

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Всесоюзный научно-исследовательский институт
по строительству магистральных трубопроводов

·ВНИИСТ·

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ДИНАМИКИ
ТЕПЛОВОГО И МЕХАНИЧЕСКОГО
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТРУБОПРОВОДОВ
С ПРОМЕРЗАЮЩИМИ
И ПРОТАИВАЮЩИМИ ГРУНТАМИ

Р 609-86



Москва 1987

УДК 621.643.002.2:624.13(083.96)

В Рекомендациях изложена методика прогнозирования динамики теплового и механического взаимодействия трубопроводов с промерзающими и протаивающими грунтами, по которой определяют движения фронтов промерзания и оттаивания вокруг трубы и перемещения изотермического сечения трубопровода в вертикальной плоскости в результате воздействия на него как процессов пучения грунтов, так и термокарстовых процессов. Приводятся алгоритм и программа расчета на ЭВМ серии ЕС теплового и механического взаимодействия трубопроводов с окружающей средой для различных конструктивных систем прокладок (подземной, наземной открытой, наземной закрытой) как для теплоизолированных трубопроводов, так и для трубопроводов без теплоизоляции.

Рекомендации разработаны сотрудниками отдела трубопроводов, сооружаемых в особых условиях (ООУ ВНИИСТА), кандидатами технических наук В.В.Спиридоновым, А.С.Гехманом, А.Д.Перельмитером, А.С.Цуриковым, Н.Г.Фигаровым, директором ВНИИГаздобыча А.В.Бураковым, начальником ВЦ ВНИИГаздобыча Ю.А.Кривогузовым, руководителем группы ВЦ ВНИИГаздобыча В.В.Новаковской.

Рекомендации предназначены для инженерно-технических работников проектных и строительных организаций, осуществляющих сооружение магистральных трубопроводов.

Министерство строительства предприятий нефтяной и газовой промышленности, Министерство газовой промышленности	Рекомендации по прогнозированию динамики теплового и механического взаимодействия трубопроводов с промерзающими и притаивающими грунтами	P 609-86 Впервые
---	--	---------------------

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие Рекомендации разработаны в разитие глав СНиП 2.05.06-85 "Магистральные трубопроводы. Нормы проектирования" [1], "Временных указаний по проектированию, строительству и эксплуатации объектов газовой и нефтяной промышленности в условиях вечной мерзлоты" (Р 215-76 [2] и СНиП Г-18-76 (часть II) "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Нормы проектирования" [3].

Рекомендации распространяются на трубопроводы, эксплуатирующиеся в нестационарном установленном режиме. Настоящие Рекомендации не позволяют рассчитывать переходные процессы, имеющие место в первые часы с момента пуска трубопроводной системы.

1.2. Проектирование трубопроводов (выбор конструкций, материалов, технологии строительства и эксплуатации) в районах распространения вечномерзлых грунтов следует осуществлять на основании выбора таких оптимальных решений, которые удовлетворяли бы температурным и деформативным ограничениям трубопроводных систем, определяемых с помощью настоящего руководства, а также в соответствии с требованиями, изложенными в следующих нормативных документах: СНиП Г-6-74 [4], СНиП 2.02.01-83 [5], СНиП 2.05.06-85 [1], СНиП Г-18-76 [2].

Внесены ВНИИСТом, ОКТ	Утвержден ВНИИСТом 4 декабря 1986 г.	Срок введения в действие 1 мая 1987 г.
-----------------------------	---	--

I.3. Настоящие Рекомендации позволяют определять перемещения и нагрузки, действующие на трубопровод вследствие процессов пучения и осадки грунтов, и рассчитывать динамику фронтов промерзания и оттаивания вокруг трубопровода, лежащихся как с дневной поверхности грунта, так и с поверхности трубопровода.

I.4. Методика прогнозирования динамики теплового и механического взаимодействия трубопроводов с промерзающими и протаивающими грунтами, предложенная в настоящих Рекомендациях, позволяет выбрать оптимальные конструктивные системы прокладки и технологические режимы их эксплуатации, обеспечивающие надежность их функционирования и сохранение природной среды.

I.5. Основные условные обозначения в тексте Рекомендаций и в программе PIPE5 приводятся в табл. I.

Таблица I

Символы алгоритма	Единицы измерения	Идентификатор программы	Тип	Исходные и расчетные данные
1	2	3	4	5
ATL(18)	-	ATL	Символьный	Название объекта, для которого производится расчет
JT	-	JT	Целый	Число лет эксплуатации трубопровода
KD	-	KD	То же	Код, указывающий вид прокладки: 1 - надземный; 2 - наземная в насыпи; 3 - наземная открытая; 4 - подземная; 5 - подводная

Продолжение табл. I

I	2	3	4	5
L	-	L	Целый	Параметр начального состояния грунта над трубопроводом: -I - мералый; I - талый
d_o	м	DO	Вещественный	Внутренний диаметр трубопровода
h_T	м	HT	То же	Расстояние от поверхности грунта до оси трубопровода (HT > 0, если ось трубопровода выше поверхности грунта; HT < 0, если ось трубопровода ниже поверхности грунта)
h_N	м	HN	"	Высота насыпи
δ_{uz}	м	DIZ	"	Толщина теплоизоляции трубопровода или толщина плоского теплоизоляционного экрана
t_f	°C	TF	"	Температура начала замерзания воды в грунте
t_{zp}	°C	TGR	"	Среднегодовая температура грунта
A_T	-	AT	"	Альбето трубопровода
λ_{uz}	0,864 Вт/м·град	LIZ	"	Коэффициент теплопроводности изоляции трубопровода
λ_{T} λ_{verx}	"	LTB	"	Коэффициент теплопроводности талого грунта над трубопроводом (определяется по СНиП II-18-76 или по Руководствам ВНИИСта (Р 409-80), (Р 486-83) [3, 6, 7].

Продолжение табл. I

I	1	2	3	4	5
λ_7^{Huz}	0,86*	ЛТН	Вещественный		Коэффициент теплопроводности талого грунта под трубопроводом, определяется по [3, 6, 7]
$\lambda_M^{верх}$	"	ЛМВ	То же		Коэффициент теплопроводности мерзлого грунта над трубопроводом, определяется по [3, 6, 7]
$\lambda_M^{верх}$	$3,6 \cdot 10^5$	AMB	"		Коэффициент температуропроводности мерзлых иерод над трубопроводом рассчитывается по формуле

$$\lambda_M = \frac{\lambda_M}{C_M},$$

где C_M - теплоемкость мерзлого грунта, определяемая по формуле

$$C_M = \gamma_{ск} [C_{y2} + 0,5 (W_c - W_{н.3})],$$

где $\gamma_{ск}$ - объемный вес скелета мерзлого грунта, кг/м³;

$C_{уд}$ - удельная теплоемкость скелета грунта:

для глин - $C_{уд} = 0,215 \frac{\text{ккал}}{\text{кг.}^{\circ}\text{С}}$;

для суглинков - $C_{уд} = 0,195 \frac{\text{ккал}}{\text{кг.}^{\circ}\text{С}}$;

для супеси - $C_{уд} = 0,18 \frac{\text{ккал}}{\text{кг.}^{\circ}\text{С}}$;

для песков - $C_{уд} = 0,17 \frac{\text{ккал}}{\text{кг.}^{\circ}\text{С}}$;

Продолжение табл. I

I	1	2	3	4	5
---	---	---	---	---	---

W_c - суммарная весовая влажность, дол.ед., определяется лабораторным методом в естественных условиях, или рассчитывается по СНиП II-18-76;

W_{H3} - количество незамерзающей воды в грунте, дол.ед., определяется лабораторным методом в естественных условиях и рассчитывается по СНиП II-18-76 по формуле

$$W_{H3} = K_W W_p,$$

где

K_W - коэффициент, определяется по табл. I в зависимости от числа пластичности I_p и температуры грунта; W_p - влажность грунта на границе раскатывания в долях единицы

$\alpha_T^{\theta_{\text{гор}}}$	$3,6 \cdot 10^5$	ATB	Вещественный	Коэффициент температуропроводности талых пород над трубопроводом, рассчитывается по формуле
----------------------------------	------------------	-----	--------------	---

$$\alpha_T = \frac{\lambda_T}{C_T},$$

где

C_T - теплоемкость талого грунта, определяется по формуле

Продолжение табл. I

I	1	2	1	3	1	4	1	5
							$C_T = \gamma_{sk} (C_{yg} + C_b W)$, где	
							γ_{sk} - объемный вес скелета талого грунта;	
							C_{yg} - удельная теплоемкость скелета грунта, определяется, как было описано выше, в случае расчета теплоемкости мерзлых пород;	
							C_b - теплоемкость воды, $C_b = 1$ ккал/кг.°С;	
							W - весовая влажность талого грунта, дол.ед.	
α_m^{HIS}	$3,6 \cdot 10^5$	AMH	Вещественный				Коэффициент температуропроводности мерзлых пород под трубопроводом, определяется аналогично расчету α_T^{berx}	
α_T^{HIS}	"	ATH	То же				Коэффициент температуропроводности талых пород под трубопроводом, определяется аналогично расчету α_T^{berx}	
K_p	-	CPD	"				Коэффициент пучения грунта, определяется экспериментально, по методике	
K_i	-	CPR	"				Коэффициент просадочности мерзлых грунтов основания трубопровода, определяется экспериментально	
Q_p^{berx}	$0,239 *$	QFB	"				Теплота фазовых превращений воды в грунте над трубопроводом, рассчитывается по формуле	
	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$							

Продолжение табл. I

1	2	3	4	5
Q_{ϕ}^{H3}	$0,239 * QFH$	Вещест- венный	$Q_{\phi}^{H3} = 80(W - W_{H3})/f_{ck}$, f_{ck} - объемный вес скелета грунта, $\text{кг}/\text{м}^3$	
I_{bcn}	-	$IBCP$	Целый	Параметр, определяющий задание вспомогательных параметров (фронтов): $IBCP=1$ - вспомогательные параметры задаются $IBCP=2$ - вспомогательные параметры отсутствуют
I_z	-	Iz	То же	Параметр, определяющий вид теплоизоляции: $Iz = 1$ - круговая изоляция; $Iz = 2$ - плоский теплоизоли- онный экран
ITT	-	ITT	"	Число лет изменения температурного режима в начале трубопровода, априори
$\xi_{обр}^{'}$ и ЕВИ	Вещест- венный			Координаты фазового фронта сезонных образований с дневной поверхности вне зоны влияния трубопровода, задаются априори
$\xi_{разр}^{'}$ и ЕРВИ	То же			Координаты фазового фронта сезонных разрушений с дневной поверхности вне зоны влияния трубопровода, задаются априори

Продолжение табл. I

I	2	3	4	5
$\psi'_{обр}$	м	У01	Вещест- венный	Координаты фазового фронта се- зонных образований с дневной поверхности над трубопроводом, задаются априори
$\psi'_{разр}$	м	УР1	То же	Координаты фазового фронта се- зонных разрушений с дневной поверхности над трубопроводом, задаются априори
$\rho'_{обр}^{верх}$	м	R01	"	Координаты фазового фронта се- зонных образований вверх с по- верхности трубопровода (отсчет от верхней образующей трубопро- вода), задаются априори
$\rho'_{разр}^{верх}$	м	RP1	"	Координаты фазового фронта се- зонных разрушений вверх с по- верхности трубопровода (отсчет от верхней образующей трубопро- вода), задаются априори
$\rho'_{м/л}$	м	ROM1	"	Координаты фазового фронта мно- голетних образований в основа- нии трубопровода (отсчет от нижней образующей трубопровода) задаются априори
$\rho'_{обр}$	м	ROS1	"	Координаты фазового фронта се- зонных образований в основании трубопровода (отсчет от нижней образующей трубопровода), зада- ются априори
$\rho'_{разр}$	м	ROP1	"	Фронт сезонных разрушений в ос- новании трубопровода (отсчет от нижней образующей трубопровода), задаются априори

Продолжение табл. I

I	1	2	3	4	5
t	°C	TH	Вещест- венный	Температура в начале трубопро- вода, меняющаяся во времени как в сезонной динамике (средне- месячные температуры), так и в многолетней динамике (сред- негодовые температуры), зада- ются априори	
t_β	°C	TB	То же	Среднемесячные температуры воздуха, задаются априори	
α_f	0,86 *	$ALFAF$	"	Среднемесячные коэффициенты теплоотдачи с поверхности грун- та или с поверхности моховодер- нового покрова или с поверхно- сти снега;	

α_f определяется эксперимен-
тально в полевых условиях. При
отсутствии данных величину его
можно вычислять по формуле

$$\alpha_f = 4 + 2U, \text{ где } U - \text{скорость ветра, м/с}$$

Продолжение табл. I

I	2	3	4	5
α_{2B}	0,86*	<i>ALF2B</i>	Вещественный	Среднемесячные коэффициенты теплоотдачи надземного трубопровода определяются по nomogrammам, приведенным в Руководствах ВНИИСта (Р 409-80; Р 486-83) [6,7]
χ	$1,163*$	KAPA	То же	Среднемесячные термические сопротивления теплообмена грунтов с атмосферой с учетом снежного и растительного покровов, определяются по формуле $\chi = \frac{1}{\alpha_f} + \frac{\delta_{ch}}{\lambda_{ch}} + \Omega,$ где α_f - коэффициент теплоотдачи с подстилающей поверхности; δ_{ch} - толщина снежного покрова, м; λ_{ch} - теплопроводность снега, ккал/м·ч· $^{\circ}$ С, определяется по nomogramme (Р 486-83) [7]; Ω - термическое сопротивление моховодернового покрова, $m^2 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{С} / \text{ккал}$; $\delta_{ch}, \lambda_{ch}$ - определяются в полевых условиях экспериментально. При отсутствии данных о величине какого-либо из параметров целесообразно его просто не учитывать в рас-

Продолжение табл. I

	1	2	3	4	5
					чете, т.е. принимать в расчете $\alpha_f = \infty$ или $\frac{1}{\alpha_f} = Q, \delta_{ch} = 0, \Omega = 0$,
					или же определять по Руководству ВНИИСТА (Р 409-80, Р-486-83) [6, 7]
<i>R</i>	<u>ккал</u> <u>см²мес</u>	<i>RD</i>	Вещественные значения радиа- ционного баланса подстилающей поверхности, определяются по номограмме, приведенной в Ру- ководстве ВНИИСТА (Р 486-83)[7]		
<i>LE</i>	То же	<i>LE</i>	То же	Среднемесячные значения затрат тепла на испарение с подстилающей поверхности, определяются по номограммам, приведенным в Руководстве ВНИИСТА (Р 486-83) [7]	
<i>IPP</i>	-	<i>IPP</i>	Целый	Параметр, указывающий тип про- цесса формирования фазового фрона с дневной поверхности грунта вне зоны влияния трубопровода: IPP-1 - образование, IPP-2 - разрушение; IPP-3 - от- сутствие	
<i>IPB</i>	-	<i>IPB</i>	То же	Параметр, указывающий тип про- цесса формирования фазового фрона с дневной поверхности над трубопроводом: IPB-1 - образование; IPB-2 - разрушение; IPB-3 - отсутствие	

Продолжение табл. I

I	1	2	1	3	1	4	1	5
ITB	-	ITB	Целый	Параметр, указывающий тип процесса формирования в грунте фазового фронта вверх с поверхности трубопровода:				
				ITB-1 - образование;				
				ITB-2 - разрушение;				
				ITB-3 - отсутствие				
t_n	°C	TP	Вещест-Среднемесячная температура венный	поверхности грунта				
$\xi_n, \xi_{\text{обр.н}}$ и $EOB(N)$			To же	Формирование фазового фронта сезонных образований с дневной поверхности вне зоны влияния трубопровода, рассчитывается по данной Рекомендации				
$\xi_n, \xi_{\text{разр.н}}^{\text{верх}}$ и $EPB(N)$	"			Формирование фазового фронта сезонных разрушений с дневной поверхности вне зоны влияния трубопровода, рассчитывается по данной Рекомендации				
ξ_k	м	XH2	"	Обобщенная переменная формирования нижнего фазового фронта сезонных разрушений вне зоны влияния трубопровода				
ξ_{k-1}, ξ_{NTPP} и EB			"	Обобщенная переменная, принимающая значение EOB (N) или EPB (N)				
γ_{ces}	м	$YD(N)$	"	Формирование фазового фронта сезонных образований с дневной поверхности над трубопроводом, рассчитывается по данной Рекомендации				

Продолжение табл. I

I	!	2	!	3	!	4	!	5
$\gamma_{разр}$	M	$УР(N)$	Вещественный					Формирование фазового фронта сезонных разрушений с дневной поверхности над трубопроводом, рассчитывается по данной Рекомендации
γ_{NIPB}	-	УВ	То же					Обобщенная переменная, принимающая значение УВ (N) или УР (N)
JT	-	JT	Целый					Число фронтов под трубопроводом
$JAKT$	-	$JAKT$	То же					Параметр, указывающий тип процесса формирования в грунте фазового фронта в основании трубопровода: $JAKT=0$ - отсутствие фронтов; $JAKT=1$ - образование сезонных ореолов; $JAKT=2$ - разрушение сезонных ореолов; $JAKT=3$ - образование многолетних ореолов
JT	-	JT	"					Счетчик циклов промерзания - оттаявания грунта вокруг трубопровода по годам
IGR	-	IGR	"					Указатель знака t_{zp} : $IGR = 1$, если $t_{zp} \geq 0$; $IGR = -1$, если $t_{zp} < 0$
ITN	-	ITN	"					Указатель знака $t(N)$: $ITN = 1$, если $t(N) \geq 0$; $ITN = -1$, если $t(N) < 0$.

Продолжение табл. I

I	!	2	!	3	!	4	!	5
ITP	-	ITP	Целый	Указатель знака $t_n(N)$:				
				$ITP=I$, если $t_n(N) \geq 0$;				
				$ITP=-I$, если $t_n(N) < 0$.				
π	-	N	То же	Переменная цикла по текущим				
				месяцам года				
$\rho_{ces}^{\text{верх}}$	и	$RO(N)$	Вещественный	Формирование фазового фронта				
				сезонных образований вверх с				
				поверхности трубопровода (от-				
				счет от верхней образующей				
				трубопровода), определяется				
				по данной Рекомендации				
$\rho_{разр}^{\text{верх}}$	и	$RP(N)$	То же	Формирование фазового фронта				
				сезонных разрушений вверх с				
				поверхности трубопровода (от-				
				счет от верхней образующей				
				трубопровода), определяется				
				по данной Рекомендации				
$\rho_{\text{НЛТВ}}^{\text{верх}}, \rho_{\text{НЛАКТ}}^{\text{верх}}$	и	RB	"	Обобщенная переменная, прини-				
				мающая значение $RO(N)$ или				
				$RP(N)$				
$\rho_{\text{НЛАКТ}}^{\text{низ}}$	и	RH	"	Обобщенная переменная, прини-				
				мающая значения $ROS(N), ROP(N)$,				
				$ROPH(N), ROM(N)$				
ρ_{ces}	и	$ROS(N)$	"	Формирование фазового фронта				
				сезонных образований в основа-				
				нии трубопровода (отсчет от				
				нижней образующей трубопрово-				
				да), определяется по данной				
				Рекомендации				
$\rho_{разр}$	и	$ROP(N)$	"	Формирование фазового фронта				
				сезонных разрушений с поверх-				
				ности трубопровода в его ос-				
				новании (отсчет от нижней об-				

Продолжение табл. I

	1	2	3	4	5
$\rho_{разр}^{HUS}$	м	$ROPH(N)$	Вещественный	разующей трубопровода), определяется по данной Рекомендации	
$\rho_{M/p}$	м	$RDM(N)$	То же	Формирование фазового фронта разрушения за счет геотермического градиента в основании трубопровода (отсчет от нижней об разующей трубопровода), определяется по данной Рекомендации	
ρ_{pp}	м	$RMS(N)$	"	Формирование фазового фронта многолетних образований в основании трубопровода (отсчет от нижней об разующей трубопровода), определяется по данной Рекомендации	
$h_{осаг}^{(n)}$	м	$HPR(N)$	"	Формирование фазового фронта многолетних образований в основании трубопровода с учетом собственных перемещений трубы в результате процессов пучения или термокарстовых процессов, определяется по данной Рекомендации	
$h_{пуч}^{(n)}$	м	$HPU(N)$	"	Величина просадки трубопровода, определяется по данной Рекомендации	
$\pm Q_a$	0,86*	QA	"	Величина выпучивания трубопровода, определяется по данной Рекомендации	
	Вт/м			Среднемесячные теплопотоки с одного погонного метра трубопровода в окружающую среду при отсутствии фазовых превращений влаги в грунте	

Окончание табл. I

1	2	3	4	5
$\pm Q_{zp}$	0,86*	$\bar{Q}GR$	Вещественный	Среднемесячные теплопотоки с одного погонного метра трубопровода в грунт за счет фазовых превращений влаги
$\pm Q_c$	0,86	Q_{SUM}	То же	Сумма по периметру трубы, среднемесячных теплопотоков с одного метра трубопровода в окружающую среду.
				$\pm Q_a, \pm Q_{zp}, \pm Q_c$ определяются по данной Рекомендации. Знак минус означает, что тепло теряется трубопроводом в окружающую среду, а знак плюс означает, что тепло поступает в трубопровод и он нагревается за счет окружающей среды

1.6. Исходные данные, необходимые для расчета механического взаимодействия трубопровода с промерзающими и оттаивающими грунтами, приведены в табл.2.

Таблица 2

Обозначение	Единица измерения	Исходные данные
1	2	3
D_H	м	Наружный диаметр трубопровода. Задается в проекте
h_T	м	Глубина заложения оси трубопровода. Задается в проекте
γ_{zp}	МН/м ³	Объемный вес грунта. Задается по данным изысканий

Продолжение табл. 2

1	2	1	3
E	МПа	Модуль деформации талых грунтов. Определяется по СНиП 2.02.03-85 (табл. I и табл. 3 приложения 2) [5]	
φ_{sp}	град	Угол внутреннего трения талого грунта. Задается по данным изысканий	
C	МПа	Удельное сцепление. Задается по данным изысканий	
γ_T	Мн/м	Вес трубопровода с продуктом. Рассчитывается в соответствии со СНиП 2.05.06-85 [1]	
K_{cm}	$\frac{\text{МПа}}{\text{град}}$	Коэффициенты, определяющие прочность смерзания мерзлого грунта с поверхностью трубопровода в зависимости от температуры. Задаются.	
δ	МПа		
P_d	МПа	Липкость грунта. Задается	
δ_{rg}	МПа	Длительная прочность талого грунта на разрыв. Задается.	
P_n	МПа	Относительные нормальные силы пучения. Задаются	
K	$\text{Мн}/\text{м}^3$	Значение нормального давления морозного пучения, создаваемого 1 м промороженного слоя грунта. Задается	
γ_2	$\frac{\text{кН}}{\text{м}^4}$	Коэффициент пропорциональности при определении коэффициента постели талого грунта. Задается в соответствии со СНиП II-17-77 [9]	
K_p	-	Коэффициент морозного пучения. Определяется экспериментально по методике [10]	
K_i	-	Коэффициент просадочности. Определяется экспериментально	

Продолжение табл. 2

1	2	3
$R_{\text{срн}}^{\text{ск}}$	МПа	Расчетные давления (сжатия) на мерзлые грунты. Задаются в соответствии со СНиП П-18-76 (табл.2, приложение 6) [3]
$h_{\text{вн}}$	м	Глубина залегания вечномерзлых грунтов. Задаются в проекте
ξ_m	м	Глубина промерзания (текущая) грунта с поверхности. Рассчитывается по данной Рекомендации
ξ_g	м	Глубина деятельного слоя. Рассчитывается по данной Рекомендации
$D_{\text{т.н}}$	м	Диаметр намерзшего слоя грунта на трубопровод. Рассчитывается по данной Рекомендации
h_n^h	м	Расстояние от нижней образующей трубопровода, расположенного в талом грунте, до верхней границы вечномерзлого грунта
a	$\frac{\text{м}^2}{\text{МН}}$	Коэффициент сжимаемости талых грунтов
$t_{\text{мин}}$	°С	Среднемесячная температура поверхности грунта самого холодного месяца
		$t_{\text{мин}} = t_f - \frac{(t_f - t_{\text{вн}}^{\text{мин}}) \xi_m}{\xi_h + 1,5 \lambda \cdot \delta},$ где $t_{\text{вн}}^{\text{мин}}$ — среднемесячная температура воздуха наиболее холодного месяца. Остальные параметры, входящие в формулу, даны в табл.1
P_t	МПа	Полное давление трубопровода на грунт основания с учетом всех факторов
G_t	$\text{Мн}/\text{м}^3$	Коэффициент постели талого грунта. Рассчитывается по данной Рекомендации

Окончание табл. 2

1	2	3
C_m	Mh/m^3	Коэффициент постели мерзлого грунта. Расчитывается по данной Рекомендации
τ	ч	Время промерзания грунта
ρ	м	Формирование фронта сезоннооттаивающего мерзлого грунта над трубой. В расчете теплового взаимодействия трубопроводов с грунтом этот параметр обозначен через $\rho_{\text{расп}}$.
$\rho_{\text{м/н}}$	м	Формирование фронта многолетнего оттаивания мерзлого грунта в основании трубопровода

2. МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ТЕПЛОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТРУБОПРОВОДА С ПРОМЕРЗАЮЩИМИ И ПРОТАИВАЮЩИМИ ГРУНТАМИ

2.1. Расчет теплового взаимодействия трубопроводов с промерзающими и протаивающими грунтами осуществляют на основе приближенного решения задачи Стефана в классической постановке, когда предполагается наличие четких изотермических границ раздела фаз между талыми и мерзлыми зонами грунтов. Математическая задача формулируется в виде системы дифференциальных уравнений теплопроводности, решаемых для талой и мерзлой зон грунта со следующими граничными условиями:

2.1.1. Условиями теплового баланса Стефана на подвижных границах раздела фаз талой и мерзлой зон грунта.

2.1.2. Граничными условиями 4-го рода на контакте неподвижных границ раздела различных слоев теплоизоляции трубопровода.

2.1.3. Граничными условиями первого рода на контуре трубы и на внешней границе рассматриваемой области грунта, где тепловое воздействие трубопровода на естественное температур-

ное поле грунта не оказывается и последнее не нарушается с точностью до $0,1^{\circ}\text{C}$.

2.1.4. Верхними граничными условиями, характеризующими сложный теплообмен (радиацией, конвекцией, турбулентной диффузией) дневной поверхности грунта с атмосферой с учетом динамики налоченных покровов (растительного и снежного в зимнее время).

2.1.5. Верхние граничные условия во времени записываются в виде полного уравнения радиационно-теплового баланса подстилающей поверхности с атмосферой.

2.1.6. Алгоритм расчета теплового взаимодействия трубы-проводка с промерзающими и оттаивающими грунтами применим для трубопроводов различных конструктивных систем прокладок (наземной, открытой, наземной в насыпи, подземной) с учетом применения теплоизоляции в виде кругового кольца вокруг трубы или плоского теплоизоляционного экрана в основании трубопровода.

2.1.7. Грунт считается однородным, изотропным и его расчетные параметры усредняются для многослойного основания трубопровода. Алгоритм позволяет учесть 2-слойное неоднородное строение траншеи подземного трубопровода или насыпи наземного трубопровода, когда обратная засыпка траншеи или обваловка насыпи трубопровода осуществляется привозным и нородным грунтом, имеющим существенно отличные физические свойства по сравнению с грунтом основания.

2.1.8. Нестационарные граничные условия аппроксимируются произвольными ступенчатыми функциями с постоянным шагом по времени, в частном случае равном одному месяцу (730 ч).

2.1.9. В настоящем алгоритме механическое взаимодействие трубопроводов с грунтами учитывается в самом первом приближении, а именно: на основе теплофизического анализа динамики фронтов промерзания и оттаивания грунта вокруг трубопровода с использованием только одномерных моделей морозного пучения грунта при его промерзании и осадки мерзлого грунта при его оттаивании. Это обусловлено тем обстоятельством, что до настоящего времени двухмерные модели механического взаимодействия трубопроводов с промерзающими пучинистыми и мерзлыми оттаивающими просадочными грунтами, несмотря на их исключительную важность, находятся только в стадии разработки.

2.1.10. В качестве главной характеристики процессов пучения и осадки использовали понятия интенсивности пучения или осадки грунтов, которые характеризуются коэффициентами пучения K_p или осадки K_i , определяющими способность грунта к вертикальным деформациям dh в бесконечно малом слое $d\xi$:

$$K_{p,i} = \frac{dh}{d\xi}.$$

Причем, все закономерности морозного пучения и тепловой осадки грунтов относятся к показателям K_p и K_i , отражающим феноменологические причинно-следственные взаимосвязи между инженерно-геокриологическими факторами, обусловливающими пучение, осадку, и их механическим воздействием на трубопровод.

2.1.11. Такой подход позволяет получить величины оптимального заложения в грунт подземных и наземных в насыпи трубопроводов, транспортирующих продукт с отрицательной температурой, когда заранее не будет происходить выпучивания трубопроводов. Для этого необходимо выполнение условия превышения усилий, действующих на трубопровод при промерзании грунта в основании трубопровода (смерзания трубопровода с вечномерзлым грунтом), над силами смерзания фронтов, движущихся с дневной поверхности грунта и от поверхности трубопровода.

2.2. Описание алгоритма вычислительного процесса. Алгоритм расчета теплового и механического взаимодействия трубопровода с окружающей средой включает три взаимосвязанных друг с другом алгоритма:

2.2.1. Алгоритм 1 реализует расчет формирования сезонных фазовых фронтов с дневной поверхности без учета влияния трубопровода;

2.2.2. Алгоритм 2 реализует расчет формирования сезонных фазовых фронтов вверх с поверхности трубопровода и вниз с дневной поверхности над трубопроводом;

2.2.3. Алгоритм 3 реализует расчет формирования как сезонных, так и многолетних фазовых фронтов (ореолов) в основании трубопровода.

2.3. В алгоритме 1 формирование сезонных фазовых фронтов с дневной поверхности определяется из решения трансцендентного уравнения

$$\tau = \frac{\left(Q_{\infty}^{bepx} + \frac{\lambda_0}{2\alpha_0} |t_n| + \left| \frac{\lambda_0}{\alpha_0} t_f - \frac{\lambda_{\infty}}{\alpha_{\infty}} t_{\infty} \right| \right) (\xi_n + \xi_{n-1} + 2\lambda_0 \chi) |\xi_n - \xi_{n-1}|}{2\lambda_0 |t_f - t_n|}.$$

$$- \frac{\lambda_0 |t_n| \left((\lambda_0 \chi)^2 \cdot \ell n \left| 1 + \frac{\xi_n - \xi_{n-1}}{\xi_{n-1} + \lambda_0 \chi} \right| \right)}{2\lambda_0 |t_f - t_n|}, \quad (I)$$

где

$$t_{\infty} = t_{sp} \quad \text{, если процесс образования;}$$

$$t_{\infty} = t_f \quad \text{, если процесс разрушения;}$$

$$t_n = t_{sp} + \frac{13.7(R-LE)}{\alpha_f}.$$

2.4. Формирование нижнего фазового фронта разрушения за счет геотермического градиента в толще основания определяется по формуле

$$\xi_k = \xi_{k-1} - \frac{54 \lambda_{\infty} |t_f - t_{\infty}|}{\sqrt{5} \alpha_{\infty} Q_{\infty}^{bepx}}, \quad (2)$$

где k – индекс месяца разрушения.

В формулах (I), (2)

$$\lambda_0, \alpha_0 = \begin{cases} \lambda_{\tau}^{bepx}, \alpha_{\tau}^{bepx} & \text{при } t_n \geq t_f; \\ \lambda_{\infty}^{bepx}, \alpha_{\infty}^{bepx} & \text{при } t_n < t_f; \end{cases}$$

$$\lambda_{\infty}, \alpha_{\infty} = \begin{cases} \lambda_{\tau}^{niz}, \alpha_{\tau}^{niz} & \text{при } t_n < t_f, \\ \lambda_{\infty}^{niz}, \alpha_{\infty}^{niz} & \text{при } t_n \geq t_f. \end{cases}$$

2.5. Когда $|t_f - t_n| = 0$, расчет по формуле (I) не производится, а просто присваивается $\xi_n = \xi_{n-1}$, т.е. сохраняется прежнее состояние. Для характеристики типа процесса формирования фазовых фронтов с дневной поверхности вне зоны влияния трубопровода вводится число IPP (IPP = 1 – образование; IPP = 2 – разрушение; IPP=3 – отсутствие фазовых процессов), и при задании вспомогательных фронтов ξ_{odp} , ξ'_{rasp} анализируются фазовые процессы в начальный момент и формируется число IPP.

2.6. Выделяются 2 варианта:

2.6.1. $SIGN(t_n) = sign(t_{\infty})$; при выполнении этого условия в зависимости от фазовых процессов (IPP) в n -й месяц:

процесс разрушения отсутствует, если IPP = 3;
процесс разрушения от поверхности и снизу продолжается, если IPP = 2;

начинается процесс разрушения от поверхности и одновременно снизу - от величины ореола образования, если IPP = 1.

Расчет продолжается до тех пор, пока не будут выполняться условия:

$$\xi_{разр}^{\text{верх}} < \xi_{разр}^{\text{низ}},$$

после чего значения $\xi_{разр}^{\text{верх}}, \xi_{разр}^{\text{низ}}, \xi_{обр}$ зануляются.

2.6.2. При выполнении $SIGN(t_n) \neq SIGN(t_\infty)$ в зависимости от фазовых процессов (IPP) в п-І месяц:

процесс образования ореолов от поверхности продолжается, если IPP = 1;

процесс образования ореолов начинается, если IPP = 0.

