2 < \dots < l_{lW}$, $lW \leq 100$.

4. ПРОВЕДЕНИЕ РАСЧЕТА

4.1. Вход и загрузка программы в РСМ

Каждая из модификаций программы *PROGNOZ* состоит из нескольких модулей, объединенных главной программой *MAIN*. Подпрограммы-модули *GRUND*, *WNS*, *HF*, *FIND* содержатся в личной библиотеке исходных модулей (или библиотеке загрузочных модулей).

Ниже приводится пример пакета вызова программы *PROGNOZ-3S* из библиотеки исходных модулей. Задание требует не менее 300 килобайт памяти и использует оптимизирующий транслятор (ФОРТРАН-ОН) системы ОС ВС.

Здесь:

имя - биб - имя личной библиотеки исходных модулей,
имя - тома - имя тома, на котором размещена библиотека,

```
// JOB
// EXEC FORTHCLG
// FORT SYSIN DD DNAME=PKAR
// DD DSN=<имя - БИБ>(GRUND),DISP=SHR,
// VOL=SER=<имя - ТОМА>,UNIT=SYSDA
// DD DSN=<имя - БИБ>(WN3),DISP=SHR,
// VOL=SER=<имя - ТОМА>,UNIT=SYSDA
// DD DSN=<имя - БИБ>(HF),DISP=SHR,
// VOL=SER=<имя - ТОМА>,UNIT=SYSDA
// DD DSN=<имя - БИБ>(FIND),DISP=SHR,
// VOL=SER=<имя - ТОМА>,UNIN=SYSDA
// PKAP DD*
<текст программы MAIN на перфокартах>
<текст подпрограммы BLOCK DATA на перфокартах>
// GO SYSIN DD*
<исходные данные>
/*
//
```

Текст подпрограмм для модификации *PROGNOZ-3S* приведен в обязательном приложении 3.

4.2. Составление программы *MAIN* и подпрограммы *BLOCK DATA*

Программа *MAIN* в модификациях *PROGNOZ-3S* и *PROGNOZ-2S* составляется для каждого варианта расчета. Пример программы *MAIN* для расчета контрольного примера (приложение I) приведен в обязательном приложении 3.

С.28 РСII 67-87

Программа **MAIN** содержит обращение к основной подпрограмме **GRUND** алгоритма. Перед обращением к подпрограмме **GRUND** в **MAIN** должны быть определены все формальные аргументы подпрограммы, приведенные в табл. 6.

Таблица 6

Идентификатор	фактическое значение
I	2
<i>NSL</i>	Число выделенных литологических разностей (<i>NSL</i> < 10)
<i>NI</i>	Число элементов по направлению <i>i</i> , (<i>NI</i> < 100)
<i>NJ</i>	Число элементов по направлению <i>j</i> , (<i>NJ</i> < 100)
<i>NK</i>	Число элементов по направлению <i>K</i> , (<i>NK</i> < 100)
<i>NT</i>	Число изменений шага по времени (<i>NT</i> < 10)
<i>LI</i>	Число интервалов времени в периоде, во время которых задаются средние значения характеристики внешней среды на верхней границе (<i>LI</i> < 36)
<i>M</i>	Число зон с различными краевыми условиями на верхней границе (<i>M</i> < 9)
<i>M1</i>	Число зон с различными краевыми условиями на нижней границе (<i>M1</i> < 9)
<i>TKON</i>	Время окончания счета (в часах)
<i>A1(NSL)</i> , <i>B1(NSL)</i>	Одномерные массивы размерности <i>NSL</i>
<i>C1(NSL)</i>	Коэффициенты, задающие кривую незамерзшей воды по слоям $W_w = \frac{A1}{B1 - \beta} + C1$
<i>N(NI, NJ, NK)</i>	Трехмерный массив размерностью <i>NI</i> × <i>NJ</i> × <i>NK</i> Номера слоев грунта в соответствующих элементах (см. табл. 5)
<i>KL(NJ, NK)</i>	Двухмерный массив размерности <i>NJ</i> × <i>NK</i> Массив номеров зон краевых условий по элементам верхней и нижней границ (см. табл. 3)
<i>U(NI, NJ, NK)</i>	Трехмерный массив размерностью <i>NI</i> × <i>NJ</i> × <i>NK</i> Начальная температура грунта по элементам (см. табл. 1)

Продолжение табл. 6

I	2
IW	Число выдаваемых на печать "разрезов" по направлению i (см. п.3.6)
JW	Число выдаваемых на печать "разрезов" по направлению j (см. п.3.6)
KW	Число выдаваемых на печать "разрезов" по направлению К (см. п.3.6)
INT	Размер массива $HPRI$ (см. п.3.6)
HPRI (INT)	Одномерный массив размерности INT
	Задаст интервалы выдачи на печать температуры грунта (час) (см. п.3.6)
$H(NI, NJ, NK)$	Трехмерный массив размерностью $NI \times NJ \times NK$
	Значение энталпии по элементам на текущем временном слое
$UN(NI, NJ, NK)$	Трехмерный массив размерностью $NI \times NJ \times NK$
	Температура грунта по элементам на следующем временном слое
$HNOV(NI, NJ, NK)$	Трехмерный массив размерностью $NI \times NJ \times NK$
	Значение энталпии по элементам на следующем временном слое
NSI	$NSI = 1$, если единица измерения количества теплоты - кДж
	$NSI \neq 1$, если единица измерения количества теплоты - ккал

Оператором *DIMENSION* определяется размерность массивов H , UN , $HNOV$, U , $A1$, $B1$, $C1$. Ввод массивов N , KL , μ , $HPRI$ осуществляется операторами описания типа (*INTEGER*, *REAL*), а также операторами присваивания.

Применение операторов описания типа для ввода указанных массивов, в подавляющем большинстве проводимых на практике расчетов, уменьшает количество информации, вводимой с перфокарт.

Обращение к подпрограмме $WNS(NSI, A1, B1, C1)$ присутствует в том случае, если коэффициенты $A1$, $B1$, $C1$, определяющие кривую незамерзшей воды по грунтовым разностям,

С.30 РСН 67-87

неизвестны. В противном случае эти коэффициенты вводятся операторами присваивания или операторами описания типа.

Обращение к подпрограмме *GRUND* присутствует обязательно и имеет вид:

```
CALL GRUND (NSL,NI,NJ,NK,NT,LI,M,M1,TKON,A1,B1,C1,  
N,KL,U,IW,JW,KW,INT,HPRI,H,UN,HNOV,NSI).
```

Простые переменные *NSL, NI, NJ, NK, NT, LI, M, M1, TKON, IW, JW, KW, INT, NSI* при обращении к подпрограмме заменяются своими фактическими значениями (см. табл. 6).

Массивы *H, UN, HNOV* определяются только размерностью в операторе *DIMENSION*.

В подпрограмме *BLOCK DATA* (см. приложение 3) оператором *DATA* вводятся значения по слоям следующих физических и теплофизических характеристик грунта соответствующими идентификаторами:

ВСК(IO) – плотность сухого грунта, кг/м³;

ССК(IO) – удельная теплоемкость сухого грунта, кДж/(кг·°C), ккал/(кг·°C);

WC(IO) – суммарная влажность грунта в долях к весу абсолютно сухого грунта (доли);

УКР(IO) – температура начала фазовых переходов.

Значения характеристик берутся из табл. 4.

Текст программы *MAIN* и подпрограммы *BLOCK DATA* записывается на стандартных бланках для записи текста на *FORTRAN* с последующей набивкой на перфокарты.

4.3. Подготовка к вводу группы данных с перфокарт

Начальные данные, вводимые с перфокарт, описаны в порядке ввода в табл. 7 и 8.

По табл. 7 вводятся данные, необходимые для расчета коэффициентов кривой незамерзшей воды подпрограммой *WNS*, для каждой выделенной грунтовой разности. Если в программе *MAIN* обращения к подпрограмме *WNS* нет, то числовые данные для ввода готовятся только по табл. 8.

