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

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАНЫ производственным объединением "Стройизыскания" Госстроя РСФСР совместно с институтом 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 Попов ("Стройизыскания")

ВНЕСЕНЫ И ПОДГОТОВЛЕНЫ К УТВЕРЖДЕНИЮ производственным объединением по инженерно-строительным 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 с 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

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

I ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I I 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; данные 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.).

I.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.

I.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;

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.

I.6. Программа *PROGNOZ* имеет 5 модификаций, изложенных в п. 2.3, составлена на языке "ФОРТРАН-IУ" и предназначена для использования на ЕС ЭВМ с операционной системой ОС ЕС мут 6.I и с памятью не менее 300 килобайт.

I.7. Пакет программ поставляется на магнитной ленте пользователя. Организация держатель подлинника - институт "Фундаментпроект".

2. АЛГОРИТМ И СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ

2.I. Математическая постановка задачи

Процесс распространения тепла в грунте в трехмерном пространстве описывается уравнением

$$\frac{\partial H}{\partial \tau} = div(\lambda\, grad\, U) + F ,$$

где $U(M,\tau)$ - температура грунта в точке $M(x,y,z)$ в момент τ ;

$H(M,U,\tau)$ - 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:

$$H(U) = \int_{0}^{U} [c(\xi) + Q_{\phi}\,\delta(\xi - U^{*})]\, d\xi ,$$

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

$C(\xi) = \begin{cases} C_T, & \xi > u^* \\ C_{эф}(\xi), & \xi < u^* \end{cases}$ (объемная теплоемкоть талого грунта) (эффективная теплоемкоть мерзлого грунта);

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

$$C_{эф}(M,\xi) = \rho_d(M)C_d(M) + \nu C_л(W_{tot}(M) - W_w(M,\xi))\rho_d(M) +$$

$$+ C_в W_w(M,\xi)\rho_d(M) + \mathcal{Л}(W_w(M,\xi))'_\xi \rho_d(M) \ ;$$

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

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

$C_в$ – удельная теплоемкость воды;

$C_л$ – удельная теплоемкость льда;

$\mathcal{Л}$ – теплота фазовых переходов;

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

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

$A(M), B(M), C(M)$ – 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. $0 < x < \bar{X}, 0 < y < \bar{Y}, 0 < z < \bar{Z}$), на гранях которого задаются краевые условия:

<u>на верхней границе</u> (2)

а) температура окружающей среды:

$$u(M,t)\big|_{z=0} = f_в(x,y,t)$$

или

б) теплопоток

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

или

в) теплообмен по закону Ньютона

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

на нижней границе (3)
температура окружающей среды

$$u(M,t)\big|_{z=Z} = f_H(x,y,t);$$

на боковых границах (4)
постоянный теплопоток

$$\frac{\partial u}{\partial x}\Big|_{x=0} = C_1 \qquad \frac{\partial u}{\partial y}\Big|_{y=0} = C_3$$
$$\frac{\partial u}{\partial x}\Big|_{x=X} = C_2 \qquad \frac{\partial u}{\partial y}\Big|_{y=Y} = C_4 .$$

Начальная температура грунта известна по всем параллелепипеде D :

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

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

2.2. Алгоритм решения задачи

Предлагаемым алгоритмом задача (I)-(5) решается энтальпийным 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 τ_k :

$$\begin{aligned}
&h_i^{(x)} = x_{i+1} - x_i \ , \omega_x = \{x_i\} = \{x_0 = 0, x_1, x_2, \dots, x_{N_x} = X\} \\
&h_j^{(y)} = y_{j+1} - y_j \ , \omega_y = \{y_j\} = \{y_0 = 0, y_1, y_2, \dots, y_{N_y} = Y\} \\
&h_l^{(z)} = z_{l+1} - z_l \ , \omega_z = \{z_l\} = \{z_0 = 0, z_1, z_2, \dots, z_{N_z} = Z\} \\
&\tau_k = t_{k+1} - t_k
\end{aligned} \qquad (6)$$

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

$$\frac{H_{i,j,k}^{k+1} - H_{i,j,k}^{k}}{\tau^k} = (R_1 + R_2) h_j^{(x)} h_k^{(y)} + (R_3 + R_4) h_i^{(x)} h_m^{(y)} + (R_5 + R_6) h_i^{(x)} h_j^{(z)} + \Delta F_{i,j,k}^{(k)} \qquad (7)$$

$$H^{\ell+1}_{i,j,k} = H^{\ell}_{i,j,k} + \tau^{\ell}[(R_1+R_2)\bar{\nu}^{(z)}_{j}\bar{h}^{(y)}_{k} + (R_3+R_4)\bar{h}^{(z)}_{i}\bar{h}^{(y)}_{k} + (R_5+R_6)\bar{h}^{(z)}_{i}\bar{h}^{(x)}_{j} + \Delta F^{(\ell)}_{i,j,k}], \quad (8)$$

где $H^{\ell}_{i,j,k}$ – теплосодержание элемента (i,j,k) в момент времени ℓ;

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

$\Delta F^{\ell}_{i,j,k}$ – изменение энергии внутренних источников в объеме $\Delta V = h_i^{(x)} \times h_j^{(y)} \times h_k^{(z)}$ за время τ_ℓ.

Для краевых условий I рода соответствующее R_n граничных элементов равны:

$$R_n = 2\times(M^{\ell} - U^{\ell}_{i,n})\frac{h_i^{(m)}\lambda_i(U_i)}{(h_i^{(m)})^2} = 2(M^{\ell} - U_i^{\ell})\frac{\lambda_i(U_i^{\ell})}{h_i^{(m)}},$$

где $M^{\ell} = f_8(x_i, y_j, t^{\ell})$;

для краевых условий II рода

$$R_n = V^{\ell},$$

где $V^{\ell} = \bar{f}$, заданная величина теплового потока;

для краевых условий III рода

$$R_n = (M^{\ell} - U_i^{\ell})\frac{1}{\frac{h_i^{(m)}}{2\lambda_i} + \frac{1}{\alpha^{(m)}_{пов}} + R^{(n)}_{пов}} =$$

$$= (M^{\ell} - U_i^{\ell})\frac{2}{\frac{h_i^{(m)}}{\lambda_i} + 2\left(\frac{1}{\alpha^{(m)}_{пов}} + R^{(m)}_{пов}\right)},$$

где M^{ℓ} – температура внешней среды;

$R_{пов}$ – термическое сопротивление;

$\alpha_{пов}$ – коэффициент конвективного теплообмена.

При решении задачи на шаге ℓ по известной температуре и энтальпии H^{ℓ} в каждом элементе определяется энтальпия на шаге $\ell+1$ по формуле (8). Так как существует взаимно однозначное соответствие между энтальпией и температурой, то находим температуру каждого элемента на слое $\ell+1$. Затем определяем энтальпию $H^{\ell+2}$ и т.д.

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

По определению полная энтальпия

$$H(U) = \int_0^U C(\xi) + \varkappa \rho_d (W_{tot} - W_w(U^*)) \delta(\xi - U^*) d\xi ,$$

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

$$C(\xi) = \begin{cases} C_{эф}(\xi), & \xi < U^* \\ C_{тал}, & \xi > U^* . \end{cases}$$

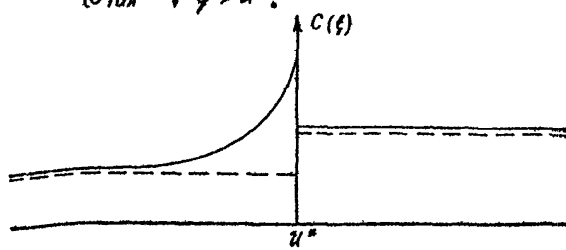


Рис. I. График изменения теплоемкости по температуре

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

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

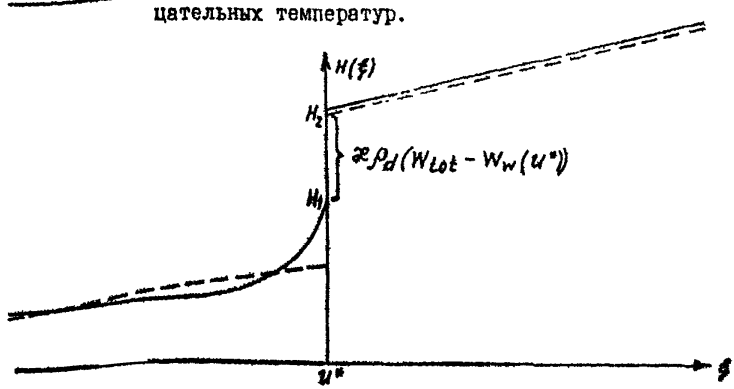


Рис. 2. График изменения энтальпии по температуре

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 энтальпии:

$$H_1 = H(U^* - \varepsilon) = \rho_d (C_d + 0.5(W_{tot} + M))(U^* - K) - A\rho_d \left[0.5 \ell n \frac{|U^* - B|}{|K - B|} + \right.$$

$$\left. + \varkappa \frac{K - U^*}{(K-B)(U^* - B)}\right].$$

Здесь и далее K – условная температура в градусах Цельсия, при которой теплосодержание (энтальпия) принимается равной нулю. (Абсолютный нуль К = -273^0С).

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

Энтальпия определяется по следующим формулам (рис. 2):

если $U^\circ > U^* + \varepsilon$, то

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

если $U^\circ < U^* + \varepsilon$, то

$$H(U^\circ) = \int_{K}^{U^\circ} C_{эф}(\xi)\, d\xi = \rho_d (C_d + 0.5(W_{tot} + M))(U^\circ - K) -$$

$$- A\rho_d \left[0.5 \ell n \frac{|U^\circ - B|}{|K - B|} + \varkappa \frac{K - U^\circ}{(K-B)(U^\circ - B)}\right].$$

По известной энтальпии температура определяется:

если $H(U^\circ) > H_2$, то

$$U^\circ = \frac{H(U^\circ) - H^2}{C_{тал}} + U^*;$$

если $H_1 < H(U^\circ) < H_2$, то

$$U^\circ = U^*;$$

если $H(U^\circ) < H_1$, то U° определяется линейной интерполяцией по значениям табличной функции энтальпии, 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 -3S*

Решается задача по трехмерной расчетной схеме. Главная (управляющая) программа *MAIN* составляется для каждого варианта прогноза. В программе *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,U1)* вычисляет энтальпию I м^3 грунта в *N* -ом слое при температуре *U1 < UKR* (критическая температура фазовых переходов). Для расчета функция *HF* использует физико-механические и теплофизические свойства грунтов, введенные подпрограммой *BLOCK DATA*.

Подпрограмма *FIND(HN1,N1,UL1)* определяет температуру *UL1* в слое грунта с номером *N1* по энтальпии *HN1*, если *HN1 < H1(N1)*, т.е. если *HN1* соответствует энтальпии мерзлого грунта. *FIND* использует общую область *TABL*, в которой содержатся таблицы значений энтальпии по температуре от 0 до -50^{0}C по всем грунтовым слоям, вычисленные с помощью функции HF.

