

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ
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

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 изо-термического 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, И.Г.Фигаровым, директором ВНИИгаздобыча А.В.Буераковым, начальником Вд ВНИИгаздобыча Ю.А.Кривогузовым, руководителем группы Вд ВНИИгаздобыча В.В.Новиковской.

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 протаивающими грунтами	Р 609-86
		Впервые

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие Рекомендации разработаны в развитие 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 П-18-76 (часть П) "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Нормы проектирования" [3].

Рекомендации распространяются на трубопроводы, эксплуатирующиеся в нестационарном установившемся 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 удовлетворили бы температурным и деформативным ограничениям трубопроводных систем, определяемым с помощью настоящего руководства, а также в соответствии с требованиями, изложенными в следующих нормативных документах: СНиП П-6-74 [4], СНиП 2.02.01-83 [5], СНиП 2.05.06-85 [1], СНиП П-18-76 [2].

Внесены ВНИИСТОм, ОКТ	Утверждены ВНИИСТОм 4 декабря 1986 г.	Срок вступления в действие 1 мая 1987 г.
-----------------------------	--	--

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

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

1.5. Основные условные обозначения в тексте Рекомендаций и в программе PIPEB приводятся в табл. I.

Таблица I

Символы алгоритма	Единицы измерения	Идентификатор программы	Тип	Исходные и расчетные данные
1	2	3	4	5
<i>ATL(18)</i>	-	<i>ATL</i>	Символьный	Название объекта, для которого производится расчет
<i>JT</i>	-	<i>JT</i>	Целый	Число лет эксплуатации трубопровода
<i>KD</i>	-	<i>KD</i>	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 - мерзлый; I - талый
α_0	м	$D0$	Вещест- венный	Внутренний диаметр трубопро- вода
h_T	м	HT	То же	Расстояние от поверхности грунта до оси трубопровода (HT > 0, если ось трубопрово- да выше поверхности грунта; HT < 0, если ось трубопрово- да ниже поверхности грунта)
h_H	м	HN	"	Высота насыпи
$\delta_{из}$	м	DIZ	"	Толщина теплоизоляции трубо- провода или толщина плоского теплоизоляционного экрана
t_f	°C	TF	"	Температура начала замерзания воды в грунте
t_{cp}	°C	TGR	"	Среднегодовая температура грунта
A_T	-	AT	"	Альbedo трубопровода
$\lambda_{из}$	0,86*	LIZ	"	Кoeffициент теплопроводности изоляции трубопровода
$\lambda_T^{верх}$	"	LTB	"	Кoeffициент теплопроводности талого грунта над трубопрово- дом (определяется по СНиП П-18-76 или по Руководствам ВНИИСТА (Р 409-80), (Р 486-83) [3, 6, 7].

Продолжение табл. I

I	2	3	4	5
$\lambda_T^{низ}$	0,86* Вт/м·град	LTH	Вещест- венный	Коэффициент теплопроводнос- ти талого грунта под трубо- проводом, определяется по [3, 6, 7]
$\lambda_M^{верх}$	"	LMB	То же	Коэффициент теплопроводнос- ти мерзлого грунта над тру- бопроводом, определяется по [3, 6, 7]
$a_M^{верх}$	$3,6 \cdot 10^5$ м ² /с	AMB	"	Коэффициент температуропро- водности мерзлых пород над трубопроводом рассчитывается по формуле

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

где C_M - теплоемкость мер-
злого грунта, оп-
ределяемая по
формуле

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

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

$C_{уд}$ - удельная теплоем-
кость скелета
грунта:

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

для суглин-
ков - $C_{уд} = 0,195 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$;

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

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

Продолжение табл. I

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

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

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

$$W_{нз} = K_W W_p,$$

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

a_T ^{верх}

$3,6 \cdot 10^5$
м²/с

АТВ

Вещественный

Коэффициент температуропроводности талых пород над трубопроводом, рассчитывается по формуле

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

где

C_T - теплоемкость талого грунта, определяется по формуле

Продолжение табл. I

I	2	3	4	5
$G_T = \int_{GK} (C_{yg} + C_B W),$				
<p>где</p> <p>\int_{GK} - объемный вес скелета талого грунта;</p> <p>C_{yg} - удельная теплоемкость скелета грунта, определяется, как было описано выше, в случае расчета теплоемкости мерзлых пород;</p> <p>C_B - теплоемкость воды, $C_B = 1$ ккал/кг·°С;</p> <p>W - весовая влажность талого грунта, дол.ед.</p>				
$\alpha_M^{низ}$	$3,6 \cdot 10^5$ м ² /с	АНН	Вещественный	Коэффициент температуропроводности мерзлых пород под трубопроводом, определяется аналогично расчету $\alpha_M^{верх}$
$\alpha_T^{низ}$	"	АТН	То же	Коэффициент температуропроводности талых пород под трубопроводом, определяется аналогично расчету $\alpha_T^{верх}$
K_P	-	СПУ	"	Коэффициент лучения грунта, определяется экспериментально, по методике
K_i	-	СРР	"	Коэффициент просадочности мерзлых грунтов основания трубопровода, определяется экспериментально
$Q_\Phi^{верх}$	$0,239 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	QFB	"	Теплота фазовых превращений воды в грунте над трубопроводом, рассчитывается по формуле

Продолжение табл. I

I	2	3	4	5
				$Q_{\phi}^{Верх} = 80(W - W_{Нз}) \gamma_{ск} ,$ <p>$\gamma_{ск}$ - объемный вес скелета грунта, кг/м³</p>
$Q_{\phi}^{Низ}$	$0,239 * \frac{K_{Дж}}{m^3} QFH$	Вещественный		Теплота фазовых превращений воды в грунте под трубопроводом, рассчитывается аналогично вышеприведенному
$I_{всп}$	- $IВСП$	Целый		Параметр, определяющий задание вспомогательных параметров (фронтот): $IВСП=1$ - вспомогательные параметры задаются $IВСП=2$ - вспомогательные параметры отсутствуют
I_z	- $I\bar{z}$	То же		Параметр, определяющий вид теплоизоляции: $I\bar{z} = 1$ - круговая изоляция; $I\bar{z} = 2$ - плоский теплоизоляционный экран
ITT	- ITT	"		Число лет изменения температурного режима в начале трубопровода, апрори
$\xi'_{вдр}$	м	ЕОВИ	Вещественный	Координаты фазового фронта сезонных образований с дневной поверхности вне зоны влияния трубопровода, задаются апрори
$\xi'_{разр}$	м	ЕРВИ	То же	Координаты фазового фронта сезонных разрушений с дневной поверхности вне зоны влияния трубопровода, задаются апрори

Продолжение табл. I

I	2	3	4	5
$\zeta'_{обр}$	м	УО1	Вещественный	Координаты фазового фронта сезонных образований с дневной поверхности над трубопроводом, задаются априори
$\zeta'_{разр}$	м	УР1	То же	Координаты фазового фронта сезонных разрушений с дневной поверхности над трубопроводом, задаются априори
$\rho'_{обр}^{верх}$	м	РО1	"	Координаты фазового фронта сезонных образований вверх с поверхности трубопровода (отсчет от верхней образующей трубопровода), задаются априори
$\rho'_{разр}^{верх}$	м	РР1	"	Координаты фазового фронта сезонных разрушений вверх с поверхности трубопровода (отсчет от верхней образующей трубопровода), задаются априори
$\rho'_{м/л}$	м	РОМ1	"	Координаты фазового фронта многолетних образований в основании трубопровода (отсчет от нижней образующей трубопровода) задаются априори
$\rho'_{обр}$	м	РОС1	"	Координаты фазового фронта сезонных образований в основании трубопровода (отсчет от нижней образующей трубопровода), задаются априори
$\rho'_{разр}$	м	РОР1	"	Фронт сезонных разрушений в основании трубопровода (отсчет от нижней образующей трубопровода), задаются априори

Продолжение табл. I

I	2	3	4	5
t	°C	ТН	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_{θ}	°C	ТВ	То же	Среднемесячные температуры воздуха, задаются априори
α_F	0,86* Вт/м ² .град	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 $\alpha_F = 4 + 2V$, где V - скорость ветра, м/с

Продолжение табл. I

I	2	3	4	5
α_{2B}	0,86* Вт/м ² ·град	ALF2B	Вещест- венный	Среднемесячные коэффициенты теплоотдачи надземного трубопровода определяются по номограммам, приведенным в Руководствах ВНИИСТА (Р 409-80; Р 486-83) [6, 7]
α	1,163* м ² ·град/Вт	KAPA	То же	<p>Среднемесячные термические сопротивления теплообмена грунтов с атмосферой с учетом снежного и растительного покровов, определяются по формуле</p> $\alpha = \frac{1}{\alpha_F} + \frac{\delta_{CH}}{\lambda_{CH}} + \Omega,$ <p>где</p> <p>α_F - коэффициент теплоотдачи с подстилающей поверхности;</p> <p>δ_{CH} - толщина снежного покрова, м;</p> <p>λ_{CH} - теплопроводность снега, ккал/м·ч·°С, определяется по номограмме (Р 486-83) [7];</p> <p>Ω - термическое сопротивление моховодернового покрова, м²·ч·°С/ккал;</p> <p>$\delta_{CH}, \lambda_{CH}$ - определяются в полевых условиях экспериментально.</p> <p>При отсутствии данных о величине какого-либо из параметров целесообразно его просто не учитывать в рас-</p>

Продолжение табл. I

I	2	3	4	5
				<p>чете, т.е. принимать в расчете</p> $\alpha_F = \infty \text{ или } \frac{1}{\alpha_F} = 0, \delta_{сн} = 0, \Omega = 0,$ <p>или же определять по Руководстве ВНИИСТА (Р 409-80, Р-486-83) [6,7]</p>
<i>R</i>	$\frac{\text{ккал}}{\text{см}^2 \text{мес}}$	<i>RD</i>	Вещест-	Среднемесячные 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 подстила- ющей 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 фронта с дневной поверхности грунта вне зоны влияния трубо- провода; 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 фронта с дневной поверхности над трубопроводом: IPB-1 - образование; IPB-2 - разрушение; IPB-3 - отсутствие

Продолжение табл. I

1	2	3	4	5
<i>ITB</i>	-	<i>ITB</i>	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	TR	Вещественный	Среднемесячная температура поверхности грунта
$\xi_n, \xi_{обр.п}$	м	<i>EDB(N)</i>	То же	Формирование фазового фронта сезонных образований с дневной поверхности вне зоны влияния трубопровода, рассчитывается по данной Рекомендации
$\xi_n, \xi_{разр.п}^{верх}$	м	<i>EPB(N)</i>	"	Формирование фазового фронта сезонных разрушений с дневной поверхности вне зоны влияния трубопровода, рассчитывается по данной Рекомендации
ξ_k	м	ХН2	"	Обобщенная переменная формирования нижнего фазового фронта сезонных разрушений вне зоны влияния трубопровода
ξ_{k-1}, ξ_{NTPP}	м	ЕВ	"	Обобщенная переменная, принимающая значение ЕОВ (<i>N</i>) или ЕРВ (<i>N</i>)
y_{ces}	м	<i>YD(N)</i>	"	Формирование фазового фронта сезонных образований с дневной поверхности над трубопроводом, рассчитывается по данной Рекомендации

Продолжение табл. I

1	2	3	4	5
$U_{разр}$	м	$UP(N)$	Вещественный	Формирование фазового фронта сезонных разрушений с дневной поверхности над трубопроводом, рассчитывается по данной Рекомендации
$U_{НПВ}$	-	УВ	То же	Обобщенная переменная, принимающая значение УО (N) или УР (N)
IT	-	IT	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 - оттаивания грунта вокруг трубопровода по годам
IGR	-	IGR	"	Указатель знака t_{zp} : $IGR = I$, если $t_{zp} \geq 0$; $IGR = -I$, если $t_{zp} < 0$
ITN	-	ITN	"	Указатель знака $t(N)$: $ITN = I$, если $t(N) \geq 0$; $ITN = -I$, если $t(N) < 0$.

Продолжение табл. I

I	2	3	4	5
ITP	-	ITP	Целый	Указатель знака $t_n(N)$: $ITP=1$, если $t_n(N) \geq 0$; $ITP=-1$, если $t_n(N) < 0$.
n	-	N	То же	Переменная цикла по текущим месяцам года
$\rho_{сез}^{верх}$	м	$RD(N)$	Вещественный	Формирование фазового фронта сезонных образований вверх с поверхности трубопровода (отсчет от верхней образующей трубопровода), определяется по данной Рекомендации
$\rho_{разр}^{верх}$	м	$RP(N)$	То же	Формирование фазового фронта сезонных разрушений вверх с поверхности трубопровода (отсчет от верхней образующей трубопровода), определяется по данной Рекомендации
$\rho_{НПТВ}^{верх}, \rho_{НПАКТ}^{верх}$	м	RB	"	Обобщенная переменная, принимающая значение $RD(N)$ или $RP(N)$
$\rho_{НПАКТ}^{низ}$	м	RH	"	Обобщенная переменная, принимающая значения $RDS(N), ROP(N), ROPH(N), RDM(N)$
$\rho_{сез}$	м	$RDS(N)$	"	Формирование фазового фронта сезонных образований в основном трубопровода (отсчет от нижней образующей трубопровода); определяется по данной Рекомендации
$\rho_{разр}$	м	$ROP(N)$	"	Формирование фазового фронта сезонных разрушений с поверхности трубопровода в его основном (отсчет от нижней об-

Продолжение табл. I

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

Окончание табл. I

I	2	3	4	5
$\pm Q_{ep}$	0,86* Вт/м	QGR	Вещественный	Среднемесячные теплотокки с одного погонного метра трубопровода в грунт за счет фазовых превращений влаги
$\pm Q_c$	0,86 Вт/м	$QSUM$	То же	Сумма по периметру трубы, среднемесячных теплотокков с одного метра трубопровода в окружающую среду. $\pm Q_a, \pm Q_{ep}, \pm Q_c$ 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

I.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
ρ_{ep}	МН/м ³	Объемный вес грунта. Задается по данным изысканий

1	2	3
E	МПа	Модуль деформации талых грунтов. Определяется по СНиП 2.02.03-85 (табл. I и табл. 3 приложения 2) [5]
$\varphi_{гр}$	град	Угол внутреннего трения талого грунта. Задается по данным изысканий
c	МПа	Удельное сцепление. Задается по данным изысканий
q_T	Мн/м	Вес трубопровода с продуктом. Рассчитывается в соответствии со СНиП 2.05.06-85 [I]
$K_{см}$	$\left. \begin{array}{l} \frac{\text{МПа}}{\text{град}} \\ \text{МПа} \end{array} \right\}$	Коэффициенты, определяющие прочность смерзания мерзлого грунта с поверхностью трубопровода в зависимости от температуры. Задаются.
β		
R_L	МПа	Липкость грунта. Задается
$\beta_{р.т}$	МПа	Длительная прочность талого грунта на разрыв. Задается.
R_n	МПа	Относительные нормальные силы пучения. Задаются
K	Мн/м ³	Значение нормального давления морозного пучения, создаваемого I м замороженного слоя грунта. Задается
m	$\frac{\text{КН}}{\text{м}^4}$	Коэффициент пропорциональности при определении коэффициента постели талого грунта. Задается в соответствии со СНиП П-17-77 [9]
K_p	-	Коэффициент морозного пучения. Определяется экспериментально по методике [10]
K_i	-	Коэффициент просадочности. Определяется экспериментально

1	2	3
$R_{\text{врм}}^{\text{сж}}$	МПа	Расчетные давления (сжатия) на мерзлые грунты. Задаются в соответствии со СНиП П-18-76 (табл.2, приложение 6) [3]
$h_{\text{в.м}}$	м	Глубина залегания вечномерзлых грунтов. Задаются в проекте
$\xi_{\text{н}}$	м	Глубина промерзания (текущая) грунта с поверхности. Рассчитывается по данной Рекомендации
$\xi_{\text{г}}$	м	Глубина деятельного слоя. Рассчитывается по данной Рекомендации
$D_{\text{т.м}}$	м	Диаметр намерзшего слоя грунта на трубопровод. Рассчитывается по данной Рекомендации
$h_{\text{н}}^{\text{н}}$	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_{min}	$^{\circ}\text{C}$	<p>Среднемесячная температура поверхности грунта самого холодного месяца</p> $t_{\text{min}} = t_{\text{г}} - \frac{(t_{\text{г}} - t_{\text{г}}^{\text{min}}) \xi_{\text{н}}}{\xi_{\text{н}} + 1,5 \lambda_{\text{м}} \alpha},$ <p>где $t_{\text{г}}^{\text{min}}$ - среднемесячная температура воздуха наиболее холодного месяца. Остальные параметры, входящие в формулу, даны в табл.1</p>
$P_{\text{т}}$	МПа	Полное давление трубопровода на грунт основания с учетом всех факторов
$G_{\text{г}}$	$\text{Мн}/\text{м}^3$	Коэффициент постели талого грунта. Рассчитывается по данной Рекомендации

1	2	3
C_m	Мн/м ³	Коэффициент постели мерзлого грунта. Рассчитывается 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 $\rho_{разр}^{верх}$.
$\rho_{м/л}$	м	Формирование фронта многолетнего оттаивания мерзлого грунта в основании трубопровода

2. МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ТЕПЛООВОГО 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. Математически 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 сказывается 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 напочвенных 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 трубопровода 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 инородным 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 двумерные 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, обуславливающими 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 заведомо 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 (орезолов) в основании трубопровода.

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

$$\varphi = \frac{\left(Q_{\varphi}^{верх} + \frac{\lambda_0}{2a_0} |t_n| + \left| \frac{\lambda_0}{a_0} t_f - \frac{\lambda_{\infty}}{a_{\infty}} t_{\infty} \right| \right) (\xi_n + \xi_{n-1} + 2\lambda_0 \alpha) |\xi_n - \xi_{n-1}|}{2\lambda_0 |t_f - t_n|}$$

$$- \frac{\frac{\lambda_0}{a_0} |t_n| (\lambda_0 \alpha)^2 \cdot \rho_n |1 + \frac{\xi_n - \xi_{n-1}}{\xi_{n-1} + \lambda_0 \alpha}|}{2\lambda_0 |t_f - t_n|}, \quad (I)$$

где

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

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

$$t_n = t_{\theta} + \frac{13,7(R-LE)}{\alpha_F}.$$

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

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

где k - индекс месяца разрушения.

В формулах (1), (2)

$$\lambda_0, a_0 = \begin{cases} \lambda_{\tau}^{верх}, a_{\tau}^{верх} & \text{при } t_n \geq t_f; \\ \lambda_{\mu}^{верх}, a_{\mu}^{верх} & \text{при } t_n < t_f; \end{cases}$$

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

2.5. Когда $|t_f - t_n| = 0$, расчет по формуле (1) 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 $\xi_{\text{обр}}$, $\xi_{\text{разр}}$ 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 $IPR = 3$;
 процесс разрушения от поверхности и снизу продолжается,
 если $IPR = 2$;
 начинается процесс разрушения от поверхности и одновре-
 менно снизу - от величины ореола образования, если $IPR = 1$.
 Расчет продолжается до тех пор, пока не будут выполняться условия:

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

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

2.6.2. При выполнении $SIGN(t_n) \neq sign(t_\infty)$ в зависимости от фазовых процессов (IPR) в n -I месяц:

процесс образования ореолов от поверхности продолжается, если $IPR = 1$;

процесс образования ореолов начинается, если $IPR = 1$.

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

$$\tau = \frac{\left(Q_{\varphi}^{верх} + \left| \frac{\lambda_0}{a_0} t_f - \frac{\lambda_\infty}{a_\infty} t_\infty \right| \right) \rho_n | \rho_n - \rho_{n-1} | \left[\rho_n \frac{2\rho_n}{d_H} + \frac{\lambda_0}{\lambda_{уз}} \rho_n \frac{d_H}{d_0} \right]}{\lambda_0 | t_f - t |} + \frac{|\rho_n - \rho_{n-1}|}{2a_0} \left[\rho_n - \frac{\rho_n^2 - \frac{d_H^2}{4} \left(1 - \frac{2\lambda_0}{\lambda_{уз}} \rho_n \frac{d_H}{d_0} \right)}{2\rho_n \left(\rho_n \frac{2\rho_n}{d_H} + \frac{\lambda_0}{\lambda_{уз}} \rho_n \frac{d_H}{d_0} \right)} \right], \quad (3)$$

где $d_H = d_0 + 2\delta_{уз}$;

$$\lambda_0, a_0 = \begin{cases} \lambda_{\tau}^{верх}, a_{\tau}^{верх} & \text{для } L = -1, \\ \lambda_{\mu}^{верх}, a_{\mu}^{верх} & \text{для } L = 1; \end{cases}$$

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

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

2.8. Формирование сезонных фазовых фронтов с дневной по -
 верхности над трубопроводом определяется из решения уравнения

$$\gamma = \frac{\left(Q_{\varphi}^{верх} + \frac{\lambda_0}{2a_0} |t_n| + \left| \frac{\lambda_0}{a_0} t_f - \frac{\lambda_{\infty}}{a_{\infty}} t_{\infty} \right| \right) (y_n + y_{n-1} + 2\lambda_0 x) \left| y_n - y_{n-1} - \frac{\lambda_0}{a_0} |t_n| (\lambda_0 x)^2 \ln \left| 1 + \frac{y_n - y_{n-1}}{y_n + \lambda_0 x} \right| \right|}{2\lambda_0 |t_f - t_n|} \quad (4)$$

где

$$\lambda_0, a_0 = \begin{cases} \lambda_T^{верх}, a_T^{верх} & \text{для } L = -I, \\ \lambda_M^{верх}, a_M^{верх} & \text{для } L = +I; \end{cases}$$

$$\lambda_{\infty}, a_{\infty} = \begin{cases} \lambda_M^{верх}, a_M^{верх} & \text{для } L = -I, \\ \lambda_T^{верх}, a_T^{верх} & \text{для } L = +I; \end{cases}$$

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

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

$$\frac{\lambda_0 |t_f - t_n|}{X + \lambda_0 x} = \frac{\lambda_{\infty} |t_f - t|}{\left(h_0 + \frac{d_H}{2} - X \right) \left\{ \ln \left[1 + \frac{2(h_0 - X)}{d_H} \right] + \frac{\lambda_{\infty}}{\lambda_{uz}} \ln \frac{d_H}{d_0} \right\}} \quad (5)$$

где

$$\lambda_0 = \begin{cases} \lambda_T^{верх} & \text{для } t_n > t_f, \\ \lambda_M^{верх} & \text{для } t_n \leq t_f; \end{cases}$$

$$d_H = d_0 + 2\delta_{uz}$$

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

При $t = t_f$ расчет ведется только по уравнению (4). Когда $X > h_0$, значение X берется равным h_0 .