Таблица 7

Порядковый номер оператора ввода	Идентификатор	Формат	Единица измерения	Значение
1	$T(3, NSL)$	12F6.2	$^{\circ}\text{C}$	Но три значения температуры, для которых известно количество незамерзшей воды, для каждой грунтовой разности в порядке их нумерации (см. табл. 4)
2	$W(3, NSL)$	12F6.2	доли ед.	Соответствующее указанным выше температурам количество незамерзшей воды

Таблица 8

Порядковый номер оператора ввода	Идентификатор	Формат	Единица измерения	Значение
I	2	3	4	5
3	$TLM(NSL)$	13F6.2	$\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C}),$ $\text{ккал}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C})$	Одномерный массив размерностью NSL . Теплопроводность мерзлого грунта по слоям в порядке их нумерации (см. табл. 4)
	$TLT(NSL)$		$\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C}),$ $\text{ккал}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C})$	Одномерный массив размерностью NSL . Теплопроводность талого грунта по слоям в порядке их нумерации (см. табл. 4)
	$NI(NI)$		м	Одномерный массив размерностью NI . Размер элементов по направлению

I	2	3	4	5
	$NJ (NJ)$		м	Одномерный массив размерностью NJ . Размер элементов по направлению J
	$NK (NK)$		м	Одномерный массив размерностью NK . Размер элементов по направлению K
	$SHT (NT)$		ч	Одномерный массив размерностью NT . Размер шага по времени (см. п.3.6)
4	$TR (NT)$	6F12.2	ч	Одномерный массив размерностью NT . Граница (время) изменения шага по времени (см. п.3.6)
5	$TB(LI, M)$	I2F6.2	$^{\circ}\text{C}$	Двухмерный массив размерностью $LI \times M$. Температура внешней среды на верхней границе области исследования при периодическом ее изменении по времени и зонам краевых условий в порядке их нумерации (см. табл. 2)
	$RB(LI, M)$		$\text{m}^2 \cdot \text{d}^{\circ}\text{C}/\text{Вт},$ $\text{m}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{d}^{\circ}\text{C}/\text{ккал}$	Двухмерный массив размерностью $LI \times M$. Термическое сопротивление поверхности на верхней границе при периодическом изменении по времени и зонам краевых условий в порядке их нумерации (см. табл. 2)
	$AB(LI, M)$		$\text{Вт}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}^{\circ}\text{C}),$ $\text{ккал}/(\text{m}^2 \times \text{ч} \cdot \text{d}^{\circ}\text{C})$	Двухмерный массив размерностью $LI \times M$. Коэффициент конвективного теплообмена

1	2	3	4	5
				на верхней грани- це при периодичес- ком изменении по времени и зонам краевых условий в порядке их нумера- ции (см. табл. 2)
	ТВТК (M1)		0 _С	Одномерный массив размерностью M1. Температура внеш- ней среды по зонам нижней границы в порядке их нумера- ции
	ТВJ		Вт/(м ² . 0 _С), ккал/(м ² . ч)	Простая перемен- ная. Теплопоток на левой боковой гра- нице области иссле- дования
	ТВJK		Вт/(м ² . 0 _С), ккал/(м ² . ч)	Простая перемен- ная. Теплопоток на правой боковой гра- нице
	ТВK		Вт/(м ² . 0 _С), ккал/(м ² . ч)	Простая переменная. Теплопоток на близ- ней боковой границе
	ТВKK		Вт/(м ² . 0 _С), ккал/(м ² . ч)	Простая переменная. Теплопоток на даль- ней боковой границе
6	MR (M)	2713	б/р	Одномерный массив размерностью M. Род краевых условий по зонам верхней грани- цы в порядке их ну- мерации (см. табл. 2)
	МК(5)		б/р	Одномерный массив размерностью 5. Род краевых условий со- ответственно по ниж- ней, близней, даль- ней, левой и правой границах

I	2	3	4	5
	$JP(JW)$		б/р	Одномерный массив размерностью JW . Номера элементов по направлению J , задающие "разрезы", для которых выводится на печать распределение температур (см. п.3.6). Если печать не нужна, то $JP(I)=0$
	$KP(KW)$		б/р	Одномерный массив размерностью KW . Номера элементов по направлению K , задающие "разрезы", для которых выводится на печать распределение температур. Если печать не нужна, то $KP(I)=0$ (см. п.3.6)
	$IP(IW)$		б/р	Одномерный массив размерностью IW . Номера элементов по направлению I , задающие "разрезы", для которых выводится на печать распределение температур. Если печать не нужна, то $IP(I)=0$ (см. п.3.6)

Все переменные, соответствующие одному порядковому номеру оператора ввода, вводятся по единому формату.

4.4. Выходные данные

При работе программы за каждый шаг расчета по времени обновляется трехмерный массив температур $uN(i, j, K)$, содержащий значения температур в центрах элементов исследуемого массива грунта. На заданный в исходных данных (п.3.6) момент времени может быть выведено на печать двухмерное температурное поле, представляющее собой разрез массива u , определенный исходными параметрами (см. п.3.6). Если в некотором элемен-

те происходят фазовые переходы, то есть температура грунта равна температуре начала фазовых переходов (U^*), то для этого элемента печатается число, показывающее, какая его часть находится в талом состоянии, по формату: 7XX.XX, где 7 - условная цифра, а XX.XX - процентное содержание талого грунта в элементе.

Кроме того, на печать выводятся номер элемента, через который проведен разрез, расстояние от его центра до начала координат и время на моменты печати. Для идентификации точек температурного поля двухмерная матрица окаймляется номерами элементов и значениями расстояния от их центров до начала координат.

Пример печати выходных данных приведен на рис. 5.

4.5. Подготовка данных для расчета по программе *PROCNOZ-2S*

Исходные данные готовятся согласно пп. 4.2-4.3 настоящего раздела, но следующие переменные имеют постоянные значения:

$NK = 1$
 $IW = 1$
 $jW = 1$
 $KW = 1$
 $HK(1) = 1$

Ввод массивов JP , KP , IP отсутствует.

4.6. Подготовка данных для расчета по программе *PROCNOZ-3N*

Вся исходная информация вводится с перфокарт. Данные готовятся согласно табл. 9. Все переменные, соответствующие одному порядковому номеру оператора ввода, вводятся по единому формату. Максимальное число расчетных элементов 3000, то есть $(Ni \times Nj \times NK \leq 3000)$

Номер элемента по К		Положение центра элемента (блока)										Номер элемента по І	
		Время на момент печати										Положение центра элемента	
54014	10	1	0.504	ВРЕМЯ ТР	6600.00ЧАСОВ	1	ОПЕРИОДА	ФИНТЕРВАЛА	36.00ЧАСА				
по 1 /	по 10	1	1	7 50	0 12.50	17.50	22 10	26 00	28 00	29.50	30.50	32 00	3 10
по 1 /	по 10	1	1	0.50	11.80	11.80	11.80	11.80	11.76	11.52	10.75	4.08	6.27
1	1	0.50	6.23	6.23	6.23	6.23	6.23	6.23	6.18	3.97	3.28	4.49	3.68
2	1	1.50	6.23	6.23	6.23	6.23	6.23	6.23	6.18	3.97	3.28	4.49	3.68
3	2	2.50	754.68	754.68	754.68	754.68	754.50	754.48	754.94	754.66	760.62	721.60	709.77
4	3	3.50	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
5	4	4.50	764.90	764.94	765.11	768.22	768.91	770.14	769.64	767.43	765.47	743.02	
6	5	5.50	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.16	0.16	0.16	0.17	0.17
7	6	6.50	0.20	0.24	0.24	0.24	0.25	0.26	0.26	0.28	0.29	0.29	
8	7	7.50	0.35	0.35	0.35	0.35	0.32	0.33	0.37	0.38	0.38	0.38	0.39
9	8	8.50	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.41	0.43	0.45	0.44	0.43	0.43
10	9	9.50	0.61	0.41	0.41	0.41	0.41	0.44	0.46	0.47	0.47	0.47	0.47
11	10	10.50	0.41	0.42	0.42	0.42	0.42	0.44	0.45	0.46	0.46	0.46	0.46
12	11	11.50	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.41	0.42	0.43	0.42	0.42	0.41
13	12	12.50	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.37	0.38	0.37	0.34	0.33	0.34
14	13	13.50	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.31	0.31	0.31	0.29	0.27	0.25
15	14	14.50	0.23	0.23	0.23	0.23	0.24	0.24	0.24	0.24	0.22	0.17	0.15

