

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 Попов
("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 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 - пертикальная 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.).

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 ГСН 67-87

изменение относительных 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 *PROGNOZ* имеет 5 модификаций, изложенных в п. 2.3, составлена на языке "ФОРТРАН-IV" и предназначена для использования на ЕС ЭМ с операционной системой ОС ГС МУТ 6.1 и о памятью не менее 300 килобайт.

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

2. АЛГОРИТМ И СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ

2.1. Математическая постановка задачи

Процесс распространения тепла в грунте в трехмерном пространстве описывается уравнением

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

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

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

$$H(U) = \int_0^U [c(\xi) + q_p \delta(\xi - U^*)] d\xi,$$

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

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

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

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

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

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

C_w - удельная теплоемкость воды;

C_L - удельная теплоемкость льда;

α - теплота фазовых переходов;

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

$W_w(M, \xi)$ - незамерзшая вода при температура 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 заданы краевые условия:

на верхней границе (2)

а) температура окружающей среды:

$$u(M, t)|_{z=0} = f_0(x, y, t)$$

или

б) теплопоток

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

или

в) теплообмен по закону Ньютона

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

на нижней границе (3)
 температура окружающей среды

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

на боковых границах (4)
 постоянный теплопоток

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

Начальная температура грунта известна по всем параллелепипеду D :

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

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

2.2. Алгоритм решения задачи

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

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

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

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

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

$$H_{i,j,k}^{\ell+1} = H_{i,j,k}^{\ell} + \tau^{\ell} [(R_1 + R_2) h_i^{(x)} h_k^{(y)} + (R_3 + R_4) h_i^{(z)} h_k^{(y)} + (R_5 + R_6) h_i^{(z)} h_j^{(x)} + \Delta F_{i,j,k}^{\ell}], \quad (8)$$

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

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

$\Delta F_{i,j,k}^{\ell}$ - изменение энергии внутренних источников в объеме $\Delta V = h_i^{(z)} \times h_j^{(y)} \times h_k^{(x)}$ за время τ^{ℓ} .

Для краевых условий I рода соответствующее R_n граничных элементов равны:

$$R_n = 2 \times (M^{\ell} - u_{i,n}^{\ell}) \frac{h_i^{(m)} \lambda_1(u_{i,n}^{\ell})}{(h_i^{(m)})^2} = 2(M^{\ell} - u_{i,n}^{\ell}) \frac{\lambda_1(u_{i,n}^{\ell})}{h_i^{(m)}},$$

где $M^{\ell} = f_2(x_i, y_j, t^{\ell})$;

для краевых условий II рода

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

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

для краевых условий III рода

$$R_n = (M^{\ell} - u_{i,n}^{\ell}) \frac{1}{\frac{h_i^{(m)}}{2\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_{пов}} + R_{пов}^{(m)}} = (M^{\ell} - u_{i,n}^{\ell}) \frac{2}{\frac{h_i^{(m)}}{\lambda_1} + 2\left(\frac{1}{\alpha_{пов}} + R_{пов}^{(m)}\right)},$$

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

$$H(u) = \int_0^u C(\xi) + \alpha \rho_d (W_{lot} - W_w(u^*)) \delta(\xi - u^*) d\xi,$$

где $C(\xi)$ - теплоемкость грунта (рис. 1)

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

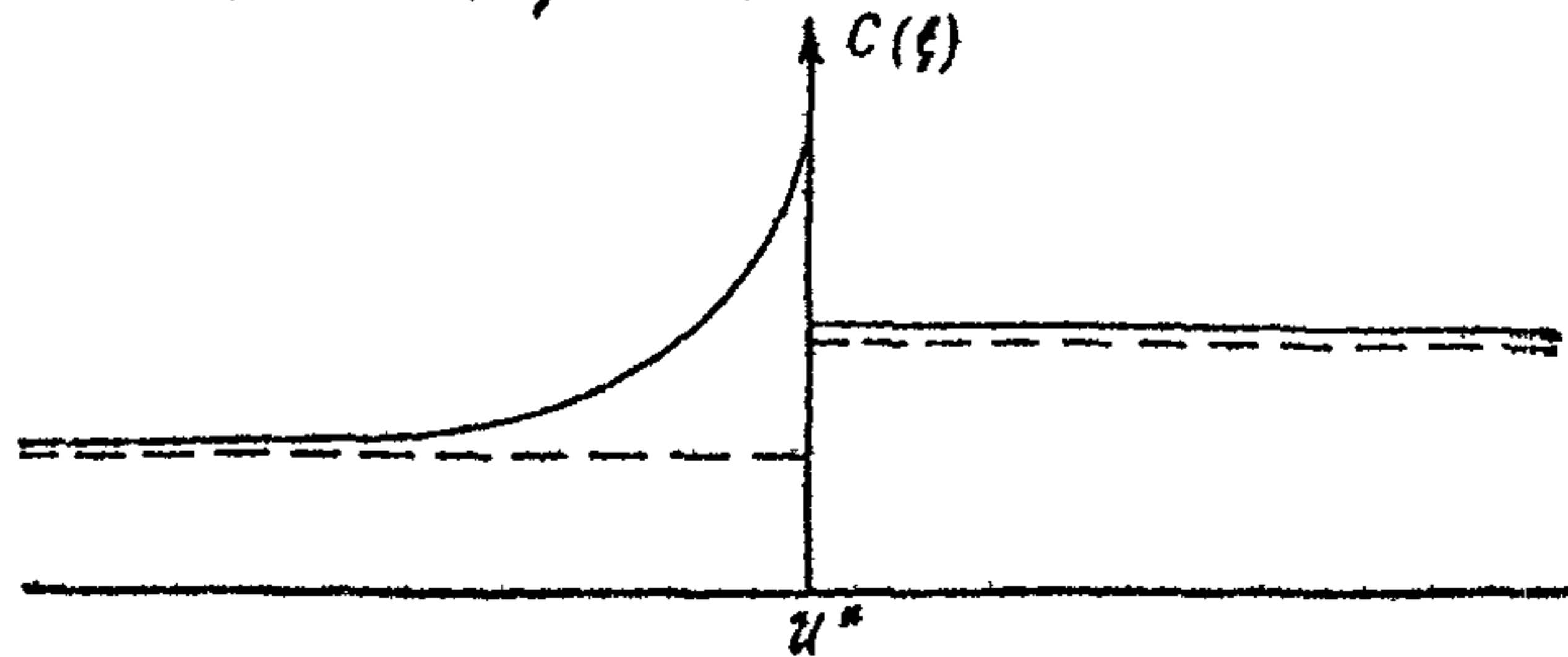


Рис. 1. График изменения теплоемкости по температуре

- без учета фазовых переходов в спектре отрицательных температур;
- то же с учетом фазовых переходов в спектре отрицательных температур.

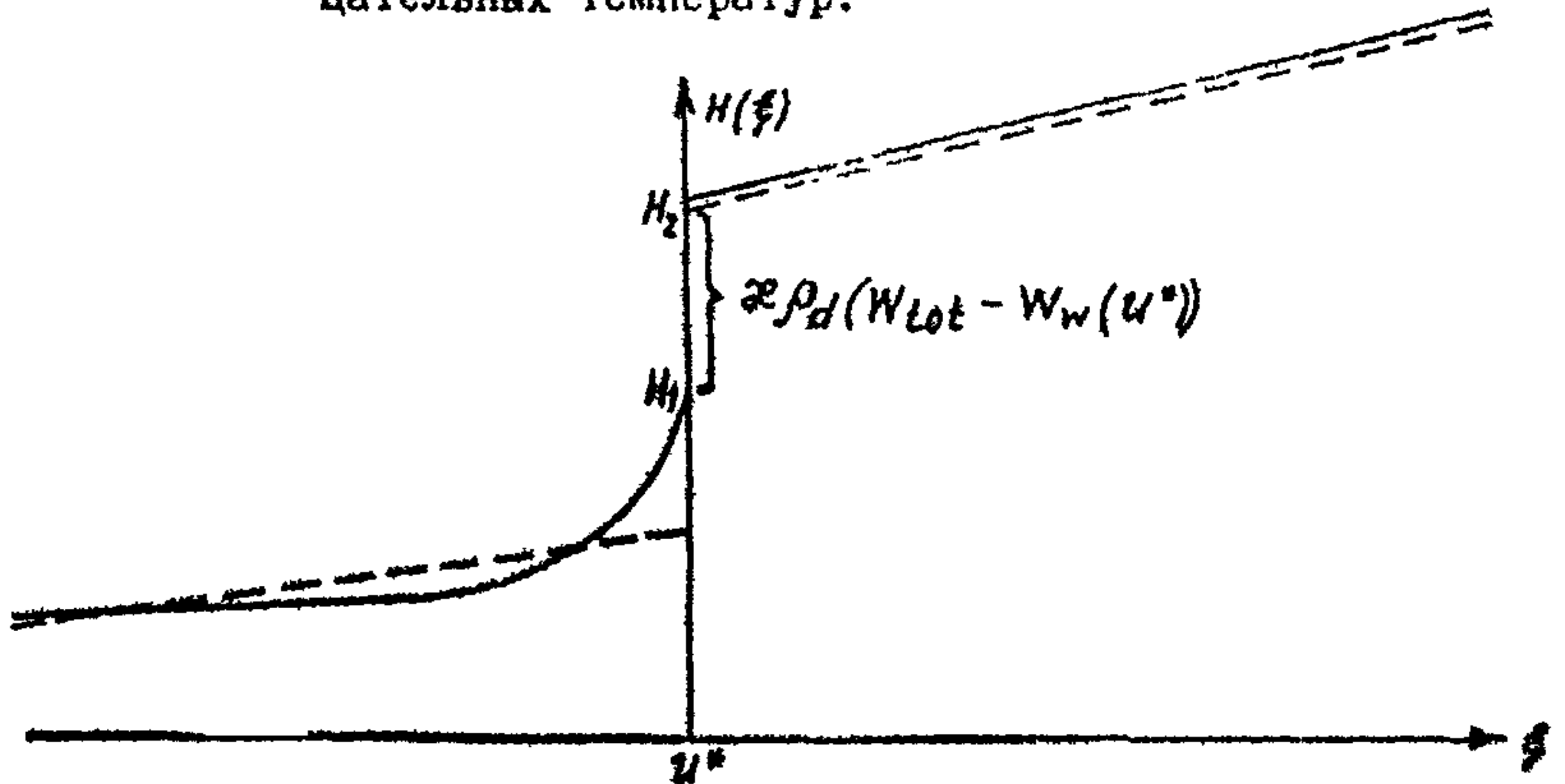


Рис. 2. График изменения энтальпии по температуре

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:

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

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

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

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

$$H(U^\circ) = \int_K^{U^\circ} C_{эф}(\xi) d\xi = \rho_d (C_d + 0.5(W_{tot} + M))(U^\circ - K) - A \rho_d \left[0.5 \ln \frac{|U^\circ - B|}{|K - B|} + \varkappa \frac{K - U^\circ}{(K - B)(U^\circ - B)} \right].$$

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 трех- мерные температурные поля в заданном массиве грунтов. Здесь используются подпрограмма-функция *HF* и подпрограмма *FIND*. $HF(N, U1)$ вычисляет энтальпию I м³ 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°C по всем грунтовым слоям, вычисленные с помощью функции *HF*.