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 $\rho_n > X + \frac{d_H}{2}$, ρ_n присваивается значение т.е. $\rho_n = X + \frac{d_H}{2}$, где X находится из решения следующего уравнения:

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

при

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

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

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

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 образования, 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 $\frac{1}{2}$). 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 $Y_{обр}$. В зависимости от ITB в n -I 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). Аналогично рассчитываются образования сезонных ореолов от дневной поверхности $Y_{обр}$:

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

продолжаются, если $IPB = 1$.

$Y_{обр}$ рассчитывается из уравнения (4).

При выполнении условия $\rho_{обр}^{верх} + Y_{обр} \geq |h_T|$ происходит смена знака 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 $Y_{обр}$. В зависимости от фазовых процессов над трубопроводом в n -I месяц:

рассчитываются односторонние образования ореолов от поверхности $Y_{обр}$, если $ITB = 3$.

При выполнении условия $Y_{обр} \geq h_0$ происходит смена знака состояния грунта над трубопроводом ($L = -L$), прекращаются фазовые процессы от поверхности ($IPB = 3$). Односторонние образования рассчитываются по формуле (5);

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

При выполнении условия $\gamma_{обр} + \rho_{обр}^{верх} \geq |h_T|$ 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 $\rho_{разр}^{верх}$, $\rho_{обр}^{верх}$ зануляются 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 $\rho_{обр}^{верх}$. В зависимости от фазовых процессов над трубопроводом в n-I месяц:

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

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

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

$$\tau = \frac{(\lambda_{\phi}^{HИЗ} + \frac{\lambda_0}{a_0} t_f - \frac{\lambda_{\infty}}{a_{\infty}} t_{\infty}) \cdot \rho_n \cdot |\rho_n - \rho_{n-1}| \left[\ln \frac{2\rho_n}{d_H} + \frac{\lambda_0}{\lambda_{H3}} \ln \frac{d_H}{d_0} \right] + \frac{|\rho_n - \rho_{n-1}|}{2a_0} \left[\rho_n - \frac{\rho_n^2 - \frac{d_H^2}{4} \left(1 - \frac{2\lambda_0}{\lambda_{H3}} \ln \frac{d_H}{d_0} \right)}{2\rho_n \left(\ln \frac{\rho_n}{d_H} - \frac{\lambda_0}{\lambda_{H3}} \ln \frac{d_H}{d_0} \right)} \right]}{\lambda_0 \cdot |t_f - t|} \quad (7)$$

где

$$\lambda_0, a_0 = \begin{cases} \lambda_T^{HИЗ}, a_T^{HИЗ} & \text{для } L = -1; \\ \lambda_M^{HИЗ}, a_M^{HИЗ} & \text{для } L = 1; \end{cases} \quad \lambda_{\infty}, a_{\infty} = \begin{cases} \lambda_M^{HИЗ}, a_M^{HИЗ} & \text{для } L = -1; \\ \lambda_T^{HИЗ}, a_T^{HИЗ} & \text{для } L = 1; \end{cases}$$

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

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

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

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

$$\left. \begin{aligned} Q_{\text{гр}}^{\text{верх}} &= - \frac{\lambda_0^{\text{верх}} \theta^{\text{верх}} t}{\rho \pi \frac{2\rho_n^{\text{верх}}}{d_H} + \frac{\lambda_0^{\text{верх}}}{\lambda_{uz}} \rho \pi \frac{d_H}{d_0}}; \\ Q_{\text{гр}}^{\text{низ}} &= - \frac{\lambda_0^{\text{низ}} \theta^{\text{низ}} t}{\rho \pi \frac{2\rho_n^{\text{низ}}}{d_H} + \frac{\lambda_0^{\text{низ}}}{\lambda_{uz}} \rho \pi \frac{d_H}{d_0}}; \end{aligned} \right\} (11)$$

$$\left. \begin{aligned} Q_{\text{гр}} &= Q_{\text{гр}}^{\text{верх}} + Q_{\text{гр}}^{\text{низ}}; \\ Q_{\text{сум}} &= Q_a + Q_{\text{гр}}; \end{aligned} \right\} (12)$$

$$\left. \begin{aligned} K_{\text{верх}}^{\text{п.н.о}} &= \frac{1}{\frac{d_H}{2\lambda_{uz}} \rho \pi \frac{d_H}{d_0} + \frac{1}{\alpha_{2\text{верх}}^{\text{п.н.о}}}}; \\ K_{\text{низ}}^{\text{п.н.о}} &= \frac{1}{\frac{d_H}{2\lambda_{uz}} \rho \pi \frac{d_H}{d_0} + \frac{1}{\alpha_{2\text{низ}}^{\text{п.н.о}}}}. \end{aligned} \right\}$$

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

$$\alpha_{2\text{верх}}^n = \frac{2\lambda_0^{\text{верх}}}{d_H \ln \left\{ \frac{2h_S}{d_H} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{d_H}{h_S}} \right) + 1 \right\}}; \quad (I3)$$

$$\alpha_{2\text{низ}}^n = \frac{2\lambda_0^{\text{низ}}}{d_H \cdot \ln \left\{ \frac{2h_S}{d_H} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{d_H}{h_S}} \right) + 1 \right\}}; \quad (I4)$$

$$h_S = \left| h_T + \frac{d_H}{2} \right| + \lambda_0 x;$$

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

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

$$\alpha_2^H = \frac{2\lambda_0^{\text{верх}}}{d_H \ln \left\{ \frac{2(h_H - h_T - \frac{d_H}{2} - y_{\text{НИРВ}})}{d_H} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{d_H}{h_H - h_T - \frac{d_H}{2} - y_{\text{НИРВ}}}} \right) + 1 \right\}} \quad (I5)$$

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

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

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

$$\left. \begin{aligned}
 \beta &= 0 && \text{при } h_T < -\frac{d_H}{2}; \\
 \beta &= 2\alpha z \cos \frac{h_T}{h_H - h_T} && \text{при } -\frac{d_H}{2} \leq h_T \leq 0; \\
 \beta &= 2\pi - 2\alpha z \cos \frac{h_T}{h_H - h_T} && \text{при } 0 \leq h_T \leq \frac{h_H}{2}; \\
 \beta &= 2\pi && \text{при } h_T > \frac{h_H}{2};
 \end{aligned} \right\} (16)$$

$$\left. \begin{aligned}
 \alpha_2^0 &= \frac{\gamma}{2\pi} \alpha_2^a + \frac{2\lambda_0 \left(1 - \frac{r}{2\pi}\right)}{d_H \ln \left\{ \frac{2\lambda_0 x}{d_H} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{d_H}{\lambda_0 x}}\right) + 1 \right\}}; \\
 \gamma &= 2\alpha z \cos \frac{2|h_T|}{d_H} \quad \text{при } h_T \leq 0; \\
 \gamma &= 2\pi - 2\alpha z \cos \frac{2h_T}{d_H} \quad \text{при } h_T > 0.
 \end{aligned} \right\} (17)$$

2.13.2. Температура окружающей среды для надземного трубопровода

$$t_s^a = t_B + \frac{8,72 \cdot R(1 - A_T)}{\alpha_{2B}}. \quad (18)$$

2.13.3. Для наземного открытого газопровода

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

2.13.4. Для наземного в насыпи трубопровода:

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

2.13.5. Для подземного трубопровода:

$$\left. \begin{aligned}
 t_s^n = t_f & \quad \text{при} \quad \left\{ \begin{aligned}
 \frac{d_n}{2} < \rho_n^{\text{верх}} < |h_T + y_{NIPB}|, \\
 \rho_n^{\text{верх}} = \frac{d_n}{2} \text{ и } y_{NIPB} \neq 0 \text{ и } |h_T + y_{NIPB}| \frac{d_n}{2}
 \end{aligned} \right. \\
 t_s^n = t_s - \frac{(t_s - t_{cp}) h_s}{\rho_n^{\text{верх}} + |h_T|} & \quad \text{при} \quad \left\{ \begin{aligned}
 h_s \geq \rho_n^{\text{верх}} + |h_T| \text{ и } \rho_n^{\text{верх}} \gg |h_T + y_{NIPB}|; \\
 h_s < \rho_n^{\text{верх}} + |h_T| \text{ и } \rho_n^{\text{верх}} \gg |h_T + y_{NIPB}|;
 \end{aligned} \right. \quad (21) \\
 t_s^n = t_{cp} & \quad \text{при} \quad h_s \geq 7; \\
 t_s^n = t_s - \frac{1}{7}(t_s - t_{cp}) h_s & \quad \text{при} \quad h_s < 7; \text{ и } \rho_n^{\text{верх}} = \frac{d_n}{2} \text{ и } y_{NIPB} = 0.
 \end{aligned} \right\}$$

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

2.14.1. Для подземного трубопровода

Если $ITB = 3$

$$\left. \begin{aligned}
 \Theta^{\text{верх}} = 0, \varphi^{\text{верх}} = \varphi^{\text{низ}} = \pi & \quad \text{при} \quad \left\{ \begin{aligned}
 IPB = 0 \\
 \text{или} \\
 IPB \neq 0 \text{ и } \xi_{NIPB} \leq y_{NIPB};
 \end{aligned} \right. \\
 \Theta^{\text{верх}} = 2\alpha \cos \cos \frac{|h_T + \xi_{NIPB}|}{|h_T + y_{NIPB}|} & \quad \varphi^{\text{верх}} = 0; \varphi^{\text{низ}} = 2\pi - \Theta^{\text{верх}} \text{ при } |h_T| > \xi_{NIPB}; \\
 \Theta^{\text{верх}} = 2\pi - 2\alpha \cos \cos \frac{|h_T + \xi_{NIPB}|}{|h_T + y_{NIPB}|} & \quad \varphi^{\text{верх}} = 0, \varphi^{\text{низ}} = 2\pi - \Theta^{\text{верх}} \text{ при } |h_T| < \xi_{NIPB};
 \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

если $IT \neq 0$, то $\Theta^{\text{низ}} = 0$ и

$$\left. \begin{aligned}
 \varphi^{\text{верх}} = \varphi^{\text{низ}} = 0; \Theta^{\text{верх}} = \Theta^{\text{низ}} = \pi & \quad \text{при} \quad \rho_{\text{нзакт}}^{\text{низ}} \leq |h_T + \xi_{NIPB}|; \\
 \varphi^{\text{верх}} = 2\alpha \cos \cos \frac{|h_T + \xi_{NIPB}|}{\rho_{\text{нзакт}}^{\text{низ}}}, \Theta^{\text{верх}} = \pi - \varphi^{\text{верх}}; \Theta^{\text{низ}} = \pi & \quad \text{при } |h_T| > \xi_{NIPB}; \\
 \varphi^{\text{верх}} = 2\pi - 2\alpha \cos \cos \frac{|h_T + \xi_{NIPB}|}{\rho_{\text{нзакт}}^{\text{низ}}}, \Theta^{\text{верх}} = 0, \Theta^{\text{низ}} = 2\pi - \varphi^{\text{верх}} & \quad \text{при } |h_T| < \xi_{NIPB}.
 \end{aligned} \right\}$$

Если $ITB \neq 3$

для любых

IPB и IT

$$\left. \begin{aligned}
 & \varphi^{\text{верх}} = \varphi^{\text{низ}} = 0; \quad \theta^{\text{верх}} = \theta^{\text{низ}} = \pi; \\
 & \varphi^{\text{верх}} = 2\alpha \cos \frac{|h_T + \xi_{\text{НИРР}}|}{\rho_{\text{НИТВ}}^{\text{верх}}}; \quad \theta^{\text{верх}} = 2\pi - \varphi^{\text{верх}}; \quad \varphi^{\text{низ}} = \theta^{\text{низ}} = 0 \\
 & \varphi^{\text{верх}} = 2\pi - 2\alpha \cos \frac{|h_T + \xi_{\text{НИРР}}|}{\rho_{\text{НИТВ}}^{\text{верх}}}; \quad \theta^{\text{верх}} = 2\pi - \varphi^{\text{верх}}; \quad \varphi^{\text{низ}} = \theta^{\text{низ}} = \theta^{\text{верх}} = 0 \\
 & \text{при } \begin{cases} |h_T| < \xi_{\text{НИРР}} \\ \rho_{\text{НИТВ}}^{\text{верх}} > |h_T + y_{\text{НИРР}}| \end{cases} \\
 & \text{при } \begin{cases} |h_T| \geq \xi_{\text{НИРР}} \\ \rho_{\text{НИТВ}}^{\text{верх}} > |h_T + y_{\text{НИРР}}| \end{cases}
 \end{aligned} \right\} (23)$$

2.14.2. Для наземного трубопровода в насыпи

Если ИТВ = 3 и
ИТ = 0, то

$$\left. \begin{aligned}
 & \text{если } IPB = 0, \text{ то } \theta^{\text{верх}} = 0; \quad \varphi^{\text{верх}} = \varphi^{\text{низ}} = \pi; \\
 & \theta^{\text{верх}} = 0, \varphi^{\text{верх}} = \varphi^{\text{низ}} = \pi \quad \text{при } h_T < -\frac{d_H}{2} \quad \text{и} \quad \xi_{\text{НИРР}} \leq (y_{\text{НИРР}} - h_H); \\
 & \theta^{\text{верх}} = 2\alpha \cos \frac{|h_T + \xi_{\text{НИРР}}|}{|h_T - h_H - y_{\text{НИРР}}|}, \quad \varphi^{\text{верх}} = 0, \varphi^{\text{низ}} = 2\pi - \theta^{\text{верх}} \\
 & \text{при } \begin{cases} h_T < -\frac{d_H}{2} \quad \text{и} \\ |h_T| \geq \xi_{\text{НИРР}} > (y_{\text{НИРР}} - h_H); \end{cases} \\
 & \theta^{\text{верх}} = 2\pi - 2\alpha \cos \frac{|h_T + \xi_{\text{НИРР}}|}{|h_T - h_H - y_{\text{НИРР}}|}, \quad \varphi^{\text{верх}} = 0, \varphi^{\text{низ}} = 2\pi - \theta^{\text{верх}} \\
 & \text{при } \begin{cases} h_T < -\frac{d_H}{2} \quad \text{и} \\ |h_T| < \xi_{\text{НИРР}} > (h_T + y_{\text{НИРР}}); \end{cases} \\
 & \theta^{\text{верх}} = \beta, \varphi^{\text{верх}} = 0, \varphi^{\text{низ}} = 2\pi - \beta \quad \text{при } -\frac{d_H}{2} < h_T < \frac{d_H}{2}; \\
 & \theta^{\text{верх}} = \pi, \varphi^{\text{верх}} = 0, \varphi^{\text{низ}} = \pi \quad \text{при } h_T \geq \frac{d_H}{2}.
 \end{aligned} \right\} \text{если } IPB \neq 0, \text{ то}$$

Если ИТ ≠ 0, то при любом IPB

$$\left. \begin{aligned}
 & \varphi^{\text{верх}} = \varphi^{\text{низ}} = 0; \quad \theta^{\text{верх}} = \theta^{\text{низ}} = 0 \quad \text{при } \rho_{\text{НТАКТ}}^{\text{низ}} \leq |h_T + \xi_{\text{НИРР}}|; \\
 & \varphi^{\text{верх}} = 2\alpha \cos \left[\frac{|h_T + \xi_{\text{НИРР}}|}{\rho_{\text{НТАКТ}}^{\text{низ}}} \right], \quad \theta^{\text{верх}} = \pi - \varphi^{\text{верх}}, \quad \theta^{\text{низ}} = \pi \quad \text{при } |h_T| \geq \xi_{\text{НИРР}}; \\
 & \varphi^{\text{верх}} = 2\pi - 2\alpha \cos \left[\frac{|h_T + \xi_{\text{НИРР}}|}{\rho_{\text{НТАКТ}}^{\text{низ}}} \right], \quad \theta^{\text{верх}} = 0, \quad \theta^{\text{низ}} = 2\pi - \varphi^{\text{верх}} \\
 & \text{при } |h_T| < \xi_{\text{НИРР}}.
 \end{aligned} \right\}$$

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

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

$$\text{если } \rho_{\text{НЛАКТ}}^{\text{верх}} \geq (h_H - h_T - y_{\text{НПРВ}}) \text{ то } \left. \begin{array}{l} \varphi^{\text{верх}} = 2\pi; \varphi^{\text{низ}} = \Theta^{\text{верх}} = 0 \text{ при } h_T \geq \frac{h_H}{2}; \\ \Theta^{\text{низ}} = 2\alpha z \cos \frac{h_T}{h_H - h_T}, \varphi^{\text{верх}} = 2\pi - \Theta; \varphi^{\text{низ}} = \Theta = 0 \text{ при } \frac{h_H}{2} > h_T > 0; \\ \Theta^{\text{низ}} = 2\alpha z \cos \frac{|h_T - y_{\text{НПРВ}}|}{\rho_{\text{НЛАКТ}}^{\text{низ}}}, \varphi^{\text{верх}} = 2\pi - \Theta; \varphi^{\text{низ}} = \Theta = 0 \text{ при } h_T < 0. \end{array} \right\} \quad (25)$$

2.14.3. Для наземного открытого трубопровода

Если $\text{ЖАКТ} \neq 0$, то

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

Если $\text{ЖАКТ} = 0$, то $\Theta^{\text{низ}} = \Theta^{\text{верх}} = 0$;

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

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

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

$$d_H = d_0 + 2\delta_{из} \quad (\text{экрана}), \quad (28)$$

во всех же остальных формулах в качестве d_H необходимо брать d_0 (без учета толщины теплоизоляции).

3. РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТРУБОПРОВОДОВ С ПУЧИНИСТЫМИ 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);

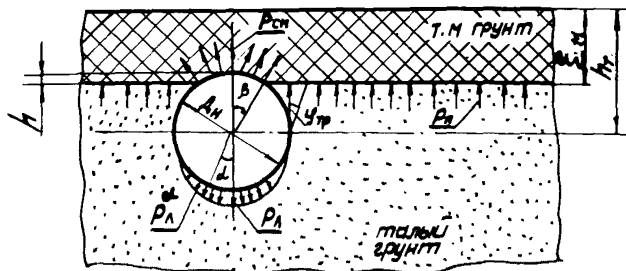
совместного промерзания грунта как с поверхности, так и от трубопровода.

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, превьсят 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 превьсят силы, способствующие перемещению.

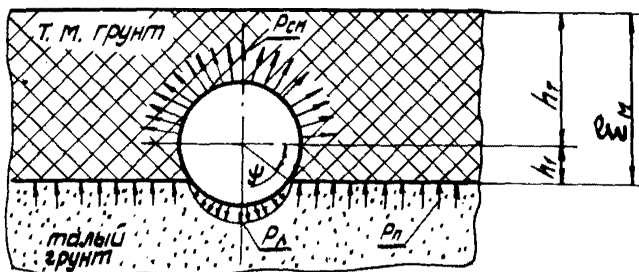
Таким образом, "эффективная" мощность может быть определена из условия равновесия сил в процессе пучения грунта.

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.1, пос.а), т.е.



а



б

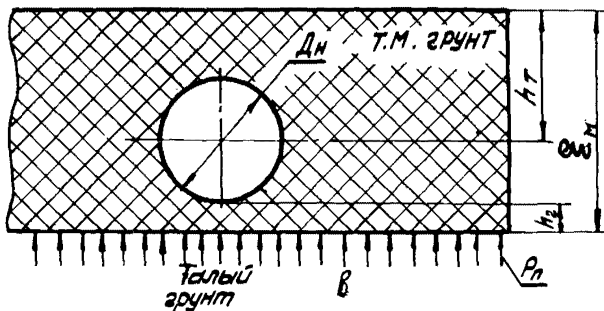


Рис.1. Схема действия сил на трубопровод при промерзании грунта с поверхности

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

перемещение трубопровода происходит под действием сил смерзания Q_{CM} трубы с замороженным 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 $Q_{ЗР}$; силы, обусловленные или липкостью Q_L талого грунта с трубой по нижней образующей, или прочностью талого грунта при отрыве налипшего грунта от основного массива $Q_{разр}$. 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 $q = 0$.

$$Q_{CM} = \frac{1}{2} K_{CM} D_H^2 \frac{t_{min} \sin\left(\frac{\pi}{3} \varepsilon\right)}{\xi_M} \left(\sin \beta - \frac{1}{4} \sin 2\beta - \frac{1}{2} \beta \right) + b D_H \sin \beta, \quad (30)$$

где K_{CM} и b - коэффициенты пропорциональности, определяемые по табл.3.

Таблица 3

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

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

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

где

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

ξ_g определяется по методике, изложенной в разд.2.

$$q_{2p} = \gamma_{2p} \left(h_T - \frac{1}{2} D_H \right) D_H + 0,107 \gamma_{2p} D_H^2 + \frac{1}{4} \gamma_{2p} D_H^2 \cos^2 \beta \operatorname{tg} \varphi_{2p} + \frac{c D_H \cos \beta}{\cos \varphi_{2p}}; \quad (34)$$

$$q_A = \frac{\pi}{4} \rho_A D_H; \quad (35)$$

$$q_{разр} = \sigma_{pT}^{dA} D_H; \quad (36)$$

ρ_A и σ_{pT}^{dA} определяются для различных грунтов по рис.2 в зависимости от влажности.

Перемещения трубопровода в рассматриваемом сечении начнется в момент, когда

$$q_{см} - q_1 - q_{2p} - q_T \pm q = 0. \quad (37)$$

Здесь величина q_1 равна меньшему из двух значений, определенных по формулам (35) и (36). Нагрузки $q_{см}$ и q_{2p} являются функциями времени ξ от начала промерзания грунта до начала перемещения. Поэтому ξ 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).