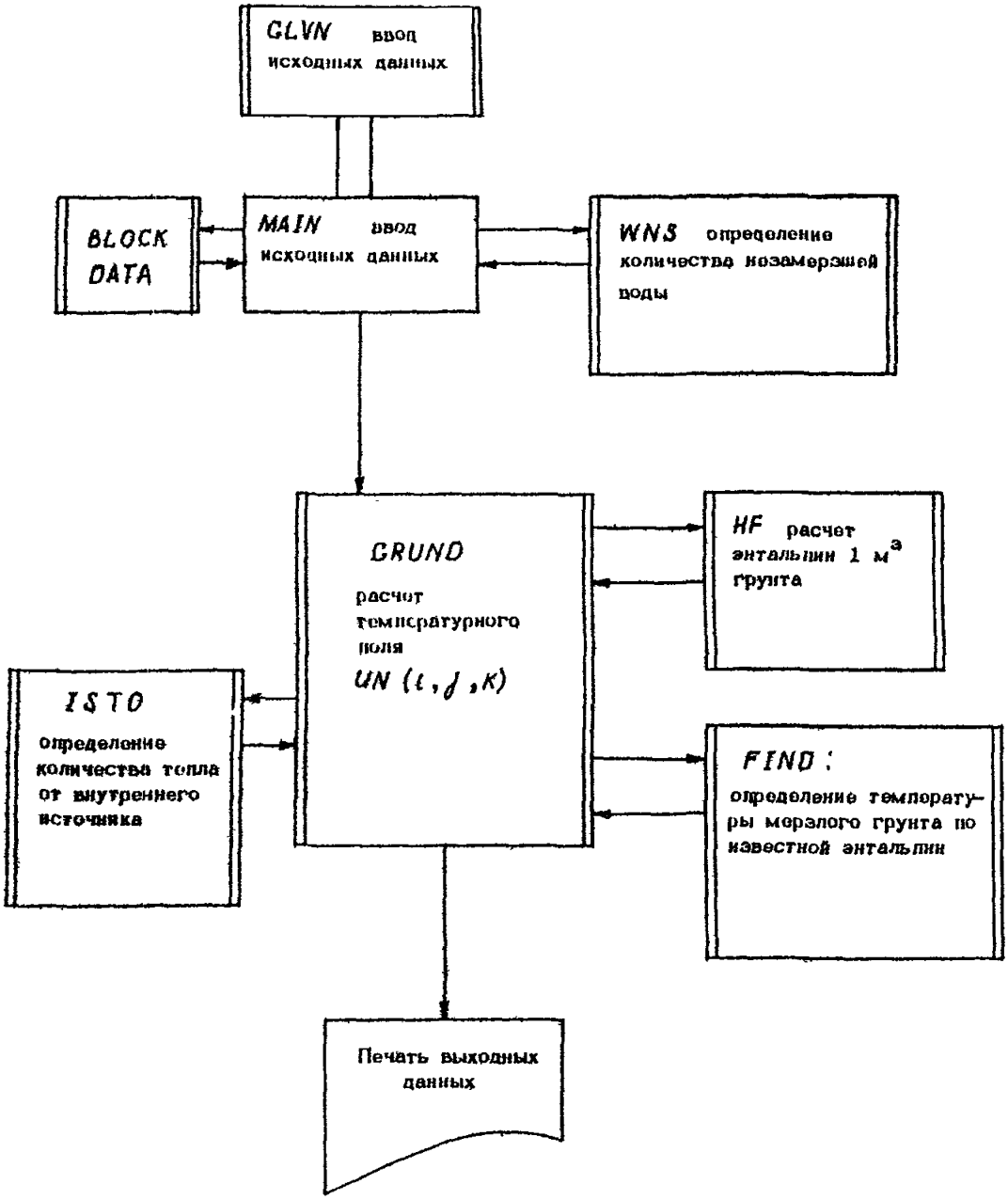


Рис 3. Межмодульные связи в программе *PROGNOZ*

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 *GLVN3N*.

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

5. *PROGNOZ-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 М 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 I 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-

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

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

Теплопоток через боковые границы 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 границы. Тогда для тепловыделяющих сооружений расстояние от их контура в плане до боковой границы 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 оттаивания, определенной расчетом по СНиП II-18-76.

При определении области исследования следует исходить также из экономии времени счета на ЭВМ. 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, образующую "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 полученных "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 соответственно 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 превышать 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 , κ), где i определяет номер элемента по направлению оси Z , j - по направлению оси "x" и κ - по направлению оси y .

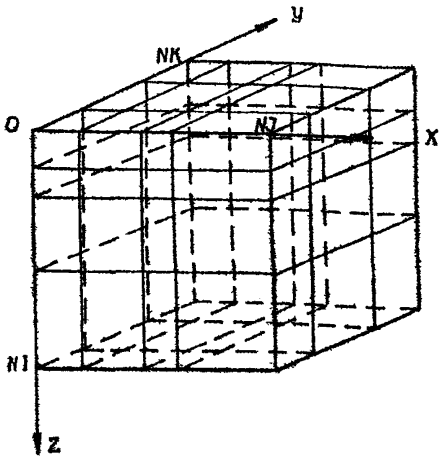


Рис. 4. Пример разбивки области исследования

Фиксируется число расчетных элементов по направлению осей.

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

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

3.3. Начальные условия

В каждом полученном элементе области исследования задаются начальные условия (u°), 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°) ни в одном из элементов не может назначаться равной температуре начала фазовых переходов (u^{*}). В этом случае задается температура $u^{*} \pm \varepsilon$, где $\varepsilon = 0{,}001^{\circ}C$.

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

3.4. Граничные условия

Граничные условия задаются на каждой границе области исследований на все время 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.

Таблица I

K=I

i \ j	j=I	j=2	. . . . .	j = NJ
i=I	u(I,I,I)	u(I,2,I)	. . . . .	u(I,NJ,I)
i=2	u(2,I,I)	u(2,2,I)	. . . . .	u(2,NJ,I)
i=3	u(3,I,I)	u(3,2,I)	. . . . .	u(3,NJ,I)
.	.	.		.
.	.	.		.
.	.	.		.
i=Ni	u(Ni,I,I)	u(I,2,I)	. . . . .	u(Ni,NJ,I)

K=2

i \ j	j=I	j=2	. . . . .	j=J
i=I	u(I,I,2)	u(I,2,2)	. . . . .	u(I,NJ,2)
i=2	u(2,I,2)	u(2,2,2)	. . . . .	u(2,NJ,2)
i=3	u(3,I,2)	u(3,2,2)	. . . . .	u(3,NJ,2)
.	.	.		.
.	.	.		.
.	.	.		.
i=Ni	(Ni,I,2)	(Ni,2,2)	. . . . .	(Ni,NJ,2)

и т.д.

K= NK

i \ j	j=I	j=2	. . . . .	j = J
i=I	u(I,I,NK)	u(I,2,NK)	. . . . .	u(I,NJ,NK)
i=2	u(2,I,NK)	u(2,2,NK)	. . . . .	u(2,NJ,NK)
i=3	u(3,I,NK)	u(3,2,NK)	. . . . .	u(3,NJ,NK)
.	.	.		.
.	.	.		.
.	.	.		.
i=Ni	u(Ni,I,NK)	u(Ni,2,NK)	. . . . .	u(Ni,NJ,NK)

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

$$q = б\,(t_п - t_в),$$

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

$б$ - коэффициент теплоотдачи с поверхности грунта,

Вт/(м^2.^{0}С) ккал/(м^2.^{0}С·ч);

$t_п$ - температура поверхности грунта, ^{0}С;

$t_в$ - температура окружающей среды, ^{0}С.

Граничные условия верхней границы изменяются с периодом повторения $T_{пер}$, назначаемым в исходных данных расчета. На практике наиболее часто употребляется $T_{пер}$ - I год = 8760 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 $L1$. 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, ^{0}С;

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

для условий III рода задаются:

$t_в$ - температура окружающей среды, ^{0}С;

$R_{пов}$ -термическое сопротивление поверхности грунта,

м^2.^{0}С/Вт м^2.ч.^{0}С/ккал;

$\alpha_{пов}$- коэффициент теплообмена, Вт/(м^2.^{0}С) ккал/(м^2.ч.^{0}С).

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 I 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 II 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 I до M, где $M \leq 9$.

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

$$KL(j,K) = KOL\ NP\ MD\ MDK,$$

где KOL =
- 0, если во всех элементах (i, j, K), где $I \leq i \leq NI$, а j, K фиксированы, внутренние источники отсутствуют;
- I, если внутренние источники присутствуют хотя бы в одном из элементов (i, j, K), где $I \leq i \leq NI$, а j, K фиксированы;

NP – номер типа источника, NP = I,2,...,9. Если источник отсутствует NP = I;

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 (Ni, j, K) области исследования.

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

Таблица 2

Номер зоны	Род краевых условий в зоне	месяц (или декада) / характеристики	I II III IУ . . . XII
I	III	Температура окружающей среды t, °С	
		Термическое сопротивление R, м²·°С/Вт (м²·ч·°С/ккал)	
		Коэффициент теплообмена α, Вт/(м²·°С), ккал/(м²·ч·°С)	
2	I	Температура на поверхности грунта t, °С	
3	II	Теплоток q, кДж (ккал)	
4	III	Температура окружающей среды t, °С	
		Термическое сопротивление R, м²·°С/Вт (м·ч·°С/ккал)	
		Коэффициент теплообмена α, Вт/(м²·°С), ккал/(м²·ч·°С)	

и т.д. для каждой выделенной зоны.

Таблица 3

j \ K	K=I	K=2	K=NK
j=I	KL(I,I)	KL(I,2)	KL(I,NK)
j=2	KL(2,I)	KL(2,2)	KL(2,NK)
.	.	.	.
.	.	.	.
j=NJ	KL(NJ,I)	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/м^3;

W_{tot} – весовая влажность грунта, доли единицы;

C_d – удельная теплоемкость скелета, кДж/(кг·°С), ккал/(кг·°С);

$\lambda_т$ – коэффициент теплопроводности грунта в талом состоянии Вт/(м·°С), ккал/(м·ч·°С);

$\lambda_м$ – коэффициент теплопроводности грунта в мерзлом состоянии Вт/(м·°С), ккал/(м·ч·°С);

U^* – температура начала фазовых переходов, °С;

W_w – количество незамерзшей воды в диапазоне отрицательных температур, доли, задаваемой кривой

$$W_w = \frac{A}{B - H} + C,$$

где A, B, C – 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·°С)	W_{tot}, доли	$\lambda_м$, Вт/(м·°С), ккал/(м·ч·°С)	$\lambda_т$, Вт/(м·°С) ккал/(м·ч·°С)	U^* °С	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 A, B, C 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. 1. 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:

$$\Delta t \leq \frac{\min\limits_{1 \leq i \leq NSL} C_M^{(i)}}{2 \cdot n \cdot \max\limits_{1 \leq i \leq NSL} \lambda_M^{(i)}} \times \min(\Delta h)^2 ,$$

где Δt – шаг по времени, ч;

i – номер грунтовой разности;

NSL – число выделенных грунтовых разностей;

$C_M^{(i)} = \rho_d [C_d + \nu C_s W_{tot}]$ – теплоемкость мерзлого грунта i -го слоя при $W_w = 0$, кДж/(м$^3 \cdot {}^0$С), ккал/(м$^3 \cdot {}^0$С);

W_w – количество незамерзшей воды, доли;

ρ_d – плотность сухого грунта, кг/м^3;

C_d – удельная теплоемкость сухого грунта, кДж/(кг$\cdot {}^0$С), ккал/(кг$\cdot {}^0$С);

C_s – удельная теплоемкость льда, кДж/(кг$\cdot {}^0$С), ккал/(кг$\cdot {}^0$С);

ν – коэффициент объемного расширения, ν =1,1;

Таблица 5

K=I

i \ j	j =I	j =2	j = NJ
i =I	N(I,I,I)	N(I,2,I)	N(I,NJ,I)
i =2	N(2,I,I)	N(2,2,I)	N(2,NJ,I)
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
i =Ni	N(Ni,I,I)	N(Ni,2,I)	N(Ni,NJ,I)

K=2

i \ j	j =I	j =2	j = NJ
i =I	N(I,I,2)	N(I,2,2)	N(I,NJ,2)
i =2	N(2,I,2)	N(2,2,2)	N(2,NJ,2)
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
i=Ni	N(Ni,I,2)	N(Ni,2,2)	N(Ni,NJ,2)

и т.д.
K= NK

i \ j	j =I	j =2.	j = NJ
i =I	N(I,I,K)	N(I,2,K)	N(I,NJ,NK)
i =2	N(2,I,K)	N(2,2,K)	N(2,NJ,NK)
.		.	.
.		.	.
.		.	.
i =Ni	N(Ni,I,K)	N(Ni,2,K)	N(Ni,NJ,NK)

W_{tot} – весовая влажность грунта, доли;

$\lambda_м$ – коэффициент теплопроводности мерзлого грунта, Вт/(м·°С), ккал/(м·ч·°С);

n – мерность области исследования, $1 \leqslant n \leqslant 3$;

Δh – размер ребра элемента.

Шаг по времени может быть изменен в процессе счета NT раз, где $NT \geqslant 1$.

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

$TR(1) = Тизм^{(1)}$, $TR(2) = Тизм^{(2)}$, ... , $TR(NT) = Тизм^{(NT)}$,

где Тизм – время изменения шага от начала счета в часах.

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

Определяется Ткон (час) – время окончания решения задачи. Задаются T_1, T_2, T_3,..., T_p – время выдачи результатов расчета на печать (в часах). Время последней выдачи результата Тр обязательно меньше Ткон 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.

$Нпеч^{(1)} = T_1$, $Нпеч^{(2)} = T_2 - T_1$, $Нпеч^{(3)} = T_3 - T_2$ и т.д.

