

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 о общими требованиями к прогнозу изменения инженерно-геологи-

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

С.2 ГСН 17-87

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

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Составление прогноза изменений температурного режима грунтов является необходимым элементом инженерно-геологической 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

1.2 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

1.3. 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 миграция влаги, конвективного и лучистого теплообмена в грунтах.

При составлении прогноза учитываются:

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

С.4 РСН 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.

I.6. Программа *PROGNOZ* имеет 5 модификаций, изложенных в п. 2.3, составлена на языке "ФОРТРАН-IV" и предназначена для использования на ЕС ЭИМ с операционной системой ОС ЕС МУТ 6.1 и о памяти не менее 300 килобайт.

I.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 ;

$H(M, U, Z)$ - 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:

$$H(U) = \int_{\alpha}^U [C(\xi) + q_p \delta(\xi - U)] d\xi,$$

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

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

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

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

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

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

C_w - удельная теплоемкость воды;

C_n - 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 температуре ξ , принимается в виде $W_w(M, \xi) = \frac{\lambda(M)}{\theta(M) - \xi} + C(M)$;

$A(M), B(M), C(M)$ - 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 границах которого задаются краевые условия:

на верхней границе

(2)

а) температура окружающей среды:

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

или

б) теплопоток

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

или

в) теплообмен по закону Ньютона

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

на нижней границе (3)
 температура окружающей среды

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

на боковых границах (4)
 постоянный теплопоток

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

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), крайевым условиям (2)-(4) и начальному условию (5).

2.2. Алгоритм решения задачи

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

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

$$\begin{aligned} h_x^{(x)} = x_{i+1} - x_i, \omega_x = \{x_i\} = \{x_0 = 0, x_1, x_2, \dots, x_{N_x} = \bar{x}\} \\ h_y^{(y)} = y_{j+1} - y_j, \omega_y = \{y_j\} = \{y_0 = 0, y_1, y_2, \dots, y_{N_y} = \bar{y}\} \\ h_z^{(z)} = z_{l+1} - z_l, \omega_z = \{z_l\} = \{z_0 = 0, z_1, z_2, \dots, z_{N_z} = \bar{z}\} \\ \tau_s = t_{s+1} - t_s \end{aligned} \quad (6)$$

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

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

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

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

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

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

Для краевых условий I рода соответствующее R_n граничных элементов равны:

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

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

для краевых условий II рода

$$R_n = \bar{v}^{\ell},$$

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

для краевых условий III рода

$$R_n = (M^{\ell} - U_i^{\ell}) \frac{1}{\frac{h_i^{(n)}}{2\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{нов}} + R_{нов}^{(n)}} = (M^{\ell} - U_i^{\ell}) \frac{2}{\frac{h_i^{(n)}}{\lambda_i} + 2\left(\frac{1}{\alpha_{нов}} + R_{нов}^{(n)}\right)},$$

где M^{ℓ} - температура внешней среды;

$R_{нов}$ - термическое сопротивление;

$\alpha_{нов}$ - 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

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

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

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

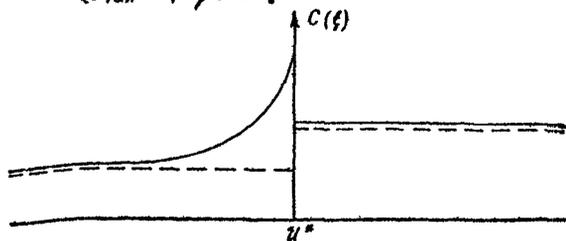


Рис. 1. График изменения теплоемкости по температуре

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

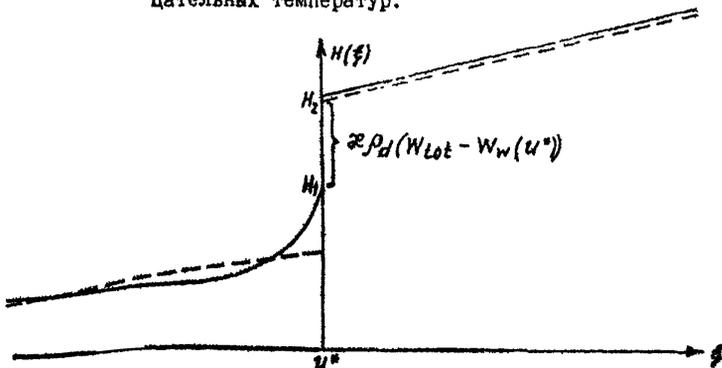


Рис. 2. График изменения энтальпии по температуре

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

Критические значения энтальпии:

$$H_1 = H(U^* - \epsilon) = \rho_d (Cd + 0.5(W_{lot} + M))(U^* - K) - A\rho_d \left[0.5\ell_n \frac{|U^* - B|}{|K - B|} + \varpi \frac{K - U^*}{(K - B)(U^* - B)} \right].$$

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

$$H_2 = H(U^* + \epsilon) = H_1 + \varpi \rho_d (W_{lot} - W_w(U^*)).$$

Энтальпия определяется по следующим формулам (рис. 2):

если $U^* > U^* + \epsilon$, то

$$H(U^*) = H_2 + \int_{U^*}^{U^*} C_{\text{тон}} d\theta = H_2 + \rho_d (Cd + W_{lot})(U^* - U^*) = H_2 + C_{\text{тон}}(U^* - U^*);$$

если $U^* < U^* + \epsilon$, то

$$H(U^*) = \int_K^{U^*} C_{\text{эф}}(\theta) d\theta = \rho_d (Cd + 0.5(W_{lot} + M))(U^* - K) - A\rho_d \left[0.5\ell_n \frac{|U^* - B|}{|K - B|} + \varpi \frac{K - U^*}{(K - B)(U^* - B)} \right].$$

По известной энтальпии температура определяется:

если $H(U^*) > H_2$, то

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

если $H_1 < H(U^*) < H_2$, то

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

если $H(U^*) < H_1$, то U^* определяется линейной интерполяцией по значениям табличной функции 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, заданы 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*. $HF(N, U)$ вычисляет энтальпию 1 м^3 грунта в N -ом слое при температуре $U < U_{KR}$ (критическая температура фазовых переходов). Для расчета функция *HF* использует физико-механические и теплофизические свойства грунтов, введенные подпрограммой *BLOCK DATA*.

Подпрограмма *FIND(N1, N1, U1)* определяет температуру $U1$ 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*.