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

$$\Delta = l_{эф} \cdot K_p, \quad (38)$$

где

$$l_{эф} = \xi_g - \xi_{min}. \quad (39)$$

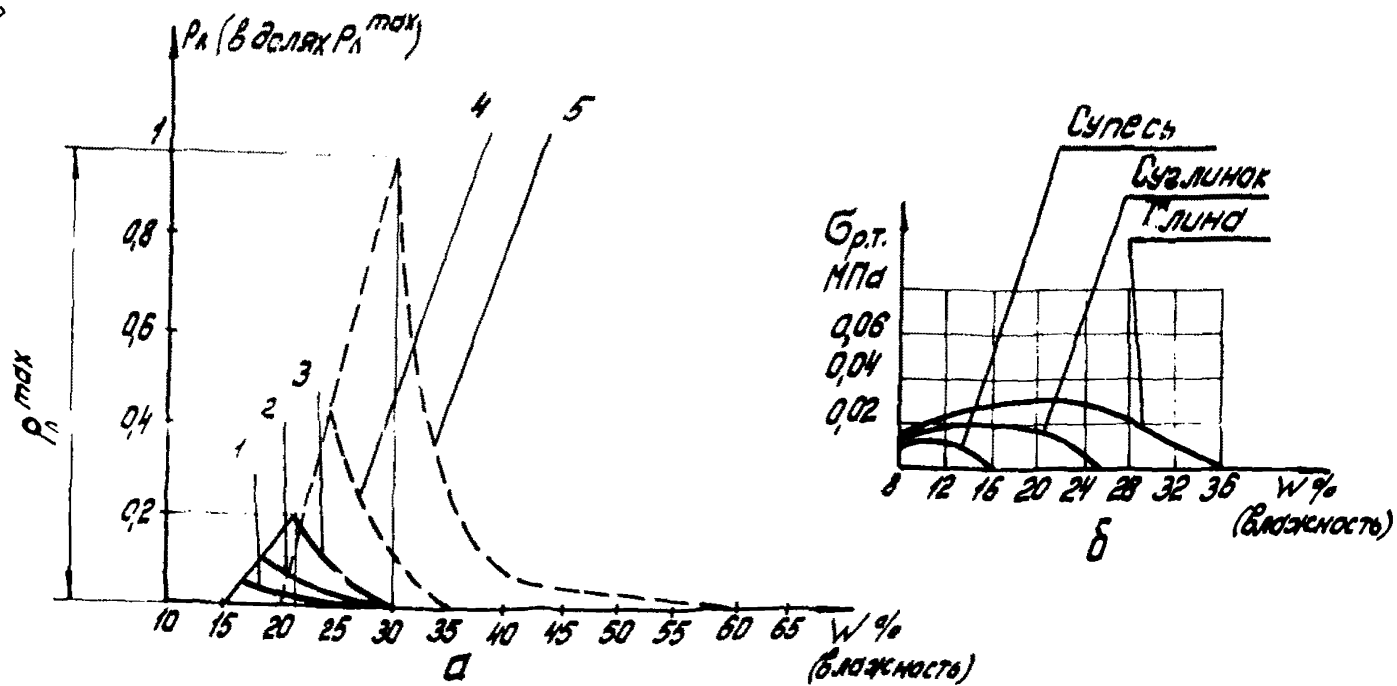


Рис.2. Зависимость липкости (а) и длительной прочности грунтов на растяжение от влажности (б):
 1—супеси легкие, суглинки нарушенные полутвердой консистенции; 2—супеси тяжелые, суглинки легкие или нарушенного сложения; 3—суглинки средние и тяжелые нарушенного сложения; 4—глины легкие нарушенного сложения, глины тяжелые ненарушенного сложения; 5—глины тяжелые ненарушенного сложения

Если $\xi_g < \xi_{min}$, 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

Примечание. 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 $q_{см}$, 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.6), т.е.

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

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

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

где

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

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

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

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

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

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

$$q'_{\text{разр}} = b_{\text{р.т}}^{\text{ан}} D_H \cos \psi; \quad (45)$$

$$q'_{\text{зр}} = \gamma_{\text{зр}} (h_T - 0,5 D_H) D_H + 0,107 \gamma_{\text{зр}} D_H^2. \quad (46)$$

Из уравнения

$$q_{\text{см}} + q_{\text{п}} - q'_1 - q_T - q'_{\text{зр}} \pm q = 0 \quad (47)$$

определяют время начала перемещения от начала промерзания ξ , 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 $\xi_q < \xi_{\text{min}}$, $\Delta = 0$.

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 $q'_{\text{п}}$, $q'_{\text{см}}$, $q'_{\text{зр}}$, q_T и q

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

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 трубо-

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

Силы, вызывающие перемещение рассматриваемого сечения трубопровода (силы лучения q_{Π}^4), распределяются по нижней образующей цилиндра. Перемещению препятствуют вес трубы с про- дуктом и намерзшим грунтом $q_{Т.М}^4$, сопротивление талого грунта над трубой $q_{ЗР}^4$, силы трения мерзлого цилиндра об окру- жающий талый грунт $f_{ТР}$ и сила q , возникающая от влия- ния примыкающих участков трубопровода (см.п.3.3.1),

$$q_{\Pi}^4 = \rho_{\Pi} D_H. \quad (50)$$

Значения ρ_{Π} для разных грунтов приведены в табл.5.

Таблица 5

Вид грунта	Относительные нормальные силы лучения ρ_{Π} , МПа
Песок	0,025
Супесь	0,100
Суглинок	0,250
Глина	0,205

$$q_{Т.М}^4 = q_T + \frac{\Pi}{4} \gamma_{ГР} (D_{Т.М}^2 - D_H^2); \quad (51)$$

$$q_{ГР}^4 = \gamma_{ГР} D_{Т.М} (h_T - 0,39 D_{Т.М}) + \gamma_{ГР} h_T^2 \operatorname{tg} \varphi_{ГР} + \frac{Ch_T}{\cos \varphi_{ГР}}; \quad (52)$$

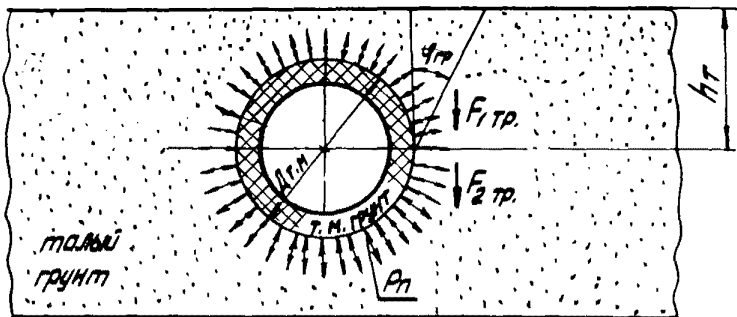
$$f_{ТР} = \left[\rho_{\Pi} D_{Т.М} + \gamma_{ГР} D_{Т.М} \left(h_T - \frac{3}{4} D_{Т.М} \right) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_{ГР}}{2} \right) \right] \operatorname{tg} \varphi_{ГР}. \quad (53)$$

Минимальную величину $D_{Т.М}^{min}$, при которой начинается переме- щение, определяют при решении уравнения

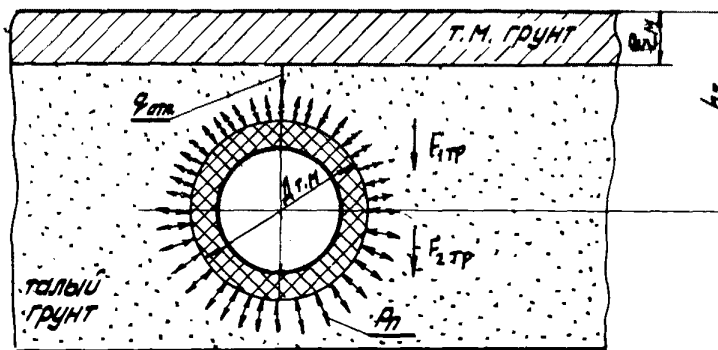
$$q_{\Pi}^4 - q_{Т.М}^4 - q_{ГР}^4 - f_{ТР} \pm q \quad (54)$$

относительно $D_{Т.М}$. Соответствующую ей минимальную толщину на - мерзшего слоя определяют по формуле

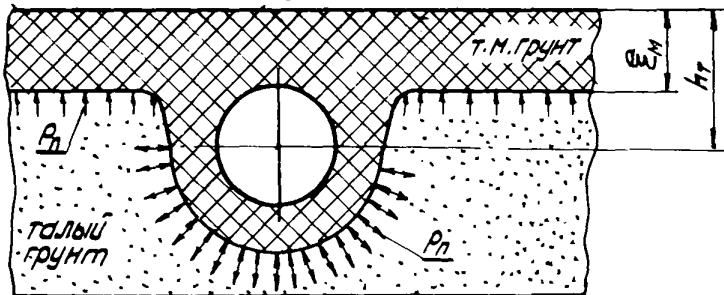
$$D_{Т.М}^{min} = 0,5 (D_{Т.М}^{min} - D_H). \quad (55)$$



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

$$\delta_{Т.М}^{max} = 0,5 (2_{Т.М}^{max} - D_H). \quad (56)$$

$D_{Т.М}^{max} = 2\rho_{м/л}$ определяют по табл. I настоящих Рекомендаций к моменту окончания промерзания. Величину перемещения определяют по формуле (38), в которой

$$h_{эф} = \delta_{Т.М}^{max} - \delta_{Т.М}^{плп}. \quad (57)$$

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 $q_{п}^4$, $q_{Т.М}^4$, $q_{гр}^4$, $f_{гр}$, $q_{отп}$ (реакция отпора промерзшего слоя) и q .

Величину $q_{гр}^4$ определяют по формуле

$$q_{гр}^4 = \gamma_{гр} D_{Т.М} (h_T - 0,39 D_{Т.М}) + \gamma_{гр} (h_T - \xi_H)^2 t g \varphi_{гр} + \frac{c(h_T - \xi_H)}{\cos \varphi_{гр}}. \quad (58)$$

Перемещение рассматриваемого сечения вверх будет продолжаться до тех пор, пока

$$q_{п}^4 > q_{Т.М}^4 + q_{гр}^4 + f_{гр} + q_{отп} \pm q.$$

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. $q_{отп}$ в момент прекращения перемещения определяют по формуле

$$Q_{отп} = Q_{п}^4 - Q_{гр}^4 - Q_{т.м}^4 - f_{т.р} \pm Q, \quad (59)$$

Максимальное значение $Q_{отп}^{max}$ рассчитывают по формуле

$$Q_{отп}^{max} = Q_{т.м}^4 + f_{т.р} + Q_{гр}^4 \left(1 - \frac{\xi_M}{h_T}\right) + R_{гр.м}^{сж} D_{т.м} \frac{\xi_M}{h_T}, \quad (60)$$

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

$$\Delta = \frac{Q_{отп}}{D_{т.м}} \cdot \frac{l}{G_0}, \quad (61)$$

где

$$G_0 = \frac{\xi_M}{h_T} G_M + \left(1 - \frac{\xi_M}{h_T}\right) G_T, \quad (62)$$

Коэффициент постели талого грунта G_T определяют по формуле

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

где m - коэффициент пропорциональности, КН/м^2 , принимаемый в зависимости от вида грунта по табл.6.

Для грунтов с промежуточным значением характеристик J_L и ϱ величины коэффициента m определяют интерполяцией. Коэффициент постели мерзлого грунта G_M определяют по формуле

$$G_M = G_T (1 + q), \quad (64)$$

Коэффициент q 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 окончания промерзания с поверхности грунта с мерзлым грунтом вокруг трубы (см.рис.3, поз.в) будет продолжаться движение талого фронта промерзания.

Таблица 6

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

Примечание. Меньшие значения коэффициента M в табл. 6 соответствуют более высоким значениям консистенции J_L глинистых грунтов и коэффициенту пористости e 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:

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

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

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

$$\text{Для } \xi_d < \xi_{cm} \quad \Delta_2 = 0.$$

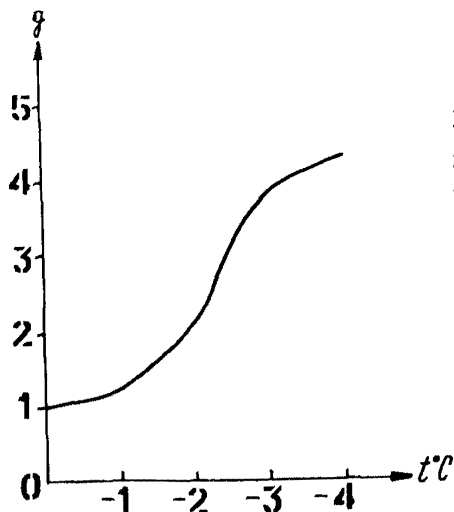


Рис.4. Значения коэффициента q в зависимости от температуры мерзлого грунта

4. РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТРУБОПРОВОДОВ С ОТТАИВАЮЩИМИ МЕРЗЛЫМИ ГРУНТАМИ

Расчет включает определение нагрузок на трубопровод от действия вышележащего грунта и осадки оттаившего 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 обрушения. Таким образом

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

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

$$\frac{D_H}{2} \leq h_T \leq h_{B.M} - \frac{D_H}{2} \quad (68)$$

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 $q_{1гр}$ и $q_{2гр}$ в формуле (67) определяют по следующим формулам:

$$q_{1гр} = \gamma_{гр} D_H (h_T - 0,39 D_H); \quad (71)$$

$$q_{2гр} = \gamma_{гр} (h_T^2 - \xi_M^2) \operatorname{tg} \varphi_{гр} - \frac{c(h_T - \xi_M)}{\cos \varphi_{гр}} \quad (72)$$

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 $q_{1гр}$ в формуле (67) определяют по формуле (71), а $q_{2гр}$ - по формуле

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

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

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

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

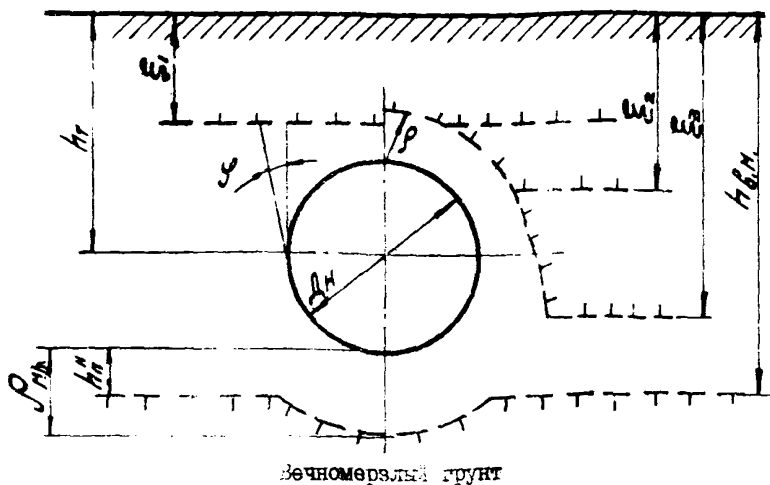
то $q_{1гр}$ определяют по формуле (71), а $q_{2гр}$ - по формуле

$$q_{2гр} = \gamma_{зр} \sqrt{\rho(D_H + \rho)} (2h_T - \sqrt{\rho(D_H + \rho)}) \operatorname{tg} \varphi_{гр} - \frac{c\sqrt{\rho(D_H + \rho)}}{\cos \varphi_{гр}} \quad (78)$$

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

$$h_T < \xi_M \leq h_{в.м.}, \quad (79)$$

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



Трубопровод, расположенный в пределах деятельного

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

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

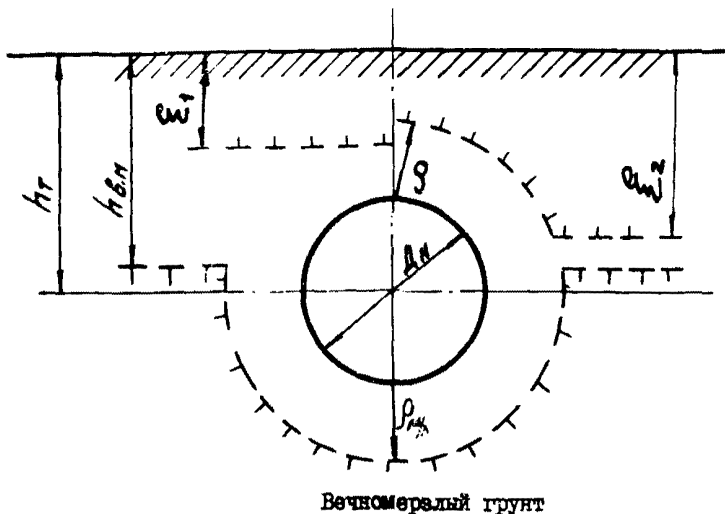


Рис.6. Трубопровод, частично расположенный в вечномёрзлом грунте

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

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

а оросой протаивания над трубой расположен до подошвы промерзания, т.е.

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

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

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

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

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

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

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

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

$$0 \leq \xi_M \leq h_{в.м}, \quad (88)$$

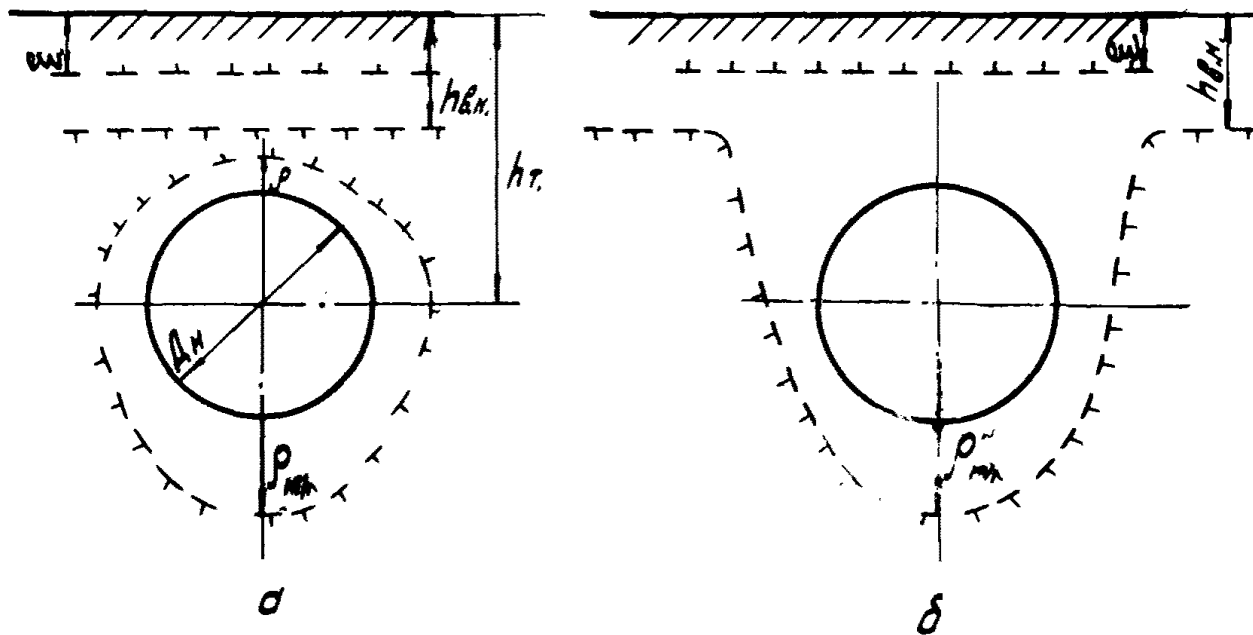


Рис.7. Трубопровод, полностью расположенный в вечномёрзлом грунте:
 а - ореол оттаивания над трубой не вышел за пределы вечномёрзлого грунта; б - ореол оттаивания над трубой вышел за пределы вечномёрзлого грунта

а ореол протаивания над трубой расположен в пределах вечномёрзлого грунта, т.е.

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

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

$$q_{2гр} = \gamma_{гр} (h^2 \operatorname{tg} \varphi_{гр} + S) - \frac{c h}{\cos \varphi_{2р}}, \quad (90)$$

где

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$h_T - \frac{D_H}{2} - \varepsilon_M < \rho \leq h_T - \frac{D_H}{2}, \quad (100)$$

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

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

$$\delta_{ос} = (\rho_{м/л} - h_n^H) K_i, \quad (101)$$

где

$$h_n^H = h_{в.м} - \left(h_T + \frac{D_H}{2} \right). \quad (102)$$

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

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

$$\delta_{ос} = K_i (\rho_{м/л} - h_n^H) + a \rho_T (\rho_{м/л} - h_n^H). \quad (103)$$

Коэффициент сжимаемости a талых грунтов связан с модулем деформации условием [11]:

$$a = \frac{\eta, \theta}{E}. \quad (104)$$

5. РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ НА ЭВМ

5.1. Структура программы. Программа PIPE5 включает головную программу TAMIRE и подпрограммы ВВОД и Вых (рис.8). Программа TAMIRE 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 программы составлены в соответствии с ГОСТ 19.003-80 [8]. Укрупненная блок-схема программы ТАМІРЕ представлена на рис.9 (см.табл.І).

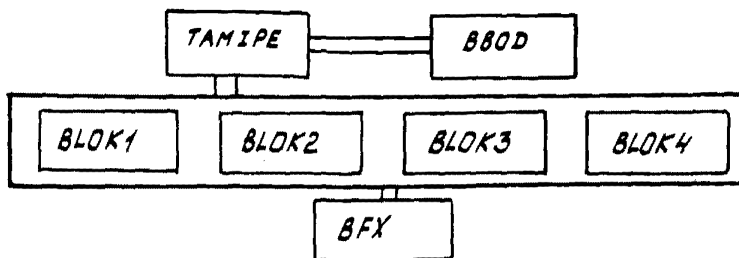


Рис.8. Схема взаимодействия программ

Таблица 7

Наименование программы	Назначение программы
ТАМІРЕ	<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>

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

5.2.1. С помощью подпрограммы ВВОД осуществляют ввод и печать в виде таблиц исходных параметров, а в блоках ДИ-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 AI-FI 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 n-I месяце (IPP) выделяются варианты:

отсутствия фазовых фронтов - блоки A2, B2;

начала или продолжения процессов разрушения фазового фронта - блоки C2-D3;

начала или продолжения процессов формирования сезонных фазовых фронтов - блоки E3 - C4.