Рис. 1. Пример печати внутренних данных

Таблица 9

Порядковый номер оператора ввода	Формат	Идентификатор	Единица измерения	Значение
1	2	3	4	5
2	16/5	<i>N_z</i>	б/р	Число элементов по направлению <i>z</i>
		<i>N_j</i>	б/р	Число элементов по направлению <i>j</i>
		<i>N_K</i>	б/р	Число элементов по направлению <i>K</i>
		<i>N_{SL}</i>	б/р	Число выделенных литологических разностей (<i>N_{SL}</i> < 10)
		<i>N_T</i>	б/р	Число изменений шага по времени (<i>N_T</i> < 10)
		<i>L_t</i>	б/р	Число интервалов времени в периоде, во время которых задаются средние значения характеристик внешней среди на верхней границе (<i>L_t</i> < 36)
		<i>M</i>	б/р	Число зон с различными краевыми условиями на верхней границе (<i>M</i> < 9)
		<i>M₁</i>	б/р	Число зон с различными краевыми условиями на нижней границе (<i>M₁</i> < 9)
		<i>LW</i>	б/р	Число выдаваемых на печать "разрезов" по направлению <i>z</i> (см. п.3.6)

1	2	3	4	5
		JW	б/р	"Число выдаваемых на печать "разрезов" по направлению J (см. п. 3.6)"
		KW	б/р	Число выдаваемых на печать разрезов по направлению K (см. п. 3.6)
		INT	б/р	Размер массива (см. п. 3.6)
		NST	б/р	=1, если количество теплоты измеряется в кДж ≠1, если количество теплоты измеряется в ккал
		NCR	б/р	Число элементов, задающих "ступеньку" на верхней границе области исследования. Примечание Присутствует только в алгоритме <i>PROGNOZ-L</i>
3	$I2F6.2$	$T(3, NSL)$	$^{\circ}\text{C}$	По три значения температуры, для которых задается количество незамерзшей воды, для каждой грунтовой разности в порядке их нумерации (см. табл. 4)
4	$I2F6.2$	$W(3, NSL)$	доли ед.	Соответствующее указанным выше температурам количество незамерзшей воды
5	$I3F6.2$	$h_l (NL)$	м	Одномерный массив размерностью N_l Размер элементов по направлению l
6	$I3F6.2$	$h_J (N_J)$	м	Одномерный массив размерностью N_J Размер элементов по направлению J

I	2	3	4	5
7	I3F6.2	$NK (NK)$	m	Одномерный массив размерностью NK . Развер элементов по направлению K
8	I3F6.2	$U(NL, NJ, NK)$	$^{\circ}\text{C}$	Трехмерный массив размерностью $NL \times NJ \times NK$. Начальная температура грунта по элементам (см. табл. 1). Каждый столбец таблицы набивать по новой перфокарте
9	I6I5	$N(NL, NJ, NK)$	σ/ρ	Трехмерный массив грунта размерностью $NL \times NJ \times NK$. Номера слоев грунта в соответствующих элементах (см. табл. 5). Каждый столбец таблицы набивать на новой перфокарте
10	I2F6.2	$TB (LL, M)$	$^{\circ}\text{C}$	Двухмерный массив размерностью $LL \times M$. Температура внешней среды на верхней границе области исследования при периодическом её изменении по времени и зонам краевых условий в порядке их нумерации (см. табл. 2)
		$RB (LL, M)$	$\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$, $\text{m}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{ккал}$	Двухмерный массив размерностью $LL \times M$. Термическое сопротивление поверхности на верхней границе при периодическом изменении по времени и зонам краевых условий в порядке их нумерации (см. табл. 2)

Продолжение табл 9

I	2	3	4	5
		$AB(Ll, M)$	$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, $\text{ккал}/(\text{м}^2 \times$ $\text{ч} \times ^\circ\text{C})$	Двухмерный массив размерностью $Ll \times M$. Коэффициент конвек- тивного теплопереноса на верхней границе при периодическом изменении по време- ни и зонам краевых условий в порядке их нумерации (см. табл 2)
II	16 1 5	$KL(Nf, NK)$	б/р	Двухмерный массив размерностью $Nf \times NK$. Массив номеров зон краевых условий по элементам верхней и нижней границ (см. табл 3) Примечание В алго- ритме <i>PROGNOZ-L</i> в массиве <i>KL</i> номер зоны краевых усло- вий по элементам верхней границы за- дается равным 1
IIa	6 1 5	$S(NGR, 6)$	б/р	Двухмерный массив размерностью <i>NGR, 6</i> задает номер зоны краевых условий на верхней границе по границам граничных элементов образу- ющих "ступеньку" (см. п 4.8) Примечание Массив <i>S</i> присутствует только в алгоритме <i>PROGNOZ-L</i>
I2	<i>F6.1</i> , <i>5F6.2</i>	$G(NSL, 6)$		Значения теплофизи- ческих характери- стик грунта по выде- ленным слоям. Двух- мерный массив раз- мерностью $NSL \times 6$ (см. табл 4)
		$c(i, 1)$	$\text{кг}/\text{м}^3$	Плотность сухого грунта <i>i</i> -го слоя

I	2	3	4	5
		$G(t, 2)$	$\text{кДж}/(\text{кг} \cdot {}^{\circ}\text{C})$	Удельная теплоемкость сухого грунта t -го слоя
		$G(t, 3)$	доли	Суммарная влажность грунта t -го слоя в долях к весу абсолютно сухого грунта
		$G(t, 4)$	$\text{Вт}/(\text{м} \cdot {}^{\circ}\text{C})$	Теплопроводность мерзлого грунта t -го слоя
		$G(t, 5)$	$\text{Вт}/(\text{м} \cdot {}^{\circ}\text{C}),$ $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {}^{\circ}\text{C})$	Теплопроводность талого грунта t -го слоя
		$G(t, 6)$	${}^{\circ}\text{C}$	Температура начала фазовых переходов t -го слоя
I3	6 F 12.2	$SHT(t)$	ч	Размер шага по времени с границей времени его изменения $t < NT$
		$TR(t)$	ч	
		$TKON$	ч	Время окончания счета
I4	6 F 12.2	$HPR1(NT)$	ч	Одномерный массив размерностью $NT \times 50$. Задает интервалы выдачи на печать температуры грунта (час) (см. п. 3.6)
I5	I3 F 6 2	$TB1K(M1)$	${}^{\circ}\text{C}$	Одномерный массив размерностью $M1$. Температура внешней среды по зонам нижней границы в порядке их нумерации
		TBj	$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot {}^{\circ}\text{C}),$ $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	Простая переменная. Величина теплопотока на левой боковой границе области исследования
		$TBjk$	$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot {}^{\circ}\text{C}),$ $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	Простая переменная. Величина теплопотока на правой боковой границе
		TBK	$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot {}^{\circ}\text{C}),$ $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	Простая переменная. Величина теплопотока на ближней боковой границе

I	2	3	4	5
		ТВКК	Вт/(м ² .°С), ккал/(м ² .ч)	Простая переменная. Величина теплопото- ка на дальней боко- вой гранище
16	16 I 5	MR (M)	б/р	Одномерный массив размерностью 1. Род краевых условий по зонам верхней грани- цы в порядке их ну- мерации (см. табл. 2)
17	16 I 5	МК 5	б/р	Одномерный массив размерностью 5. Род краевых условий со- ответственно на ниж- ней, ближней, даль- ней, левой и право- й границах
18	16 I 5	JP(jW)	б/р	Одномерный массив размерностью jW Номера элементов по направлению j, зада- ющие "разрезы", для которых выводится на печать температурное поле (см. п. 3.6). Если печать не нужна, то JP(1)=0
19	16 I 5	KP(kW)	б/р	Одномерный массив размерностью kW. Номера элементов по направлению k, зада- ющие "разрезы", для которых выводится на печать темп(с) сатурное поле. Если печать не нужна, то KP(1)=0 (см. п. 3.6)
20	16 I 5	LP(lW)	б/р	Одномерный массив размерностью lW. Номера элементов по направлению l, за- дающие "разрезы", для которых выводится на печать температурное поле. Если печать не нужна, то LP(1)=0 (см. п. 3.6)

4.7. Подготовка данных для расчета по программе

PROGNOZ - 2N

исходные данные готовятся по табл. 9. Следующие переменные имеют постоянные значения

NK = 1

EW = 1

JW = 1

KW = 1

NK (1) = 1

TBK = 0

TBKK = 0

Операторы ввода с порядковыми номерами 18, 19, 20 отсутствуют. Максимальное число расчетных элементов 3000, т.е. ($Nf \times NK \leq 3000$)

4.8. Подготовка данных для расчета по программе

PROGNOZ - L

Данные готовятся согласно п. 4.7 настоящего раздела. Значение начальной температуры в фиктивных элементах (элементах, дополняющих область исследования до прямоугольной) задаются равными условному числу 99.99.