2.7. В Алгоритме 2 (п.2.2.2) формирование сезонных фазовых фронтов вверх с поверхности трубопровода определяется из решения уравнения

$$\tau = \frac{\left(Q_\phi^{\text{верх}} + \left| \frac{\lambda_o}{a_o} t_f - \frac{\lambda_\infty}{a_\infty} t_\infty \right| \right) \rho_n | \rho_n - \rho_{n-1} | \left[\ell_n \frac{2\rho_n}{d_H} + \frac{\lambda_o}{\lambda_{uz}} \ell_n \frac{d_H}{d_o} \right]}{\lambda_o | t_f - t_\infty |} + \frac{| \rho_n - \rho_{n-1} | \left[\rho_n - \frac{d_H^2}{4} \left(1 - \frac{2\lambda_o}{\lambda_{uz}} \ell_n \frac{d_H}{d_o} \right) \right.}{2a_o \left. \frac{2\rho_n}{d_H} \left(\ell_n \frac{2\rho_n}{d_H} + \frac{\lambda_o}{\lambda_{uz}} \ell_n \frac{d_H}{d_o} \right) \right]}, \quad (3)$$

где $d_H = d_o + 2\delta_{uz}$;

$$\lambda_o, a_o = \begin{cases} \lambda_{\tau}^{\text{верх}}, a_{\tau}^{\text{верх}} & \text{для } L = -1, \\ \lambda_m^{\text{верх}}, a_m^{\text{верх}} & \text{для } L = 1; \end{cases}$$

$$\lambda_\infty, a_\infty = \begin{cases} \lambda_{\tau}^{\text{верх}}, a_{\tau}^{\text{верх}} & \text{для } L = -1, \\ \lambda_m^{\text{верх}}, a_m^{\text{верх}} & \text{для } L = +1; \end{cases}$$

$$t_\infty = \begin{cases} t_n & \text{для } \text{TPB} = 3; \\ t_f & \text{для } \text{TPB} \neq 3. \end{cases}$$

2.8. Формирование сезонных фазовых фронтов с дневной поверхности над трубопроводом определяется из решения уравнения

$$\gamma = \frac{\left(Q_p^{\text{сп}} + \frac{\lambda_o}{2d_o} |t_n| + \left| \frac{\lambda_o}{d_o} t_f - \frac{\lambda_\infty}{d_\infty} t_\infty \right| \right) (y_n + y_{n-1} + 2\lambda_o x) |y_n - y_{n-1}| - \frac{\lambda_o}{d_o} |t_n| (\lambda_o x)^2 \ln \left| 1 + \frac{y_n - y_{n-1}}{y_n + \lambda_o x} \right|}{2\lambda_o |t_f - t_n|} \quad (4)$$

где

$$\lambda_o, d_o = \begin{cases} \lambda_T^{\text{верх}}, d_T^{\text{верх}} & \text{для } L = -I, \\ \lambda_M^{\text{верх}}, d_M^{\text{верх}} & \text{для } L = +I; \end{cases}$$

$$\lambda_\infty, d_\infty = \begin{cases} \lambda_M^{\text{верх}}, d_M^{\text{верх}} & \text{для } L = -I, \\ \lambda_T^{\text{верх}}, d_T^{\text{верх}} & \text{для } L = +I; \end{cases}$$

$$t_\infty = \begin{cases} t, & \text{если процесс образования,} \\ t_f, & \text{если процесс разрушения.} \end{cases}$$

2.9. В случае одностороннего формирования фазовых фронтов с дневной поверхности (при отсутствии процессов оттаивания и промерзания с поверхности трубопровода) решается уравнение (4), если $t_\infty = t$ при условии, что $y_n \leq X$. Если $y_n > X$, то y_n присваивается значение X ($y_n = X$), где X находится из решения уравнения

$$\frac{\lambda_o |t_f - t_n|}{X + \lambda_o x} = \frac{\lambda_\infty |t_f - t|}{\left(h_o + \frac{d_h}{2} - X \right) \ell_n \ln \left[1 + \frac{2(h_o - X)}{d_h} \right] + \frac{\lambda_\infty \ell_n}{\lambda_{u3}} \frac{d_h}{d_o} \ell_n} \quad (5)$$

где

$$\lambda_o = \begin{cases} \lambda_T^{\text{верх}} & \text{для } t_n > t_f, \\ \lambda_M^{\text{верх}} & \text{для } t_n \leq t_f; \end{cases}$$

$$d_h = d_o + 2\delta_{u3}$$

$$\lambda_\infty = \begin{cases} \lambda_T^{\text{верх}} & \text{для } t > t_f, \\ \lambda_M^{\text{верх}} & \text{для } t \leq t_f. \end{cases}$$

При $t = t_f$ расчет ведется только по уравнению (4). Когда $X > h_o$, значение X берется равным h_o .

2.10. В случае одностороннего формирования фазовых фронтов с поверхности трубопровода (при отсутствии процессов промерзания и оттаивания с дневной поверхности) решается уравнение (3) при значении $t_{\infty} = t_n$ и условии, что $\rho_n \leq X + \frac{d_h}{2}$. Если $\rho_n > X + \frac{d_h}{2}$, т.е. $\rho_n > X + \frac{d_h}{2}$, ρ_n присваивается значение $X + \frac{d_h}{2}$, где X находится из решения следующего уравнения:

$$\frac{\lambda_{\infty} |t_e - t_n|}{(h_0 + \frac{d_h}{2} - X) + \lambda_{\infty} X} = \frac{\lambda_0 |t_f - t|}{X \left\{ \ln \frac{2X}{d_h} + \frac{\lambda_0}{\lambda_{uz}} \ln \frac{d_h}{d_0} \right\}}, \quad (6)$$

при

$$t \neq t_f \quad \lambda_0 = \begin{cases} \lambda_{\text{верх}}, & t > t_f, \\ \lambda_{\text{верх}}, & t \leq t_f; \end{cases}$$

$$d_h = d_0 + 2\delta_{uz} \quad \lambda_{\infty} = \begin{cases} \lambda_{\text{верх}}, & t_n > t_f, \\ \lambda_{\text{верх}}, & t_n \leq t_f. \end{cases}$$

При $t = t_f$ расчет ведется по уравнению (3). Когда X получается больше $|h_f|$, то его значение берется равным $|h_f|$.

2.11. Для характеристики типа процесса формирования фазовых фронтов с дневной поверхности и с поверхности трубопровода вводятся числа (IPB, ITB=1 - образование; IPB, ITB=2 - разрушение, IPB, ITB=3 - отсутствие), задаются вспомогательные фронты $Y_{обр}$, $Y_{разр}$, $\rho_{обр}^{верх}$, $\rho_{разр}^{верх}$, анализируются фазовые процессы в начальный момент и формируются числа IPB, ITB.

2.12. Выделяются 4 варианта расчета.

2.12.1. I вариант - $SIGN(t_n) = SIGN(L) = SIGN(t)$.

Характер фазовых процессов - разрушения сезонных ореолов или отсутствие процессов. В зависимости от фазовых процессов (IPB) в (n-1) месяце:

фазовые процессы от дневной поверхности отсутствуют, если IPB=3;

продолжается процесс разрушения, если IPB=2;

начинается процесс разрушения от величины ореола образования, если IPB=1.

Расчет продолжается до выполнения условия $Y_{обр} \leq Y_{разр}$, после чего значения $Y_{обр}$, $Y_{разр}$ зануляются. Величину $Y_{разр}$ рассчитывают из уравнения (4). Аналогично рассматриваются процессы разрушения вверх от трубопровода. В зависимости от ITB в n-1 месяце:

фазовые процессы отсутствуют, если $ITB=3$;
 продолжается процесс разрушения, если $ITB=2$;
 начинается процесс разрушения от величины ореола образо-
 вания, если $ITB=1$.

Расчет продолжается до выполнения условия $\rho_{обр}^{верх} \geq \rho_{разр}^{верх}$
 после чего $\rho_{обр}^{верх}$, $\rho_{разр}^{верх}$ зануляются (приравниваются $\frac{\rho_{разр}}{2}$).
 Величина $\rho_{разр}^{верх}$ рассчитывается из уравнения (3).

2.12.2. II вариант $-SIGN(t_n) \neq SIGN(L) \neq SIGN(t)$.

Характер фазовых процессов – образования сезонных ореолов вверх от трубопровода $\rho_{обр}^{верх}$ и вниз от дневной поверхности $\rho_{обр}$. В зависимости от ITB в n-1 месяце:

образование сезонных ореолов вверх от трубопровода начинается, если $ITB \neq 1$;

продолжается, если $ITB = 1$.

Расчет $\rho_{обр}^{верх}$ ведется из решения уравнения (3). Анало-
 гично рассчитываются образования сезонных ореолов от дневной
 поверхности $\rho_{обр}$:

образования сезонных ореолов начинаются, если $IPB \neq 1$;

продолжаются, если $IPB = 1$.

$\rho_{обр}$ рассчитывается из уравнения (4).

При выполнении условия $\rho_{обр}^{верх} + \rho_{обр} \geq |h_r|$ происходит
 смена состояния грунта над трубопроводом ($L = -L$),
 прекращаются фазовые процессы от дневной поверхности и вверх
 от трубопровода ($IPB = ITB = 3$).

2.12.3. III вариант – $SIGN(t_n) \neq SIGN(L) = SIGN(t)$.

Вниз от дневной поверхности рассчитывают сезонные образования
 $\rho_{обр}$. В зависимости от фазовых процессов над трубопроводом в
 n-1 месяц:

рассчитываются односторонние образования ореолов от по-
 верхности $\rho_{обр}$, если $ITB = 3$.

При выполнении условия $\rho_{обр} > h_d$ происходит смена
 знака состояния грунта над трубопроводом ($L = -L$), прек-
 ращаются фазовые процессы от поверхности ($IPB = 3$). Односто-
 ронние образования рассчитываются по формуле (5);

рассчитываются сезонные образования ореолов от поверхно-
 сти $\rho_{обр}$ и разрушения вверх от трубопровода $\rho_{разр}^{верх}$, если
 $ITB = 1$ или $ITB = 2$.

При выполнении условия $Y_{обр} + \rho_{обр}^{\text{верх}} \geq |h_{\tau}|$ происходит смена знака состояния грунта ($L = -L$) и фазовых процессов ($IPB = 3$, $ITB = 1$). Если это условие не выполняется, условием конца разрушения является

после чего $\rho_{обр}^{\text{верх}}, \rho_{обр}^{\text{вниз}}$ заменяются и $ITB = 3$ (см. табл. I).

2.12.4. IV вариант - $SIGN(t_n) = SIGN(L) \neq SIGN(t)$. Вверх от трубопровода рассчитывают сезонные образования $\rho_{обр}^{\text{верх}}$. В зависимости от фазовых процессов над трубопроводом в п-1 месяц:

рассчитываются односторонние сезонные образования от трубы вверх $\rho_{обр}^{\text{верх}}$, если $IPB = 3$;
при условии $\rho_{обр}^{\text{верх}} \geq |h_{\tau}|$ происходит смена знака состояния грунта над трубопроводом ($L = -L$), прекращаются фазовые процессы от трубы ($ITB = 3$). Для расчета $\rho_{обр}^{\text{верх}}$ используется уравнение (6);

рассчитываются сезонные образования от трубы $\rho_{обр}^{\text{верх}}$ и разрушения от дневной поверхности $Y_{разр}$, если $IPB = 1$ или $IPB = 2$. При условии $Y_{обр} + \rho_{обр}^{\text{верх}} \geq |h_{\tau}|$ происходит смена знака состояния грунта ($L = -L$) и смена фазовых процессов ($Y_{обр} = Y_{разр}, Y_{разр} = 0, \rho_{обр} = \frac{d_h}{2}, ITB = 3, IPB = 1$). Если же условие не выполняется, условием конца разрушения является $Y_{разр} \geq Y_{обр}$, после чего $Y_{разр}, Y_{обр}$ заменяются и $IPB = 3$.

2.13. В алгоритме 3 (п.2.2.3) формирование фазовых фронтов в основании трубопроводов описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{aligned} \tau = & \frac{\left(Q_{\phi}^{\text{низ}} + \left| \frac{\lambda_o}{a_o} t_f - \frac{\lambda_{\infty}}{a_{\infty}} t_{\infty} \right| \right) \cdot \rho_n / \rho_n - \rho_{n-1} / \left[\rho_n \frac{2\rho_n}{d_h} + \frac{\lambda_o}{\lambda_{\infty}} \rho_n \frac{d_h}{a_o} \right] + }{ \\ & + \frac{|\rho_n - \rho_{n-1}|}{2a_o} \left[\rho_n - \frac{\rho_n^2 - \frac{d_h^2}{4} \left(1 - \frac{2\lambda_o}{\lambda_{\infty}} \rho_n \frac{d_h}{a_o} \right)}{2\rho_n \left(\rho_n \frac{d_h}{a_h} - \frac{\lambda_o}{\lambda_{\infty}} \rho_n \frac{d_h}{a_o} \right)} \right], \end{aligned} \quad (7)$$

где

$$\lambda_o, a_o = \begin{cases} \lambda_{\tau}^{\text{низ}}, a_{\tau}^{\text{низ}} & \text{для } L = -1; \\ \lambda_m^{\text{низ}}, a_m^{\text{низ}} & \text{для } L = 1, \end{cases} \quad \lambda_{\infty}, a_{\infty} = \begin{cases} \lambda_m^{\text{низ}}, a_m^{\text{низ}} & \text{для } L = -1; \\ \lambda_{\tau}^{\text{низ}}, a_{\tau}^{\text{низ}} & \text{для } L = 1; \end{cases}$$

$$t_{\infty} = \begin{cases} t_{2p} & \text{для } IT \leq 1, \\ t_f & \text{для } IT > 1; \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \rho^H &= \frac{d_H}{2} + 0,7 \left(\rho_n - \frac{d_H}{2} \right) & \text{при } h_T > \frac{h_H}{2}; \\ \rho^H &= \frac{d_H}{2} + \left(\rho_n - \frac{d_H}{2} \right) \left[1 - 0,3 \frac{2h_T + d_H}{h_H + d_H} \right] & \text{при } -\frac{d_H}{2} \leq h_T \leq \frac{h_H}{2}; \\ \rho^H &= \rho_n & \text{при } h_T < -\frac{d_H}{2}; \end{aligned} \quad \left. \right\} (8)$$

$$\begin{aligned} \rho^o &= \frac{d_H}{2} + \left(\rho_n - \frac{d_H}{2} \right) \left[1 - 0,4 \left(\frac{2h_T + d_H}{d_H} + 1 \right) \right] & \text{при } h_T > -\frac{d_H}{2}; \\ \rho^o &= \rho_n & \text{при } h_T < -\frac{d_H}{2}; \end{aligned} \quad \left. \right\} (9)$$

$$\begin{aligned} Q_a^{\text{верх}} &= - \frac{K^{\text{верх}} \varphi^{\text{верх}} d_H (t_s - t)}{2}; \\ Q_a^{\text{низ}} &= - \frac{K^{\text{низ}} \varphi^{\text{низ}} d_H (t_{\infty} - t)}{2}; \\ Q_a &= Q_a^{\text{верх}} + Q_a^{\text{низ}}; \end{aligned} \quad \left. \right\} (10)$$

$$Q_{2p}^{\text{верх}} = - \frac{\lambda_o^{\text{верх}} \cdot \theta^{\text{верх}} \cdot t}{\ell n \frac{2\rho_n^{\text{верх}}}{d_H} + \frac{\lambda_o^{\text{верх}}}{\lambda_{us}^{\text{низ}}} \ell n \frac{d_H}{d_o}}; \quad \left. \right\} (II)$$

$$Q_{2p}^{\text{низ}} = - \frac{\lambda_o^{\text{низ}} \theta^{\text{низ}} t}{\ell n \frac{2\rho_n^{\text{низ}}}{d_H} + \frac{\lambda_o^{\text{низ}}}{\lambda_{us}^{\text{низ}}} \ell n \frac{d_H}{d_o}};$$

$$Q_{2p} = Q_{2p}^{\text{верх}} + Q_{2p}^{\text{низ}};$$

$$Q_{\text{сум}} = Q_a + Q_{2p}; \quad \left. \right\} (12)$$

$$K_{\text{верх}}^{\text{п.н.о.}} = \frac{1}{\frac{d_H}{2\lambda_{us}} \ell n \frac{d_H}{d_o} + \frac{1}{\alpha_{2\text{верх}}^{\text{п.н.о.}}}};$$

$$K_{\text{низ}}^{\text{п.н.о.}} = \frac{1}{\frac{d_H}{2\lambda_{us}} \cdot \ell n \frac{d_H}{d_o} + \frac{1}{\alpha_{2\text{низ}}^{\text{п.н.о.}}}}.$$

2.13.1. Для решения системы уравнений (7)-(12) необходимо задать зависимости изменения коэффициента внешней теплоотдачи α_2 , температуры окружающей среды t_s для различных систем прокладок:

$$\alpha_{2\text{верх}}^n = \frac{2\lambda_0^{\text{верх}}}{d_H \cdot \ln \left\{ \frac{2h_s}{d_H} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{d_H}{h_s}} \right) + 1 \right\}}; \quad (13)$$

$$\alpha_{2\text{низ}}^n = \frac{2\lambda_0^{\text{низ}}}{d_H \cdot \ln \left\{ \frac{2h_s}{d_H} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{d_H}{h_s}} \right) + 1 \right\}}; \quad (14)$$

$$h_s = \left| h_T + \frac{d_H}{2} \right| + \lambda_0 \alpha; \quad \left. \right\}$$

$$\alpha_2^n = \frac{\frac{\beta}{\pi d_H \left[\frac{1}{\lambda_0^{\text{верх}}} \ln \frac{2(h_H - h_T)}{d_H} + \frac{1}{(h_H - h_T)d_H} \right]} + \left(1 - \frac{\beta}{2\pi} \right) d_H \cdot K_{\text{верх}}^n}{1 - \left(1 - \frac{\beta}{2\pi} \right)} \quad \left. \right\}$$

при $\begin{cases} y_{NIPB} = 0 & \text{и } \rho_H^{\text{верх}} = \frac{d_H}{2}, \\ y_{NIPB} \neq 0 & \text{и } \rho_H^{\text{верх}} \geq (h_H - h_T - y_{NIPB}); \end{cases}$

$$\alpha_2^H = \frac{2\lambda_0^{\text{верх}}}{d_H \cdot \ln \left\{ \frac{2(h_H - h_T - \frac{d_H}{2} - y_{NIPB})}{d_H} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{d_H}{h_H - h_T - \frac{d_H}{2} - y_{NIPB}}} \right) + 1 \right\}} \quad (15)$$

при $\begin{cases} h_T < -\frac{d_H}{2} & \text{и } y_{NIPB} \neq 0, \\ \rho_H^{\text{верх}} = \frac{d_H}{2}; \end{cases}$

$$\alpha_2^H = \frac{2\lambda_0^{\text{верх}}}{d_H \cdot \ln \frac{2(h_H - h_T - y_{NIPB})}{d_H}} \quad \text{при } h_T > -\frac{d_H}{2} \text{ и } y_{NIPB} \neq 0, \rho_H^{\text{верх}} = \frac{d_H}{2}; \quad \left. \right\}$$

$$\alpha_2^H = \frac{2\lambda_0^{\text{верх}}}{d_H \cdot \ln \frac{2\rho_H^{\text{верх}}}{d_H}} \quad \text{при } y_{NIPB} \geq 0 \text{ и } \frac{d_H}{2} < \rho_H^{\text{верх}} < (h_H - h_T - y_{NIPB})$$

$$\left. \begin{array}{ll}
 \beta = 0 & \text{при } h_T < -\frac{d_H}{2}; \\
 \beta = 2\arccos \frac{h_T}{h_H - h_T} & \text{при } -\frac{d_H}{2} \leq h_T \leq 0; \\
 \beta = 2\pi - 2\arccos \frac{h_T}{h_H - h_T} & \text{при } 0 \leq h_T \leq \frac{h_H}{2}; \\
 \beta = 2\pi & \text{при } h_T > \frac{h_H}{2}; \\
 \end{array} \right\} \quad (16)$$

$$\left. \begin{array}{l}
 \alpha_2^0 = \frac{\gamma}{2\pi} \alpha_2^s + \frac{2\lambda_0 \left(1 - \frac{r}{2\pi}\right)}{d_H \ell n \left\{ \frac{2\lambda_0 \alpha_2^s}{d_H} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{d_H}{\lambda_0 \alpha_2^s}}\right) + 1 \right\}}, \\
 \gamma = 2\arccos \frac{2|h_T|}{d_H} \quad \text{при } h_T \leq 0; \\
 \gamma = 2\pi - 2\arccos \frac{2h_T}{d_H} \quad \text{при } h_T > 0. \\
 \end{array} \right\} \quad (17)$$

2.13.2. Температура окружающей среды для надземного трубопровода

$$t_s^a = t_s + \frac{8.72 \cdot R (1 - A_T)}{\alpha_{2s}^a}, \quad (18)$$

2.13.3. Для наземного открытого газопровода

$$t_s^a = t_s + \frac{r \cdot \alpha_{2s} (t_s^a - t_s^n)}{\alpha_{2\text{верх}}^n \left[1 + \gamma \left(\frac{\alpha_{2s}^n}{\alpha_{2\text{верх}}^n} - 1 \right) \right]} \quad (19)$$

2.13.4. Для наземного в насыпи трубопровода:

$$\left. \begin{array}{ll}
 t_s^H = t_s & \text{при } y_{NIPB} > 0 \text{ и } \frac{d_H}{2} \leq \rho_H^{\text{верх}} < (h_H - h_T - y_{NIPB}); \\
 t_s^H = \frac{(2\pi - \beta) \alpha_{2\text{верх}}^n (t_s^n - t_s)}{\beta \alpha_2^n + (2\pi - \beta) \alpha_{2\text{верх}}^n} + t_s & \text{при } \begin{cases} y_{NIPB} = 0 \text{ и } \rho_H^{\text{верх}} = \frac{d_H}{2}, \\ y_{NIPB} \geq 0 \text{ и } \rho_H^{\text{верх}} > (h_H - h_T - y_{NIPB}) \end{cases} \\
 \end{array} \right\} \quad (20)$$

2.13.5. Для подземного трубопровода:

$$\left. \begin{array}{l}
 t_s^n = t_f \quad \text{при} \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{d_n}{2} < \rho_n^{\text{верх}} < |h_T + y_{NIPB}|, \\ \rho_n^{\text{верх}} = \frac{d_n}{2} \text{ и } y_{NIPB} \neq 0 \text{ и } |h_T + y_{NIPB}| > \frac{d_n}{2} \end{array} \right. \\
 t_s^n = t_f - \frac{(t_f - t_p)h_s}{\rho_n^{\text{низ}} + |h_T|} \quad \text{при} \quad \left\{ \begin{array}{l} h_s > \rho_n^{\text{верх}} + |h_T| \text{ и } \rho_n^{\text{верх}} > |h_T + y_{NIPB}|; \\ h_s < \rho_n^{\text{низ}} + |h_T| \text{ и } \rho_n^{\text{верх}} > |h_T + y_{NIPB}|; \end{array} \right. \quad (21) \\
 t_s^n = t_f - \frac{1}{7}(t_f - t_p)h_s \quad \text{при} \quad \left\{ \begin{array}{l} h_s < 7; \\ h_s > 7; \end{array} \right\} \text{ и } \rho_n^{\text{верх}} = \frac{d_n}{2} \text{ и } y_{NIPB} = 0. \end{array} \right\}$$

2.14. Параметры $\theta^{\text{низ}}$, $\theta^{\text{верх}}$, $\varphi^{\text{низ}}$, $\varphi^{\text{верх}}$ определяются:

2.14.1. Для подземного трубопровода

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{если } ITB = 3 \quad \left\{ \begin{array}{l} \theta^{\text{верх}} = 0, \varphi^{\text{верх}} = \varphi^{\text{низ}} = \pi \quad \text{при} \quad \left\{ \begin{array}{l} IPB = 0 \\ IPB \neq 0 \text{ и } \xi_{NIPB} \leq y_{NIPB} \end{array} \right. \end{array} \right. \\
 \text{если } IT \neq 0, \text{ то } \theta = 0 \text{ и} \quad \left\{ \begin{array}{l} \theta^{\text{верх}} = 2\arccos \left| \frac{h_T + \xi_{NIPB}}{h_T + y_{NIPB}} \right|; \varphi^{\text{верх}} = 0; \varphi^{\text{низ}} = 2\pi - \theta \text{ при } |h_T| > y_{NIPB}; \\ \theta^{\text{верх}} = 2\pi - 2\arccos \left| \frac{h_T + \xi_{NIPB}}{h_T + y_{NIPB}} \right|; \varphi^{\text{верх}} = 0; \varphi^{\text{низ}} = 2\pi - \theta \text{ при } |h_T| < \xi_{NIPB}; \end{array} \right. \end{array} \right\} \quad (22)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{если } IT \neq 0, \text{ то } \varphi = 0 \text{ и} \quad \left\{ \begin{array}{l} \varphi^{\text{верх}} = \varphi^{\text{низ}} = 0; \theta = \pi = \pi \quad \text{при} \quad \rho_{\text{НЯКТ}}^{\text{низ}} \leq |h_T + \xi_{NIPB}|; \\ \varphi^{\text{верх}} = 2\arccos \frac{|h_T + \xi_{NIPB}|}{\rho_{\text{НЯКТ}}^{\text{низ}}}, \theta = \pi - \varphi^{\text{верх}}; \theta = \pi \text{ при } |h_T| \geq \xi_{NIPB}; \\ \varphi^{\text{верх}} = 2\pi - 2\arccos \frac{|h_T + \xi_{NIPB}|}{\rho_{\text{НЯКТ}}^{\text{низ}}}, \theta = 0, \theta = 2\pi - \varphi^{\text{верх}} \text{ при } |h_T| < \xi_{NIPB}. \end{array} \right. \end{array} \right\}$$

Если $ITB \neq 3$

для любых

IPB и IT

$$\left\{
 \begin{array}{l}
 \varphi_{\text{верх}} = \varphi_{\text{низ}} = 0; \quad \theta_{\text{верх}} = \theta_{\text{низ}} = \pi; \\
 \varphi_{\text{верх}} = 2\arccos \frac{|h_T + \xi_{NIPB}|}{\rho_{NITB}}; \quad \theta_{\text{низ}} = 2\pi - \varphi_{\text{верх}}; \quad \varphi = \theta = 0 \\
 \text{при } \begin{cases} |h_T| < \xi_{NIPB}, \\ \rho_{NITB} > |h_T + \xi_{NIPB}|; \end{cases} \\
 \varphi_{\text{верх}} = 2\pi - 2\arccos \frac{|h_T + \xi_{NIPB}|}{\rho_{NITB}}; \quad \theta_{\text{низ}} = 2\pi - \varphi_{\text{верх}}; \quad \varphi_{\text{низ}} = \theta_{\text{верх}} = 0 \\
 \text{при } \begin{cases} |h_T| \geq \xi_{NIPB}, \\ \rho_{NITB} > |h_T + \xi_{NIPB}|. \end{cases}
 \end{array}
 \right. \quad (23)$$

2.I4.2. Для наземного трубопровода в насыпи

Если $ITB = 3$ и

$IT = 0$, то

$$\left\{
 \begin{array}{l}
 \text{если } IPB = 0, \text{ то } \theta_{\text{верх}} = 0; \quad \varphi_{\text{верх}} = \varphi_{\text{низ}} = \pi; \\
 \theta = 0 \text{ и } \begin{cases} \theta_{\text{верх}} = 0, \varphi_{\text{верх}} = \varphi_{\text{низ}} = \pi \text{ при } h_T < -\frac{d_H}{2} \text{ и } \xi_{NIPB} \leq (y_{NIPB} - h_H); \\ \theta_{\text{верх}} = 2\arccos \frac{|h_T + \xi_{NIPB}|}{|h_T - h_H - y_{NIPB}|}, \varphi_{\text{верх}} = 0, \varphi_{\text{низ}} = 2\pi - \theta_{\text{верх}} \end{cases} \\
 \text{если } IPB \neq 0, \text{ то } \begin{cases} \theta_{\text{верх}} = 2\pi - 2\arccos \frac{|h_T + \xi_{NIPB}|}{|h_T - h_H - y_{NIPB}|}, \varphi_{\text{верх}} = 0, \varphi_{\text{низ}} = 2\pi - \theta_{\text{верх}} \text{ при } h_T < -\frac{d_H}{2} \text{ и } |h_T| \geq \xi_{NIPB} > (y_{NIPB} - h_H); \\ \theta_{\text{верх}} = \beta, \varphi_{\text{верх}} = 0, \varphi_{\text{низ}} = 2\pi - \beta \text{ при } -\frac{d_H}{2} < h_T < \frac{h_H}{2}; \\ \theta_{\text{верх}} = \pi, \varphi_{\text{верх}} = 0, \varphi_{\text{низ}} = \pi \text{ при } h_T \geq \frac{h_H}{2}. \end{cases} \\
 \text{если } IT \neq 0, \text{ то при любом } IPB \begin{cases} \varphi_{\text{верх}} = \varphi_{\text{низ}} = 0; \quad \theta_{\text{верх}} = \theta_{\text{низ}} = 0 \text{ при } \rho_{NITB}^{NIAKT} \leq |h_T + \xi_{NIPB}|; \\ \varphi_{\text{верх}} = 2\arccos \frac{(|h_T + \xi_{NIPB}|)/\rho_{NITB}^{NIAKT}}{\theta_{\text{низ}}}, \theta_{\text{верх}} = \pi - \varphi_{\text{низ}} \text{ при } |h_T| \geq \xi_{NIPB}; \\ \varphi_{\text{верх}} = 2\pi - 2\arccos \frac{(|h_T + \xi_{NIPB}|)/\rho_{NITB}^{NIAKT}}{\theta_{\text{низ}}}, \theta_{\text{верх}} = 0, \theta_{\text{низ}} = 2\pi - \varphi_{\text{верх}} \text{ при } |h_T| < \xi_{NIPB}. \end{cases}
 \end{array}
 \right.$$

Если ГТВ $\neq 3$,
то при любых
ГТ и ГРВ,

если $\frac{d_H}{2} < \rho_{\text{НЯКТ}}^{\text{верх}} < (h_H - h_T - y_{\text{НЯКТ}})$, то $\theta^{\text{верх}} = \theta^{\text{низ}} = \pi$; $\varphi^{\text{верх}} = \varphi^{\text{низ}} = 0$;

$$\left. \begin{array}{l} \varphi^{\text{верх}} = 2\pi; \varphi^{\text{низ}} = 0 \text{ при } h_T \geq \frac{h_H}{2}; \\ \theta^{\text{низ}} = 2\arccos \frac{h_T}{h_H - h_T}, \varphi^{\text{верх}} = 2\pi - \theta^{\text{низ}}; \varphi^{\text{низ}} = 0 \text{ при } \frac{h_H}{2} > h_T > 0; \\ \theta^{\text{низ}} = 2\arccos \frac{|h_T + y_{\text{НЯКТ}}|}{\rho_{\text{НЯКТ}}^{\text{низ}}}, \varphi^{\text{верх}} = \theta^{\text{низ}}; \varphi^{\text{низ}} = 0 \text{ при } h_T < 0. \end{array} \right\} \quad (25)$$

2.14.3. Для наземного открытого трубопровода

Если $\text{ЯКТ} \neq 0$, то

$$\left. \begin{array}{l} \varphi^{\text{верх}} = 2\arccos \frac{2|h_T|}{d_H}, \\ \theta^{\text{низ}} = 2\pi - \varphi^{\text{верх}} \end{array} \right\} \text{ для } h_T \leq 0; \quad \left. \begin{array}{l} \varphi^{\text{верх}} = 2\pi - \theta^{\text{низ}}, \\ \theta^{\text{низ}} = 2\arccos \frac{2h_T}{d_H} \end{array} \right\} \text{ для } h_T > 0. \quad (26)$$

Если $\text{ЯКТ} = 0$, то $\theta^{\text{низ}} = \theta^{\text{верх}} = 0$;

$$\varphi^{\text{низ}} = 2\pi - \varphi^{\text{верх}};$$

$$\varphi^{\text{верх}} = \left\{ \begin{array}{l} 2\arccos \frac{2|h_T|}{d_H} \text{ при } h_T \leq 0; \\ 2\pi - 2\arccos \frac{2h_T}{d_H} \text{ при } h_T > 0. \end{array} \right\} \quad (27)$$

2.15. При задании плоских теплоизоляционных экранов только при расчете ореолов в основании трубопровода в качестве d_H берется фактическое его значение

$$d_H = d_o + 2\delta_{us} \quad (\text{экрана}), \quad (28)$$

во всех же остальных формулах в качестве d_H необходимо брать d_o (без учета толщины теплоизоляции).

3. РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКОГО ВЗАЙМОДЕЙСТВИЯ ТРУБОПРОВОДОВ С ПУЧИСТЫМИ ГРУНТАМИ

3.1. Расчет включает определение перемещений и нагрузок, действующих на трубопроводы, для следующих случаев:

промерзания грунта только с поверхности (плоский фронт промерзания);

промерзания грунта только от поверхности трубопровода, транспортирующего охлажденный продукт (цилиндрический фронт промерзания);

совместного промерзания грунта как с поверхности, так и от трубопровода.

3.2. Перемещения в каждом из перечисленных случаев определяются так называемой "эффективной" мощностью промерзшего грунта, обусловленной началом и концом перемещения. Начало перемещений наступит в момент, когда силы, способствующие перемещению, превысят силы, препятствующие движению. Окончание перемещения трубопровода наступит либо с окончанием процесса пучения (окончание промерзания), либо в момент, когда возрастающие по какой-либо причине силы сопротивления превысят силы, способствующие перемещению.

Таким образом, "эффективная" мощность может быть определена из условия равновесия сил в процессе пучения грунта.

3.3. При промерзании грунта только с поверхности на трубопровод действуют силы, зависящие от положения границы плоского фронта промерзания относительно трубы.

3.3.1. При положении границы фронта промерзания между верхней образующей и осью трубы (рис. I, поз. а), т.е.

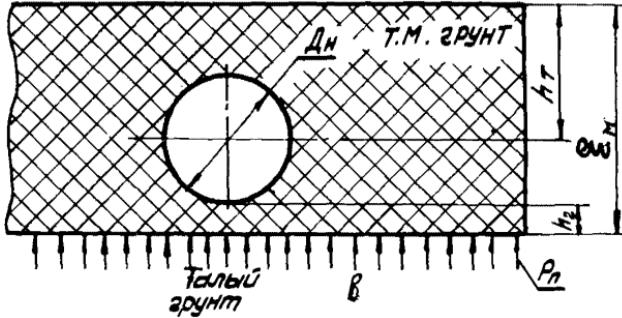
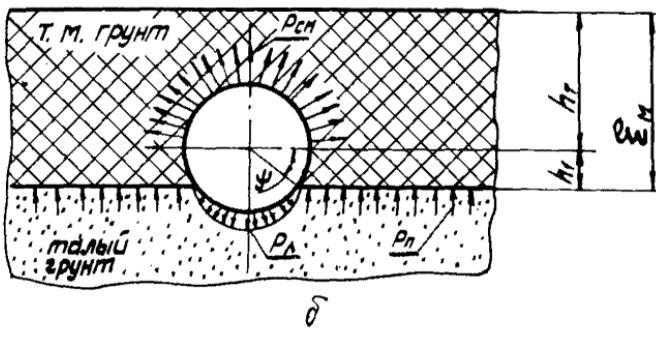
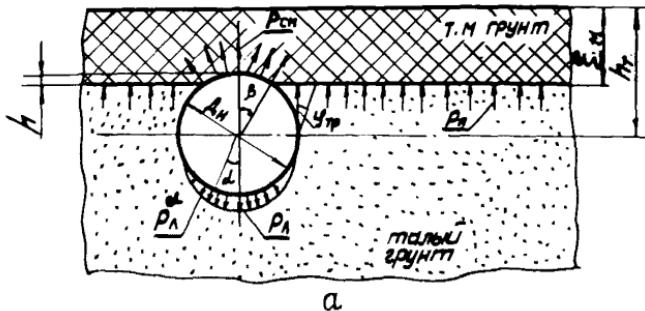


Рис. I. Схема действия сил на трубопровод при промерзании грунта с поверхности

$$h_T - 0,5 D_H \leq \xi_M \leq h_T, \quad (29)$$

перемещение трубопровода происходит под действием сил смерзания q_{cm} трубы с промерзшим слоем, перемещающимся вверх при дальнейшем промерзании грунта и увлекающим за собой трубу.

Перемещению препятствуют: вес трубы с газом q_T ; вес грунта над трубой и сопротивление талого грунта сдвигу на отрезке от половины диаметра трубы до нижней границы фронта промерзания q_{gr} ; силы, обусловленные или липкостью q_l талого грунта с трубой по нижней образующей, или прочностью талого грунта при отрыве налипшего грунта от основного массива q_{res} . Кроме того, необходимо учитывать интенсивность вертикальной нагрузки q на рассматриваемый элемент от влияния примыкающих участков трубопровода. Эта нагрузка определяется при расчете трубопровода при воздействии температуры и давления. На ровных участках с однородным пучинистым грунтом (по длине трубопровода) можно принять $q = 0$.

$$q_{cm} = \frac{1}{2} K_{cm} D_H^2 \frac{t_{min} \sin\left(\frac{\pi}{T_3} \varepsilon\right)}{\xi_M} \left(\sin \beta - \frac{1}{4} \sin 2\beta - \frac{1}{2} \beta \right) + \beta D_H \sin \beta, \quad (30)$$

где K_{cm} и β – коэффициенты пропорциональности, определяемые по табл. 3.