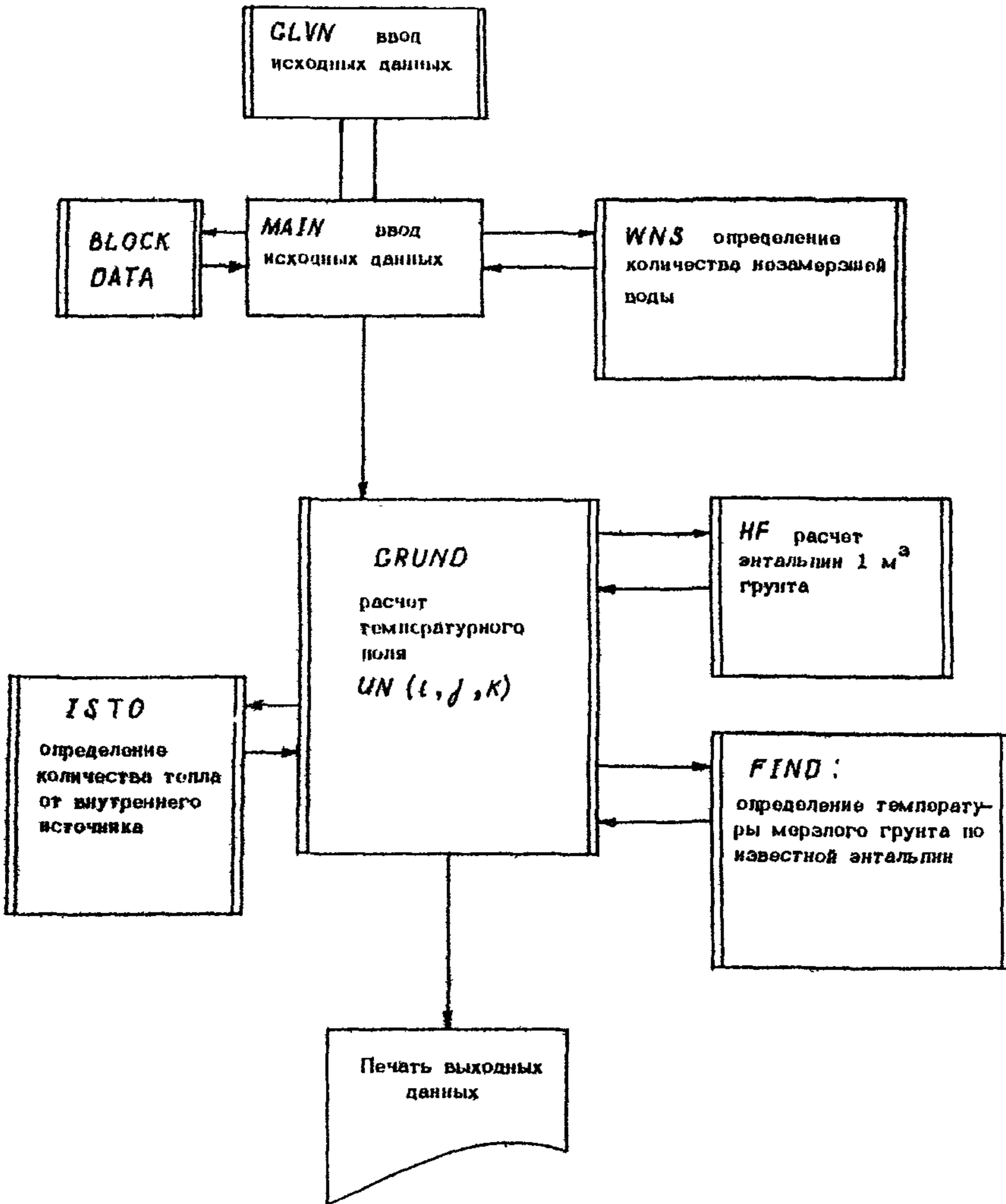


Рис 3. Межмодульные связи в программе PROGNOS

Подпрограмма $I S T O(i, j, k, t, F)$ 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 $I S T O$ в подпрограмме $GRUND$ (рекомендуемое приложение 2) следует заменить оператор $F = 0.0$ с номером 0000399 на обращение к подпрограмме $I S T O$:

$CALL I S T O(i, j, k, t, F).$

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

Пример текста подпрограммы $I S T O$ 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 перфогарт. Ввод данных осуществляется в подпрограмме *MAIN2N* и подпрограмме *SLUN2N*. Подпрограмма *BLOCK DATA* отсутствует. Максимальное количество элементов в расчетной области - 3000.

5. *PROGNOZ - L*

Решается двумерная 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, двумерной 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 M грунта определяется координатами (x, y, z) в прямоугольной системе координат. В ряде случаев задача может быть сведена к двумерной 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 двумерном - прямоугольник и в одномерном - прямая. Для создания объема в двумерной и одномерной областях задаются по направлениям, в которых размеры не определяются, единичные размеры, равные 1 м.

Область исследования фиксируется прямоугольной системой координат, с центром O 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 осями линиями тепловыделяющих объек-

тов. Величина ребер параллелепипеда определяет размер 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 области исследования должно быть в 2,5-3 раза больше, чем размеры самого здания в том же направлении.

Положение нижней грани (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 П-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 двумерной или одномерной.

Если задача симметрична, или может быть сведена к симметричной, то в трехмерной задаче плоскость (или плоскости) симметрии, а в двумерной 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 замещается 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 проводится 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, k) , где i определяет номер элемента по направлению оси Z , j - по направлению оси "X" и k - по направлению оси y .

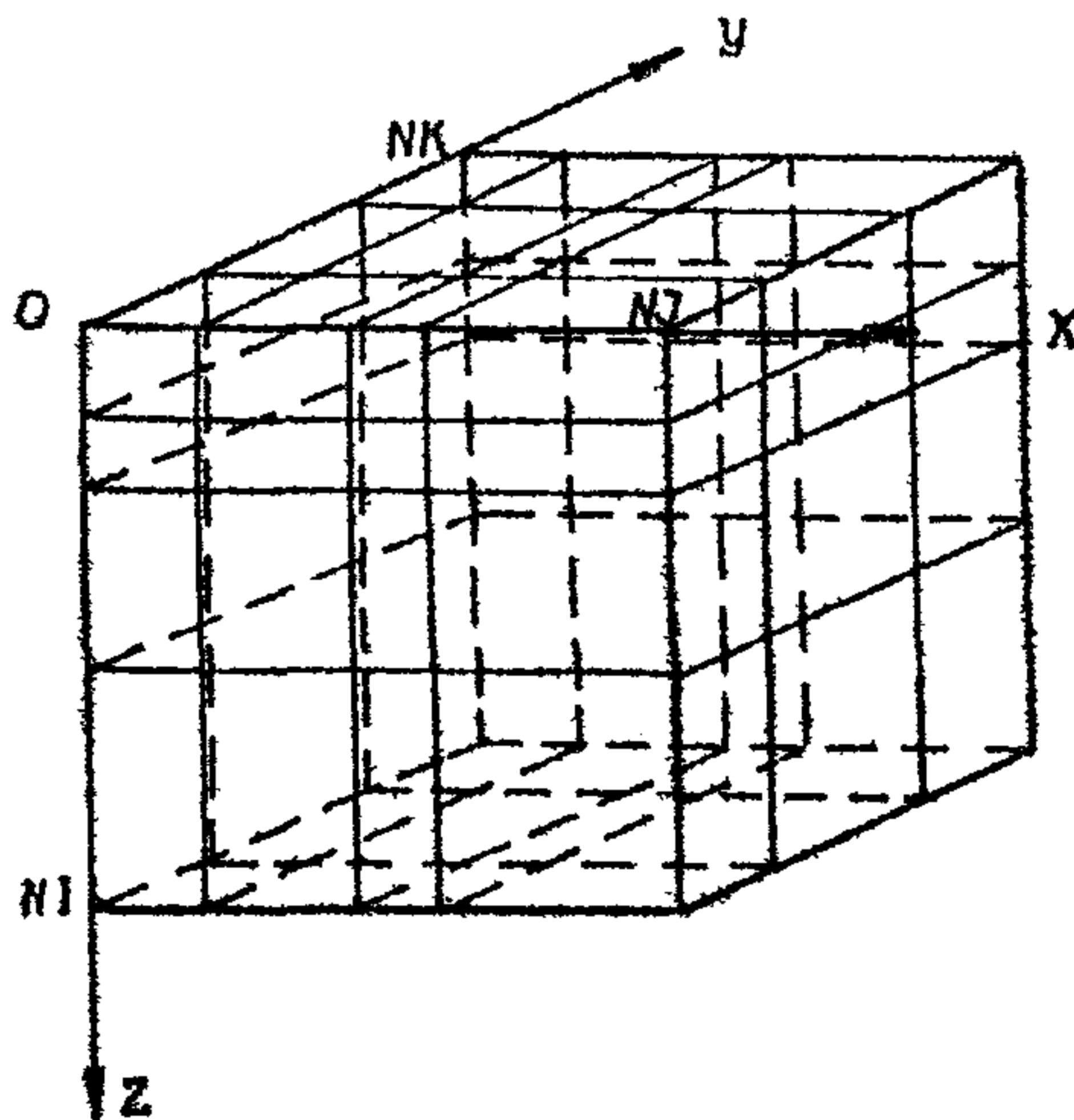


Рис. 4. Пример разбиения области исследования

Фиксируется число расчетных элементов по направлению осей.

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

При решении двумерной 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^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 $U^* \pm \epsilon$, где $\epsilon = 0,001^\circ\text{C}$.

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

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

$i \backslash j$	$j=1$	$j=2$	...	$j=NJ$
$i=1$	$u(1,1,1)$	$u(1,2,1)$	...	$u(1,NJ,1)$
$i=2$	$u(2,1,1)$	$u(2,2,1)$	...	$u(2,NJ,1)$
$i=3$	$u(3,1,1)$	$u(3,2,1)$	...	$u(3,NJ,1)$
.	.	.		.
.	.	.		.
.	.	.		.
$i=Ni$	$u(Ni,1,1)$	$u(Ni,2,1)$	...	$u(Ni,NJ,1)$

K=2

$i \backslash j$	$j=1$	$j=2$	...	$j=J$
$i=1$	$u(1,1,2)$	$u(1,2,2)$	...	$u(1,NJ,2)$
$i=2$	$u(2,1,2)$	$u(2,2,2)$	...	$u(2,NJ,2)$
$i=3$	$u(3,1,2)$	$u(3,2,2)$	...	$u(3,NJ,2)$
.	.	.		.
.	.	.		.
.	.	.		.
$i=Ni$	$(Ni,1,2)$	$(Ni,2,2)$	...	$(Ni,NJ,2)$

и т.д.