Краевые условия на верхней ступенчатой границе определяются номером зоны краевых условий на левой, верхней и правой границах граничных элементов, формирующих верхнюю границу области исследования, и задаются массивом *Б* размерностью (*NCR* × 6), где *NCR* – число граничных элементов (рис. 6).

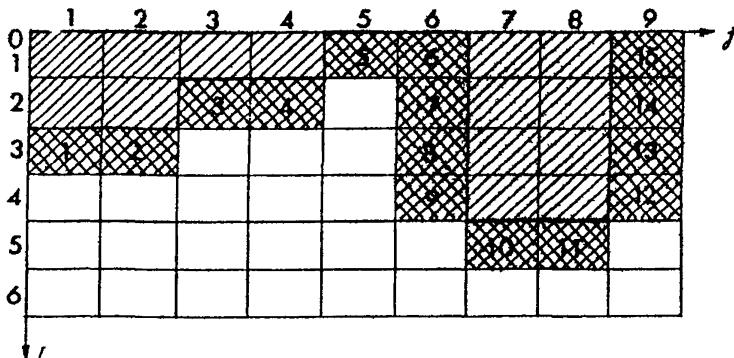


Рис.6. Пример задания ступенчатой области решения



— внутренние элементы



— граничные элементы, 4 — порядковый номер элемента

 $s(d,1)$ — порядковый номер элемента, $s(d,1)=d$, $s(d,2)$ — координата элемента по направлению i $1 \leq s(d,2) \leq Nt$, $s(d,3)$ — координата элемента по направлению j $1 \leq s(d,3) \leq Nj$. $s(d,4)$ — номер зоны краевых условий на левой грани элемента, $0 < s(d,4) \leq 9$ $s(d,4)=0$, если эта грань не является поверхностью теплообмена с внешней средой, $s(d,5)$ — номер зоны краевых условий на верхней грани элемента, $0 < s(d,5) \leq 9$ $s(d,5)=0$, если эта грань не является поверхностью теплообмена с внешней средой, $s(d,6)$ — номер зоны краевых условий на правой грани элемента, $0 < s(d,6) \leq 9$ $s(d,6)=0$, если эта грань не является поверхностью теплообмена с внешней средой.

По предлагаемому алгоритму не могут рассматриваться случаи, когда нижняя грань элементов, формирующих верхнюю границу области исследования, является поверхностью теплообмена с внешней средой.

Ввод двухмерного массива S осуществляется по строкам оператором ввода П-а (см. табл.9).

Например, на верхней границе ступенчатой области (см рис. 6) выделено 3 зоны с различными условиями теплообмена

I зона - верхние грани 1, 2, 3, 4, 10, 11 элементов,

II зона - верхние грани 5, 6, 15 элементов,

III зона - левые грани 3, 5, 12, 13, 14, 15 и правые грани 6, 7, 8, 9 элементов.

Тогда массив δ имеет вид

$s(d,1)$	$s(d,2)$	$s(d,3)$	$s(d,4)$	$s(d,5)$	$s(d,6)$
I	3	I	0	I	0
2	3	2	0	I	0
3	2	3	3	I	0
4	2	4	0	I	0
5	I	5	3	2	0
6	I	6	0	2	3
7	2	6	0	0	3
8	3	6	0	0	3
9	4	6	0	0	3
10	5	7	0	I	0
11	5	8	0	I	0
12	4	9	3	0	0
13	3	9	3	0	0
14	2	9	3	0	0
15	I	9	3	2	0

Пример расчета

Требуется определить температурный режим, сформировавшийся в грунте в контуре отапливаемого производственного здания размером 20x12 м без проветриваемого подполья через 10 лет после начала его эксплуатации.

В процессе эксплуатации здания с одной из его сторон на части прилегающей территории в зимнее время будут образовываться снежные надувы (увеличение максимальной мощности снега на 0,4 м по сравнению с естественным).

Рассматривался режим теплообмена на прилегающей территории, наименее благоприятный для эксплуатации здания. Предполагалось, что снежные надувы образовывались симметрично со всех сторон здания. В результате определялся температурный режим под 1/4 частью здания (угол 6x10 метров), образованной осями его симметрии.

Область исследования представляет собой прямоугольный массив грунта, ограниченный глубиной 17 м и прямоугольной областью 21x15 м на верхней и нижней границах.

Размер элементов в метрах по направлению осей выбран для расчета следующий.

по оси Z : 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3;

по оси x : 3, 3, 2, 2, 2, 3, 3, 3;

по оси y : 3, 3, 3, 2, 2, 2.

Всего расчетных элементов: 7x8x6 = 336.

Шаг по времени 121,67 часа.

На верхней границе выделено три зоны с различными краевыми условиями. На нижней границе, на глубине 17 м температура принята постоянной, равной $-1,4^{\circ}\text{C}$. На боковых границах – условие теплоизоляции, теплопоток равный 0.

Расположение зон краевых условий на верхней границе приведено на рис. I настоящего приложения.

Условия теплообмена по месяцам и по зонам верхней границы приведены в табл. I приложения.

Начальное распределение температуры для всей области исследования меняется только по глубине.

Глубина, м	I	3	5	7	9,5	12,5	15,5
0 ⁰ С	-0,1	-0,4	-1,0	-1,2	-1,4	-1,4	-1,4

Начальные условия приведены на январь месяц.

На рис. 2 приложения изображен схематический разрез грунта, в котором выделены три различные грунтовые разности, физические и теплофизические свойства которых приведены в табл. 2. Каждая грунтовая разность по всем трем направлениям содержит целое число элементов.

Распределение температур требуется выдавать на печать на каждый год от начала эксплуатации по разрезам: АА', ВВ', СС', ДД', ЕЕ', FF', КК' (см. рис. 1).

Для поставленной задачи прогноза текст программы *MAIN* и *BLOCK DATA* для расчета по программе *PROGNOZ-33*, числовая информация на бланках, заполняемая по табл. 7 и 8 раздела 4, даны соответственно в обязательном приложении 3 и в настоящем.

Пример обработки полученных результатов расчета приведен на рис. 3 (вклейка).

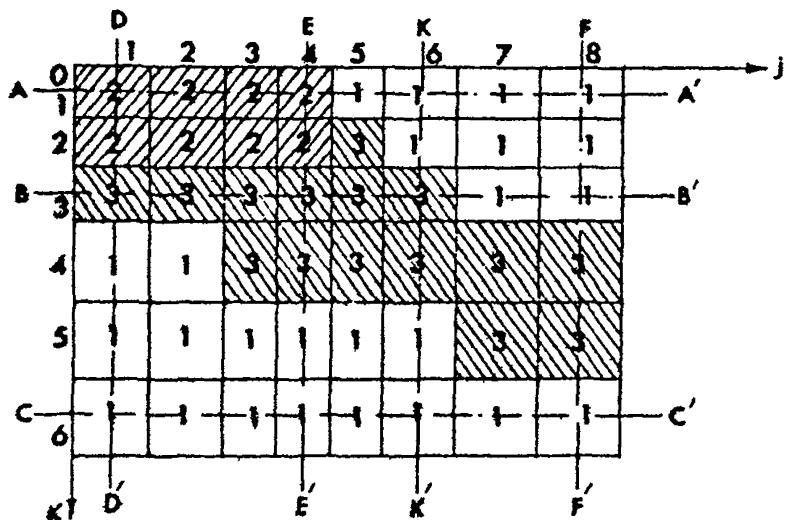


Рис.1. Разбивка верхней границы области исследования на элементы к зонам краевых условий

- 1 - естественные условия теплообмена;
- 2 - производственное здание;
- 3 - зона снежных надувов