Таблица 3

Вид грунта	Коэффициент пропорциональности K_{cm} , МПа/град	β , МПа
Супесь	0,055	0,03
Суглинок	0,065	0,04
Глина	0,068	0,04

$$\beta = \arccos\left(2 \frac{h_T - \xi_M}{D_H}\right) = \arccos\left(2 \frac{h_T - \varepsilon \sqrt{\varepsilon}}{D_H}\right), \text{ рад}; \quad (31)$$

$$\xi_M = \mathcal{E} \sqrt{\varepsilon}, \quad (32)$$

где

$$\mathcal{E} = \frac{\xi_g}{\sqrt{T_3}}, \quad (33)$$

$$\xi_g \text{ определяется по методике, изложенной в разд.2.}$$

$$q_{gp} = f_{gp} \left(h_r - \frac{1}{2} D_H \right) D_H + 0,107 f_{gp} D_H^2 + \frac{1}{4} f_{gp} D_H^2 \cos^2 \beta \operatorname{tg} \varphi_p \frac{c D_H \cos \beta}{\cos \varphi_p}, \quad (34)$$

$$f_1 = \frac{\mathcal{T}}{4} P_1 D_H; \quad (35)$$

$$f_{pazp} = G_{p,T}^{\partial \lambda} D_H, \quad (36)$$

P_1 и $G_{p,T}^{\partial \lambda}$ определяются для различных грунтов по рис.2 в зависимости от влажности.

Перемещения трубопровода в рассматриваемом сечении начнется в момент, когда

$$q_{cm} - q_1 - q_{gp} - q_r \pm q = 0. \quad (37)$$

Здесь величина q_1 равна меньшему из двух значений, определенных по формулам (35) и (36). Нагрузки q_{cm} и q_{gp} являются функциями времени ε от начала промерзания грунта до начала перемещения. Поэтому ε находится при решении уравнения (37). Соответствующая этому времени минимальная глубина промерзания грунта ξ_{min} , при которой начинается смещение трубопровода в рассматриваемом сечении, определяется по формуле (32).

Получение трубопровода заканчивается с окончанием промерзания грунта с поверхности, т.е. при ξ_g . Величину перемещения определяют по формуле

$$\Delta = i L_{gp} \cdot K_p, \quad (38)$$

где

$$h_{gp} = \xi_g - \xi_{min}. \quad (39)$$

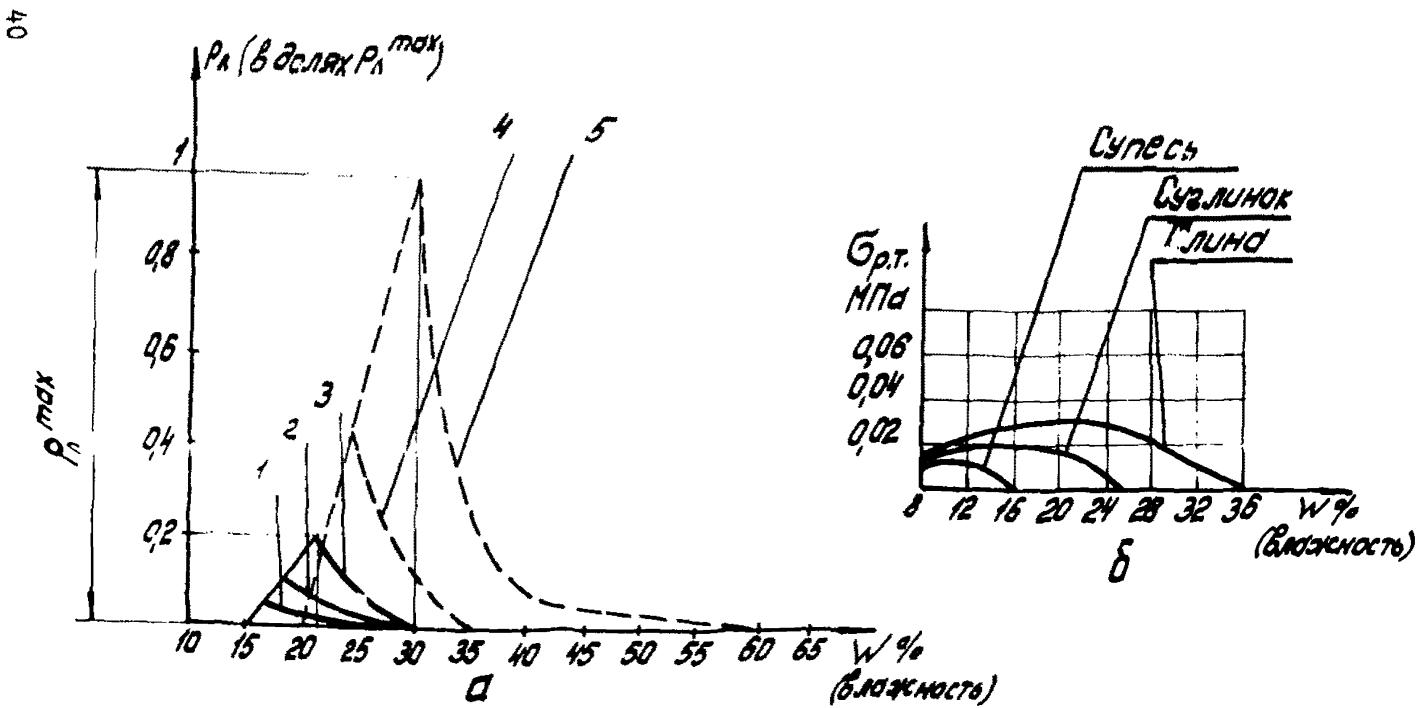


Рис.2. Зависимость липкости (а) и длительной прочности грунтов на растяжение от влажности (б):

1-супеси легкие, суглинки нарушенные полутвердой консистенции; 2-супеси тяжелые, суглинки легкие или нарушенного сложения; 3-суглинки средние и тяжелые нарушенного сложения; 4-глины легкие нарушенного сложения, глины тяжелые нарушенного сложения;

Если $\xi_g < \xi_{\text{тщ}}$, следует принимать $\Delta = 0$.

Коэффициент морозного пучения K_p грунта следует определять при изысканиях по методике [10]. Если нет данных изысканий, ориентировочные значения K_p принимают по табл.4 [10].

Таблица 4

Вид грунта	Коэффициент K_p		
	Суглинок	Супесь	Песок пылеватый
	!	!	!
Минеральный	0,11	0,11	0,11
Слабозаторфованный	0,12	0,12	0,09
Среднезаторфованный	0,11	0,09	0,07
Сильнозаторфованный	0,09	0,07	0,06

П р и м е ч а н и е . Таблица составлена для грунтов естественного сложения. Для получения аналогичных данных по грунтам нарушенного сложения следует умножить табличное значение на поправочный коэффициент, равный 0,7 для суглинков и глин, и 0,8 для супесей.

3.3.2. Если сумма сил, препятствующих перемещению, больше $q_{\text{см}}$, т.е. если труба в рассматриваемом сечении не перемещается за весь период пока фронт промерзания выше оси трубопровода, необходимо рассматривать равновесие сил при положении фронта промерзания между осью трубы и нижней образующей (см.рис.1, поз.5), т.е.

$$h_r < \xi_M \leq h_r + \frac{1}{2} D_H. \quad (40)$$

В этом случае к нагрузкам, вызывающим перемещение, добавляются нормальные силы пучения q_p , которые непосредственно начинают действовать на трубу, определяемые по формуле

$$q_p = \frac{1}{2} K D_H^2 (\sin \psi - \frac{1}{4} \sin 2\psi - \frac{1}{2} \psi), \quad (41)$$

где

$K = 0,6 \text{ MN/m}^3$ - для среднепучинистых грунтов;

$K = 1 \text{ MN/m}^3$ - для сильнопучинистых грунтов;

$$\psi = \arcsin \left(2 \frac{\varepsilon \sqrt{\varepsilon} - h_T}{D_H} \right), \text{ рад.} \quad (42)$$

Силы смерзания, силы, обусловленные липкостью или прочностью талого грунта при отрыве, и сопротивление талого грунта сдвигу определяются по формулам (43)–(46):

$$q'_{cm} = 0,107 K_{cm} D_H^2 \frac{t_{min} \sin \left(\frac{\pi}{T_3} \psi \right)}{\varepsilon \sqrt{\varepsilon}} + \beta D_H; \quad (43)$$

$$q'_1 = \rho_A D_H \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\pi}{2} - \psi \right) + \frac{1}{4} \sin 2\psi \right]; \quad (44)$$

$$q'_{разр} = \delta_{\rho, \tau}^{2\pi} D_H \cos \psi; \quad (45)$$

$$q'_{2\rho} = f_{2\rho} (h_T - 0,5 D_H) D_H + 0,107 f_{2\rho} \delta_{\rho, \tau}^{\varepsilon} D_H^2. \quad (46)$$

Из уравнения

$$q_{cm} + q_{\pi} - q'_1 - q_T - q'_{2\rho} \pm q = 0 \quad (47)$$

определяют время начала перемещения от начала промерзания ξ_g , а затем по формуле (32) находят величину ξ_{min} . Величина q'_1 равна меньшей из двух, определенных по формулам (44) и (45). Величину перемещения определяют по формуле (38).

Если $\xi_g < \xi_{min}$, $\Delta = 0$.

3.3.3. Если

$$\xi_M > h_T + \frac{D_H}{2}, \quad (48)$$

т.е. фронт промерзания ниже нижней образующей трубы (см. рис. I, поз. в), на трубу в рассматриваемом сечении действуют силы q'_{π} ,

q'_{cm} , $q'_{2\rho}$, q_T и q

$$q'_{\pi} = 0,107 K D_H^2 + K D_H h_2, \quad (49)$$

где h_2 – мощность слоя промерзшего грунта под нижней образующей трубы.

Перемещения определяются так же, как и в п. 3.3.1.

3.4. При промерзании грунта только от поверхности трубы (при транспорте охлажденного продукта) вокруг трубопровода формируется слой намерзшего грунта цилиндрической формы (цилиндрический фронт промерзания). Силы, действующие на трубопровод

провод, зависят от диаметра намерзшего цилиндра (рис.3, поз. а).

Силы, вызывающие перемещение рассматриваемого сечения трубопровода (силы пучения q_p^4), распределяются по нижней об разующей цилиндра. Перемещению препятствует вес трубы с продуктом и намерзшим грунтом $q_{\tau, M}^4$, сопротивление талого грунта над трубой $q_{\tau, p}^4$, силы трения мерзшего цилиндра об окружающий талый грунт $f_{\tau, p}$ и сила q , возникающая от влияния примыкающих участков трубопровода (см.п.3.3.1),

$$q_p^4 = \rho_p D_h. \quad (50)$$

Значения ρ_p для разных грунтов приведены в табл.5.

Таблица 5

Вид грунта	Стносиительные нормальные силы пучения ρ_p , МПа
Песок	0,025
Супесь	0,100
Суглинок	0,250
Глина	0,205

$$q_{\tau, M}^4 = q_{\tau} + \frac{\pi}{4} f_{\tau, p} (D_{\tau, M}^2 - D_h^2); \quad (51)$$

$$q_{\tau, p}^4 = f_{\tau, p} D_{\tau, M} (h_{\tau} - 0,39 D_{\tau, M}) + f_{\tau, p} h_{\tau}^2 \operatorname{tg} \varphi_{\tau, p} + \frac{C h_{\tau}}{\cos \varphi_{\tau, p}}; \quad (52)$$

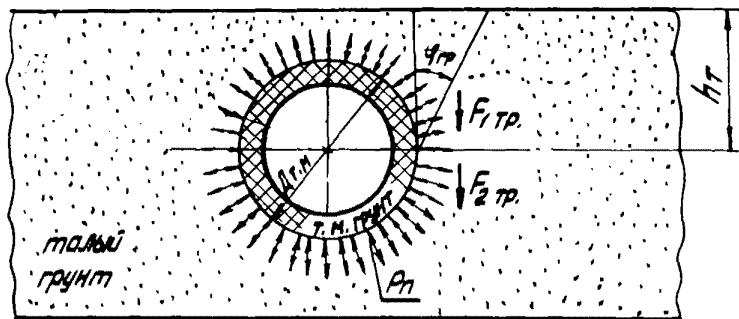
$$f_{\tau, p} = [\rho_p D_{\tau, M} + f_{\tau, p} D_{\tau, M} (h_{\tau} - \frac{3}{4} D_{\tau, M}) \operatorname{tg}^2 (45^\circ - \frac{\varphi_{\tau, p}}{2})] \operatorname{tg} \varphi_{\tau, p}. \quad (53)$$

Минимальную величину $D_{\tau, M}^{min}$, при которой начинается перемещение, определяют при решении уравнения

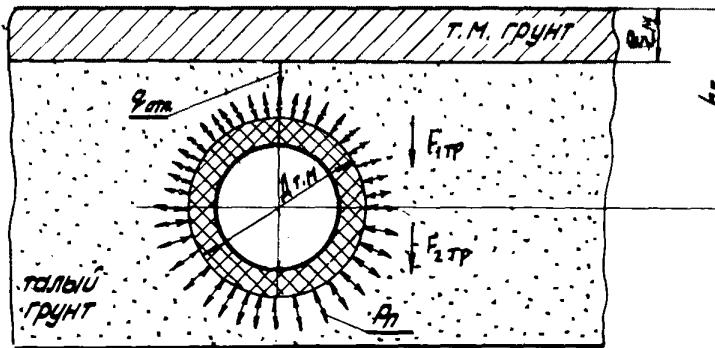
$$q_p^4 - q_{\tau, M}^4 - q_{\tau, p}^4 - f_{\tau, p} \pm q \quad (54)$$

относительно $D_{\tau, M}$. Соответствующую минимальную толщину на мерзшего слоя определяют по формуле

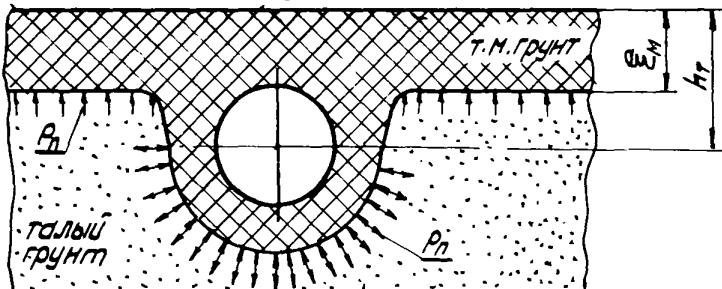
$$\delta_{\tau, M}^{min} = 0,5 (D_{\tau, M}^{min} - D_h). \quad (55)$$



а



б



в

Рис.3. Схема действия сил на трубопровод при промерзании грунта от трубы и с поверхности

Окончание процесса пучения наступит с окончанием промерзания. Толщина намерзшего слоя при этом слое грунта равна

$$\delta_{T.M}^{max} = 0,5(\mathcal{D}_{T.M}^{max} - \mathcal{D}_H). \quad (56)$$

$\mathcal{D}_{T.M}^{max} = 2\rho_{M1\lambda}$ определяют по табл. I настоящих Рекомендаций к моменту окончания промерзания. Величину перемещения определяют по формуле (38), в которой

$$h_{\varphi} = \delta_{T.M}^{max} - \delta_{T.M}^{min}. \quad (57)$$

3.5. При одновременном промерзании грунта поверхности и от стенок трубы появляются два фронта промерзания – плоский и цилиндрический (см. рис. 3, поз. б). До того момента, пока оба фронта не слились, образующийся на поверхности слой мерзлого грунта оказывает существенное влияние на перемещение трубопровода. Реакция этого слоя значительно уменьшает, а иногда и полностью прекращает пучение вплоть до того момента, пока не произойдет смыкание фронтов (см. рис. 3, поз. б).

3.5.1. До смыкания плоского и цилиндрического фронтов промерзания (рис. 3, поз. б) на трубопровод в рассматриваемом сечении действуют силы q_p^4 , $q_{T.M}^4$, $q_{1,gr}^4$, f_{Tp} , q_{opp} (реакция отпора промерзшего слоя) и q .

Величину $q_{1,gr}^4$ определяют по формуле

$$q_{1,gr}^4 = \gamma_{gr} \mathcal{D}_{T.M} (h_T - 0,39 \mathcal{D}_{T.M}) + f_{Tp} (h_T - \xi_H)^2 \tan \varphi_{gr} + \frac{c(h_T - \xi_H)}{\cos \varphi_{gr}}. \quad (58)$$

Перемещение рассматриваемого сечения вверх будет продолжаться до тех пор, пока

$$q_p^4 > q_{T.M}^4 + q_{1,gr}^4 + f_{Tp} + q_{opp} \neq q.$$

По мере сближения плоского и цилиндрического фронтов в результате перемещения вверх трубопровода и дальнейшего промерзания реакция отпора промерзшего с поверхности грунта возрастает. В тот момент, когда силы сопротивления перемещению будут равны силам пучения, движение прекратится. q_{opp} в момент прекращения перемещения определяют по формуле

$$\varphi_{\text{отп}} = \varphi_p^4 - \varphi_{\text{тр}}^4 - \varphi_{\text{т.м}}^4 - f_{\text{тр}} \neq \varphi. \quad (59)$$

Максимальное значение $\varphi_{\text{отп}}^{\text{max}}$ рассчитывают по формуле

$$\varphi_{\text{отп}}^{\text{max}} = \varphi_{\text{т.м}}^4 + f_{\text{тр}} + \varphi_{\text{тр}}^4 \left(1 - \frac{\xi_m}{h_T}\right) + R_{\text{т.м}}^{\text{сж}} D_{\text{т.м}} \frac{\xi_m}{h_T}. \quad (60)$$

Перемещение трубопровода в рассматриваемом сечении от начала промерзания грунта от трубы и с поверхности до момента остановки рассчитывают по формулам:

$$\Delta = \frac{\varphi_{\text{отп}}}{D_{\text{т.м}}} \cdot \frac{1}{C_0}, \quad (61)$$

где

$$C_0 = \frac{\xi_m}{h_T} C_m + \left(1 - \frac{\xi_m}{h_T}\right) C_T. \quad (62)$$

Коэффициент постели талого грунта C_T определяют по формуле

$$C_T = m \left(h_T - \frac{D_{\text{т.м}}}{2} \right), \quad (63)$$

где m - коэффициент пропорциональности, $\text{кН}/\text{м}^2$, принимаемый в зависимости от вида грунта по табл.6.

Для грунтов с промежуточным значением характеристик J_4 и величины коэффициента m определяют интерполяцию. Коэффициент постели мерзлого грунта C_m определяют по формуле

$$C_m = C_T (1 + g). \quad (64)$$

Коэффициент g определяют для температур фазовых превращений по графику на рис.4.

3.5.2. Дальнейшее перемещение трубопровода в рассматриваемом сечении начнется только в том случае, если после остановки промерзшего с поверхности грунта с мерзлым грунтом вокруг трубы (см.рис.3, поз.е) будет продолжаться движение ледяного фронта промерзания.

Таблица 6

Вид грунта				
Глины и суглинки текучепластичные $(0,75 < J_4 \leq 1)$	Глины и суглинки мягкопластичные $(0,5 < J_4 \leq 0,75)$; супеси пластичные $(0 < J_4 \leq 1)$; пески пылеватые $(0,6 \leq \ell \leq 0,8)$	Глины и суглинки тугопластичные и полутвердые $(0 \leq J_4 \leq 0,5)$; супеси твердые $(J_4 < 0)$; пески мелкие $(0,6 \leq \ell \leq 0,75)$; то же средней крупности $(0,55 \leq \ell \leq 0,7)$	Глины и суглинки твердые $(J_4 < 0)$; пески крупные $(0,55 \leq \ell \leq 0,7)$	
Коэффициент m (кН/м ⁴)	500-2000	2000-4000	4000-6000	6000-10000

П р и м е ч а н и е . Меньшие значения коэффициента m в табл. 6 соответствуют более высоким значениям консистенции J_4 глинистых грунтов и коэффициенту пористости ℓ песчаных грунтов, указанным в скобках, а большие значения коэффициента m - соответственно более низким значениям.

Тогда полное перемещение при совместном промерзании грунта с поверхности и от трубопровода будет равно:

$$\Delta_{полн} = \Delta_1 + \Delta_2 ; \quad (65)$$

$$\Delta_2 = (\xi_g - \xi_{cm}) K_p , \quad (66)$$

где ξ_{cm} - глубина промерзания грунта с поверхности, при которой происходит смыкание (касание) плоского и цилиндрического скрепок промерзания, м.

При $\xi_g < \xi_{cm}$ $\Delta_2 = 0$.

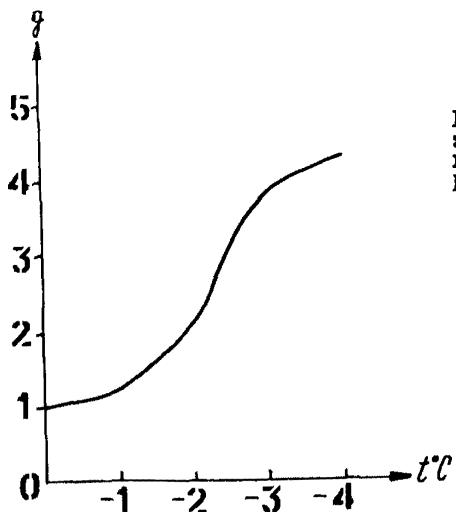


Рис.4. Значения коэффициента q в зависимости от температуры мерзлого грунта

4. РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТРУБОПРОВОДОВ С ОТТАИВАЮЩИМИ МЕРЗЛЫМИ ГРУНТАМИ

Расчет включает определение нагрузок на трубопровод от действия вышележащего грунта и ~~есадки~~ оттавшего под трубой грунта.

4.1. Погонная нагрузка от веса грунта над трубой может быть представлена в виде двух слагаемых: первое – вес столба грунта непосредственно над трубой, второе – нагрузка на трубу от призмы обрунения. Таким образом

$$q_{gr} = q_{1gr} + q_{2gr}. \quad (67)$$

4.2. Трубопровод расположен в пределах сезонноталого грунта (рис.5), т.е.

$$\frac{D_H}{2} \leq h_T \leq h_{\xi_M} - \frac{D_H}{2}, \quad (68)$$

4.2.1. Если подошва фронта промерзающего с поверхности грунта располагается над верхней образующей трубы, т.е.

$$0 \leq \xi_M \leq h_T - \frac{D_H}{2} \quad (69)$$

и ореол протаивания над трубой расположен до подошвы промерзания, т.е.

$$0 \leq \rho \leq h_T - \frac{D_H}{2} - \xi_M, \quad (70)$$

то величины $q_{1,RP}$ и $q_{2,RP}$ в формуле (67) определяют по следующим формулам:

$$q_{1,RP} = f_{RP} D_H (h_T - \rho - 0.39 D_H); \quad (71)$$

$$q_{2,RP} = f_{RP} (h_T^2 - \xi_M^2) \operatorname{tg} \varphi_{RP} - \frac{C(h_T - \xi_M)}{\cos \varphi_{RP}}. \quad (72)$$

4.2.2. Если выполняется условие (68), а ореол протаивания над трубой расположен в пределах промерзающего с поверхности грунта, т.е.

$$h_T - \frac{D_H}{2} - \xi_M < \rho \leq h_T - \frac{D_H}{2}, \quad (73)$$

то $q_{1,RP}$ в формуле (67) определяют по формуле (71), а $q_{2,RP}$ — по формуле

$$q_{2,RP} = (D_H + 2\rho) \left(h_T - \frac{D_H}{4} - \frac{\rho}{2} \right) \operatorname{tg} \varphi_{RP} - \frac{C \left(\frac{D_H}{2} + \rho \right)}{\cos \varphi_{RP}}. \quad (74)$$

4.2.3. Если подошва фронта промерзания расположена между верхней образующей и осью трубы, т.е.

$$h_T - \frac{D_H}{2} < \xi_M \leq h_T \quad (75)$$

и ореол протаивания над трубой равен

$$0 \leq \rho \leq \sqrt{\frac{D_H^2}{4} + (h_T - \xi_M)^2} - \frac{D_H}{2}, \quad (76)$$

то $q_{1,RP}$ определяют по формуле (71), а $q_{2,RP}$ - по формуле (72).

4.2.4. Если выполняется условие (70), а ореол протаивания над трубой расположен в пределах

$$\sqrt{\frac{D_H^2}{4} + (h_T - \xi_H)^2} - \frac{D_H}{2} < \rho < h_T - \frac{D_H}{2}, \quad (77)$$

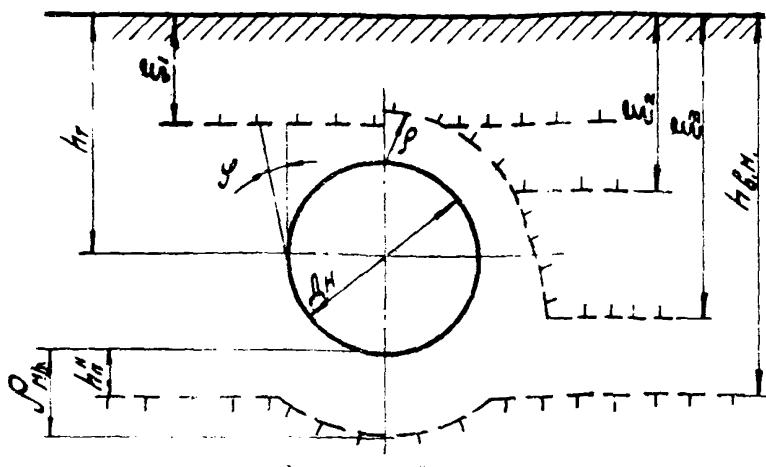
то $q_{1,RP}$ определяют по формуле (71), а $q_{2,RP}$ - по формуле

$$q_{2,RP} = q_{2,0} \sqrt{\rho(D_H + \rho)} (2h_T - \sqrt{\rho(\rho + D_H)}) \operatorname{tg} \varphi_P - \frac{c\sqrt{\rho(\rho + D_H)}}{\cos \varphi_P}. \quad (78)$$

4.2.5. Если подошва фронта промерзания расположена между осью трубы и поверхностью вечномерзлого грунта, т.е.

$$h_T < \xi_M \leq h_{BM}, \quad (79)$$

а ореол протаивания над трубой $\rho \geq 0$, то $q_{1,RP}$ определяют по формуле (71), а $q_{2,RP}$ - по формуле (78).



Грубоизвод, расчет ... в пределах действительного

4.3. Трубопровод частично расположен в пределах вечномерзлого грунта; ось трубы находится в вечномерзлом грунте (рис.6), т.е.

$$h_{B.M} < h_T \leq h_{B.M} + \frac{D_H}{2}. \quad (80)$$

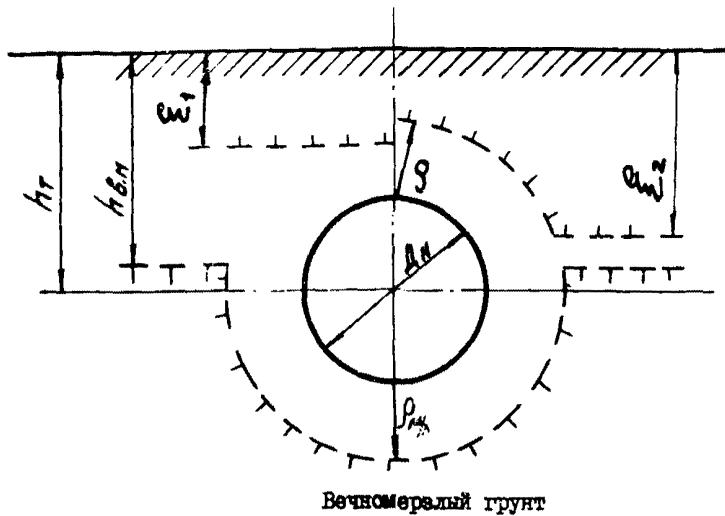


Рис.6. Трубопровод, частично расположенный в вечномерзлом грунте

4.3.1. Если подошва фронта промерзания грунта с поверхности располагается выше верхней образующей трубы, т.е.

$$0 \leq \xi_H \leq h_T - \frac{D_H}{2}, \quad (81)$$

а среда протаивания над трубыю расположена до подошвы промерзания, т.е.

$$0 \leq \rho \leq h_T - \frac{D_H}{2} - \xi_H, \quad (82)$$

то $q_{1,RP}$ определяют по формуле (71), а $q_{2,RP}$ - по формуле (72).

4.3.2. Если выполняется условие (81), а ореол протаивания над трубой расположен в пределах промерзающего с поверхности грунта, т.е.

$$\rho > h_T - \frac{D_H}{2} - \xi_M, \quad (83)$$

то $q_{1,RP}$ определяют по формуле (71), а $q_{2,RP}$ - по формуле (74).

4.3.3. Если подошва фронта промерзающего с поверхности грунта находится между верхней образующей трубы и поверхностью вечномерзлого грунта, т.е.

$$h_T - \frac{D_H}{2} < \xi_M \leq h_{B.M}, \quad (84)$$

а ореол протаивания над трубой находится в пределах

$$0 \leq \rho \leq \sqrt{\frac{D_H^2}{4} + (h_T - \xi_M)^2} - \frac{D_H}{2}, \quad (85)$$

то $q_{1,RP}$ определяют по формуле (71), а $q_{2,RP}$ - по формуле (72).

4.3.4. Если выполняется условие (81), а ореол протаивания над трубой расположен в пределах

$$\sqrt{\frac{D_H^2}{4} + (h_T - \xi_M)^2} - \frac{D_H}{2} < \rho < h_T - \frac{D_H}{2}, \quad (86)$$

то $q_{1,RP}$ определяют по формуле (71), а $q_{2,RP}$ - по формуле (78).

4.4. Трубопровод целиком расположен в вечномерзлом грунте (рис.7), т.е.

$$h_T > h_{B.M} + \frac{D_H}{2}. \quad (87)$$

4.4.1. Если подошва фронта промерзания грунта с поверхности находится между поверхностью грунта и зоной вечномерзлого грунта, т.е.

$$0 \leq \xi_M \leq h_{B.M}, \quad (88)$$

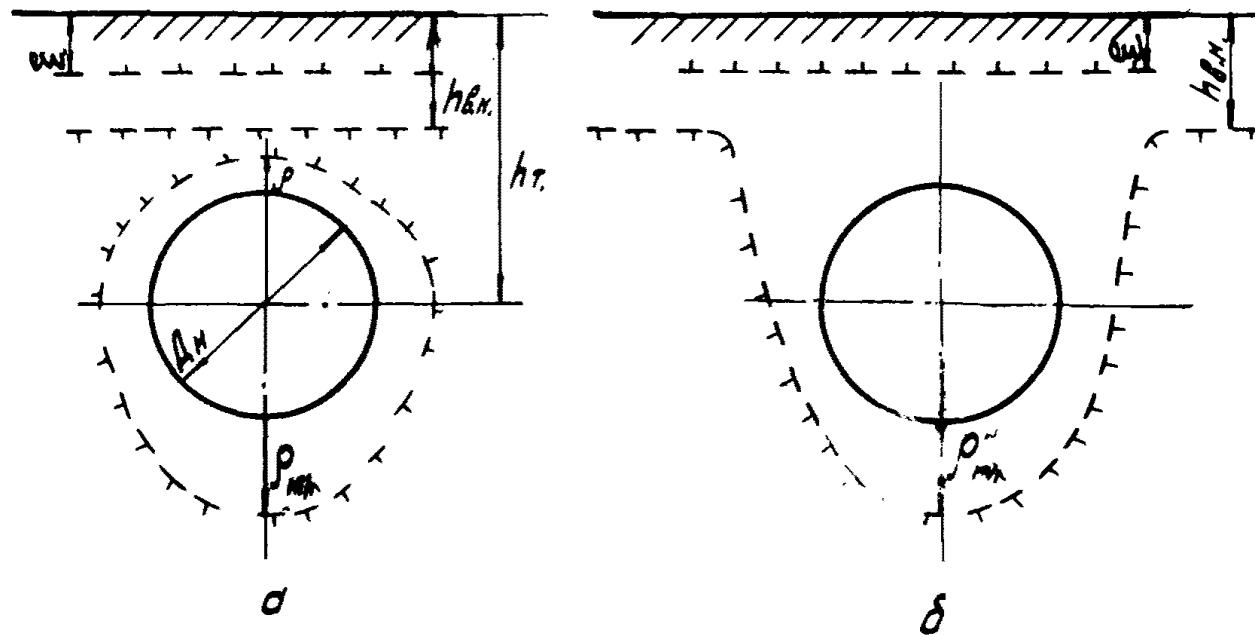


Рис.7. Трубопровод, полностью расположенный в вечномерзлом грунте:

а - ореол оттаивания над трубой не вышел за пределы вечномерзлого грунта; б - ореол оттаивания над трубой вышел за пределы вечномерзлого грунта

а фронт протаивания над трубой расположен в пределах вечномерзлого грунта, т.е.

$$0 \leq \rho < h_T - \frac{D_H}{2} - h_{\text{в.м.}}, \quad (89)$$

то $q_{1\text{гр}}$ подсчитывают по формуле (71), а $q_{2\text{гр}}$ - по формуле

$$q_{2\text{гр}} = \rho_{\text{гр}} (h^2 \operatorname{tg} \varphi_{\text{гр}} + S) - \frac{ch}{\cos \varphi_{\text{гр}}}, \quad (90)$$

где

$$h = \sqrt{\rho (D_H + \rho)}; \quad (91)$$

$$S = S_1 - F_1 - S_2; \quad (92)$$

$$S_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{D_H}{2} + \rho \right)^2 (\alpha - \sin \alpha); \quad (93)$$

$$\alpha = 2 \arcsin \frac{D_H + 2h \operatorname{tg} \varphi_{\text{гр}}}{D_H + 2\rho} \text{ (рад);} \quad (94)$$

$$F_1 = D_H (H - h); \quad (95)$$

$$H = \left(\frac{D_H}{2} + \rho \right) \cos \beta; \quad (96)$$

$$\beta = 2 \arcsin \frac{D_H}{D_H + 2\rho} \text{ (рад);} \quad (97)$$

$$S_2 = \frac{1}{2} \left(\frac{D_H}{2} + \rho \right)^2 (\beta - \sin \beta). \quad (98)$$

4.4.2. Если выполняется условие (88), а ореол протаивания над трубой располагается за пределами вечномерзлого грунта ниже подошвы фронта промерзающего с поверхности сезонноталого грунта, т.е.

$$h_T - \frac{D_H}{2} - h_{\text{в.м.}} < \rho \leq h_T - \frac{D_H}{2} - \xi_M, \quad (99)$$

то $q_{1\text{гр}}$ определяют по формуле (71), а $q_{2\text{гр}}$ - по формуле (72).

4.4.3. Если выполняется условие (88), а ореол протаивания над трубой вышел за пределы вечномерзлого грунта и располагается в пределах промерзающего с поверхности сезонноталого грунта, т.е.

$$h_r - \frac{D_h}{2} - \xi_m < \rho \leq h_r - \frac{D_h}{2}, \quad (100)$$

то $g_{1,gr}$ определяют по формуле (71), а $g_{2,gr}$ - по формуле (74).