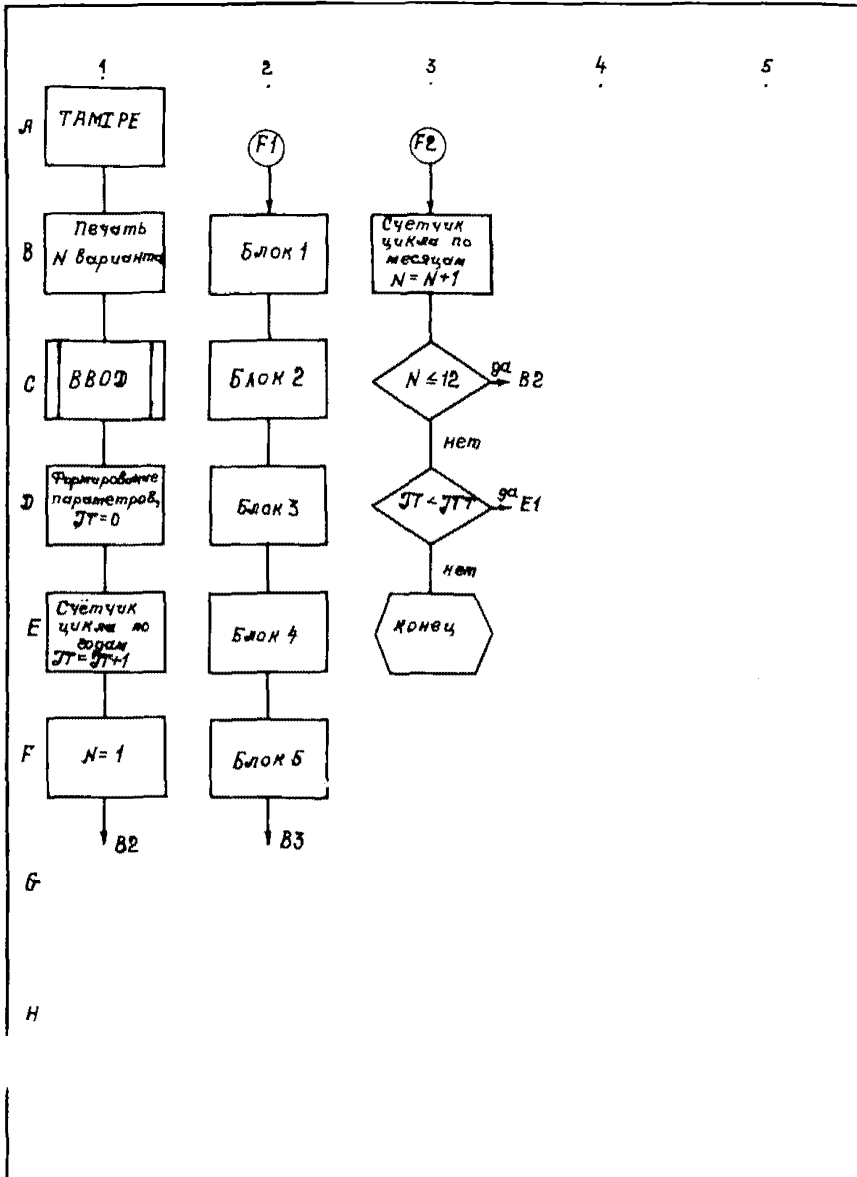


Рис.9. ТАМИРЕ. Головная программа

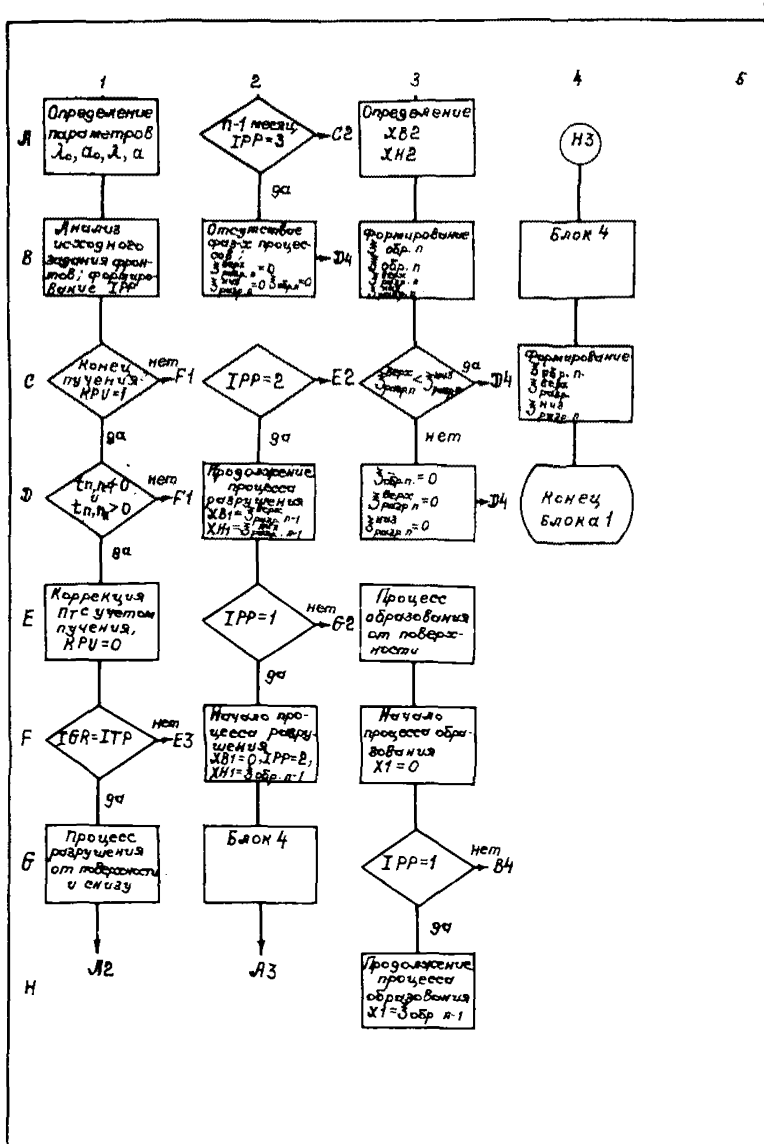


Рис.10. Блок I. Расчет фазовых процессов от дневной мощности без трубопровода

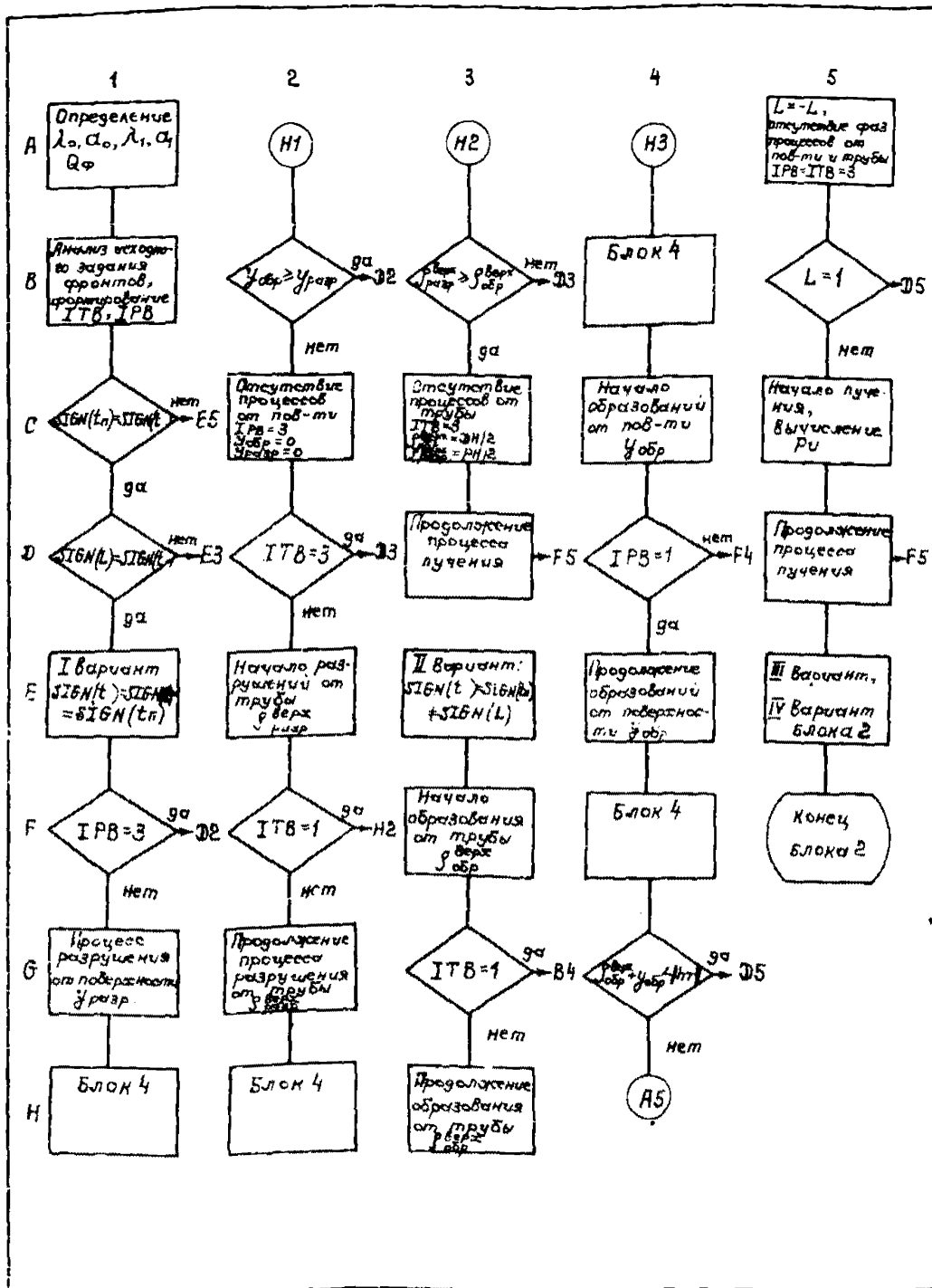


Рис. II. Блок 2 (I, II варианты). Расчет фазовых процессов над трубопроводом

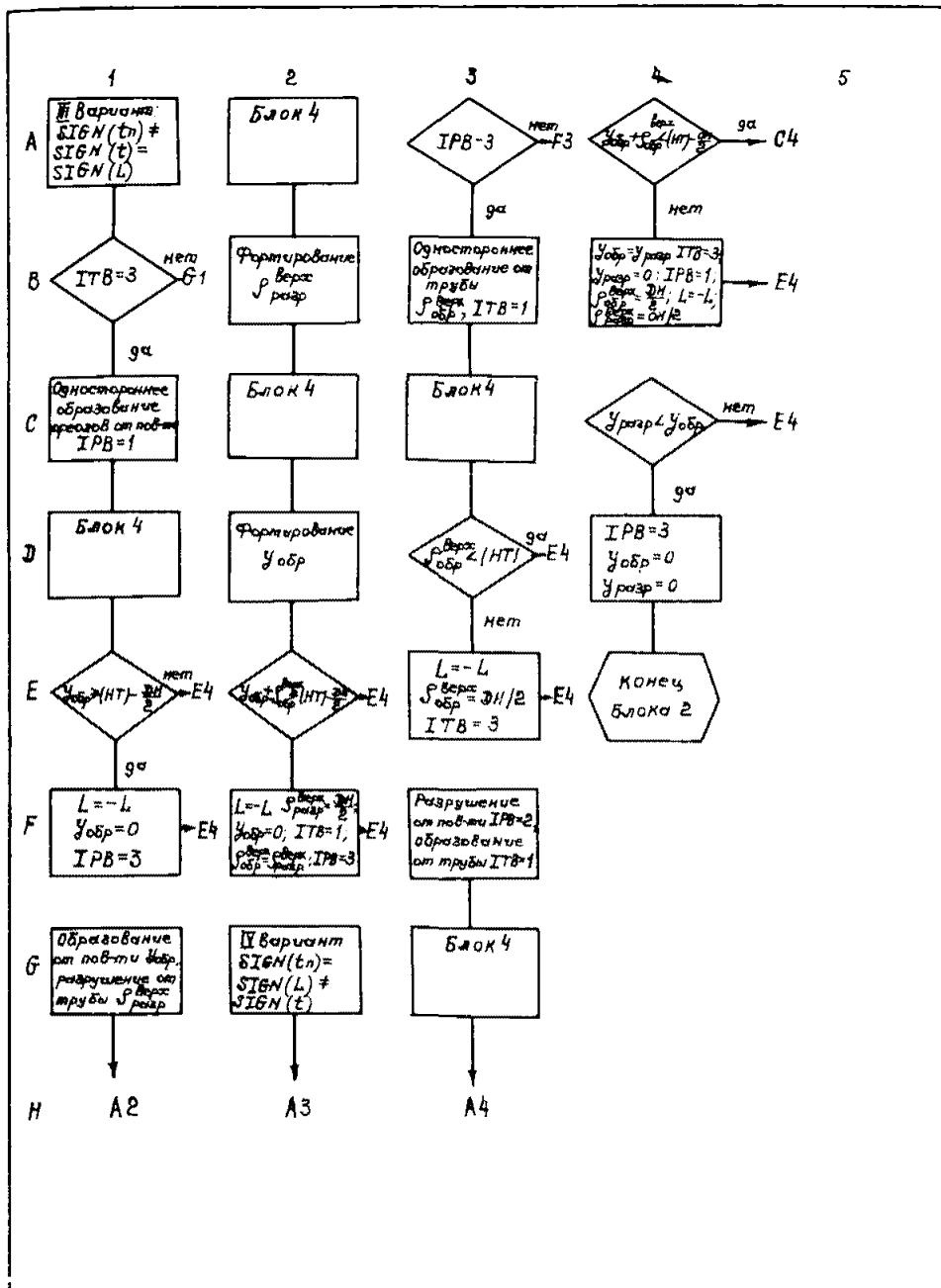


Рис.12. Блок 2 (III и IV варианты). Расчет фазовых процессов над трубопроводом

5.2.4. Блок-схема (см.рис. II, I2) 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 n-I месяце (IPB, ITB) выделяются 4 основных варианта:

отсутствие, начало или продолжение процессов разрушения фазовых фронтов с дневной поверхности грунта и вверх с поверхности трубопровода (блоки E1-D3);

начало или продолжение процесса формирования фронтов с дневной поверхности грунта и вверх с поверхности трубопровода (блоки E3-D5);

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 C1-F2);

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 G2 -J 4).

5.2.5. Блок-схема (рис. I3) 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 M-I месяце (IT) и типа процесса формирования фазового фронта в основании трубопровода (JAKT) выделяются следующие варианты:

процесс разрушения с коррекцией сохранения многолетних ореолов или видоизменения типа фазовых процессов (блоки D1-B3);

процесс формирования сезонных или многолетних фазовых фронтов при возможных их разрушениях, или сменой типа фазовых процессов (блоки C3-B5).

5.2.6. Блок-схема (рис. I4) отражает вычислительный процесс, являющийся общим для блоков I-3; расчет фазовых фронтов

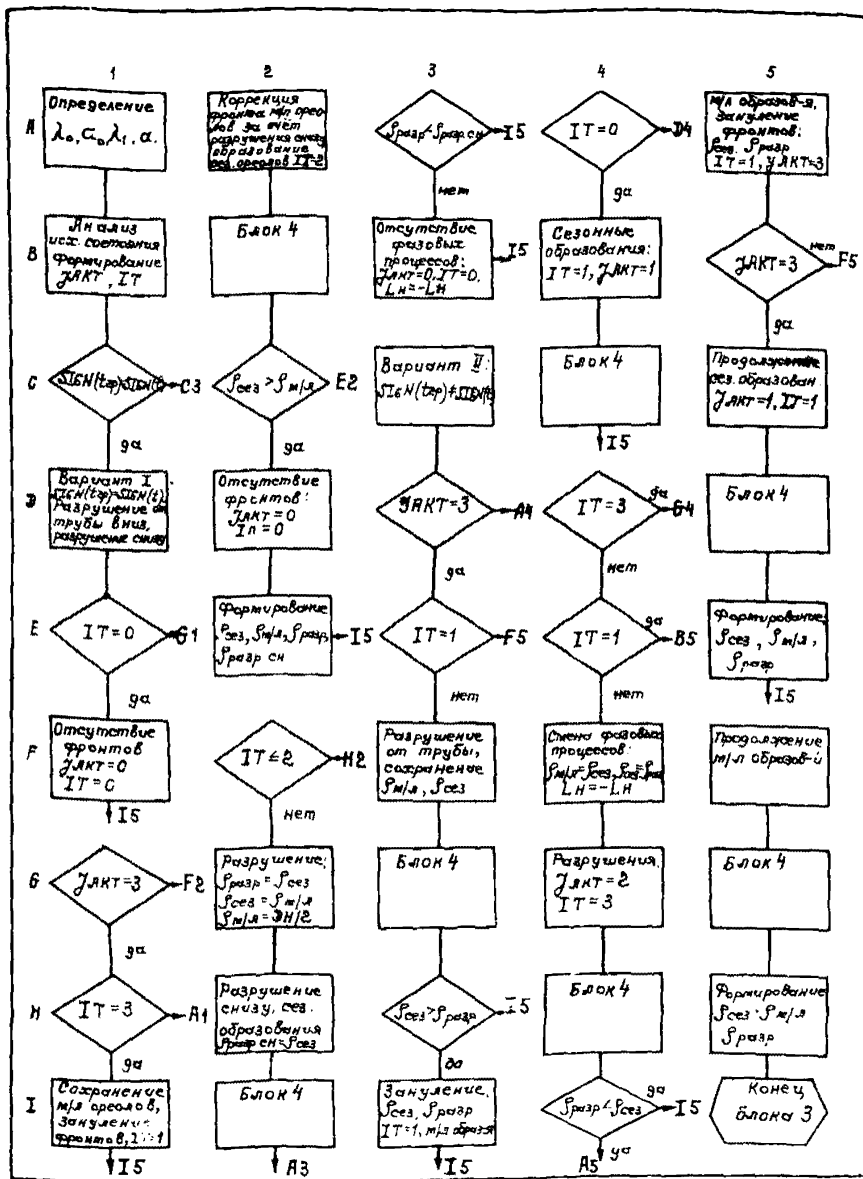


Рис.13. Блок 3. Расчет фазовых процессов под трубопроводом

для всех систем прокладок трубопроводов с учетом значения ореолов в n -й месяце (ХНП). В блоках А1-Е2 формируется приведенное значение ХНП: 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 протаивания с учетом просадок в блоках А1-Н2. Также выполняется расчет теплоточков в системе "трубопровод-грунт" с учетом типов прокладок (блоки В2-Д5). Осуществляется печать результатов счета для n -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-В2).

5.3. Условия применения. Требования к техническим средствам.

Для работы программы требуется следующая комплектность оборудования:

центральный процессор ЕС 2422-01 для ЭВМ 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.