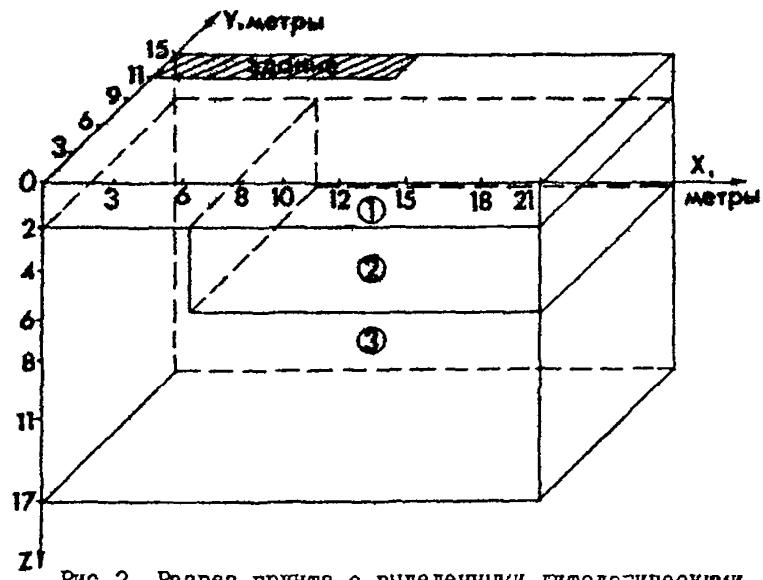


Рис.2. Разрез грунта с выделенными литологическими разностями

Таблица I

Номер зоны	Род краевых условий	Месяц Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I	III	Температура $t_n = t + \Delta t$ ($^{\circ}\text{C}$)	-24.6	-23.2	-19.2	-9.5	3.7	13.1	18.0	12.4	4.6	-4.6	-16.4	-22.4
		Термическое сопротивление R , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {^{\circ}\text{C}} / \text{ккал}$	2.6	2.7	2.8	3.0	1.7	-	-	-	-	1.3	2.1	2.3
		Коэффициент теплообмена α , $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {^{\circ}\text{C}})$	13.8	12.3	12.3	12.0	12.1	12.6	13.4	14.0	14.3	13.4	13.5	12.7
2	III	Температура t ($^{\circ}\text{C}$)												
		Термическое сопротивление R , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {^{\circ}\text{C}} / \text{ккал}$												
		Коэффициент теплообмена α , $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {^{\circ}\text{C}})$												
3	III	Температура $t_n = t + \Delta t$ ($^{\circ}\text{C}$)	-24.6	-23.6	-19.2	-9.5	3.7	13.1	18.0	12.4	4.6	-4.6	-16.4	-22.4
		Термическое сопротивление R , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {^{\circ}\text{C}} / \text{ккал}$	4.4	4.4	4.7	5.0	2.8	-	-	-	-	2.1	3.5	3.9
		Коэффициент теплообмена α , $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {^{\circ}\text{C}})$	13.8	12.3	12.3	12.0	12.1	12.6	13.4	14.0	14.3	13.4	13.5	12.7

Таблица 2

Номер слоя	Характеристика грунта	ρ_d , кг/м ³	C_d , ккал/(м ² ч $^{\circ}$ С)	W_{tot} , доли	λ_m , ккал/(м ² ч $^{\circ}$ С)	λ_t , ккал/(м ² ч $^{\circ}$ С)	W_w доли
1	Суглинок бурокоричневый, ожелезненный, с включением гравия и гальки	1390	0.22	0.25	1.3	1.15	$W_w(-0.3)=0.14$ $W_w(-1.0)=0.12$ $W_w(-10.0)=0.03$
2	Супесь буровато-коричневая, сильно ожелезненная с прослойками суглинка и песка	1520	0.24	0.22	1.55	1.45	$W_w(-0.3)=0.12$ $W_w(-1.0)=0.08$ $W_w(-10.0)=0.05$
3	Песок пылеватый, желтокоричневый, буро-серый, ожелезненный, оторфован	1500	0.23	0.27	2.35	2.15	$W_w(0)=0.0$

Исходные данные для расчета контрольного примера
приложения I по программе PROGNOZ-35

Номер карты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	3	7	10	6	22	25	28	32	34	35	39	41	42	43	45	46	48	49	50	
Данные для расчета коэффициентов кривой незамерзшей воды по подпрограмме И.Н.3 (см. табл. 7)																				
-0.3	-1.0	-10.0	-5.0	-1.0	-10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
0.14	0.12	0.08	0.12	0.08	0.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Данные для ввода, подготовленные по табл. 8																				
1.20	1.55	2.35	1.15	1.45	2.15	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
3.0	3.0	2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
2.0	121.67																			
ИТОГ 878000.0																				

ПЕРФОРМАЦИЯ

ПЕРФОРМАЦИЯ
ПЕРФОРМАЦИЯ

РДН 62-27 С.51

МЕТКА	Коды карт													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
-24.6	-23.2	-19.2	-9.5	3.7	13.1	18.0	12.4	4.6	-4.6	-16.6	-23.4			
20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
-24.6	-23.2	-19.2	-9.5	3.7	13.1	18.0	12.4	4.6	-4.6	-16.6	-23.4			
2.6	2.7	2.8	3.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	2.1	2.5			
1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
4.4	4.4	4.4	5.0	2.82	0.0	0.0	0.0	0.0	2.14	3.57	3.89			
13.8	12.3	12.3	12.0	12.1	12.6	13.4	14.0	14.3	13.4	13.5	12.7			
20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
13.8	12.3	12.3	12.0	12.1	12.6	13.4	14.0	14.3	13.4	13.5	12.7			

ПЕРФОРИРОВА

ПРОВЕРКА
ПЕРФОРИРОВАНО

Гендерные аспекты

Языковая перформативность

PRO 62-87 C.53

Выдача на печать для контроля ввода начальных данных, подготовленных для расчета по программе *PROGNOZ-3S* контрольного примера приложения I

Приложение 2
Рекомендуемое

Пример текста подпрограммы *IST0*

```
      С ПОДПРОГРАММА ИСТО
      С ОГРЕДЕЛЯЕТ КОЛИЧЕСТВО ВЫДЕЛЕННОЯ ИЛИ ПОГЛОЩЕНОЙ ИСТОЧНИКОМ
      С ТЕПЛОТЫ F В ККАЛ (ИЛИ КЖ) В ЕДИНИЦУ ВРЕМЕНИ(ЧАС) В
      С ФУКСИРОВАННОМ ЭЛЕМЕНТЕ С КООРДИНАТАМИ (I,J,K)
      С ТЕКУЩЕЕ ВРЕМЯ ОТ НАЧАЛА РАСЧЕТА
      С SUBROUTINE IST0(I,J,K,T,F)
      С IF((T,GT,15280),AND,(f,LT,154.0))GO TO 10
      10 IF(((K,EQ,3),AND,((J,EQ,3),OR,(J,EQ,5))),OR((J,EQ,4),AND,
      С (K,EQ,5))),AND,(I,LE,7)) GO TO 12
      12 GO TO 11
      11 IF((I,LE,6) F=16666.6
      С IF((I,EQ,7) F=25000.0
      11 CONTINUE
      RETURN
      END
```

Текст программы *PROGNOZ-33* с результатами:
расчета контрольного примера приложения I

Раздел *MAIN33* содержит подпрограммы *MAIN* и *BLOCK DATA*,
составленные для решения контрольного примера приложения I.

Вызов программы на счет из библиотеки исходных модулей
имеет вид:

```
//      J08
//  CLASS=0,MSGLEVEL=1,TIME=15
//  EXEC FORTNCG,PARM,FURT=({OPT=02}),
//    REGION,FORT=383K,REGION,LKED=188K,REGION,COM188K
//FORT,SYNIN DD DSHAB(BL4,3(MARIN38),
//  VOL=SER=DTN033,0,SP=SHR,UNIT=59861
//  DD DSHAB(BL4,3(MARIN34),
//  VOL=SER=DTN033,0,SP=SHR,UNIT=59861
//  DD DSHAB(BL4,3(MNS),
//  VOL=SER=DTN033,0,SP=SHR,UNIT=59861
//  DD DSHAB(BL4,5(FND),
//  VOL=SER=DTN033,0,SP=SHR,UNIT=59861
//  DD DSHAB(BL5,3(HF),
//  VOL=SER=DTN033,0,SP=SHR,UNIT=59861
```

Здесь: *BIBL4S* – имя библиотеки исходных модулей
DTN03 – имя тома.