$Нпеч^{(p-1)} = Tp - Tp-1$.

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.

$$INT = \begin{cases} 2, & \text{– выдача производится с постоянным шагом;} \\ P+1, & \text{– выдача производится с переменным шагом.} \end{cases}$$

Если $INT = 2$, то $HPRI(1) = -1,0$, $HPRI(2) = Нпеч$.

Если $INT = P+1$, то $HPRI(1) = P$, $HPRI(2) = T_1$,

$HPRI(3) = Нпеч^{(1)}$, $HPRI(4) = Нпеч^{(2)}$ и т.д. $HPRI(INT) = Нпеч^{(P-1)}$.

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.

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 = I и KP(I) = 0. В противном случае KP(I) = K_1, KP(2) = K_2 и т.д. KP(KW) = Kkw , где $K_1 < K_2 < \ldots <$ Kkw, 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 = I и j P(I) = 0. В противном случае j P(I) = j_1, j P(2) = j_2 и т.д. j P(jW) = j_{jw}, где $j_1 < j_2 < \cdots < j_{jw} \leq 100$.

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 = I и lP(I) = 0. В противном случае lP(I) = l_1, lP(2) = l_2 и т.д. lP(lW) = l_{lw}, где $l_1 < l_2 < \cdots < l_{lw}$, $lW \leq 100$.

4. ПРОВЕДЕНИЕ РАСЧЕТА

4.I. Вызов и загрузка программы в ЭВМ

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 ЕС.

Здесь:

имя - биб - имя личной библиотеки исходных модулей,

имя - тома - имя тома, на котором размещена библиотека.

```
// JOB
// EXEC FORTHCLG
// FORT SYSIN DD DDNAME=PKAR
//      DD DSN=<имя-биб>(GRUND),DISP=SHR,
//         VOL=SER=<имя-тома>,UNIT=SYSDA
//      DD DSN=<имя-биб>(WNS),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>
  // CO 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.

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

Продолжение табл. 6

1	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 K (см. п.3.6)
INT	Размер массива *HPRI* (см. п.3.6)
HPRI (INT)	Одномерный массив размерности *INT* Задает интервалы выдачи на печать температуры грунта (час) (см. п.3.6)
H(NI,NJ,NK)	Трехмерный массив размерностью *NI* × *NJ* × *NK* Значение энтальпии по элементам на текущем временном слое
UN(NI,NJ,NK)	Трехмерный массив размерностью *NI* × *NJ* × *NK* Температура грунта по элементам на следующем временном слое
HNOV(NI,NJ,NK)	Трехмерный массив размерностью NI × NJ × NK Значение энтальпии по элементам на следующем временном слое
NSI	*NSI* =I, если единица измерения количества теплоты – кДж *NSI* ≠I, если единица измерения количества теплоты – ккал

Оператором *DIMENSION* определяется размерность массивов *H* , *UN* , *HNOV* , *U* , *A1* , *B1* , *C1*. Ввод массивов *N* , *KL*, *U* , *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* (*NSL* , *A1* , *B1* , *C1*) присутствует в том случае, если коэффициенты *A1* , *B1* , *C1*, определяющие кривую незамерзшей воды по грунтовым разностям,

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

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

CALL CRUND (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:

BCK (IO) - плотность сухого грунта, кг/м^3;

CCK(IO) - удельная теплоемкость сухого грунта, кДж/(кг·^{0}С), ккал/(кг·^{0}С);

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

UKR(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 *FORTRANe* 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	°C	По 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
1	2	3	4	5
3	*TLM(NSL)*	13F6.2	Вт/(м·°С), ккал/(м·ч·°С)	Одномерный массив размерностью *NSL*. Теплопроводность мерзлого грунта по слоям в порядке их нумерации (см. табл. 4)
	TLT(NSL)		Вт/(м·°С), ккал/(м·ч·°С)	Одномерный массив размерностью *NSL*. Теплопроводность талого грунта по слоям в порядке их нумерации (см. табл. 4)
	HI(NI)		м	Одномерный массив размерностью *NI*. Размер элементов по направлению

Продолжение табл. 8

I	2	3	4	5
	NJ (NJ)		м	Одномерный массив размерностью *NJ*. Размер элементов по направлению *J*
	HK (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*. Границы (время) изменения шага по времени (см. п.3.6)
5	*TB(LI,M)*	I2F6.2	^{o}C	Двухмерный массив размерностью *LI*x*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)		$м^2 \cdot {}^{o}C/Вт$, $м^2 \cdot ч \cdot {}^{o}C/ккал$	Двухмерный массив размерностью *LI*x*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)		$Вт/(м^2 \cdot {}^{o}C)$, $ккал/(м^2 \times ч \cdot {}^{o}C)$	Двухмерный массив размерностью *LI*x*M*. Коэффициент конвективного теплообмена

Продолжение табл. 8

1	2	3	4	5
				на верхней границе при периодическом изменении по времени и зонам краевых условий в порядке их нумерации (см. табл. 2)
	TBIK(M1)		°С	Одномерный массив размерностью MI. Температура внешней среды по зонам нижней границы в порядке их нумерации
	TBJ		Вт/(м^2.°С), ккал/(м^2.ч)	Простая переменная. Теплопоток на левой боковой границе области исследования
	TBJK		Вт/(м^2.°С), ккал/(м^2.ч)	Простая переменная. Теплопоток на правой боковой границе
	TBK		Вт/(м^2.°С), ккал/(м^2.ч)	Простая переменная. Теплопоток на ближней боковой границе
	TBKK		Вт/(м^2.°С), ккал/(м^2.ч)	Простая переменная. Теплопоток на дальней боковой границе
6	MR(M)	2713	б/р	Одномерный массив размерностью М. Род краевых условий по зонам верхней границы в порядке их нумерации (см. табл. 2)
	MK(5)		б/р	Одномерный массив размерностью 5. Род краевых условий соответственно по нижней, ближней, дальней, левой и правой границах

Продолжение табл. 8

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 YX.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 *PROGNOZ-2S*

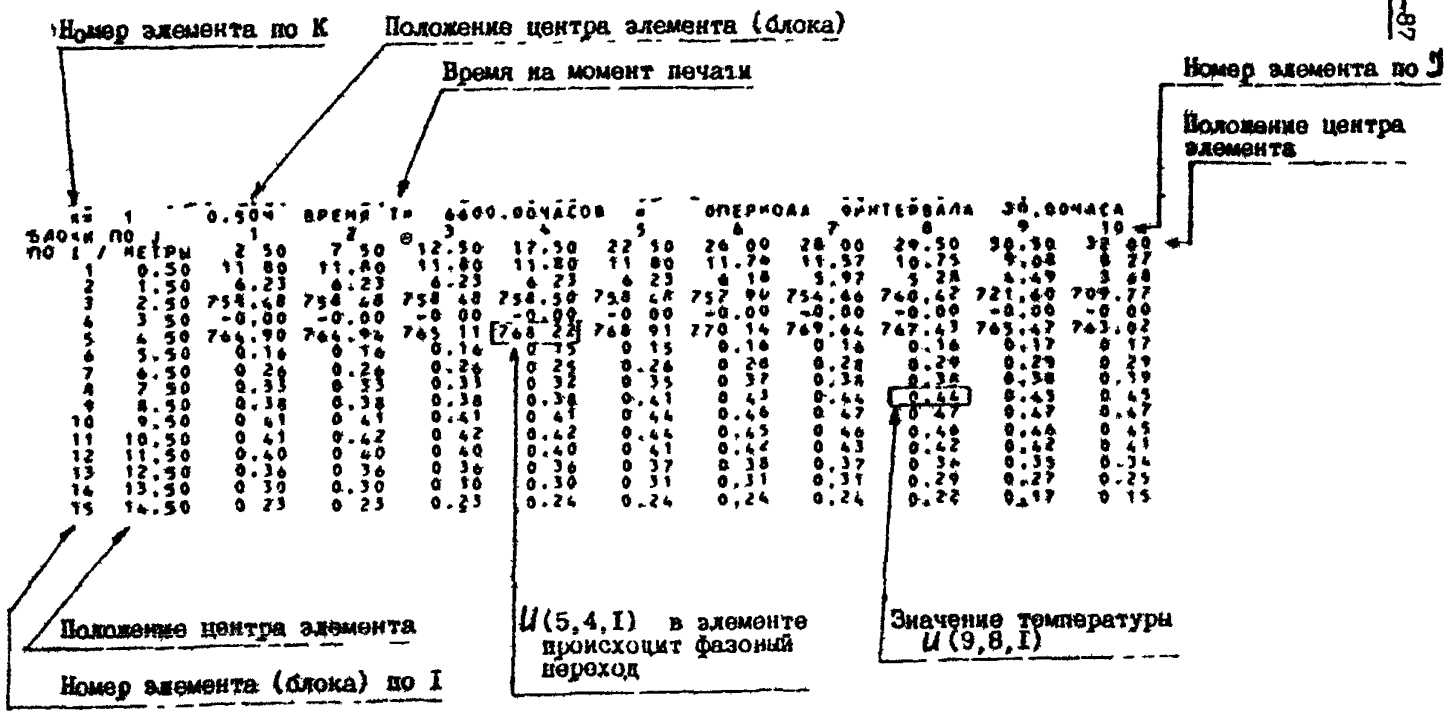
Исходные данные готовятся согласно пп. 4.2-4.3 настоящего раздела, но следующие переменные имеют постоянные значения:

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

Ввод массивов jP, KP, iP отсутствует.

4.6. Подготовка данных для расчета по программе *PROGNOZ-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)

Время на момент печати

Номер элемента по J

Положение центра элемента

К= 1 0.50Ч ВРЕМЯ Т= 6600.00ЧАСОВ * ОПЕРИОДА ИНТЕРВАЛА 30.00ЧАСА

БЛОКИ ПО I / МЕТРЫ		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		2 50	7 50	12.50	17.50	22 50	26 00	28 00	29.50	30.50	32 00
1	0.50	11 80	11.80	11.80	11.80	11 80	11.76	11.57	10.75	9.08	8 27
2	1.50	6.23	6.23	6.23	6 23	6 23	6 18	5.97	5 28	4.49	3 68
3	2.50	754.48	754 48	758 48	758.50	758 48	757 90	754.66	760.42	721.60	709.77
4	3 50	-0.00	-0.00	-0 00	-0.00	-0 00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0 00
5	4 50	764.90	764.94	765 11	768 22	768 91	770 14	769.64	767.43	765.47	763.02
6	5.50	0.16	0 16	0.16	0 15	0 15	0.16	0 16	0.16	0.17	0 17
7	6.50	0 26	0.26	0.26	0 25	0.26	0 26	0.28	0.29	0.29	0 29
8	7 50	0.33	0 33	0.33	0 32	0 35	0 37	0.38	0.38	0.38	0.39
9	8.50	0.38	0.38	0.38	0.38	0.41	0 43	0.44	0.44	0.45	0 45
10	9.50	0 41	0 41	0.41	0 41	0 44	0.46	0 47	0 47	0.47	0.47
11	10.50	0 41	0.42	0 42	0.42	0.44	0.45	0 46	0.46	0.46	0 45
12	11.50	0.40	0 40	0 40	0.40	0 41	0.42	0 43	0.42	0.42	0 41
13	12.50	0.36	0 36	0 36	0 36	0 37	0 38	0.37	0 34	0.35	0.34
14	13.50	0 30	0.30	0 30	0.30	0 31	0.31	0.31	0.29	0.27	0.25
15	14.50	0 23	0 23	0.23	0.24	0.24	0,24	0.24	0.22	0.17	0 15

Положение центра элемента

Номер элемента (блока) по I

U(5,4,I) в элементе происходит фазовый переход

Значение температуры U(9,8,I)

Рис 5 Пример печати выходных данных

Таблица 9

Порядковый номер оператора ввода	Формат	Идентификатор	Единица измерения	Значение
I	2	3	4	5
I	3I5	Nl	б/р	Число элементов по направлению l
		Nj	б/р	Число элементов по направлению j
		NK	б/р	Число элементов по направлению К
2	I6I5	NSL	б/р	Число выделенных литологических разностей ($NSL \leqslant 10$)
		NT	б/р	Число изменений шага по времени ($NT \leqslant 10$)
		Lt	б/р	Число интервалов времени в периоде, во время которых задаются средние значения характеристик внешней среды на верхней границе ($Lt \leqslant 36$)
		M	б/р	Число зон с различными краевыми условиями на верхней границе ($M \leqslant 9$)
		$M1$	б/р	Число зон с различными краевыми условиями на нижней границе ($M1 \leqslant 9$)
		lW	б/р	Число выдаваемых на печать "разрезов" по направлению l (см. п.3.6)

Продолжение табл 9

I	2	3	4	5
		J W	б/р	Число выдаваемых на печать "разрезов" по направлению *J* (см. п. 3.6)
		KW	б/р	Число выдаваемых на печать разрезов по направлению к (см. п 3.6)
		LNT	б/р	Размер массива (см. п. 3 6)
		NSL	б/р	=I, если количество теплоты измеряется в кДж
				≠I, если количество теплоты измеряется в ккал
		NCR	б/р	Число элементов, задающих "ступеньку" на верхней границе области исследования. Примечание Присутствует только в алгоритме *PROGNOZ-L*
3	I2F6.2	*T(3, NSL)*	^{o}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	*HI (NI)*	м	Одномерный массив размерностью *NI* Размер элементов по направлению *I*
6	I3F6.2	*HJ (NJ)*	м	Одномерный массив размерностью *NJ* Размер элементов по направлению *J*

Продолжение табл. 9

I	2	3	4	5
7	I3F6.2	HK (NK)	м	Одномерный массив размерностью NK . Размер элементов по направлению К
8	I3F6.2	U(NI, NJ, NK)	°С	Трехмерный массив размерностью NI × NJ × NK. Начальная температура грунта по элементам (см. табл. I) Каждый столбец таблицы набивать по новой перфокарте
9	I6I5	N(NL, NJ, NK)	б/р	Трехмерный массив грунта размерностью NI × NJ × NK. Номера слоев грунта в соответствующих элементах (см. табл. 5). Каждый столбец таблицы набивать на новой перфокарте
I0	I2F6.2	TB (LL, M)	°С	Двухмерный массив размерностью LL × 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 (LL, M)	$м^2 \cdot °С/Вт$, $м^2 \cdot ч \cdot °С/ккал$	Двухмерный массив размерностью LL × 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)	Вт/(м^2·°С), ккал/(м^2 х х ч х°С)	Двухмерный массив размерностью LL×M. Коэффициент конвективного теплообмена на верхней границе при периодическом изменении по времени и зонам краевых условий в порядке их нумерации (см. табл 2)
II	I6 I 5	KL(NJ, NK)	б/р	Двухмерный массив размерностью NJ×NK. Массив номеров зон краевых условий по элементам верхней и нижней границ (см. табл 3) Примечание В алгоритме PROGNOZ-L в массиве KL номер зоны краевых условий по элементам верхней границы задается равным I
IIa	6 I 5	S(NGR, 6)	б/р	Двухмерный массив размерностью NGR, 6 задает номер зоны краевых условий на верхней границе по граням граничных элементов образующих "ступеньку" (см. п 4 8) Примечание Массив S присутствует только в алгоритме PROGNOZ-L
I2	F6.I, 5F6 2	G(NSL, 6)		Значения теплофизических характеристик грунта по выделенным слоям. Двухмерный массив размерностью NSL×6 (см. табл 4)
		G(i, 1)	кг/м^3	Плотность сухого грунта i -го слоя

Продолжение табл 9

I	2	3	4	5
		G(I,2)	кДж/(кг·°С)	Удельная теплоемкость сухого грунта I -го слоя
		G(I,3)	доли	Суммарная влажность грунта I -го слоя в долях к весу абсолютно сухого грунта
		G(I,4)	Вт/(м·°С)	Теплопроводность мерзлого грунта I -го слоя
		G(I,5)	Вт/(м °С), ккал/(м х х ч х °С)	Теплопроводность талого грунта I -го слоя
		G(I,6)	°С	Температура начала фазовых переходов I -го слоя
I3	6 F I2.2	SHT(I)	ч	Размер шага по времени с границей
		TR(I)	ч	времени его изменения $1 \le I \le NT$
		TKON	ч	Время окончания счета
I4	6 F I2.2	HPRI (INT)	ч	Одномерный массив размерностью $INT \le 50$. Задает интервалы выдачи на печать температуры грунта (час) (см. п. 3.6)
I5	I3F 6 2	TBIK (M 1)	°С	Одномерный массив размерностью MI. Температура внешней среды по зонам нижней границы в порядке их нумерации
		TBj	Вт/(м^2.°С), ккал/(м^2.ч)	Простая переменная. Величина теплопотока на левой боковой границе области исследования
		TBjK	Вт/(м^2.°С), ккал/(м^2.ч)	Простая переменная. Величина теплопотока на правой боковой границе
		TBK	Вт/(м^2.°С), ккал/(м^2.ч)	Простая переменная. Величина теплопотока на ближней боковой границе

Продолжение табл. 9

I	2	3	4	5
		TBKK	Вт/(м^2.°С), ккал/(м^2.ч)	Простая переменная. Величина теплопотока на дальней боковой границе
I6	I6 I 5	MR (M)	б/р	Одномерный массив размерностью M. Род краевых условий по зонам верхней границы в порядке их нумерации (см. табл. 2)
I7	I6 I 5	MK 5	б/р	Одномерный массив размерностью 5. Род краевых условий соответственно на нижней, ближней, дальней, левой и правой границах
I8	I6 I 5	JP(JW)	б/р	Одномерный массив размерностью JW Номера элементов по направлению J, задающие "разрезы", для которых выводится на печать температурное поле (см. п 3.6). Если печать не нужна, то JP(1)=0
I9	I6 I 5	KP (K W)	б/р	Одномерный массив размерностью KW. Номера элементов по направлению K, задающие "разрезы", для которых выводится на печать температурное поле. Если печать не нужна, то KP(1)=0 (см. п. 3.6)
20	I6 I 5	LP(LW)	б/р	Одномерный массив размерностью LW. Номера элементов по направлению L, задающие "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

$NK = 1$

$lW = 1$

$jW = 1$

$KW = 1$

$HK(1) = 1$

$TBK = 0$

$TBKK = 0$

Операторы ввода с порядковыми номерами I8, I9, 20 отсутствуют. Максимальное число расчетных элементов 3000, т.е. ($NJ \times NK \leq 3000$)

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 гранях граничных элементов, формирующих верхнюю границу области исследования, и задаются массивом S размерностью ($NCR \times 6$), где NCR – число граничных элементов (рис. 6).

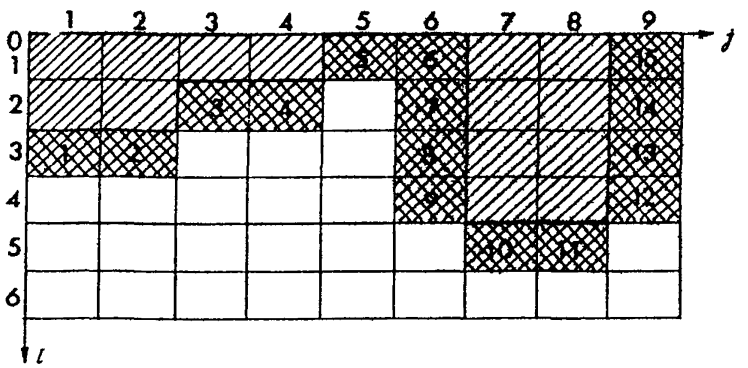


Рис.6. Пример задания ступенчатой области решения

– фиктивные 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 $1 \le S(d,2) \le Ni$,

$S(d,3)$ – координата элемента по направлению j $1 \le S(d,3) \le Nj$,

$S(d,4)$ – номер зоны краевых условий на левой грани элемента, $0 \le S(d,4) \le 9$ $S(d,4)=0$, если эта грань не является поверхностью теплообмена с внешней средой,

$S(d,5)$ – номер зоны краевых условий на верхней грани элемента, $0 \le S(d,5) \le 9$ $S(d,5)=0$, если эта грань не является поверхностью теплообмена с внешней средой,

$S(d,6)$ – номер зоны краевых условий на правой грани элемента, $0 \le S(d,6) \le 9$ $S(d,6)=0$, 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 II-а (см. табл.9).

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

I зона - верхние грани I, 2, 3, 4, I0, II элементов,

II зона - верхние грани 5, 6, I5 элементов,

III зона - левые грани 3, 5, I2, I3, I4, I5 и правые грани 6, 7, 8, 9 элементов.

Тогда массив S 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
I0	5	7	0	I	0
II	5	8	0	I	0
I2	4	9	3	0	0
I3	3	9	3	0	0
I4	2	9	3	0	0
I5	I	9	3	2	0

Приложение I
Рекомендуемое

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 в е р х н е й границе выделено три зоны с различными краевыми условиями. На н и ж н е й границе, на глубине 17 м температура принята постоянной, равной - 1,4°С. На б о к о в ы х границах - условие теплоизоляции, теплопоток равный 0.

Расположение зон краевых условий на верхней границе приведено на рис. 1 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	I2,5	I5,5
^{o}C	-0,I	-0,4	-I,0	-I,2	-I,4	-I,4	-I,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. I).

Для поставленной задачи прогноза текст программы MAIN и BLOCK DATA для расчета по программе PROGNOZ-3S, 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).

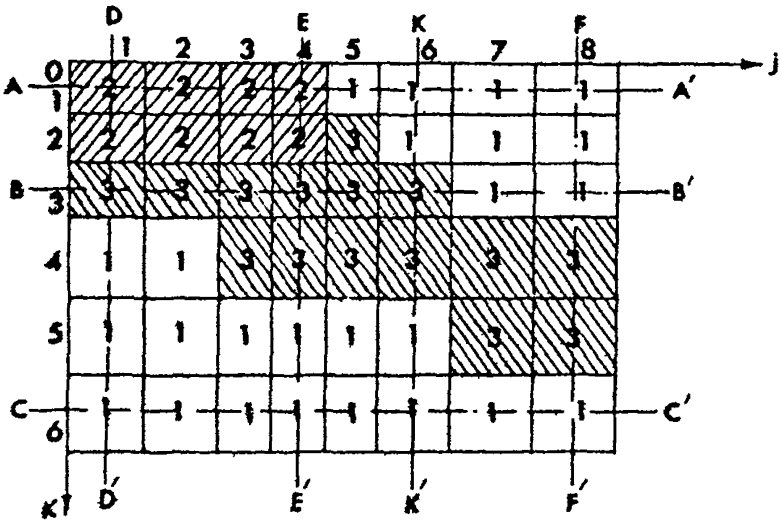


Рис.1. Разбивка верхней границы области исследования на элементы и зоны краевых условий

1 – естественные условия теплообмена;

2 – производственное здание;

3 – зона снежных надувов

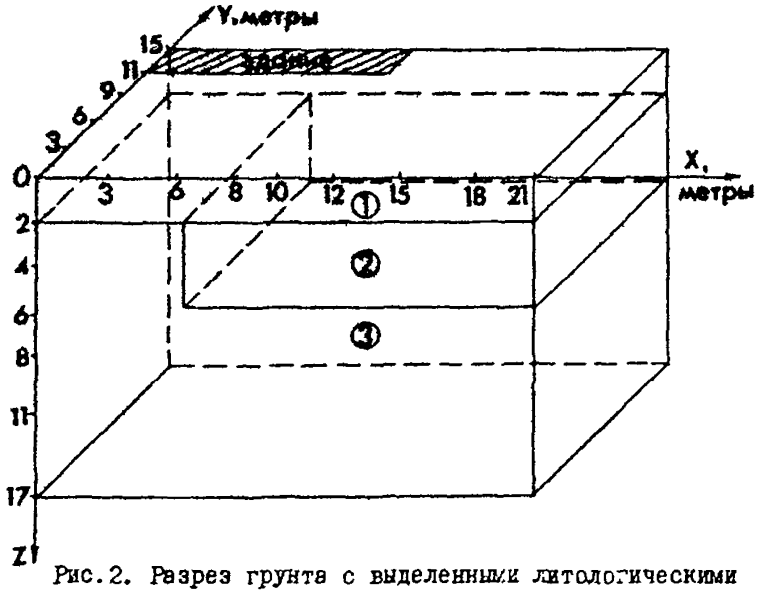


Рис.2. Разрез грунта с выделенными литологическими разностями

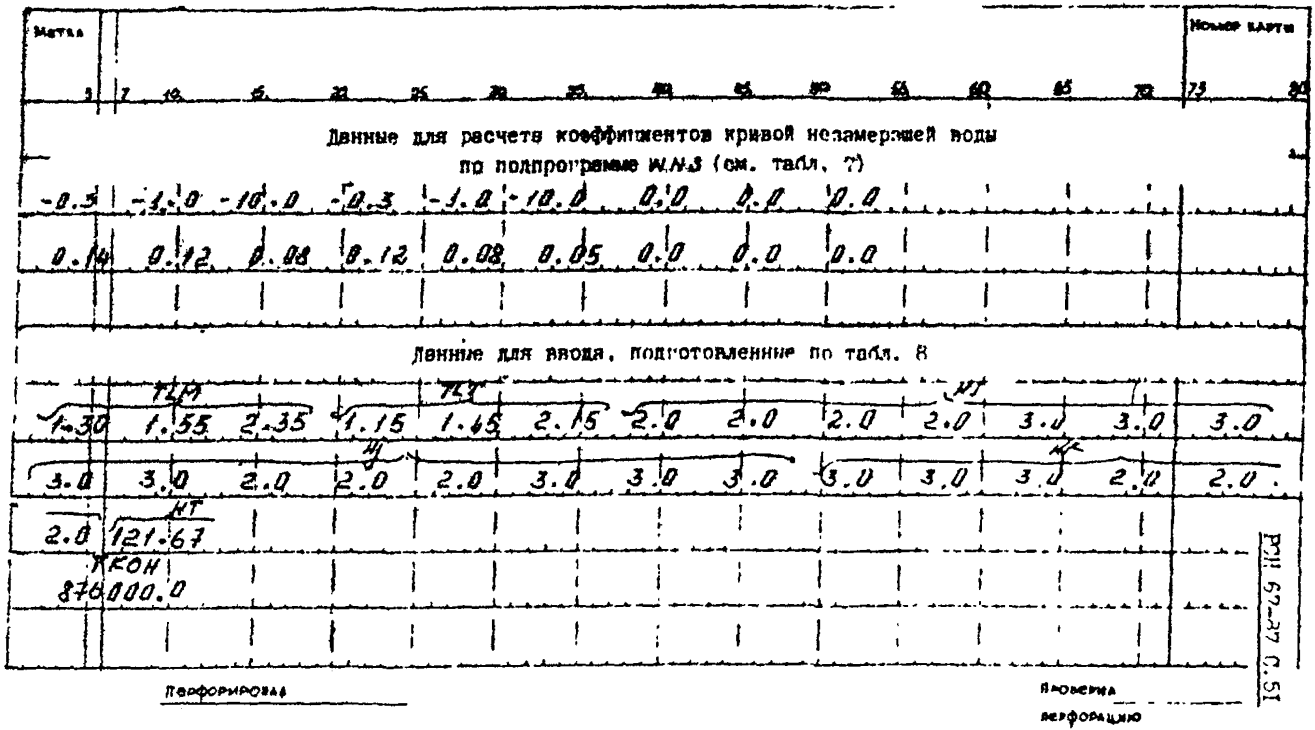
Таблица I

Номер зоны	Род краевых условий	Месяц / Характеристика	I	II	III	IУ	У	УI	УII	УIII	IX	X	XI	XII
I	III	Температура $t_n = t + \Delta t$ (^{0}C)	-24.6	-23.2	-19.2	-9.5	3.7	I3.I	I8.0	I2.4	4.6	-4.6	-I6.4	-22.4
		Термическое сопротивление R, м^2·ч·^{0}C/ккал	2.6	2.7	2.8	3.0	I.7	-	-	-	-	I.3	2.I	2.3
		Коэффициент теплообмена α, ккал/(м^2·ч·^{0}C)	I3.8	I2.3	I2.3	I2.0	I2.I	I2.6	I3.4	I4.0	I4.3	I3.4	I3.5	I2.7
2	III	Температура t (^{0}C)	$t = 20^0$C - Const											
		Термическое сопротивление R, м^2·ч·^{0}C/ккал	$R = I.8 = Const$											
		Коэффициент теплообмена α, ккал/(м^2·ч·^{0}C)	$\alpha = 20.0 = Const$											
3	III	Температура $t_n = t + \Delta t$ (^{0}C)	-24.6	-23.6	-I9.2	-9.5	3.7	I3.I	I8.0	I2.4	4.6	-4.6	-I6.4	-22.4
		Термическое сопротивление R, м^2·ч·^{0}C/ккал	4.4	4.4	4.7	5.0	2.8	-	-	-	-	2.I	3.5	3.9
		Коэффициент теплообмена α, ккал/(м^2·ч·^{0}C)	I3.8	I2.3	I2.3	I2.0	I2I	I2.6	I3.4	I4.0	I4.3	I3.4	I3.5	I2.7

Таблица 2

Номер слоя	Характеристика / Описание грунта	ρ_d, кг/м^3	C_d, ккал/(м х х ч х ^{0}С)	W_{tot}, доли	$\lambda_м$, ккал/(м х х ч х ^{0}С)	$\lambda_т$, ккал/(м х х ч х ^{0}С)	W_w доли
I	Суглинок бурокоричневый, ожелезненный, с включением гравия и гальки	I390	0.22	0.25	I.3	I I5	$W_w(-0.3)=0.14$ $W_w(-I.0)=0.I3$ $W_w(-I0.0)=0.08$
2	Супесь буровато-коричневая, сильно ожелезненная с прослоями суглинка и песка	I520	0.24	0.22	I 55	I.45	$W_w(-0.3)-0.I2$ $W_w(-I.0)=0.08$ $W_w(-I0.0)=0.05$
3	Песок пылеватый, желтокоричневый, буро-серый, ожелезненный, оторфован	I500	0 23	0.27	2.35	2 I5	$W_w(0)=0.0$

Исходные данные для расчета контрольного примера
приложения I по программе *PROGNOZ-33*

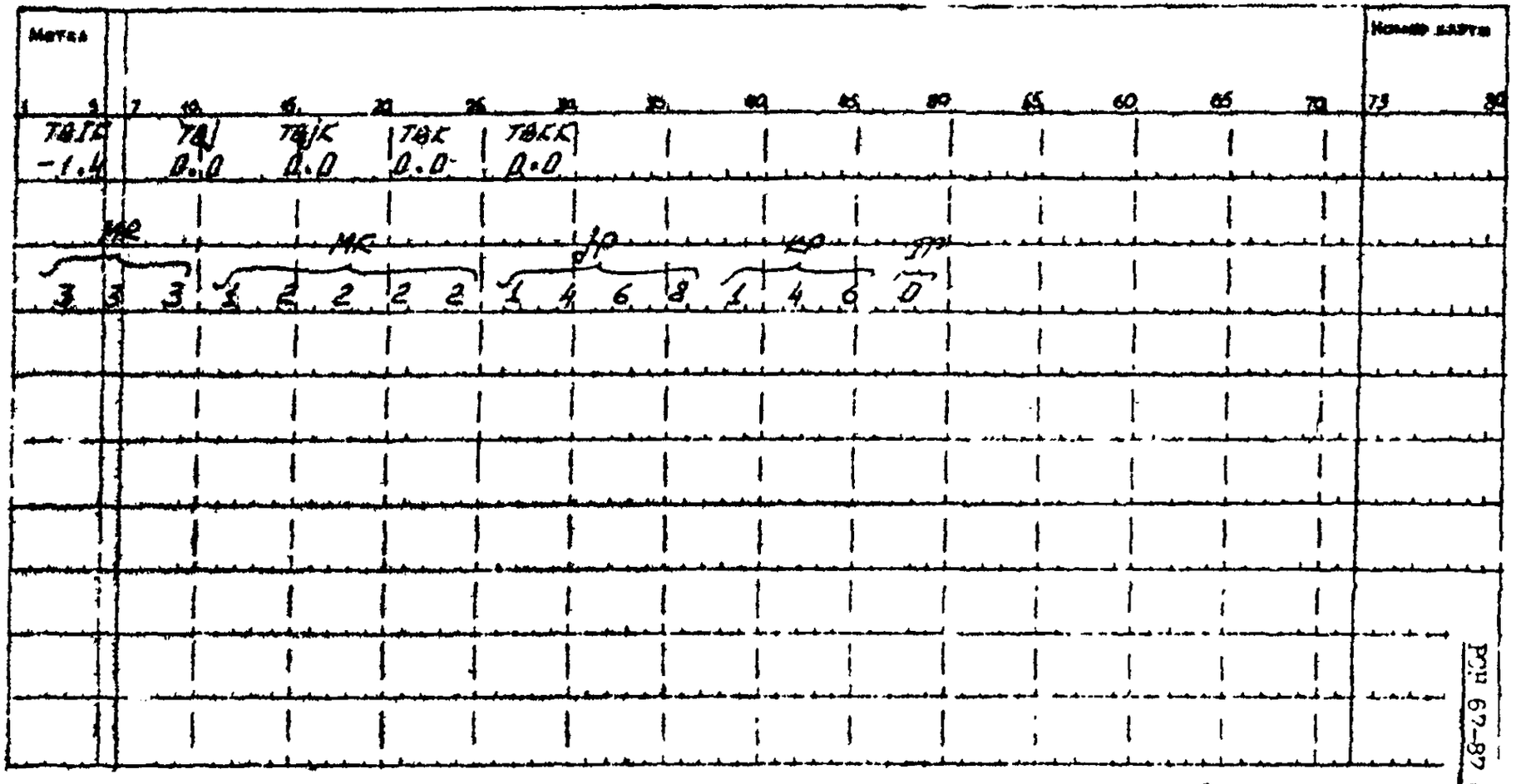


РСН 67-87 С.51

Метка												Номер карты
1 5	7 10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	73 80
-24.6	-23.2	-19.2	-9.5	3.7	13.1	18.0	12.4	4.6	-4.6	-16.4	-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			ТВ
-24.6	-23.2	-19.2	-9.5	3.7	13.1	18.0	12.4	4.6	-4.6	-16.4	-22.4			
2.6	2.7	2.8	3.0	1.7	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			РВ
4.4	4.4	4.7	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			АВ
13.8	12.3	12.3	12.0	12.1	12.6	13.4	14.0	14.3	13.4	13.5	12.7			

Перфорировал

Проверил перфорацию



Метка																		Номер карты
1	5	7	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
ТВIК -1.4			ТВJ 0.0	ТВJК 0.0	ТВК 0.0	ТВКК 0.0											
	МЕ			МК				ДР			КР			ПР			
	3	3	3	1	2	2	2	2	1	4	6	8	1	4	6	0	

Перфорировал

Проверил перфорацию

РСН 67-87 С.53

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