K=NK

$i \backslash j$	$j=1$	$j=2$	...	$j=J$
$i=1$	$u(1,1,NK)$	$u(1,2,NK)$	...	$u(1,NJ,NK)$
$i=2$	$u(2,1,NK)$	$u(2,2,NK)$	...	$u(2,NJ,NK)$
$i=3$	$u(3,1,NK)$	$u(3,2,NK)$	...	$u(3,NJ,NK)$
.	.	.		.
.	.	.		.
.	.	.		.
$i=Ni$	$u(Ni,1,NK)$	$u(Ni,2,NK)$	...	$u(Ni,NJ,NK)$

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

$$Q = \alpha (u_n - t_B),$$

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

α – коэффициент теплоотдачи с поверхности грунта,
 Вт/(м²·°С) ккал/(м²·°С·ч);

u_n – температура поверхности грунта, °С;

t_B – температура окружающей среды, °С.

Граничные 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 L_i . 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, °С;

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

для условий III рода задаются:

t_B – температура окружающей среды, °С;

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

м²·°С/Вт м²·ч·°С/ккал;

$\alpha_{\text{пог}}$ – коэффициент теплообмена, Вт/(м²·°С) ккал/(м²·ч·°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 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 II рода. Теплоток 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 $M \leq 9$.

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

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 (NI, j, K) области исследования.

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

Таблица 2

Номер зоны	Год крайних условий в зоне	месяц (или декада)	I П Ш IV . . . XII
		характеристики	
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 $\alpha, \text{ Вт}/(\text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, $\text{ ккал}/(\text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$	
2	I	Температура на поверхности грунта $t, ^\circ\text{C}$	
3	II	Теплоток $Q, \text{ кДж (ккал)}$	
4	III	Температура окружающей среды $t, ^\circ\text{C}$ Термическое сопротивление $R, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ($\text{ м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}/\text{ккал}$) Коэффициент теплообмена $\alpha, \text{ Вт}/(\text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, $\text{ ккал}/(\text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$	

и т.д. для каждой выделенной зоны.

Таблица 3

$j \backslash k$	$k=1$	$k=2 \dots \dots \dots$	$k=N_k$
$j=1$	$KL(1,1)$	$KL(1,2)$	$KL(1,N_k)$
$j=2$	$KL(2,1)$	$KL(2,2)$	$KL(2,N_k)$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$j=N_j$	$KL(N_j,1)$	$KL(N_j,2)$	$KL(N_j,N_k)$

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: $A \equiv 0, B > 1, C \equiv 0$.

После закрепления номеров за каждой литологической разностью заполняется табл. 5, структура которой повторяет табл. 1. Таблицей 5 за каждым элементом (l, j, k) , полученным при разбивке области исследования, закрепляется номер той литологической разности, которой он принадлежит.

Каждое значение $N(l, j, k)$ 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:

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

где Δt - шаг по времени, ч;

l - номер грунтовой разности;

NSL - число выделенных грунтовых разностей;

$C_M^{(l)} = \rho_d [C_d + \nu C_a W_{l,at}]$ - теплоемкость мерзлого грунта l -го слоя при $W_w = 0$, кДж/(м³·°С), ккал/(м³·°С);

W_w - количество незамерзшей воды, доли;

ρ_d - плотность сухого грунта, кг/м³;

C_d - удельная теплоемкость сухого грунта, кДж/(кг·°С), ккал/(кг·°С);

C_a - удельная теплоемкость льда, кДж/(кг·°С), ккал/(кг·°С);

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

K=I

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

K=2

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

и т.д.

K=NK

$i \backslash j$	$j=I$	$j=2^{\circ} \dots \dots \dots$	$j=NJ$
$i=I$	$N(I, I, K)$	$N(I, 2, K) \dots \dots \dots$	$N(I, NJ, NK)$
$i=2$	$N(2, I, K)$	$N(2, 2, K) \dots \dots \dots$	$N(2, NJ, NK)$
.	.	.	.
.	.	.	.
$i=Ni$	$N(Ni, I, K)$	$N(Ni, 2, K)$	$N(Ni, NJ, NK)$

W_{tot} - весовая влажность грунта, доли;

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

n - мерность области исследования, $1 \leq n \leq 3$;

Δh - размер ребра элемента.

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

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

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

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

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

Определяется $T_{кон}$ (час) - время окончания решения задачи. Задаются $T_1, T_2, T_3, \dots, T_p$ - время выдачи результатов расчета на печать (в часах). Время последней выдачи результата T_p обязательно меньше $T_{кон}$ 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.

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

$$И_{печ}^{(p-1)} = T_p - T_{p-1}.$$

Для последующего ввода в ЭВМ формируется одномерный массив $ИПРi$ 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 $ИПРi(1) = -1, 0$, $ИПРi(2) = И_{печ}$.

Если $INT = P+1$, то $ИПРi(1) = P$, $ИПРi(2) = T_1$,
 $ИПРi(3) = И_{печ}^{(1)}$, $ИПРi(4) = И_{печ}^{(2)}$ и т.д. $ИПРi(INT) = И_{печ}^{(p-1)}$.

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 $KW = 1$ 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. 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>, UNIT = SYSDA
// PKAR 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 РСН 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 ($NSL \leq 10$)
<i>NI</i>	Число элементов по направлению <i>i</i> , ($NI \leq 100$)
<i>NJ</i>	Число элементов по направлению <i>j</i> , ($NJ \leq 100$)
<i>NK</i>	Число элементов по направлению <i>k</i> , ($NK \leq 100$)
<i>NT</i>	Число изменений шага по времени ($NT \leq 10$)
<i>LI</i>	Число интервалов времени в периоде, во время которых задаются средние значения характеристик внешней среды на верхней границе ($LI \leq 36$)
<i>M</i>	Число зон с различными краевыми условиями на верхней границе ($M \leq 9$)
<i>M1</i>	Число зон с различными краевыми условиями на нижней границе ($M1 \leq 9$)
<i>TKON</i>	Время окончания счета (в часах)
<i>A1(NSL), 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 $NI \times NJ \times NK$ Номера слоев грунта в соответствующих элементах (см. табл. 5)
<i>KL(NJ, NK)</i>	Двухмерный массив размерностью $NJ \times NK$ Массив номеров зон краевых условий по элементам верхней и нижней границ (см. табл. 3)
<i>U(NI, NJ, NK)</i>	Трехмерный массив размерностью $NI \times NJ \times NK$ Начальная температура грунта по элементам (см. табл. 1)

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 K (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)
N(NI,NJ,NK)	Трёхмерный массив размерностью $NI \times NJ \times NK$ Значение энтальпии по элементам на текущем временном слое
UN(NI,NJ,NK)	Трёхмерный массив размерностью $NI \times NJ \times NK$ Температура грунта по элементам на следующем временном слое
HNOU(NI,NJ,NK)	Трёхмерный массив размерностью $NI \times NJ \times NK$ Значение энтальпии 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 N , UN , $HNOU$, 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,

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:

BCK(I0) – плотность сухого грунта, кг/м³;

ССК(I0) – удельная теплоемкость сухого грунта, кДж/(кг·°С), ккал/(кг·°С);

WC(I0) – суммарная влажность грунта в долях к весу абсолютно сухого грунта (доли);

UKR(I0) – 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 *WWS*, для каждой выделенной грунтовой разности. Если в программе *MAIN* обращения к подпрограмме *WWS* нет, то числовые данные для ввода готовятся только по табл. 6.

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·°C), ккал/(м·ч·°C)	Одномерный массив размерностью NSL. Теплопроводность мерзлого грунта по слоям в порядке их нумерации (см. табл. 4)
	TLT(NSL)		Вт/(м·°C), ккал/(м·ч·°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

1	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	°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 ·°C/Вт, м ² ·ч·°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 ·°C), ккал/(м ² ·ч·°C)	Двухмерный массив размерностью LI x M. Коэффициент конвективного теплообмена

1	2	3	4	5
	ТВК(М1)		°С	<p>на верхней границе при периодическом изменении по времени и зонам краевых условий в порядке их нумерации (см. табл. 2)</p> <p>Одномерный массив размерностью М1. Температура внешней среды по зонам нижней границы в порядке их нумерации</p>
	ТВЛ		Вт/(м ² ·°С), ккал/(м ² ·ч)	Простая переменная. Теплоток на левой боковой границе области исследования
	ТВЛК		Вт/(м ² ·°С), ккал/(м ² ·ч)	Простая переменная. Теплоток на правой боковой границе
	ТВК		Вт/(м ² ·°С), ккал/(м ² ·ч)	Простая переменная. Теплоток на ближней боковой границе
	ТВКК		Вт/(м ² ·°С), ккал/(м ² ·ч)	Простая переменная. Теплоток на дальней боковой границе
6	МР(М)	2713	б/р	Одномерный массив размерностью М. Род краевых условий по зонам верхней границы в порядке их нумерации (см. табл. 2)
	МК(5)		б/р	Одномерный массив размерностью 5. Род краевых условий соответственно по нижней, ближней, дальней, левой и правой границах

1	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 двумерное 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 двумерная 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:

$NK = 1$
 $IW = 1$
 $JW = 1$
 $KW = 1$
 $NK(1) = 1$

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)										Номер элемента по J	
		Время на момент печати											
кв	1	0.50ч		ВРЕМЯ 1ч		6.00.00чАСОВ		ОПЕРИОНА		ИНТЕРВАЛА		30.00чАСА	
БАОЧН ПО	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ПО I /	МЕТРЫ	МЕТРЫ	МЕТРЫ	МЕТРЫ	МЕТРЫ	МЕТРЫ	МЕТРЫ	МЕТРЫ	МЕТРЫ	МЕТРЫ	МЕТРЫ	МЕТРЫ	МЕТРЫ
1	0.50	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.70	11.57	10.75	9.08	8.27	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	3.68	3.68
3	2.50	758.68	758.68	758.68	758.50	758.68	757.90	754.66	740.62	721.60	709.77	709.77	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	-0.00	-0.00
5	4.50	766.90	766.90	765.11	768.22	768.91	770.14	769.64	767.43	765.47	763.02	763.02	763.02
6	5.50	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16	0.17	0.17	0.17
7	6.50	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.29	0.29	0.29
8	7.50	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.37	0.37	0.37	0.37	0.38	0.38	0.38
9	8.50	0.38	0.38	0.38	0.38	0.41	0.43	0.44	0.44	0.44	0.43	0.43	0.43
10	9.50	0.41	0.41	0.41	0.41	0.44	0.46	0.47	0.47	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	0.45	0.45
12	11.50	0.40	0.40	0.40	0.40	0.41	0.44	0.43	0.43	0.42	0.42	0.41	0.41
13	12.50	0.36	0.36	0.36	0.36	0.37	0.38	0.37	0.37	0.34	0.33	0.34	0.34
14	13.50	0.30	0.30	0.30	0.30	0.31	0.31	0.31	0.31	0.29	0.27	0.27	0.27
15	14.50	0.23	0.23	0.23	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.22	0.17	0.15	0.15