Результаты расчета контрольного примера представлены
на I-й и 5-й расчетный год.

8/1/19

22 4119L4,S

*** MAIN35 ***

```

1      DIMENSION U(7,3,6),UN(7,3,6),WV(7,3,6),J(7,3,6),
2      A1(3),A1(3),C1(3)
3      ITLG=7.0,8.0/336*3/,XL(3,6)/14*111,2*131,2*111,12*131,2*11
4      #4*121,131,3,111,4*121,4*111/
5      REAL X(21/-1.0,8760.0/
6      CALL W(3,41,31,01)
7      TK0,E=7601,0
8      UC 1 J=1,3
9      UC 1 J=1,3
10     UC 2 J=1,3
11     UC 2 J=3,3
12     UC 2 J=2,3
13     UC 3 J=1,3
14     UC 3 J=1,3
15     UC 3 J=1,3
16     UC 3 J=1,3
17     UC 3 J=1,3
18     UC 3 J=1,3
19     UC 3 J=1,3
20     UC 3 J=1,3
21     UC 3 J=1,3
22     UC 3 J=1,3
23     UC 3 J=1,3
24     UC 3 J=1,3
25     CALL S10WU(1,7,3,6,7,12,3,1,TK0,1,A1,91,C1,0,1,4,3,2,1281
26     #4,UN,"10V,0)
27     STOP
28     END

```

CCCCC

```

29
30      BLOCK DATA
31      COMMON /RFIS/3CK(10),CCK(10),WC(10),UKR(10)
32      DATA 3CK/13*0.0,1520.0,1509.8,7*0.0/,CCK/.22.0,24.0,23.7*0/,
33      WC/0.23,0.22,0.27,7*0.0/,UKR/11*0.0/
34      END

```

C.58 PCH 67-87

2110

13-11364, 5

• • • גִּבְעָן • • •

571136

- 2 -

5, 23, 24, 3

* * * CRUJIS * *

35 : 3913 L 4, S

*** GRU'TS ***

251#41844,6

*** GRUNGS ***

```

152 PRINT 15, (I,(KL(J,I),J=L,LK))
153 PRINT 16
154 PRINT 37
155 PRINT 38
156 PRINT 39
157 PRINT 40
158 DC 15, X=1, N
159 PRINT 41, (I,I=1,L1)
160 PRINT 43, (A,(T1(I),X),I=1,L1)
161 PRINT 46, (R0(I,K),I=1,L1)
162 PRINT 47, (S0(I,K),I=1,L1)
163 PRINT 48, I2
164 PRINT 49, TPCR
165 PRINT 121
166 PRINT 122, (I,IN1,P1)
167 PRINT 123, (TAIK(I),I=1,N1)
168 PRINT 124
169 PRINT 125, T03, T04X, T04X, T04X
170 PRINT 126
171 DC 154, X=1, NSL
172 PRINT 127, (K, TCK(K), CCK(Y), UC(X), UF(X), TL4(X), TL4(X),
173 X(X), BC(X), C(X))
174 CUITINJE
175 PRINT 175
176 IF (K>(1), E1, J) GO TO 169
177 DC 17, LP41,K1
178 K<P(LP)
179 PRINT 132, (K, SK(K))
180 DC 170, L=1, NJ, 16
181 L=L+15
182 IF (LX, GT, 4K) LX=LK
183 PRINT 134, (I, J=L, LK)
184 PRINT 135, (U(J3, J=L, LK)
185 DC 176, IX, 171
186 PRINT 136, (I, Z(I), (U(I, J, X), J=L, LK))
187 PRINT 137, (H(I), J, X), X=L, LK)
188 16) IF (JP(1), E1, J) GO TO 171
189 DC 172, LP41, J4
190 J=J+1,?
191 PRINT 164, (J, R(J))
192 DC 172, L=1, NK, 16
193 LX=L+15
194 IF (LX, GT, 4K) LX=LK
195 PRINT 165, (K, K=L, LK)
196 PRINT 135, (SK(I), I=L, LK)
197 DC 172, IX, 171
198 PRINT 136, (I, Z(I), (U(I, J, X), X=L, LK))
199 PRINT 139, (H(I), J, X), X=L, LK)
200 171 IF (IP(1), E1, J) GO TO 173
201 DC 174, LP41, J4
202 J=J+1,?
203 PRINT 110, I, Z(I)
204 DC 174, L=1, NK, 16
205 LX=L+15
206 IF (LX, GT, 4K) LX=LK
207 PRINT 161, (K, K=L, LK)
208 PRINT 163, (SK(J), J=L, LK)
209 DC 174, J=J, NJ
210 PRINT 136, (I, Z(J), (U(I, J, X), X=L, LK))
211 PRINT 130, (H(J), J, X), X=L, LK)
212 PRINT 131, (IP(I), I=2, INT)
213 T=T+1
214 CUITINJE
215 IE (T, ST, TEND) GO TO 15

```

C.62 PCH 67-87

571014

DS 1#818L4,S

*** GRUPTS ***

```

255      IF (((I-KT+T1E1),G1,0,)) *T*Y*+1
255      IF (T-T2(T1) 14,17,17
259      17 IT#1T+1
259      H1#54T(T1)
259      15 T3=Y-(T-1)*T'E1
259      IT I=1
259      14 IF (T3-T3*T1) 17,19,20
259      20 IT I=1+1
259      GL TO 13
259      17 T4=T3-T3(-1)*T3
259      21 GL 31 /*1,.
259      GL 32 J=1,1
259      IX=L(J,1)
259      4L 1X/10-4</1J0+10
259      40X11-1X/11+10
259      GL 30 I#1,1
259      .1#,(.,J,1
259      H1#1(I,J,1)
259      GL 30(I,J,1)
259      IF (H1-11,1)) 51,52,52
259      51 TL*TL((1,1)
259      GL TO 53
259      52 IF (H1-12(1)) 45,45,44
259      45 TL=J,5-(T,(1,1)+TLT(1))
259      GL TO 53
259      46 TL=TLT(1)
259      53 IF (I,-1,1)) TO 54
259      55 GL TO (54,111
259      Tc1)=1((13,1,10)
259      GL TO 57
259      56 TF10*13(L1,"")
259      57 U1=T810+(T8(I13,40)-T810)/T2*T4
259      IJ=R(10)
259      GL TO (59,57,60),IJ
259      58 R1=TL/I1(1)*J1-L1)*2
259      GL TO 56
259      59 R1=J1
259      GL TO 66
259      60 GL TO (61),18{
259      RE1J=2J(I13-1,10)
259      AB1J=AB(I13-1,10)
259      GL TO 57
259      61 RF10*AB3(L1,"")
259      AB1J=AB3(L1,"")
259      62 RF11*2J10+(T8(I13,40)-R810)/T2*T4
259      AL11=AB10+(T8(I13,40)-AB10)/T2*T4
259      R1=2/(I1(1)*TL+24(1/AU11+R81 ))*J1-1()
259      GL TO 56
259      54 U1=J((1,1,1)
259      12#6(I-1,J,1)
259      H1Z=H(I-1,J,1)
259      IF (H1-11(1,2)) 63,64,64
259      63 TL1=TL1(H2)
259      GL TO 65
259      64 TL1=TL1((12))
259      IF (H1-2,LC,12(12)) TL1=0 54(TL1((12)+TL1)
259      65 UX=II(I-1)+II(I)
259      R1=2*(II(I-1)*TL1+H1(I)*TL1)/(UX+1)*((1-1)*L)
259      66 IF (I-J1) 57,3,67
259      67 U2=J(I+1,J,1)
259      H2=(I+1,J,1)
259      H1Z=H(I+1,J,1)
259      IF (H1-11(1,2)) 61,70,70
259      68 TL2=TL1(H2)