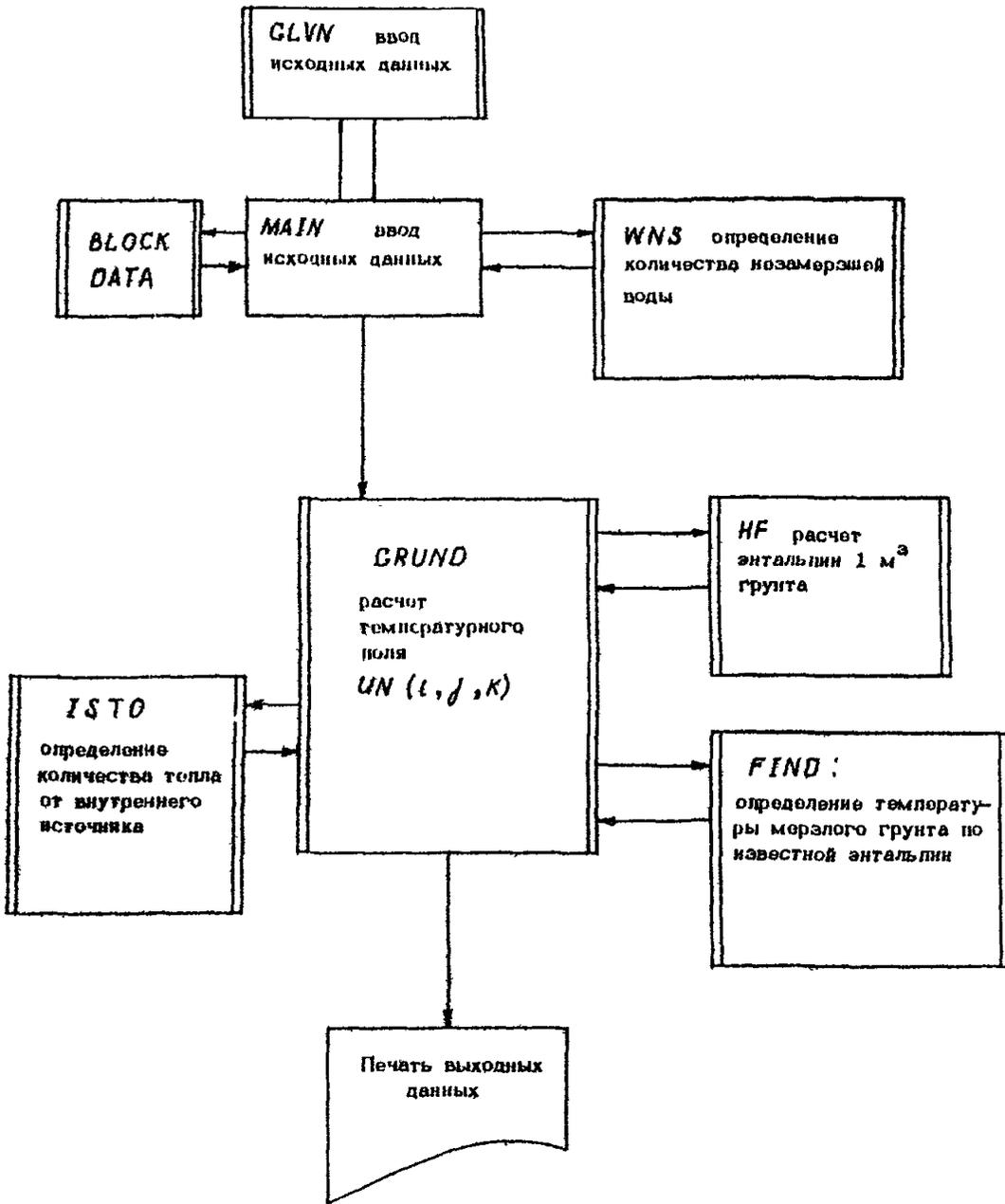


Рис 3. Межмодульные связи в программе PROGNOZ

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 $F = \emptyset. \emptyset$ 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. Программы $MAIN$ 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 *GLW2N*. 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 осевыми линиями тепловыделяющих объек-

тов. Величина ребер параллелепипеда определлет 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 П-19-76.

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 .

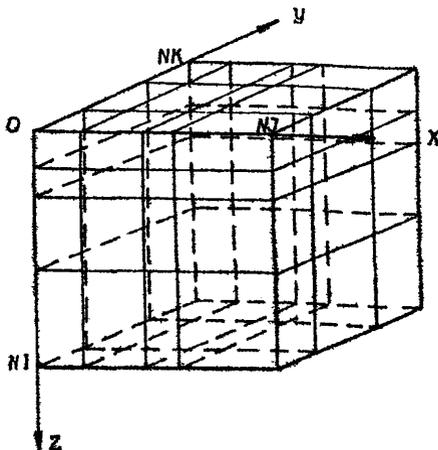


Рис. 4. Пример разбиения области исследования

Фиксируется число расчетных элементов по направлению осей.

Обозначим их соответственно NI , NJ , NK . Произведение $P = NI \times NJ \times NK$ 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 $U^0 \pm \varepsilon$, где $\varepsilon = 0,001^{\circ}\text{C}$.

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

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 теплоток через поверхность границы.

K=I

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

K=2

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

и т.д.

K=NK

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

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

$$q = \alpha (t_n - t_s),$$

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);

t_n - температура поверхности грунта, °С;

t_s - температура окружающей среды, °С.

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

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

для условий I рода задается температура поверхности грунта, °С;

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

для условий III рода задаются:

t_s - температура окружающей среды, °С;

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

$$м^2 \cdot °С/Вт \quad м^2 \cdot ч \cdot °С/ккал;$$

$\alpha_{лев}$ - 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 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. 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 I до M, где $M < 9$.

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

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

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

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 II III IV . . . XII
		характеристики	
I	III	Температура окружающей среды t , °C Термическое сопротивление R , м ² ·°C/Вт (м ² ·ч·°C/ккал) Коэффициент теплообмена α , Вт/(м ² ·°C), ккал/(м ² ·ч·°C)	
2	I	Температура на поверхности грунта t , °C	
3	II	Теплоток Q , кДж (ккал)	
4	III	Температура окружающей среды t , °C Термическое сопротивление R , м ² ·°C/Вт (м ² ·ч·°C/ккал) Коэффициент теплообмена α , Вт/(м ² ·°C), ккал/(м ² ·ч·°C)	

и т.д. для каждой выделенной зоны.

Таблица 3

$j \backslash K$	K=I	K=2	K=NK
$j=1$	KL (1,1)	KL (1,2)	KL (1,NK)
$j=2$	KL (2,1)	KL (2,2)	KL (2,NK)
⋮	⋮	⋮	⋮
$j=NJ$	KL (NJ,1)	KL (NJ,2)	KL (NJ,NK)

3.5. Физические и теплофизические свойства

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

- ρ_d - плотность сухого грунта кг/м³;
 W_{tot} - весовая влажность грунта, доли единицы;
 C_d - удельная теплоемкость скелета, кДж/(кг·°C), ккал/(кг·°C);
 λ_T - коэффициент теплопроводности грунта в талом состоянии Вт/(м·°C), ккал/(м·ч·°C);
 λ_M - коэффициент теплопроводности грунта в мерзлом состоянии Вт/(м·°C), ккал/(м·ч·°C);
 U^* - температура начала фазовых переходов, °C;
 W_w - количество незамерзшей воды в диапазоне отрицательных температур, доли, задаваемой кривой

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

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 1 до NSL, где NSL ≤ 10.

Таблица 4

Номер литологической разности	ρ_d , кг/м ³	C_d , ккал/(кг·°C)	W_{tot} , доли	λ_M , Вт/(м·°C), ккал/(м·ч·°C)	λ_T , Вт/(м·°C), ккал/(м·ч·°C)	U^* , °C	W_w , доли
1							
2							
и т. д.							
до NSL ≤ 10							

В графе W_w помещается информация о незамерзшей воде в данном слое. Если известна кривая, то есть уже известны коэффициенты А, В, С ее задающие, то записываются значения коэффициентов. Если известны лабораторные данные, то приводятся они. Например: $W_w(t_1)=W_1, W_w(t_2)=W_2$ и так далее не менее трех значений. Если в расчете $W_w=0$, то коэффициенты, задающие кривую незамерзшей воды в данном слое будут равны: $A \approx 0, B > 1, C \approx 0$.

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 $NSL < 10$ - число выделенных литологических разностей.