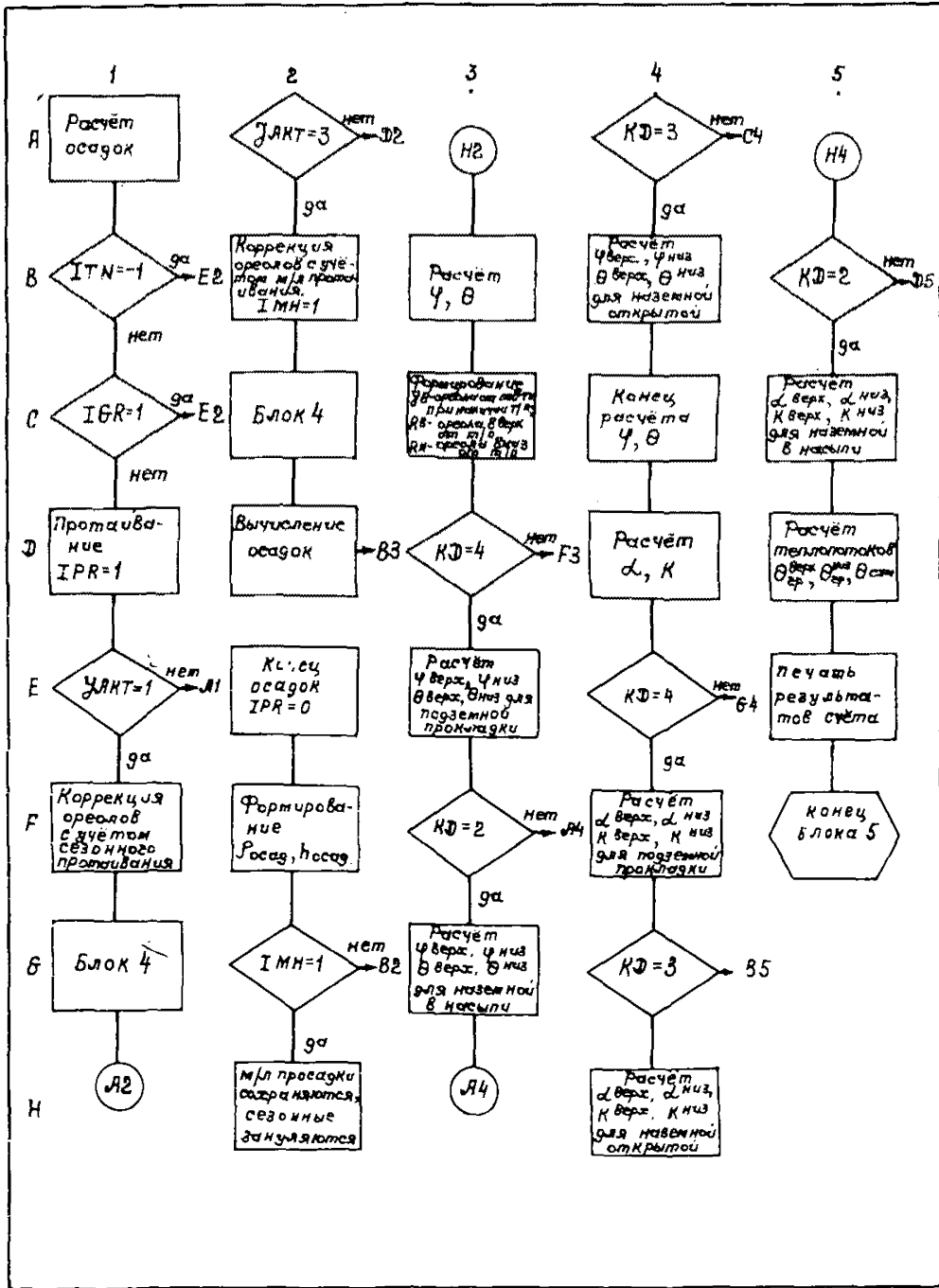


Рис.15. Блок 5. Расчет осадков, теплопотоков, печать результатов счета

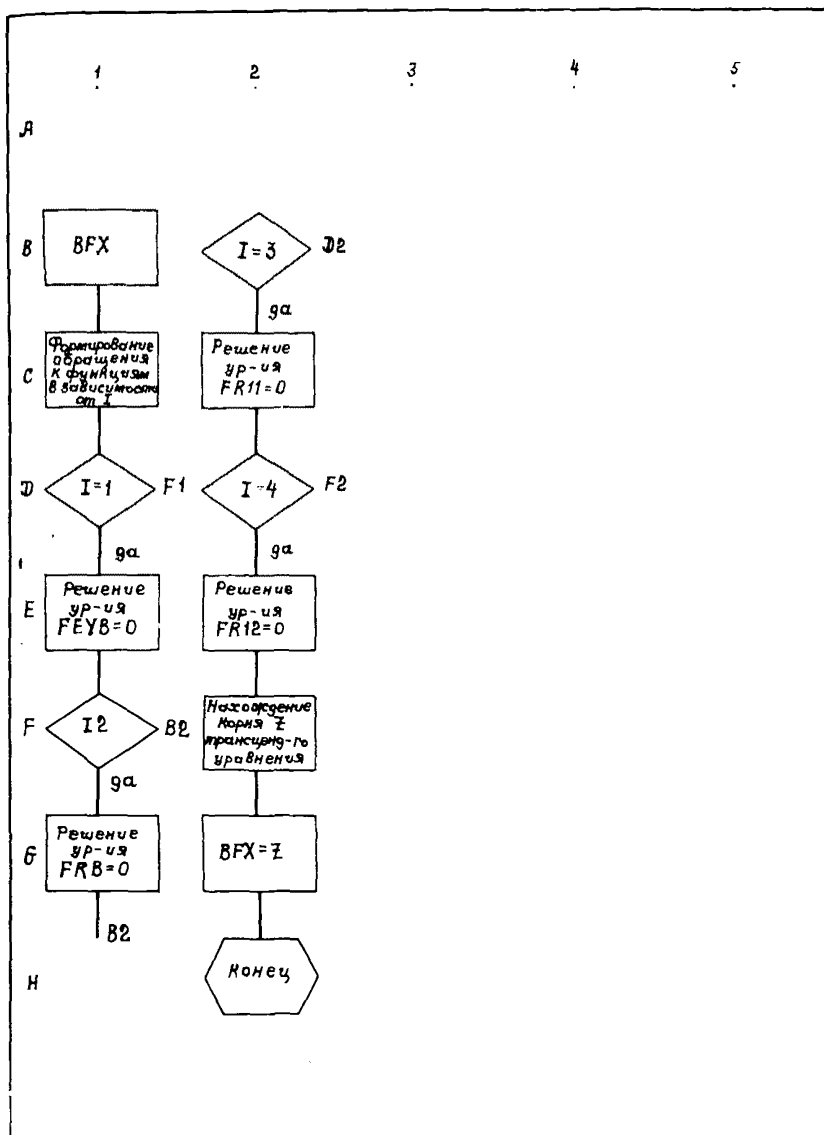


Рис.16. BFX. Подпрограмма решения трансцендентных уравнений для расчета орослов: поверхность - трубопровод - грунт

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
1. Шифр объекта	I8AЧ
2. JT, KD, L, LH	4I2
3. DO, HT, HN, DIZ, TF, TGR, AT, LIZ, LTB, LTH, LMB, LMH	I2
4. ATB, ATH, AMB, AMH, CPR, CPU	6 6, 4
5. QFB, QFH	2 6.I
6. IBCP, IZ, ITT	3 I 2
7. EQB1, EPB1, YQ1, YB1, RQ1, 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
11. ALF2R (I2)	" "
12. KAPA (I2)	" "
13. RD (I2)	" "
14. LE (I2)	" "
15. ALF2B (I2)	" "

Примечания: 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 ξ_{OBR} , ξ_{PAZR} ;

среднемесячные положения фронтов в основании трубопровода $\rho_{м/л}$, $\rho_{сез}$, $\rho_{разр}$, а также с учетом пучения и просадки $\rho_{пв}$;

среднемесячные положения фронтов над трубопроводом: от дневной поверхности $У_{обр}$, $У_{разр}$; вверх от трубопровода - $\rho_{сез}^{верх}$, $\rho_{разр}^{верх}$;

среднемесячные теплопотери одного метра трубопровода в окружающую среду при отсутствии фазовых превращений влаги Q_a ;

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

Знак - перед Q_a или $Q_{гр}$ означает, что тепло теряется трубопроводом в окружающую 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 PIPES;

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 разнородными супесями и суглинками с прослоями песков. Данные физико-механических свойств грунтов, климатические параметры и параметры теплообмена подстилающей поверхности с атмосферой заданы в виде конкретных значений, которые определяются зондами Пунга (таблицам ВМ. Уста [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 основа - ния 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 помесечно, и если он меняется в многолетнем разрезе, то и по годам;

коэффициенты внешней теплоотдачи надземного

трубопровода, если такая конструктивная система прокладки 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);

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

Помесечно 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-Пунга с вечномерзлыми 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 мерзлых грунтов основания, которое вызывает просадки трубопровода, ожидаемая величина которых к 33-му году эксплуатации трубопроводной системы может составить около 54 см.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Помесячное задание параметров

12 F.5.3		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
8%к	Температурный режим в начале трубопровода по годам, °C	t_m (ГТТ.г)	-0,5	-0,3	0,1	0,2	1,4	5,2	9,8	10,4	9,6	3,2	0,6	-0,1
			-0,5	-0,3	0,1	0,2	1,4	5,2	9,8	10,4	9,6	3,2	0,6	-0,1
			-0,5	-0,3	0,1	0,2	1,4	5,2	9,8	10,4	9,6	3,2	0,6	-0,1
			-0,5	-0,3	0,1	0,2	1,4	5,2	9,8	10,4	9,6	3,2	0,6	-0,1
			-0,5	-0,3	0,1	0,2	1,4	5,2	9,8	10,4	9,6	3,2	0,6	-0,1
			-0,5	-0,3	0,1	0,2	1,4	5,2	9,8	10,4	9,6	3,2	0,6	-0,1
			-0,5	-0,3	0,1	0,2	1,4	5,2	9,8	10,4	9,6	3,2	0,6	-0,1
9%к	Температура воздуха, °C	t_B	14,8	16,9	19,3	22,1	25,5	24,2	21,8	17,7	16,2	15,6	12,9	13,8
10%к	Кэфф. теплоотдачи подстилающей пов-ти, ккал/м ² .ч	α_{LF}	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
11%к	Кэфф. внешней теплоотдачи из-в массы трубопровода, ккал/м ² .ч.°C	α_{LR}	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
12%к	Коэффициент, учитывающий снежный покров, м.ч.°C/ккал	μ	3,12	3,51	3,52	3,11	1,11	0,08	0,08	0,08	0,08	0,71	1,87	2,72
13%к	Коэффициент, учитывающий радиацию, ккал/см ² .мес	R	-1,5	-1	-0,5	1	5	8	7,5	5	2	-0,5	-1	-1,5
14%к	Значение затрат тепла на утепление с подстилкой подерж части	α_{LE}	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
15%к	Кэфф. теплоотдачи надзем. части трубопровода, ккал/м ² .ч.°C	α_{2B}	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

ОБЪЕКТ: ТЕСТ 1; КОНТРОЛЬНИЙ РАСЧЕТ ПО БЕЧЕНИЮ

И С Х О Д Я Щ И Е Д А Н Н Ы Е

ЮТ	КВ	Л	ЛМ	ОМ	МТ	НА	ОП	ТФ	ТФ
ЧИСЛО ЛЕТ	2-НАЗ, 0-МАСШТАБ	ГРУНТ НАД Т/П	ГРУНТ ПОД Т/П	ВНУТР.	ГЛУБИНА	ВЫСОТА	ТОЛЩИНА	Т-РА НА ЧИСР.	Т-РА
ЭКСПЛ-ЦИИ	3-ДУКР., 4-ПОДЗ.	1-ТАЛИЯ, -1-МЕРЗ	1-ТАЛИЯ, -1-МЕРЗ	ДИАН, Т/П	ЗАЛОЖ-Я	МАСШТАБ	ИЗОЛЯЦИИ	ЗАМЕРЗ-ВЕТ-РА	Т-РА
-	-	-	-	М	М	М	М	ОС	ОС
-10	4	1	-1	1,180	-0,900	0,0	0,0	0,0	-0,000

АТ	ЛТЗ	ЛТВ	ЛТМ	ЛТВ	ЛТМ	АТВ	АТМ	АТВ	АТМ	СРР	СРУ	СРР	СРУ
АЛЬБЕДО	КОЭФ-Т	КОЭФ-Т	ТЕПЛОПР.	КОЭФ-Т	ТЕПЛОПР.	КОЭФ-Т	ТЕМП/ПР.	КОЭФ-Т	ТЕМП/ПР.	КОЭФ-Т	КОЭФ-Т	ТЕПЛОПР.	ТЕПЛОПР.
Т/ПР	ТАЛОГО	ГРУНТА	МЕРЗЛОГО	ГРУНТА	ТАЛОГО	ГРУНТА	МЕРЗЛОГО	ГРУНТА	ПРОСАД.	ПЛУЧЕНИЯ	ФАЗОВЫХ	ПЕРЕХОСОВ	Т-РА
ТРУБ	ИЗВЛ.	НАД	Т/П	ПОД	Т/П	НАД	Т/П	ПОД	Т/П	НАД	Т/П	ПОД	Т/П
		ККАЛ/(МХЧАСГРАД С)				М2/ЧАС						ККАЛ/М	
0,5000	0,0300	1,1000	1,1000	1,3000	1,3000	0,0016	0,0016	0,0020	0,0020	0,1000	0,0022	36000,00	36000,00

11.10

№	УР	Г	ПОЛОЖЕНИЕ ФР.:			ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОСН. Т/П:			ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ			КОЭФФИЦИЕНТЫ:			ТЕПЛОПОТОКИ		
			ВНЕ ЗОНА	Т/П	М/ДЕТ:	СБЗ.	РАЗР.	С ПР.	ОУ	ТРУБЫ:	ОТ	ДОВ-Т/	И	И	И	QА	QGR
			ЕОР	ЕРВ	РОМ	РОС	РОР	RMS	RD	RR	YD	YR	HRM	MPJ	QA	QGR	QSHH
11	25.1	-6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.09	0.0	0.18	0.0	2.0	0.0	0.0	18.0	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	0.0	2.0	0.0	-34.0	0.0	-34.0
31	18.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.05	0.0	0.05	0.02	0.0	0.0	0.0	2.002	0.0	0.0	-14.0	-14.0
41	18.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.09	0.0	0.09	0.08	0.0	0.0	0.0	2.005	0.0	0.0	-18.0	-18.0
51	1.0	1.4	0.03	0.0	0.0	0.21	0.0	0.21	0.21	0.0	0.0	0.0	2.011	0.0	0.0	-32.0	-32.0
61	13.0	5.2	0.64	0.0	0.0	0.44	0.0	0.44	0.0	0.0	0.0	0.0	2.022	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	0.0	2.035	0.0	17.0	-49.0	-33.0
81	14.6	10.4	1.25	0.0	0.0	0.88	0.0	0.86	0.0	0.0	0.0	0.0	2.044	0.0	5.0	-49.0	-35.0
91	6.3	9.6	1.35	0.0	0.0	1.03	0.0	0.99	0.0	0.0	0.0	0.0	2.050	0.0	-18.0	-32.0	-31.0
101	5.7	7.2	1.33	0.15	0.0	1.08	0.0	1.03	0.6	0.0	0.31	0.0	2.050	0.0	-5.0	-13.0	-18.0
111	19.3	0.6	1.31	0.34	0.0	1.09	0.0	1.03	0.0	0.0	0.24	0.0	2.054	0.0	-1.0	-2.0	-3.0
121	24.7	-6.1	1.29	0.49	0.0	1.07	0.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.054	0.002	-18.0	5.0	-13.0

ГОД- 2

N	TR	T	ПОЛОЖЕНИЕ ФР. ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОСН. Т/П:				ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ				ОСААКИ ПУЧЕК:		ТЕПЛОПОТОКИ				
			ВНЕ ЗОНЫ	Т/П	Ч/ДЕТ:	СЕЗ.	РАЗР.	С ПР.	ОТ	ТРУБЫ:	ОТ	ПОБ-Т			QA	QGR	QSHH
			ЕОЯ	ЕРВ	РОМ	РОВ	РОР	РМС	РО	РР	УО	УР	ЧРЯ	ЧРУ			
1	-25.1	-0.5	1.27	0.63	2.0	1.05	0.13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.054	0.003	-23.	9.	-14.
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	0.005	-26.	4.	-21.
3	-18.6	0.1	1.23	0.83	1.03	0.16	0.17	0.98	0.02	0.0	0.0	0.0	0.054	0.006	0.	-10.	-10.
4	-8.5	0.2	1.21	0.88	1.03	2.0	0.0	0.98	0.02	0.0	0.0	0.0	0.054	0.006	0.	-6.	-6.
5	1.8	1.4	0.03	0.0	1.05	0.0	0.0	1.00	0.21	0.0	0.0	0.0	0.053	0.0	0.	-21.	-21.
6	13.0	5.2	0.64	0.0	1.12	0.0	0.0	1.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.050	0.0	9.	-21.	-12.
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	0.0	16.	-35.	-18.
8	14.6	10.4	1.25	0.0	1.35	0.0	0.0	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.071	0.0	4.	-32.	-28.
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	0.0	-18.	-28.	-45.
10	-5.7	3.2	1.33	0.15	1.48	0.0	0.0	1.41	0.0	0.0	0.3	0.0	0.077	0.0	-6.	-11.	-16.
11	-19.3	0.6	1.31	0.34	1.48	0.0	0.0	1.41	0.0	0.0	0.2	0.0	0.077	0.0	-1.	-2.	-3.
12	-24.7	-0.1	1.29	0.49	1.46	0.05	0.0	1.41	0.0	0.0	0.0	0.0	0.077	0.002	-18.	5.	-13.

ГСА-3

№	ТР	Т	ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОСН. Т/П:				ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ ОТ ТРУБЫ:				ОСАДКИ ПУЩЕН.:		ТЕПЛОТОКИ				
			ВНЕ ЗОНЫ Т/П	Ч/ЛЕУ	СЗ.	РАЗР. С ПР.	ОТ ТРУБЫ	ОТ ПОС-ТИ	1	2	QA	QCR	QSM				
			ЕОР	ЕРВ	РОМ	РОС	РОР	РНС	RO	AP	YD	YR	MPR	MPJ	QA	QCR	QSM
1	20.1	-0.5	1.27	0.63	1.44	0.13	0.0	1.41	0.0	0.0	0.0	0.0	0.077	0.003	-23.1	9.1	-14.1
2	24.6	-0.3	1.23	0.75	1.42	0.16	0.0	1.41	0.0	0.0	0.0	0.0	0.073	0.005	-26.1	4.1	-21.1
3	18.6	0.1	1.23	0.83	1.42	0.16	0.05	1.35	0.02	0.0	0.0	0.0	0.077	0.006	0.1	-18.1	-18.1
4	-8.5	0.2	1.21	0.88	1.42	0.16	0.07	1.36	0.08	0.0	0.0	0.0	0.077	0.006	0.1	-6.1	-6.1
5	1.0	-1.4	0.03	0.0	1.42	0.16	0.17	1.37	0.21	0.0	0.0	0.0	0.077	0.0	0.1	-20.1	-20.1
6	13.0	5.2	0.64	0.0	1.48	0.0	0.0	1.41	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.0	9.1	-17.1	-8.1
7	10.9	9.8	1.02	0.0	1.56	0.0	0.0	1.49	0.0	0.0	0.0	0.0	0.004	0.0	16.1	-31.1	-14.1
8	14.6	10.4	1.23	0.0	1.65	0.0	0.0	1.58	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.0	4.1	-29.1	-25.1
9	6.3	9.6	1.33	0.0	1.73	0.0	0.0	1.65	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.0	-18.1	-26.1	-43.1
10	-5.7	3.2	1.33	0.15	1.75	0.0	0.0	1.67	0.0	0.0	0.3	0.0	0.003	0.0	-6.1	-10.1	-15.1
11	-19.3	0.6	1.31	0.34	1.76	0.0	0.0	1.67	0.0	0.0	0.2	0.0	0.006	0.0	-1.1	-20.1	-5.1
12	-24.7	-0.1	1.29	0.49	1.74	0.05	0.0	1.67	0.0	0.0	0.0	0.0	0.004	0.002	-18.1	5.1	-13.1

ГОД- 4

№	ТР	Т	ПОЛОЖЕНИЕ ФР.: ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОДН. Т/П:				ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ				СОСЛАВКИ: ПУМЕН.:		ТЕ ДОПОЛКИ				
			ВНЕ ЗОНЫ Т/П	ЧЛЕТ:	СБЗ.:	РАЗР.:	С ПР.:	ОТ	ТРУБЫ:	ОТ	ПОВ-Т/:			ДА	ВЕР	ВСУМ	
			ЕОР	ЕРВ	ЕОР	ЕОС	ЕОР	ЕНЗ	ЕО	ЕР	ЕО	ЕР	ЕРН	ЕРУ	ДА	ВЕР	ВСУМ
1	-25,1	-0,5	1,27	0,63	1,72	0,13	0,0	1,67	0,0	0,0	0,0	0,0	0,094	0,223	-23,1	9,1	-14,0
2	-24,6	-0,3	1,25	0,75	1,70	0,16	0,0	1,67	0,0	0,0	0,0	0,0	0,494	0,885	-26,1	4,0	-21,1
3	-18,6	0,1	1,23	0,83	1,70	0,16	0,05	1,61	0,02	0,0	0,0	0,0	0,894	0,886	0,1	-10,0	-10,0
4	-8,5	0,2	1,21	0,88	1,70	0,16	0,07	1,61	0,08	0,0	0,0	0,0	0,894	0,886	0,1	-6,0	-6,0
5	1,0	1,4	0,03	0,0	1,70	0,16	0,17	1,62	0,21	0,0	0,0	0,0	0,894	0,0	0,1	-20,0	-20,0
6	13,0	5,2	0,64	0,0	1,74	0,0	0,0	1,66	0,0	0,0	0,0	0,0	0,894	0,0	9,1	-16,0	-7,0
7	10,9	9,8	1,02	0,0	1,81	0,0	0,0	1,73	0,0	0,0	0,0	0,0	0,898	0,0	16,1	-20,0	-12,0
8	14,6	10,4	1,25	0,0	1,88	0,0	0,0	1,80	0,0	0,0	0,0	0,0	0,103	0,0	4,1	-20,0	-23,0
9	6,3	9,6	1,35	0,0	1,95	0,0	0,0	1,86	0,0	0,0	0,0	0,0	0,104	0,0	-17,1	-24,0	-4,0
10	-5,7	3,2	1,33	0,15	1,97	0,0	0,0	1,87	0,0	0,0	0,31	0,0	0,107	0,0	-6,1	-9,0	-15,0
11	-19,3	0,6	1,31	0,34	1,97	0,0	0,0	1,88	0,0	0,0	0,24	0,0	0,108	0,0	-1,1	-2,0	-3,0
12	-24,7	-0,1	1,29	0,49	1,95	0,05	0,0	1,88	0,0	0,0	0,0	0,0	0,108	0,002	-18,1	5,0	-13,0

ГОД- 5

N	TR	ПОЛОЖЕНИЕ ФР. ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОСН. Т/П:				ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ				ОСАЖКИ ПУЧЕВ.		ТЕПЛОПЛОТКИ					
		ВНЕ ЗОНЫ Т/П	М/ДЕТ:	СЗ.	РАЗР. С ПР.	ОТ ТРУБЫ	ОТ ПОВ-Т/	ОТ ПОВ-Т/	ОТ ПОВ-Т/	ИРМ	ИРП	QA	QGR	QSUM			
		ECR	EPB	RCI	ROS	ROP	RMS	RJ	RP	YD	YD	ИРМ	ИРП	QA	QGR	QSUM	
1:	-25.1:	-0.5:	1.27:	0.63:	1.93:	0.13:	0.0:	1.88:	0.0:	0.0:	0.0:	0.0:	0.100:	0.003:	-23.:	9.:	-14.:
2:	-24.6:	-0.3:	1.25:	0.75:	1.91:	0.16:	0.0:	1.88:	0.0:	0.0:	0.0:	0.0:	0.100:	0.005:	-26.:	4.:	-21.:
3:	-18.6:	0.1:	1.23:	0.23:	1.91:	0.16:	0.05:	1.82:	0.02:	0.0:	0.0:	0.0:	0.100:	0.006:	0.:	-18.:	-18.:
4:	-8.5:	0.2:	1.21:	0.68:	1.91:	0.16:	0.07:	1.82:	0.05:	0.0:	0.0:	0.0:	0.100:	0.006:	0.1	-6.:	-6.:
5:	0.8:	1.4:	0.03:	0.0:	1.91:	0.16:	0.17:	1.83:	0.21:	0.0:	0.05:	0.0:	0.100:	0.0:	0.:	-20.:	-28.:
6:	10.0:	5.2:	0.74:	0.0:	1.95:	0.0:	0.0:	1.86:	0.0:	0.0:	0.0:	0.0:	0.100:	0.0:	9.:	-15.:	-6.:
7:	18.9:	0.8:	1.02:	0.0:	2.01:	0.0:	0.0:	1.92:	0.0:	0.0:	0.0:	0.0:	0.113:	0.0:	16.:	-27.:	-11.:
8:	14.6:	10.4:	1.25:	0.0:	2.08:	0.0:	0.0:	1.98:	0.0:	0.0:	0.0:	0.0:	0.116:	0.0:	4.:	-26.:	-22.:
9:	6.3:	0.6:	1.13:	0.0:	2.14:	0.0:	0.0:	2.04:	0.0:	0.0:	0.0:	0.0:	0.119:	0.0:	-17.:	-23.:	-41.:
10:	-5.7:	3.2:	1.33:	0.15:	2.16:	0.0:	0.0:	2.05:	0.0:	0.0:	0.31:	0.0:	0.120:	0.0:	-6.:	-9.:	-15.:
11:	-19.3:	0.6:	1.31:	0.34:	2.16:	0.0:	0.0:	2.05:	0.0:	0.0:	0.24:	0.0:	0.120:	0.0:	-1.:	-2.:	-3.:
12:	-24.7:	-0.1:	1.29:	0.49:	2.14:	0.05:	0.0:	2.05:	0.0:	0.0:	0.0:	0.0:	0.120:	0.002:	-18.:	5.:	-13.:

ГСА-6

№	ГР	ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОСН. Т/П:						ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ ОТ ТРУБЫ:		ПОСАДКИ ПУЧЕВ:		ТЕПЛОТОКИ					
		ВНЕ ЗОНА Т/П	М/ДЕТ:	С/З:	РАЗР.:	С ПР.:	ОТ	ТРУБЫ:	ОТ	ОСВ-Т/П	И	И	QА	QGR	QSUM		
		ЕОВ	ЕРВ	РСН	РДС	РОР	RMS	RO	RP	УО	УР	ЧРК	ЧРП	QA	QGR	QSUM	
1:	-25,1:	-0,5:	1,27:	3,63:	2,12:	0,13:	0,0:	2,05:	0,0:	0,0:	0,0:	0,2:	0,120:	0,003:	-23,1	9,1	14,1
2:	-24,6:	-0,3:	1,05:	0,75:	2,10:	0,16:	0,0:	2,05:	0,0:	0,0:	0,0:	0,2:	0,120:	0,005:	-26,1	4,1	21,1
3:	-10,6:	0,1:	1,03:	0,83:	2,10:	0,16:	0,05:	1,99:	0,02:	0,0:	0,0:	0,2:	0,120:	0,006:	0,1	-17,1	-17,1
4:	-8,5:	0,2:	1,01:	0,88:	2,10:	0,16:	0,07:	2,00:	0,03:	0,0:	0,0:	0,2:	0,120:	0,006:	0,1	-6,1	-7,1
5:	1,8:	1,4:	0,03:	0,0:	2,10:	0,16:	0,17:	2,00:	0,21:	0,0:	0,03:	0,2:	0,120:	0,0:	0,1	-19,1	-19,1
6:	13,0:	5,2:	0,64:	0,0:	2,13:	0,0:	0,0:	2,03:	0,0:	0,0:	0,0:	0,2:	0,121:	0,0:	9,1	-14,1	-5,1
7:	-6,9:	0,8:	1,02:	0,7:	2,19:	0,0:	0,0:	2,09:	0,0:	0,0:	0,0:	0,2:	0,124:	0,0:	16,1	-25,1	-12,1
8:	14,6:	1,4:	1,25:	0,0:	2,25:	0,0:	0,0:	2,14:	0,0:	0,0:	0,0:	0,2:	0,127:	0,0:	4,1	-25,1	-21,1
9:	6,3:	9,6:	1,35:	0,0:	2,30:	0,0:	0,0:	2,19:	0,0:	0,0:	0,0:	0,2:	0,130:	0,0:	-17,1	-23,1	-40,1
10:	-5,7:	3,2:	1,33:	0,15:	2,32:	0,0:	0,0:	2,20:	0,0:	0,0:	0,31:	0,2:	0,131:	0,0:	-6,1	-8,1	-14,1
11:	-19,3:	0,6:	1,31:	0,34:	2,32:	0,0:	0,0:	2,20:	0,0:	0,0:	0,24:	0,0:	0,131:	0,0:	-1,1	-2,1	-2,1
12:	-24,7:	-0,1:	1,29:	0,49:	2,30:	0,05:	0,0:	2,20:	0,0:	0,0:	0,0:	0,2:	0,131:	0,002:	-18,1	5,1	-13,1

ГОД- 7

N	TP	T	ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОСН. Т/П:						ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ						ДОБАВКИ ПУЧЕН.		ТЕПЛОПЛОТКИ	
			ВНЕ СОМН. Т/П	У/ЛЕТ	СЕЗ.	РАЗР.	С ПР.	ОУ	ТРУВМ	ОУ	ОСВ-ТИ			QA	QGR	QSUM		
			EOB	EPB	ROU	ROS	ROP	RMS	RD	RP	YD	YP	QPH	QPJ	QA	QGR	QSUM	
1	-25.1	14.8	1.27	0.63	2.30	0.85	0.54	2.27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.131	0.000	-53.1	-38.1	-91.1	
2	-24.6	16.9	1.25	0.75	2.39	0.9	0.0	2.28	0.0	0.0	0.31	0.0	0.138	0.005	-25.1	-44.1	-57.1	
3	-18.6	19.3	1.23	0.83	2.48	0.0	0.0	2.36	0.0	0.0	0.31	0.0	0.148	0.006	-27.1	-49.1	-76.1	
4	-8.5	22.1	1.21	0.88	2.58	0.0	0.0	2.46	0.0	0.0	0.31	0.0	0.148	0.006	-32.1	-55.1	-87.1	
5	1.8	23.5	0.03	0.0	2.68	0.0	0.0	2.96	0.0	0.0	0.31	0.02	0.150	0.0	-38.1	-57.1	-96.1	
6	13.0	24.2	0.64	0.0	2.78	0.0	0.0	2.65	0.0	0.0	0.31	0.57	0.158	0.0	-56.1	-58.1	-114.1	
7	18.9	21.8	1.02	0.0	2.86	0.0	0.0	2.73	0.0	0.0	0.0	0.0	0.150	0.0	-29.1	-58.1	-79.1	
8	14.6	17.7	1.25	0.0	2.93	0.0	0.0	2.79	0.0	0.0	0.0	0.0	0.168	0.0	-24.1	-39.1	-53.1	
9	6.3	16.2	1.35	0.0	2.99	0.0	0.0	2.85	0.0	0.0	0.0	0.0	0.168	0.0	-43.1	-34.1	-77.1	
10	-5.7	15.6	1.33	0.15	3.25	0.0	0.0	2.91	0.0	0.0	0.31	0.0	0.168	0.0	-31.1	-36.1	-56.1	
11	-19.3	12.9	1.31	0.34	3.10	0.0	0.0	2.95	0.0	0.0	0.31	0.0	0.171	0.0	-28.1	-29.1	-49.1	
12	-24.7	13.8	1.29	0.49	3.15	0.0	0.0	3.02	0.0	0.0	0.31	0.0	0.173	0.0	-19.1	-31.1	-51.1	

ГОД- 8

№	ТР	Т	ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ в ОСН. Т/П:					ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ ОТ ТРУБЫ:					ОСАЖКИ ПУЩЕН.		ТЕПЛОПТОКИ		
			ВНЕ ЗОНЫ Т/П	М/ЛЕТ	СЕЗ.	РАЗР.	С ПР.	ОТ ТРУБЫ	ОТ ПОВ-ТН	УО	УР	ЧРА	МРД	QA	QCR	QSM	
1	-25.1	14.8	1.27	0.63	3.20	0.0	0.0	3.05	0.0	0.0	0.31	0.0	0.170	0.0	-20.1	-33.1	-54.1
2	-24.6	16.9	1.25	0.75	3.26	0.0	0.0	3.10	0.0	0.0	0.31	0.0	0.170	0.0	-23.1	-36.1	-51.1
3	-10.6	19.3	1.23	0.83	3.32	0.0	0.0	3.16	0.0	0.0	0.31	0.0	0.180	0.0	-27.1	-43.1	-59.1
4	-8.5	22.1	1.21	0.88	3.39	0.0	0.0	3.23	0.0	0.0	0.31	0.0	0.185	0.0	-32.1	-46.1	-56.1
5	1.8	25.5	0.83	0.0	3.46	0.0	0.0	3.30	0.0	0.0	0.31	0.32	0.180	0.0	-40.1	-51.1	-91.1
6	13.0	24.2	0.64	0.0	3.54	0.0	0.0	3.37	0.0	0.0	0.31	0.57	0.193	0.0	-57.1	-52.1	-129.1
7	18.9	21.8	1.02	0.0	3.60	0.0	0.0	3.43	0.3	0.0	0.0	0.0	0.194	0.0	-29.1	-46.1	-74.1
8	14.6	17.7	1.25	0.0	3.65	0.0	0.0	3.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.194	0.0	-24.1	-35.1	-50.1
9	6.3	16.2	1.35	0.0	3.70	0.0	0.0	3.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.201	0.0	-42.1	-32.1	-74.1
10	-5.7	13.6	1.33	0.15	3.74	0.0	0.0	3.56	0.0	0.0	0.31	0.0	0.203	0.0	-31.1	-33.1	-54.1
11	-19.3	17.9	1.31	0.34	3.78	0.0	0.0	3.60	0.0	0.0	0.31	0.0	0.208	0.0	-20.1	-27.1	-47.1
12	-24.7	15.8	1.29	0.49	3.82	0.0	0.0	3.63	0.0	0.0	0.31	0.0	0.207	0.0	-20.1	-29.1	-48.1

ГОД- 9

№	ТР	Т	ПОЛОЖЕНИЕ ФР. ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОСН. Т/П:			ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ			ОСАЖКИ: ДУМЕН.:			ТЕПЛОПОТОКИ					
			ВНЕ ЗОНЫ Т/П	М/ДЕТ:	СЕЗ.:	РАЗР.:	С ПР.:	ОТ ТРУБЫ:	ОТ ПОВ-ТИ:	И	И	И	И	И	И		
			ЕОЯ	ЕРВ	РОМ	РОС	РОР	РНЗ	РЗ	РР	УО	УР	НРР	НРП	ВА	ВCR	ОСЖМ
11	-25.1	14.8	1.27	0.63	3.86	0.0	0.0	3.67	0.0	0.0	0.31	0.0	0.200	0.0	-21.1	-31.0	-31.0
21	-24.6	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	-39.0	-38.0
31	-18.6	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	-39.0	-36.0
41	-8.5	22.1	1.21	0.88	4.01	0.0	0.0	3.82	0.0	0.0	0.31	0.0	0.218	0.0	-32.1	-45.0	-77.0
51	1.8	23.5	0.83	0.0	4.07	0.0	0.0	3.88	0.0	0.0	0.31	0.02	0.210	0.0	-41.1	-47.0	-38.0
61	13.0	24.2	0.64	0.0	4.13	0.0	0.0	3.93	0.0	0.0	0.31	0.57	0.222	0.0	-37.1	-49.0	-106.0
71	18.9	21.8	1.02	0.0	4.18	0.0	0.0	3.98	0.0	0.0	0.0	0.0	0.228	0.0	-28.1	-43.0	-71.0
81	14.6	17.7	1.25	0.0	4.23	0.0	0.0	4.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.227	0.0	-24.1	-33.0	-37.0
91	6.3	16.2	1.35	0.0	4.27	0.0	0.0	4.06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.220	0.0	-42.1	-50.0	-72.0
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	-31.0	53.0
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	-25.0	-45.0
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	-27.0	-47.0

ГОА-1В

N	TR	T	ПОЛОЖЕНИЕ ФР. ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОСН. Т/П					ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ					ОСАДКИ: ПУЩЕН.		ТЕПЛОТОКИ		
			ВНЕ ЗОНЫ Т/П	М/ЛЕТ	СЕЗ.	РАЗР.	С ПР.	ОТ ТРУБЫ	ОТ ПОВ-ТИ	ЧРМ	МРП	QA	QGR	QSM			
			EOB	EPB	ROM	ROS	ROP	YNS	RO	RP	YO	YP	ЧРМ	МРП	QA	QGR	QSM
1	-25,1	14,8	1,27	0,63	4,40	0,0	0,0	4,19	0,0	0,0	0,3	0,0	0,234	0,0	-21,1	-29,1	-30,1
2	-24,6	16,9	1,25	0,75	4,44	0,0	0,0	4,22	0,0	0,0	0,3	0,0	0,238	0,0	-23,1	-33,1	-36,1
3	-10,6	19,3	1,23	0,83	4,48	0,0	0,0	4,26	0,0	0,0	0,3	0,0	0,240	0,0	-27,1	-37,1	-54,1
4	-8,5	22,1	1,21	0,88	4,53	0,0	0,0	4,31	0,0	0,0	0,3	0,0	0,248	0,0	-32,1	-43,1	-75,1
5	1,8	23,5	0,83	0,0	4,58	0,0	0,0	4,36	0,0	0,0	0,3	0,02	0,248	0,0	-41,1	-45,1	-57,1
6	13,8	24,2	0,64	0,0	4,63	0,0	0,0	4,41	0,0	0,0	0,3	0,57	0,247	0,0	-57,1	-46,1	-183,1
7	10,9	21,8	1,02	0,0	4,68	0,0	0,0	4,45	0,0	0,0	0,0	0,0	0,250	0,0	-28,1	-41,1	-59,1
8	14,6	17,7	1,25	0,0	4,72	0,0	0,0	4,49	0,0	0,0	0,0	0,0	0,258	0,0	-24,1	-32,1	-36,1
9	6,3	16,2	1,35	0,0	4,75	0,0	0,0	4,52	0,0	0,0	0,0	0,0	0,253	0,0	-42,1	-29,1	-71,1
10	-5,7	19,6	1,33	0,15	4,70	0,0	0,0	4,55	0,0	0,0	0,3	0,0	0,250	0,0	-32,1	-29,1	-52,1
11	-19,3	12,9	1,31	0,34	4,81	0,0	0,0	4,57	0,0	0,0	0,3	0,0	0,256	0,0	-20,1	-24,1	-45,1
12	-24,7	13,8	1,29	0,49	4,84	0,0	0,0	4,60	0,0	0,0	0,3	0,0	0,250	0,0	-20,1	-26,1	-46,1

ГОА-15

N	TP	Y	ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОСН. Т/П:					ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ ОТ ТРУБЫ:					ОСАЖКИ ПУЩЕМ.		ТЕПЛОПЛОТКИ		
			ВНЕ ЗОНЫ Т/П	Ч/ЛЕТ	СЕЗ.	РАЗР.	С ПР.	ОТ	ТРУБЫ	ОТ	ПОВ-Т/П	I	II	QA	BGR	QSJM	
			EOB	EPB	ROH	ROB	ROP	RHS	RO	RP	YO	YP	MPH	MPJI	QA	BGR	QSJM
1	25,1	14,8	1,27	0,63	6,34	0,0	0,0	6,02	0,0	0,0	0,31	0,0	0,333	0,0	-21,1	-25,1	-46,1
2	24,6	16,9	1,25	0,75	6,36	0,0	0,0	6,05	0,0	0,0	0,31	0,0	0,338	0,0	-23,1	-29,1	-52,1
3	18,6	19,3	1,23	0,83	6,39	0,0	0,0	6,07	0,0	0,0	0,31	0,0	0,338	0,0	-27,1	-33,1	-59,1
4	0,5	22,1	1,21	0,88	6,42	0,0	0,0	6,10	0,0	0,0	0,31	0,0	0,339	0,0	-32,1	-37,1	-59,1
5	1,8	23,5	0,83	0,0	6,45	0,0	0,0	6,13	0,0	0,0	0,31	0,02	0,338	0,0	-43,1	-39,1	-32,1
6	13,8	24,2	0,64	0,0	6,49	0,0	0,0	6,17	0,0	0,0	0,31	0,57	0,348	0,0	-38,1	-41,1	-38,1
7	18,9	21,8	1,02	0,0	6,52	0,0	0,0	6,19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,348	0,0	-28,1	-36,1	-64,1
8	14,6	17,7	1,25	0,0	6,54	0,0	0,0	6,22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,348	0,0	-23,1	-29,1	-52,1
9	6,3	16,2	1,35	0,0	6,56	0,0	0,0	6,24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,348	0,0	-41,1	-26,1	-57,1
10	-5,7	15,6	1,33	0,15	6,59	0,0	0,0	6,26	0,0	0,0	0,31	0,0	0,348	0,0	-33,1	-26,1	-59,1
11	-19,3	12,9	1,11	0,34	6,68	0,0	0,0	6,28	0,0	0,0	0,31	0,0	0,348	0,0	-21,1	-21,1	-42,1
12	-24,7	13,8	1,29	0,49	6,62	0,0	0,0	6,29	0,0	0,0	0,31	0,0	0,348	0,0	-20,1	-23,1	-43,1

ГОД-16

№	ТР	ПОЛОЖЕНИЕ ФР.:		ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОБМ.Т/П:				ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ				ОСАДКИ:		ТЕПЛОТОКИ			
		Т	ВНЕ ЗОНЫ Т/П	Ч/ЛЕУ:	СЗС.	РАЗР.	С ПР.	ОТ	ТРУБЫ:	ОТ	ПОВ-ТА	П	С	QA	QGR	QSHH	
			EOB	EPB	ROM	ROB	ROP	RMB	RO	RP	YD	YB	HPH	HPJ			
1	-25,1	14,8	1,27	0,63	6,64	0,0	0,0	6,31	0,0	0,0	0,31	0,0	0,340	0,0	-21,1	-25,1	-45,1
2	-24,6	16,9	1,25	0,75	6,67	0,0	0,0	6,34	0,0	0,0	0,31	0,0	0,340	0,0	-23,1	-28,1	-51,1
3	-18,6	19,3	1,23	0,83	6,69	0,0	0,0	6,36	0,0	0,0	0,31	0,0	0,350	0,0	-27,1	-32,1	-59,1
4	-8,5	22,1	1,21	0,88	6,72	0,0	0,0	6,39	0,0	0,0	0,31	0,0	0,358	0,0	-32,1	-37,1	-59,1
5	1,8	23,5	0,03	0,0	6,75	0,0	0,0	6,42	0,0	0,0	0,31	0,02	0,353	0,0	-43,1	-39,1	-32,1
6	13,8	24,2	0,64	0,0	6,78	0,0	0,0	6,45	0,0	0,0	0,31	0,57	0,358	0,0	-58,1	-48,1	-28,1
7	18,9	21,8	1,02	0,0	6,81	0,0	0,0	6,47	0,0	0,0	0,0	0,0	0,354	0,0	-28,1	-35,1	-54,1
8	14,6	17,7	1,25	0,0	6,84	0,0	0,0	6,50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,358	0,0	-23,1	-28,1	-31,1
9	6,3	16,2	1,35	0,0	6,86	0,0	0,0	6,52	0,0	0,0	0,0	0,0	0,359	0,0	-41,1	-26,1	-57,1
10	-5,7	15,6	1,33	0,15	6,88	0,0	0,0	6,54	0,0	0,0	0,31	0,0	0,368	0,0	-33,1	-26,1	-59,1
11	-19,3	12,9	1,31	0,34	6,89	0,0	0,0	6,55	0,0	0,0	0,31	0,0	0,368	0,0	-21,1	-21,1	-42,1
12	-24,7	13,8	1,29	0,49	6,91	0,0	0,0	6,57	0,0	0,0	0,31	0,0	0,361	0,0	-20,1	-23,1	-43,1

ГОА-20

№	УР	У	ПОЛОЖЕНИЕ ФР.: ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОСН. Т/П:					ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ					ОСАЖКИ: ПУДЕНЬ:		ТЕПЛОПОТОКИ			
			ВНЕ ЗОНЫ Т/П:		ЧРЛЕТ: СЕЗ.:			РАЗР.: В ПР.:		ОТ ТРУБЫ:		ОТ ПОВ-ТИ:						
			ЕОА:	ЕРВ:	РОН:	РОВ:	РОР:	РНБ:	РО:	РР:	УО:	УР:	ЧРЯ:	ЧРЯ:	ВА:	ОСР:	ОСМ:	
11	-25,1	14,8	1,27:	0,63:	7,72:	0,0:	0,0:	7,33:	0,0:	0,0:	0,31:	0,0:	0,400:	0,0:	-21,1	-83,1	-44,1	
21	-24,6	16,9	1,25:	0,75:	7,74:	0,0:	0,0:	7,35:	0,0:	0,0:	0,31:	0,0:	0,403:	0,0:	-23,1	-270:	-50,1	
31	-18,6	19,3	1,23:	0,83:	7,76:	0,0:	0,0:	7,37:	0,0:	0,0:	0,31:	0,0:	0,404:	0,0:	-27,1	-300:	-57,1	
41	-8,5	22,1	1,21:	0,88:	7,78:	0,0:	0,0:	7,40:	0,0:	0,0:	0,31:	0,0:	0,408:	0,0:	-32,1	-350:	-67,1	
51	1,0	23,5	0,83:	0,0:	7,81:	0,0:	0,0:	7,42:	0,0:	0,0:	0,31:	0,02:	0,406:	0,0:	-43,1	-370:	-80,1	
61	13,0	24,2	0,64:	0,0:	7,83:	0,0:	0,0:	7,45:	0,0:	0,0:	0,31:	0,57:	0,402:	0,0:	-50,1	-380:	-96,1	
71	18,9	21,8	1,82:	0,0:	7,86:	0,0:	0,0:	7,47:	0,0:	0,0:	0,0:	0,0:	0,400:	0,0:	-28,1	-340:	-82,1	
81	14,6	17,7	1,25:	0,0:	7,88:	0,0:	0,0:	7,49:	0,0:	0,0:	0,0:	0,0:	0,410:	0,0:	-23,1	-270:	-50,1	
91	6,3	16,2	1,35:	0,0:	7,90:	0,0:	0,0:	7,50:	0,0:	0,0:	0,0:	0,0:	0,410:	0,0:	-41,1	-240:	-60,1	
101	-5,7	15,6	1,33:	0,15:	7,91:	0,0:	0,0:	7,52:	0,0:	0,0:	0,31:	0,0:	0,411:	0,0:	-33,1	-240:	-50,1	
111	-19,3	12,9	1,31:	0,34:	7,93:	0,0:	0,0:	7,53:	0,0:	0,0:	0,31:	0,0:	0,412:	0,0:	-21,1	-200:	-41,1	
121	-24,7	13,0	1,29:	0,49:	7,94:	0,0:	0,0:	7,55:	0,0:	0,0:	0,31:	0,0:	0,413:	0,0:	-20,1	-210:	-40,1	