```

E51916

2018313L4, r

- 5 -

*** GRJ 195 ***

```

321 71 GL TO 1
322 71 TL2=TLT(2)
323 71 IF (I-4,LE,12(42)) TL2=0.5*(TL4(N2)+TL2)
324 71 UX=(I(I+1)+J(J))
325 71 R2=2*(I(I+1)+TL2+H1(I)+TL)/(UX+UX)*(U2-UL)
326 71 GL TO 23
327 71 U2=13/24 K1
328 71 IF (4*(I1)-11 73,74,73
329 71 R2=TL/11*(J2-LL)*2
330 71 GL TO 22
331 71 R2=J2
332 71 IF (J, LE,1) GO TO 75
333 71 UX=TBK
334 71 IF (4*(2)-7) 75,77,76
335 71 R3=TL/12(I)+J3+LL)*2
336 71 GL TO 79
337 71 R4=TBK
338 71 GL TO 79
339 71 U3=U(I,J-1,K)
340 71 H2=H(I,J-1,K)
341 71 H3=H(I,J-1,K)
342 71 IF (H2-H1(H2)) 80,81,81
343 71 TL3=TL(N2)
344 71 GL TO 32
345 71 TL3=TL(N2)
346 71 IF (H2,LE,12(42)) TL3=0.5*(TL4(N2)+TL3)
347 71 UX=J(J+1)+J(J)
348 71 R3=2*(I(J+1)*TL3+H1(J)+TL)/(UX+UX)*(U3-UL)
349 71 IF (J, LE,1) GO TO 73
350 71 U4=TBK
351 71 IF (4*(3)-11 74,85,84
352 71 R4=TL/14(I,J)+J4-4)*2
353 71 GL TO 90
354 71 R4=TBK
355 71 GL TO 90
356 71 R4=J(I,J+1,K)
357 71 Y2=J(I,J+1,K)
358 71 H2=H(I,J+1,K)
359 71 IF (H2-H1(H2)) 87,88,89
360 71 TL4=TL(N2)
361 71 GL TO 89
362 71 TL4=TL(N2)
363 71 IF (H2,LE,12(42)) TL4=0.5*(TL4(N2)+TL4)
364 71 UX=J(J+1)+J(J)
365 71 R4=2*(I(J+1)*TL4+H1(J)+TL)/(UX+UX)*(U4-UL)
366 71 IF (K, LE,1) GO TO 91
367 71 U5=TBK
368 71 IF (4*(4)-11 72,93,92
369 71 R5=TL/1K(I)+J5-UL)*2
370 71 GL TO 23
371 71 R5=TBK
372 71 GL TO 98
373 71 R5=J(I,J,K+1)
374 71 H2=H(I,J,K+1)
375 71 H2=H(I,J,K-1)
376 71 IF (H2-H1(H2)) 93,94,96
377 71 TL5=TL(N2)
378 71 GL TO 97
379 71 TL5=TL(N2)
380 71 IF (H2,LE,12(42)) TL5=0.5*(TL4(N2)+TL5)
381 71 UX=UX(K+1)+H(K)
382 71 R5=2*(I(K+1)+J5+H(K)+TL)/(UX+UX)*(U5-UL)
383 71 IF (K, YE,1) GO TO 99
384 71 UX=TBK

```

C.64 PCH 67-87

871716

- 7 -

CS 1091BL4.S

*** GRU/ISS ***

```

333      IF (MK(S)-1) 100,101,100
334      101 R6=IL/IK(I,K)+(U6-LL)*2
335      GC TO 103
336      100 R6=T3KK
337      GC TO 103
338      92 U6=U(I,J,K+1)
339      H2=U(I,J,K+1)
340      H2=H(I,J,K+1)
341      IF (H2-H1(42)) 104,105,105
342      104 TL6=TL1(12)
343      GC TO 106
344      105 TL6=TLT(42)
345      IF (H2,LE,12(42)) TL6=0 5*(TL1(42)+TL6)
346      106 UX=IK(K+1)+IK(K)
347      R6=2*(IY(K+1)*TL6+HY(K)*TL)/(U(45,X)*(U6-LL))
348      103 CC'IT1\JE
349      F=J,0
350      108 H1(42,I,J,K)+(I+17*(R1+R2)/17(I)+73+R4)/I(J)+45+I5)/ K(K2+1)+20
351      H1=H1(I,J,K)
352      IF (H1-I1(41)) 111,112,112
353      112 IF (H1-H2(41)) 113,113,114
354      113 UL1=UX(I,J)
355      GC TO 115
356      114 UL1=(H1-I2(41))/CTAL(41)+UKR(I1)
357      GC TO 115
358      111 IF ((A(N1),10,0,0) AND.(C(41),E2,C.0)) GO TO 4
359      CALL FIND(41,N1,L1)
360      GC TO 115
361      4 UL1=H1(I,J(41))+TX+TK
362      115 UX(I,J,K)=UL1
363      50 CC'IT1\JE
364      32 CC'IT1\JE
365      31 CC'IT1\JE
366      DC 42 K=1,IK
367      DC 42 J=1,II
368      DC 42 I=1,II
369      UL(I,J,K)=H(I,J,K)
370      H(I,J,K)=H1(I,J,K)
371      42 CC'IT1\JE
372      IF (T,LF (THR=0.01)) GO TO 10
373      IF (HPR(1),GT,0.0) IPR=IPR+1
374      TPR=TPR+HPR(1)
375      3 KIPRKT-1
376      IBRP=13R-1
377      IF (KPC(1),EQ,0) GO TO 143
378      DC 143 LP=1,KH
379      K=KPC(1)
380      DO 145 I=1,II
381      DC 145 J=1,II
382      DC 145 N=1,X(I,J,K)
383      H1=H(I,J,K)
384      H1=H(I,J,K)
385      IF (H1(41),LE,HN1),AND.(HN1,LE,U2(41)))
386      10A(I,J,K)=700.0+100*(HN1-H1(41))/(H2(41)-H1(41))
387      145 CC'IT1\JE
388      PRINT 133,K,SK(K),T,KTP,IBRP,T4
389      DC 143 L=1,II,16
390      LK=L+15
391      IF (LK.GT,41) LK=41
392      PRINT 134, (J,J=L,LK)
393      PRINT 135, (R(J),J=L,LK)
394      DC 143 I=1,II
395      PRINT 136, (I,Z(I),(UN(I,J,K),J=L,LK))
396      143 CC'IT1\JE
397      IF (JPC(1),EQ,0) GC TO 165

```

8'1216

GS 177 TBL4,9

*** GRUNTS ***

```

443      DC 165 LP=1,J+
444      JE JP(1,0)
445      DC 166 K=1,0K
446      DC 167 I=1,0I
447      H1=J,I=J,K
448      H1=H1,J,K
449      IF ((H1,J,K)=700,0+100*(H1-H1(1,1))/(12(H1)-H1(1,1))
450      10H1(1,J,K)=700,0+100*(H1-H1(1,1))/(12(H1)-H1(1,1))
451      149  DC 171 A/E
452      PRINT 160,I,0(J),T,XTP,199P,74
453      DC 165 L=1,0K,10
454      L=K,L=15
455      IF (LX GT, 1K) LK=KX
456      PRINT 161,((K,LK),L)
457      PRINT 135,(SK(J)),I=L,LX)
458      DC 164 I=1,0I
459      PRINT 136,I,2(J),(UN(I,J,K),K=L,LK))
460      CL 411,UE
461      IF (I2(J),B,0) DC 10 167
462      DC 167 LP=1,IH
463      I=LP(LP)
464      DC 168 K=1,0K
465      DC 149 J=1,0J
466      H1=H1,J,K
467      IF ((H1,J,K)=700,0+100*(H1-H1(1,1))/(12(H1)-H1(1,1))
468      149  DC 171 A/E
469      PRINT 162,I,2(J),T,XTP,199P,74
470      DC 167 L=1,0K,10
471      L=K,L=15
472      IF (LX GT, 1K) LK=KX
473      PRINT 161,(A,XL,LK)
474      PRINT 163,(SK(J),J=L,LK)
475      DC 164 J=1,0J
476      168 PRINT 136,I,2(J),(UN(I,J,K),K=L,LK))
477      167  DC 411,UE
478      DC 10 10
479      19  CL 411,A/E
480      RETJRA
481      END