3.6. Дополнительные данные, необходимые для проведения расчета

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

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

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

$1 \leq i \leq NSL$
 $1 \leq i \leq NSL$

где Δt - шаг по времени, ч;

i - номер грунтовой разности;

NSL - число выделенных грунтовых разностей;

$C_M^{(i)} = \rho_d [C_d + \nu C_{\lambda}] W_{w,i}$ - теплоемкость мерзлого грунта i -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_{λ} - удельная теплоемкость льда, кДж/(кг·°С), ккал/(кг·°С);

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

K=I

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

K=2

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

и т.д.

K= NK

$i \backslash j$	$j=I$	$j=2^* \dots \dots \dots j=NJ$
$i=I$	$N(I, I, K)$	$N(I, 2, K) \dots \dots \dots N(I, NJ, NK)$
$i=2$	$N(2, I, K)$	$N(2, 2, K) \dots \dots \dots N(2, NJ, NK)$
\vdots	\vdots	\vdots
\vdots	\vdots	\vdots
$i=Ni$	$N(Ni, I, K)$	$N(Ni, 2, K) \dots \dots \dots N(Ni, NJ, NK)$

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 .

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

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

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

Сределяется $T_{кон}$ (час) - время окончания решения задачи. Задается $T_1, T_2, T_3, \dots, T_p$ - 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.

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

$И_{печ}^{(p-1)} = T_p - T_{p-1}$.

Для последующего ввода в ЭММ 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 $HPRI(1) = -1, 0$, $HPRI(2) = И_{печ}$.

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

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. $jP(jW) = j_j$, 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 ДЭМ

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=SYSOA
// DD DSN=<ИМЯ-БИБ>(WNS),DISP=SHR,
// VOL=SER=<ИМЯ-ТОМА>,UNIT=SYSOA
// DD DSN=<ИМЯ-БИБ>(HF),DISP=SHR,
// VOL=SER=<ИМЯ-ТОМА>,UNIT=SYSOA
// DD DSN=<ИМЯ-БИБ>(FIND),DISP=SHR,
// VOL=SER=<ИМЯ-ТОМА>,UNIN=SYSOA
// PKAR 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
1	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 $W_w = \frac{At}{Bt - \beta} + C1$
<i>N(NI, NJ, NK)</i>	Трехмерный массив размерностью $NI * NJ * NK$ Номера слоев грунта в соответствующих элементах (см. табл. 5)
<i>KL(NJ, NK)</i>	Двухмерный массив размерностью $NJ * NK$ Массив номеров зон краевых условий по элементам верхней и нижней границ (см. табл. 3)
<i>U(NI, NJ, NK)</i>	Трехмерный массив размерностью $NI * NJ * NK$ 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 <i>HPRI</i> (см. п.3.6)
HPRI (INT)	Одномерный массив размерности <i>INT</i> Задаст интервалы выдачи на печать температуры грунта (час) (см. п.3.6)
N(NI,NJ,NK)	Трёхмерный массив размерностью $NI * NJ * NK$ Значение энтальпии по элементам на текущем временном слое
UN(NI,NJ,NK)	Трёхмерный массив размерностью $NI * NJ * NK$ Температура грунта по элементам на следующем временном слое
HNOV(NI,NJ,NK)	Трёхмерный массив размерностью $NI * NJ * NK$ Значение энтальпии по элементам на следующем временном слое
NSI	$NSI = I$, если единица измерения количества теплоты - кДж $NSI \neq I$, если единица измерения количества теплоты - ккал

Оператором *DIMENSION* определяется размерность массивов *N*, *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,

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, MI, 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, MI, TKON, IW, JW, KW, INT, NSI* при обращении к подпрограмме заменяются своими фактическими значениями (см. табл. 6).

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

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

VSK (IO) - плотность сухого грунта, кг/м³;

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

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 *WWS*, для каждой выделенной грунтовой разности. Если в программе *MAIN* обращения к подпрограмме *WWS* 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·°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) ₀ , 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
	<i>NJ (NJ)</i>		м	Одномерный массив размерностью <i>NJ</i> . Размер элементов по направлению <i>J</i>
	<i>NK (NK)</i>		м	Одномерный массив размерностью <i>NK</i> . Размер элементов по направлению <i>K</i>
	<i>SNT (NT)</i>		ч	Одномерный массив размерностью <i>NT</i> . Размер шага по времени (см. п. 3.6)
4	<i>TR (NT)</i>	6F12.2	ч	Одномерный массив размерностью <i>NT</i> . Граница (время) изменения шага по времени (см. п. 3.6)
5	<i>TB (LI, M)</i>	I2F6.2	°C	Двухмерный массив размерностью <i>LI x M</i> . 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)
	<i>RB (LI, M)</i>		$\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C} / \text{ккал}$	Двухмерный массив размерностью <i>LI x M</i> . Термическое сопротивление поверхности на верхней границе при периодическом изменении по времени и зонам краевых условий в порядке их нумерации (см. табл. 2)
	<i>AB (LI, M)</i>		$\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, $\text{ккал} / (\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C})$	Двухмерный массив размерностью <i>LI x M</i> . Коэффициент конвективного теплообмена

1	2	3	4	5
	<i>ТВК(М1)</i>		$^{\circ}\text{C}$	на верхней границе при периодическом изменении по времени и зонам краевых условий в порядке их нумерации (см. табл. 2) Одномерный массив размерностью М1. Температура внешней среды по зонам нижней границы в порядке их нумерации
	<i>ТВЛ</i>		$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}),$ $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	Простая переменная. Теплоток на левой боковой границе области исследования
	<i>ТВЛК</i>		$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}),$ $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	Простая переменная. Теплоток на правой боковой границе
	<i>ТВК</i>		$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}),$ $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	Простая переменная. Теплоток на ближней боковой границе
	<i>ТВКК</i>		$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}),$ $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	Простая переменная. Теплоток на дальней боковой границе
6	<i>МР(М)</i>	27ГЗ	б/р	Одномерный массив размерностью М. Род краевых условий по зонам верхней границы в порядке их нумерации (см. табл. 2)
	<i>МК(5)</i>		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 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 (T^*), то для этого элемента печатается число, показывающее, какая его часть находится в талом состоянии, по формату: 7XX.XX, где 7 - условная цифра, а УХ.ХХ - 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:

$$\begin{aligned} NK &= 1 \\ IW &= 1 \\ jW &= 1 \\ KW &= 1 \\ NK(t) &= 1 \end{aligned}$$

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											
		6400.00 ЧАСОВ											
		ОПЕРИОНА											
		ИНТЕРВАЛА											
		36.00 ЧАСА											
№ ПО	№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
МЕТРЫ													
1	1	0.50	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80
2	1	0.50	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80
3	2	754.68	754.68	754.68	754.68	754.68	754.68	754.68	754.68	754.68	754.68	754.68	754.68
4	3	-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	764.99	764.99	764.99	764.99	764.99	764.99	764.99	764.99	764.99	764.99	764.99	764.99
6	5	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
7	6	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
8	7	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
9	8	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
10	9	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
11	10	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
12	11	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
13	12	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
14	13	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
15	14	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23

$U(5,4,1)$ в элементе происходит фазовый переход

Значение температуры $U(9,8,1)$

Рис. 4. Пример печати выходных данных

Таблица 9

Порядковый номер оператора ввода	Формат	Идентификатор	Единица измерения	Значение
1	2	3	4	5
1	315	<i>Ni</i>	б/р	Число элементов по направлению <i>i</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 крайними условиями на верхней границе ($M \leq 9$)
		<i>M1</i>	б/р	Число зон с различными крайними условиями на нижней границе ($M1 \leq 9$)
		<i>zW</i>	б/р	Число выдаваемых на печать "разрезов" по направлению <i>z</i> (см. п. 3.6)