```
 -0.3   -1.0  -10.0   -0.3   -1.0  -10.0    0.0    0.0    0.0
  0.14   0.12   0.08   0.12   0.08   0.05   0.0    0.0    0.0
  1.30   1.55   2.35   1.15   1.45   2.15   2.0    2.0    2.0      2.0    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  121.67
    576000.0
-24.6  -23.2  -19.2   -9.5    3.7   13.1   18.0   12.4    4.6     -4.6  -16.4  -22.4
 20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0      20.0   20.0   20.0
-24.6  -23.2  -19.2   -9.5    3.7   13.1   18.0   12.4    4.6     -4.6  -16.4  -22.4
  2.6    2.7    2.5    3.0    1.7    0.0    0.0    0.0    0.0      1.3    2.1    2.3
  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    4.7    5.0    2.82   0.0    0.0    0.0    0.0      2.14   3.57   3.39
 13.8   12.3   12.3   12.0   12.1   12.6   13.4   13.0   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
 13.8   12.3   12.3   12.0   12.1   12.6   13.4   13.0   14.3     13.4   13.5   12.7
-1.4    0.0    0.0    0.0    0.0
  3  3   3  1   2  2   2  2   1  4   6  8   1  4   6  0
```

Приложение 2
Рекомендуемое

Пример текста подпрограммы *ISTO*