4.5. Осадку трубопровода в рассматриваемом сечении, если давление на грунт не превышает 0,02 МПа, можно определить по формуле

$$\delta_{oc} = (\rho_{m/h} - h_n'') K_i, \quad (101)$$

где

$$h_n'' = h_{s,m} - (h_r + \frac{D_h}{2}). \quad (102)$$

Если величина h_n'' , вычисленная по формуле (102), отрицательна, следует принимать $h_n'' = 0$.

В том случае, если давление на грунт превышает 0,02 МПа, осадку следует определять по формуле

$$\delta_{oc} = K_i (\rho_{m/h} - h_n'') + \alpha \rho_r (\rho_{m/h} - h_n''). \quad (103)$$

Коэффициент сжимаемости α талых грунтов связан с модулем деформации условием [II] :

$$\alpha = \frac{0.8}{E}. \quad (104)$$

5. РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ НА ЗВМ

5.1. Структура программы. Программа PIPE5 включает головную программу TAMIPE и подпрограммы ВВОД и ВЫХ (рис.8). Программа TAMIPE содержит 5 внутренних блоков (блоки I-5), реализующих расчеты процессов взаимодействия трубопровода с окружающей средой. Общая характеристика программ приведена в табл.7.

5.2. Все блок-схемы программ составлены в соответствии с ГОСТ 19.003-80 [8]. Укрупненная блок-схема программы TAMIPE представлена на рис.9 (см.табл.1).

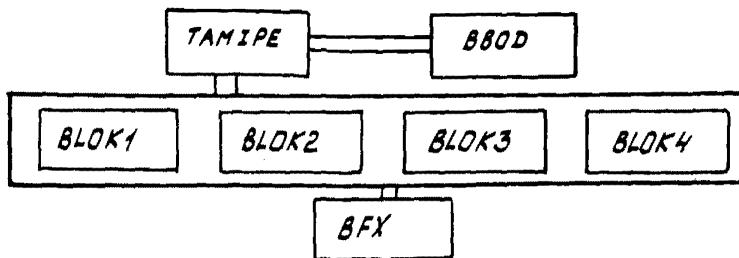


Рис.8. Схема взаимодействия программ

Таблица 7

Наименование программы	Назначение программы
TAMIPE	<p>Головная программа осуществляет взаимосвязь между подпрограммами и реализует расчет процессов теплового и механического взаимодействия трубопроводов с окружающей средой в виде следующих внутренних блоков:</p> <p>блок 1 - где производится расчет по алгоритму № 1;</p> <p>блок 2 - где производится расчет по алгоритму № 2;</p> <p>блок 3 - где производится расчет по алгоритму № 3;</p> <p>блок 4 - где выполняется расчет динамики движения фронтов вокруг трубопроводов для различных систем прокладок (подземной, наземной, открытой, наземной в насыпи);</p>

Окончание табл. 7

Наименование программы	Назначение программы
	блок 5 - где выполняется расчет осадки и пучения трубопровода, теплопотоков по периметру трубы и печать результатов счета
ВВОД	Подпрограмма ввода и печати исходных параметров
ВФХ	Подпрограмма решения трансцендентных уравнений для расчета динамики фронтов промерзания и оттаивания, формирующихся как с поверхности трубопровода, так и с дневной поверхности грунта

5.2.1. С помощью подпрограммы ВВОД осуществляют ввод и печать в виде таблиц исходных параметров, а в блоках Д1-3 - перебор с учетом года (цикл по JT) и данного месяца (N) эксплуатации газопровода. В блоках I и 5 реализуется вычислительный процесс взаимодействия трубопроводов с окружающей средой.

5.2.2. Блок-схемы представлены на рис.10-15.

5.2.3. Блок-схема (рис.10) отражает вычислительный процесс по алгоритму I - процесс формирования фазовых сезонных фронтов с дневной поверхности грунта без учета влияния трубопровода. В блоках А1-Ф1 анализируются фазовые процессы в начальный момент (исходное состояние), формируется число IPP, анализируется окончание (продолжение) процессов пучения.

В зависимости от соотношения знаков температуры поверхности грунта и температуры грунта, а также с учетом числа фазовых фронтов в п-Г месяце (IPP) выделяются варианты:

отсутствия фазовых фронтов - блоки А2, В2;

начала или продолжения процессов разрушения фазового фронта - блоки С2-Д3;

начала или продолжения процессов формирования сезонных фазовых фронтов - блоки Е3 - С4.

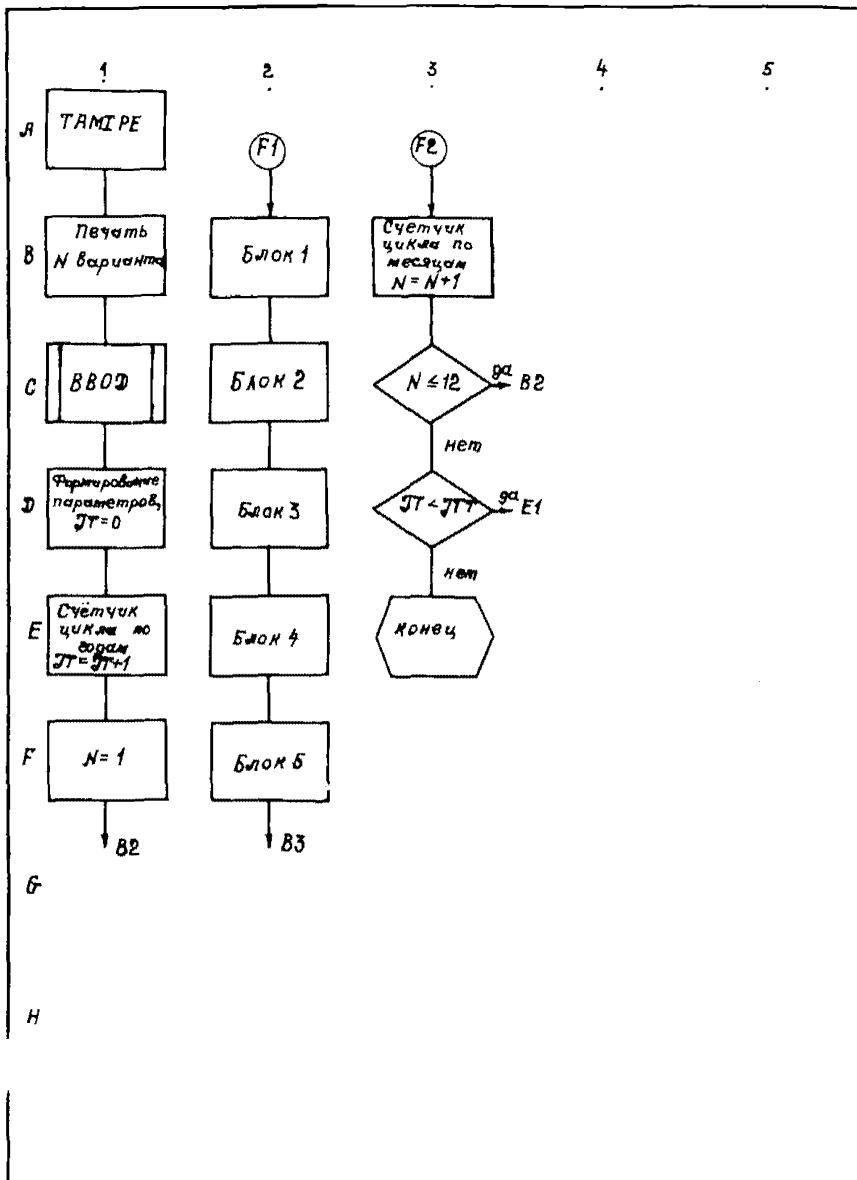


Рис.9. TAMIPE. Головная программа

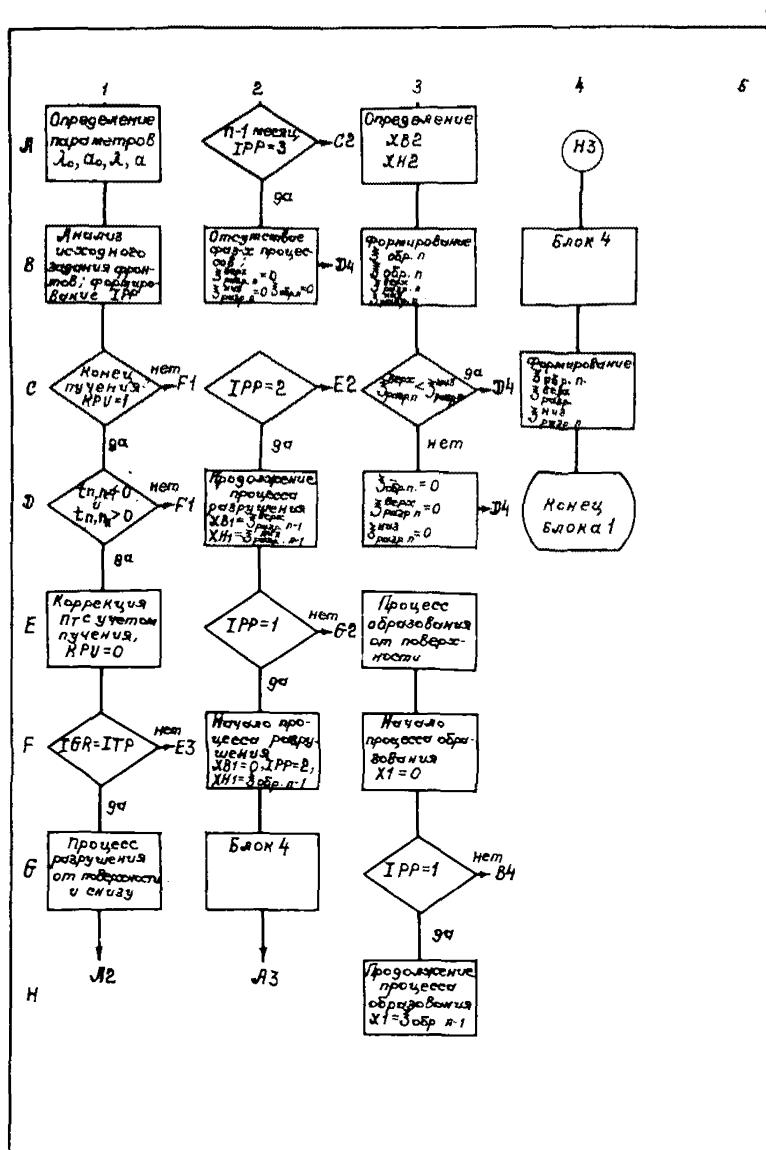


Рис.10. Блок I. Расчет фазовых процессов от дневной поверхности без трубопровода

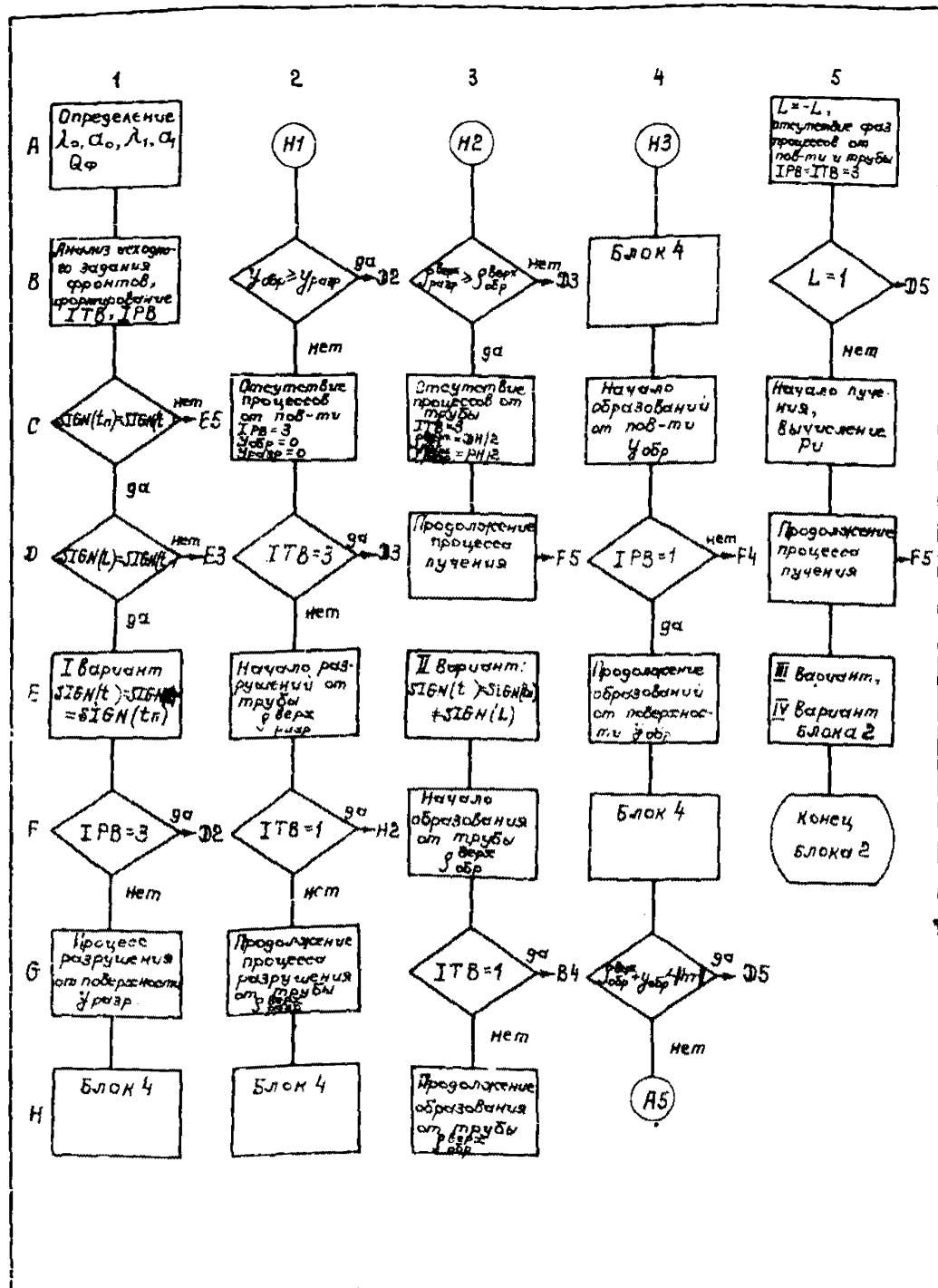


Рис. II. Блок 2 (I, II варианты). Расчет фазовых процессов над трубопроводом

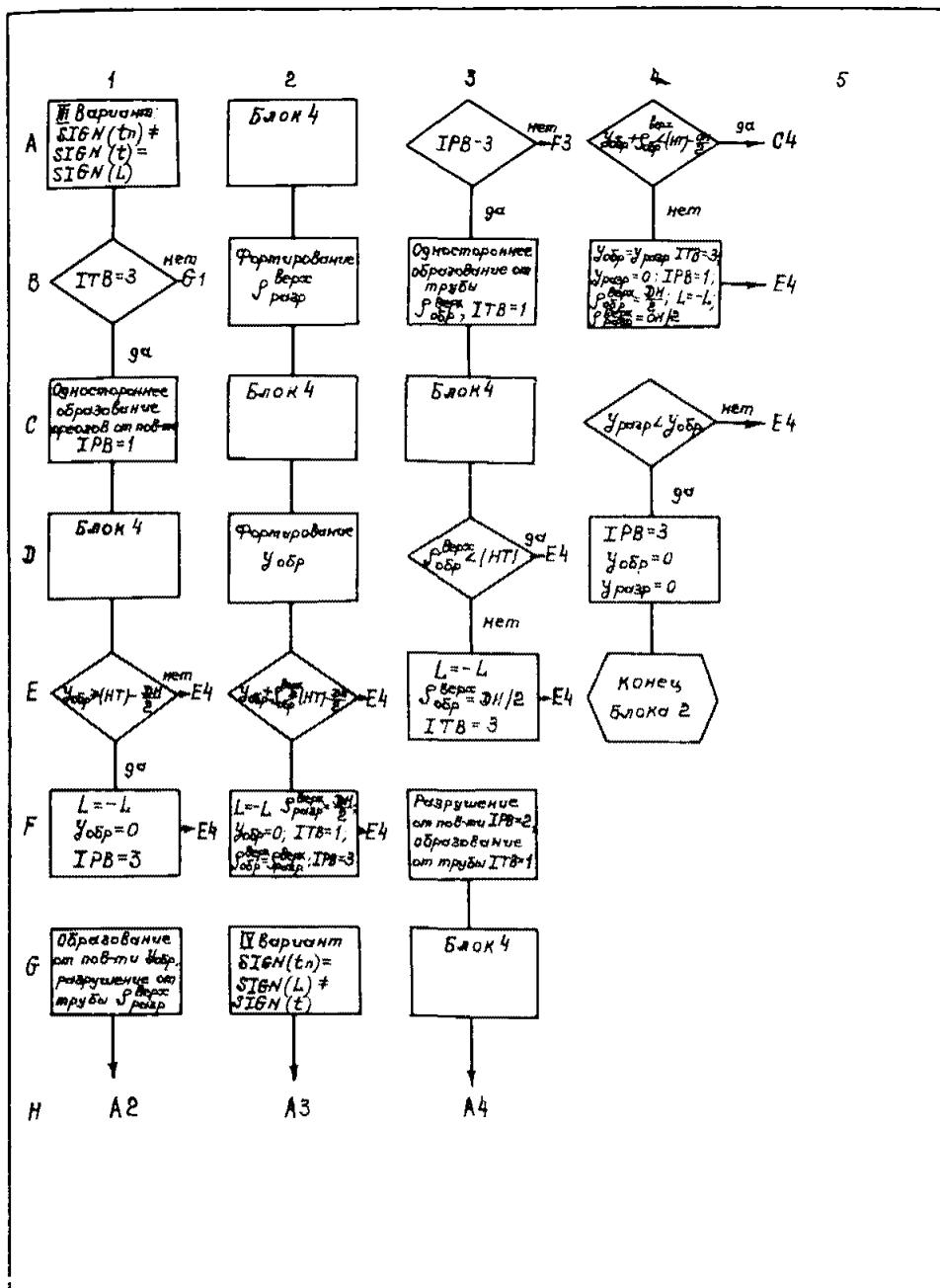


Рис. I2. Блок 2 (III и IV варианты). Расчет фазовых процессов над трубопроводом

5.2.4. Блок-схема (см.рис.И2) отражает вычислительный процесс по алгоритму 2 – процесс формирования сезонных фазовых фронтов вверх с поверхности трубопровода и вниз с дневной поверхности грунта над трубопроводом. В зависимости от соотношения знаков температуры дневной поверхности грунта, температуры трубопровода и температуры грунта над трубопроводом и с учетом числа фазовых фронтов в II-І месяце (ІРВ, ІТВ) выделяются 4 основных варианта:

отсутствие, начало или продолжение процессов разрушения фазовых фронтов с дневной поверхности грунта и вверх с поверхности трубопровода (блоки ЕІ-Д3);

начало или продолжение процесса формирования фронтов с дневной поверхности грунта и вверх с поверхности трубопровода (блоки Е3-Д5);

одностороннее формирование сезонных фазовых фронтов с дневной поверхности грунта над трубопроводом, либо формирование сезонных фазовых фронтов с дневной поверхности грунта с процессом разрушения фазовых фронтов с поверхности трубопровода (блоки СІ-Ф2);

одностороннее формирование фазовых фронтов вверх с поверхности трубопровода, либо процесс формирования фазовых фронтов вверх с поверхности трубопровода с процессом разрушения фронтов с дневной поверхности грунта (блоки Г2 -Д4).

5.2.5. Блок-схема (рис.І3) отражает вычислительный процесс по алгоритму 3 – процесс формирования сезонных и многолетних фазовых фронтов в основании трубопровода.

В зависимости от соотношения знаков температуры трубопровода и температуры грунта, а также с учетом числа фазовых фронтов в II-І месяце (ІТ) и типа процесса формирования фазового фронта в основании трубопровода (ЯАКТ) выделяются следующие варианты:

процесс разрушения с коррекцией сохранения многолетних ореолов или видоизменения типа фазовых процессов (блоки ДІ-В3);

процесс формирования сезонных или многолетних фазовых фронтов при возможных их разрушениях, или сменой типа фазовых процессов (блоки С3-Н5).

5.2.6. Блок-схема (рис.І4) отражает вычислительный процесс, являющийся общим для блоков I-3; расчет фазовых фронтов

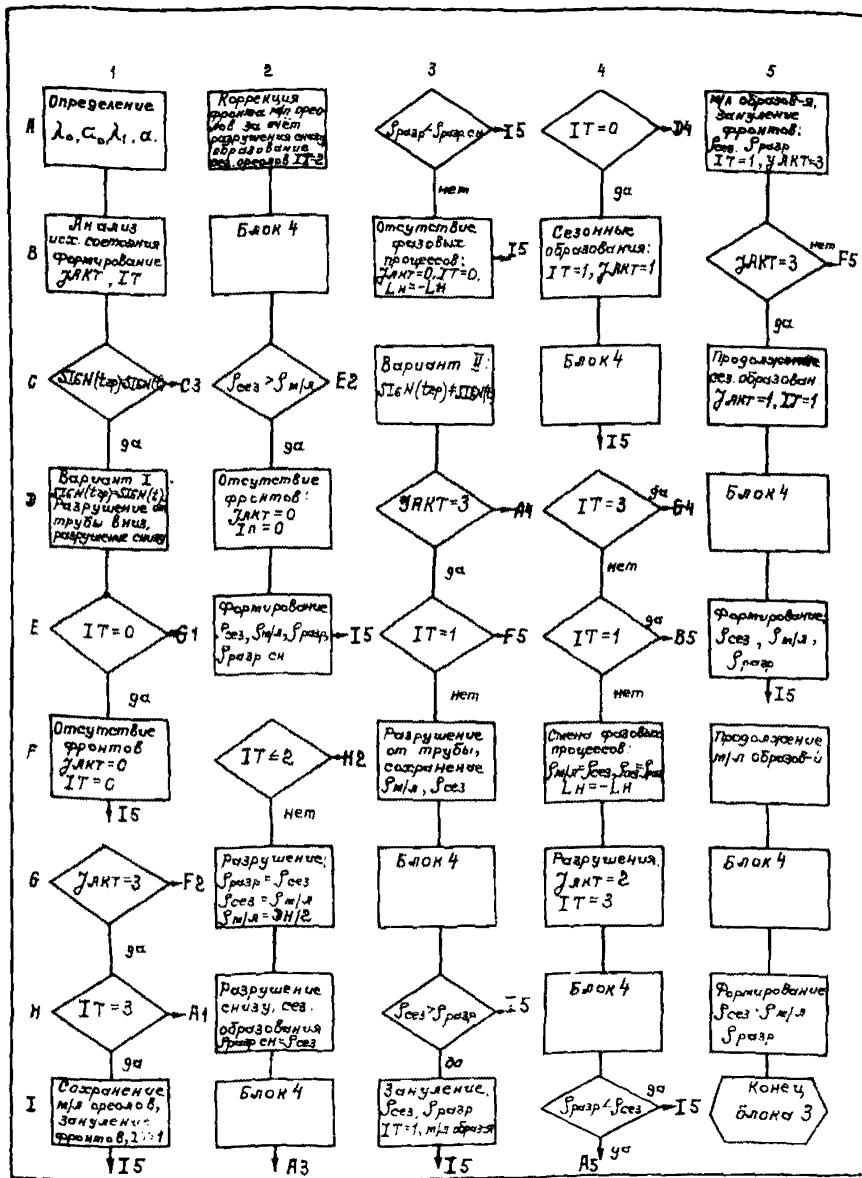


Рис. I.3. Блок 3. Расчет фазовых процессов под трубопроводом

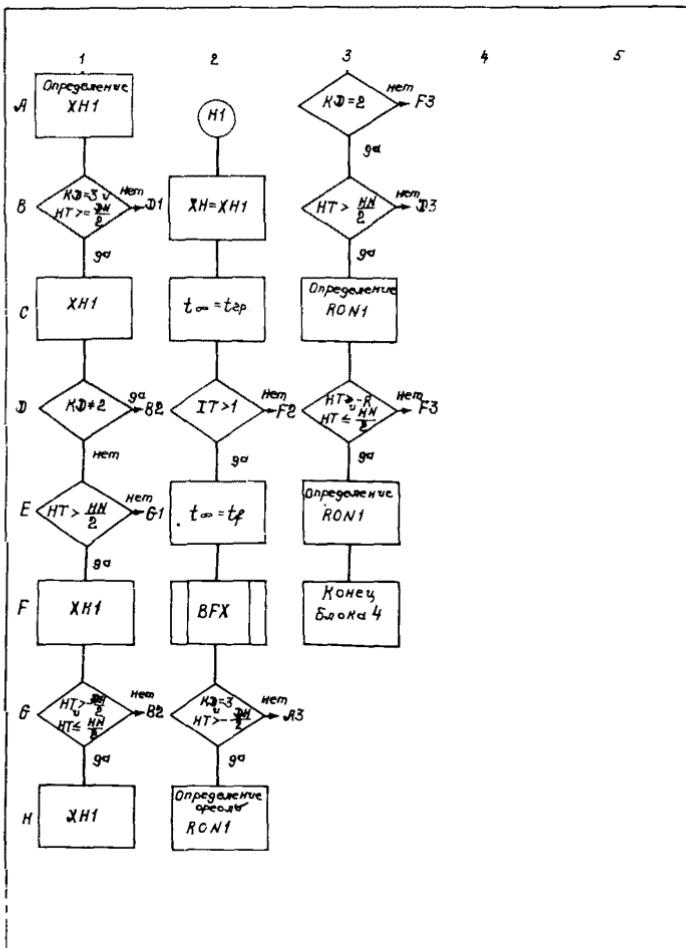


Рис.14. Блок 4. Расчет ореалов для всех видов прокладки трубопровода

для всех систем прокладок трубопроводов с учетом значения ореолов в п-1 месяце (ХН1). В блоках А1-Е2 формируется приведенное значение ХН2: значения ореолов для любых прокладок приводятся к подземному виду прокладки. С помощью подпрограммы ВFX осуществляют решение соответствующих уравнений и определяют расположение фронтов вокруг подземного трубопровода. В блоках А1-Е3 полученные расположения фронтов для подземного трубопровода приводятся к реальному типу прокладки.

5.2.7. Блок-схема (рис.15) отражает вычислительный процесс, осуществляющий расчет просадок, коррекцию многолетних ореолов простояния с учетом просадок в блоках А1-Н2. Также выполняется расчет теплопотоков в системе "трубопровод-грунт" с учетом типов прокладок (блоки В2-Д5). Осуществляется печать результатов счета для П-го месяца в табличной форме, не требующей специальной расшифровки блока Е5.

5.2.8. Блок-схема подпрограммы ВFX (рис.16) реализует вычислительный процесс решения трансцендентных уравнений для расчета динамики фазовых фронтов в системе "трубопровод-грунт" (блоки В1-Г2).

5.3. Условия применения. Требования к техническим средствам.

Для работы программы требуется следующая комплектность оборудования:

центральный процессор ЕС 2422-01 для ВВМ ЕС-1022;

накопитель на магнитных дисках ЕС-5052 - 2 шт.;

АЦПУ ЕС-7032 - 1 шт.;

пишущая машинка ЕС-7077 - 1 шт.;

устройство ввода перфокарт;

устройство подготовки данных ПД 80-2/3М - 1 шт.;

оперативная память объемом не менее 45 кб.

5.4. Общая характеристика входной информации.

Для расчета по программе PIPE 5 необходимы следующие исходные данные:

свойства грунтов;

конструкция трубопровода и технологический режим его эксплуатации;

климатические условия региона.

Указанные данные представлены в таблице приложения I.

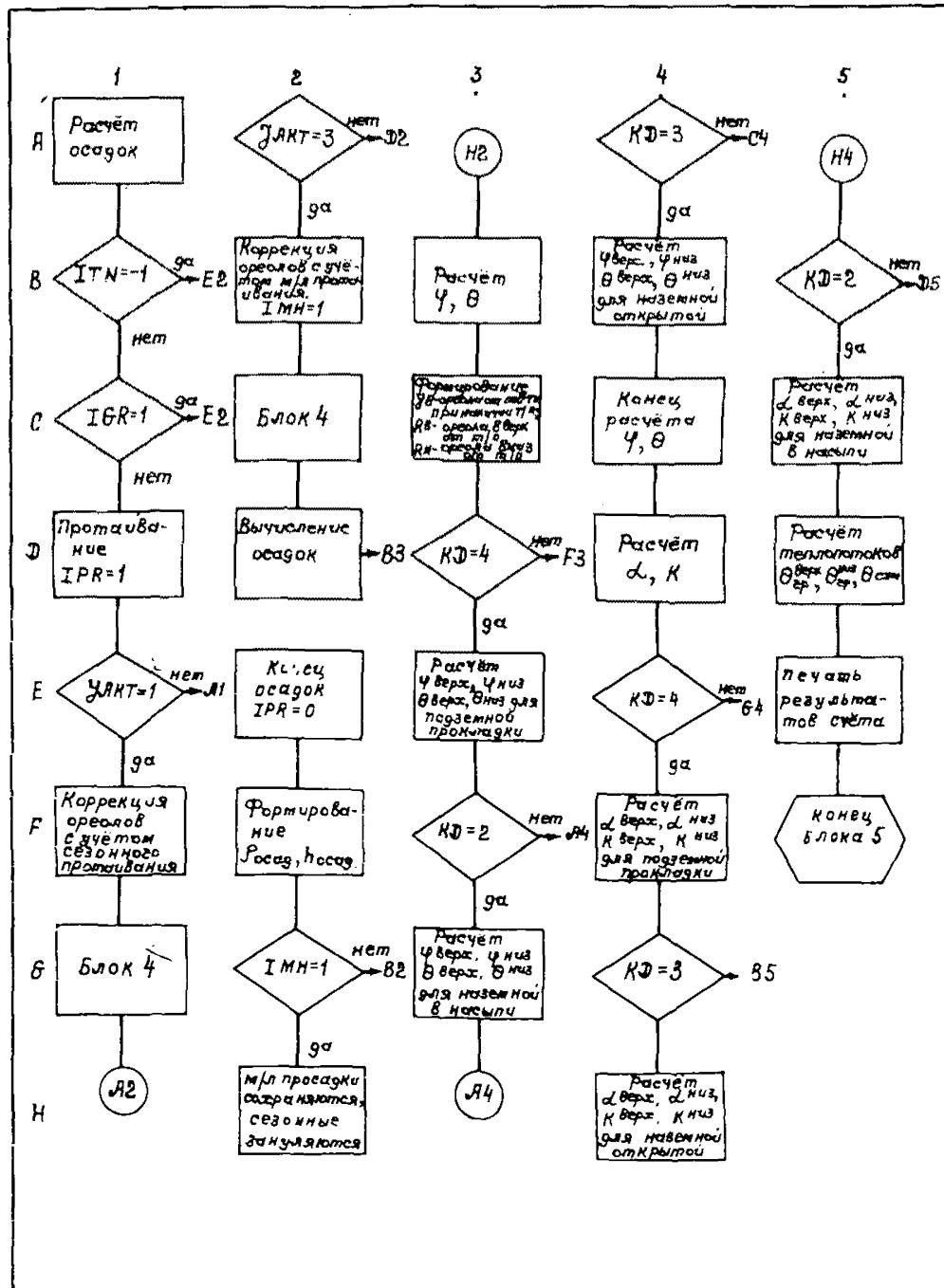


Рис.15. Блок 5. Расчет осадок, теплопотоков, печать результатов счета

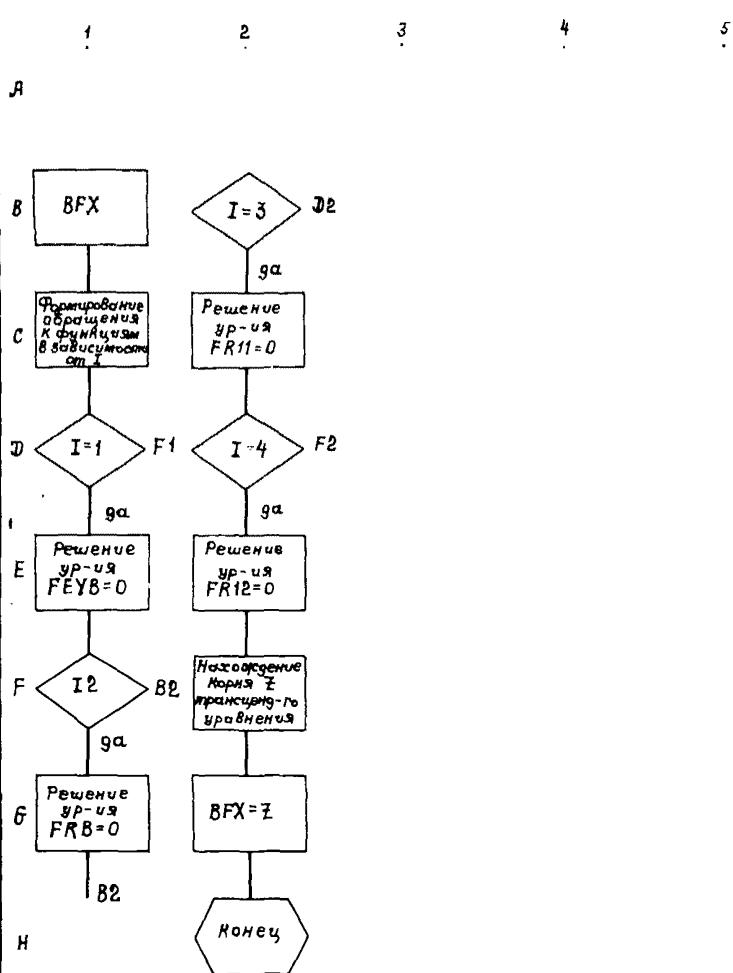


Рис.16. BFX. Подпрограмма решения трансцендентных уравнений для расчета ореолов поверхность - трубопровод - грунт

5.5. Инструкция по подготовке исходной информации на перфокартах для прогнозирования теплового и механического взаимодействия трубопровода с окружающей средой отражена в табл.8.

Таблица 8

Исходные данные	Формат
I. Шифр объекта	I8A4
2. JT, KD, L, LH	4I2
3. DO, HT, HN, DIZ, TFTGR, AT, LIZ, LTB, LTH, LMB, LMH	I2
4. ATB, ATH, AMB, AMH, CPR, CPU	6 6, 4
5. QFB, QFH	2 6.1
6. IBCP, IZ, ITT	3I2
7. E0B1, EPB1, Y01, YB1, R01, RP1, ROM1, ROS1, ROP1	9 F 6.3
8. TH (ITT, I2)	I2 F 6.3
9. TB (I2)	I2 F 6.3
10. ALFAF (I2)	То же
II. ALF2R (I2)	" "
I2. KAPA (I2)	" "
I3. RD (I2)	" "
I4. LE (I2)	" "
I5. ALF2B (I2)	" "

П р и м е ч а н и я: 1. Параметры, указанные в п.7, задаются, если IBCP=1; если IBCP=2, то эти параметры отсутствуют.

2. Максимальное число лет изменений температурного режима эксплуатации трубопровода - 7 лет.

3. Массив TH (ITT, I2) перфорируется на ITT перфокартах по I2 чисел на каждой.