Положение центра элемента
Номер элемента (блока) по I

$U(5,4,I)$ в элементе
происходит фазный
переход

Значение температуры
 $U(9,8,I)$

Рис 4. Пример печати вычисленных данных

Таблица 9

Порядковый номер оператора ввода	Формат	Идентификатор	Единица измерения	Значение
1	2	3	4	5
1	315	<i>Nl</i>	б/р	Число элементов по направлению <i>l</i>
		<i>Nj</i>	б/р	Число элементов по направлению <i>j</i>
2	1615	<i>NK</i>	б/р	Число элементов по направлению <i>K</i>
		<i>NSL</i>	б/р	Число выделенных литологических разностей ($NSL \leq 10$)
		<i>NT</i>	б/р	Число изменений шага по времени ($NT \leq 10$)
		<i>Lt</i>	б/р	Число интервалов времени в периоде, во время которых задаются средние значения характеристик внешней среды на верхней границе ($Lt \leq 36$)
		<i>M</i>	б/р	Число зон с различными краевыми условиями на верхней границе ($M \leq 9$)
		<i>M1</i>	б/р	Число зон с различными краевыми условиями на нижней границе ($M1 \leq 9$)
		<i>LW</i>	б/р	Число выдаваемых на печать "разрезов" по направлению <i>l</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)
		LNT	б/р	Размер массива (см. п. 3.6)
		NSI	б/р	=1, если количество теплоты измеряется в кДж ≠1, если количество теплоты измеряется в ккал
		NGR	б/р	Число элементов, задающих "ступеньку" на верхней границе области исследования. Примечание Присутствует только в алгоритме PROGNOS-L
3	I2F6.2	$T(3, NSL)$	°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 указаным выше температурам количество незамерзшей воды
5	I3F6.2	$NI(NI)$	м	Одномерный массив размерностью NI Размер элементов по направлению I
6	I3F6.2	$NJ(NJ)$	м	Одномерный массив размерностью NJ Размер элементов по направлению J

I	2	3	4	5
7	I3F6.2	НК (НК)	м	Одномерный массив размерностью НК. Развер элементов по направлению К
8	I3F6.2	U(N _i , N _j , N _k)	°C	Трехмерный массив размерностью N _i × N _j × N _k . Начальная температура грунта по элементам (см. табл. I) Каждый столбец таблицы набивать по новой перфокарте
9	I6 I 5	N(N _i , N _j , N _k)	б/р	Трехмерный массив грунта размерностью N _i × N _j × N _k . Номера слоев грунта в соответствующих элементах (см. табл. 5). Каждый столбец таблицы набивать на новой перфокарте
10	I2F6.2	TB(LL, M) RB(LL, M)	°C м ² .°C/Вт, м ² .ч.°C/ккал	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) 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)

I	2	3	4	5
		AB (LL, M)	Вт/(м ² ·°С), ккал/(м ² ·ч·°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 границам граничных элементов образующих "ступеньку" (см. п 4 8) Примечание Массив S присутствует только в алгоритме PROGNOZ - L
I2	F6.I, 5 F 6 2	G (NSL, 6)	кг/м ³	Значения теплофизических характеристик грунта по выделенным слоям. Двухмерный массив размерностью NSL × 6 (см. табл 4) Плотность сухого грунта l -го слоя
		G (i, 1)		

I	2	3	4	5
		$C(l, 2)$	кДж/(кг·°C)	Удельная теплоемкость сухого грунта l -го слоя
		$C(l, 3)$	доли	Суммарная влажность грунта l -го слоя в долях к весу абсолютно сухого грунта
		$C(l, 4)$	Вт/(м·°C)	Теплопроводность мерзлого грунта l -го слоя
		$C(l, 5)$	Вт/(м·°C), ккал/(м·ч·°C)	Теплопроводность талого грунта l -го слоя
		$C(l, 6)$	°C	Температура начала фазовых переходов l -го слоя
I3	6 F I2.2	$zHT(l)$	ч	Размер шага по времени с границей времени его изменения $1 < t < NT$
		$TR(l)$	ч	
		$TKON$	ч		Время окончания счета
I4	6 F I2.2	$HPRL(LNT)$	ч	Одномерный массив размерностью $LNT < 50$. задает интервалы выдачи на печать температуры грунта (час) (см. п. 3.6)
I5	I3 F 6 2	$TBK(M1)$	°C	Одномерный массив размерностью $M1$. Температура внешней среды по зонам нижней границы в порядке их нумерации
		TBJ	Вт/(м ² ·°C), ккал/(м ² ·ч)	Простая переменная. Величина теплопотока на левой боковой границе области исследования
		$TBJK$	Вт/(м ² ·°C), ккал/(м ² ·ч)	Простая переменная. Величина теплопотока на правой боковой границе
		TBK	Вт/(м ² ·°C), ккал/(м ² ·ч)	Простая переменная. Величина теплопотока на ближней боковой границе

1	2	3	4	5
		ТВКК	$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}),$ $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	Простая переменная. Величина теплотокка на дальней боковой границе
16	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)
17	I6 I 5	МК 5	б/р	Одномерный массив размерностью 5. Род краевых условий соответственно на нижней, ближней, дальней, левой и правой границах
18	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(j)=0
19	I6 I 5	KP(KW)	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(K)=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(L)=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

$$NK = 1$$

$$IW = 1$$

$$JW = 1$$

$$KW = 1$$

$$NK(1) = 1$$

$$TBK = 0$$

$$TBKK = 0$$

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

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 \mathcal{S} размерностью $(NCR \times 6)$, где NCR - число граничных элементов (рис. 6).

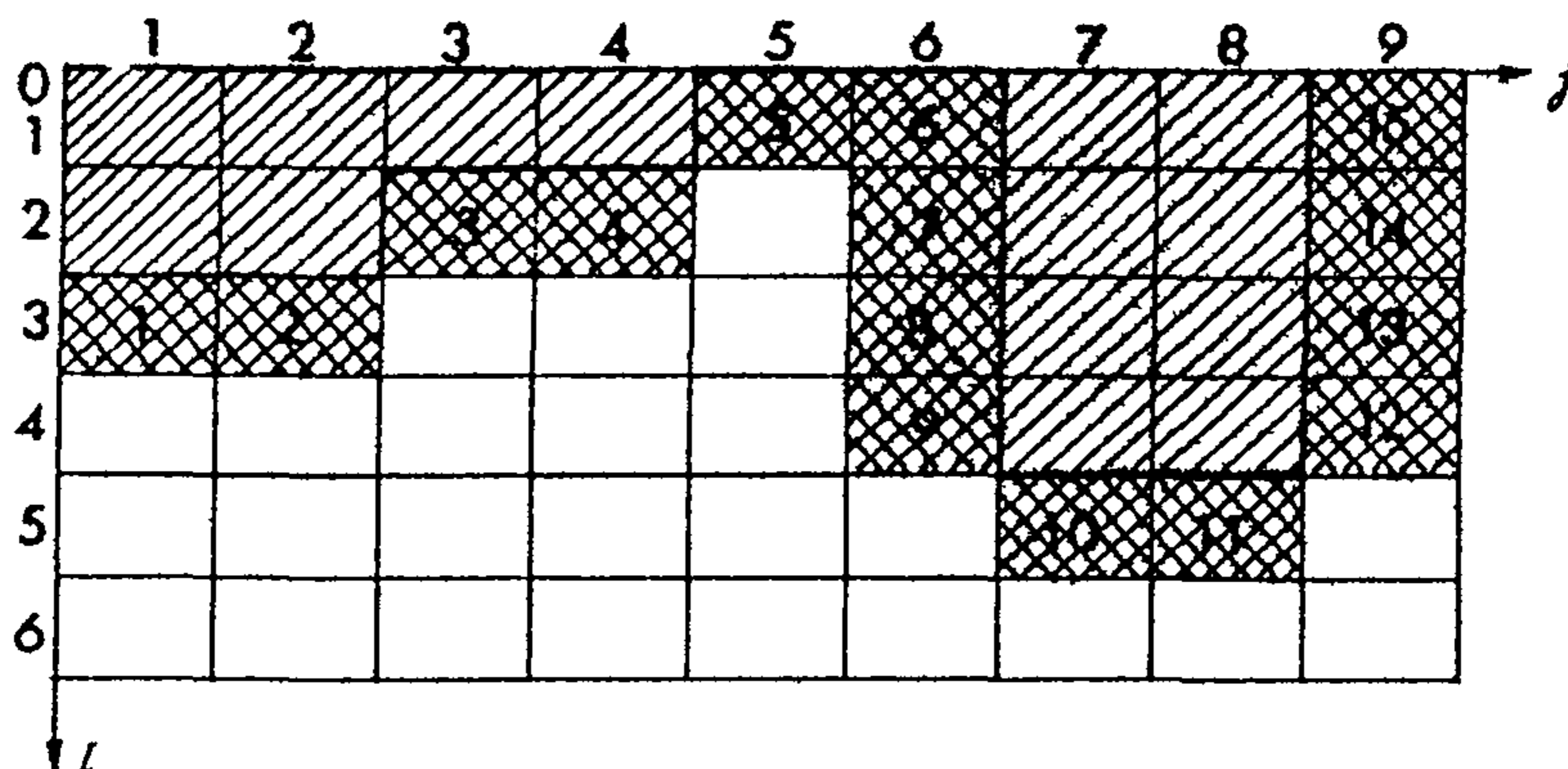


Рис.6. Пример задания ступенчатой области решения



- главные 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 $1 \leq s(d, 2) \leq N_i$,

$s(d, 3)$ - координата элемента по направлению j $1 \leq s(d, 3) \leq N_j$,

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

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

$s(d, 6)$ - номер зоны краевых условий на правой грани элемента, $0 \leq s(d, 6) \leq 9$ $s(d, 6) = 0$, 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 двумерного 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, 10, II 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 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
10	5	7	0	I	0
II	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 20х12 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 6х10 метров), образованной осями его симметрии.

Область исследования представляет собой прямоугольный массив грунта, ограниченный глубиной 17 м и прямоугольной областью 21х15 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: $7 \times 8 \times 6 = 336$.

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, теплоток 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	1	3	5	7	9,5	12,5	15,5
$^{\circ}\text{C}$	-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-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).