```
C                ПОДПРОГРАММА     ISTO
C       ОПРЕДЕЛЯЕТ КОЛИЧЕСТВО ВЫДЕЛЕННОЙ ИЛИ ПОГЛОЩЕННОЙ ИСТОЧНИКОМ
C       ТЕПЛОТЫ   F   В ККАЛ (ИЛИ КДЖ)   В ЕДИНИЦУ ВРЕМЕНИ(ЧАС)   В
C       ФИКСИРОВАННОМ ЭЛЕМЕНТЕ   С КООРДИНАТАМИ   (I,J,K)
C       T-ТЕКУЩЕЕ   ВРЕМЯ   ОТ   НАЧАЛА   РАСЧЕТА
        SUBROUTINE ISTO(I,J,K,T,F)
        IF((T.GT.15220).AND.(T.LT.154.0))GO TO 10
        GO TO 11
   10   IF ((((K.EQ.3).AND.((J.EQ.3).OR.(J.EQ.5))).OR.((J.EQ.4).AND.
       #(K.EQ.5))).AND.(I.LE.7)) GO TO 12
        GO TO 11
   12   IF (I.LE.6) F=16666.6
        IF (I.EQ.7) F=25000.0
   11   CONTINUE
        RETURN
        END
```

Приложение 3
Обязательное

Текст программы *PROGNOZ-3S* с результатами расчета контрольного примера приложения I

Раздел *MAIN3S* содержит подпрограммы *MAIN* и *BLOCK DATA*, составленные для решения контрольного примера приложения I.

Вызов программы на счет из библиотеки исходных модулей имеет вид:

```
//       JOB
// CLASS=G,MSGLEVEL=1,TIME=1S
//   EXEC FORTHCLG,PARM.FORT='OPT=02',
//    REGION.FORT=300K,REGION.LKED=300K,REGION.GO=100K
//FORT.SYSIN DD DSN=BIBL4.S(MAIN3S),
//   VOL=SER=DTN003,DISP=SHR,UNIT=3061
//            DD DSN=BIBL4.S(CRUN3S),
//   VOL=SER=DTN003,DISP=SHR,UNIT=3061
//            DD DSN=BIBL4.S(MNS),
//   VOL=SER=DTN003,DISP=SHR,UNIT=3061
//            DD DSN=BIBL4.S(FIND),
//   VOL=SER=DTN003,DISP=SHR,UNIT=3061
//            DD DSN=BIBL5.S(HF),
//   VOL=SER=DTN003,DISP=SHR,UNIT=3061
```

Здесь: *BIBL4.S* – имя библиотеки исходных модулей
DTN03 – имя тома.

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

```
871016
DSN=HIBL4,S                                    *** MAIN35 ***
      DIMENSION H(7,8,6),UN(7,8,6),HNOV(7,8,6),J(7,8,6),
     #A1(3),B1(3),C1(3)
      INTEGER N(7,8,6)/336*3/,KL(8,6)/14*111,2*131,2*111,12*131,2*11
     #4*121,131,3*111,4*121,4*111/
      REAL HPRI(2)/-1.0,8760.0/
      CALL WNS(3,A1,B1,C1)
      TKON=87601.0
      DO 1 K=1,6
      DO 1 J=1,8
    1 N(1,J,K)=1
      DO 2 K=1,6
      DO 2 J=3,8
      DO 2 I=2,5
    2 N(I,J,K)=2
      DO 3 K=1,6
      DO 3 J=1,8
      U(1,J,K)=-0.1
      U(2,J,K)=-0.4
      U(3,J,K)=-1.0
      U(4,J,K)=-1.2
      U(5,J,K)=-1.4
      U(6,J,K)=-1.4
    3 U(7,J,K)=-1.4
      CALL GRUND(1,7,8,6,1,12,3,1,TKON,A1,B1,C1,N,KL,U,1,4,3,2,HPRI
     #H,UN,HNOV,0)
      STOP
      END
C
C
C
C
C
      BLOCK DATA
      COMMON /RFIS/BCK(10),CCK(10),WC(10),UKR(10)
      DATA BCK/1390.0,1520.0,1500.0,7*.0/,CCK/.22,0.24,0.23,7*0/,
     #WC/0.25,0.22,0.27,7*0.0/,UKR/10*0.0/
      END
```

```
*1216
/*FTN4,S                          *** GRUMPS ***
      1        SUBROUTINE GRUMPS(NSL,NI,NJ,NF,NT,LI,L,M1,TK(M),AX,AK,CL,...,NL,P,
      2       #IA,JA,KA,IVE,IPRI,H,CA,MAXV,*5*)
      3        DIMENSION IA(NI,NJ,NK),Z(100),R(100),SK(10),
      4       1C(AL(10),C(10)),TLM(10),TLT(10),TI(100),HJ(100),H((10),C T(10),
      5       2TR(10),U( I,NJ,NK),TB(30,10),BB(30,10),AL(30,10),TI((1),
      6       3KL(NJ,NK),AR(10),PK(5),JP(10),IC(100),CP(10)),CPI((1,1),
      7       4AX(NSL),BB(NSL) ,CX(NSL),DX(NI,NJ,NK),H(NI,NJ,NK),HO((I,NJ,NK)
      8        COMMON /R-IS/SCK(10),CCK(10),WC(10),IKR(10)
      9        COMMON /C BB/X(10),R(10),C(10)
     10        COMMON /C ,IST/NV,CL,CB,TRP,TA
     11        COMMON  /T BL/ FT(50,10),F510(10,10),F25(10,10),FO2(10,1,),
     12       #H1(10),I2(10)
     13        RV=1
     14        CL=2,.234
     15        CB=4,1168
     16        TRP=3*,.2*4
               PH=3.6
     17        IF (NSI,E,.1) GO TO 1
     18        CL=,.5
     19        CB=1,.
     20        TRP=8[,0
               PH=1,3
     21        TA=-273,0
     22        TPER=1760,0
     23        DO 18, I=1,NSL
     24        A(I)=A((I)
     25        B(I)=B((I)
     26     18) C(I)=C((I,
     27        DO 214 K=1,NSL
     28        DO 217 I=1,5J
     29        UL1=-2,
     30     217 FT(I,,K)=IF(K,UL1)
     31        DO 213 I=1,10
     32        UL1=-5,0-  ,5*IM
     33     213 F510(I,K)=IF(K,UL1)
     34        DO 219 IM=1,15
     35        UL1=-2,0-,,2*IM
     36     219 F25(IM,K)=IF(K,UL1)
     37        DO 22[ IM=1,2)
     38        UL1=-,,1*IM
     39     22) FO2(IM,K)=IF(K,UL1)
     40     210 CONTINUE
     41     191 FORMAT (13F6.2)
     42     192 FORMAT (12F6.2)
     43     193 FORMAT (6F12,2)
     44     194 FORMAT (27I3)
     45        READ 131,(TLM(I),I=1,NSL),(TLT(I),I=1,NSL),(HI(I),I=1,II),
     46       #(HJ(I),I=1,NJ),(HK(I),I=1,NK),(G-T(I),I=1,II)
     47        READ 133,(TI(I),I=1,NT)
     48        READ 132,((IB(I,J),I=1,LI),J=1,M),((BB(I,J),I=1,LI),J=1,M),
     49       #((AB(I,J),I=1,LI),J=1,M),(IB*K(I),I=1,II),TOJ,TOJ2,TOK,TOK
     50)       READ 134,(AR(I),I=1,M),(WK(I),I=1,5),(JP(I),I=1,JP),(CP(I),I=1,P )
     51       #,(IP(I),I=1,IP)
     52        T=0,0
     53        IT=1
     54        KT=1
     55        T2=TPER/LI
     56        HI=SHI(II)
     57     133 FORMAT(5X,2HK=,I3,2X,F7.2,1H",2X,8HSPEED I=,F2.2,5HACCO,,
     58       12X,1H=,2X,I1,7HEPROAA,I3,2H"HTEPRA,1A,F7.2,4HIACA)
     59     134 FORMAT(2X,12HS10KK CO J  ,I5,14I2)
     60     135 FORMAT(2X,12H10 I / METOR,12(7.2)
     61     136 FORMAT (2*,I5,17F7.2)
     62     160 FORMAT (5X,2HJ=,I3,2X,F7.2,1H",2X,8HSPEED I=,F2.2,5HACCO,
```

```
'S.=1'.L=,S                          *** CRUYAS ***

      12A,1H=,2(,I1,7HPEP!-A),T3,9H'HTEPP1'A,F7.2,=HACA)
   1( FLR AT (2A,1215^OK!-DO ,  , 5,16I7)
   1A2 FLR AT (5A,'11=,I3,-A,F? 2,1H ,2X,3HPEIR T=,F9.2,5H(---9,
      12A,1H=,2X,I1,7HPEP CHA,T3,9H'HTEPP1'A,F7.2,=HACA)
   1A3 FL( AT (2X,12HO J ' HETPB,17F7.5)
       DO > I=1, 5I
       II(I)=IF( ,IK((I))-15.0
       H2(I)=H((.)+TFP* FO'(I)*(HO(I) -'(I)/(B(I)-IKP(I))-C(I))+13.0
       C1A(I)=1.-(I)*(CLK(I)+HO(I)*C(I)
     5 C=(I)=CLK(I)+1/*CL* C(I)+C(I)*(C3-RV*CL)
       DO 3 (=1, 
       DO 0 J=1, 1
       DO 0 K=1, I
       BV=H1(I)* J(J)* K(K)
       I1= (,,J, )
       HL=H(I,J, )
       IF (UL.LT.(IK1( 1)-0.001)) GO TO 7
       IF (UL.GT.(IK1( 1)+0.001)) GO TO 6
       GO TO 3
     7 H(I,J,K)= P(I,,L)
       GO TO 5
     6 H(I,J,K)=(0 5*(H1(K1)+H2( 1)))
       GO TO 5
     3 H(I,J,K)=(1,(.1)+CT L(H1)*(UL-IK1(1)))
     5 CONTINUE
       TPH=2
       TH=IP?I(.)
       SK(1)=IK(1)
       IF (NK.EQ.1) GO TO 175
       DO 13) K=2,NK
   13  SK( )=SK(K-1)+I(K)
  175  DO 13) K=1,NK
  173  SK(K)=SK(K) 0.5*IK(K)
       H(1)=J(1)
       IF (NJ.EQ.1) GO TO 176
       DO 135 J=2,NJ
  135  H(J)=(J-1)+HJ(J)
  176  DO 14( J=1,NJ
  141  Z(J)= (J)-0.5*(J(J)
       Z(1)=I(1)
       IF (NI.EQ.1) GO TO 177
       DO 141 I=2,NI
  141  Z(I)=Z(I-1)+HI(I)
  177  DO 142 I=1,NI
  142  Z(I)=Z(I)-0.5*HI(I)
   11 FLRMAT (2  ,17HPELAETCA ZAJAYA ?,I3,11H IZMCPEHIJX)
   12 FLRMAT (15X,15HHAPPABJEH'E OCE?,6X,1HK)
   13 FLRMAT (11(,3JX,6H0----J)
   14 FLRMAT (31X,1HZ)
   22 FLRMAT (3JX,1II)
   23 FLRMAT (10(,23HIAG PO BPEMEH: B HACAX,(8F11.2))
   24 FLRMAT (1 X,17HPAHHHA IZMEHEHIJ,5X,(8F11.2))
   25 FLRMAT (1(,9X,17HHPCLO BLOKOB PO I,I4)
   26 FLRMAT (2X,12HOMEP  BJOKA,I4,15I7)
   27 FLRMAT (2X,12HPAZMEP BJOKA,16F7.2)
   28 FLRMAT (2X,12HKOOPD ZENTPA,16F7.2)
   29 FLRMAT (1(,9X,17HHPCLO BLOKOB PO J,I4)
   31 FLRMAT (1(,9X,17HHPCLO BLOKOB PO K,I4)
   35 FLRMAT (1(,14X,21HYCLOBIJ  HA  PPAHPAX)
   34 FLRMAT (3(,1HK/J,I4,23I4)
   35 FLRMAT (2X,I4,24I5)
   36 FORMAT (5X,12HHDP XYZW ECJH X=0-HET HCTOHHHKA)
   37 FLRMAT (20X,25HY - HOMEP  TIPA HCTOHHHKA)
   38 FLR AT (20X,49H2 - HOMEP JOIH KPAEBHX YCJOBIJ HA BEPXHEJ PPAHI
```