5,6. Общая характеристика выходной информации.

В результате работы программы PIPE 5 на АЦПУ для каждого расчетного года печатаются:

среднемесячные значения температуры поверхности t_n ;

среднемесячные температуры трубопровода t ;

среднемесячные положения фронтов от дневной поверхности вне зоны влияния трубопровода $\xi_{обр}$, $\xi_{разр}$;

среднемесячные положения фронтов в основании трубопровода $\rho_{\text{ил}}$, $\rho_{\text{сез}}$, $\rho_{\text{разр}}$, а также с учетом пучения и просадки $\rho_{\text{пн}}$ среднемесячные положения фронтов над трубопроводом: от дневной поверхности $U_{\text{обр}}$, $U_{\text{разр}}$; вверх от трубопровода - $\rho_{\text{сез}}$, $\rho_{\text{разр}}$; среднемесячные теплопотери одного метра трубопровода в окружающую среду при отсутствии фазовых превращений влаги Q_d ;

среднемесячные теплопотери одного метра трубопровода в грунт за счет фазовых превращений влаги Q_{gr} ,

Знак - перед Q_d или Q_{gr} означает, что тепло теряется трубопроводом в скружающую среду, а знак + означает, что тепло поступает в трубопровод, и он нагревается за счет окружающей среды.

5.7. Выполнение программы.

Для того, чтобы произвести расчет по программе "Прогнозирование теплового и механического взаимодействия трубопровода с окружающей средой", необходимо подготовить следующий пакет задания:

```
// JOB;  
// EXEC PIPE5;  
перфокарты с исходными данными;  
/*
```

6. КОНТРОЛЬНЫЙ ПРИМЕР

6.1. Требуется рассчитать тепловое взаимодействие первой нитки действующего газопровода Надым-Пунга с вечномерзлыми грунтами для конкретного участка трассы - 15 км. Газопровод диаметром 1220 мм без теплоизоляции уложен подземно в вечномерзлый грунт с глубиной заложения до оси трубы - 0,9 м. Вечномерзлые грунты в основании трубопровода представлены промежуточивающими супеснями и суглинками с прослойками песков. Характеристики свойств грунтов, гидроматические параметры и параметры теплообмена подстилающей поверхности с атмосферой заданы в виде конкретных значений, которые определяются зорами сноса Пунгом и в виде Bi и $\theta_{ст}$ [1, 7].

6.2. Заполнение входных форм.

Для указанного тестового примера расчета в таблице (приложение I) по специально разработанной форме представлены исходные данные, которые определяются по руководствам ВНИИСТА, изданным в 1981, 1984 гг. [6,7].

Для тестового примера расчета задаются следующие параметры мерзлых грунтов:

температура начала замерзания грунта;

среднегодовая температура грунта;

коэффициенты тепло- и температуропроводности грунтов в талом и мерзлом состоянии соответственно для грунтов основания и грунтов обратной засыпки (в частном случае при обратной засыпке траншеи местным грунтом допускается принимать его свойства теми же, что и грунта ненарушенного сложения);

коэффициенты относительной осадки при оттаивании мерзлого грунта (просадочности) и пучения соответственно; скрытая теплота фазовых превращений свободной влаги в грунте.

Задаются следующие параметры газопровода:

температурный режим трубопровода помесячно, если он меняется в многолетнем разрезе, то и по годам;

коэффициенты внешней теплоотдачи надземного

трубопровода, если такая конструктивная система проектировки используется на основании предварительно заданного кода типа прокладки (в частном случае тестового примера эти параметры зануляются);

внутренний диаметр трубопровода, глубина заложения трубы в грунт, высота насыпи (в данном примере равная нулю), толщина и коэффициент теплопроводности, теплоизоляция (в данном примере эти параметры отсутствуют);

альбедо трубы для наземной и надземной системы прокладки (в данном примере не задается).

Помесячно задаются следующие параметры климатических условий: температура воздуха; коэффициент конвективной теплоотдачи подстилающей поверхности в атмосферу, термическое сопротивление подстилающей поверхности в атмосферу, термическое сопротивление подстилающей поверхности с учетом напочвенных покровов (растительного и снежного в зимнее время); радиацион-

ный баланс подстилающей поверхности; затраты тепла на испарение выпавших атмосферных осадков с подстилающей поверхности с учетом транспирации и инфильтрации.

6.3. Результаты прогноза теплового и механического взаимодействия газопровода Надым-Пунта с вечномеральными грунтами представлены в приложении 2, в котором приведена распечатка контрольного примера. Из анализа результатов расчетов следует, что первые шесть лет эксплуатации при среднегодовой температуре газа $3,3^{\circ}\text{C}$ вокруг трубопровода в холодный период года на фоне многолетних ореолов оттаивания формируются сезонные ореолы промерзания мощностью 16 см. После изменения температурного режима, начиная с 7-го года эксплуатации газопровода, сезонные ореолы промерзания больше не образуются и наблюдается интенсивное протаивание меральных грунтов основания, которое вызывает просадки трубопровода, ожидаемая величина которых к 33-му году эксплуатации трубопроводной системы может составить около 54 см.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Исходные данные для расчета по программе „Прогнозирование теплового и механического взаимодействия трубопровода с окружающей средой”

1⁰/5 (18 A4)

Назначение объекта

Контрольный пример

2 ^{7/8} (4I2)				3 ^{7/8} (12F6,3)												
ЧТ	КА	Л	ЛН	До	h _Т	h _Н	δ _{Из}	т _г	т _{ГР}	А _г	λ _{Из}	λ _{ГР}	λ _Г	λ _{Из}	λ _{ГР}	λ _Г
Число параметров	1-подъем 2-затухание 3-нагрев 4-подъем	ГРЧНТ ГРЧНТ ГРЧНТ ГРЧНТ	ГРЧНТ ГРЧНТ ГРЧНТ ГРЧНТ	Внутр. внешн. внешн. внешн.	Быстро затуха- ется внешн.	Высота нагрева внешн.	Толщина нагрева внешн.	Температура нагрева внешн.	Гр.т. в теплопров. внешн.	Гр.т. в теплопров. внешн.	Конвекция внешн.	Конвекция внешн.	Конвекция внешн.	Конвекция внешн.	Конвекция внешн.	Конвекция внешн.
Лет эксплуатации	1-подъем 2-затухание 3-нагрев 4-подъем	Под метр, м	Под осн., м	М	М	М	М	°С	°С	°С	°С/°С	°С/°С	°С/°С	°С/°С	°С/°С	°С/°С
33	4	1	-1	1,18	-0,9	0	0	0	-0,8	0,5	0,03	1,1	1,1	1,3	1,3	1,3

4% (6FB4)					5% (2FG1)			6% (3I2)		
от	от	от	от	от	от	от	от	от	от	от
Годар. температур изменности газов	Коэффициент изменности газов	Коэффициент изменности газов	Коэффициент изменности газов	Коэффициент изменности газов	Погоды	Погоды	Погоды	Погоды	Погоды	Погоды
Год	Год	Год	Год	Год	Год	Год	Год	Год	Год	Год
1907 г/п	1908 г/п	1909 г/п	1910 г/п	1911 г/п	1907 г/п	1908 г/п	1909 г/п	1910 г/п	1911 г/п	1912 г/п
М/м/мс	м/м/мс	м/м/мс	м/м/мс	м/м/мс	м/м/мс	м/м/мс	м/м/мс	м/м/мс	м/м/мс	м/м/мс
0,0016	0,0015	0,0012	0,0012	0,10	0,05	36000	36000	2	1	7

Всеподатчательные пароходы

71% (9F6,3)								
3' обр	3' разр	4' обр.	4' разр.	5' обр.	5' разр	6' обр	6' разр	7' обр
Сезонные разрушения различного типа, в том числе от вымыва и от ветров	НН/лес образова- ния	Сезонные разрушения различного типа, в том числе от вымыва и от ветров	Сезонные разрушения различного типа, в том числе от вымыва и от ветров					
СНК земля различных типов	При ненесущи- хся строите- льных	Вверх от трубы подвала	Вниз от трубы подвала	Вниз от трубы подвала				

Помесячное задание параметров

12 F 6.3

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8% к	Температурный режим в начале трубопровода по годам, °C	$t_{\text{НГГГР2}}$	-0,5 -0,5 -0,5 -0,5 -0,5 -0,5 -0,5 14,8	-0,3 0,1 0,2 0,1 0,2 0,1 0,2 16,9	0,1 0,2 1,4 1,4 1,4 1,4 1,4 19,3	1,4 1,4 5,2 5,2 5,2 5,2 5,2 22,1	5,2 5,2 0,8 0,8 0,8 0,8 0,8 25,5	9,8 9,8 10,4 10,4 10,4 10,4 10,4 21,8	10,4 10,4 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 17,7	9,6 9,6 3,2 3,2 3,2 3,2 3,2 16,2	3,2 3,2 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 15,6	0,6 0,6 -0,1 -0,1 -0,1 -0,1 -0,1 12,9	-0,1 -0,1 -0,1 -0,1 -0,1 -0,1 -0,1 13,8	
9% к	Температура воздуха, °C	$t_{\text{в}}$	-24	-29,9	-18,3	-9,2	-1,6	7,9	14,1	14,5	5,3	-5,4	-18,6	-23,7
10% к	Коэф. теплоотдачи подсти- лкиющ. под-ти, ккал/м ² ч	α_{F}	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
11% к	Коэф. внешней теплоотдачи насып. грунтоводов. ккал/м ² ч. м ²	α_{2R}	10	10	10	10	20	20	20	20	20	20	20	20
12% к	Коэффициент, учитывающий снежный покров, м.ч.ч.ккал	δ	3,12	3,51	3,52	3,11	10	10	10	10	10	10	10	10
13% к	коэффициент, учитывающий работу, ккал/сн ² .мес	R	-1,5	-1	-0,5	1	1,11	0,08	0,08	0,08	0,08	0,74	1,87	2,72
14% к	Значение затрат тепла на нагревание с подстилочно- щим подстилкой	ΔE	0	0	0	0	5	8	7,5	5	2	-0,5	-1	-1,5
15% к	Коэф. теплоотдачи насып. насып. грунтоводов, ккал/м ² ч	α_{2B}	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

ЗБ"ЕКТ: ТЕСТ1: КОНТРОЛЬНЫЙ РАСЧЕТ ПО СЕЧЕНИЮ

W C X O A X M E I D A X X X

ККАЛ/(МХЧАСХГРАД С)	М2/ЧАС	1	1	ККАЛ/М.
0,5000	0,0300	1,1000	1,3000	0,50161 0,50161 0,00201 0,01281 0,100001 0,05221 34000,001 36000,001

:1BCP* 2(1-ЗАДАНЫ ВСП.ПАРАМЕТРЫ, 2-ОТСУСТВУЮТ) 112* 1(1-КРУГОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ2-ПЛОСКАЯ) 111* 7(ЧИСЛО ЛЕТ ИЗМ, ТЕМП, РЕЖИМА)

ПАРАМЕТРЫ ОБРАЗОВАНИЯ ПОЛУЧАЮТСЯ ПРИ ПРОЦЕССЕ ПОДДЕРЖАНИЯ ПОДАЧИ ПОЛУЧАЮЩЕГО МАТЕРИАЛА

P E S Y A B T A T M P A C H E T A

10.10

100000

		ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ССН-Т/П: ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ										ПОДАЧИ ПУЧЕК:			ТЕПЛОПОТОКИ			
N	TP	ВНЕ ЗОНЫ Т/П		Ч/Л/ЕТ		СЕЗ.		РАЗР.		С.ПР.		ОТ ТЭУБЫ		ОТ ДОВ-Т/П		И		
		EOR	EPB	RCM	ROS	RDP	RMS	R5	RP	YO	YF	ЧРН	MPJ	QA	RGR	RSJM		
11	-25,1	-6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,18	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	18,0
21	-24,6	-6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,18	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	18,0
31	-18,6	2,1	0,0	0,0	0,0	0,05	0,0	0,05	0,02	0,0	0,0	0,2	0,052	0,0	0,0	0,0	-14,0	-14,0
41	-8,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,09	0,0	0,09	0,08	0,0	0,0	0,2	0,086	0,0	0,0	0,0	-18,0	-18,0
51	1,8	1,4	0,03	0,0	0,0	0,21	0,0	0,21	0,21	0,0	0,03	0,2	0,011	0,0	0,0	0,0	-32,0	-32,0
61	13,0	3,2	0,64	0,0	0,0	0,44	0,0	0,44	0,0	0,0	0,0	0,2	0,028	0,0	0,0	0,0	-38,0	-38,0
71	18,9	9,8	1,02	0,0	0,0	0,69	0,0	0,68	0,0	0,0	0,0	0,2	0,035	0,0	0,0	0,0	17,0	-49,0
81	14,6	10,4	1,25	0,0	0,0	0,88	0,0	0,86	0,0	0,0	0,0	0,2	0,044	0,0	0,0	0,0	5,0	-49,0
91	6,3	9,6	1,35	0,0	0,0	1,03	0,0	0,99	0,0	0,0	0,0	0,2	0,050	0,0	0,0	0,0	-18,0	-32,0
121	-5,7	3,2	1,33	0,15	0,0	1,08	0,0	1,03	0,0	0,0	0,0	0,2	0,054	0,0	0,0	0,0	-5,0	-13,0
111	-19,3	0,6	1,31	0,34	0,0	1,09	0,0	1,03	0,0	0,0	0,0	0,24	0,0	0,054	0,0	-1,0	-2,0	-3,0
121	-24,7	-6,17	1,29	0,49	0,0	1,07	0,05	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,054	0,002	-18,0	5,0	-13,0	

ГОД- 2

N	TP	T	ПОЛОЖЕНИЕ ФРONTов В ОСН.Т/П:			ПОЛОЖЕНИЕ ФРONTов			ОСААКИ:ПУЧЕН:			ТЕПЛОПОСТОКИ					
			ВНЕ ЗОНЫ Т/П	М/ЛЕТ	СЕЗ.	РАЗР.	С ДР.	ОТ ТРУБЫ	ОТ ПОС-ТУ	И	И	И	И	И			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
11	-25,1	-0,5	1,27	0,63	0,0	1,05	0,13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,054	0,083	-23,1	9,1	-14,1
2	-24,6	-0,7	1,25	0,75	0,0	1,03	0,16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,054	0,083	-26,1	4,1	-21,1
3	-18,6	0,1	1,23	0,83	1,03	0,16	0,17	0,98	0,62	0,0	0,0	0,0	0,054	0,083	0,1	-10,1	-10,1
4	-8,5	0,2	1,21	0,88	1,03	2,0	0,0	0,98	0,68	0,0	0,0	0,0	0,054	0,083	0,1	-6,1	-6,1
5	1,8	1,4	0,23	0,0	1,05	0,0	0,0	1,00	0,21	0,0	0,0	0,0	0,053	0,08	0,1	-21,1	-21,1
6	13,8	5,2	0,64	0,0	1,12	0,0	0,0	1,07	0,0	0,0	0,0	0,0	0,050	0,08	9,1	-21,1	-12,1
7	18,9	9,8	1,02	0,0	1,24	0,0	0,0	1,19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,066	0,08	16,1	-35,1	-18,1
8	14,6	18,4	1,25	0,0	1,35	0,0	0,0	1,30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,071	0,08	4,1	-32,1	-28,1
9	6,3	9,6	1,35	0,0	1,45	0,0	0,0	1,38	0,0	0,0	0,0	0,0	0,078	0,08	-18,1	-28,1	-45,1
10	-5,7	3,2	1,33	0,15	1,48	0,0	0,0	1,41	0,0	0,0	0,0	0,0	0,077	0,08	-6,1	-11,1	-16,1
11	-19,3	0,6	1,31	0,34	1,48	0,0	0,0	1,41	0,0	0,0	0,0	0,0	0,077	0,08	-1,1	-24,1	-3,1
12	-24,7	-0,1	1,29	0,49	1,46	0,0	0,0	1,41	0,0	0,0	0,0	0,0	0,077	0,082	-18,1	3,1	-13,1

- 2 -

Год - 4

N	TP	T	ПОЛОЖЕНИЕ ФР.: ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОДН.Т/П:			ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ			ПОДАЧИ(ПУЧЕН.)			ТЕ. ПОТОКИ					
			ВНЕ ЗОНЫ Т/П	ЧЛДЕТ СЕЗ.	РАЗР.	С ПР.	ОТ ТРУБЫ	ОТ ПОВ-Т/П	С ПР.	ОТ ТРУБЫ	ОТ ПОВ-Т/П	С ПР.	ОТ ТРУБЫ	ОТ ПОВ-Т/П			
1			EOR	EP8	RDM	ROS	ROP	RHS	R0	RP	Y0	YP	MPK	MPJ	QA	SGR	QSM
11-25.1	-0.5	1.27	0.63	1.72	0.13	0.0	1.67	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.094	0.023	-23.1	9.1	-14.1
21-24.6	-0.3	1.25	0.75	1.78	0.16	0.0	1.67	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.094	0.035	-26.1	4.1	-21.1
31-18.6	0.1	1.23	0.83	1.70	0.16	0.05	1.61	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.094	0.006	0.1	-10.1	-10.1
41-8.5	0.2	1.21	0.88	1.78	0.16	0.07	1.61	0.08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.094	0.006	0.1	-6.1	-6.1
51	1.8	1.4	0.93	0.0	1.70	0.16	0.17	1.62	0.21	0.0	0.0	0.0	0.094	0.0	0.1	-20.1	-20.1
61	13.8	5.2	0.64	0.0	1.74	0.0	0.0	1.66	0.0	0.0	0.0	0.0	0.096	0.0	9.1	-16.1	-7.1
71	10.9	9.8	1.02	0.0	1.61	0.0	0.0	1.73	0.0	0.0	0.0	0.0	0.098	0.0	16.1	-28.1	-12.1
81	14.6	18.4	1.25	0.0	1.88	0.0	0.0	1.82	0.0	0.0	0.0	0.0	0.103	0.0	4.1	-28.1	-23.1
91	6.3	9.6	1.35	0.0	1.95	0.0	0.0	1.86	0.0	0.0	0.0	0.0	0.106	0.0	-17.1	-24.1	-4.1
101	-5.7	3.2	1.33	0.15	1.97	0.0	0.0	1.87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.107	0.0	-6.1	-9.1	-15.1
111-19.3	0.6	1.31	0.34	1.97	0.0	0.0	1.88	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.108	0.0	71.1	-26.1	-73.1
121-24.7	-0.1	1.29	0.49	1.95	0.05	0.0	1.88	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.108	0.002	-18.1	5.1	-13.1

ГЛА- 5

N	TP	T	ПОЛОЖЕНИЕ ФР.		ПОЛОЖЕНИЕ ФРONTов В ОСН. Т/П:		ПОЛОЖЕНИЕ ФРONTов		ОСАЖКИ ПУЧЕЧН.		ТЕПЛОПОТОКИ							
			ВНЕ ЗОНЫ Т/П	М/ДЕТ	СЕЗ.	РАЗР.	С ПР.	ОТ ТРУБЫ	ОТ ПОВ-Т/П	ОТ ТРУБЫ	ОТ ПОВ-Т/П	ОТ ТРУБЫ	ОТ ПОВ-Т/П					
			ECR	EPB	RCI	ROS	ROP	RMS	RD	RP	YO	YD	YR	YRН	MPJ	QA	QGR	QSJM
11-25,1	-0,5	1,27	0,63	1,93	0,13	0,0	1,88	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,108	0,003	-23,1	9,1	-14,1	
21-24,6	-1,31	1,25	0,75	1,91	0,16	0,0	1,88	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,108	0,003	-26,1	4,1	-21,1	
31-18,6	0,11	1,23	0,63	1,91	0,16	0,05	1,82	0,02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,108	0,006	0,1	-18,1	-10,1	
41-8,51	0,21	1,21	0,68	1,91	0,16	0,07	1,82	0,08	0,0	0,0	0,0	0,0	0,108	0,006	0,1	-6,1	-6,1	
51-1,81	1,41	0,63	0,0	1,91	0,16	0,17	1,83	0,21	0,0	0,03	0,0	0,0	0,108	0,0	0,1	-20,1	-28,1	
61-13,01	5,21	0,74	0,0	1,95	2,0	0,0	1,86	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,108	0,0	9,1	-15,1	-6,1	
71-8,91	5,81	1,02	0,0	2,01	0,0	0,0	1,92	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,113	0,0	16,1	-27,1	-11,1	
81-14,61	10,41	1,25	0,0	2,48	0,0	0,0	1,98	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,116	0,0	4,1	-26,1	-22,1	
91-6,31	0,61	1,15	0,0	2,14	0,0	0,0	2,04	0,0	0,0	0,0	0,2	0,119	0,0	-17,1	-23,1	-4,1		
101-5,71	2,21	1,33	0,15	2,16	0,0	0,0	2,05	0,0	0,0	0,31	0,0	0,128	0,0	-6,1	-9,1	-15,1		
111-19,31	0,61	1,31	0,34	2,16	0,2	0,0	2,05	0,0	0,0	0,24	0,0	0,128	0,0	-1,1	-2,1	-3,1		
121-24,71	-2,11	1,29	0,49	2,14	0,05	0,0	2,05	0,0	0,0	0,0	0,2	0,128	0,002	-18,1	3,1	-13,1		

FIGURE 6

— 2 —

ГОД- 7

N	TP	ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОСН.Т/П: ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ										СОЗДАНИЕ ПУЧЕЙ: ТЕПЛОПОТОКИ					
		ВНЕ ЗОНЫ Т/П	Ч/ЛЕТ	СЕЗ.	РАЗР.	С ПР.	СТ	ГРУПМ	ОТ ПСВ-ТИ	ПСВ-ТИ	ЧРН	МРН	QA	BCR	BSJM		
		EOR	EPB	RCM	ROS	ROP	RHS	R3	RP	YO	YP	ЧРН	МРН	QA	BCR	BSJM	
1	-25.1	14.8	1.27	0.63	2.30	7.05	2.54	2.27	8.0	0.0	0.0	0.0	2.131	2.221	-53.1	-38.1	-91.1
2	-24.6	16.9	1.25	0.75	2.39	7.9	2.9	2.26	8.0	0.0	0.31	0.0	2.138	0.005	-23.1	-44.1	-57.1
3	-18.6	19.3	1.23	0.83	2.48	8.0	6.0	2.36	8.0	0.0	0.31	0.0	2.148	0.886	-27.1	-49.1	-76.1
4	-8.5	22.1	1.21	0.88	2.58	8.0	8.0	2.46	8.0	0.0	0.31	0.0	2.148	0.886	-32.1	-55.1	-87.1
5	1.8	23.5	0.03	0.2	2.68	9.0	8.0	2.56	8.0	0.0	0.31	0.0	2.150	0.0	-38.1	-57.1	-96.1
6	13.0	24.2	0.64	0.0	2.78	8.0	8.0	2.65	8.0	0.0	0.31	0.57	2.158	0.0	-56.1	-58.1	-114.1
7	18.9	21.6	1.02	0.7	2.86	8.0	8.0	2.73	8.0	0.0	0.31	0.0	2.158	0.0	-29.1	-50.1	-79.1
8	4.6	17.7	1.25	0.2	2.93	8.0	8.0	2.79	8.0	0.0	0.31	0.0	2.168	0.0	-24.1	-39.1	-53.1
9	6.3	16.2	1.35	0.2	2.99	8.0	8.0	2.85	8.0	0.0	0.31	0.0	2.168	0.0	-43.1	-34.1	-77.1
10	-5.7	15.6	1.33	0.15	3.25	8.0	8.0	2.91	8.0	0.0	0.31	0.0	2.168	0.0	-31.1	-36.1	-56.1
11	-19.3	12.9	1.31	0.34	3.18	8.0	8.0	2.95	8.0	0.0	0.31	0.0	2.171	0.0	-28.1	-29.1	-49.1
12	-24.7	13.8	1.29	0.49	3.15	8.0	8.0	3.02	8.0	0.0	0.31	0.0	2.173	0.0	-19.1	-31.1	-51.1

ГОД- 8

N	TP	T	ПОЛОЖЕНИЕ ФР.			ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОСН.Т/П:			ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ			ОСАДКИ: ПУЧЕИ:			ТЕПЛОПОТОКИ		
			ВНЕ ЗОНЫ Т/П	М/ЛЕТ	СЕЗ.	РАЗР.	С ПР.	ОТ ТРУБЫ	ОТ ПОВ-ТУ	1	2	3	4	5	6	7	8
			EOR	EPB	ROM	RDS	RDP	RHS	RJ	RP	YO	YR	MPR	WPJ	QA	QCR	QSH
11	-25,1	14,8	1,27	8,63	3,28	0,0	0,0	3,05	8,8	3,0	8,31	8,8	8,178	8,8	-28,1	-33,1	-54,1
21	-24,6	16,9	1,25	8,75	3,26	0,0	0,0	3,18	8,8	0,0	8,31	8,8	8,170	8,8	-23,1	-38,1	-51,1
31	-18,6	19,3	1,23	8,83	3,32	0,0	0,0	3,16	8,8	0,0	8,31	8,8	8,182	8,8	-27,1	-43,1	-69,1
41	-8,5	22,1	1,21	8,88	3,39	0,0	0,0	3,23	8,8	0,0	8,31	8,8	8,188	8,8	-32,1	-48,1	-88,1
51	1,8	23,5	8,83	8,8	3,46	0,0	0,0	3,38	8,8	0,0	8,31	8,8	8,189	8,8	-48,1	-51,1	-91,1
61	13,8	24,2	8,64	8,8	3,54	0,0	0,0	3,37	8,8	0,0	8,31	8,8	8,193	8,8	-57,1	-52,1	-139,1
71	18,9	21,8	1,82	8,8	3,68	0,0	0,0	3,43	8,8	0,0	8,31	8,8	8,198	8,8	-29,1	-46,1	-74,1
81	14,6	17,7	1,25	8,8	3,65	0,0	0,0	3,48	8,8	0,0	8,31	8,8	8,198	8,8	-24,1	-35,1	-59,1
91	6,3	16,2	1,35	8,8	3,78	0,0	0,0	3,52	8,8	0,0	8,31	8,8	8,201	8,8	-42,1	-32,1	-74,1
101	-5,7	13,6	1,33	8,15	3,74	0,0	0,0	3,56	8,8	0,0	8,31	8,8	8,203	8,8	-31,1	-33,1	-64,1
111	-19,3	12,9	1,31	8,34	3,78	0,0	0,0	3,60	8,8	0,0	8,31	8,8	8,208	8,8	-28,1	-27,1	-47,1
121	-24,7	13,8	1,29	8,49	3,82	0,0	0,0	3,63	8,8	0,0	8,31	8,8	8,207	8,8	-28,1	-29,1	-48,1

ГЛА- 9

N	TP	T	ПОЛОЖЕНИЕ ФР.:ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОСН.Т/П:			ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ			ОСАНИКИ:ДУШЕН.:			ТЕПЛОПОТОКИ					
			ВНЕ ЗОНЫ Т/П	М/ЛЕТ	СЕЗ.	РАЗР.	С ПР.	ОТ ТРУБЫ	ОТ ПОВ-ТК	С	С	МПР	МПР	ВА	ВСР	QSJM	
			EDR	EPB	ROM	ROS	ROP	RHS	R0	RP	Y0	YR	MPR	MPR	VA	BCR	QSJM
11	-25,11	14,8	1,27	0,63	3,86	0,0	0,0	3,67	0,0	0,0	0,31	0,0	0,260	0,0	-21,1	-31,1	-51,1
21	-24,61	16,9	1,25	0,75	3,91	0,0	0,0	3,72	0,0	0,0	0,31	0,0	0,211	0,0	-23,1	-39,1	-58,1
31	-18,61	19,3	1,23	0,83	3,96	0,0	0,0	3,77	0,0	0,0	0,31	0,0	0,214	0,0	-27,1	-39,1	-56,1
41	-8,51	22,1	1,21	0,88	4,01	0,0	0,0	3,82	0,0	0,0	0,31	0,0	0,214	0,0	-32,1	-45,1	-77,1
51	1,8	23,5	0,03	0,0	4,07	0,0	0,0	3,88	0,0	0,0	0,31	0,02	0,210	0,0	-41,1	-47,1	-58,1
61	13,0	24,2	0,64	0,0	4,13	0,0	0,0	3,93	0,0	0,0	0,38	0,57	0,223	0,0	-57,1	-49,1	-106,1
71	18,9	21,8	1,02	0,0	4,18	0,0	0,0	3,98	0,0	0,0	0,3	0,228	0,0	-28,1	-43,1	-71,1	
81	14,6	17,7	1,25	0,0	4,23	0,0	0,0	4,02	0,0	0,0	0,3	0,227	0,0	-24,1	-33,1	-57,1	
91	6,3	16,2	1,35	0,0	4,27	0,0	0,0	4,06	0,0	0,0	0,3	0,229	0,0	-42,1	-50,1	-72,1	
101	-5,7	15,6	1,33	0,15	4,30	0,0	0,0	4,09	0,0	0,0	0,31	0,0	0,231	0,0	-32,1	-31,1	53,1
111	-19,3	12,9	1,31	0,34	4,33	0,0	0,0	4,12	0,0	0,0	0,31	0,0	0,232	0,0	-28,1	-25,1	-45,1
121	-24,7	13,8	1,29	0,49	4,37	0,0	0,0	4,15	0,0	0,0	0,31	0,0	0,234	0,0	-28,1	-27,1	-47,1

ГЛА-18

N:	TP:	T:	ПОЛОЖЕНИЕ ФР.: ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОСН.Т/П:			ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ			ЗСАДКИ: ПУШКИ:			ТЕПЛОПОТОКИ				
			ВНЕ ЗОНЫ Т/П : К/ДЕТ: СЕЗ.: РАЗР.: С ПР.:			ОТ ТРУБЫ: ОТ ПОВ-ТИ:			:			:				
EOR : EPB : ROM : R05 : R05 : R5 : RP : Y0 : YP : MPM : MPJ : QA : BGR : BSJH :																
11:-25,11	14,61	1,271	8,631	4,401	0,01	0,01	4,191	8,81	8,81	8,31	8,31	8,2361	8,01	-21,1	-29,1	-38,1
21:-24,61	16,91	1,251	8,751	4,441	0,01	0,01	4,221	8,81	8,81	8,31	8,31	8,2381	8,01	-23,1	-33,1	-56,1
31:-18,61	19,31	1,231	8,831	4,481	0,01	0,01	4,261	8,81	8,81	8,31	8,31	8,2481	8,01	-27,1	-37,1	-54,1
41:-8,51	22,11	1,211	8,881	4,531	0,01	0,01	4,311	8,81	8,81	8,31	8,31	8,2481	8,01	-32,1	-43,1	-75,1
51: 1,81	23,51	0,831	8,01	4,581	0,01	0,01	4,361	8,81	8,81	8,31	8,31	8,2451	8,01	-41,1	-45,1	-57,1
61: 13,81	24,21	0,641	8,81	4,631	0,01	0,01	4,411	8,81	8,81	8,31	8,31	8,2471	8,01	-37,1	-46,1	-183,1
71: 18,91	21,81	1,021	8,91	4,681	0,01	0,01	4,451	8,81	8,81	8,31	8,31	8,2581	8,01	-28,1	-41,1	-59,1
81: 14,61	17,71	1,251	8,01	4,721	0,01	0,01	4,491	8,81	8,81	8,31	8,31	8,2561	8,01	-24,1	-32,1	-36,1
91: 6,31	16,21	1,351	8,81	4,751	0,01	0,01	4,521	8,81	8,81	8,31	8,31	8,2531	8,01	-42,1	-29,1	-71,1
101:-5,71	15,61	1,331	0,151	4,781	0,01	0,01	4,551	8,81	8,81	8,31	8,31	8,2581	8,01	-32,1	-29,1	-52,1
111:-19,31	12,91	1,311	0,341	4,811	0,01	0,01	4,571	8,81	8,81	8,31	8,31	8,2561	8,01	-28,1	-24,1	-45,1
121:-24,71	13,81	1,291	0,491	4,841	0,01	0,01	4,681	8,81	8,81	8,31	8,31	8,2581	8,01	-28,1	-26,1	-46,1

ГДА-15

N	T _P	T	ПОЛОЖЕНИЕ ФР. (ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОСН-Т/П: ВНЕ ЗОНЫ Т/П : Ч/ЛЕТ: СЕЗ. : РАЗР.: С ПР.):				ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ (ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ ОТ ТРУБЫ: ОТ ПОВ-Т/П : 1)				СВААКИ (ПУЧЕН.):				ТЕПЛОПОТОКИ			
			EDR	EPB	RDH	ROS	ROP	RHS	RD	RP	YD	YR	MPR	MPJ	DA	BCR	BSJM	DA
11	-25,1	14,8	1,27	0,63	6,34	0,0	6,8	6,82	0,0	0,0	0,34	0,0	0,333	0,0	-21,1	-25,1	-46,	
21	-24,6	16,9	1,25	0,75	6,36	0,0	6,8	6,85	0,0	0,0	0,34	0,0	0,338	0,0	-23,1	-29,1	-52,	
31	-18,6	19,3	1,23	0,63	6,39	0,0	6,8	6,87	0,0	0,0	0,34	0,0	0,358	0,0	-27,1	-33,	-59,	
41	-0,5	22,1	1,21	0,88	6,42	0,0	6,8	6,10	0,0	0,0	0,34	0,0	0,339	0,0	-32,1	-37,	-59,	
51	1,6	23,5	0,63	0,0	6,45	0,0	6,8	6,13	0,0	0,0	0,34	0,0	0,338	0,0	-43,1	-39,	-50,	
61	13,8	24,2	0,64	0,0	6,49	0,0	6,8	6,17	0,0	0,0	0,34	0,0	0,348	0,0	-38,1	-41,	-48,	
71	18,9	21,8	1,02	0,6	6,52	0,0	6,8	6,19	0,0	0,0	0,34	0,0	0,349	0,0	-28,1	-36,	-64,	
81	14,6	17,7	1,25	0,0	6,54	0,0	6,8	6,22	0,0	0,0	0,34	0,0	0,343	0,0	-23,1	-29,	-52,	
91	6,3	16,2	1,35	0,0	6,56	0,0	6,8	6,24	0,0	0,0	0,34	0,0	0,346	0,0	-41,1	-26,	-57,	
101	-5,7	15,6	1,33	0,15	6,59	0,0	6,8	6,26	0,0	0,0	0,34	0,0	0,348	0,0	-33,1	-26,	-59,	
111	-19,3	12,9	1,31	0,34	6,68	0,0	6,8	6,28	0,0	0,0	0,34	0,0	0,346	0,0	-21,1	-21,	-42,	
121	-24,7	13,8	1,29	0,49	6,62	0,0	6,8	6,29	0,0	0,0	0,34	0,0	0,347	0,0	-20,1	-23,	-43,	