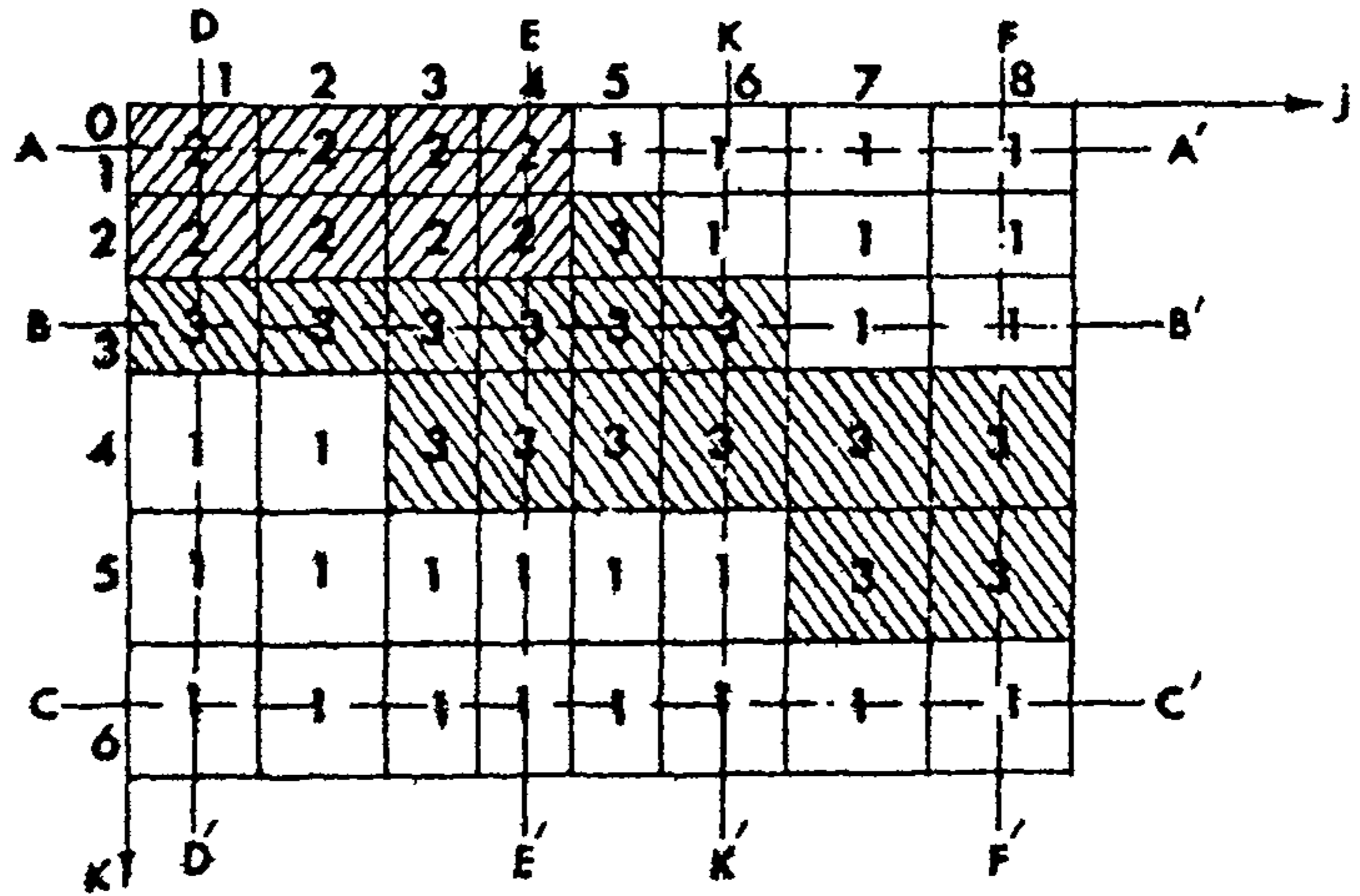


Рис. 1. Разбивка верхней границы области исследования на элементы и зоны краевых условий*

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

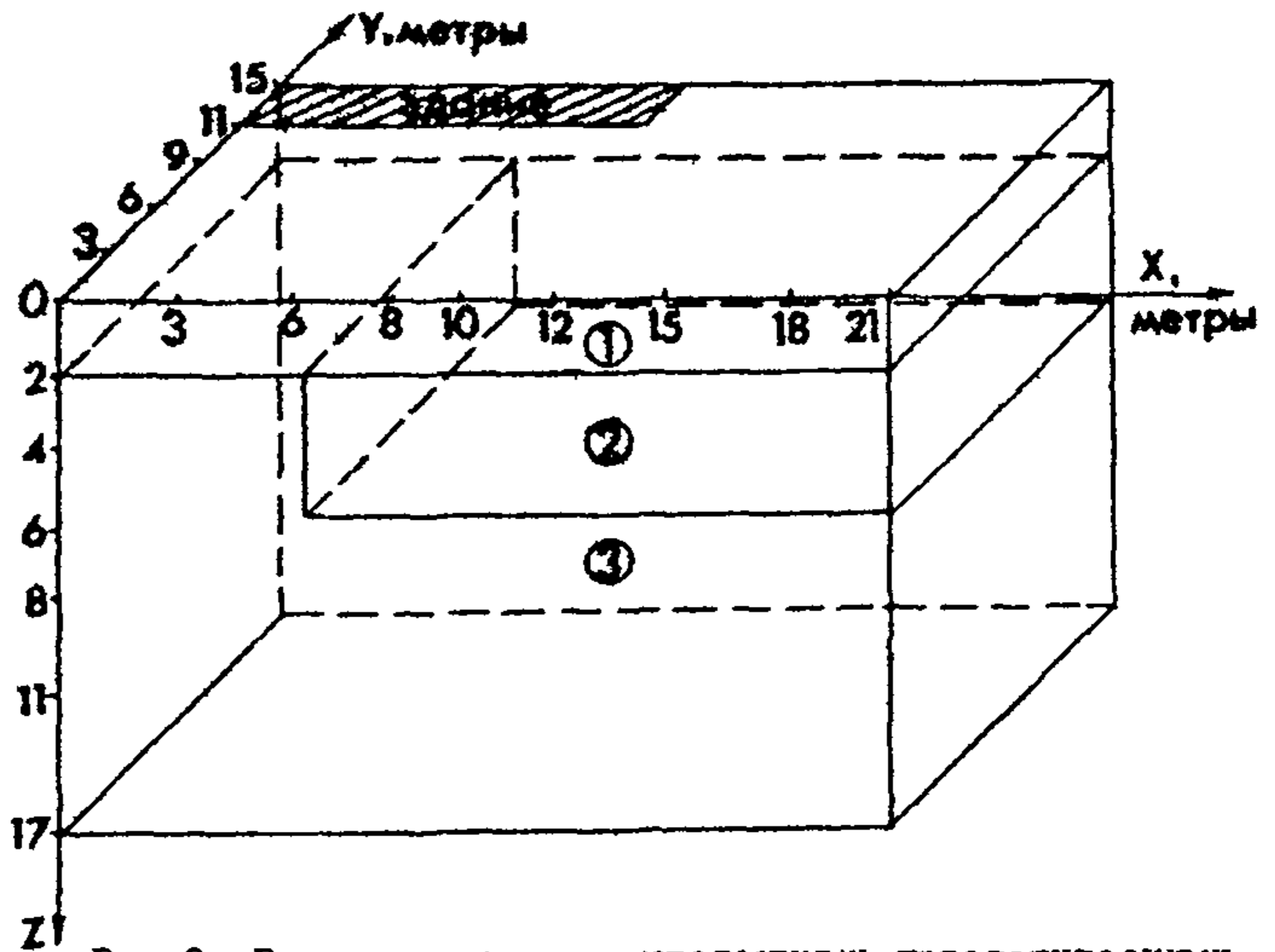


Рис. 2. Разрез грунта с выделенными литологическими разностями

Таблица I

Номер зоны	Род крайних условий	Характеристики	Месяц											
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	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 ($^{\circ}\text{C}$)	$t = 20^{\circ}\text{C} = \text{const}$											
		Термическое сопротивление R , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{ккал}$	$R = 1.8 = \text{const}$											
		Коэффициент теплообмена α , $\text{ккал} / (\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C})$	$\alpha = 20.0 = \text{const}$											
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 Описание грунта	ρ_d , кг/м ³	C_d , ккал/(м х х ч х °С)	W_{tot} , доли	λ_m , ккал/(м х х ч х °С)	λ_t , ккал/(м х х ч х °С)	W_w доли
1	Суглинок бурокоричневый, ожелезненный, с включе- нием 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-коричне- вая, сильно ожелезненная с прослоями 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, желтоко- ричевый, 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-33

Метр															НОМЕР КАРТЫ		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Данные для расчета коэффициентов кривой незамерзшей воды по подпрограмме И.М.З (см. табл. 7)																	
-0.5	-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									
Данные для ввода, подготовленные по табл. 8																	
	ТЛМ			ТЛЗ				НТ									
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	НТ																
	121.67																
И.КОН																	
876000.0																	

ПЕРФОРИРОВА

ПРОВЕРКА
ПЕРФОРАЦИЮ

РДН 67-27 0.51

МЕТРА																	КОМБ. КАРТЫ
	1	7	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
-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	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	TB
-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						RB
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	12.0	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						AB
13.8	12.3	12.3	12.0	12.1	12.0	13.4	14.0	14.3	13.4	13.5	12.7						

ПЕРФОРМАНСА

ПРОБЕМА
ДЕРЖАВНО

МЕТРА															КОМАНД БАРТА			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ТБЛК																		
-1.4																		

ПЕРФОРМАЦИЯ

ПРОБЕРМА
ПЕРФОРМАЦИО

P. H. 67-87 C. 53

Пример текста подпрограммы *ISTO*

```
CCCCC
      ПОДПРОГРАММА      ISTO
      ОПРЕДЕЛЯЕТ КОЛИЧЕСТВО ВЫДЕЛЕННОЙ ИЛИ ПОГЛОЩЕННОЙ ИСТОЧНИКОМ
      ТЕПЛОТЫ F В ККАЛ (ИЛИ КАЖ) В ЕДИНИЦУ ВРЕМЕНИ (ЧАС) В
      ОКСИДОВАННОМ ЭЛЕМЕНТЕ С КООРДИНАТАМИ (I,J,K)
      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.
      N(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
```

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:

```
//      JOB
// CLASS=C,MSGLEVEL=1,TIME=15
// EXEC FORTHC LG,PARM,PURT=('OPT=02'),
//      REGION,PORT=300K,REGION,LKED=100K,REGION,COPI=00K
// FORT,SYSIN DD DSN=8{BL4,S{MAIN33},
//      VOL=SER=DTN033,D{SP=5HR,UNIT=506},
//      DD DSN=8{BL4,S{GRUN33},
//      VOL=SER=DTN033,D{SP=5HR,UNIT=506},
//      DD DSN=8{BL4,S{MNS},
//      VOL=SER=DTN033,D{SP=5HR,UNIT=506},
//      DD DSN=8{BL4,S{FINO},
//      VOL=SER=DTN033,D{SP=5HR,UNIT=506},
//      DD DSN=8{BL5,S{HP},
//      VOL=SER=DTN033,D{SP=5HR,UNIT=506}
```

Здесь: *8{BL4,S}* — имя библиотеки исходных модулей
DTN03 — имя тома.