1	2	3	4	5
		jw	б/р	Число выдаваемых на печать "разрезов" по направлению j (см. п. 3.6)
		kw	б/р	Число выдаваемых на печать разрезов по направлению k (см. п. 3.6)
		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 указанным 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

1	2	3	4	5
7	I3F6.2	НК (НК)	м	Одномерный массив размерностью N_k . Размер элементов по направлению К
8	I3F6.2	$U(N_L, N_J, N_K)$	°C	Трёхмерный массив размерностью $N_L \times N_J \times N_K$. Начальная температура грунта по элементам (см. табл. I) Каждый столбец таблицы набивать по новой перфокарте
9	I6I5	$N(N_L, N_J, N_K)$	б/р	Трёхмерный массив грунта размерностью $N_L \times N_J \times N_K$. Номера слоев грунта в соответствующих элементах (см. табл. 5). Каждый столбец таблицы набивать на новой перфокарте
10	I2F6.2	$TB(L_L, M)$ $RB(L_L, M)$	°C $m^2 \cdot ^\circ C / Вт,$ $m^2 \cdot ч \cdot ^\circ C / ккал$	Двухмерный массив размерностью $L_L \times M$. Температура внешней среды на верхней границе области исследования при периодическом ее изменении по времени и зонам краевых условий в порядке их нумерации (см. табл. 2) Двухмерный массив размерностью $L_L \times M$. 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)	$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}),$ $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$	Двухмерный массив размерностью $LL \times M$. Коэффициент конвективного теплообмена на верхней границе при периодическом изменении по времени и зонам краевых условий в порядке их нумерации (см. табл 2)
II	16 I 5	KL (Nj, NK)	б/р	Двухмерный массив размерностью $Nj \times NK$. 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, 5 F 6 2	G (NSL, 6) G (l, 1)	 кг/м ³	Значения теплофизических характеристик грунта по выделенным слоям. Двухмерный массив размерностью $NSL \times 6$ (см. табл 4) Плотность сухого грунта l -го слоя

1	2	3	4	5
		$C(t, 2)$	$\text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$	Удельная теплоемкость сухого грунта l -го слоя
		$C(t, 3)$	доли	Суммарная влажность грунта l -го слоя в долях к весу абсолютно сухого грунта
		$C(t, 4)$	$\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$	Теплопроводность мерзлого грунта l -го слоя
		$C(t, 5)$	$\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C}),$ $\text{ккал}/(\text{м} \times$ $\text{ч} \times ^\circ\text{C})$	Теплопроводность талого грунта l -го слоя
		$C(t, 6)$	$^\circ\text{C}$	Температура начала фазовых переходов l -го слоя
13	6 F I 2.2	$SNT(t)$	ч	Размер шага по времени с границей времени его изменения $1 \leq t \leq NT$
		$TR(t)$	ч	
		$TKON$	ч		Время окончания счета
14	6 F I 2.2	$NPRI(LNT)$	ч	Одномерный массив размерностью $LNT \leq 50$. Задаёт интервалы выдачи на печать температуры грунта (час) (см. п. 3.6)
15	I 3 F 6 2	$TBIK(M1)$	$^\circ\text{C}$	Одномерный массив размерностью $M1$. Температура внешней среды по зонам нижней границы в порядке их нумерации
		TBJ	$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}),$ $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	Простая переменная. Величина теплопотока на левой боковой границе области исследования
		$TBJK$	$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}),$ $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	Простая переменная. Величина теплопотока на правой боковой границе
		TBK	$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}),$ $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	Простая переменная. Величина теплопотока на ближней боковой границе

I	2	3	4	5
		ТВКК	$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}),$ $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	Простая переменная. Величина теплопотока на дальней боковой границе
16	I6 I 5	MR (M)	б/р	Одномерный массив размерностью 4. 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)	з/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(i)=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(i)=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(i)=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.

Крайевые условия на верхней ступенчатой границе определяются номером зоны крайевых условий на левой, верхней и правой гранях граничных элементов, формирующих верхнюю границу области исследования, и задаются массивом \mathcal{J} размерностью $(NCR \times 6)$, где NCR - число граничных элементов (рис. 6).

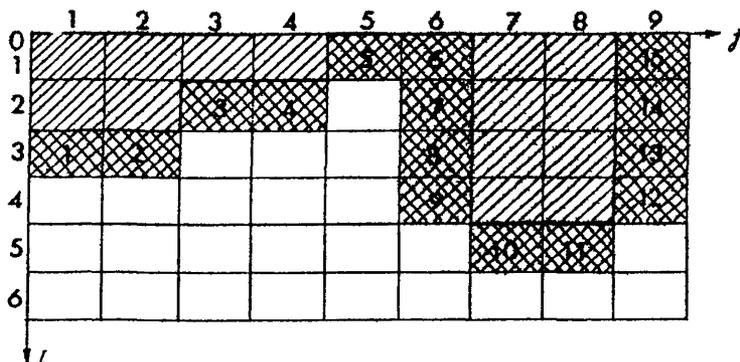


Рис.6. Пример задания ступенчатой области решения



- активные 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 $1 \leq S(d, 2) \leq Ni$,

$S(d, 3)$ - координата элемента по направлению j $1 \leq S(d, 3) \leq Nj$.

$S(d, 4)$ - номер зоны краевых условий на левой грани элемента, $0 \leq S(d, 4) \leq 9$ $S(d, 4) = 0$, 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 δ имеет вид

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

Пример расчета

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

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

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

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

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

по оси Z · 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3;
по оси x : 3, 3, 2, 2, 2, 3, 3, 3;
по оси y : 3, 3, 3, 2, 2, 2.
Всего расчетных элементов: $7 \times 8 \times 6 = 336$.

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 равен 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. 1 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 PROGNOS-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).

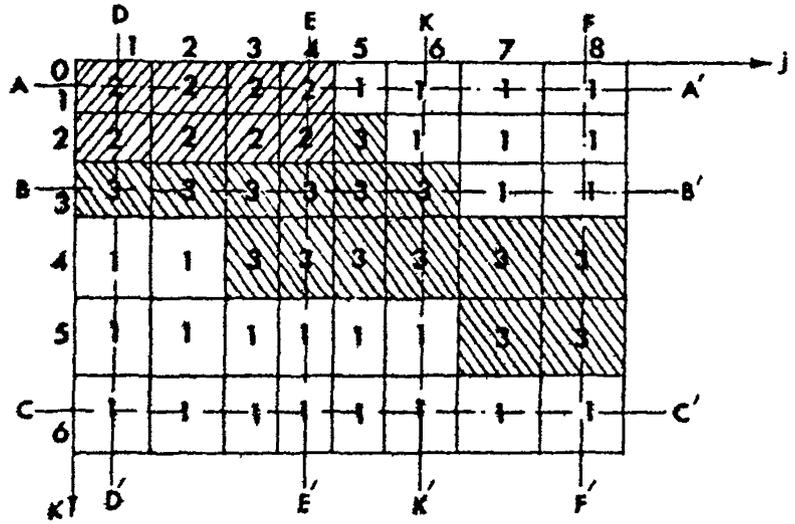


Рис. 1. Разбивка верхней границы области исследования на элементы z зоны кусевых условий