ГЛА-16

N	TP	T	ПОЛОЖЕНИЕ ФР.: ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОСН.Т/П:			ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ			ОСЛАЖН:ПУЧЕН.:			ТЕПЛОПОТОКИ				
			ВНЕ ЗОНН Т/П	М/ЛЕТ:	СЕЗ.	РАЗР.:	С ПР.:	ОТ ТРУБЫ:	ОТ ПОВ-ТИ:	И	И	И	И	И		
1	EOB	EPB	ROH	ROP	RMB	RO	RP	YO	YR	MPH	QA	SGR	QSM			
11-25,1	14.8	1.27	0.63	6.64	2.8	0.8	6.31	0.8	0.8	0.31	0.3	3.348	0.8	-21,1	-25,1	-45,1
21-24,6	16.9	1.25	0.75	6.67	0.6	0.8	6.34	0.8	0.8	0.31	0.3	3.348	0.8	-23,1	-28,1	-51,1
31-18,6	19.3	1.23	0.63	6.69	0.8	0.8	6.36	0.8	0.8	0.31	0.3	3.358	0.8	-27,1	-32,1	-59,1
41-8,5	22.1	1.21	0.88	6.72	0.8	0.8	6.39	0.8	0.8	0.31	0.3	3.358	0.8	-32,1	-37,1	-59,1
51-1,8	23.5	0.03	0.8	6.75	0.8	0.8	6.42	0.8	0.8	0.31	0.32	3.353	0.8	-43,1	-39,1	-32,1
61-13,8	24.2	0.64	0.8	6.78	0.8	0.8	6.45	0.8	0.8	0.31	0.37	3.358	0.8	-58,1	-48,1	-38,1
71-18,9	21.8	1.02	0.8	6.81	0.8	0.8	6.47	0.8	0.8	0.3	0.3	3.356	0.8	-28,1	-35,1	-54,1
81-14,6	17.7	1.25	0.8	6.84	0.8	0.8	6.50	0.8	0.8	0.3	0.3	3.358	0.8	-23,1	-28,1	-51,1
91-6,3	16.2	1.35	0.9	6.86	0.8	0.8	6.52	0.8	0.8	0.3	0.3	3.359	0.8	-41,1	-26,1	-57,1
101-5,7	15.6	1.33	0.15	6.88	0.8	0.8	6.54	0.8	0.8	0.31	0.3	3.368	0.8	-33,1	-26,1	-39,1
111-19,3	12.9	1.31	0.34	6.89	0.8	0.8	6.55	0.8	0.8	0.31	0.3	3.368	0.8	-21,1	-21,1	-42,1
121-24,7	13.8	1.29	0.49	6.91	0.8	0.8	6.57	0.8	0.8	0.31	0.3	3.361	0.8	-26,1	-23,1	-43,1

Н	ТР	У	ПОЛОЖЕНИЕ ФР. ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОСН. Т/П:			ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ			ПОДАЧИ ПУСКЕВЫХ			ТЕРМОПОТОКИ					
			ВНЕ ЗОНЫ Т/П	ЧРЛЕНТ: СЕЗ.	РАЗР.: О ПР.:	ОТ ТРУБЫ:	ОТ ПОВ-ТИ:	С	С	С	С	С	С	С			
			ЕОР	ЕРВ	РОМ	РОВ	РНВ	РД	УД	УР	ЧРВ	ЧРД	ВА	ВСР	ВСД		
11-25,11	14,81	1,271	0,631	7,721	0,0	1	0,0	1	0,311	0,0	1	0,4031	0,0	1	-21,1	-03,1	-44,1
21-24,61	16,91	1,291	0,751	7,741	0,0	1	0,0	1	0,311	0,0	1	0,4031	0,0	1	-23,1	-07,1	-38,1
31-18,61	19,31	1,231	0,831	7,761	0,0	1	0,0	1	0,311	0,0	1	0,4031	0,0	1	-27,1	-08,1	-37,1
41-8,51	22,11	1,211	0,881	7,781	0,0	1	0,0	1	0,311	0,0	1	0,4031	0,0	1	-32,1	-03,1	-67,1
51-1,81	23,51	0,931	0,8	7,811	0,0	1	0,0	1	0,311	0,021	1	0,4031	0,0	1	-43,1	-07,1	-88,1
61-13,81	24,21	0,641	0,8	7,831	0,0	1	0,0	1	0,311	0,571	0,4031	0,0	1	-38,1	-08,1	-96,1	
71-16,91	21,81	1,021	0,8	7,861	0,0	1	0,0	1	0,311	0,0	1	0,4031	0,0	1	-28,1	-04,1	-62,1
81-14,61	17,71	1,291	0,8	7,881	0,0	1	0,0	1	0,311	0,0	1	0,4031	0,0	1	-23,1	-07,1	-38,1
91-6,31	16,21	1,351	0,8	7,901	0,0	1	0,0	1	0,311	0,0	1	0,4101	0,0	1	-41,1	-04,1	-65,1
101-5,71	15,61	1,331	0,151	7,911	0,0	1	0,0	1	0,311	0,0	1	0,4101	0,0	1	-33,1	-04,1	-58,1
111-19,31	12,91	1,311	0,341	7,931	0,0	1	0,0	1	0,311	0,0	1	0,4181	0,0	1	-21,1	-02,1	-41,1
121-24,71	13,81	1,291	0,491	7,941	0,0	1	0,0	1	0,311	0,0	1	0,4181	0,0	1	-28,1	-01,1	-48,1

FOR-21

N	T ₀	T	ПОЛОЖЕНИЕ ФР.: ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОДН.Т/Р:			ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ : ОСАДКИ; ПУСКИ:			ТЕПЛОПОТОКИ								
			ВНЕ ЗОНЫ Т/Р : Ч/ЛЕТ;	СЕЗ.: РАЗР.: С ПР.:	ОТ ТРУБЫ ОТ ПОВ-ТЫ :	ЧСАДКИ; ПУСКИ:	ПРУД.: ОА:	БГР.: ОСУЖ.:									
			EOR :	EPB :	RON :	ROB :	ROP :	RH8 :	R3 :	RP :	Y0 :	YR :	ЧРР :	НРУ:	ОА :	БГР :	ОСУЖ.:
11	-25,31	14,81	1,27	0,63	7,96	0,0	0,0	7,56	0,0	0,0	0,31	0,0	0,414	0,0	-21,1	-83,1	-44,1
21	-24,61	16,91	1,25	0,75	7,98	0,0	0,0	7,58	0,0	0,0	0,31	0,0	0,418	0,0	-23,1	-86,1	-56,1
31	-18,61	19,31	1,23	0,83	8,00	0,0	0,0	7,60	0,0	0,0	0,31	0,0	0,416	0,0	-27,1	-88,1	-57,1
41	-8,51	22,11	1,21	0,86	8,02	0,0	0,0	7,62	0,0	0,0	0,31	0,0	0,413	0,0	-32,1	-94,1	-66,1
51	1,81	23,51	0,83	0,9	8,05	0,0	0,0	7,65	0,0	0,0	0,31	0,0	0,418	0,0	-44,1	-96,1	-88,1
61	13,81	24,21	0,64	0,8	8,07	0,0	0,0	7,67	0,0	0,0	0,31	0,0	0,410	0,0	-36,1	-97,1	-95,1
71	18,91	21,81	1,02	0,7	8,09	0,0	0,0	7,69	0,0	0,0	0,31	0,0	0,420	0,0	-28,1	-93,1	-50,1
81	14,61	17,71	1,25	0,8	8,11	0,0	0,0	7,71	0,0	0,0	0,31	0,0	0,421	0,0	-23,1	-97,1	-58,1
91	6,31	16,21	1,35	0,0	8,13	0,0	0,0	7,72	0,0	0,0	0,31	0,0	0,420	0,0	-41,1	-24,1	-45,1
101	-5,71	15,61	1,35	0,15	8,15	0,0	0,0	7,74	0,0	0,0	0,31	0,0	0,423	0,0	-33,1	-84,1	-58,1
111	-19,31	12,91	1,31	0,34	8,16	0,0	0,0	7,75	0,0	0,0	0,31	0,0	0,424	0,0	-21,1	-88,1	-41,1
121	-24,71	13,81	1,29	0,49	8,17	0,0	0,0	7,77	0,0	0,0	0,31	0,0	0,426	0,0	-28,1	-21,1	-41,1

N	TP	1	ПОЛОЖЕНИЕ ФР. ПОДСЛУЖЕНЬЕ ФРОНТОВ В ОСН. ТУБ		ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ		ПОДАЧИ ПУЧЕЙ		ТЕРМОПОТОКИ										
			СВЧ	ВОЧ	СВЧ	ВОЧ	СВЧ	ВОЧ	СВЧ	ВОЧ									
1			EOA	EFS	SC	KOS	RCP	RK2	R3	RP									
1										YD									
										YF									
										MPK									
										WPJ									
										QA									
										GGR									
										ASJM									
11-23,1	14,6	1	1,27	2,63	8,84	2,8	0,8	8,48	2,2	0,2	0,31	0,2	2,458	2,2	0,2	-21,1	-22,1	-43,1	
21-24,6	14,9	1	1,75	3,75	8,86	3,2	0,8	8,41	2,2	0,2	0,31	0,2	2,458	2,2	0,2	-23,1	-25,1	-49,1	
31-18,6	19,3	1	1,03	0,93	0,87	1,0	0,8	8,43	0,8	0,8	0,31	0,3	2,459	0,8	0,8	-27,1	-29,1	-55,1	
41-8,5	22,1	1	0,01	0,88	0,89	0,8	0,8	8,45	0,2	0,2	0,31	0,2	2,468	0,8	0,8	-32,1	-33,1	-55,1	
51	1,8	23,5	1	0,03	2,1	8,92	2,8	0,8	8,47	0,8	0,2	0,31	0,2	2,462	0,2	0,2	-44,1	-35,1	-79,1
61	13,0	24,2	1	0,04	2,2	8,94	4,8	0,8	8,49	0,8	0,2	0,31	0,2	2,463	0,8	0,8	-58,1	-35,1	-94,1
71	18,9	21,6	1	1,92	8,2	8,96	2,8	0,8	8,51	0,2	0,2	0,2	0,2	2,464	0,8	0,8	-28,1	-32,1	-56,1
81	14,6	17,7	1	1,25	2,7	8,97	2,8	0,8	8,53	0,2	0,2	0,2	0,2	2,464	0,8	0,8	-23,1	-25,1	-49,1
91	6,5	16,2	1	1,35	2,1	8,99	2,8	0,8	8,54	0,2	0,2	0,2	0,2	2,465	0,8	0,8	-41,1	-23,1	-54,1
101	45,7	11,6	1	1,33	2,15	9,00	0,8	0,8	8,56	0,2	0,2	0,31	0,2	2,466	0,8	0,8	-34,1	-23,1	-57,1
111-19,3	12,9	1	1,31	2,34	9,02	1,0	0,8	8,57	0,2	0,2	0,31	0,2	2,467	0,8	0,8	-21,1	-19,1	-48,1	
121-24,7	13,8	1	1,29	2,49	9,23	1,2	0,2	8,58	0,2	0,2	0,31	0,2	2,467	0,8	0,8	-29,1	-21,1	-45,1	

N	TP	T	ПОЛОЖЕНИЕ ФР.			ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОСН. Т/П:			ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ			ОСАДКИ/ПУЧЕН.:			ТЕПЛОПОТОКИ		
			ВНЕ ЗОНЫ Т/П	М/ЛЕТ	СЕЗ.	РАЗР.	С ДР.	ОТ ТРУБЫ	ОТ ПОВ-ТИ	Y0	YD	MPN	MPJ	DA	BCR	BSJM	
11	-25,1	14,8	1,27	8,63	9,84	8,8	8,8	8,59	8,8	8,8	8,3	8,468	8,8	-21,1	-28,1	-43,1	
21	-24,6	16,9	1,25	8,75	9,86	8,8	8,8	8,61	8,8	8,8	8,3	8,469	8,8	-23,1	-28,1	-49,1	
31	-16,6	19,3	1,23	8,63	9,88	8,8	8,8	8,62	8,8	8,8	8,3	8,470	8,8	-27,1	-29,1	-56,1	
41	-8,5	22,1	1,21	8,86	9,18	8,8	8,8	8,64	8,8	8,8	8,3	8,471	8,8	-32,1	-33,1	-55,1	
51	1,8	23,5	8,83	8,2	9,12	8,8	8,8	8,66	8,8	8,8	8,3	8,472	8,8	-44,1	-35,1	-70,1	
61	13,8	24,2	8,64	8,8	9,14	8,8	8,8	8,68	8,8	8,8	8,3	8,473	8,8	-38,1	-36,1	-94,1	
71	18,9	21,8	1,02	8,8	9,16	8,8	8,8	8,70	8,8	8,8	8,3	8,474	8,8	-28,1	-32,1	-66,1	
81	14,6	17,7	1,25	8,6	9,17	8,8	8,8	8,72	8,8	8,8	8,3	8,474	8,8	-23,1	-26,1	-49,1	
91	6,3	16,2	1,33	8,8	9,19	8,8	8,8	8,73	8,8	8,8	8,3	8,475	8,8	-41,1	-23,1	-56,1	
101	-5,7	15,6	1,33	8,15	9,28	8,8	8,8	8,75	8,8	8,8	8,3	8,476	8,8	-34,1	-23,1	-57,1	
111	-19,3	12,9	1,31	8,34	9,22	8,8	8,8	8,76	8,8	8,8	8,3	8,477	8,8	-21,1	-19,1	-48,1	
121	-24,7	13,8	1,29	8,49	9,23	8,8	8,8	8,77	8,8	8,8	8,3	8,478	8,8	-26,1	-28,1	-41,1	

ГОД-30

N	TP	ПОЛОЖЕНИЕ ФР.: ПОСЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОСН. Т/П:				ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ				ОСАДКИ/ПУДЬЕЧ.:				ТЕПЛОПОТОКИ			
		ВНЕ ЗОНЫ Т/П	%/ЛЕТ:	СЕЗ.	РАЗР.:	С ПР.:	ОТ ТРУБЫ:	ОТ ПОВ-ТАК:	И	И	И	И	И	И	И	И	И
		ECB	EPB	ROM	ROS	ROP	RH8	R9	RP	Y0	Y2	MPA	MPJ	SA	SGR	Q5JH	
11	-25,1	14,8	1,27	2,63	9,81	8,8	8,8	9,32	8,8	8,8	8,3	8,7	2,886	0,0	-21,1	-21,1	-43,1
21	-24,6	16,9	1,25	2,75	9,82	8,8	8,8	9,33	8,8	8,8	8,3	8,8	2,887	0,0	-23,1	-24,1	-48,1
31	-18,6	19,3	1,23	0,83	9,84	8,8	8,8	9,35	8,8	8,8	8,3	8,7	2,888	0,0	-27,1	-28,1	-55,1
41	-8,5	22,1	1,21	0,88	9,85	8,8	8,8	9,36	8,8	8,8	8,3	8,8	2,889	0,0	-32,1	-32,1	-64,1
51	1,8	23,5	0,83	0,0	9,87	8,8	8,8	9,38	8,8	8,8	8,3	8,72	2,890	0,0	-44,1	-34,1	-78,1
61	13,8	24,2	0,64	0,0	9,89	8,8	8,8	9,42	8,8	8,8	8,3	8,57	2,891	0,0	-58,1	-35,1	-93,1
71	18,9	21,8	1,02	0,8	9,91	8,8	8,8	9,42	8,8	8,8	8,3	8,8	2,892	0,0	-28,1	-31,1	-58,1
81	14,6	17,7	1,25	2,0	9,93	8,8	8,8	9,43	8,8	8,8	8,3	8,8	2,893	0,0	-23,1	-25,1	-48,1
91	6,3	16,2	1,35	0,0	9,94	8,8	8,8	9,44	8,8	8,8	8,3	8,8	2,894	0,0	-41,1	-23,1	-63,1
101	-5,7	15,6	1,33	0,15	9,95	8,8	8,8	9,46	8,8	8,8	8,3	8,8	2,895	0,0	-34,1	-22,1	-56,1
111	-19,3	12,9	1,31	0,34	9,96	8,8	8,8	9,47	8,8	8,8	8,3	8,8	2,896	0,0	-21,1	-19,1	-48,1
121	-24,7	13,8	1,29	0,49	9,97	8,8	8,8	9,48	8,8	8,8	8,3	8,8	2,897	0,0	-28,1	-28,1	-48,1

TOP-33

THE PAPERS

N	TP	T	ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОСН. Т/П:			ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ			ОСОБАКИ ПУЧЕК:			ТЕПЛОПОТОКИ					
			ВНЕ ЗОНЫ Т/П	ЧУДЕТ: СЕЗ.	РАЗР.: С ПР.	ОТ ТРУБЫ	ОТ ПСВ-Т/П	ОТ	ЧУДЕТ: СЕЗ.	РАЗР.: С ПР.	ОТ ТРУБЫ	ОТ ПСВ-Т/П	ОТ	ЧУДЕТ: СЕЗ.	РАЗР.: С ПР.	ОТ ТРУБЫ	
			ЕОН	ЕРВ	БСМ	РДС	РДР	РМС	РД	РР	ЧС	ЧР	ЧРН	ЧРД	ЧРД		
11	-25.1	14.6	1.27	0.63	12.33	2.0	0.0	9.82	0.0	0.0	0.31	0.2	3.532	0.0	-21.1	-21.1	-42.
21	-24.6	15.9	1.25	0.75	10.35	2.0	0.0	9.83	0.0	0.0	0.31	0.2	2.953	0.0	-23.1	-24.1	-47.
31	-18.6	19.3	1.23	0.83	18.36	0.0	0.0	9.85	0.0	0.0	0.31	0.2	2.834	0.0	-27.1	-27.1	-54.
41	-8.5	22.1	1.21	2.88	12.38	2.0	0.0	9.86	0.0	0.0	0.31	0.2	0.836	0.0	-32.1	-31.1	-63.
51	1.8	23.5	0.83	0.0	18.40	0.0	0.0	9.88	0.0	0.0	0.31	0.2	2.356	0.0	-44.1	-33.1	-78.
61	13.0	24.2	0.64	0.0	18.42	0.0	0.0	9.90	0.0	0.0	0.31	0.57	0.336	0.0	-58.1	-34.1	-73.
71	18.9	21.8	1.02	0.2	18.43	0.0	0.0	9.91	0.0	0.0	0.31	0.2	2.937	0.0	-28.1	-31.1	-59.
81	-4.6	17.7	1.25	0.7	18.45	2.0	0.0	9.92	0.0	0.0	0.31	0.2	3.338	0.0	-23.1	-23.1	48.
91	6.3	16.2	1.35	0.0	18.46	0.0	0.0	9.94	0.0	0.0	0.31	0.2	2.839	0.0	-41.1	-22.1	-63.
101	-5.7	15.6	1.33	0.15	18.47	2.0	0.0	9.95	0.0	0.0	0.31	0.2	2.839	0.0	-34.1	-22.1	-56.
111	-19.3	12.9	1.31	0.34	18.48	0.0	0.0	9.96	0.0	0.0	0.31	0.2	2.848	0.0	-21.1	-13.1	-39.
121	-24.7	13.8	1.29	0.49	18.49	0.0	0.0	9.97	0.0	0.0	0.31	0.2	2.848	0.0	-20.1	-20.1	-49.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

81.03.85 ВНИПИГАЗДОВИЧА-ВНИИОТ, 1985ГДА. лист

```

0        !РАСЧЕТ ЧЕРНОГОВЫХ ПРОГНОЗОВ ПРОГРЕССИИ
C        !ОТ ДНЕВНОЙ ПОВЕРХНИИ ПРИ НАЛИЧИИ И В СОСТОЯНИИ Ч/П
C        !ВВЕРХ И ВНИЗ ОТ Ч/П -FRONT
COMMON /GLAD1/ R01,AD,AL0,A1,AL1,TRN,TF,TH,TER,
*КАРАН,ОН,ОЗ,Л12,НН,ОНЕС
*,T1,HT
COMMON /GLAD2/JTT,HD,L,ЕН,НН,О12,AT,IT1,I2,
=LTB,LTH,LMB,LNN,ATE,ATH,АНН,ОФ,ВРН,
*ВСР,ЕОВ1,ЕРВ1,ЕРН1,УО1,ТР1,Р01,РР1,Р0М1,Р031,Р0Р1,Р0РН1
*,СРР,СРУ
COMMON /GLAD3/T(12),T9(12),ALFAF(18),ALF2R(12),
*КАР1(12),Р01(12),ЛВ(12)
*,ALF2B(12),TH1(7),S2
COMMON /GLAD4/ JT
COMMON /GLAC3/ЕРР,ЛТВ,Р08,ИТ,ЯКТ
DIMENSION НТН(12),НСР(12)
DIMENSION УАН1(12),УАН2(12),УСРН1(12),УСРН2(12)
DIMENSION ТР(12),ЕРВ(12),ВРН(12),ЕОВ(12),
*Р01(12),РН(12),УО(12),ТР(12)
*,Р03(12),Р0Р1(12),НН(12),ВРН(12)
REAL Л12,LTB,LTH,LMB,LNN,ЛЕ,КАРАН
WRITE(3,18)
18 FORMAT(10X,'РАСЧЕТ ДИНАМИКИ',
*ТЕПЛОВОГО РОДИВЕХАНИЧЕСКОГО',
*//10X,'ВЗАИМОДЕЯНИЯ ЧАСТИЦ ТРУБОПРОДУКТОВ',
*С ГРУНТАМИ',10X,'ВНИПИГАЗДОВИЧА',
*ВНИИОТ')
NBAR=0
92 NBAR=NBAR+1
WRITE(3,93)NBAR
93 FORMAT(10X,'Н ВАРИАНТА',6I8)
CALL ВСУД
DD=0.4
EPS=1.Е-9
JTER
IF(L12.LT.0.0001)L12=0.03
IPU=0
IMH=0
ICS=0
KPU=0
KPR=0
HPR=0,
HPU=0,
HPR1=0,
HPU1=0,
DD=45 N=1,12
ALF2BN=ALF2B(N),
I=(ALF2BN,LT,0.0001)ALF2B(N)/10,
RSH(N)=DH/2,
HTN(N)=HT

```

```

45 CONTINUE
IF(1BCP,NE,2)GO TO 94
C      ОТСУСТВУЮТ ВСПОМОГ.ПАРАМЕТРЫ
E081=1,
EPB1=0,
EPH1=0,
Y01=0,
YP1=0,
R01=0,
RPI=0,
ROM1=0,
ROS1=0,
ROP1=0,
ROPH1=0.

```

01.03.85 ВНИПИ ГАЗДОБЫЧА-ВНИИСТ, 1985 ГОД. ЛИСТ 2

```

94 JT=JT+1
DO 138 N=1,12
T(N)=TH1(ITT1,N)
IF(JT,LE,1)TT1=T(N)=TH1(UT,N)
138 CONTINUE
C      БЛОК РАСЧЕТА ОТ ПОВЕРХНОСТИ БЕЗ ТРУБ -BLOCK1
C      IP=СОСТОЯНИЕ ФАЗЫ1-ОБРАЗОВАНИЕ12-РАЗРУШЕНИЕ;
C      3-ОТСУСТВУЕТ
DO 85 N=1,12
IF(IZ,EQ,1)DH=00+2,*01Z
IF(IZ,EQ,2)DH=00
PU=0.
RSMN=RSM(N)
H0=ABS(HT+DH+0.5)
TPN=TB(N)+(RD(N)-LE(N))/ALFAP(N)*13.7
TP(N)=TPN
KAPAN=KAPA(N)
TBN=TB(N)
TN=TT(N)
ITR=1
IF(TN,LT,0.)ITN=-1
ALF2BN=ALF2B(N)
QFB=QFB
ILEN=1
IF(N,EQ,1)IL=12
ITP=1
IF(TPN,LT,0.)ITPN=1
ICR=1
IF(TGR,LT,0.)ICR=-1
AL0=ALT
AL0=ALT
31 CONTINUE
ALN=LMB
ANF=ANB
IF(TGR,LE,TF)GO TO 21
ALN=LTB
ANF=ATB
21 CONTINUE
C      АНАЛИЗ ИСХДАНОГО СОСТОЯНИЯ
IF(N,NE,1,CR,JT,NE,1)GO TO 5
EPB(1)=EP31

```

```

      ECB(IL)=E031
      IPP=3
      IF(EPB1.GT.EPS)GO TO 6
      IF(EOF1.GT.EPS)IPP=1
      EPH(IL)=8.
      GO TO 3
6     IPP=2
      EPH(IL)=E031
5     CONTINUE
C     КОНФУЗ ПУЧЕНИЯ
      IF(KPU.EQ.2)GO TO 39
C     КОРРЕКЦИЯ ЧТ С /ЧЕТОМ ПУЧЕНИЯ
      IF( (TR(IL).LT.0.) .AND. (TR(N).GT.0.))GO TO 9
      GO TO 39
9     NTINJE
      V(4)=SIGN(N)+HPU
      HPU=0.
      HPU1=0.
      HPU2=0.
39     CONTINUE
      IF( (TR.LT.TCR) )GO TO 32
C     РАЗРУШЕНИЕ ОТ ПОВЕРХНОСТИ БЕЗ Т/П    EPB,EPH
C     SIGN(TR)=SIGN(TCR)
      T1=TF

```

81, #3, 85 ВНИПИ ГАЗДОБЫЧА-ФИНИСТ, 1985 ГОД. Лист 3

```

      IF( (ABS(TF-TRN).LT.0.01) )GO TO 35
      IF(IPP.NE.3)GO TO 34
35     EPB(N)=2.
      EPH(N)=2.
      ECB(N)=2.
      EPBN=EPB(N)
      ECBN=ECB(N)
      EPHN=EPH(N)
      GO TO 3
34     CONTINUE
      IF(IPP.NE.2)GO TO 36
      XB1=EPB(IL)
      XH1=EPH(IL)
36     CONTINUE
      IF(IPP.NE.1)GO TO 37
      XB1=3.
      XH1=ECB(IL)
      IPP=2
37     CONTINUE
      I=2-FRB, I=2-FR11, I=4-FR12
      XB2=FRX(XB1,1)
      DELT=54.*A_N*ABS(TF-TCR)/JSORT(3,14159*AN)*8FB)
      XH2=XH1
      IF( (XH2.GT.EPS) )XH2=XM1-DELT
      EPB(N)=XB2
      EPH(N)=XH2
      ECBN=XH2
      ECB(N)=XH2
      EPBN=EPB(N)
      EPHN=EPH(N)

```

```

IF(EPB(N).LT.EPH(N))GO TO 38
EOB(N)=2.
EPB(N)=2.
EPH(N)=2.
IPB=3
38 CONTINUE
GO TO 3
32 CONTINUE
C ОБРАЗОВАНИЯ ОТ ПОВЕРХНОСТИ EOB
C SIGN(TPN)=SIGN(TGR)
T1=TGR
X1=2.
IF(IPB.EQ.1)X1=EOB(IL)
IPB=1
EPB(N)=0.
EPH(N)=0.
EPBN=EPB(N)
EPHN=EPH(N)
IF(ABS(TP-TPN).GT.0.01)GO TO 41
EOB(N)=EOB(IL)
EOBN=EOB(N)
GO TO 3
41 EOB(N)=BFX(X1,1)
EOBN=EOB(N)
3 CONTINUE
C КОНЕЦ БЛОКА РАСЧЕТОВ ОТ ПОВ-ТИ БЕЗ Т/Р
BLOCK2=РАСЧЕТ ОРЕОЛС НАД ТРУБОПРОВОДАМ
C IP1=1-ПАЗОВЫЕ ПРОЦЕССЫ;1-ОБРАЗОВАНИЕ;2-РАЗРУШ.;3-ОТСУТ.
C УД.УР-ОРЕОЛЫ ОБРАЗ.РАЗРУШ.СТ ПОС-ТИ;RO,RP-ОТ Т/Р ВВЕРХ
ROB=DH/2,
ALOB=ALO
IF(N.NE.1,OR,IT.NE.1)GO TO 44
RO(IL)=RO1+DH/2,
RP(IL)=RP1+DH/2,
81,23.85      ВНАЛПИГАЗДОБЫЧА-ВЧНИСТ,1985ГСА.      ЛИСТ      4

```

```

Y0(IL)=Y01
YR(IL)=YR1
IPB=3
ITB=3
IF(RO1.GT.DH*0.5)ITB#1
IF(Y01.GT.0.)IPB#1
IF(RP1.GT.DH*0.5)ITB#2
IF(YR1.GT.0.)IPB#2
44 CONTINUE
IF(XD.EQ.3)GO TO 54
IF(ITP.NE.ITN)GO TO 95
IF(L.NE.ITN)GO TO 57
C SIGN(TN)=SIGN(IL)=SIGN(TP)§1 ВАРИАНТ НАД Т/Р
Y0(N)=Y0(IL)
YR(N)=YR(IL)
YD(N)=YD(IL)
YDN=YD(N)
YRN=YR(N)
IF(IPB.EQ.3)GO TO 47
C РАЗРУШЕНИЯ ОТ ПОС-ТИ УР

```

```

EY1=YP(1L)
IPB=2
YB(N)=BFX(EY1,5)
YPN=YP(N)
IF(YB(N).GE.YP(N))GO TO 42
IPB=3
YD(N)=0.
YP(N)=0.
47 CONTINUE
C      ПАСПУЩЕНИЯ ОТ ТРУБЫ RP
RO(N)=RO(1L)
RP(N)=RP(1L)
RONN=RO(N)
RPN=RP(N)
IF(JTB.EQ.3)GO TO 43
RR1=RP(1L)
IF(JTB.EQ.1)RR1=DH*9.5
ITB=2
RP(N)=BFX(RR1,6)
RPN=RP(N)
IF(RP(N).LT.RO(N))GO TO 45
ITB=3
RP(N)=DH*9.5
RO(N)=DH*9.5
RPN=RP(N)
RONN=RO(N)
48 CONTINUE
GO TO 34
57 CONTINUE
C      SIGN(TN)=SIGN(TPN)*SIGN(L)-2 ВАРИАНТ НАД Т/Р
C      ОЗРАЗОВАНИЯ ОТ ТРУБЫ RO И ПОВЕРХНОСТИ YD
YP(N)=0.
RP(N)=DH/2.
RR1=DH/2.
IF(JTB.EQ.1)RR1=RO(1L)
ITB=1
RO(N)=BFX(RR1,6)
YP(N)=0.
RR1=0.
IF(IPB.EQ.1)RR1=YD(1L)
IPB=1
YD(N)=BFX(RR1,5)
RPN=RP(N)
YPN=YP(N)

```

81.03.85 ВНИИПГР ЗАДОВИЧА-ВНИИСТУ/СОБГСД, АМСТ 5

```

RONN=RO(N)
YDN=YD(N)
IF(RO(N)>YD(N),LT,ABS(MT))GO TO 42
L=L_
IPB=3
ITB=3
IF(L.EQ.1)GO TO 38
C      НАЧАЛО ПУЧЕНИЯ
IPB=1

```

```

PUP=(ABS(HT)-RC(IL)-YC(IL))/(YC(N)-YC(IL))
IF(1BCP,NE,1)GO TO 38
IF(N,NE,1,OR,GT,NE,1) GO TO 38
IF(RO(IL)+YC(IL),GT,ABSTHT)IPU=2,
38 CONTINUE
RO(N)=DH/2.
YC(N)=0.
RONN=RO(N)
YON=YC(N)
42 CONTINUE
GO TO 54
95 CONTINUE
1TR=1TN
IF(IL,NE,1TN)GO TO 52
3 ВАРИАНТ:SIGN(TP)=SIGN(TN)+$IGN(TL)
YP(N)=3,
RO(N)=DH/2,
YPN=YP(N)
RONN=RO(N)
IF(1TB,NE,3)GO TO 7
C ОДНОСТОРОЧИЕ ОБРАЗОВАНИЕ ОТ ПОС-TH YO
RP(N)=DH/2,
RPN=DH/2,
IPB=1,
X1=0,
IF(KAPAN,LT,0.001)X1=0.001
XX=BFX(X1,3)
YC(N)=XX
IF(YO(N),LT,ABS(HT)-DH/2,1GO TO 89
L=L
YC(N)=0,
IPB=3
C НАЧАЛО ПУЧЕНИЯ
IF(L,EQ,1)GO TO 89
IF(KPU,EQ,1)GO TO 89
KPU=1
PUP=(ABS(HT)-RC(IL)-YC(IL))/(YC(N)-YC(IL))
IF(1BCP,NE,1)GO TO 89
IF(N,NE,1,OR,GT,NE,1)GO TO 89
IF(RO(IL)+YC(IL),GT,ABSTHT)IPU=2,
89 CONTINUE
YON=YC(N)
GO TO 54
7 CONTINUE
C ОБРАЗОВАНИЕ ОТ ПОС-TH YO И РАСПРОШЕНИЕ ОТ ТРУШ RP
RR2=DH/2,
IF(1TB,EQ,2)RP2=RP(IL)
1TB=2
RP(N)=BFX(RR2,6)
RPN=RP(N)
RR1=0,
IF(1PB,EQ,1)RR1=YO(IL)
IPB=1
YC(N)=BFX(RR1,5)
YON=YC(N)

```

```

52 CONTINUE
C   4 ВАРКАНТ: SIGN(TH)=SIGN(L)*SIGN(TH)
C   IF(IPB.NE.3) GO TO 53
C   ОДНОСТОРОННЕЕ ОБРАЗСВАНИЕ РО
C   RP(N)=DH/2,
C   ITB=1
C   YG(N)=0,
C   RPNEP(R)
C   YON=YC(1)
C   YP(N)=0,
C   YPN=YP(1)
C   T1=TPN
C   X1=DH/2,
C   IF(KAPAN.LT.0.001) X1=0.001*DH/2,
C   XXX=FX(X1,4)
C   RO(N)=XX
C   RONN=RO(N)
C   IF(IRONN.LT.ABS(HT)) GO TO 88
C   L=-L
C   НАЧАЛО ПУЧЕНИЯ
C   IF(TH.GT.0.001) GO TO 22
C   IF(KPU.EQ.1) GO TO 22
C   KPU=1
C   PUN=(ABS(HT)-RC(IL)-YD(IL))/(YD(N)*YD(IL))
C   IF(1BCP.NE.1) GO TO 22
C   IF(N.NE.1.OR.JT.NE.1) GO TO 22
C   IF(RO(IL)+YD(IL).GT.ABS(HT)) PUN=0,
22 CONTINUE
C   RO(N)=DH/2,
C   RONN=RO(N)
C   ITB=3
88 CONTINUE
C   GO TO 54
53 CONTINUE
C   НАЧАЛО ИЛИ ПРОДОЛЖЕНИЕ РАЗРУШЕНИЯ СТ ПОВ-ТИ УР
C   И ОБРАЗСВАНИЕ ОТ ТРУБЫ РО
C   IPB=2
C   RP(N)=DH/2,
C   EY1=YP(IL)
C   YP(N)=BFX(EY1,5)
C   YO(N)=YC(IL)
C   YPN=YP(N)
C   YON=YC(N)
C   IF(YO(N)+RO(N)-DH>0.5.LT,HO) GO TO 55
C   НАЧАЛО ПУЧЕНИЯ
C   L=-L
C   IF(L.EQ.1) GO TO 23
C   IF(KPU.EQ.1) GO TO 23
C   KPU=1
C   PUN=(ABS(HT)-RC(IL)-YD(IL))/(YD(N)*YD(IL))
C   IF(1BCP.NE.1) GO TO 23
C   IF(N.NE.1.OR.JT.NE.1) GO TO 23
C   IF(RO(IL)+YD(IL).GT.ABS(HT)) PUN=0,

```

```

23 CONTINUE
  Y0(N)=YP(N)
  YP(N)=0.
  R0(N)=DH=0.5
  RP(N)=DH=0.5
  ITB=3
  IPB=3
  GO TO 54
55 IF(YP(N).LT.Y0(N))GO TO 54
  IPB=3
  Y0(N)=0.