```

C.66 PCH 67-87

```

10116
10318L4.S      *** VNS ***
1
2      SUBROUTINE WNS(A,B,C)
3      DIMENSION A(4),B(4),C(4),T(3,10),L(3,10),Z(10,11),U(11)
4      FCNAT(1,6,2)
5      READ 11,((T(I,J),I=1,3),J=1,1)
6      READ 11,((L(I,J),I=1,3),J=1,1)
7      FCNAT(22X,7141(11)=,F5.2,3X,7141(T2)=,F5.2,3X,7141(T3)=,F6.2)
8
9      PRINT 16
10     U(1)=30.0
11     DC 5 J=2,6
12     U(U(J)=U(J-1)+5.0
13     DC 5 J=7,11
14     U(U(J)=U(J-1)+1.0
15     DC 10 I=1,4
16     W2=T(2,I)-T(3,I)
17     U1=T(1,I)-T(3,I)
18     W1=T(1,I)-T(3,I)
19     U2=T(2,I)-T(3,I)
20     F(((+3 J=0,LT.=2),A40,(W2,LT.0,0001)),,0.0,0.0)1,LT,11,AND,
21     M(L1,LT.0,0001)) GC 10 2
22
23     GC 10 24
24     A(1)=0.0
25     B(1)=C 0001
26     C(1)=L1,I)
27     GU 10 4
28     B(I)=T(2,I)+2*U1-T(1,I)*W1+J2)/(J2+U1-W1*J2)
29     A(I)=L(I)-T(1,I)+(S(I)-T(3,I))/11
30     C(I)=W(3,I)-A(I)/(S(I)-T(3,I))
31
32     DU 3 J=1,11
33     Z(I,J)=A(I)/(S(I)-U(J))+C(I)
34
35     C64T15 JE
36     FCNAT(741,'4Е3АМЕРЗЛЯ ВОДА ПО СТОЯНКЕ',,30X,'ВИДЕННІЕ КОВФ
37     FCNAT(21),T25,'ВХОДННЕ АДМННЕ',,30X,'ВІДКЛЮЧЕННІЕ КОВФ
38     #ВІДКЛЮЧЕННІЕ КОВФ')
39     FCNAT(11),11X,4IT1=,F6.2,6X,6IT2=,F6.2,6X,4IT3=,
40     #F6.2)
41     FCNAT(22X,7141(T1)=,F6.2,3Y,7141(T2)=,F6.2,3X,7141(T3)=,F6.2,3X,
42     #ZHAL(12,21)=,F3.4,4X,2HBL(12,21)=,F2.4,4X,2HCL(12,21)=,F8.4)
43     PRINT 17
44     DC 20 I=1,1
45     PRINT 18,(I,T(1,I),T(2,I),T(3,I))
46     PRINT 19,(J(I,I),L(2,I),U(3,I),I,A(I),1,B(I),1,C(I))
47     FORMAT(210,T40,'ХОДІРОЛЬНА ГІБРДНЯ ЗНАЧЕННЯ WН ГТ Т')
48     FORMAT(110,14X,2H7=,7X,11F7.2)
49     FORMAT(11X,4HC00N,13,6X,11F7.2)
50
51     PRINT 21
52     PRINT 22,1
53     PRINT 23,((1,(Z(I,J),J=1,11)),I=1,4)
54
55     RETURN
56
57
58
59
60
61
62

```

871316

CS 1#810L4,S

- 1 -

*** FIND ***

```

1      SLH10LTINL 3 10(CHN1,A1,UL1)
11     CL1401 / T4L / FT(50,10),FS10(10,10),F25(15,10),F02(20,10),
21     #H1(10),H2(10)
31     IF <CH1,GT> IT(30,A1) GO TO 201
41     IF <CH1,GT> IT(40,A1) GO TO 202
51     ML#41
51     ML#50
71     GO TO 203
31     ML#31
31     ML#40
111    203 DC 204 INH40,40
121    IF <CH1,GE,FT(I1,A1)> GO TO 205
204    CL1711,JE
205    IA=FT(I1,A1)
141    IB=FT(I1,I1,A1)
151    XA=-1
161    XB=-1
171    GO TO 200
131    201 IF <CH1,GT> IT(10,A1) GO TO 206
131    IF <CH1,GT> IT(20,A1) GO TO 209
209    ML#21
221    ML#30
231    GO TO 203
231    ML#11
241    ML#20
251    GO TO 203
261    IF <CH1,GT> IT(2,I1) GO TO 208
271    IF <CH1,GT> IT(5,I1) GO TO 209
281    DL 21,14#2,15
291    IF <CH1,GT> IT(3A,A1) GO TO 211
301    CCN111,JE
211    WA=FS10(I1,A1)
311    XB=FS10(I1,I1,A1)
321    XA=-3,0-0,3+14
331    XB=XA+2,3
341    GO TO 200
351    207 DC 212 14#2,15
361    IF <CH1,GE,FT2(I1,A1)> GO TO 213
212    CCN111,JE
213    WA=FT2(I1,A1)
371    WB=FT2(I1,I1,A1)
381    XA=-2,0-0,2+11
391    XB=XA+2
401    GO TO 200
411    208 IF <CH1,GE,FT2(I1,A1)> GO TO 216
421    GL 10,217
431    216 WA=FT2(I1,A1)
441    WB=FT2(I1,I1,A1)
451    XA=-0,1
461    XB=0,0
471    GO TO 200
511    217 DC 214 14#2,20
521    IF <CH1,GE,FT2(I1,A1)> GO TO 215
215    CCN111,JE
216    WA=FT2(I1,A1)
531    WB=FT2(I1,I1,A1)
541    XA=-0,1
551    XB=XA+2
561    200 UL1=(H11-WA)/(WB-WA)+(XB-XA)*XA
571    RETJRA
581    END

```

C.68 PCH 67-87

0*1)16 - 1 4
S/IBL4.S *****
1 FUNCTION HF(H,U1)
11 CL1=0/RF1/3CX(10),CCY(10),HC(10),UKR(10)
21 CL4=0/CJEF/A(10),B(10),C(10)
22 CL4Y=0/C-1ST/RY,CL,C3,TFR,TK
31 D=B(4)
41 D1=TK-)
51 D2=U1-TK
51 HF=3CK(4)*(CCX(4)+RV*CL*HC(4)+C(4)*(CB-P/CL))+D2+15(4)
/1 3((RV*CL-CB)+ALOG(A3S((U1-D)/P1))+TEP*D2/((31-D)*D1))
81 RETURN
31 END

С О Д Е Р Ё А Н И Е

1. Общие положения	2
2. Алгоритм и структура программы	4
2.1. Математическая постановка задачи	4
2.2. Алгоритм решения задачи	6
2.3. Структура программы	10
3. Подготовка исходных данных для расчета	13
3.1. Расчетная область	13
3.2. Разбивка области исследования	15
3.3. Начальные условия	17
3.4. Границные условия	17
3.5. Физические и теплофизические свойства	22
3.6. Дополнительные данные, необходимые для проведения расчета	23
4. Проведение расчета	26
4.1. Вызов и загрузка программы в ЭВМ	26
4.2. Составление программы <i>MAIN</i> и подпрограммы <i>BLOCK DATA</i>	27
4.3. Подготовка к вводу группы данных с перфокарт	30
4.4. Выходные данные	34
4.5. Подготовка данных для расчета по программе <i>PROGNOZ-2S</i>	35
4.6. Подготовка данных для расчета по программе <i>PROGNOZ-3N</i>	35
4.7. Подготовка данных для расчета по программе <i>PROGNOZ-2N</i>	43
4.8. Подготовка данных для расчета по программе <i>PROGNOZ-L</i>	43
Приложение I	46
Пример расчета	46
Исходные данные для расчета контрольного примера приложения I по программе <i>PROGNOZ-3S</i>	51
Выдача на печать для контроля ввода начальных данных, подготовленных для расчета по программе <i>PROGNOZ-3S</i> контрольного примера приложения I	54

Приложение 2. Пример текста подпрограммы <i>ISTO</i>	55
Приложение 3. Текст программы <i>PROGNOZ-35</i>	
с результатами расчета контрольного примера	
приложения I	56

Центральный ордена "Знак Почета" трест
инженерно-строительных изысканий

Отдел механизации проектных работ и выпуска проектов
Подписано в печать 22.10.87
Зак. № 767 Объем 5 п.л. Цена 50 коп. Тир. 700