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

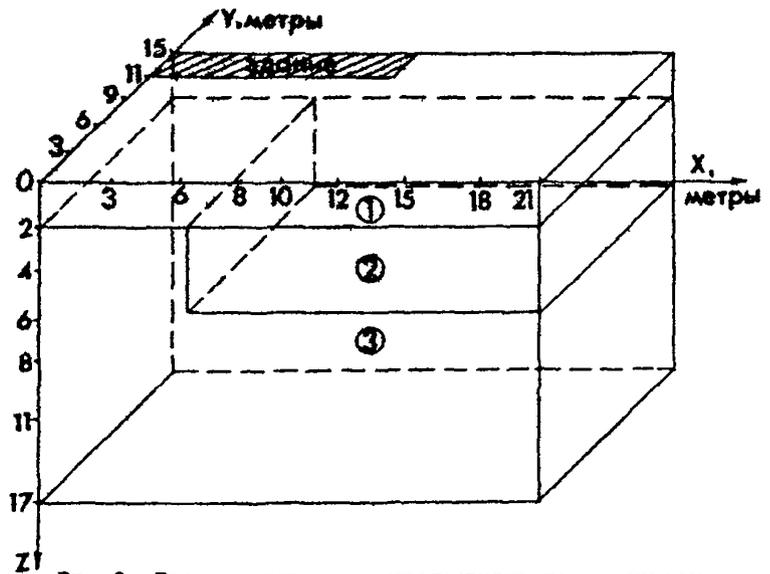


Рис. 2. Разрез грунта с выделенными литологическими разностями

Таблица I

Номер зоны	Род краевых условий	Месяц												
		Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
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	$\rho_d,$ кг/м ³	$C_d,$ ккал/(м ³ × °С)	$W_{tot},$ доли	$\lambda_m,$ ккал/(м × ч × °С)	$\lambda_t,$ ккал/(м × ч × °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- ричневый, 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-3.3

Металл														Номер партии		
1	7	12	15	21	25	28	29	31	35	39	44	49	55	72	73	84
Данные для расчета коэффициентов кривой неламершей воды по подпрограмме W.M.3 (см. табл. 7)																
-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								
Данные для ввода, подготовленные по табл. 8																
	120				74				47							
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															
876000.0																PCH 67-37 0.51

Перфорирован

Проверка
перфорацию

МЕТРА																	КОМП. СЛПТИ								
	1	3	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		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		12.6		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		AB
	13.8		12.3		12.3		12.0		12.1		12.6		13.4		14.0		14.3		13.4		13.5		12.7		

ПОРФОРМОВАА

ПРОБНА
ОСФОРМАЦИО

Пример текста подпрограммы *ISTO*

```
С      ПОДПРОГРАММА      ISTO
С      ОПРЕДЕЛЯЕТ КОЛИЧЕСТВО ВЫДЕЛЕННОГО ИЛИ ПОГЛОЩЕННОГО ИСТОЧНИКОМ
С      ТЕПЛОТЫ F В ККАЛ (ИЛИ КАЖ) В ЕДИНИЦУ ВРЕМЕНИ (ЧАС) В
С      ФУКСИРОВАННОМ ЭЛЕМЕНТЕ С КООРДИНАТАМИ (I,J,K)
С      T-ТЕКУЩЕЕ ВРЕМЯ ОТ НАЧАЛА РАСЧЕТА
SUBROUTINE ISTO(I,J,K,T,F)
IF((T.GT.152.0).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 *MAIN 33* 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=0,MSGLEVEL=1,TIME=15
// EXEC FORTHC LG,PARM,PURTY('OPT=02'),
// REGION,PORT=383K,REGION,LKED=100K,REGION,CC100K
//FORT,SYSIN DD DSN=81BL4,S(MAGN33),
// VOL=SER=DTN033,D13P=5NR,UNIT=5061
//      DD DSN=81BL4,S(CRUN33),
// VOL=SER=DTN033,D13P=5NR,UNIT=5061
//      DD DSN=81BL4,S(MNS),
// VOL=SER=DTN033,D13P=5NR,UNIT=5061
//      DD DSN=81BL4,S(FIND),
// VOL=SER=DTN033,D13P=5NR,UNIT=5061
//      DD DSN=81BL5,S(MF),
// VOL=SER=DTN033,D13P=5NR,UNIT=5061
```

Здесь: *VIBL4S* - имя библиотеки исходных модулей
DTNO3 - имя тома.

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

871015

05 # 119L4,5

*** MAIN35 ***

```

1  DIMENSION H(7,3,6),UH(7,3,6),H107(7,3,6),J(7,3,6),
2  #A1(3),#I(3),C1(3)
3  I=TLGET H(7,3,6)/336*3/,KL(9,6)/14*111,2*131,2*111,12*131,2*11
4  #4*121,131,3*111,4*121,4*111/
5  REAL #P21(21)=-1.0,8760.0/
6  CALL #US(3,A1,J1,C1)
7  TKU=#7601,0
8  DO 1 K=1,6
9  DO 1 J=1,3
10  U(1,J,K)=1
11  DO 2 K=1,6
12  DO 2 J=1,3
13  DL 2 L=2,5
14  U(1,J,K)=2
15  DO 3 K=1,6
16  DO 3 J=1,3
17  U(1,J,K)=-.1
18  U(2,J,K)=-0.4
19  U(3,J,K)=-1.2
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 #107U(1,7,3,6,1,12,3,1,TKU,A1,91,C1,4,KL,U,1,4,3,2,1291
25  #4,UJ,#107,0)
26  STOP
27  END

```

CCCCC

```

28  BLOCK DATA
29  CC1=0 /R/15/3CK(10),CCK(10),WC(10),UKR(10)
30  DATA 3CK/13*0,0,1520.0,1500.0,7*0/,CCK/ .22,0,24.0,23,7*0/,
31  #WC/0,23,0,22,0,27,7*0,0/,UKR/11*0,0/
32  END