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

8/1215

DS # 119L4, S

*** MAIN35 ***

```

1 DIMENSION H(7,3,6),UH(7,3,6),HUV(7,3,6),J(7,3,6),
2 A1(3),B1(3),C1(3)
3 INTLG=7 H(7,3,6)/336*3/,KL(3,6)/14*111,2*131,2*111,12*131,2*11
4 *121,131,3*111,4*121,4*111/
5 REAL HUV(21/4*1.0,8760.0/
6 CALL HUV(3,41,31,C1)
7 TKU,=17601,0
8 DO 1 K=1,5
9 DO 1 J=1,3
10 U(1,J,K)=1
11 DO 2 K=1,5
12 DO 2 J=3,3
13 DO 2 I=2,5
14 U(1,J,K)=1
15 DO 3 K=1,5
16 DO 3 J=1,1
17 U(1,J,K)=-1
18 U(2,J,K)=-0.4
19 U(3,J,K)=-1.3
20 U(4,J,K)=-1.2
21 U(5,J,K)=-1.4
22 U(6,J,K)=-1.4
23 U(7,J,K)=-1.4
24 CALL SUBROUT(1,7,3,6,1,12,3,1,TKU,A1,B1,C1,4,KL,U,1,4,3,2,1291
25 #4,UV,HUV,0)
26 STOP
27 END

```

CCCC

```

28 BLOCK DATA
29 COMMON /R/IS/ICK(10),CCK(10),WC(10),UKR(10)
30 DATA ICK/13,0,0,1520,0,1500,0,7*0/,CCK/.22,0,24,0,23,7*0/,
31 WCV/0,25,0,22,0,27,7*0,0/,UKR/1)*0.0/
32 END

```

C.58 PCH 67-87

1116

10-11-68

*** GROUPS ***

```

1 SUBROUTINE GRIND(KSL,VI,NJ,IV,IT,LI,1,41,TKIN,AX,IX,C1,1,1,UL,1,
2 #I,J,KW,141,IPRI,H,C,1,40V,1,5)
3 DIMENSION I(1),J(1),K(1),L(1),M(1),N(1),O(1),P(1),Q(1),R(1),S(1),T(1),
4 U(1),V(1),W(1),X(1),Y(1),Z(1),AA(1),AB(1),AC(1),AD(1),AE(1),AF(1),
5 AG(1),AH(1),AI(1),AJ(1),AK(1),AL(1),AM(1),AN(1),AO(1),AP(1),AQ(1),
6 AR(1),AS(1),AT(1),AU(1),AV(1),AW(1),AX(1),AY(1),AZ(1),BA(1),
7 BB(1),BC(1),BD(1),BE(1),BF(1),BG(1),BH(1),BI(1),BJ(1),BK(1),
8 BL(1),BM(1),BN(1),BO(1),BP(1),BQ(1),BR(1),BS(1),BT(1),BU(1),
9 BV(1),BW(1),BX(1),BY(1),BZ(1),CA(1),CB(1),CC(1),CD(1),
10 CE(1),CF(1),CG(1),CH(1),CI(1),CJ(1),CK(1),CL(1),CM(1),
11 CN(1),CO(1),CP(1),CQ(1),CR(1),CS(1),CT(1),CU(1),CV(1),
12 CW(1),CX(1),CY(1),CZ(1),DA(1),DB(1),DC(1),DD(1),
13 DE(1),DF(1),DG(1),DH(1),DI(1),DJ(1),DK(1),DL(1),
14 DM(1),DN(1),DO(1),DP(1),DQ(1),DR(1),DS(1),DT(1),DU(1),
15 DV(1),DW(1),DX(1),DY(1),DZ(1),EA(1),EB(1),EC(1),ED(1),
16 EF(1),EG(1),EH(1),EI(1),EJ(1),EK(1),EL(1),EM(1),EN(1),EO(1),
17 EP(1),EQ(1),ER(1),ES(1),ET(1),EU(1),EV(1),EW(1),EX(1),
18 EY(1),EZ(1),FA(1),FB(1),FC(1),FD(1),FE(1),FF(1),FG(1),
19 FH(1),FI(1),FJ(1),FK(1),FL(1),FM(1),FN(1),FO(1),FP(1),
20 FQ(1),FR(1),FS(1),FT(1),FU(1),FV(1),FW(1),FX(1),FY(1),
21 FZ(1),GA(1),GB(1),GC(1),GD(1),GE(1),GF(1),GG(1),GH(1),
22 GI(1),GJ(1),GK(1),GL(1),GM(1),GN(1),GO(1),GP(1),GQ(1),
23 GR(1),GS(1),GT(1),GU(1),GV(1),GW(1),GX(1),GY(1),GZ(1),
24 HA(1),HB(1),HC(1),HD(1),HE(1),HF(1),HG(1),HH(1),HI(1),
25 HJ(1),HK(1),HL(1),HM(1),HN(1),HO(1),HP(1),HQ(1),HR(1),
26 HS(1),HT(1),HU(1),HV(1),HW(1),HX(1),HY(1),HZ(1),IA(1),
27 IB(1),IC(1),ID(1),IE(1),IF(1),IG(1),IH(1),II(1),IJ(1),
28 IK(1),IL(1),IM(1),IN(1),IO(1),IP(1),IQ(1),IR(1),IS(1),
29 IT(1),IU(1),IV(1),IW(1),IX(1),IY(1),IZ(1),JA(1),JB(1),
30 JC(1),JD(1),JE(1),JF(1),JG(1),JH(1),JI(1),JJ(1),JK(1),
31 JL(1),JM(1),JN(1),JO(1),JP(1),JQ(1),JR(1),JS(1),JT(1),
32 JU(1),JV(1),JW(1),JX(1),JY(1),JZ(1),KA(1),KB(1),KC(1),
33 KD(1),KE(1),KF(1),KG(1),KH(1),KI(1),KJ(1),KK(1),KL(1),
34 KM(1),KN(1),KO(1),KP(1),KQ(1),KR(1),KS(1),KT(1),KU(1),
35 KV(1),KW(1),KX(1),KY(1),KZ(1),LA(1),LB(1),LC(1),LD(1),
36 LE(1),LF(1),LG(1),LH(1),LI(1),LJ(1),LK(1),LL(1),LM(1),
37 LN(1),LO(1),LP(1),LQ(1),LR(1),LS(1),LT(1),LU(1),LV(1),
38 LW(1),LX(1),LY(1),LZ(1),MA(1),MB(1),MC(1),MD(1),ME(1),
39 MF(1),MG(1),MH(1),MI(1),MJ(1),MK(1),ML(1),MN(1),MO(1),
40 MP(1),MQ(1),MR(1),MS(1),MT(1),MU(1),MV(1),MW(1),MX(1),
41 MY(1),MZ(1),NA(1),NB(1),NC(1),ND(1),NE(1),NF(1),NG(1),
42 NH(1),NI(1),NJ(1),NK(1),NL(1),NM(1),NO(1),NP(1),NQ(1),
43 NR(1),NS(1),NT(1),NU(1),NV(1),NW(1),NX(1),NY(1),NZ(1),
44 OA(1),OB(1),OC(1),OD(1),OE(1),OF(1),OG(1),OH(1),OI(1),
45 OJ(1),OK(1),OL(1),OM(1),ON(1),OO(1),OP(1),OQ(1),OR(1),
46 OS(1),OT(1),OU(1),OV(1),OW(1),OX(1),OY(1),OZ(1),PA(1),
47 PB(1),PC(1),PD(1),PE(1),PF(1),PG(1),PH(1),PI(1),PJ(1),
48 PK(1),PL(1),PM(1),PN(1),PO(1),PP(1),PQ(1),PR(1),PS(1),
49 PT(1),PU(1),PV(1),PW(1),PX(1),PY(1),PZ(1),QA(1),QB(1),
50 QC(1),QD(1),QE(1),QF(1),QG(1),QH(1),QI(1),QJ(1),QK(1),
51 QL(1),QM(1),QN(1),QO(1),QP(1),QQ(1),QR(1),QS(1),QT(1),
52 QU(1),QV(1),QW(1),QX(1),QY(1),QZ(1),RA(1),RB(1),RC(1),
53 RD(1),RE(1),RF(1),RG(1),RH(1),RI(1),RJ(1),RK(1),RL(1),
54 RM(1),RN(1),RO(1),RP(1),RQ(1),RR(1),RS(1),RT(1),RU(1),
55 RV(1),RW(1),RX(1),RY(1),RZ(1),SA(1),SB(1),SC(1),SD(1),
56 SE(1),SF(1),SG(1),SH(1),SI(1),SJ(1),SK(1),SL(1),SM(1),
57 SN(1),SO(1),SP(1),SQ(1),SR(1),SS(1),ST(1),SU(1),SV(1),
58 SW(1),SX(1),SY(1),SZ(1),TA(1),TB(1),TC(1),TD(1),TE(1),
59 TF(1),TG(1),TH(1),TI(1),TJ(1),TK(1),TL(1),TM(1),TN(1),
60 TO(1),TP(1),TQ(1),TR(1),TS(1),TT(1),TU(1),TV(1),TW(1),
61 TX(1),TY(1),TZ(1),UA(1),UB(1),UC(1),UD(1),UE(1),UF(1),
62 UG(1),UH(1),UI(1),UJ(1),UK(1),UL(1),UM(1),UN(1),UO(1),
63 UP(1),UQ(1),UR(1),US(1),UT(1),UU(1),UV(1),UW(1),UX(1),
64 UY(1),UZ(1),VA(1),VB(1),VC(1),VD(1),VE(1),VF(1),VG(1),
65 VH(1),VI(1),VJ(1),VK(1),VL(1),VM(1),VN(1),VO(1),VP(1),
66 VQ(1),VR(1),VS(1),VT(1),VU(1),VV(1),VW(1),VX(1),VY(1),
67 VZ(1),WA(1),WB(1),WC(1),WD(1),WE(1),WF(1),WG(1),WH(1),
68 WI(1),WJ(1),WK(1),WL(1),WM(1),WN(1),WO(1),WP(1),WQ(1),
69 WR(1),WS(1),WT(1),WU(1),WV(1),WW(1),WX(1),WY(1),WZ(1),
70 XA(1),XB(1),XC(1),XD(1),XE(1),XF(1),XG(1),XH(1),XI(1),
71 XJ(1),XK(1),XL(1),XM(1),XN(1),XO(1),XP(1),XQ(1),XR(1),
72 XS(1),XT(1),XU(1),XV(1),XW(1),XX(1),XY(1),XZ(1),YA(1),
73 YB(1),YC(1),YD(1),YE(1),YF(1),YG(1),YH(1),YI(1),YJ(1),
74 YK(1),YL(1),YM(1),YN(1),YO(1),YP(1),YQ(1),YR(1),YS(1),
75 YT(1),YU(1),YV(1),YW(1),YX(1),YY(1),YZ(1),ZA(1),ZB(1),
76 ZC(1),ZD(1),ZE(1),ZF(1),ZG(1),ZH(1),ZI(1),ZJ(1),ZK(1),
77 ZL(1),ZM(1),ZN(1),ZO(1),ZP(1),ZQ(1),ZR(1),ZS(1),ZT(1),
78 ZU(1),ZV(1),ZW(1),ZX(1),ZY(1),ZZ(1)
91 T=0.0
92 IT=1
93 KI=1
94 T2=TPER/LI
95 HI=SHI(IT)
96 133 FORMAT(5X,21K=,23,27,F7.2,1H",2X,P17PE19 I=,F7.2,5H IACO),
97 12X,1H=,2X,I1,7HTEMPORA,13,2H HTEMPORA,F7.2,4H IACA)
98 134 FORMAT(2X,12H510KV CG J ,15,12)
99 135 FORMAT(2X,12H10 I / VET06,17)
100 136 FORMAT(24,15,17F7.2)
101 160 FORMAT(5X,2HJ=,13,2X,F7.2,1H",2X,3H3PE19 T=,F7.2,5H IACUP,