ГОА-21

ТРО-11

№	ТР	У	ПОЛОЖЕНИЕ ФР. ВНЕ ЗОНЫ Т/П			ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОДН.Т/П			ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ			ОСАДКИ: ПУШЕЧ.			ТЕПЛОТОКИ		
			ВНЕ ЗОНЫ Т/П	Ч/ЛЕТ	СЕЗ.	РАЗР.	С ПР.	ОУ	УУВМ:	ОУ	ПОВ-ТУ	ЧРР	МРЖ:	ВА	ВGR	QSJM	
11	-25,1	14,8	1,27	0,63	7,96	0,0	0,0	7,36	0,0	0,0	0,31	0,0	0,410	0,0	-21,1	-13,0	-44,1
21	-24,6	16,9	1,25	0,75	7,90	0,0	0,0	7,50	0,0	0,0	0,31	0,0	0,410	0,0	-23,1	-26,0	-50,1
31	-10,6	19,3	1,23	0,83	8,00	0,0	0,0	7,60	0,0	0,0	0,31	0,0	0,410	0,0	-27,1	-30,0	-57,1
41	-0,5	22,1	1,21	0,80	8,02	0,0	0,0	7,62	0,0	0,0	0,31	0,0	0,410	0,0	-32,1	-34,0	-66,1
51	1,8	23,5	0,83	0,0	8,05	0,0	0,0	7,65	0,0	0,0	0,31	0,02	0,410	0,0	-44,1	-36,0	-80,1
61	13,0	24,2	0,64	0,0	8,07	0,0	0,0	7,67	0,0	0,0	0,31	0,37	0,410	0,0	-36,1	-37,0	-95,1
71	10,9	21,8	1,02	0,0	8,09	0,0	0,0	7,69	0,0	0,0	0,0	0,0	0,420	0,0	-28,1	-33,0	-50,1
81	14,6	17,7	1,25	0,0	8,11	0,0	0,0	7,71	0,0	0,0	0,0	0,0	0,420	0,0	-23,1	-27,0	-50,1
91	6,3	16,2	1,33	0,0	8,13	0,0	0,0	7,72	0,0	0,0	0,0	0,0	0,420	0,0	-41,1	-24,0	-55,1
101	-5,7	15,6	1,33	0,15	8,15	0,0	0,0	7,74	0,0	0,0	0,31	0,0	0,423	0,0	-33,1	-24,0	-58,1
111	-19,3	12,9	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	-20,0	-41,1
121	-24,7	13,8	1,29	0,49	8,17	0,0	0,0	7,77	0,0	0,0	0,31	0,0	0,426	0,0	-20,1	-21,0	-41,1

Рис. 2

№	УР	ГЛУБИНА ПОДЛОЖЕНИЯ ФОНТОНА	ПОДЛОЖЕНИЕ ФОНТОНА В ОСНОВАНИИ				ПОДЛОЖЕНИЕ ФОНТОНА В ТРУБЫ				КОЭФФИЦИЕНТЫ				ТЕМПЕРАТУРЫ		
			ГЛУБИНА	УГЛУБИТЕЛЬ	УГЛУБИТЕЛЬ	УГЛУБИТЕЛЬ	УГЛУБИТЕЛЬ	УГЛУБИТЕЛЬ	УГЛУБИТЕЛЬ	УГЛУБИТЕЛЬ	УГЛУБИТЕЛЬ	УГЛУБИТЕЛЬ	УГЛУБИТЕЛЬ	УГЛУБИТЕЛЬ	УГЛУБИТЕЛЬ	УГЛУБИТЕЛЬ	УГЛУБИТЕЛЬ
1	23,1	14,6	1,27	2,63	8,84	2,0	2,0	8,40	2,0	2,0	0,31	0,2	2,458	0,2	-21,1	-22,1	-43,1
2	24,6	16,1	1,25	2,75	8,86	2,0	2,0	8,41	2,2	2,2	0,31	0,2	2,458	0,2	-23,1	-23,1	-49,1
3	18,6	19,3	1,23	2,83	8,87	2,0	2,0	8,43	2,0	2,0	0,31	0,2	2,459	0,2	-27,1	-29,1	-56,1
4	18,5	22,0	1,21	2,88	8,89	2,0	2,0	8,45	2,0	2,0	0,31	0,2	2,460	0,2	-32,1	-33,1	-55,1
5	1,8	23,9	1,23	2,7	8,92	2,0	2,0	8,47	2,0	2,0	0,31	0,2	2,462	0,2	-34,1	-35,1	-79,1
6	13,0	24,2	1,24	2,7	8,94	2,0	2,0	8,49	2,0	2,0	0,31	0,2	2,463	0,2	-58,1	-36,1	-74,1
7	18,9	21,6	1,22	2,7	8,96	2,0	2,0	8,51	2,0	2,0	0,31	0,2	2,464	0,2	-28,1	-32,1	-50,1
8	14,6	17,7	1,25	2,7	8,97	2,0	2,0	8,53	2,2	2,2	0,31	0,2	2,464	0,2	-23,1	-25,1	-49,1
9	6,3	16,2	1,35	2,7	8,99	2,0	2,0	8,54	2,0	2,0	0,31	0,2	2,465	0,2	-41,1	-23,1	-54,1
10	5,7	15,6	1,33	2,15	9,02	2,0	2,0	8,56	2,0	2,0	0,31	0,2	2,466	0,2	-34,1	-23,1	-57,1
11	19,3	12,9	1,31	2,34	9,02	2,0	2,0	8,57	2,0	2,0	0,31	0,2	2,467	0,2	-21,1	-19,1	-48,1
12	24,7	13,8	1,29	2,49	9,23	2,0	2,0	8,58	2,2	2,2	0,31	0,2	2,467	0,2	-29,1	-21,1	-41,1

Г00-26

№	УР	Г	ПОЛОЖЕНИЕ ФР.:			ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОСН.У/П:			ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ			ОСАДКИ: ПУЩЕН.:		ТЕПЛОПОТОКИ			
			ВНЕ ЗОНЫ У/П	У/П	У/П	СЗС.	РАЗР.	С ПР.	ОУ	ТРУБЫ	ОУ	ПОВ-ТИ			QA	QGR	QSKM
			EOB	EPB	ROH	ROS	ROP	RMS	RO	RP	YO	YD	MPM	MPJ			
11	-25.1	14.8	1.27	0.63	9.04	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.31	0.0	0.460	0.0	-21.1	-28.1	-43.1
21	-24.6	16.9	1.25	0.75	9.06	0.0	0.0	0.61	0.0	0.0	0.30	0.0	0.460	0.0	-23.1	-25.0	-49.1
31	-10.6	19.3	1.23	0.83	9.08	0.0	0.0	0.62	0.0	0.0	0.31	0.0	0.470	0.0	-27.1	-29.1	-56.1
41	-0.5	22.1	1.21	0.88	9.10	0.0	0.0	0.64	0.0	0.0	0.31	0.0	0.471	0.0	-32.1	-33.1	-65.1
51	1.8	23.5	0.03	0.0	9.12	0.0	0.0	0.66	0.0	0.0	0.31	0.0	0.471	0.0	-44.1	-33.0	-70.1
61	13.0	24.2	0.64	0.0	9.14	0.0	0.0	0.68	0.0	0.0	0.31	0.0	0.473	0.0	-58.1	-36.1	-94.1
71	10.9	21.8	1.02	0.0	9.16	0.0	0.0	0.70	0.0	0.0	0.0	0.0	0.474	0.0	-28.1	-32.0	-60.1
81	14.6	17.7	1.25	0.0	9.17	0.0	0.0	0.72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.474	0.0	-23.1	-26.1	-49.1
91	6.3	16.2	1.33	0.0	9.19	0.0	0.0	0.73	0.0	0.0	0.0	0.0	0.473	0.0	-41.1	-23.0	-50.1
101	-5.7	15.6	1.33	0.15	9.20	0.0	0.0	0.75	0.0	0.0	0.31	0.0	0.476	0.0	-34.1	-23.0	-57.1
111	-19.3	12.9	1.31	0.34	9.22	0.0	0.0	0.76	0.0	0.0	0.31	0.0	0.473	0.0	-21.1	-19.0	-40.1
121	-24.7	13.8	1.29	0.49	9.23	0.0	0.0	0.77	0.0	0.0	0.31	0.0	0.473	0.0	-20.1	-20.1	-41.1

ГОД-30

№	ТР	Т	ПОЛОЖЕНИЕ ФР.:			ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ОСН. Т/П:			ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ			ОСАЖКИ ПУШЕЧ.:		ТЕПЛОПОТОКИ			
			ВНЕ ЗОНЫ Т/П	Т/П	Ч/ЛЕТ	СЕЗ.	РАЗР.	С ПР.	ОТ	ТРУБЫ	ОТ	ПОВ-ТИ	И	И	QA	QCR	QSUM
1			EOB	EPB	ROM	ROS	ROP	RMS	RO	RP	YO	YD	HFA	MPJ	QA	QCR	QSUM
11	-25.1	14.8	1.27	2.63	9.81	0.0	0.0	9.32	0.0	0.0	0.31	0.2	2.806	0.0	-21.1	-21.1	-43.1
21	-24.6	16.9	1.25	0.75	9.82	0.0	0.0	9.33	0.0	0.0	0.31	0.2	2.807	0.0	-23.1	-24.1	-48.1
31	-18.4	19.3	1.23	0.83	9.84	0.0	0.0	9.35	0.0	0.0	0.31	0.2	2.808	0.0	-27.1	-28.1	-55.1
41	-8.5	22.1	1.21	0.88	9.85	0.0	0.0	9.36	0.0	0.0	0.31	0.2	2.809	0.0	-32.1	-32.1	-64.1
51	1.8	23.5	2.23	0.0	9.87	0.0	0.0	9.38	0.0	0.0	0.31	0.22	2.810	0.0	-44.1	-34.1	-78.1
61	13.0	24.2	2.64	0.0	9.89	0.0	0.0	9.40	0.0	0.0	0.31	0.57	2.810	0.0	-58.1	-35.1	-93.1
71	18.9	21.8	1.02	0.0	9.91	0.0	0.0	9.42	0.0	0.0	0.0	0.2	2.811	0.0	-28.1	-31.1	-59.1
81	14.6	17.7	1.25	2.0	9.93	0.0	0.0	9.43	0.0	0.0	0.0	0.2	2.812	0.0	-23.1	-25.1	-48.1
91	6.3	16.2	1.35	0.0	9.94	0.0	0.0	9.44	0.0	0.0	0.0	0.2	2.813	0.0	-41.1	-23.1	-63.1
101	-5.7	15.6	1.33	0.15	9.95	0.0	0.0	9.46	0.0	0.0	0.31	0.2	2.813	0.0	-34.1	-22.1	-56.1
111	-19.3	12.9	1.31	0.34	9.96	0.0	0.0	9.47	0.2	0.0	0.31	0.2	2.814	0.0	-21.1	-19.1	-40.1
121	-24.7	13.8	1.29	0.49	9.97	0.0	0.0	9.48	0.0	0.0	0.31	0.2	2.814	0.0	-20.1	-20.1	-40.1

ГОА-33

N	TR	T	ПОЛОЖЕНИЕ ФР. ПОЛОЖЕНИЕ ФРСНОВ Я ОСН. Т/П:				ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ				ДОСАЖИТЕЛЬНОСТЬ		ТЕПЛОПОТОКИ				
			ВНЕ ЗОНЬ Т/П	Т/П	М/ДЕТ:	СЕЗ.	РАЗР.	С ПР.	ОТ	ТРУБЫ:	ОТ	ПОВ-Т/П	КРМ	МРП	QA	QGR	QSUM
			ЕОН	ЕРВ	РСМ	ROS	ROP	RMS	RS	RP	YS	YP	КРМ	МРП	QA	QGR	QSUM
11	-25.1	14.6	1.27	0.63	10.33	0.0	0.0	9.82	0.0	0.0	0.31	0.2	0.332	0.0	-21.1	-21.1	-42.1
21	-24.6	15.9	1.25	0.75	10.35	0.0	0.0	9.83	0.0	0.0	0.31	0.2	0.333	0.0	-23.1	-24.1	-47.1
31	-18.6	19.3	1.23	0.83	10.36	0.0	0.0	9.85	0.0	0.0	0.31	0.2	0.334	0.0	-27.1	-27.1	-54.1
41	-8.5	22.1	1.21	0.88	10.38	0.0	0.0	9.86	0.0	0.0	0.31	0.2	0.335	0.0	-32.1	-31.1	-53.1
51	1.8	23.5	0.83	0.0	10.40	0.0	0.0	9.88	0.0	0.0	0.31	0.22	0.336	0.0	-44.1	-53.1	-78.1
61	13.8	24.2	0.64	0.0	10.42	0.0	0.0	9.90	0.0	0.0	0.31	0.57	0.336	0.0	-58.1	-54.1	-75.1
71	18.9	21.8	1.02	0.0	10.43	0.0	0.0	9.91	0.0	0.0	0.0	0.0	0.337	0.0	-28.1	-31.1	-59.1
81	-4.6	17.7	1.25	0.0	10.45	0.0	0.0	9.92	0.0	0.0	0.0	0.0	0.338	0.0	-23.1	-23.1	-48.1
91	6.3	16.2	1.35	0.0	10.46	0.0	0.0	9.94	0.0	0.0	0.0	0.0	0.339	0.0	-41.1	-22.1	-53.1
101	-5.7	15.6	1.33	0.15	10.47	0.0	0.0	9.95	0.0	0.0	0.31	0.2	0.339	0.0	-34.1	-22.1	-56.1
111	-19.3	12.9	1.31	0.34	10.48	0.0	0.0	9.96	0.0	0.0	0.31	0.2	0.340	0.0	-21.1	-19.1	-39.1
121	-24.7	13.8	1.29	0.49	10.49	0.0	0.0	9.97	0.0	0.0	0.31	0.2	0.340	0.0	-20.1	-20.1	-40.1

01.03.85 ВНИИГАЗДОБЫЧА-ВНИИСТ, 1985ГДА. ЛИСТ

```

0   'РАСЧЕТ ФРОНТОВ ПРОТАВАННЯ (ПРОМЕРВАННЯ)
С   ОТ ДНЕВНОЯ ПОБЕЖА ПРИ НАЛИЧНИ И В ОТСУТСТВИИ Т/П)
С   ВВЕРХ И ВНИЗ ОТ Т/П -ФРОНТ
COMMON/CLAD01/SP,AS,AL0,A1,AL1,TPN)TP,YN,TER,
*КАРА,OH,OS,LIZ,HO,ONES
* ,T),HT
COMMON /CLAD2/ЗТТ,КО,Л,ЛМ,МН,ВІЗ,АТ,ІТТ1,ІЗ,
*ЛТВ,ЛТМ,ЛМВ,ЛМН,АТС,АТН,АВВ,АМН,СРВ,ВРН,
*ІСР,ЕОВ1,ЕВВ1,ЕРМ1,УО1,УР1,RO1,RP1,ROM1,ROS1,ROP1,ROPМ1
* ,СР,СРУ
COMMON/CLAD3/Т(12),Т9(12),ALPAF(12),ALPZR(12),
*КАРА(12),RO(12),LE(12)
* ,ALF2B(12),ТН1(7,12)
COMMON /CLAD4/ JT
COMMON/CLAC3/ІРР,ІТВ,ІРВ,ІТ,ЈАКТ
DIMENSION HTN(12),RSH(12)
DIMENSION SAV1(12),SAB1(12),SBRN1(12),SBRB1(12)
DIMENSION TP(12),SPB(12),SPN(12),SOB(12),
*RO(12),RP(12),УО(12),УР(12)
* ,RO(12),ROP(12),ROM(12),ROPN(12)
REAL LIZ,ЛТВ,ЛТМ,ЛРВ,ЛМН,LE,КАРА,КАРАН
WRITE(3,10)
10 FORMAT(/10X,'РАСЧЕТ ДИНАМИКИ',
* 'ТЕПЛОВОГО И МЕХАНИЧЕСКОГО',
* //10X,'ВОЗМОЖНОСТИ ТРУБОПРОВОДА',
* 'ВОДА В СГРУНТАМИ',10X,'ВНИИГАЗДОБЫЧА',
* '-ВНИИСТ')
NBAR=0
92 NBAR=NBAR+1
WRITE(3,93) NBAR
93 FORMAT(/10X,'N ВАРИАНТА'//12)
CALL B3JD
DO=04
EPS=1.E-5
JTB=0
IF(LIZ.LT-.0001) LIZ=.03
IPU=0.
IMH=0
IGS=0
KPU=0
KPR=0
HPR=0.
HPU=0.
HPR1=0.
HPU1=0.
DO 45 N=1,12
ALF2BN=ALF2B(N)
IP(ALF2BN,.T.,0.0001)ALF2B(N)/10.
RSP(N)=OH/2.
HTN(N)=HT

```

```

45 CONTINUE
IF(1/BCP.NE.2)GO TO 94
C ОТСУТСТВУЮТ ВОСПОМОГ. ПАРАМЕТРЫ
E0B1=?.
EPB1=?.
EPH1=?.
Y01=?.
YF1=?.
R01=?.
RPI=?.
ROM1=?.
ROS1=?.
RJP1=?.
ROP41=?.

```

01.03.85 ВНИИГАЗДОБМЧА-ВНИИСТ, 1989ГСА. ЛИСТ 2

```

94 JT=JT+1
DO 130 N=1,12
Y(N)=TH1(IYT1,N)
IF(JT.LE.IYT1)Y(N)=TH1(JT,N)
130 CONTINUE
C БЛОК РАСЧЕТА ОТ ПОВЕРХОСКИ БЕЗ ТРУБЫ -БЛОККИ
C IP=СОСТОЯНИЕ #АЗ:1-ОБРАЗОВАНИЕ#2-РАЗРУШЕНИЕ;
C I=ОТСУТСТВУЮТ
DO 85 N=1,12
IF(IZ.EQ.1)DN=DO+2.*DIZ
IF(IZ.EQ.2)DN=DO
PUB=
RSMN=RSM(N)
HO=ABS(HT+JH*#.5)
TPN=TB(N)+(RD(N)-LE(N))/ALPAP(N)*.63.7
YF(N)=TPN
КАРА=КАРА(N)
TBN=TB(N)
TN=Y(N)
ITN=1
IF(TN.LT.0.)ITN=-1
ALF2BN=ALF2B(N)
QF=QFB
ILEN=1
IF(N.EQ.1)ILE=12
ITP=1
IF(TPN.LT.0.)ITPN=-1
IGR=1
IF(TGR.LT.0.)IGR=-1
ALO>ALT
31 CONTINUE
ALN=LMB
ANF=ANB
IF(TGR.LE.YF)GO TO 21
ALN=LTB
ANF=ATB
21 CONTINUE
C АНАЛИЗ ИСХОДНОГО СОСТОЯНИЯ
IF(N.NE.1,OR,JT.NE.1)GO TO 9
EPB(IL)=EPB1

```



```

EOB(IL)=EOB1
IPP=3
IF(EPB1.GT.EPS)GO TO 6
IF(EOB1.GT.EPS)IPP=1
EPH(IL)=8.
GO TO 3
6 IPP=2
EPH(IL)=EOB1
5 CONTINUE
C КОНЕЦ ЛУЧЕНИЯ
IF(KPU.EQ.0)GO TO 39
C КОРРЕКЦИЯ НТ С УЧЕТОМ ЛУЧЕНИЯ
IF(TP(IL).LT.A.AND.TP(N1).GT.B.)GO TO 9
GO TO 39
9 CONTINUE
V(N)=HTN(N)+HRU
HRU=7.
HRU=0.
39 CONTINUE
IF(TP.NE.IGR)GO TO 32
C РАЗРУШЕНИЕ ОТ ПОВЕРХНОСТИ БЕЗ Т/П EPB,EPH
C SIGN(TP)=SIGN(IGR)
TIEF

```

01.03.85 ВНИИПАЗДОБЫЧА-ВНИИСТ, 1985ГДА. ЛИСТ 3

```

IF(ABS(TF-TPN).LT.B.B1)GO TO 35
IF(IPP.NE.3)GO TO 34
35 EPB(N)=7.
EPH(N)=7.
EOB(N)=0.
EPBN=EPB(N)
EOBN =EOB(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=EOB(IL)
IPP=2
37 CONTINUE
C I*1-FR1F, I*2-FR2, I*3-FR11, I*4-FR12
XB2=3FX-XB1,1)
DEL1=54.*A.N*ABS(TF-IGR)/(SQRT(3.14159*AN)*QFB)
XH2=XH1
IF(XH2.GT.EPS: XH2=XH1-DEL1
EPB(N)=XB2
EPH(N)=XH2
EOBN=XH2
EOB(N)=XH2
EPBN=EPB(N)
EPHN=EPH(N)

```

```

IF (EPB(N).LT.EPH(N)) GO TO 38
EOB(N)=P.
EPB(N)=Z.
EPH(N)=P.
IPP=3
38 CONTINUE
GO TO 3
32 CONTINUE
C ОБРАЗОВАНИЯ ОТ ПОВЕРХНОСТИ EOB
C SIGN(TPN)#SIGN(TGR)
T1=TGR
X1=P.
IF (IPP.EB.1) X1=EOB(IL)
IPP=1
EPB(N)=P.
EPH(N)=P.
EPBN=EPB(N)
EPHN=EPH(N)
IF (ABS(TP-TPN).GT.#.81) 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 НОЖ-ТИ БЕЗ Т/П
C БЛОК2-РАСЧЕТ ОРЕОЛСВ НАД ТРУБОПРОВОДОМ
C IP:IT-ФАЗОВЫЕ ПРОЦЕССЫ:1-ОБРАЗОВАНИЕ,2-РАЗРУШ.,3-ОТСУТ.
C УО,УР-ОРЕОЛСВ ОБРАЗ,РАЗРУШ.ОТ ПСВ-ТИ;RO,RP-ОТ Т/П ВВЕРХ
ROB=OH/2.
ALOB=ALO
IF (N.NE.1,OR,JT.NE.1) GO TO 44
RO(IL)=RO1+OH/2.
RP(IL)=RP1+OH/2.
#1.03.85 ВНИИГАЗДОБЫЧА-ВНИИСТ,1985ГСА. ЛИСТ 4