```


C. GO PCH 67-87

371016

- 3 -

25 1818L4,5

*** GRUITS ***

```

127 37 FLR'AT (2),13IL - TOVE HA H'KIE1)
128 40 FLR'AT (1),21X,18HHA 4EPXHE' PPSH'LE)
129 41 FLR'AT (2),19110VER 3OMI / 1PC3H,14,1417)
130 43 FLR'AT (2),16,4X,5HTE'N 903A,15F7,2)
131 46 FLR'AT (1),91COFCT'BA,15F7,2)
132 47 FLR'AT (1),91TECCCTA,15F7,2)
133 48 FLR'AT (2),2417PCAC'47TE'640CTB MEC'HA,F9,2,514AC4)
134 49 FLR'AT (2),2417EP'CA'440CTB 231SHI H'7,F7,2,241AC1)
135 121 FLR'AT (1),14,25HTE'N HCPATX7A HA H'KIE' PPSH'LE)
136 122 FLR'AT (5),10110VER 3OMI,14,1517)
137 123 FLR'AT (5),1011TE'EPAT,1517,2)
138 124 FLR'AT (1),1,111A E'YOB'X)
139 125 FLR'AT (2),5HTBJ=,F7,2,2X,5HTBJ=,F7,2,2X24ITIK=,F7,2,2X,24ITIK=)
140 1F7,2)
141 12) FLR'AT (1),11H HCVEP C'2H,2V,16'06 REC CK C YA,3')
142 =251, C 1) 13 T'17' u T'17' Y, 3X,11A,6X,14J,5A,14C)
143 127 FLR'AT (5),15,12,2,5F7,2, 3F7,3)
144 12) FLR'AT (1),15,28K44A'KHA'P TE'CPATYPA CP'HTA)
145 13) FLR'AT (1),1,1517)
146 131 FLR'AT (5),151,5F7,2,PE3'05T'7A 4AC,(1)09,2))
147 132 FLR'AT (1),1,1,2HX=,13,2X,F7,2,111)
148 146 FLR'AT (1),1,1,2HX=,13,2X,F7,2,111)
149 11) FLR'AT (1),1,1,2HX=,13,2X,F7,2,111)
150 L=2
151 IF(C'K.GT.1),A4D.(A'J.GT.1))G' T7 13C
152 IF(C'K.E1,1),A1D.(A'J.E2,1)) L=1
153 GC TO 151
154 L=3
155 151 P'RI'IT 11,L
156 P'RI'IT 12
157 P'RI'IT 13
158 DC 152 I=1,4
159 152 P'RI'IT 14
160 P'RI'IT 22
161 P'RI'IT 23,(SIT(I),I=1,4T)
162 P'RI'IT 24,(R(I),I=1,4T)
163 P'RI'IT 25, I
164 DC 153 L=1,4I,15
165 LK=L+14
166 IF(LK.GT.1) LK=4I
167 P'RI'IT 26,(I,I=L,LK)
168 P'RI'IT 27,(I(I),I=L,LK)
169 153 P'RI'IT 28,(2(I),I=L,LK)
170 P'RI'IT 29, J
171 DC 154 L=1,4J,15
172 LK=L+14
173 IF(LK.GT.1) LK=4J
174 P'RI'IT 26,(J,J=L,LK)
175 P'RI'IT 27,(J(J),J=L,LK)
176 154 P'RI'IT 28,(R(J),J=L,LK)
177 P'RI'IT 30, K
178 DC 155 L=1,4K,15
179 LK=L+14
180 IF(LK.GT.1) LK=4K
181 P'RI'IT 26,(K,K=L,LK)
182 P'RI'IT 27,(K(K),K=L,LK)
183 155 P'RI'IT 28,(S(K),K=L,LK)
184 P'RI'IT 33
185 DC 157 L=1,4J,24
186 LK=L+23
187 IF(LK.GT.1) LK=4J
188 P'RI'IT 34,(J,J=L,LK)
189 DC 157 K=1,4K
190 I=K-K+1

```

071016

15 I=HIL4,5

*** GRUHS ***

```

121 152 PRINT 15, (I, (KL(J, I), J=L, LK))
122 PRINT 16
123 PRINT 17
124 PRINT 18
125 PRINT 19
126 PRINT 20
127 DC 154 K=1, H
128 PRINT 41, (I, I=1, LI)
129 PRINT 43, (I, (T(I, K), I=1, LI))
130 PRINT 46, (I, (H(I, K), I=1, LI))
131 154 PRINT 47, (I, (S(I, K), I=1, LI))
132 PRINT 48, 12
133 PRINT 49, TPKR
134 PRINT 121
135 PRINT 122, (I, I=1, P1)
136 PRINT 123, (I, (IK(I), I=1, M1))
137 PRINT 124
138 PRINT 125, TJJ, TJJK, TBK, TBKK
139 PRINT 126
140 JL 154 K=1, HSL
141 PRINT 127, (I, (C(K), CCK(I), HC(K), UPR(K), TLY(K), TLT(K),
142 A(K), B(K), C(K))
143 2
144 152 CCITINJE
145 PRINT 130
146 IF (K=1) GO TO 160
147 DC 170 LP=1, K1
148 K=K1(L)
149 PRINT 132, (I, SK(K))
150 JL 170 L=1, NJ, 16
151 LK=L+15
152 IF (LK, GT, 4K) LK=K1
153 PRINT 134, (I, J=L, LK)
154 PRINT 135, (I, (J), J=L, LK)
155 JL 170 I=1, NI
156 PRINT 136, (I, Z(I), (U(I, J, K), J=L, LK))
157 170 PRINT 137, (I, (I, J, K), J=L, LK)
158 160 IF (JP(1), E, 0) GO TO 171
159 DC 174 LP=1, JJ
160 J=JP(L)
161 PRINT 164, J, R(J)
162 DC 172 L=1, 4K, 16
163 LK=L+15
164 IF (LK, GT, 4K) LK=K1
165 PRINT 161, (I, (K, K=L, LK))
166 PRINT 135, (I, (I), I=L, LK)
167 DC 172 I=1, NI
168 PRINT 136, (I, Z(I), (U(I, J, K), K=L, LK))
169 172 PRINT 137, (I, (I, J, K), K=L, LK)
170 171 IF (IP(1), E, 0) GO TO 173
171 JL 174 LP=1, 14
172 I=IP(L)
173 PRINT 110, I, Z(I)
174 DC 174 L=1, 4K, 16
175 LK=L+15
176 IF (LK, GT, 4K) LK=K1
177 PRINT 161, (I, (K, K=L, LK))
178 PRINT 163, (I, (SK(J), J=L, LK))
179 DC 174 J=1, NJ
180 PRINT 136, (I, (I, J), (U(I, J, K), K=L, LK))
181 174 PRINT 137, (I, (I, J, K), K=L, LK)
182 173 PRINT 137, (I, (I, I), I=2, 14)
183 1) T=THI
184 201 CCITINJE
185 IF (I, GT, TKON) GO TO 15

```

C.62 PCH 67-87

071014

- 4 -

DSI=HIDL4,S

*** GRU,TS ***

```

255 IF (I-KT=TIME),G1 0,)) *I=Y*+I
256 IF (I-T*(T1) 16,17,17
257 17 IT=IT+1
258 HI=547*(IT)
259 15 T3=T-(T-1)*T*E1
260 I=1
261 14 IF (I3-T*J=1) 17,19,20
262 20 T=I+1
263 GC TO 13
264 17 T4=I3-I*(I-1)*T2
265 21 GC 31 I=1, .
266 GC 32 J=1, .
267 IX=L(I),K
268 AL=IX/I0=I*(I*J)+I0
269 AK=IX-I*(I*J)+I0
270 GC 50 I=1, .
271 I=I(I,J,1)
272 H=H(I,J,K)
273 UL=U(I,J,K)
274 IF (H2-H1(I,1)) 51,52,52
275 51 TL=TL*(I,1)
276 GC TO 53
277 52 IF (H2-H2(I,1)) 45,45,44
278 45 TL=J,5=(TL(I,1)+TL(I,1))
279 GC TO 53
280 44 TL=TL(I,1)
281 53 IF (I=1) 50 54
282 GC TO (50),111
283 T=1)=1+(I+R 1, 10)
284 GC TO 57
285 TF1)=1+(L1,"))
286 57 U1=I0)+(I0(I19,"L)-T*H10)/T2+T4
287 IJ=R(I0)
288 GC TO (59,5),60),IJ
289 54 R1=I/I(I,1)*(I-L)*2
290 GC TO 56
291 59 R1=J1
292 GC TO 56
293 60 GC TO (51),111
294 RE1J)=R3(I,1-1,10)
295 AB1J)=B(I+R 1, 10)
296 GC TO 57
297 RE1J)=R3(L,"")
298 AB1J)=B(LI,"")
299 62 R4=1)=R310+(B(IJR,"")-R010)/T2+T4
300 AL11)=AB10+(B(IJR,"")-AB10)/T2+T4
301 R1=2/(I(I) TL+2*(1/AB11+R01))*/(1-L)
302 GC TO 56
303 54 U1=J(I-1,1, )
304 I2=H(I-1,1, )
305 HA2=H(I-1,J,K)
306 IF (H2-H1(I,2)) 63,64,64
307 63 TL1=TL(I,H)
308 GC TO 55
309 64 TL1=TL(I,2)
310 IF (HA2.LC.12(I,2)) TL1=0.5*(TL(I,2)+TL1)
311 UX=I(I-1)+I(I)
312 R1=2*(I(I-1)*TL1+H1(I)*TL)/(UX+I)*(1-I)
313 65 IF (I-I) 67,63,67
314 67 U2=J(I+1,J, )
315 H2=H(I+1,J, )
316 HA2=H(I+1,J,K)
317 IF (H2-H1(I,2)) 67,70,70
318 67 TL2=TL(I,H)