```

01.03.85 ВИАПИГАЗДОБННА-ВНИИСТ, 1985ГД. ЛИСТ 7

```

  YP(N)=0.
54 CONTINUE
  IF(KD.NE.3)GO TO 24
  C НАЗЕМНАЯ ОТКРЫТАЯ
  R0(N)=DH=0.5
  RP(N)=DH=0.5
  Y0(N)=0.
  YP(N)=0.
  R0N=R0(N)
  RPN=RP(N)
  Y0N=Y0(N)
  Y0N=YP(N)
  IPB=3
  ITB=3
  IF(ITN.EQ.1)GO TO 25
  GO TO 24
25 CONTINUE
  C НАЧАЛО ПУЧЕНИЯ
  KPU=1
  PPU=1.
  24 CONTINUE
  ВЫЧИСЛЕНИЕ ПУЧЕНИЯ
  IF(KPU.EQ.8)GO TO 48
  HPU=CPU+(ECB(N)-EOR(IL))+ABS(1,-PU)
  IF(IL1.EQ.2)HPU=HPU1=CPU+IEPB(N)-EPS(IL)+ABS(1,-PU)
  IF(HPU.LT.0.)HPU=0.
  HPU1=HPU
  PPU=1.
  HIN(4)=HPU
  IPU=IPU+1
  GO TO 36
48 CONTINUE
  IF(IPU.GT.8)HYN(N)=HYN(IL)
  56 CON IN'Е
  C КОНКЕ БЛОКА - АЛ Т/П - BLOCK 2
  IF(ITB.EQ.1)RCB=RO(N)
  IF(ITB.EQ.2)RCB=RP(N)
  C БЛОК РАСЧЕТА ПОД УРУБОПРОВОДОМ BLOCK3
  IF(IZ.EQ.2)D0=2.*DIZ
  ALN=LT4
  AN=ATH
  QFBQFH
  IF(ITB.GT.8.)GO TO 56

```

```

ALNLMH
ANRAAH
16 CONTINUE
1TYPE=1
1C((TPA,LT,3,))ITP=1
1GCR=1
1F((TGR,LT,3,))1GCR=-1
БЫЧИСЛЕНИЕ СРЕДНЯХ ПОД Т/Д
RRECH=0,5
1F((N,GT,1,0R,GT,ST,))GO TO 66
RDS(IL)=RCS1+RR
RDP(IL)=RCP1+RR
RCM(IL)=RCM1+RR
RCPH(IL)=RR,
JAKTER
1TER
1F((ABS(RDS(IL)-RR),LE,0.001)GO TO 67
JAKT=1
1TE=1+1
1F((BS(POP(IL)-RR),LE,0.001)GO TO 68
JAKT=2

```

81.1 .85 ВНИПИГАЗДОБЫЧА-ВНИИСТ, 1985ГСА. ПЛСТ 8
 ROPH(IL)=ROSIL(IL)
 ITPLT4:
 IF (ABS(ROM(IL)-RR),LE.0.001) GO TO 69
 JAKTE3
 ITPLT4:
 GO TO 69
 CONTINUE
 ITPLT4:
 IF (ABS(ROM(IL)-RR),GT.0.001) ITPLT4:
 IF (ABS(ROP(IL)-RR),GT.0.001) ITPLT4:
 IF (ABS(ROS(IL)-RR),GT.0.001) ITPLT4:
 CONTINUE
 C C ITЧИСЛО ВЕДОТСВ
 JAKT-КОД ПРОЦЕССА, В-ОТСУТСТВИЕ 1-СЕЗОННЫЕ, 2-РАЗРУЛЕНИЯ,
 МНОГОЛЕТНИЕ ОСРАЗОВАНИЯ-3
 IF (ICP,1,EXIT4) GO TO 75
 C C РАЗРУЛЕНИЕ ОТ ТРУБЫ БИС ROP 4
 РАЗРУЛЕНИЕ СНIZУ ROPH ОТ ROSMAX
 IF (ITPLT4,NE.8) GO TO 76
 ROM(N)=ERR
 ROS(N)=ERR
 ROP(N)=ERR
 ROPH(N)=8
 ROM=ROH(N)
 ROS=ROS(N)
 ROP=ROP(N)
 ..-ENERPONIN)
 RCP=2.
 RAFF.
 GS,HEB.
 GO TO 26
 74 CONTINUE

```

IF(JAKT,NE,3)GO TO 115
IF(IT,NE,3)GO TO 119
ROM(N)=ROM(IL)
ROS(N)=ERR
RCR(N)=ERR
ROPH(N)=8.
IT#1
GO TO 128
119 CONTINUE
ROM(N)=ROM(IL)-54,=ALN=ABS(ITF-TCR)/(SQRT(3,14159*AN)*8FH)
IT#2
ROP(N)=ROP(IL)
ROPH(N)=8.
RON=ROS(IL)
ASSIGN 116 TO M
GO TO 82
116 ROS(N)=RON1
120 POSN=ROS(M)
ROMN=ROM(N)
ROPN=ROP(N)
ROPN=ROPH(N)
IF(ROS(N)<LT,ROM(N))GO TO 121
JAKT#2
ITEM
POS(N)=ERR
ROM(N)=PR
ROP(N)=ERR
121 CONTINUE
GO TO 15
115 CONTINUE
IF(IT,LE,2)GO TO 73
ROP(IL)=ROS(IL)

```

31.03.85 ВИАПИГАЗДОБЧА-ВИИСТ. 1985ГДА. АИСТ 9

```

ROS(IL)=ROM(IL)
ROM(N)=DH#3,5
ROPH(IL)=ROS(IL)
JAKT#2
ICH#3
IT#2
73 IF(JAKT,LE,2)GO TO 78
ICH#2
ROM(N)=ROM(IL)
ROMN=ROS(IL)
RON=RR
GO TO 71
71 ICH=ICH+1
ROM=ROP(IL)
RON=ROPH(IL)
72 JAKT#2
ROPH(N)=ROPH-5#,=ALN=ABS(ITF-TCR)/SQRT(3,14159*AN)*8FH
ROS(N)=ROP4,N
ROM(N)=ROM(IL)
ASSIGN 122 TO M
GO TO 82
122 ROP(N)=RON1

```

```

ROS(N)=ROS(N)
ROP(N)=ROP(N)
ROM(N)=ROM(N)
ROP=N=RCPH(N)
IF(ROP(N).LT.ROPH(N))GO TO 15
ROS(N)=RR
ROP(N)=RR
ROM(N)=RR
IT=8
JAKT=8
ICH=2
ROP(N)=RR
ROPH(N)=RR
IF(LH.NE.ITN/LH=LH
GO TO 15
75 CONTINUE
C BAPNANT SIGN(TGR)=SIGN(TH)
ROS(N)=ROS(IL)
ROM(N)=ROM(IL)
ROP(N)=ROP(IL)
ROPH(N)=8,
ROS=ROS(N)
ROM=ROM(N)
ROP=ROP(N)
ROP=N=RCPH(N)
IF(JAKT.NE.3)GO TO 117
IF(IT.EQ.1)GO TO 81
ROM=RR
IF(IT.EQ.2)ROM=ROP(IL)
ASSIGN 118 TO M
GO TO 82
118 ROP(N)=ROM1
ROS(N)=ROS(IL)
ROM(N)=ROM(IL)
ROP=ROP(N)
ROS=ROS(N)
ROM=ROM(N)
ROP=N=8,
ROPH=N=RCPH(N)
IF(ROSH.GT.ROPH)GO TO 15
IT=1
ROP(N)=RR

```

21.23.85 ВИДАЧА СОСРЕДОЧНО-ВИНИСТ-1985ГДА. ЛИСТ 18

```

ROS(N)=RR
GO TO 15
117 CONTINUE
IF(IT.NE.3)GO TO 76
JAKT=1
IT=1
ROM=DH*0.5
ASSIGN 77 TO M
GO TO 89
77 ROS(N)=ROM1
ROM(N)=DH*3.5
ROP(N)=DH*3.5

```

```

      ROPH(N)=0.
      ROSN=ROS(N)
      ROMN=ROM(N)
      ROPN=ROP(N)
      ROPHN=RCPH(N)
      GO TO 15
76  CONTINUE
      IF( (IT,EQ,3) GO TO 84
      IF( (IT,EQ,1) GO TO 78
      ROM(IL)=ROS(N)
      RPN=RP(N)
      ROM(N)=ROS(N)
      ROS(N)=ROP(N)
      ROPH(N)=DH/2.
      LHL=LH
84  CONTINUE
      JAKT=2
      IT=3
      ROM=ROP(IL)
      ASSIGN 79 TO M
      GO TO 86
79  ROP(N)=RON1
      ROMN=ROM(N)
      ROSN=ROS(N)
      ROPN=ROP(N)
      ROPHN=RCPH(N)
      IF( ROP(N),LT,ROS(N)) GO TO 15
      IT=1
      JAKT=3
      ROP(N)=DH*9.5
      ROS(N)=DH*2.5
      ROPH(N)=DH*8.5
      GO TO 15
78  IF( (JAKT,EQ,3) GO TO 81
      C      ПРОДОЛЖЕНИЕ СЕЗОННЫХ ОБРАЗОВАНИЯ JAKT=1
      - RON=ROS(IL)
      JAKT=1
      IT=1
      ASSIGN 82 TO M
      GO TO 82
82  ROS(N)=RON1
      ROM(N)=ROM(IL)
      ROP(N)=ROP(IL)
      ROPH(N)=RCPH(IL)
      ROSN=ROS(N)
      ROMN=ROM(N)
      ROPN=ROP(N)
      ROPHN=RCPH(N)
      GO TO 15
81  CONTINUE
      C      ПРОДОЛЖЕНИЕ НИССОЛЯРНЫХ ОБРАЗОВАНИЯ
      JAKT=3
81,83,d5      ВНЕГИР 4.6.ЧИ-ЕННИСТ-1983г.н.   Г.С
      RON=ROM(IL)
      ASSIGN 83 TO M

```

```

60 TO 82
63 ROM(N)=RON1
ROS(N)=RR
RCR(N)=RR
ROPH(N)=R.
ROS=ROS(N)
ROM=ROM(N)
ROPN=ROP(N)
ROPH=ROPH(N)
GO TO 15
C КОНЕЦ БЛОКА 3
C БЛОК РАСЧЕТА ОРЕСЛОВ ДЛЯ ВСЕХ ВИДОВ ПРОКЛАДКИ ПСД Т/Р
84 CONTINUE
R=0.4*0.5
R1=HT/R+1
R2=1.-3.6*(HT+R)/(HN+RH)
R3=1.-3.4*R1
D=RON-R
XH1=RON
IF(KD.EQ.3.AND.HT.GT.-R)XH1=R4/R3+R
IF(KD.NE.2)GO TO 11
IF(HT.GT.HN+0.5)XH1F=(RON-E.3+R)/E.7
IF(HT.GT.-R.AND.HT.LE.HN+0.5)XH1=R4/R2+R
11 XH1=XH1-EPS
RON1=RON
R=ALN*ABS(TF-TN)
IF(ABS(R).GE.0.001)RON1=BF1(XH1)
Z=RON1
IF(KD.EQ.3.AND.HT.GT.-R)RON1=(Z-R)*R3+R
IF(KD.NE.2)GO TO 12
IF(HT.GT.HN+0.5)RON1=(Z-R)*E.7+R
IF(HT.GT.-R.AND.HT.LE.HN+0.5)RON1=(Z-R)*R2+R
12 CONTINUE
GO TO M-(72,77,79,82,83,136,118,58,64)
C ПАЧЕТ 4 И 8
15 Z=TC(N)
IF(SIGN(1.,TB(N)),E0,SIGN(1.,T(N)))Z=YP(N)
C ПАЧЕТ ОСАДОК
IF(1TN.EQ.-1)GO TO 61
IF(1CR.EQ.1)GO TO 61
IPR=1
C ПРОТАИВАНИЕ
IF(JAKT.NE.1)GO TO 48
C ОСОДОЧНОЕ ПРОТАИВАНИЕ
IC5=1
DELTH=ROS(N)-ROS(IL)
RON=ROS(IL)*(1.-CPR)+E.5*D=CPR
HT1=HT
HT=HTN(IL)
ASSIGN 58 TO M
GO TO 82
58 RSH(N)=RON1
HT=HT1
48 IF(JAKT.NE.3)GO TO 59
C МНОГОЧЕТНЫЕ СЕРАВСВАНИЯ
1MM=1
DELTH=ROM(N)-ROM(IL)

```

```

RON=ROM(IL)*(1,-CPR)+0.5*D=CPR
HT1=HT
HT=HTN(IL)
ASSIGN 64 TO H
GO TO 69

```

81,83,85 ВНИПИГАЗДОВИЧА-ВНИИСТ, 1985 ГОД. ЛИСТ 12

```

64 RSH(N)=RON1
HT=HT1
59 CONTINUE
HPR=HPR1+DELT*CPR
HPR1=HPR
HTN(N)=HTN(N)-HPR
GO TO 49
61 CONTINUE
C АНАЛИЗ НА КОНЕЦ ОСАДОК
IF(IPR.EQ.8)GO TO 87
IPR=8
87 HTN(N)=HTN(IL)
RSH(N)=RSH(IL)
IF(1MH.EQ.1)GO TO 49
C МНОГОЛЕТНИЕ ПРОСАДКИ СОХРАНЯЮТСЯ
C СЕЗОННЫЕ ЗАНИУЛЯЮТСЯ
HTN(N)=HT
RSH(N)=DH/2.
49 CONTINUE
RSHN=RSH(N)
26 CONTINUE
C РАСЧЕТ ТЕПЛОПОТОКОВ
ALOB=ALD
HOB=ABS(HT+DH*0.5)
HSB=HO+ALD*KAPA(N)
HSH=HO+ALOB*KAPA(N)
C YB=ОРЕОЛ ОТ ПОВ-ТИ ПРИ НАЛИЧИИ Т/П
C RB=ОРЕОЛ ОТ ТРУБЫ ВВЕРХ
C RH=ОРЕОЛ ОТ ТРУБЫ ВНИЗ
YB=,
IF(IPB.EQ.2)YB=YR(N)
IF(IPB.EQ.1)YB=YO(N)
RB=DH*0.5
IF(ITB.EQ.1)RB=RC(N)
IF(ITB.EQ.2)RB=RP(N)
RH=RON1
R1H=DH/HSH
R1B=DH/HSB
AHT=ABS(HT)
EB=,
IF(IPB.EQ.1)EB=EOBN
IF(IPB.EQ.2)EB=EPBN
RH=RON1
IF(KD.NE.4)GO TO 96
C ПОДЗЕМНАЯ ПРОКЛАДКА
IF(ITB.NE.3)GO TO 97
IF(IT.NE.8)GO TO 98
TETH=0.
IF(EB.GT.YB)GO TO 99

```

```

TETB=0,
FIB=3.14159
FIH=FIB
GO TO 100
99 CONTINUE
TETB=2.*ARCOS(ABS((HT+EB)/(HT+TB)))
IF(EB.GT.AHT)TETB=6.283185*TETB
FIB=2.
FIH=6.283185-TETB
GO TO 100
98 CONTINUE
C
IT=2
FIH=2.
FIB=FIH
TETB=3.14159

```

21.03.85 8НИИГАЗДОБЫЧА-ВНИИСТ, 1985ГС4. Лист 13

```

TETH=TETB
IF(RH.LE.ABS(HT+EB))GO TO 100
FIB=2.*ARCOS(ABS(HT+EB)/RH)
TETB=3.141592-FIB
TETH=3.141592
IF(AHT.GE.EB)GO TO 100
FIB=6.283185-FIB
TETB=2.
TETH=6.283185-FIB
GO TO 100
97 CONTINUE
C
ITB=3
FIB=2.
FIH=2.
TETB=3.14159
TETH=TETB
IF(RB.LE.ABS(HT+EB))GO TO 100
FIB=2.*ARCOS(ABS(HT+EB)/RB)
TETB=6.283185-FIB
FIH=2.
TETH=2.
IF(HT.LT.1.1*EB)GO TO 100
FIB=6.283185-FIB
TETH=FIB
FIH=2.
TETB=2.
GO TO 100
96 CONTINUE
IF(KD.NE.2)GO TO 101
HASEMNAS B NAPROI
IF(HT.NE.3)GO TO 102
IF(HT.NE.1)GO TO 103
TETH=2.
TETB=2.
FIB=3.14159
FIH=FIB
IF(HT.GT.2*PI)T=1.0
IF(HT.GT.3*PI)GO TO 105
IF(ER.EQ.YB-HA)GO TO 100

```

```

TETR=1.*ARCCOS(ABS((HT+EB)/((HT+HN-YB))) )
FIB=2.
FIH=6.28318-TETR
IF(HT,GE,EB) GO TO 182
TETR=6.28318-TETR
FIB=2.
FIH=6.28318-TETR
GO TO 180
185 IF(HT,GE,HN=0.5) GO TO 186
BETR=6.28318-2.*ARCCOS(HT/(HN+HT))
IF(HT,LT,0.5) BETR=2.*ARCCOS(HT/(HN+HT))
TETR=BETR
FIB=2.
FIH=6.28318-BETA
GO TO 188
186 CONTINUE
TETR=3.14159
FIB=1.
FIH=3.14159
GO TO 188
188 CONTINUE
C IT=1
FIB=1.
FIB=FIH
TETR=3.14159
84,83,85      ВНАЛИГАЗДОБЫЧА-БИЙСК, 1985СУ.      ЛИСТ      4

```

```

TETR=TETR
IF(HT,LE,ABS(-T4EB)) GO TO 186
FIB=2.*ARCCOS(ABS(HT+EB)/RH)
TETR=3.14159-FIB
TETR=3.14159
IF(HT,GE,EB) GO TO 182
FIB=6.283185-FIB
TETR=FIB
TETR=6.283185-FIB
GO TO 188
182 CONTINUE
C ITB=3--АЗЕРН-Я В НАСЬГИ
TETR=1.14159
TETR=TETR
FIB=2.
FIH=2.
IF(EB,LT,HN-HT-YB) GO TO 181
FIB=6.283185
FIB=2.
TETR=2.
TETR=2.
IF(HT,GE,HN=0.5) GO TO 180
IF(HT,LT,0.5) GO TO 187
TETR=2.*ARCCOS(HT/(HN+HT))
FIB=6.28318-TETR
FIB=2.
TETR=2.
GO TO 182
187 CONTINUE

```

```

TETH=2.*ARCCOS(ABS(HT+EB)/RH)
FIB=6.28318-TETH
FIH=0.
TETB=0.
IF(IHT,LT,EB) GO TO 100
TETH=6.28318-TETH
FIB*TETH
FIH*0.
TETB=FIH
GO TO 100
100 IF(KD,NE,3) GO TO 100
C НАДЕЖНАЯ ОТКРЫТАЯ
TETB=0.
FIH=0.
FIB=2.*ARCCOS(IHT/RR)
TETH=6.28318-FIB
IF(IHT,LE,0.) GO TO 100
TETH=FIB
FIB=6.28318-FIB
IFI(JAKT,NE,8) GO TO 100
FIB=TETH
IF(IHT,GT,0.) FIB=6.28318-FIB
TETH=FIB
TETB=0.
FIH=6.28318-FIB
100 IF(KD,NE,5) GO TO 100
C ПОДВОДНАЯ ПРОКЛАДКА
TETB=0.
FIB=3.14159
IFI(RB,EB,RH,AND,RB,EB,RR) GO TO 120
TETB=3.14159
FIB=0.
110 TETH=TETB
FIH=FIB
120 CONTINUE

```

84,83,35 ВНИИГАЗДОБИЧА-ВНИИСТ, 1985 ГОДА. Лист 15

```

C КОНЕЦ БЛОКА ВЫЧИСЛЕНИЯ FI, TETA
C РАСЧЕТ ALFA, K, TS
R1H=DH/HSH
R1B=DH/HSB
IFI(KD,NE,3) GO TO 111
R1H=DH/(ALD0*KAPA(N))
R1B=DH/(ALD0*KAPA(N))
111 CONTINUE
ALF1H=2.*ALOC(DH=ALOC(2./R1H*(1.+SERT(1.+R1H))*1.))
ALF1B=2.*ALOC(DH=ALOC(2./R1B*(1.+SERT(1.+R1B))*1.))
R1B*DH=0.5*ALOC(DH/DO)/LIZ
AK1B=1./(R1+1./ALF1H)
AK1H=1./(R1+1./ALF1B)
ALFAB=ALF1B
ALFAH=ALF1H
IFI(KD,NE,2) GO TO 2
BET=6.283185
IFI(IHT,LE,-2,5*D4) BET=0,
R2=HT/(HN-H)

```

II2

```

IF(AT.LE.6., AND, HT, GE, -2.5*DH) BET=2.*ARCCOS(R2)
IF(HT.LE.HN=6.5, AND, HT, GE, 2.,) BET=6.283185-2.*ARCCOS(R2)
R3B=(1.-BF/6.28318)*CH*AK1B
R4FALOG(DH/DO) / 2.*LIZ)
R5FALOG(2.*(HN-HT)/DH)
R6=1./ (ALF2B((x)+HN-HT))
ALFAB=(R3B+BE) / 6.283185*DH*(1./ALOB+R5+R6)))/(1.-R3B+R4)
IF((ABS(YB),LT,0.881, AND, ABS(RB-RR),LT,0.881),OR,
*(YB,GE,2., AND, RB,GE, (HN-HT-YB)) GO TO 126
RHTY=HN-HT-YB
IF(ABS(RB-RR),LT,0.881) GO TO 127
IF(RB,LT,RHTY, AND, YB,GE,0.) ALFAB=2.*ALOB/(DH*ALOG(RB/RR))
GO TO 126
127 IF(YB,GT,2., AND, -RT,GE,-RR) ALFAB=2.*ALOB/(DH*ALOG(RHTY/RR))
IF(YB,GT,2., AND, HT,LT,-RR) ALFAB=
*2.*ALOB/(DH*ALOG((RHTY-RR)/RR*(1.+8RT*(1.+DH/(RHTY-RR))))+1.))
128 ALFAH=ALFAB
C IF(KD,NE,3) GO TO 4
C НАЗЕМНАЯ СТКРНТАЯ
C ГАМА=2.*ARCCOS(2.*ABS(HT)/DH)
C IF(HT,GT,2.) ГАМА=6.28318-ГАМА
C ALFAB=FI/6.283185*ALF2BN+1,-FI/6.28318)*ALF1B
C ALFAH=ALFAB
C CONTINUE
C АКВ=1./ (R1+1.*ALFAB)
C АКМ=1./ (R1+1.*ALFAH)
C РАСЧЕТ ТЕНТЕР ТУРН СКРУЖАВША СРЕДН ТВ
C НАЗЕМНАЯ ПРОКЛАДКА
C TS=TBH+6.72*RD((x),(1.-AT)*ALF2BN
C TSA=TS
C IF(YD,GT,1) GO TO 122
C ПОДЗЕМНАЯ ПРОКЛАДКА
C АМУ=ABS(HT+YB)
C TS=TF
C IF((RB,GT,RR, AND, RB,LT,AMU),OR,(RB,GE,RR, AND, YB,NE,0.))
*GO TO 123
C IF(HD/DT,LE,3.) TS=TBH
C IF(HD/DT,GT,3.) TS=TGR
123 TSP=TS
C IF(KD,NE,2) GO TO 124
C НАЗЕМНАЯ ПРОКЛАДКА В НАСЫПИ
C TS=TBH+(6.28318-BET)*ALF1B*(TSP-1BN)/
*(BET*ALFAB+(6.28318-BET)*ALF1B)
C IF(YB,GE,2., AND, (RB,LT,(HN-HT-YB)), AND, RB,GE,RR)) TS=TF
124 IF(KD,NE,3) GO TO 125
81,83,85      ВНИПИГАЗДОВЫЧА-ВНИИСТ, 1985ГОД,      ЛИСТ 16

C НАЗЕМНАЯ СТКРНТАЯ
C TS=TBH+ГАМА*ALF2BN*(TSA+TBH)/(ALFAB*(1.+ГАМА=
*(ALF2BN+ALF1B-1.)))
125 IF(KD,NE,3) GO TO 122
C ПОДЗЕМНАЯ ПРОКЛАДКА
C TS=TGR
122 CONTINUE
R1DH=8.5/12.*ALOG(DH/DO)
AKB=1./ (R1+1./ALFAB)