```
JS:=BIBL4,S                          *** GRUNTS ***
    37 FORMAT (2X,131,' - ТОЧЕ НА П('ЖЕЕ')
    40 FORMAT (1H0,21X,18НЧА ЧЕРХНЕ' ГРЯ'ЛЕ)
    41 FORMAT (2X,19НОМЕР ЗОНЫ / ЧЕСЧЫ ,I4,1417)
    43 FORMAT (2X,16,4X,9НТЕЧЛ ВОЗД,15F7.2)
    46 FORMAT (12X,9НСОГРСТ/ВЛ,15F7.2)
    47 FORMAT (12X,9НТСЛ/ССТА ,15F7.2)
    48 FORMAT (2X,24НПРОАС/ЧАТЕЛЬНОСТЬ ЧЕССНА,F9.2,5Н ЧАСА)
    49 FORMAT (2X,24НТЕРМОДИНАМОСТЬ ЗЧЕЛНІ ЦЧ,F7.2,2,4Н ЧАС)
   121 FORMAT (1H0,19X,29НТЕЧПЕРАТУРА ЧА ЦЧЖЕЕ ГРЯЧЧ.Г)
   122 FORMAT (5X,10НТОЧЕР ЗОЧ ,I4,15I7)
   123 FORMAT (5X,10НТОЧГЕРАТ  ,15F7.2)
   124 FORMAT (15X,11НІА ЕОЖОВ'Х)
   125 FORMAT (2X,6НТВЈ=,F7.2,2X,5НТВЈК=,F7.2,2X,6НТВЈ=,F7.2,2X,6НТВЈ=,
     1    15F7.2)
    12 FORMAT (1H0,11Н ЧОЧЕР ОЗОВ.2Х,16Н06 ЧЕС ОК  С  УА,3Х,
     *25Н, С    Г  ЦЗ  ТСГГ Ч ГССС Т, 3Х,11Н,6Х,1НЈ,6Х,1НС)
   127 FORMAT (5X,I5,F12.2,5F7.3,                3F7.3)
   129 FORMAT (1.0,15X,28НЧАЧАЛЬНАЯ ТЕЧПЕРАТУРА ГРЯЧТА)
   130 FORMAT (12X,15I7)
   131 FORMAT (5X,15НСТ ГЗЧЛТ' РЕЗУЛЬТАТЫ ЧАС,(10I9,2))
   132 FORMAT (1H0,13X,2НК=,I3,2X,F7.3,1H )
   134 FORMAT (1H0,13X,2НЈ=,I3,2X,F7.3,1H )
   135 FORMAT (1H0,13X,2НІ=,I3,2X,F7.3,1H )
       L=2
       IF((NK.GT.1).AND.(NJ.GT.1))GO TO 150
       IF((NK.EQ.1).AND.(NJ.EQ.1)) L=1
       GO TO 151
   150 L=3
   151 PRINT 11,L
       PRINT 12
       PRINT 13
       DO 152 I=1,L
   152 PRINT 14
       PRINT 22
       PRINT   23,(SIT(I),I=1,NT)
       PRINT   24,(TR(I),I=1,NT)
       PRINT 25, I
       DO 153 L=1,NI,15
       LK=L+14
       IF(LK.GT.NI)LK=NI
       PRINT 26,(I,I=L,LK)
       PRINT 27,(II(I),I=L,LK)
   153 PRINT 28,(Z(I),I=L,LK)
       PRINT 29,NJ
       DO 154 L=1,NJ,15
       LK=L+14
       IF(LK.GT.NJ) LK=NJ
       PRINT 26,(J,J=L,LK)
       PRINT 27,(II(J),J=L,LK)
   154 PRINT 28,(R(J),J=L,LK)
       PRINT 30,NK
       DO 155 L=1,NK,15
       LK=L+14
       IF (LK.GT.NK) LK=NK
       PRINT 26,(K,K=L,LK)
       PRINT 27,(IK(K),K=L,LK)
   155 PRINT 28,(SK(K),K=L,LK)
       PRINT 33
       DO 157 L=1,NJ,24
       LK=L+23
       IF (LK.GT.NJ) LK=NJ
       PRINT 34,(J,J=L,LK)
       DO 157 K=1,NK
       I=NK-K+1
```

```
  157 PRINT 35,(I,(KL(J,I),J=L,LK))
      PRINT 36
      PRINT 37
      PRINT 38
      PRINT 39
      PRINT 40
      DO 158 K=1,M
      PRINT 41,(I,I=1,LI)
      PRINT 43,K,(TB(I,K),I=1,LI)
      PRINT 46,(RH(I,K),I=1,LI)
  158 PRINT 47,(AH(I,K),I=1,LI)
      PRINT 48,T2
      PRINT 49,TP,R
      PRINT 121
      PRINT 122,(I,I=1,M1)
      PRINT 123,(TBIK(I),I=1,M1)
      PRINT 124
      PRINT 125,TBJ,TBJK,TBK,TBKK
      PRINT 126
      DO 159 K=1,NSL
      PRINT 127,K,NCK(K),CCK(K),NC(K),UKR(K),TLM(K),TLT(K),
     2                    A(K),B(K),C(K)
  159 CONTINUE
      PRINT 129
      IF (KP(1).EQ.0) GO TO 169
      DO 170 LP=1,KN
      K=KP(LP)
      PRINT 132,K,SK(K)
      DO 170 L=1,NJ,16
      LK=L+15
      IF (LK.GT.NJ) LK=NJ
      PRINT 134,(I,J=L,LK)
      PRINT 135,(R(J),J=L,LK)
      DO 170 I=1,NI
      PRINT 136,(I,Z(I),(U(I,J,K),J=L,LK))
  170 PRINT 130,(N(I,J,K),J=L,LK)
  169 IF (JP(1).EQ.0) GO TO 171
      DO 172 LP=1,JN
      J=JP(LP)
      PRINT 164,J,R(J)
      DO 172 L=1,NK,16
      LK=L+15
      IF (LK.GT.NK) LK=NK
      PRINT 161,(K,K=L,LK)
      PRINT 135,(SK(I),I=L,LK)
      DO 172 I=1,NI
      PRINT 136,(I,Z(I),(U(I,J,K),K=L,LK))
  172 PRINT 130,(N(I,J,K),K=L,LK)
  171 IF (IP(1).EQ.0) GO TO 173
      DO 174 LP=1,IN
      I=IP(LP)
      PRINT 110,I,Z(I)
      DO 174 L=1,NK,16
      LK=L+15
      IF (LK.GT.NK) LK=NK
      PRINT 161,(K,K=L,LK)
      PRINT 163,(SK(J),J=L,LK)
      DO 174 J=1,NJ
      PRINT 136,(I,R(J),(U(I,J,K),K=L,LK))
  174 PRINT 130,(N(I,J,K),K=L,LK)
  173 PRINT 131,(NPHI(I),I=2,INT)
   10 T=T+HI
  201 CONTINUE
      IF (T.GT.TKON) GO TO 15
```

C.62 PCH 67-87

```
0*1014                                  -  *  -

2S1*BIBL4,S                                  *** SRU%,*S ***

    255           IF ((I-KT*TPE(I),GT.0.)) *T=Y*+1
    256           IF (I-*2(*T)) 16,17,17
    257       17  II=IT+1
    258           HT=SHT(II)
    259       15  T3=*-(*T-1)*T*E(
    260           IF(I=1
    261           IF(I3-*JP*T*) 19,19,20
    262       20  I=I  )+1
    263           GO TO 18
    264       19  T4=(3-*IA(-1)*T2
    265       21  DO 31 *=1,*
    266           DO 32 J=1,  (
    267           IX=*L(J,*)
    268           *=IX/10-*(*/10)*10
    269           *=I*-IX/1)*10  -
    270           DO 30 I=1,*(
    271           *1=*(*,J, )
    272           H*=H(I,J,*)
    273           JL=J(I,J,K)
    274           IF (H*-H1(*(1)) 51,52,52
    275       51  TL=TL*(*1)
    276           GO TO 53
    277       52  IF (H*-H2(*(1)) 45,45,44
    278       45  TL=0.5*(T  (*1)+TLT(*1))
    279           GO TO 53
    280       44  TL=TLT(*1)
    281       53  IF (I    -  ) 3) *0 54
    282       55  GO TO (56),I3
    283           T*1)=I3(I3R 1,*3)
    284           GO TO 57
    285       56  T*1)=I3(L1,*))
    286       57  U1=(B1)*(IB(I*,*L)-T*10))/T2*T*
    287           IJ=*R(1D)
    288           GO TO (59,5),60),IJ
    289       54  R1=TL/*I(1)*(U1-UL)*2
    290           GO TO 66
    291       59  R1=U1
    292           GO TO 66
    293       60  GO TO (61),I3(
    294           RB1J=R3(I3R-1,*3)
    295           AB1J=*B(I3R 1,*3)
    296           G  TO 62
    297       61  RB1J=RB(L*,*01
    298           AB1J=*B(LI,*))
    299       62  RB11=RB10+((B(I3R,*0)-RB1D)/T2*T4
    300           AL11=*B10+(AB(I3R,*0)-AB1D)/T2*T4
    301           R1=2/(*I(1) TL+2*(1/AB11+RB1 ))*(1-*L)
    302           GO TO 66
    303       54  U1=U(I-1,J, )
    304           U2=U(I-1,J, )
    305           HA2=H(I-1,J,K)
    306           IF (H 2-H1(*,2)) 63,64,64
    307       63  TL1=TL T(HA)
    308           GO TO 65
    309       64  TL1=TL*(*2)
    310           IF (HA2.LE.I*(*2)) TL1=0.5*(TL*(*2)+TL1)
    311       65  UX=II(I-1)+II(I)
    312           R1=2*(*I(I-1)*TL1+HI(I)*TL)/(UX+*)*(1-*L)
    313       66  IF (I-II) 67,*3,67
    314       67  U2=U(I+1,J, )
    315           U2=*(I+1,J, )
    316           HA2=H(I+1,J,K)
    317           IF (H 3-H1(*,2)) 6*,70,7*
    318       69  TL2=TL T(HA)
```

```
                                        *** GRJ*5 ***

          GO TO 71
       72 TL2=TLT(N2)
          IF (I .NE. 2) TL2=0.5*(TL1(N2)+TL2)
       71 UX=HJ(I+1)+HJ(I)
          R2=2*(HJ(I+1)*TL2+RT(I)*TL)/(UX*UX)*(U2-UL)
          GO TO 73
       69 U2=U3
          IF (M4(1)-1) 73,74,73
       74 R2=TL/HJ(1)*(U2-UL)**2
          GO TO 73
       72 R2=RJ2
       73 IF (J.NE.1) GO TO 75
          U3=TBJ
          IF (MK(2)-1) 78,77,78
       77 R3=TL/HJ(1)*(U3-UL)**2
          GO TO 79
       78 R3=TBJ
          GO TO 79
       75 U3=V(I,J-1,K)
          N2=N(I,J-1,K)
          MA2=M(I,J-1,K)
          IF (MA2-M1(N2)) 80,81,81
       80 TL3=TL1(N2)
          GO TO 82
       81 TL3=TLT(N2)
          IF (MA2.LE.M2(N2)) TL3=0.5*(TL1(N2)+TL3)
       82 UX=HJ(J-1)+HJ(J)
          R3=2*(HJ(J-1)*TL3+HJ(J)*TL)/(UX*UX)*(U3-UL)
       79 IF (J.NE.  J) GO TO 83
          U4=TBJK
          IF (MK(3)-1) 84,85,84
       85 R4=TL/HJ(1)*(U4-UL)**2
          GO TO 90
       84 R4=TBJK
          GO TO 90
       83 U4=V(I,J+1,K)
          N2=N(I,J+1,K)
          MA2=M(I,J+1,K)
          IF (MA2-M1(N2)) 87,88,88
       87 TL4=TL1(N2)
          GO TO 89
       88 TL4=TLT(N2)
          IF (MA2.LE.M2(N2)) TL4=0.5*(TL1(N2)+TL4)
       89 UX=HJ(J+1)+HJ(J)
          R4=2*(HJ(J+1)*TL4+HJ(J)*TL)/(UX*UX)*(U4-UL)
       90 IF (K.NE.1) GO TO 91
          U5=TBK
          IF (MK(4)-1) 92,93,92
       93 R5=TL/HK(1)*(U5-UL)**2
          GO TO 98
       92 R5=TBK
          GO TO 98
       91 U5=V(I,J,K-1)
          N2=N(I,J,K-1)
          MA2=M(I,J,K-1)
          IF (MA2-M1(N2)) 95,96,96
       95 TL5=TL1(N2)
          GO TO 97
       96 TL5=TLT(N2)
          IF (MA2.LE.M2(N2)) TL5=0.5*(TL1(N2)+TL5)
       97 UX=HK(K-1)+HK(K)
          R5=2*(HK(K-1)*TL5+HK(K)*TL)/(UX*UX)*(U5-UL)
       98 IF (K.NE.KK) GO TO 99
          U6=TBKK
```