```

891716
 20 18 31 1L4,0

```

311
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
    GL TO 71
    TL2=TLT(42)
    IF (H1,LE,12(42)) TL2=0.5*(TL1(42)+TL2)
    UX=HJ(I+1)+HJ(I)
    R2=2*(HJ(I+1)+TL2+HJ(I)+TL)/(UX+UX)=(U2-UL)
    GL TO 73
    U2=1.5*(4 K1
    IF (4(1)-1) 73,74,73
    71 R2=TL/11*(11+(J2-UL)*2
    GL TO 72
    72 R2=J2
    IF (J,LC,1) GO TO 75
    J1=7J
    IF (4K(2)-1) 75,77,76
    77 R3=TL/11*(11+(J3-UL)*2
    GL TO 79
    76 R3=7J
    GL TO 79
    75 U3=U(1,J-1,K)
    H2=H(1,J-1,K)
    HA2=H(1,J-1,K)
    IF (H1,LE,12(42)) 80,81,81
    TL3=TLT(42)
    GL TO 82
    81 TL3=TLT(42)
    IF (H1,LE,12(42)) TL3=0.5*(TL1(42)+TL3)
    UX=HJ(J+1)+HJ(J)
    R3=2*(HJ(J+1)+TL3+HJ(J)+TL)/(UX+UX)=(U3-UL)
    77 IF (J,LC,1) GO TO 83
    U4=7J
    IF (4K(3)-1) 84,85,84
    85 R4=TL/11*(11+(J4-UL)*2
    GL TO 90
    84 U4=7J
    GL TO 90
    83 U4=U(1,J+1,K)
    V2=V(1,J+1,K)
    HA2=H(1,J+1,K)
    IF (H1,LE,12(42)) 87,88,87
    87 TL4=TLT(42)
    GL TO 89
    88 TL4=TLT(42)
    IF (H1,LE,12(42)) TL4=0.5*(TL1(42)+TL4)
    81 UX=HJ(J+1)+HJ(J)
    R4=2*(HJ(J+1)+TL4+HJ(J)+TL)/(UX+UX)=(U4-UL)
    91 IF (K,LE,1) GO TO 91
    U5=7J
    IF (4K(4)-1) 92,93,92
    93 R5=TL/11*(11+(J5-UL)*2
    GL TO 98
    92 R5=7J
    GL TO 98
    91 U5=U(1,J,K+1)
    H2=H(1,J,K+1)
    HA2=H(1,J,K+1)
    IF (HA2-H1(N2)) 93,96,96
    93 TL5=TLT(42)
    GL TO 97
    96 TL5=TLT(42)
    IF (H1,LE,12(42)) TL5=0.5*(TL1(42)+TL5)
    97 UX=HK(K-1)+HK(K)
    R5=2*(HK(K+1)+TL5+HK(K)+TL)/(UX+UX)=(U5-UL)
    98 IF (K,LE,1) GO TO 99
    U6=7J
    
```

C.64 PCH 67-87

B71716

- 7 -

CS 10418L4.S

*** GROUPS ***

```

353 IF (MK(5)-1) 100,101,100
354 101 R6=IL/IK(K)*C(U6-LL)*2
355 GC TO 103
356 100 RE=T3<K
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(U2)) 104,105 105
362 104 TL6=TL(I(12))
363 GC TO 106
364 105 TL6=TLT(U2)
365 IF (H 2,LE, I2(U2)) TL6=0 5*(TL(I(12))+TL6)
366 105 UX=IK(K+1)+IK(K)
367 R6=2*(I/(I+1)*TL6+HX(K)*TL)/(U*(UX)*(16-LL)
368 103 CC ITI\JE
369 F=J,0
400 108 H1=J/(I,J,K)+11*(T*(R1+R2)/I2(I)+(R3+R4)/IJ(J)+(R5+R6)/K(K+1)+R7)
401 HA1=H(I,J,K)
402 IF (H 1-I(11)) 111,112,112
403 112 IF (HA1-H2(U1)) 113,113,114
404 113 UL1=U(I(11))
405 GC TO 115
406 114 UL1=(H 1-I2(U1))/CTAL(U1)+UKR(I1)
407 GC TO 115
408 111 IF ((A(N1)-10,0,0) AND (C(U1),E?,C,?)) GO TO 4
409 CALL FIND(UL1,U1,LL1)
410 GC TO 115
411 4 UL1=H 1/I(11)+TK+TK
412 115 UA(I,J,K)=UL1
413 50 CC ITI\JE
414 32 CC ITI\JE
415 31 CC ITI\JE
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 CC ITI\JE
422 IF (T,LT (T*PR-0,01)) GO TO 10
423 IF (H*PR(I),GT,0 0) IPR=IPR+1
424 YPR=YPR+IPR(I*PR)
425 3 KIP=KI-1
426 IBRP=IBR-1
427 IF (KP(1),E?,J) GO TO 143
428 DC 143 LP=1,KW
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(U1),LE HN1),AND (HN1,LE, H2(U1)))
435 104 UA(I,J,K)=700,0+100*(HN1-H1(U1))/(H2(U1)-H1(U1))
436 145 CC ITI\JE
437 PRINT 133,K,SK(K),Y,KYP,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),(U(I,J,K),J=L,LK))
445 143 CC ITI\JE
446 IF (JP(1),E?,0) GO TO 165
447

```

B'1'1A

- 2 -

GS I=7IBL4,S

*** GRU47S ***

```

443      DC 145 LP=1,J4
444      J=JP(I,P)
445      DC 142 K=1,JK
446      DC 142 I=1,II
447      H1=(I,J,K)
448      H2=H(I,J,K)
449      IF (H1) LE,HA1),A10,(H2),LE 42(11))
450      10A(I,J,K)=700.0+100*(H1-H1(1))/(12(H1)-11(1))
451      149 CC I=1/E
452      PRINT 160,J,(J),T,KTP,IBRP,T4
453      DC 160 L=1,JK,16
454      L=L+1
455      IF (L,GT,JK) L=JK
456      PRINT 161,(K,K,L,L)
457      PRINT 139,(S(I),I=L,LK)
458      DC 164 I=1,II
459      106 PRINT 136,(I,Z(I),(UN(I),K),K=L,LK)
460      109 CLY I,JE
461      IF (I(1),E,,) DC TO 167
462      DC 167 LP=1,I4
463      I=IP(I,P)
464      JL 145 K=1,JK
465      DC 149 J=1,II
466      H1=(I,J,K)
467      H2=H(I,J,K)
468      IF (H1) LE,HA1),A10,(H2),LE 42(11))
469      10A(I,J,K)=700.0+100*(H1-H1(1))/(12(H1)-11(1))
470      149 CC I=1/E
471      PRINT 162,I,Z(I),T,KTP,IBRP,T4
472      DC 162 L=1,JK,16
473      L=L+1
474      IF (L,GT,JK) L=JK
475      PRINT 161,(K,K,L,LK)
476      PRINT 163,(S(J),J=L,LK)
477      DC 164 J=1,II
478      108 PRINT 136,(I,Z(J),(UN(I),K),K=L,LK)
479      107 CLY I,JE
480      DC TO 10
481      15 CLY I,JE
482      RETJRA
483      END
    
```