```



```

      IF6=FR82=CPEC/M 3BEPX OT T/0
      COMMON/CLAD1/CF,AC,ALC,A1=AL1,TF,TN,TCR,
      *KAPAN,CH,DD,LIZ,HO,CMEG
      *T1,HT
      COMMON /CLAD2/HTT,KC,L,LH+HN,DIZ,AT,HTT1,I2,
      *LTB,LTH,LMB,LTH,ATB,ATH,AMB,AMH,RFB,RFH,
      *TBCF,EDE1,EPB1,EPH1,YC1,YP1,RO1,RP1,ROM1,ROS1,ROF1,ROPH1,
      *CPR,SPU
      COMMON/CLADS/TPP,ITE,IPB1,IT,JAKT
      REAL LTP,LTH,LMB,LHF
      COMMON /CLADAY/HT
      REAL LIZ,KAPAN
      F=F(Y(X))=(2E+2.*ALCG/AC*ABS(TPN)+*
      *ABS(ALO/AC*TF-AL1/A1*T1))+*
      *(X+XN1+2.*ALC+KAPAN)+ABS(X-XN1)+*
      *W1)/
      *(2.*ALO*ABS(HT-TPN))+738.
      W11(X)=ALO/AC*ABS(TPN)*ALO*KAPAN+*2*ALOG(1.+*
      *(X-XN1)/(XN1+ALO*KAPAN))
      FR8(X)=*RF+ABS(ALO/AC*TF-AL1/A1*T1))+*
      *X*ARS(X-XN1)+*ALOG(2.*X/CH)+ALO/LIZ+*
      *ALOG(CH/DC1)/ ALCG*ARS(TE-TN)+*
      *ABS(X-XN1)*8.5/AC*(XN1-(X+*W1)-DH)*2*P.25*+
      *(1.-2.*ALC/LIZ*ALOG(CH/DC1))+/
      *(2.*X*(ALCG/2.*X/CH)+ALO/LIZ+*ALOG(DH/DC1))-738.
      FR11(X)=AL1*ARS(TE-TN)/(1.0E(HT)-X+*
      *(ALCG*(ABS(HT)-X)/CH+2.1*AL1/LIZ+ALCG(DH/DC1))+*
      *ALO*ABS(TE-TPN)/(X+ALC+CMEG))
      FR12(X)=ALO*ABS(TE-TN)/(X*(ALOG(1.+*(X-RR)/RR)+*
      *ALO/LIZ+ALOG(DH/DD1))-AL1*ABS(TE-TPN))/
      *(HO+RR-X+AL1+*KAPAN)
      FRB1(X)=(2*P+ALO/AC*2.5*ABS(TPN)+ABSTALO*TF/AC+*
      *AL1/A1*T1)-(X+XN1+2.*ALC+KAPAN)+*ABS(X-XN1)+*
      *W1)/(2.*ALO*ARS(TE-TPN))-738.
      FRB2(X)=*(RF+ABS(ALC/AC*TF-AL1/A1*T1))+*
      *X*ABS(X-XN1)+*ALOG(2.*X/CH)+ALO/LIZ+*
      *ALOG(DH/DC1)/ AL1+*ARS(TE-TN)+*
      *ABS(X-XN1)*8.5/AC*(XN1-(X+XN1-DH)*2*P.25*+
      *(1.-2.*ALC/LIZ+*ALOG(DH/DC1))+738.
      *(2.*X*(ALCG/2.*X/CH)+ALC/LIZ+ALOG(DH/DC1))-738.
      OTDELENIE KCP-EA
      OMES=KAPAN
      RF=CH/2.
      X2=XN1+2.*RR/2
      IF(1).NE. 00 TO 30
      F=YE
      AL1=1.5
      A1E=AM2
      ALCG=1.0
      ACR=1.0
      IF(1).NE. 00 TO 30
      ALC=1.0
      ACP=1.0
      ACP1=1.0
      ACP2=1.0
      ACP3=1.0
      ACP4=1.0
      ACP5=1.0
      ACP6=1.0
      ACP7=1.0
      ACP8=1.0
      ACP9=1.0
      ACP10=1.0
      ACP11=1.0
      ACP12=1.0
      ACP13=1.0
      ACP14=1.0
      ACP15=1.0
      ACP16=1.0
      ACP17=1.0
      ACP18=1.0
      ACP19=1.0
      ACP20=1.0
      ACP21=1.0
      ACP22=1.0
      ACP23=1.0
      ACP24=1.0
      ACP25=1.0
      ACP26=1.0
      ACP27=1.0
      ACP28=1.0
      ACP29=1.0
      ACP30=1.0
      ACP31=1.0
      ACP32=1.0
      ACP33=1.0
      ACP34=1.0
      ACP35=1.0
      ACP36=1.0
      ACP37=1.0
      ACP38=1.0
      ACP39=1.0
      ACP40=1.0
      ACP41=1.0
      ACP42=1.0
      ACP43=1.0
      ACP44=1.0
      ACP45=1.0
      ACP46=1.0
      ACP47=1.0
      ACP48=1.0
      ACP49=1.0
      ACP50=1.0
      ACP51=1.0
      ACP52=1.0
      ACP53=1.0
      ACP54=1.0
      ACP55=1.0
      ACP56=1.0
      ACP57=1.0
      ACP58=1.0
      ACP59=1.0
      ACP60=1.0
      ACP61=1.0
      ACP62=1.0
      ACP63=1.0
      ACP64=1.0
      ACP65=1.0
      ACP66=1.0
      ACP67=1.0
      ACP68=1.0
      ACP69=1.0
      ACP70=1.0
      ACP71=1.0
      ACP72=1.0
      ACP73=1.0
      ACP74=1.0
      ACP75=1.0
      ACP76=1.0
      ACP77=1.0
      ACP78=1.0
      ACP79=1.0
      ACP80=1.0
      ACP81=1.0
      ACP82=1.0
      ACP83=1.0
      ACP84=1.0
      ACP85=1.0
      ACP86=1.0
      ACP87=1.0
      ACP88=1.0
      ACP89=1.0
      ACP90=1.0
      ACP91=1.0
      ACP92=1.0
      ACP93=1.0
      ACP94=1.0
      ACP95=1.0
      ACP96=1.0
      ACP97=1.0
      ACP98=1.0
      ACP99=1.0
      ACP100=1.0
      ACP101=1.0
      ACP102=1.0
      ACP103=1.0
      ACP104=1.0
      ACP105=1.0
      ACP106=1.0
      ACP107=1.0
      ACP108=1.0
      ACP109=1.0
      ACP110=1.0
      ACP111=1.0
      ACP112=1.0
      ACP113=1.0
      ACP114=1.0
      ACP115=1.0
      ACP116=1.0
      ACP117=1.0
      ACP118=1.0
      ACP119=1.0
      ACP120=1.0
      ACP121=1.0
      ACP122=1.0
      ACP123=1.0
      ACP124=1.0
      ACP125=1.0
      ACP126=1.0
      ACP127=1.0
      ACP128=1.0
      ACP129=1.0
      ACP130=1.0
      ACP131=1.0
      ACP132=1.0
      ACP133=1.0
      ACP134=1.0
      ACP135=1.0
      ACP136=1.0
      ACP137=1.0
      ACP138=1.0
      ACP139=1.0
      ACP140=1.0
      ACP141=1.0
      ACP142=1.0
      ACP143=1.0
      ACP144=1.0
      ACP145=1.0
      ACP146=1.0
      ACP147=1.0
      ACP148=1.0
      ACP149=1.0
      ACP150=1.0
      ACP151=1.0
      ACP152=1.0
      ACP153=1.0
      ACP154=1.0
      ACP155=1.0
      ACP156=1.0
      ACP157=1.0
      ACP158=1.0
      ACP159=1.0
      ACP160=1.0
      ACP161=1.0
      ACP162=1.0
      ACP163=1.0
      ACP164=1.0
      ACP165=1.0
      ACP166=1.0
      ACP167=1.0
      ACP168=1.0
      ACP169=1.0
      ACP170=1.0
      ACP171=1.0
      ACP172=1.0
      ACP173=1.0
      ACP174=1.0
      ACP175=1.0
      ACP176=1.0
      ACP177=1.0
      ACP178=1.0
      ACP179=1.0
      ACP180=1.0
      ACP181=1.0
      ACP182=1.0
      ACP183=1.0
      ACP184=1.0
      ACP185=1.0
      ACP186=1.0
      ACP187=1.0
      ACP188=1.0
      ACP189=1.0
      ACP190=1.0
      ACP191=1.0
      ACP192=1.0
      ACP193=1.0
      ACP194=1.0
      ACP195=1.0
      ACP196=1.0
      ACP197=1.0
      ACP198=1.0
      ACP199=1.0
      ACP200=1.0
      ACP201=1.0
      ACP202=1.0
      ACP203=1.0
      ACP204=1.0
      ACP205=1.0
      ACP206=1.0
      ACP207=1.0
      ACP208=1.0
      ACP209=1.0
      ACP210=1.0
      ACP211=1.0
      ACP212=1.0
      ACP213=1.0
      ACP214=1.0
      ACP215=1.0
      ACP216=1.0
      ACP217=1.0
      ACP218=1.0
      ACP219=1.0
      ACP220=1.0
      ACP221=1.0
      ACP222=1.0
      ACP223=1.0
      ACP224=1.0
      ACP225=1.0
      ACP226=1.0
      ACP227=1.0
      ACP228=1.0
      ACP229=1.0
      ACP230=1.0
      ACP231=1.0
      ACP232=1.0
      ACP233=1.0
      ACP234=1.0
      ACP235=1.0
      ACP236=1.0
      ACP237=1.0
      ACP238=1.0
      ACP239=1.0
      ACP240=1.0
      ACP241=1.0
      ACP242=1.0
      ACP243=1.0
      ACP244=1.0
      ACP245=1.0
      ACP246=1.0
      ACP247=1.0
      ACP248=1.0
      ACP249=1.0
      ACP250=1.0
      ACP251=1.0
      ACP252=1.0
      ACP253=1.0
      ACP254=1.0
      ACP255=1.0
      ACP256=1.0
      ACP257=1.0
      ACP258=1.0
      ACP259=1.0
      ACP260=1.0
      ACP261=1.0
      ACP262=1.0
      ACP263=1.0
      ACP264=1.0
      ACP265=1.0
      ACP266=1.0
      ACP267=1.0
      ACP268=1.0
      ACP269=1.0
      ACP270=1.0
      ACP271=1.0
      ACP272=1.0
      ACP273=1.0
      ACP274=1.0
      ACP275=1.0
      ACP276=1.0
      ACP277=1.0
      ACP278=1.0
      ACP279=1.0
      ACP280=1.0
      ACP281=1.0
      ACP282=1.0
      ACP283=1.0
      ACP284=1.0
      ACP285=1.0
      ACP286=1.0
      ACP287=1.0
      ACP288=1.0
      ACP289=1.0
      ACP290=1.0
      ACP291=1.0
      ACP292=1.0
      ACP293=1.0
      ACP294=1.0
      ACP295=1.0
      ACP296=1.0
      ACP297=1.0
      ACP298=1.0
      ACP299=1.0
      ACP300=1.0
      ACP301=1.0
      ACP302=1.0
      ACP303=1.0
      ACP304=1.0
      ACP305=1.0
      ACP306=1.0
      ACP307=1.0
      ACP308=1.0
      ACP309=1.0
      ACP310=1.0
      ACP311=1.0
      ACP312=1.0
      ACP313=1.0
      ACP314=1.0
      ACP315=1.0
      ACP316=1.0
      ACP317=1.0
      ACP318=1.0
      ACP319=1.0
      ACP320=1.0
      ACP321=1.0
      ACP322=1.0
      ACP323=1.0
      ACP324=1.0
      ACP325=1.0
      ACP326=1.0
      ACP327=1.0
      ACP328=1.0
      ACP329=1.0
      ACP330=1.0
      ACP331=1.0
      ACP332=1.0
      ACP333=1.0
      ACP334=1.0
      ACP335=1.0
      ACP336=1.0
      ACP337=1.0
      ACP338=1.0
      ACP339=1.0
      ACP340=1.0
      ACP341=1.0
      ACP342=1.0
      ACP343=1.0
      ACP344=1.0
      ACP345=1.0
      ACP346=1.0
      ACP347=1.0
      ACP348=1.0
      ACP349=1.0
      ACP350=1.0
      ACP351=1.0
      ACP352=1.0
      ACP353=1.0
      ACP354=1.0
      ACP355=1.0
      ACP356=1.0
      ACP357=1.0
      ACP358=1.0
      ACP359=1.0
      ACP360=1.0
      ACP361=1.0
      ACP362=1.0
      ACP363=1.0
      ACP364=1.0
      ACP365=1.0
      ACP366=1.0
      ACP367=1.0
      ACP368=1.0
      ACP369=1.0
      ACP370=1.0
      ACP371=1.0
      ACP372=1.0
      ACP373=1.0
      ACP374=1.0
      ACP375=1.0
      ACP376=1.0
      ACP377=1.0
      ACP378=1.0
      ACP379=1.0
      ACP380=1.0
      ACP381=1.0
      ACP382=1.0
      ACP383=1.0
      ACP384=1.0
      ACP385=1.0
      ACP386=1.0
      ACP387=1.0
      ACP388=1.0
      ACP389=1.0
      ACP390=1.0
      ACP391=1.0
      ACP392=1.0
      ACP393=1.0
      ACP394=1.0
      ACP395=1.0
      ACP396=1.0
      ACP397=1.0
      ACP398=1.0
      ACP399=1.0
      ACP400=1.0
      ACP401=1.0
      ACP402=1.0
      ACP403=1.0
      ACP404=1.0
      ACP405=1.0
      ACP406=1.0
      ACP407=1.0
      ACP408=1.0
      ACP409=1.0
      ACP410=1.0
      ACP411=1.0
      ACP412=1.0
      ACP413=1.0
      ACP414=1.0
      ACP415=1.0
      ACP416=1.0
      ACP417=1.0
      ACP418=1.0
      ACP419=1.0
      ACP420=1.0
      ACP421=1.0
      ACP422=1.0
      ACP423=1.0
      ACP424=1.0
      ACP425=1.0
      ACP426=1.0
      ACP427=1.0
      ACP428=1.0
      ACP429=1.0
      ACP430=1.0
      ACP431=1.0
      ACP432=1.0
      ACP433=1.0
      ACP434=1.0
      ACP435=1.0
      ACP436=1.0
      ACP437=1.0
      ACP438=1.0
      ACP439=1.0
      ACP440=1.0
      ACP441=1.0
      ACP442=1.0
      ACP443=1.0
      ACP444=1.0
      ACP445=1.0
      ACP446=1.0
      ACP447=1.0
      ACP448=1.0
      ACP449=1.0
      ACP450=1.0
      ACP451=1.0
      ACP452=1.0
      ACP453=1.0
      ACP454=1.0
      ACP455=1.0
      ACP456=1.0
      ACP457=1.0
      ACP458=1.0
      ACP459=1.0
      ACP460=1.0
      ACP461=1.0
      ACP462=1.0
      ACP463=1.0
      ACP464=1.0
      ACP465=1.0
      ACP466=1.0
      ACP467=1.0
      ACP468=1.0
      ACP469=1.0
      ACP470=1.0
      ACP471=1.0
      ACP472=1.0
      ACP473=1.0
      ACP474=1.0
      ACP475=1.0
      ACP476=1.0
      ACP477=1.0
      ACP478=1.0
      ACP479=1.0
      ACP480=1.0
      ACP481=1.0
      ACP482=1.0
      ACP483=1.0
      ACP484=1.0
      ACP485=1.0
      ACP486=1.0
      ACP487=1.0
      ACP488=1.0
      ACP489=1.0
      ACP490=1.0
      ACP491=1.0
      ACP492=1.0
      ACP493=1.0
      ACP494=1.0
      ACP495=1.0
      ACP496=1.0
      ACP497=1.0
      ACP498=1.0
      ACP499=1.0
      ACP500=1.0
      ACP501=1.0
      ACP502=1.0
      ACP503=1.0
      ACP504=1.0
      ACP505=1.0
      ACP506=1.0
      ACP507=1.0
      ACP508=1.0
      ACP509=1.0
      ACP510=1.0
      ACP511=1.0
      ACP512=1.0
      ACP513=1.0
      ACP514=1.0
      ACP515=1.0
      ACP516=1.0
      ACP517=1.0
      ACP518=1.0
      ACP519=1.0
      ACP520=1.0
      ACP521=1.0
      ACP522=1.0
      ACP523=1.0
      ACP524=1.0
      ACP525=1.0
      ACP526=1.0
      ACP527=1.0
      ACP528=1.0
      ACP529=1.0
      ACP530=1.0
      ACP531=1.0
      ACP532=1.0
      ACP533=1.0
      ACP534=1.0
      ACP535=1.0
      ACP536=1.0
      ACP537=1.0
      ACP538=1.0
      ACP539=1.0
      ACP540=1.0
      ACP541=1.0
      ACP542=1.0
      ACP543=1.0
      ACP544=1.0
      ACP545=1.0
      ACP546=1.0
      ACP547=1.0
      ACP548=1.0
      ACP549=1.0
      ACP550=1.0
      ACP551=1.0
      ACP552=1.0
      ACP553=1.0
      ACP554=1.0
      ACP555=1.0
      ACP556=1.0
      ACP557=1.0
      ACP558=1.0
      ACP559=1.0
      ACP560=1.0
      ACP561=1.0
      ACP562=1.0
      ACP563=1.0
      ACP564=1.0
      ACP565=1.0
      ACP566=1.0
      ACP567=1.0
      ACP568=1.0
      ACP569=1.0
      ACP570=1.0
      ACP571=1.0
      ACP572=1.0
      ACP573=1.0
      ACP574=1.0
      ACP575=1.0
      ACP576=1.0
      ACP577=1.0
      ACP578=1.0
      ACP579=1.0
      ACP580=1.0
      ACP581=1.0
      ACP582=1.0
      ACP583=1.0
      ACP584=1.0
      ACP585=1.0
      ACP586=1.0
      ACP587=1.0
      ACP588=1.0
      ACP589=1.0
      ACP590=1.0
      ACP591=1.0
      ACP592=1.0
      ACP593=1.0
      ACP594=1.0
      ACP595=1.0
      ACP596=1.0
      ACP597=1.0
      ACP598=1.0
      ACP599=1.0
      ACP600=1.0
      ACP601=1.0
      ACP602=1.0
      ACP603=1.0
      ACP604=1.0
      ACP605=1.0
      ACP606=1.0
      ACP607=1.0
      ACP608=1.0
      ACP609=1.0
      ACP610=1.0
      ACP611=1.0
      ACP612=1.0
      ACP613=1.0
      ACP614=1.0
      ACP615=1.0
      ACP616=1.0
      ACP617=1.0
      ACP618=1.0
      ACP619=1.0
      ACP620=1.0
      ACP621=1.0
      ACP622=1.0
      ACP623=1.0
      ACP624=1.0
      ACP625=1.0
      ACP626=1.0
      ACP627=1.0
      ACP628=1.0
      ACP629=1.0
      ACP630=1.0
      ACP631=1.0
      ACP632=1.0
      ACP633=1.0
      ACP634=1.0
      ACP635=1.0
      ACP636=1.0
      ACP637=1.0
      ACP638=1.0
      ACP639=1.0
      ACP640=1.0
      ACP641=1.0
      ACP642=1.0
      ACP643=1.0
      ACP644=1.0
      ACP645=1.0
      ACP646=1.0
      ACP647=1.0
      ACP648=1.0
      ACP649=1.0
      ACP650=1.0
      ACP651=1.0
      ACP652=1.0
      ACP653=1.0
      ACP654=1.0
      ACP655=1.0
      ACP656=1.0
      ACP657=1.0
      ACP658=1.0
      ACP659=1.0
      ACP660=1.0
      ACP661=1.0
      ACP662=1.0
      ACP663=1.0
      ACP664=1.0
      ACP665=1.0
      ACP666=1.0
      ACP667=1.0
      ACP668=1.0
      ACP669=1.0
      ACP670=1.0
      ACP671=1.0
      ACP672=1.0
      ACP673=1.0
      ACP674=1.0
      ACP675=1.0
      ACP676=1.0
      ACP677=1.0
      ACP678=1.0
      ACP679=1.0
      ACP680=1.0
      ACP681=1.0
      ACP682=1.0
      ACP683=1.0
      ACP684=1.0
      ACP685=1.0
      ACP686=1.0
      ACP687=1.0
      ACP688=1.0
      ACP689=1.0
      ACP690=1.0
      ACP691=1.0
      ACP692=1.0
      ACP693=1.0
      ACP694=1.0
      ACP695=1.0
      ACP696=1.0
      ACP697=1.0
      ACP698=1.0
      ACP699=1.0
      ACP700=1.0
      ACP701=1.0
      ACP702=1.0
      ACP703=1.0
      ACP704=1.0
      ACP705=1.0
      ACP706=1.0
      ACP707=1.0
      ACP708=1.0
      ACP709=1.0
      ACP710=1.0
      ACP711=1.0
      ACP712=1.0
      ACP713=1.0
      ACP714=1.0
      ACP715=1.0
      ACP716=1.0
      ACP717=1.0
      ACP718=1.0
      ACP719=1.0
      ACP720=1.0
      ACP721=1.0
      ACP722=1.0
      ACP723=1.0
      ACP724=1.0
      ACP725=1.0
      ACP726=1.0
      ACP727=1.0
      ACP728=1.0
      ACP729=1.0
      ACP730=1.0
      ACP731=1.0
      ACP732=1.0
      ACP733=1.0
      ACP734=1.0
      ACP735=1.0
      ACP736=1.0
      ACP737=1.0
      ACP738=1.0
      ACP739=1.0
      ACP740=1.0
      ACP741=1.0
      ACP742=1.0
      ACP743=1.0
      ACP744=1.0
      ACP745=1.0
      ACP746=1.0
      ACP747=1.0
      ACP748=1.0
      ACP749=1.0
      ACP750=1.0
      ACP751=1.0
      ACP752=1.0
      ACP753=1.0
      ACP754=1.0
      ACP755=1.0
      ACP756=1.0
      ACP757=1.0
      ACP758=1.0
      ACP759=1.0
      ACP760=1.0
      ACP761=1.0
      ACP762=1.0
      ACP763=1.0
      ACP764=1.0
      ACP765=1.0
      ACP766=1.0
      ACP767=1.0
      ACP768=1.0
      ACP769=1.0
      ACP770=1.0
      ACP771=1.0
      ACP772=1.0
      ACP773=1.0
      ACP774=1.0
      ACP775=1.0
      ACP776=1.0
      ACP777=1.0
      ACP778=1.0
      ACP779=1.0
      ACP780=1.0
      ACP781=1.0
      ACP782=1.0
      ACP783=1.0
      ACP784=1.0
      ACP785=1.0
      ACP786=1.0
      ACP787=1.0
      ACP788=1.0
      ACP789=1.0
      ACP790=1.0
      ACP791=1.0
      ACP792=1.0
      ACP793=1.0
      ACP794=1.0
      ACP795=1.0
      ACP796=1.0
      ACP797=1.0
      ACP798=1.0
      ACP799=1.0
      ACP800=1.0
      ACP801=1.0
      ACP802=1.0
      ACP803=1.0
      ACP804=1.0
      ACP805=1.0
      ACP806=1.0
      ACP807=1.0
      ACP808=1.0
      ACP809=1.0
      ACP810=1.0
      ACP811=1.0
      ACP812=1.0
      ACP813=1.0
      ACP814=1.0
      ACP815=1.0
      ACP816=1.0
      ACP817=1.0
      ACP818=1.0
      ACP819=1.0
      ACP820=1.0
      ACP821=1.0
      ACP822=1.0
      ACP823=1.0
      ACP824=1.0
      ACP825=1.0
      ACP826=1.0
      ACP827=1.0
      ACP828=1.0
      ACP829=1.0
      ACP830=1.0
      ACP831=1.0
      ACP832=1.0
      ACP833=1.0
      ACP834=1.0
      ACP835=1.0
      ACP836=1.0
      ACP837=1.0
      ACP838=1.0
      ACP839=1.0
      ACP840=1.0
      ACP841=1.0
      ACP842=1.0
      ACP843=1.0
      ACP844=1.0
      ACP845=1.0
      ACP846=1.0
      ACP847=1.0
      ACP848=1.0
      ACP849=1.0
      ACP850=1.0
      ACP851=1.0
      ACP852=1.0
      ACP853=1.0
      ACP854=1.0
      ACP855=1.0
      ACP856=1.0
      ACP857=1.0
      ACP858=1.0
      ACP859=1.0
      ACP860=1.0
      ACP861=1.0
      ACP862=1.0
      ACP863=1.0
      ACP864=1.0
      ACP865=1.0
      ACP866=1.0
      ACP867=1.0
      ACP868=1.0
      ACP869=1.0
      ACP870=1.0
      ACP871=1.0
      ACP872=1.0
      ACP873=1.0
      ACP874=1.0
      ACP875=1.0
      ACP876=1.0
      ACP877=1.0
      ACP878=1.0
      ACP879=1.0
      ACP880=1.0
      ACP881=1.0
      ACP882=1.0
      ACP883=1.0
      ACP884=1.0
      ACP885=1.0
      ACP886=1.0
      ACP887=1.0
      ACP888=1.0
      ACP889=1.0
      ACP890=1.0
      ACP891=1.0
      ACP892=1.0
      ACP893=1.0
      ACP894=1.0
      ACP895=1.0
      ACP896=1.0
      ACP897=1.0
      ACP898=1.0
      ACP899=1.0
      ACP900=1.0
      ACP901=1.0
      ACP902=1.0
      ACP903=1.0
      ACP904=1.0
      ACP905=1.0
      ACP906=1.0
      ACP907=1.0
      ACP908=1.0
      ACP909=1.0
      ACP910=1.0
      ACP911=1.0
      ACP912=1.0
      ACP913=1.0
      ACP914=1.0
      ACP915=1.0
      ACP916=1.0
      ACP917=1.0
      ACP918=1.0
      ACP919=1.0
      ACP920=1.0
      ACP921=1.0
      ACP922=1.0
      ACP923=1.0
      ACP924=1.0
      ACP925=1.0
      ACP926=1.0
      ACP927=1.0
      ACP928=1.0
      ACP929=1.0
      ACP930=1.0
      ACP931=1.0
      ACP932=1.0
      ACP933=1.0
      ACP934=1.0
      ACP935=1.0
      ACP936=1.0
      ACP937=1.0
      ACP938=1.0
      ACP939=1.0
      ACP940=1.0
      ACP941=1.0
      ACP942=1.0
      ACP943=1.0
      ACP944=1.0
      ACP945=1.0
      ACP946=1.0
      ACP947=1.0
      ACP948=1.0
      ACP949=1.0
      ACP950=1.0
      ACP951=1.0
      ACP952=1.0
      ACP953=1.0
      ACP954=1.0
      ACP955=1.0
      ACP956=1.0
      ACP957=1.0
      ACP958=1.0
      ACP959=1.0
      ACP960=1.0
      ACP961=1.0
      ACP962=1.0
      ACP963=1.0
      ACP964=1.0
      ACP965=1.0
      ACP966=1.0
      ACP967=1.0
      ACP968=1.0
      ACP969=1.0
      ACP970=1.0
      ACP971=1.0
      ACP972=1.0
      ACP973=1.0
      ACP974=1.0
      ACP975=1.0
      ACP976=1.0
      ACP977=1.0
      ACP978=1.0
      ACP979=1.0
      ACP980=1.0
      ACP981=1.0
      ACP982=1.0
      ACP983=1.0
      ACP984=1.0
      ACP985=1.0
      ACP986=1.0
      ACP987=1.0
      ACP988=1.0
      ACP989=1.0
      ACP990=1.0
      ACP991=1.0
      ACP992=1.0
      ACP993=1.0
      ACP994=1.0
      ACP995=1.0
      ACP996=1.0
      ACP997=1.0
      ACP998=1.0
      ACP999=1.0
      ACP1000=1.0
      ACP1001=1.0
      ACP1002=1.0
      ACP1003=1.0
      ACP1004=1.0
      ACP1005=1.0
      ACP1006=1.0
      ACP1007=1.0
      ACP1008=1.0
      ACP1009=1.0
      ACP1010=1.0
      ACP1011=1.0
      ACP1012=1.0
      ACP1013=1.0
      ACP1014=1.0
      ACP1015=1.0
      ACP1016=1.0
      ACP1017=1.0
      ACP1018=1.0
      ACP1019=1.0
      ACP1020=1.0
      ACP1021=1.0
      ACP1022=1.0
      ACP1023=1.0
      ACP1024=1.0
      ACP1025=1.0
      ACP1026=1.0
      ACP1027=1.0
      ACP1028=1.0
      ACP1029=1.0
      ACP1030=1.0
      ACP1031=1.0
      ACP1032=1.0
      ACP1033=1.0
      ACP1034=1.0
      ACP1035=1.0
      ACP1036=1.0
      ACP
```

```

      A1=FATB
  32 CONTINUE
      T1=TF
      IF(1PP,EB,-1)T1=TGR
  33 IF(I,NE,2)GO TO 18
      C
      AL0=ELTH
      A0FATH
      AL1=ELMH
      A1FAMH
      IF(1LH,EB,-1)GO TO 19
      AL0=ELMH
      A0FAMH
      AL1=ELTH
      A1FATH
      '9 CONTINUE
      T1=TGR
      IF(1T,GT,1)T1=TF
  18 IF(I,NE,3)GO TO 28
      C
      FR11
      IF(ABS(TN-TF),GT,0.001)GO TO 21
      1#5
      GO TO 22
  21 CONTINUE
      AL0=LTB
      IF(TPN,LE,TF)AL0=LMB
      AL1=LTB
      IF(TN,LE,TF)AL1=LMB
  28 IF(I,NE,4)GO TO 22
      C
      FR12
      IF(ABS(TN-TF),GT,0.001)GO TO 23
      1#5
      GO TO 22
  23 CONTINUE
      AL0=LTB
      IF(TN,LE,TF)AL0=LMB
      AL1=LTB
      IF(TPN,LE,TF)AL1=LMB
  22 IF(I,NE,5)GO TO 29
      C
      FRB1
      AL0=LTB
      A0FATB
      AL1=L0
      A1FAMB
      IF(L,EB,-1)GO TO 24
      AL0=LMB
      A0FAMB
      AL1=LTB
      A1FATB
  24 T1=TN
      IF(1TB,EB,2)T1=TF
  25 IF(I,NE,6)GO TO 26
      C
      FRB2
      AL0=LTB
      A0FATB
      AL1=LMB
      A1FAMB

```

```
IF(L.EQ.-1)GO TO 27
AL0=LMB
A0FAMB
AL1=LTB
A1RATB
27 CONTINUE
```

01.03.85 / JOB AAAA/

Лист 20

```
17 CONTINUE
F3=FR12(Z)
18 CONTINUE
IF(I.NE.5)GO TO 38
W1=0.
IF(KAPAN.GT.0.001)W1=MM11(Z)
F3=FRB1(Z)
38 IF(I.NE.6)GO TO 31
F3=FRB2(Z)
31 CONTINUE
IF(F1=F3)4,4,5
4 X2=Z
F2=F3
GO TO 2
5 X1=Z
F1=F3
GO TO 2
3 CONTINUE
C КОНЕЦ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ 1Z)
BFX=Z
RETURN
END
```

01.03.85 JOB AAAA/-

Лист 19

```
T18TPN
IF(IPB.NE.3)T1WTF
26 CONTINUE
1 X1=X2
X2=X1+0.1
IF(I.NE.1)GO TO 6
W1=0.
IF(KAPAN.GT.0.001)W1=MM11(X1)
F1=FEYB(X1)
W1=0.
IF(KAPAN.GT.0.001)W1=MM11(X2)
F2=FEYB(X2)
6 IF(I.NE.2)GO TO 7
F1=FRB1(X1)
F2=FRB2(X2)
7 IF(I.NE.3)GO TO 8
IF(X1.LE.ABS(HT))GO TO 13
X1=ABS(HT)
Z=X1
GO TO 3
15 IF(X2.LE.ABS(HT))GO TO 16
X2=ABS(HT)
Z=X2
```

```

      GO TO 3
16  CONTINUE
    F1#FR11(X1)
    F2#FR11(X2)
8  IF(I,NE,4)GO TO 9
    F1#FR12(X1)
    F2#FR12(X2)
9  CONTINUE
    IF(I,NE,5)GO TO 28
    W1#B.
    IF(KAPAN,GT,0.001)W1#W11(Y1)
    F1#FRB1(X1)
    W1#B.
    IF(KAPAN,GT,0.001)W1#W11(X2)
    F2#FRB1(X2)
28  IF(I,NE,6)GO TO 29
    F1#FRB2(X1)
    F2#FRB2(X2)
29  CONTINUE
    IF(SIGN(I,,F1),EQ,SIGN(I,,F2))GO TO 1
    НАХОЖДЕНИЕ КОРНЯ ТРАНСЦЕНДЕНТНОГО УР-ИЯ
    МЕТОДОМ ДЕЛЕНИЯ ОТРЕЗКА ПОПОЛН
2  Z=(X1+X2)*0.5
    X3#ABS(X2-X1)
    IF(X3,LT,0.001)GO TO 3
    IF(I,NE,1)GO TO 18
    W1#B.
    IF(KAPAN,GT,0.001)W1#W11(Z)
    F3#FEYB(Z)
18  IF(I,NE,2)GO TO 41
    F3#FRB(Z)
41  IF(I,NE,3)GO TO 12
    IF(Z,LE,ABS(HT))GO TO 14
    Z=ABS(HT)
    GO TO 3
14  CONTINUE
    F3#FR11(Z)
12  IF(I,NE,4)GO TO 13
    IF(Z,LE,ABS(HT))GO TO 17
    Z=ABS(HT)
    GO TO 3

```

51,03,85 JOB AAAAA

ПМСТ 21

```

// EXEC PRINCC
*ВНИПИГАЗДОВИЧА-ВНИИСТ, 1985ГОД,
  SUBROUTINE BB00
C  ВВОД ИСХОДНЫХ ДАННЫХ К ПРОГРАММЕ BBRCNT
  COMMON/CLAD1/RF,AD1AL0,A1BAL1,TPN,TF,TH,TCR,
*КАПАН,ДН,ДС,Л12,Н0,ЧНЕС
*,T5,HT
  COMMON /CLAD2/JTT,KD,L,LH,HN,OIZ,AT,ITT1,IZ,
=LT8,LTH,LHM,ATB1ATH,AM8,AMH,RFB,RFH,
*IBCP,E0B1,EPB1,EPH1,Y01,YP1,RO1,RP1,ROM1,ROS1,
*ROPL1,ROPH1
*,CPRI,CPU
  COMMON/CLAD3/T(12),TB(12),ALFAF(12),ALF2R(12),

```

```

*КАРА(12),РД(12),ЛЕ(12)
*,АЛФ28(12),ТН1(7,12)
  REAL *Z,LTB,LTH,LMB,LMH,LE,КАРА,КАРАН
  DIMENSION ATL(18)
  READ(1,91)ATL
91 FORMAT(18A4)
  WRITE(3,92)ATL
92 FORMAT(//3X,'ОБРЕКТ;',18A4)
  READ(1,1)JTT,KD,L,LH
1  FORMAT(16I2)
  READ(1,2)DH,HT,HN,DIZ,TF,IGR,AT,LIZ,LTB,
  *LTH,LMB,LMH,ATB,ATH,AMB,AMH,CPR,CPU,OFB,OFH
2  FORMAT(12F6.3/6F6.4/2F6.1)
  WRITE(3,3)
3  FORMAT(//36X,'М С Х О Д Н И Е ',)
  *'А А Н Н И Е ')
  WRITE(3,4)
4  FORMAT(//36X,42(IH=))
  WRITE(3,5)
5  FORMAT(1X,116(''')/1X,'(P,3X,'DIZ',4X,''',
  *6X,'KD',7X,'(P,7X,'L',7X,'(P,7X,'(P,6X,'(P,
  *3X,'DH',3X,'(P,3X,'HT',3X,'(P,3X,'(P,3X,'(P,
  *3X,'(P,2X,'DIZ',3X,'(P,3X,'(P,3X,'(P,
  *3X,'(P,TCR',4X,'(P,1X,116('''),
  //1X,'ЧИСЛО ЛЕТ 12-НАЗ.В НАСЫПИ,ГРУНТ НАД Т/П; ',,
  *'ГРУНТ ПОД Т/П; :ВНУТР. ГЛУХИНА : ВЫСОТА СТОЛЫНИА ',,
  *'Т-РА НАЧ: ',,
  *'CP,/,ГРД, ',,
  *'1X,'(ЭКСПЛ-ЦИИ 13-СТКР,-4-ПОДЗ.31-ТАЛЫА,-1-МЕРЗ: ',,
  *'1-ТАЛЫА,-1-МЕРЗ:ДИАМ.Т/ПЗАЛОК-Я : НАСЫПИ :ИЗОЛЯЦИИ: ',,
  *'ЗАНЕРЗ-Я: ',,'Т-РА ГР, ',,
  *'(X,116(''')/1X,'(P,5X,'(P,5X,'(P,3(
  *7X,'(P,7X,'(P,4(3X,'(P,4X,'(P,2X,'(P,3X,'(P,3X,'(P,4X,'(P
  *1X,116('''))
  WRITE(3,6)JTT,KD,L,LH,DH,HN,DIZ,TF,TCR
6  FORMAT(1X,'(P,12,5X,'(P,3(7X,12,6X,'(P),
  *5(1X,F7,3,'(P,2X,F7,3,'(P/1X,116('''))
  WRITE(3,21)
21 FORMAT(//1X,116(''')/1X,'% AT % LIZ % LTB %',
  *' % LTH % LMB % LMH % ATB % ATH %',
  *' % AMB % AMH % CPR % CPU % OFB % OFH %',
  *'1X,116(''')/1X,'(АЛЬВЕДО:КОЗО-Т (''')/КОЗО-Т ТЕПЛОПР.('''),
  *2(''')/1X,116(''')/1X,'(АЛЬВЕДО:КОЗО-Т (''')/КОЗО-Т (''')/6X,'(ПЕЛОТА('''),
  *'1X,'(P,7X,'(P,Т/ПР, '21' ТАЛОГО ГРУНТА,(МЕРЗЛОГО ГРУНТА('''),
  *'ПРОСАД,(ПУЧНЕНИЯ(''',
  *' % ЗАВОВХ ПЕРЕХОДОВ ('/1X,'(P, ТРУБ : ИЗОЛ, ',,
  *'4(''')/1X,116(''')/1X,'(P,217X,'(P),% НАД Т/П % ПОД Т/П ',,
  *'1X,116(''')/1X,'(P,7X,'(P,18X,'(ККАЛ/(ХХЧАСХГРАД С)(''')/18X,
  *'1X,'(P,12X,'(P/2/ЧАС(''')/13X,'(P,2(7X,'(P,16X,'(ККАЛ/М3(''')/6X,'(P,
  *'1X,116('''))
  WRITE(3,22)AT,LIZ,LTB,LTH,LMB,LMH,ATB,ATH,AMB,AMH,
81,F3.85      ' JOB AAAA

```

ЛИСТ 22

```

  *CPR,CPU,OFB,OFH
92 FORMAT(1X,12('''),F7,4,'(P,2(F9,24,'(P)/1X,116('''),
  READ(1,1)BCP,I2,ITT1

```

```

3 WRITE(3,38)IBCP,I2,ITT1
38 FORMAT(//IX,116(")/IX,7IBCP",I2,"(1-ЗАДАНН ВСП.",/
* "ПАРАМЕТРЫ,2-ОТСУТСТВУЮТ)IZY",I2,"(1-КРУГОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ",/
* "2-ПЛОСКАЯ)IT",I2,"(ЧИСЛО ЛЕТ ИЗМ.ТЕМП.РЕЖИМА)",/
* "/IX,116("))
IBCP=1-ЗАДАНН ВСП. П-РН,IBCP=2-ОТСУТСТВУЮТ ВСП.ПАР-РН
IF (IBCP,EQ.2) GO TO 11
READ(1,18)E0B1,EPB1,Y01,R01,RP1,ROM1,ROS1,ROP1
18 FORMAT(12F6.3)
WRITE(3,9)
9 FORMAT(//IX,116(")/IX,7I",30X,
* "С ПОМОГАТЕЛЬНЫМ ПАРАМЕТРЫ",
* "ФРОНТОВ /IX,116(")/IX,7I,5X,
* "9X,":,3X,"E0B1",3X,":,3X,"EPB1",3X,":,4X,"Y01",
* "3X,":,4X,"R01",3X,":,4X,"RP1",3X,":,4X,"ROM1",
* "3X,":,3X,"ROS1",3X,":,4X,"R01",4X,":,"/IX,116("),
* "4X,":,6(" СЕЗОН. /IX,
* " МН/ЛЕТ. /IX,"СЕЗОННЫЕ / СЕЗОННЫЕ /",
* "1IX,":,4X,":,3(" ОБРАЗОВ / РАЗРУМ-Я /"),
* "2(" ОБРАЗ-Я /), / РАЗРУМЯ /",
* "1IX,":,4X,":, С ПОВ-ТИ: СВЕРХУ / С ПОВ-ТИ /",
* " СВЕРХУ /,4(IX,":,),ROT T/П",5X,":,/
* "1IX,":,4X,":,120(")/",
* "1IX,":,4X,":, ВННЕ ЗОНН ВЛИЯНИЯ Т/П /",
* " ПРИ НАЛИЧИИ Т/П / ВВЕРХ ОТ Т/П /",
* "1IX,":,ВННЕ OT T/П",1IX,":,12(IX,":,14X,":,100("),
* "1IX,":,14X,":,8(4X,"/30X,":,6X,"/5X,":,4X,":,/
* "1IX,116("),
WRITE(3,28)E0B1,EPB1,Y01,RP1,R01,EPB1,ROM1,ROS1,ROP1
28 FORMAT(IX,":,14X,":,8T2X,F6.2,2X,":,),
* "3X,F6.2,3X,":,IX,116("))
11 WRITE(3,23)
23 FORMAT(//IX,116(")/30X,ИП О НЕСЯЧНОЕ/IX),
* "3 А Д А Н И Е /IX, ПАРАМЕТРОВ",
* "/IX,116(")/47X,":,1 : 2 : 3 : 4 : 5 : 6 : 7 : 8 : 9 : 10 :",
* "4 : 5 : 6 : 7 : 8 : 9 : 10 : 11 : 12 :/IX,116("))
READ(1,24)(TH1(I,J),J=1,82),TB,ITT1
READ(1,24)TB,ALFAP,ALF2R,KAPA,RD,LE,ALF2B
24 FORMAT(12F6.3)
WRITE(3,26)((TH1(I,J),J=1,82),IX,1,ITT1)
26 FORMAT(IX,":, T /T-РН T/П ПО ГОДА",3X,":,0 М/10X,":,12(F5.1,IX),":,(/IX,":,6X,":,24X,":,12X,":,12(F5.1,IX)))
WRITE(3,25)TB,ALFAP,ALF2R,KAPA,RD,LE,ALF2B
25 FORMAT(//IX,":, TB /T-РН ВОЗВУХА",12X,
* "3 О С.8X,":,12(F5.1,IX),":,IX,":, ALFAP/K000, T/0 /",
* "ПОДСТ.ПОВ-ТИ /",
* "ККАЛ/M2+МОСС",12(F5.1,IX),":,IX,":, ALF2R/1,
* "K030.ВНЕМ.Т/0 НАСЕН.Т/Р 12X,":,12(F5.1,IX),":,12(F5.1,IX),":,12(F5.1,IX),
* "/IX,":, KAPA /T/СОРР.Т/0 РР,-МНОСФЕРА /M2ХХ00/ККАЛ/1,
* "12(F5.2,1X),":,IX,":, R /РАЕ, БАЛАНС ПОДСТ. ПОВ-ТИ /",
* "ККАЛ/М2+МЕСС",12(F5.1,IX),":,IX,":, LE /ЗАТР.ТЕРД /",
* "НН ИСПАР.С П/ККАЛ/M2 /12(F5.1,IX),":,12(F5.1,IX),":,12(F5.1,IX),
* "1IX,":, ALF2B/K000/Т ВНЕМ. Т/0 ННЗ.Т/П.ККАЛ/M2+М=001",
* "12(F5.1,IX),":,12(F5.1,IX),":,12(F5.1,IX),":,12(F5.1,IX),
* "1IX,116("))
RETURN
END
*/
// EXEC LNKE0T

```

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.05.06-85 "Магистральные трубопроводы. Нормы проектирования". - М: Стройиздат, 1975.
2. Временные указания по проектированию, строительству и эксплуатации объектов газовой и нефтяной промышленности в условиях вечной мерзлоты. Магистральные трубопроводы (Р 215-76). - М: ВНИИСТ, 1976.
3. СНиП П-18-76 "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах". - М: Стройиздат, 1976.
4. СНиП П-6-74 "Нагрузки и воздействия". - М: Стройиздат, 1974.
5. СНиП 2.02.01-83 "Основания зданий и сооружений". - М: Стройиздат, 1974.
6. Руководство по прогнозированию теплового взаимодействия газопроводов с окружающей средой на ЭВМ (Р 409-80). - М: ВНИИСТ, 1981.
7. Руководство по прогнозированию теплового взаимодействия трубопроводов с окружающей средой (Р 486-83). - М: ВНИИСТ, 1984.
8. ГОСТ 19.003-80. Единая система проектной документации. Схемы алгоритмов и программ. Обозначения условные графические.
9. СНиП П-17-77 "Свайные фундаменты". - М: Стройиздат, 1978.
10. Рекомендации по определению морозной пучинистости грунтов оснований зданий и сооружений. Свердловск: Уральский политехнический институт им. С. М. Кирова, кафедра оснований и фундаментов, 1979, 28 с.
11. Справочник по строительству на вечномерзлых грунтах. - Л: Стройиздат, 1977.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения	3
2. Методика прогнозирования динамики теплового взаимодействия трубопровода с промерзающими и протаивающими грунтами	21
3. Расчет механического взаимодействия трубопроводов с пучинистыми грунтами	36
4. Расчет механического взаимодействия трубопроводов с оттаивающими меральными грунтами	48
5. Реализация методики на ВВМ	55
6. Контрольный пример	69
Приложения	73
Литература	III

Рекомендации
по прогнозированию динамики теплового
и механического взаимодействия трубопроводов
с промерзающими и протаивающими грунтами

Р 509-86

Издание ВНИИСТА

Редактор Ф.Д.Остаева

Корректор С.П.Михайлова

Технический редактор Т.Л.Датнова

Подписано в печать II/ДУ 1987 г. Формат 60x4/16
Печ.л. 7,75 Уч.-изд.л. 7,0 Бум.л. 3,875
Тираж 500 экз. Цена 70 коп. Зар.н.з. 36

Ротапринт ВНИИСТА