```
8*1016                                  -  7  -
CS(*SIBL4,S                          *** GRUMPS ***

      IF (MK(S)-1) 100,101,100
  101 R6=IL/IK(IK)*(U6-LL)*2
      GO TO 103
  100 R6=T3*K
      GO TO 103
   99 U6=U(I,J,K+1)
      H2=H(I,J,K+1)
      HN2=HN(I,J,K+1)
      IF (HN2-H1(N2)) 104,105,105
  104 TL6=TL1(I2)
      GO TO 106
  105 TL6=TLT(N2)
      IF (H 2.LE.I2(N2)) TL6=0.5*(TL1(I2)+TL6)
  106 UX=IK(K+1)*IK(K)
      R6=2*(IF(K+1)*TL6+HY(K)*TL)/(U(K)*UX)*(U6-LL)
  103 CONTINUE
      F=J.0
  108 HNOV(I,J,K)=(1+MT*(R1+R2)/I2(I)+(R3+R4)/IJ(J)+(R5+R6)/ K(K+1)*2.0
      HN1=HNOV(I,J,K)
      IF (H 1-H1(N1)) 111,112,112
  112 IF (HN1-H2(N1)) 113,113,114
  113 UL1=UK1(I1)
      GO TO 115
  114 UL1=(HN1-I2(N1))/CTAL(N1)+UK0(I1)
      GO TO 115
  111 IF ((A(N1),EQ,0,0) AND.(C(N1),EQ,C,)) GO TO 4
      CALL FIND(HN1,N1,LL1)
      GO TO 115
    4 UL1=HN1/J1(N1)*TK+TK
  115 UN(I,J,K)=UL1
   50 CONTINUE
   32 CONTINUE
   31 CONTINUE
      DO 42 K=1,IK
      DO 42 J=1,II
      DO 42 I=1,II
      U(I,J,K)=UNOV(I,J,K)
      H(I,J,K)=HNOV(I,J,K)
   42 CONTINUE
      IF (T.LT.(TPR-0.01)) GO TO 10
      IF (HPRI(I).GT.0.0) IPR=IPR+1
      TPR=TPR+HPRI(IPR)
    3 KTP=KT-1
      IBRP=IBR-1
      IF (KP(1).EQ.0) GO TO 143
      DO 143 LP=1,KM
      K=KP(LP)
      DO 145 I=1,NI
      DO 145 J=1,NJ
      N1=N(I,J,K)
      HN1=H(I,J,K)
      IF ((HN1(N1).LE.HN1).AND.(HN1.LE.H2(N1)))
     1UN(I,J,K)=700.0+100*(HN1-H1(N1))/(H2(N1)-H1(N1))
  145 CONTINUE
      PRINT 133,K,SK(K),T,KTP,IBRP,T4
      DO 143 L=1,NJ,16
      LK=L+15
      IF (LK.GT.NJ) LK=NJ
      PRINT 134, (J,J=L,LK)
      PRINT 135, (R(J),J=L,LK)
      DO 143 I=1,NI
      PRINT 136,(I,Z(I),(UN(I,J,K),J=L,LK))
  143 CONTINUE
      IF (JP(1).EQ.0) GO TO 165
```

```
      DO 165 LP=1,JN
      J=JP(LP)
      DO 148 K=1,NK
      DO 148 I=1,NI
      N1=N(I,J,K)
      HN1=H(I,J,K)
      IF ((H1(N1).LE.HN1).AND.(HN1.LE.H2(N1)))
     1UN(I,J,K)=700.0+100*(HN1-H1(N1))/(H2(N1)-H1(N1))
  148 CONTINUE
      PRINT 160,J,R(J),T,KTP,IBRP,T4
      DO 165 L=1,NK,16
      LK=L+15
      IF (LK.GT.NK) LK=NK
      PRINT 161, (K,K=L,LK)
      PRINT 135, (SK(I),I=L,LK)
      DO 166 I=1,NI
  166 PRINT 136,(I,Z(I),(UN(I,J,K),K=L,LK))
  165 CONTINUE
      IF (IP(1).EQ.0) GO TO 167
      DO 167 LP=1,IN
      I=IP(LP)
      DO 149 K=1,NK
      DO 149 J=1,NJ
      N1=N(I,J,K)
      HN1=H(I,J,K)
      IF ((H1(N1).LE.HN1).AND.(HN1.LE.H2(N1)))
     1UN(I,J,K)=700.0+100*(HN1-H1(N1))/(H2(N1)-H1(N1))
  149 CONTINUE
      PRINT 162,I,Z(I),T,KTP,IBRP,T4
      DO 167 L=1,NK,16
      LK=L+15
      IF (LK.GT.NK) LK=NK
      PRINT 161,(K,K=L,LK)
      PRINT 163,(SK(J),J=L,LK)
      DO 168 J=1,NJ
  168 PRINT 136,(J,Z(J),(UN(I,J,K),K=L,LK))
  167 CONTINUE
      GO TO 10
   15 CONTINUE
      RETURN
      END
```

```
71016                                                    - 1 -
*
*BIBL4.S                                   *** WNS ***

      SUBROUTINE WNS(N,A,B,C)
      DIMENSION A(N),B(N),C(N),T(3,10),W(3,10),Z(10,11),U(11)
   11 FORMAT (12F6.2)
      READ 11,((T(I,J),I=1,3),J=1,N)
      READ 11,((W(I,J),I=1,3),J=1,N)
    8 FORMAT (22X,7HWN(T1)=,F6.2,3X,7HWN(T2)=,F6.2,3X,7HWN(T3)=,F6.2)
      PRINT 16
      U(1)=-30.0
      DO 6 J=2,6
    6 U(J)=U(J-1)+5.0
      DO 5 J=7,11
    5 U(J)=U(J-1)+1.0
      DO 10 I=1,N
   13 W2=W(2,I)-W(3,I)
      U1=T(1,I)-T(3,I)
      W1=W(1,I)-W(3,I)
      U2=T(2,I)-T(3,I)
      IF (((-0.0001.LT.W2).AND.(W2.LT.0.0001)).OR.((-0.0001.LT.W1).AND.
     *(W1.LT.0.0001))) GO TO 2
      GO TO 24
    2 A(I)=0.0
      B(I)=0.0001
      C(I)=W(1,I)
      GO TO 4
   24 B(I)=(T(2,I)*W2*U1-T(1,I)*W1*U2)/(W2*U1-W1*U2)
      A(I)=W1*(B(I)-T(1,I))*(B(I)-T(3,I))/U1
      C(I)=W(3,I)-A(I)/(B(I)-T(3,I))
    4 DO 3 J=1,11
    3 Z(I,J)=A(I)/(B(I)-U(J))+C(I)
   10 CONTINUE
   16 FORMAT (T41,'НЕЗАМЕРЗШАЯ ВОДА ПО СЛОЯМ')
   17 FORMAT (2H0,T25,'ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ                    ',30X,'ВЫЧИСЛЕННЫЕ КОЭФ
     *ФИЦИЕНТЫ КРИВОЙ')
   18 FORMAT (1H0,11X,4HСЛОЙ,I3,6X,4HT1 =,F6.2,6X,4HT2 =,F6.2,6X,4HT3 =,
     *F6.2)
   19 FORMAT (22X,7HWN(T1)=,F6.2,3X,7HWN(T2)=,F6.2,3X,7HWN(T3)=,F6.2,3X,
     *2HA(,I2,2H)=,F8.4,4X,2HB(,I2,2H)=,F8.4,4X,2HC(,I2,2H)=,F8.4)
      PRINT 17
      DO 20 I=1,N
      PRINT 18,(I,T(1,I),T(2,I),T(3,I))
   20 PRINT 19,(W(1,I),W(2,I),W(3,I),I,A(I),I,B(I),I,C(I))
   21 FORMAT (2H0,T40,'КОНТРОЛЬНАЯ ТАБЛИЦА ЗНАЧЕНИЯ WN ОТ T')
   22 FORMAT (1H0,14X,2HT=,7X,11F7.2)
   23 FORMAT (11X,4HСЛОЙ,I3,6X,11F7.2)
      PRINT 21
      PRINT 22,U
      PRINT 23,((I,(Z(I,J),J=1,11)),I=1,N)
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE FIND(HN1,N1,UL1)
      COMMON /TABL/ FT(50,10),F510(10,10),F25(15,10),F02(20,10),
     #H1(10),H2(10)
      IF (HN1.GT.FT(30,N1)) GO TO 201
      IF (HN1.GT.FT(40,N1)) GO TO 202
      ML=41
      ML=50
      GO TO 203
  202 ML=31
      ML=40
  203 DO 204 IN=ML,MU
      IF (HN1.GE.FT(IN,N1)) GO TO 205
  204 CONTINUE
  205 WA=FT(IN,N1)
      WB=FT(IN-1,N1)
      XA=-IN
      XB=-IN+1
      GO TO 200
  201 IF (HN1.GT.FT(10,N1)) GO TO 206
      IF (HN1.GT.FT(20,N1)) GO TO 207
      ML=21
      ML=30
      GO TO 203
  207 ML=11
      ML=20
      GO TO 203
  206 IF (HN1.GT.FT(2,N1)) GO TO 208
      IF (HN1.GT.FT(5,N1)) GO TO 209
      DO 210 IN=2,10
      IF (HN1.GE.F510(IN,N1)) GO TO 211
  210 CONTINUE
  211 WA=F510(IN,N1)
      WB=F510(IN-1,N1)
      XA=-5.0-0.5*IN
      XB=XA+0.5
      GO TO 200
  209 DO 212 IN=2,15
      IF (HN1.GE.F25(IN,N1)) GO TO 213
  212 CONTINUE
  213 WA=F25(IN,N1)
      WB=F25(IN-1,N1)
      XA=-2.0-0.2*IN
      XB=XA+0.2
      GO TO 200
  208 IF (HN1.GE.F02(1,N1)) GO TO 216
      GO TO 217
  216 WA=F02(1,N1)
      WB=H1(N1)
      XA=-0.1
      XB=0.0
      GO TO 200
  217 DO 214 IN=2,20
      IF (HN1.GE.F02(IN,N1)) GO TO 215
  214 CONTINUE
  215 WA=F02(IN,N1)
      WB=F02(IN-1,N1)
      XA=-0.1*IN
      XB=XA+0.1
  200 UL1=(HN1-WA)/(WB-WA)*(XB-XA)+XA
      RETURN
      END
```

C.68 PCH 67-87

S/=BIBL4,S *** HF ***

```
      FUNCTION HF(N,U1)
      COMMON /RFIG/BCK(10),CCK(10),WC(10),UKR(10)
      COMMON /COEF/A(10),B(10),C(10)
      COMMON /CONST/RV,CL,CB,TFR,TK
      D=B(N)
      D1=TK-D
      D2=D1-TK
      HF=BCK(N)*((CCK(N)+RV*CL*WC(N)+C(N)*(CB-RV*CL))*D2+A(N)*
     3((RV*CL-CB)*ALOG(ABS((D1-D)/D1))+TFR*D2/((D1-D)*D1)))
      RETURN
      END
```

С О Д Е Р Ж А Н И Е

I. Общие положения 2
2. Алгоритм и структура программы 4
2.I. Математическая постановка задачи 4
2.2. Алгоритм решения задачи 6
2.3. Структура программы I0
3. Подготовка исходных данных для расчета I3
3.I. Расчетная область I3
3.2. Разбивка области исследования I5
3.3. Начальные условия I7
3.4. Граничные условия I7
3.5. Физические и теплофизические свойства . . . 22
3.6. Дополнительные данные, необходимые для проведения расчета 23
4. Проведение расчета 26
4.I. Вызов и загрузка программы в ЭВМ 26
4.2. Составление программы *MAIN* и подпрограммы *BLOCK DATA* 27
4.3. Подготовка к вводу группы данных с перфокарт 30
4.4. Выходные данные 34
4.5. Подготовка данных для расчета по программе *PROGNOZ-2S* 35
4.6. Подготовка данных для расчета по программе *PROGNOZ-3N* 35
4.7. Подготовка данных для расчета по программе *PROGNOZ-2N* 43
4.8. Подготовка данных для расчета по программе *PROGNOZ-L* 43
Приложение I 46
Пример расчета 46
Исходные данные для расчета контрольного примера приложения I по программе *PROGNOZ-3S* . . 5I
Выдача на печать для контроля ввода начальных данных, подготовленных для расчета по программе *PROGNOZ-3S* контрольного примера приложения I 54

Приложение 2. Пример текста подпрограммы *ISTO* . . . 55
Приложение 3. Текст программы *PROGNOZ-3S*
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

gost.e-ecolog.ru