C.66 PCH 67-87

1116

- 1 -

318L4.S

*** VNS ***

```

1  SLURVTIME WNS(A,B,C)
2  DIMENSION A(4),B(4),C(4),T(3,10),L(7,10),Z(10,11),U(11)
3  FCNAT (12F6,2)
11 READ 11,((T(I,J),I=1,3),J=1,1)
4  READ 11,((L(I,J),I=1,3),J=1,1)
5  FCNAT (22X,7HJ4(T1)=,F6,2,3X,7HJ4(T2)=,F6,2)
6  PRINT 16
13 U(1)=-30.0
14 DC 6 J=2,6
15 6 U(J)=U(J-1)+5.0
16 DC 5 J=7,11
17 5 U(J)=L(J-1)+1.0
18 DC 10 I=1,4
19 13 W2=4(2,I)-4(3,I)
20 U1=T(1,I)-T(3,I)
21 W1=4(1,I)-4(3,I)
22 U2=T(2,I)-T(3,I)
23 IF ((-3)J*U1.LT.=2).AND.(W2.LT.=.0001),OR.((-0.))1.LT.11).AND.
24 W(L1.LT.=.0001)) GC TO 2
25 GC TO 24
26 2 A(I)=0.0
27 B(I)=C(.0001)
28 C(I)=W(1,I)
29 GC TO 4
30 24 B(I)=T(2,I)+42*U1-T(1,I)*W1+J2)/(J2+U1-W1*J2)
31 A(I)=1*(J(I)-T(1,I))+B(I)-T(3,I)/11
32 C(I)=W(3,I)-A(I)/(B(I)-T(3,I))
33 4 DC 3 J=1,11
34 3 Z(I,J)=A(I)/(C(I)-U(J))+C(I)
35 GC TO 16
16 FCNAT (T41,'НЕЗАМЕРЗАЯ ВОДА ГО СТОЯН')
44 17 FCNAT (21,T25,'ВХОДЯЩИЕ ААИИИИИ',30X,'ВЫИИИИИИИИИИ КОЭФ
45 #ФУИЕНТЬ КРИБОИ')
46 18 FCNAT (11),11X,4HСЛОЯ,13,6X,4IT1 =,F6,2,6X,4IT2 =,F6,2,6X,4IT3 =,
47 #F6,2)
48 19 FCNAT (22X,7HJ4(T1)=,F6,2,3X,7HJ4(T2)=,F6,2,3X,7HJ4(T3)=,F6,2,3X,
49 #2HA(,12,21)=,F8,4,4X,2HB(,12,21)=,F8,4,4X,2HC(,12,21)=,F8,4)
50 PRINT 17
51 DC 20 I=1,1
52 PRINT 18,(I,T(1,I),T(2,I),T(3,I))
53 20 PRINT 19,(J4(I),L(2,I),4(3,I),I,A(I),I,B(I),I,C(I))
54 21 FCNAT (210,T40,'КОНТРОЛЬНАЯ ТАБЛИЦА ЗНАЧЕНИЯ WИ OT T')
55 22 FCNAT (11),14X,2HT=,7X,11F7,2)
56 23 FCNAT (11X,4HСЛОЯ,13,6X,11F7,2)
57 PRINT 21
58 PRINT 22,1
59 PRINT 23,((I,(Z(I,J),J=1,11)),I=1,4)
60 RETJRA
61 END
62

```

871016

- 1 -

CS: HIBL4, S

*** FIND ***

```

1      SLH10LTIHL FI 10(HN1,N1,UL1)
2      CC 1407 /T/HL/ FT(30,10),F510(10,10),F25(15,10),F02(20,10),
3      #H1(10),H2(10)
4      IF (HN1,GT,IT(30,N1)) GO TO 204
5      IF (HN1,GT,IT(40,N1)) 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=40,40
12     IF (HN1,GE,FT(11,N1)) GO TO 205
13     204 CC 111 JE
14     205 WA#FT(11,N1)
15     WB#FT(11-1,N1)
16     XA=-1
17     XR=-1
18     GC TO 200
19     201 IF (H1,GT,IT(10,N1)) GO TO 206
20     IF (HN1,GT,IT(20,N1)) GO TO 207
21     ML=21
22     ML=30
23     GC TO 203
24     202 YC=11
25     JL=20
26     GC TO 203
27     206 IF (HN1,GT,IT(2,N1)) GO TO 208
28     IF (HN1,GT,IT(5,N1)) GO TO 209
29     DL 21,IV=2,1
30     IF (HN1,GE,F510(IN,N1)) GO TO 211
31     211 CC 111 JE
32     WA#F510(IN,N1)
33     WB#F510(IN-1,N1)
34     XA=-5,0-0,3+14
35     XB=XA+0,5
36     GC TO 200
37     207 DC 212 IV=2,15
38     IF (HN1,GE,F25(IN,N1)) GO TO 213
39     212 CCNT 11 JE
40     213 WA#F25(IN,N1)
41     WB#F25(IN-1,N1)
42     XA=-2,0-0,2+11
43     XB=XA+0,2
44     GC TO 200
45     208 IF (HN1,GE,F02(1,N1)) GO TO 216
46     GC TO 217
47     216 WA#F02(1,N1)
48     WB#H1(11)
49     XA=0,1
50     XB=0,0
51     GC TO 200
52     217 DC 214 IN=2,20
53     IF (HN1,GE,F02(IN,N1)) GO TO 215
54     216 CCNT 11 JE
55     215 WA#F02(IN,N1)
56     WB#F02(IN-1,N1)
57     XA=0,1+14
58     XB=XA+0,1
59     200 UL1=(H1-WA)/(WB-WA)*(XB-XA)+XA
60     RET JRA
61     END

```

C.68 PCH 67-87

071116

- 1 -

S I 9 IBL4,5

*** HF ***

```

1  FUNCTION HF(N,U1)
2  CL=10\ /RFIS/BCK(10),CCV(10),WC(10),UKR(10)
3  CL=10\ /CJEF/A(10),B(10),C(10)
4  CL=10\ /CJST/RV,CL,C3,TFR,TK
5  D1=TK- )
6  D2=U1-TK
7  HF=BCK(1)+(CCV(A)+RV*CL*WC(A)+C(B)+(C3-P/*CL))*D1+1(1)*
8  3((RV*CL-C6)*ALOG(ABS((U1-D)/T1))+TFR*D2/((1-U)*D1))
9  RETURN
10 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 <i>MAIN</i> и подпрограммы <i>BLOCK DATA</i>	27
4.3.	Подготовка к вводу группы данных с перфокарт	30
4.4.	Выходные данные	34
4.5.	Подготовка данных для расчета по программе <i>PROGNOZ - 2 S</i>	35
4.6.	Подготовка данных для расчета по программе <i>PROGNOZ - 3 N</i>	35
4.7.	Подготовка данных для расчета по программе <i>PROGNOZ - 2 N</i>	43
4.8.	Подготовка данных для расчета по программе <i>PROGNOZ - 1</i>	43
Приложение I	Пример расчета	46
	Исходные данные для расчета контрольного примера приложения I по программе <i>PROGNOZ - 3 S</i>	51
	Выдача на печать для контроля ввода начальных данных, подготовленных для расчета по программе <i>PROGNOZ - 3 S</i> контрольного примера приложения I	54

Приложение 2. Пример текста подпрограммы <i>ISTO</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. ~~467~~ Объем 5 п.л. Цена 50 коп. Тир.700