```

571110

TS = 17, 14, 0

*** CRUISES ***

```

12X, 14Y, 2Z, I1, 7 IDEF 1 - 11, 13, 9 ИТЕРАЦИЯ, F7, 2, 4 ЧАСА)
111 FLU AT (2X, 12 15 ЧОК, ПО 4, 5, 16 I7)
112 FLU AT (5X, 11, 13, 2X, 17 2, 1, 1, 2Y, 3 IDEF IR T=, F9, 2, 5 I1, 11, 13,
12X, 14Y, 2Z, I1, 7 IDEF 1 - 11, 13, 9 ИТЕРАЦИЯ, F7, 2, 4 ЧАСА)
113 FLU AT (2X, 12 170 J, 17 F7 2)
114 DO 3 I=1, 5
115 I1(I)=IF(I, K(I)) - 15.0
116 H2(I)=I1(I) * TFP * FC(I) + (HC(I) - 1(I) / (H(I) - KP(I)) - C(I)) + 13.0
117 CIAL(I)=I1(I) * (CLK(I) + C(I) * C1)
118 C=I1(I) * CLK(I) + 17 * CL * C(I) + C(I) * (C3 - 2 * CL)
119 DO 3 I=1, 1
120 DO 3 J=1, 1
121 HJ=I1(I) * J(J) * K(K)
122 I1=(I, J, )
123 HJ=U(I, J, )
124 IF (UL, LT, (IK(I, 1) - 0.001)) GO TO 7
125 IF (UL, GT, (IK(I, 1) + 0.001)) GO TO 6
126 GO TO 3
127 I(I, J, K)=F(I, J, L)
128 GO TO 5
129 H(I, J, K)=I1 * (I1(I, 1) + 42 * (I, 1))
130 GO TO 3
131 I(I, J, K)=I1 * (I, 1) + CT * L(I, 1) * (UL - I1(I, 1))
132 C=I1(I, 1)
133 TFP=2
134 TFP=I1(I, 1)
135 SK(I)=IK(I)
136 IF (H, CU, 1) GO TO 175
137 DO 13 I=2, K
138 I1(I)=SK(I-1) + I1(I)
139 I1(I)=SK(I) * 0.5 * IK(I)
140 I(I)=I1(I)
141 IF (H, EU, 1) GO TO 176
142 DO 13 J=2, H
143 H(J)=I1(I) + HJ(J)
144 DO 14 J=1, H
145 H(J)=I1(I) + 0.5 * HJ(J)
146 Z(I)=I1(I)
147 IF (H, FU, 1) GO TO 177
148 DO 14 I=2, H
149 Z(I)=Z(I-1) + HJ(I)
150 DO 14 I=1, H
151 Z(I)=Z(I) - 0.5 * HJ(I)
152 FLU AT (2X, 17 ИДЕЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧА 7, 13, 11 И ИЗМЕРЕНИЯ)
153 FLU AT (15X, 15 И АГРЕГАЦИЯ ОСЕД, 6X, 1HK)
154 FLU AT (31X, 1H7)
155 FLU AT (32X, 111)
156 FLU AT (10X, 22 ИЛАГ ПО ВОЕМЕЧ. В ЧАСАХ, (8F11, 2))
157 FLU AT (11X, 17 И ПРАВИЛА ИЗМЕНЕНИЯ 19, 5X, (8F11, 2))
158 FLU AT (11X, 19X, 17 И ЧИСЛО БЛОКОВ ПО I, 14)
159 FLU AT (2X, 12 И ЧИСЛО БЛОКОВ, 14, 15 I7)
160 FLU AT (2X, 12 И РАЗМЕР БЛОКА, 16 F7, 2)
161 FLU AT (2X, 12 И КООРДИНАТЫ ЦЕНТРА, 16 F7, 2)
162 FLU AT (11X, 19X, 17 И ЧИСЛО БЛОКОВ ПО J, 14)
163 FLU AT (11X, 19X, 17 И ЧИСЛО БЛОКОВ ПО K, 14)
164 FLU AT (3X, 14X, 21 И УСЛОВИЯ ЧА ГРАНИЦАХ)
165 FLU AT (2X, 14, 24 I5)
166 FLU AT (3X, 12 И ШИРОТА XYZ И ЕСЛИ X=0 - НЕТ ИСТОЧНИКА)
167 FLU AT (20X, 25 Y - ЧИСЛО ТИПА ИСТОЧНИКА)
168 FLU AT (20X, 49 H2 - НОМЕР ЗОН КРАЕВИХ УСЛОВИЯ НА ВЕРХНЕЙ ГРАНИ

```

*** GRUITS ***

```

127 37 FLR PAT (2)X, 13 IL - TOVE HA H'K IE 1)
128 40 FLR PAT (1)X, 21X, 18HUA HEPXHE' P'P'11, E)
129 41 FLR PAT (2)X, 19 IICOMEP 3OMI / MOCTH, 14, 1417)
130 43 FLR PAT (2)X, 16, 4K, 5HTE'N 903A, 15F7, 2)
131 46 FLR PAT (1)X, 9 IICOFPT, 8A, 15F7, 2)
132 47 FLR PAT (1)X, 9 IITCFCCTA, 15F7, 2)
133 49 FLR PAT (2)X, 24 ITPCAC/4ATE/L40CTB MEOHA, F9, 2, 51 YAC)
134 49 FLR PAT (2)X, 24 ITPCAC/4ATE/L40CTB 3HEH I'3, F9, 2, 24 IAC)
135 121 FLR PAT (1)X, 1X, 25HTE'N ICPATY' A HA I'KHE' P'P'11, E)
136 122 FLR PAT (5)X, 10 IICOMEP 3OMI, 14, 1517)
137 123 FLR PAT (5)X, 10 IITCFCCTA, 15F7, 2)
138 124 FLR PAT (1)X, 1 IIA EOYOB' X)
139 125 FLR PAT (2)X, 5HTBJ, F7, 2, 2X, 5HTBJK, F7, 2, 2X) 4 IT K, F7, 2, 2X, 5HTBJK)
140 125 FLR PAT (1)X, 11 IICOMEP C'29, 2Y, 16 IOB REC OK C YA, 3)
141 125 I C I 13 ICF' M ICF' Y, 3X, 11A, 6X, 14J, 6X, 14J)
142 127 FLR PAT (5)X, 15, F12, 2, 5F7, 2, 3F7, 3)
143 129 FLR PAT (1)X, 15X, 28H44H4A'HHAN TE'EPATY'PA P'P'11, E)
144 130 FLR PAT (1)X, 15I7)
145 131 FLR PAT (5)X, 15 I'3 ICF' ICF' PE3Y'4T' TA 4AC, (1)X, 9, 2)
146 132 FLR PAT (1)X, 1X, 2HX, 13, 2X, F7, 2, 111)
147 133 FLR PAT (1)X, 1X, 2HJ, 13, 2X, F7, 2, 111)
148 134 FLR PAT (1)X, 1X, 2HI, 13, 2X, F7, 2, 111)
149 L=2
150 IF (C4K, GT, 1) A4D, (CJ, GT, 1) 5C 77 13C
151 IF (C4K, EQ, 1) A4D, (CJ, EQ, 1) L=1
152 GC TO 151
153 L=3
154 PRINT 11, L
155 PRINT 12
156 PRINT 13
157 DC 152 I=1, 4
158 PRINT 14
159 PRINT 22
160 PRINT 23, (SIT(I), I=1, 4T)
161 PRINT 24, (IR(I), I=1, 4T)
162 PRINT 25, I
163 DC 153 L=1, HJ, 15
164 LK=L+14
165 IF (LK, GT, 1) LK=HJ
166 PRINT 26, (I, I=L, LK)
167 PRINT 27, (I(I), I=L, LK)
168 PRINT 28, (Z(I), I=L, LK)
169 PRINT 29, J
170 DC 154 L=1, HJ, 15
171 LK=L+14
172 IF (LK, GT, 1) LK=HJ
173 PRINT 26, (J, J=L, LK)
174 PRINT 27, (I(J), J=L, LK)
175 PRINT 28, (R(J), J=L, LK)
176 PRINT 30, K
177 DC 155 L=1, HJ, 15
178 LK=L+14
179 IF (LK, GT, 1) LK=HJ
180 PRINT 26, (K, K=L, LK)
181 PRINT 27, (I(K), K=L, LK)
182 PRINT 28, (SK(K), K=L, LK)
183 PRINT 33
184 DC 157 L=1, HJ, 24
185 LK=L+23
186 IF (LK, GT, 1) LK=HJ
187 PRINT 34, (J, J=L, LK)
188 DC 157 K=1, HJ
189 I=K-K+1
    
```

071116

25 10 4 10 L4, 5

*** GRUHS ***

```

121 157 PRINT 35, (I, (K(L(J), I), J=L, LK))
122 PRINT 36
123 PRINT 37
124 PRINT 38
125 PRINT 39
126 PRINT 40
127 DC 154 K=1, M
128 PRINT 41, (I, I=1, LI)
129 PRINT 43, (T(I, I, K), I=1, LI)
130 PRINT 46, (Q(I, K), I=1, LI)
154 PRINT 47, (V(I, K), I=1, LI)
131 PRINT 48, T
132 PRINT 121
133 PRINT 122, (I, I=1, M)
134 PRINT 123, (T(I, I), I=1, M)
135 PRINT 124
136 PRINT 125, THJ, TDJK, TBK, T9KK
137 PRINT 126
138 DC 154 K=1, NSL
139 PRINT 127, K, IC(K), CCK(K), HC(K), UFR(K), TLY(K), TLY(K), A(K), B(K), C(K))
157) 2
140) CC ITI, JE
141) PRINT 128
142) IF (K=1), E, J) GO TO 160
143) DC 170 LP=1, K
144) K=K+1
145) PRINT 132, K, SK(K)
146) DC 170 L=1, NJ, 10
147) LK=L+15
148) IF (LK, GT, 4K) LK=NK
149) PRINT 134, (I, J=L, LK)
150) PRINT 135, (H(I, J), J=L, LK)
151) DC 170 I=1, NI
152) PRINT 136, (I, Z(I), (U(I, J, K), J=L, LK))
153) PRINT 137, (H(I, J, K), J=L, LK)
154) IF (J=1), E, J) GO TO 171
155) DC 172 LP=1, J
156) JE=J+1
157) PRINT 164, J, R(J)
158) DC 172 L=1, NK, 10
159) LK=L+15
160) IF (LK, GT, 4K) LK=NK
161) PRINT 161, (K, K=L, LK)
162) PRINT 163, (SK(I), I=L, LK)
163) DC 172 I=1, NI
164) PRINT 136, (I, Z(I), (U(I, J, K), K=L, LK))
165) PRINT 137, (H(I, J, K), K=L, LK)
166) IF (I=1), E, J) GO TO 173
167) DC 174 LP=1, I
168) IE=I+1
169) PRINT 170, I, Z(I)
170) DC 174 L=1, NK, 10
171) LK=L+15
172) IF (LK, GT, 4K) LK=NK
173) PRINT 161, (K, K=L, LK)
174) PRINT 163, (SK(J), J=L, LK)
175) DC 174 J=1, NJ
176) PRINT 136, (I, Z(I), (U(I, J, K), K=L, LK))
177) PRINT 137, (H(I, J, K), K=L, LK)
178) PRINT 139, (IP(I, I), I=2, INT)
179) PRINT HI
180) CC ITI, JE
181) IF (T, JT, TKON) GO TO 15

```

C.62 PCH 67-87

071014

- 4 -

DSJ=HIDL4,S

*** GRUITS ***

```

255 IF ((1-KT*TYPE(I),GI 0,)) *T=YT+1
256 IF (I=TR(TI) 16,17,17)
257 17 IT=IT+1
258 HI=547/IT)
259 15 T3=T-(T-1)*T*E1
260 IF I=1
261 14 IF (I3-TR(TI) 17,19,20)
262 20 IT=I+1
263 GC TO 13
264 17 T4=T3-TR(TI-1)*T2
265 21 GC 31 /#1,1
266 GC 32 J=1,1
267 IX=L(J,K)
268 AL=IX/10-1/(10)*10
269 AK=IX-IX/10*10
270 GC 50 I=1,1
271 .1=.(I,J,1)
272 .4=.(I,J,4)
273 JL=J(I,J,K)
274 IF (H1=H1(I)) 51,52,52
275 51 TL=TL(I,1)
276 GC TO 53
277 52 IF (H1=H2(I)) 45,45,44
278 45 TL=J.5=(TL(I,1)+TLT(I,1))
279 GC TO 53
280 44 TL=TLT(I,1)
281 53 IF (I=1) GC TO 54
282 55 GC TO (56),111
283 T(I)=I3(IJR,1,40)
284 GC TO 57
285 56 TF1)=I3(LI,"")
286 57 J1=TB10+(TB(IJR,40)-T410)/T2*T4
287 IJ=TR(I0)
288 GC TO (59,5),60),IJ
289 54 R1=IL/IL(I)+((1-LI)*2
290 GC TO 56
291 59 R1=J1
292 GC TO 66
293 60 GC TO (61),101
294 RE1J=R1(IJR-1,40)
295 AB1J=A3(IJR,1,40)
296 GC TO 67
297 61 RE1J=R3(LI,"")
298 AB1J=A3(LI,"")
299 62 RE11=R110+(B(IJR,40)-R010)/T2*T4
300 AL11=A310+(A3(IJR,40)-A310)/T2*T4
301 R1=2/(IL(I) TL+2*(1/AB11+R91))* (1-L)
302 GC TO 56
303 54 U1=J(I-1,1,1)
304 J2=J(I-1,1,1)
305 HA2=H(I-1,J,K)
306 IF (H2=H1(I,2)) 63,64,64
307 63 TL1=TL1(I,2)
308 GC TO 65
309 64 TL1=TLT(I,2)
310 IF (HA2=LC(I,2)) TL1=J.5*(TL1(I,2)+TL1)
311 65 UX=II(I-1)+II(I)
312 R1=2*(II(I-1)*TL1+HI(I)*TL)/(UX+1)*(1-L)
313 60 IF (I=II) 67,63,67
314 67 U2=J(I+1,J,1)
315 H2=.(I+1,J,1)
316 HA2=H(I+1,J,K)
317 IF (H3=H1(I,2)) 67,70,70
318 67 TL2=TL1(I,2)

```


C.64 PCH 67-87

B*1116

- 7 -

CS 104IBL4.S

*** GRU'YS ***

```

353 IF (MK(5)-1) 100,101,100
354 101 RB=TL/IK(I,K)*(U6-LL)*2
355 GC TO 103
356 100 RB=TB*KK
357 GC TO 103
358 9) U6=U(I,J,K+1)
359 H2=H(I,J,K+1)
360 HA2=H(I,J,K+1)
361 IF (HA2-H1(42)) 104,105 105
362 104 TL6=TL1(12)
363 GC TO 106
364 105 TL6=TLT(42)
365 IF (H2,LE,12(42)) TL6=0.5*(TL1(12)+TL6)
366 106 UX=IK(K+1)+IK(K)
367 RB=2*(1/(1+1)*TL6+HY(K)*TL)/(U+UX)*(16-LL)
368 103 CCITIAJE
369 F=J,0
400 108 H1=J/(I,J,K)+1+HT*(R1+R2)/12(I)+(R3+R4)/12(J)+(R5+R6)/K(K+1)+J
401 HA1=H1/(I,J,K)
402 IF (H1-11(41)) 111,112,112
403 112 IF (HA1-H2(41)) 113,113,114
404 113 UL1=UK(11)
405 GC TO 115
406 114 UL1=(H1-12(41))/CTAL(41)+UKB(11)
407 GC TO 115
408 111 IF ((A(41),10,0,0) AND (C(41),E,C,7)) GO TO 4
409 CALL FIND(401,41,LL1)
410 GC TO 115
411 4 UL1=H1/11(41)+TX+TK
412 115 UN(I,J,K)=UL1
413 50 CCITIAJE
414 32 CCITIAJE
415 31 CCITIAJE
416 DC 42 K=1,IK
417 DC 42 J=1,IJ
418 DC 42 I=1,II
419 U(I,J,K)=U(I,J,K)
420 H(I,J,K)=H(I,J,K)
421 42 CCITIAJE
422 IF (T,LT,(TPR-0.01)) GO TO 14
423 IF (HPRI(1),GT,0) IPR=IPR+1
424 TPR=TPR+HPRI(IPR)
425 3 KIP=KI-1
426 IPRP=IPR-1
427 IF (KP(1),EQ,0) GO TO 143
428 DC 143 LP=1,KL
429 K=KP(LP)
430 DO 145 I=1,II
431 DC 145 J=1,IJ
432 H1=H(I,J,K)
433 HA1=H(I,J,K)
434 IF ((H1(41),LE,HN1) AND (HN1,LE,H2(41)))
435 1 UA(I,J,K)=700.0+100*(HN1-H1(41))/(H2(41)-H1(41))
436 145 CCITIAJE
437 PRINT 133,K,SK(K),T,KTP,IBRP,T4
438 DC 143 L=1,IJ,16
439 LK=L+15
440 IF (LK,GT,41) LK=41
441 PRINT 134,(J,J=L,LK)
442 PRINT 135,(R(J),J=L,LK)
443 DC 143 I=1,II
444 PRINT 136,(I,Z(I),(UN(I,J,K),J=L,LK))
445 143 CCITIAJE
446 IF (JP(1),EQ,0) GO TO 165
447

```

B'171A

- 2 -

GS 127IBL4,S

*** GRU475 ***

```

443 DC 165 LP=1,J4
444 JBJP(1,P)
445 DC 148 K=1,HK
446 DC 148 I=1,HI
447 SIM.(I,J,K)
448 HAH=H(I,J,K)
449 IF ((H)(I)) LE.HAH).AID.(H41,LE 42(I,1))
450 UAH(I,J,K)=700.0+100*(H41-H1(I,1))/(12(H1)-11(I,1))
451 149 CCYTI=IE
452 PRINT 160,I,Z(I),T,KTP,IBRP,T4
453 DC 165 LP=1,HK,16
454 LAML=15
455 IF (LK,GT,IK) LRAMK
456 PRINT 161,(K,KRL,I)
457 PRINT 135,(SK(I),I=L,LK)
458 DC 164 J=1,HI
459 166 PRINT 136,(I,Z(I),(UA(I),K),K=L,LK))
460 165 CCYTI=JUE
461 IF (I(I)) E,.) GC TO 167
462 DC 167 LP=1,14
463 JBJP(1,P)
464 DC 149 K=1,HK
465 DC 144 J=1,HI
466 SIM.(I,J,K)
467 HAH=H(I,J,K)
468 IF ((H)(I)) LE.HAH).AID.(H41,LE 42(I,1))
469 UAH(I,J,K)=700.0+100*(H41-H1(I,1))/(12(H1)-11(I,1))
470 149 CCYTI=IE
471 PRINT 162,I,Z(I),T,KTP,IBRP,T4
472 DC 167 LP=1,HK,16
473 LAML=15
474 IF (LK,GT,IK) LRAMK
475 PRINT 161,(K,KRL,LK)
476 PRINT 163,(SK(J),J=L,LK)
477 DC 164 J=1,HI
478 168 PRINT 136,(I,Z(I),(UA(I),K),K=L,LK))
479 167 GC TO 165
480 15 CCYTI=JUE
481 RETJRN
482 END

```


871016

- 1 -

CS 10810L4,5

*** FIND ***

```

1      SLH10LTIHL FI 10(HA1,A1,UL1)
2      CC 1401 /Y:HL/ FT(50,10),F510(10,10),F25(15,10),F02(20,10),
3      #H1(10),H2(10)
4      IF (HA1.GT.IT(30,A1)) GO TO 201
5      IF (HA1.GT.IT(40,A1)) GO TO 202
6      ML=41
7      ML=50
8      GC TO 203
9      202 ML=31
10     ML=40
11     203 DC 204 IN=41,4U
12     IF (HA1.GE.FT(10,A1)) GO TO 205
13     204 CC 1711 JE
14     205 WABFT(I1,11)
15     WABFT(I1=1,H1)
16     XA=-1
17     XP=-1
18     GC TO 200
19     201 IF (H1.GT.IT(10,A1)) GO TO 206
20     IF (H1.GT.IT(20,A1)) GO TO 207
21     ML=29
22     ML=30
23     GC TO 203
24     207 YE=11
25     ML=20
26     GC TO 203
27     206 IF (HA1.GT.IT(2,A1)) GO TO 208
28     IF (HA1.GT.IT(5,A1)) GO TO 209
29     DC 211 IV=2,1
30     IF (HA1.GE.F510(IA,A1)) GO TO 211
31     210 CC 1711 JE
32     211 WABF510(I1,A1)
33     WABF510(I1,11)
34     XA=-5,0,5,14
35     XB=XA
36     GC TO 200
37     207 DC 212 IV=2,15
38     IF (HA1.GE.F25(IA,A1)) GO TO 213
39     212 CCNT11 JE
40     213 WABF25(IA,A1)
41     WABF25(IA,11)
42     XA=-2,0,2,11
43     XB=XA
44     GC TO 200
45     208 IF (HA1.GE.F02(1,A1)) GO TO 216
46     GC TO 217
47     216 WABF02(1,A1)
48     WABF02(1,11)
49     XA=0
50     XB=0
51     GC TO 200
52     217 DC 214 IN=2,20
53     IF (HA1.GE.F02(IA,A1)) GO TO 215
54     214 CCNT11 JE
55     215 WABF02(IA,A1)
56     WABF02(IA,11)
57     XA=0
58     XB=0
59     200 ULT=(H1-WA)/(WB-WA)+(XB-XA)+XA
60     RET JRA
61     END

```

C.68 PCH 67-87

0 1 1 6

- 1 4

S 1 9 I B L 4 , S

*** HF ***

```
1      FUNCTION HF(N,U)
11     CL=10 / RFI / BCK(10),CCF(10),WC(10),UKR(10)
21     CL=10 / CJET / A(10),B(10),C(10)
22     CL=10 / C-IST / RV,CL,C3,TFP,TK
31     D=B(N)
41     D1=TK- )
51     D2=U1-TK
61     HF=JCK(18) * ((CCK(N)+RV*CL*WC(N)+C(L)) * (C3-P / =LL)) * D + 1(1) *
71     3((RV*CL-C3) * ALOG(ABS((U1-D) / T1)) + TFP * D2 / ((11-U) * D1))
81     RETURN
91     END
```

СО Д Е Р Ж 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. Граничные 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 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 - 2J	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-3J	51
Выдача на печать для контроля ввода начальных данных, подготовленных для расчета по программе PROGNOZ - 3J контрольного примера приложения I	54

Приложение 2. Пример текста подпрограммы <i>I STO</i> . . .	55
Приложение 3. Текст программы <i>PROGNOZ-3S</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