```

```

YO(IL)=YO1
YP(IL)=YP1
IPB=3
ITB=3
IF (RO1.GT.OH*0.5) ITB=1
IF (YO1.GT.#.) IPB=1
IF (RP1.GT.OH*0.5) ITB=2
IF (YP1.GT.#.) IPB=2
44 CONTINUE
IF (KD.EB.3) GO TO 54
IF (ITP.NE.ITN) GO TO 95
IF (L.NE.ITN) GO TO 57
C SIGN(YN)#SIGN(IL)=SIGN(TP)#1 ВАРИАНТ НАД Т/П
C YC(N)=YC(IL)
C YP(N)=YP(IL)
C YR(N)=YR(IL)
C YCN=YC(N)
C YPN=YP(N)
IF (IPB.EB.3) GO TO 47
C РАЗРУШЕНИЯ ОТ ПСВ-ТИ УР

```



```

PUB=(ABS(HT)-RO(IL)+YO(IL))/(YO(N)+YO(IL))
IF(IACP.NE.1)GO TO 38
IF(N.NE.1.OR.OT.NE.1)GO TO 38
IF(RO(IL)+YO(IL).GT.ABS(HT))PU=2.
38 CONTINUE
RO(N)=DH/2.
YO(N)=8.
RONN=RO(N)
YON=YO(N)
42 CONTINUE
GO TO 54
95 CONTINUE
C ITP=ITN
IF(L.NE.ITN)GO TO 52
C 3 BAPHAHT:SIGN(TP)^=SIGN(TN)+SIGN(L)
YP(N)=3.
RO(N)=DH/2.
YPN=YP(N)
RONN=RO(N)
IF(ITB.NE.3)GO TO 7
C OAHCTOPOMHEE OBPACBAHHE OT HOB-EM YO
RP(N)=DH/2.
RPN=DH/2.
IPB=1
X1=8.
IF(KAPAN.LT.8.#81)X1=C.821
XX=BFX(X1,3)
YO(N)=XX
IF(YO(N).LT.ABS(HT)-DH/2.)GO TO 69
L=L
YO(N)=8.
IPB=3
C HAHALO PYCHEHHA
IF(L.EQ.1)GO TO 89
IF(KPU.EQ.1)GO TO 89
KPU=1
PUB=(ABS(HT)-RO(IL)+YO(IL))/(YO(N)+YO(IL))
IF(IACP.NE.1)GO TO 69
IF(N.NE.1.OR.OT.NE.1)GO TO 89
IF(RO(IL)+YO(IL).GT.ABS(HT))PU=2.
89 CONTINUE
YON=YO(N)
GO TO 54
7 CONTINUE
C OBPACBAHHE OT HOB-TM YO I PABPYMEHHE OT TPYEM RP
RR2=DH/2.
IF(ITB.EQ.2)RP2=RP(IL)
ITB=2
RP(N)=BFX(RR2,6)
RPN=RP(N)
RR1=8.
IF(IPB.EQ.1)RR1=YO(IL)
IPB=1
YO(N)=BFX(RR1,5)
YON=YO(N)

```

```

52 CONTINUE
C 4 ВАРИАНТ: SIGN(HT)≠SIGN(IL)≠SIGN(TN)
IF(IPB.NE.3)GO TO 53
C ОД-СТОРОННЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ РО
RP(N)=DH/2.
ITB=1
YC(N)=0.
RPN=RP(N)
YON=YC(N)
YP(N)=0.
YPN=YC(N)
TI=TPN
X1=DH/2.
IF(KAPAN.LT.0.001)X1=0.001+DH/2.
XX=BFX(X1,4)
RO(N)=XX
RONN=RO(N)
IF(RONN.LT.ABS(HT))GO TO 28
L=-L
C НАЧАЛО ПУЧЕНИЯ
IF(TN.GT.0.001)GO TO 22
IF(KPU.EQ.1)GO TO 22
KPU=1
PU=(ABS(HT)-RO(IL)-YO(IL))/(YO(N)+YO(IL))
IF(I3CP.NE.1)GO TO 22
IF(N.NE.1.OR.JT.NE.1)GO TO 22
IF(RO(IL)+YO(IL).GT.ABS(HT))PU=0.
22 CONTINUE
RO(N)=DH/2.
RONN=RO(N)
ITB=3
88 CONTINUE
GO TO 54
53 CONTINUE
C НАЧАЛО ИЛИ ПРОДОЛЖЕНИЕ РАЗРУШЕНИЯ СТ ПОВ-ТИ УР
C И ОБРАЗОВАНИЕ ОТ ТРУБЫ РО
IPB=2
RP(N)=DH/2.
FY=YC(IL)
YP(N)=BFX(FY,5)
YON=YC(IL)
YPN=YC(N)
YON=YC(N)
IF(YON+RO(N)-DH≦0.5.LT.0)GO TO 55
C НАЧАЛО ПУЧЕНИЯ
L=-L
IF(L.EQ.1)GO TO 23
IF(KPU.EQ.1)GO TO 23
KPU=1
PU=(ABS(HT)-RO(IL)-YO(IL))/(YO(N)+YO(IL))
IF(I3CP.NE.1)GO TO 23
IF(N.NE.1.OR.JT.NE.1)GO TO 23
IF(RO(IL)+YO(IL).GT.ABS(HT))PU=0.

```

```

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

```

01.03.85 ВНИИГАЗДОБНА-ВНИИСТ.1985ГСА. ЛИСТ 7

```

YP(N)=0.
54 CONTINUE
IF(KD.NE.3)GO TO 24
C НАЗЕМНАЯ ОТКРЫТАЯ
RO(N)=DH*0.5
RP(N)=DH*0.5
YQ(N)=0.
YP(N)=0.
RONN=RO(N)
RPN=RP(N)
YON=YQ(N)
YPN=YP(N)
IPB=3
ITB=3
IF((ITN.EQ.ITP.AND,ITN.EQ.0))GO TO 25
GO TO 24
25 CONTINUE
C ЧАЧАЛО ПУЧЕНИЯ
KPU=1
OU=0.
24 CONTINUE
C ВЫЧИСЛЕНИЕ ПУЧЕНИЯ
IF(KPU.EQ.0)GO TO 48
HPU=HPU+CPU*(EOB(N)-EOB(IL))*ABS(1.-PU)
IF((IPV.EQ.2)HPU=HPU1-CPU*(EPB(N)-EPB(IL))*ABS(1.-PU)
IF(HPU.LT.0.)HPU=0.
HPU1=HPU
PU=0.
HTN(N)=4*HPU
IPU=IPU+1
GO TO 36
48 CONTINUE
IF((IPU.GT.0)HTN(N)=HTN(IL)
56 CONTINUE
C КОНЕЦ БЛОКА *A1 T/P -BLOCK 2
IF((ITB.EQ.1)RCB=RO(N)
IF((ITB.EQ.2)RCB=RP(N)
C БЛОК РАСЧЕТА ПОД ТРУБОПРОВОДОМ BLOCK3
IF((IZ.EQ.2)DH=DO+2.*DIZ
ALNELT4
AN=ATH
QF=BF4
IF((ICR.GT.0.)GO TO 56

```

```

ALN=LNH
ANR=NH
16 CONTINUE
ITP=1
IF (TPA.LT.9.) ITP=I
IGR=1
IF (TGR.LT.9.) IGR=I
C ВЫЧИСЛЕНИЕ СПЕКТРОВ ПОД Т/О
RR=OH*0.5
IF (N.CT.1.DR.CT.CY.) GO TO 66
ROS(IL)=ROS1+RR
ROP(IL)=ROP1+RR
ROM(IL)=ROM1+RR
ROPH(IL)=R.
JAKT=0
ITP=
IF (ABS(ROS(IL)-RR).LE.0.001) GO TO 67
JAKT=1
ITP=I+1
C IF (ABS(ROP(IL)-RR).LE.0.001) GO TO 68
JAKT=2

```

81.0.85 ВНИИГАЗТ ОБЪЕДИН. ВНИИСТ. 1989 ГС. ПМСТ 8

```

ROPH(IL)=ROS(IL)
ITP=I+1
C IF (ABS(ROM(IL)-RR).LE.0.001) GO TO 69
JAKT=3
ITP=I+1
GO TO 69
CONTINUE
ITP=
IF (ABS(ROM(IL)-RR).GT.0.001) ITP=ITP+1
IF (ABS(ROP(IL)-RR).GT.0.001) ITP=ITP+1
IF (ABS(ROS(IL)-RR).GT.0.001) ITP=ITP+1
CONTINUE
C ИТ-ЧИСЛО ФРОНТОВ
C JAKT-КОД ПРОЦЕССА, 0-ОТСУТСТВИЕ 1-БЕЗОШИБЕ. 2-РАЗРУШЕНИЯ,
C НЕОПРЕДЕЛЕННЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ-3
IF (IGR.LE.ITN) GO TO 75
C РАЗРУШЕНИЕ ОТ ТРУСЫ ВНИЗ ROP 4
C РАЗРУШЕНИЕ СНИЗУ ROPH ОТ ROSH X
IF (IT.NE.0) GO TO 74
ROM(N)=RR
ROS(N)=RR
ROP(N)=PR
ROPH(N)=R
ROMN=ROM(N)
ROSN=ROS(N)
ROPN=ROP(N)
ROPHN=ROPH(N)
RCKE=0.
SAFE.
SSHEB.
GO TO 26
C CONTINUE

```

```

IF(JAKT.NE.3)GO TO 115
IF(IT.NE.3)GO TO 119
ROM(N)=ROM(IL)
ROS(N)=RR
ROP(N)=RR
ROPH(N)=8.
IT#1
GO TO 128
119 CONTINUE
ROM(N)=ROM(IL)-54.*ALN*ABS(IP-YGR)/(SQRT(3.14159*AN)*RPH)
IT#2
ROP(N)=ROP(IL)
ROPH(N)=8.
ROM=ROS(IL)
ASSIGN 116 TO M
GO TO 82
116 ROS(N)=ROM1
120 POSN=RJS(N)
ROMN=ROM(N)
ROPN=ROP(N)
ROPHN=ROPH(N)
IF(ROS(N).LT.ROM(N))GO TO 121
JAKT#8
IT#M
POS(N)=RR
ROM(N)=PR
ROP(N)=RR
17. CONTINUE
GO TO 15
115 CONTINUE
IF(IT.LE.2)GO TO 73
ROP(IL)=ROS(IL)

```

21.03.85

ВНИИПГАЗДОБЫЧА-ВНИИСТ.1985ГДА.

ЛИСТ 9

```

ROS(IL)=ROM(IL)
ROM(N)=ROM#3.5
ROPH(IL)=ROS(IL)
JAKT=2
ICH#8
IT#2
73 IF(JAKT.EQ.2)GO TO 78
ICH#8
ROM(N)=ROM(IL)
ROPH=ROS(IL)
ROM=RR
GO TO 71
76 ICH=ICH+1
ROM=ROP(IL)
ROPH=ROPH(IL)
71 JAKT=2
ROPH(N)=ROMH-54.*ALN*ABS(IP-YGR)/(SQRT(3.14159*AN)*RPH)
ROS(N)=ROP4(N)
ROM(N)=ROM(IL)
ASSIGN 72 TO M
GO TO 97
72 ROP(N)=ROM1

```



```

ROS(N)=ROS(N)
ROP(N)=ROP(N)
ROM(N)=ROM(N)
ROPH(N)=ROPH(N)
IF(ROP(N).GT.POPH(N))GO TO 15
ROS(N)=RR
ROP(N)=RR
ROM(N)=RR
ITE=0
JAKT=0
ICH=2
ROP(N)=RR
ROPH(N)=RR
IF(LH.NE.ITN/LH=LH)
GO TO 15
C 75 CONTINUE
BARWANT SIGN(TGR)=SIGN(ITN)
ROS(N)=ROS(IL)
ROM(N)=ROM(IL)
ROP(N)=ROP(IL)
ROPH(N)=0.
ROS(N)=ROS(N)
ROM(N)=ROM(N)
ROP(N)=ROP(N)
ROPH(N)=ROPH(N)
IF(JAKT.NE.3)GO TO 117
IF(IT.EQ.1)GO TO 81
RON=RR
IF(IT.EQ.2)RON=ROP(IL)
ASSIGN 118 TO M
GO TO 87
118 ROP(N)=RON
ROS(N)=ROS(IL)
ROM(N)=ROM(IL)
ROP(N)=ROP(N)
ROS(N)=ROS(N)
ROM(N)=ROM(N)
ROPH(N)=0.
ROPH(N)=ROPH(N)
IF(ROS(N).GT.ROP(N))GO TO 15
ITE=1
ROP(N)=RR

```

21.03.85

ВНДЛИ АСДРЧМА-ВНИИСТ-1985ГОД.

Лист 12

```

ROS(N)=RR
GO TO 15
117 CONTINUE
IF(IT.NE.0)GO TO 76
JAKT=1
ITE=1
RON=OH*0.5
ASSIGN 77 TO M
GO TO 87
77 ROS(N)=RON
ROM(N)=OH*0.5
ROP(N)=OH*0.5

```

```

      ROPH(N)=#
      ROSN=ROS(N)
      ROMN=ROM(N)
      ROPN=ROP(N)
      ROPHN=ROPH(N)
      GO TO 15
76 CONTINUE
      IF(IT.EB.3)GO TO 84
      IF(IT.EB.1)GO TO 78
      ROM(IL)=ROS(N)
      RPN =RP(N)
      ROM(N)=ROS(N)
      ROS(N)=ROP(N)
      ROPH(N)=DH/2.
      LHE=LN
84 CONTINUE
      JAKT=2
      IT=3
      ROM=ROP(IL)
      ASSIGN 79 TO M
      GO TO 86
79 ROP(N)=ROM1
      ROMN=ROM(N)
      ROSN=ROS(N)
      ROPN=ROP(N)
      ROPHN=ROPH(N)
      IF(ROP(N).LT.ROS(N))GO TO 15
      IT=1
      JAKT=3
      ROP(N)=DH*8.5
      ROS(N)=DH*2.5
      ROPH(N)=DH*8.5
      GO TO 15
78 IF(JAKT.EB.3)GO TO 81
C ПРОДОЛЖЕНИЕ СЕЗОННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ JAKT=1
      ROM=ROS(IL)
      JAKT=1
      IT=1
      ASSIGN 82 TO M
      GO TO 82
82 ROS(N)=ROM1
      ROM(N)=ROM(IL)
      ROP(N)=ROP(IL)
      ROPH(N)=ROPH(IL)
      ROSN=ROS(N)
      ROMN=ROM(N)
      ROPN=ROP(N)
      ROPHN=ROPH(N)
      GO TO 15
81 CONTINUE
C ПРОДОЛЖЕНИЕ КРОСОСЕТНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ
      JAKT=3
81.03.85          ВРАТИГ 4 5 ЧАЕЕННИСТ.1985ГОД.          ДЛО

```

```

      PCN=ROM IL)
      ASSIGN 83 TO

```

```

      GO TO 82
83 ROM(N)=ROM1
      ROS(N)=RR
      ROP(N)=PR
      ROPH(N)=B.
      ROSH=ROS(N)
      ROMN=ROM(N)
      ROPN=ROP(N)
      ROPHN=ROPH(N)
      GO TO 15
C      КОНЕЦ БЛОКА 3
C      БЛОК РАСЧЕТА ПРЕСЛОВ ДЛЯ ВСЕХ ЗНАКОВ ПРОКЛАДКИ ПСА Т/П
84 CONTINUE
      R=DM*0.5
      R1=HT/R-1.
      R2=1.-3.6*(HT+R)/(HN+DM)
      R3=1.-8.4*R1
      R4=ROMN-R
      XH1=ROM
      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)XH1=(ROM+B.3*R)/0.7
      IF(HT.LE.-R.AND.HT.LE.HN*0.5)XH1=R4/R2+R
11 XH=XH1+EPS
      RJM1=ROM
      R=ALC-ABS(TP-TN)
      IF(ABS(R).GE.0.001)RON1=BFλ(XH,2)
      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)*B.7+R
      IF(HT.LE.-R.AND.HT.LE.HN*0.5)RON1=(Z-R)*R2+R
12 CONTINUE
      GO TO M.(72,77,79,82,83,116,118,58,64)
C      ПАКЕТ 4 М Б
15 Z=YC(N)
      IF(SIGN(1.,TB(N)),EG.SIGN(1.,T(N))Z=YF(N)
C      ПАКЕТ ОБРАБОТ
      IF(IYN.EQ.-1)GO TO 61
      IF(ICR.EQ.2)GO TO 61
      IPR=1
C      ПРОТАМБАННЕ
      IF(JAKT.NE.1)GO TO 48
C      СЕЗОННОЕ ПРОТАМБАННЕ
      ICS=1
      DELT=ROS(N)-ROS(IL)
      RON=RDS(IL)=(1.-CPR)*B.5*DM+CPR
      HT=HT
      HT=HTN(IL)
      ASSIGN 58 TO M
      GO TO 88
88 RSM(N)=RON1
      HT=HT1
48 IF(JAKT.NE.3)GO TO 59
C      МНОГОЛЕТНИЕ СЕРАЗСВАНИЯ
      IHH=1
      DELT=ROM(N)-ROM(IL)

```

```

RON=ROM(IL)=(1.-CPR)*0.5*DH+CPR
HT=HT
HT=HTN(IL)
ASSIGN 64 TO N
GO TO 89

```

81.03.85 ВНИИГАЗДОБЫЧА-ВНИИСТ, 1985 ГОД. ЛИСТ 12

```

64 RSM(N)=RON1
HT=HT1
59 CONTINUE
NPR=NPR1+DELT*CPR
NPR1=NPR
HTN(N)=HTN(N)-NPR
GO TO 49
C 61 CONTINUE
АНАЛИЗ НА КОНЦЕ ОСАДОК
IF(IPR.EQ.0)GO TO 87
IPR=0
87 HTN(N)=HTN(IL)
RSM(N)=RSM(IL)
IF(IMH.EQ.1)GO TO 49
МНОГОЛЕТНИЕ ПРОСАДКИ СОХРАНЯЮТСЯ
C БЕЗОЧНЫЕ ЗАКУЛЯЮТСЯ
HTN(N)=HT
RSM(N)=DH/2.
49 CONTINUE
RSM=NRM(N)
C 26 CONTINUE
РАСЧЕТ ТЕПЛОПОТОКОВ
ALOB=ALO
НО=ABS(HT+DH*0.5)
НСВ=НО+ALO*КАРА(N)
НСН=НО+ALOB*КАРА(N)
C УВ=ОРЕОЛ ОТ ПОВ-ТИ ПРИ НАЛИЧИИ Т/П
C РВ=ОРЕОЛ ОТ ТРУБЫ ВВЕРХ
C РН=ОРЕОЛ ОТ ТРУБЫ ВНИЗ
УВ=0.
IF(IPB.EQ.2)УВ=УР(N)
IF(IPB.EQ.1)УВ=УО(N)
РВ=0.4*0.5
IF(ITB.EQ.1)РВ=РО(N)
IF(ITB.EQ.2)РВ=РР(N)
RHR=RON1
R1H=DH/НСН
R1B=DH/НСВ
АЧТ=ABS(HT)
ЕВ=0.
IF(IPP.EQ.1)ЕВ=ЕОВН
IF(IPP.EQ.2)ЕВ=ЕРВН
RHR=RON1
IF(KD.NE.4)GO TO 96
ПОДЗЕМНАЯ ПРОКЛАДКА
IF(ITB.NE.3)GO TO 97
IF(IT.NE.0)GO TO 98
TETH=0.
IF(EB.GT.УВ)GO TO 99

```

```

TETB=0.
FIB=3.14159
FIH=FIB
GO TO 100
99 CONTINUE
TETB=2.*ARCCS(ABS((HT+EB)/X(HT+YB)))
IF(EB.GT.AHT)TETB=6.283185-TETB
FIB=0.
FIH=6.283185-TETB
GO TO 100
98 CONTINUE
C IT=0
FIB=0.
FIH=FIH
TETB=3.14159
01.03.05          ВНИИПГАЗОБВНА-ВНИИСТ.1985ГСА.          ЛИСТ 13

```

```

TETH=TETB
IF(RH.LE.ABS(HT+EB))GO TO 100
FIB=2.*ARCCS(ABS(HT+EB)/RH)
TETB=3.141592-FIB
TETH=3.141592
IF(AHT.GE.EB)GO TO 100
FIB=6.283185-FIB
TETH=0.
TETH=6.283185-FIB
GO TO 100
97 CONTINUE
C ITB=0
FIB=0.
FIH=0.
TETB=3.14159
TETH=TETB
IF(RB.LE.ABS(HT+YB))GO TO 100
FIB=2.*ARCCS(ABS(HT+EB)/RB)
TETH=6.283185-FIB
FIH=0.
TETH=0.
IF(AHT.LT.EB)GO TO 100
FIB=6.283185-FIB
TETH=0.
FIH=0.
TETH=0.
GO TO 100
96 CONTINUE
IF(KD.NE.2)GO TO 101
C НАЗЕМНАС Б НАТМОН
IF(TH.NE.3)GO TO 102
IF(LT.NE.0)GO TO 103
TETH=0.
TETH=0.
FIB=3.14159
FIH=FIB
IF(IPB.GE.2)GO TO 104
IF(HT.GT.LRR)GO TO 105
IF(ER.LE.YS-HA)GO TO 100

```

```

TETA=1.-ARCCS(ABS((HT+EB)/(HT+HN-YB)))
FIB=7.
FIM=6.28318-TETA
IF(HT,GE,EB)GO TO 182
TETA=6.28318-TETA
FIB=7.
FIM=6.28318-TETA
GO TO 180
185 IF(HT,GE,HN=2.5)GO TO 186
BETA=6.28318-2.*ARCCS(HT/(HN-HT))
IF(HT,LT,P.)BETA=2.*ARCCS(HT/(HN-HT))
TETA=BETA
FIB=7.
FIM=6.28318-BETA
GO TO 184
186 CONTINUE
TETA=3.14159
FIB=7.
FIM=3.14159
GO TO 180
183 CONTINUE
IT=1
FIM=7.
FIB=FIM
TETA=3.14159
04.03.85          ВНАЛИГАЗДОБЬЧА-ВНИСТ, 1963ГОД.          ЛИСТ          4

```

```

TETA=TETA
IF(RH,LE,ABS(-T+EB))GO TO 186
FIB=2.*ARCCS(ABS(HT+EB)/RH)
TETA=3.14159-FIB
TETA=3.14159
IF(HT,GE,EB)GO TO 182
FIB=6.28318-FIB
TETA=0.
TETA=6.28318-FIB
GO TO 183
182 CONTINUE
ITB=3--АЗЕРН-Я В НАСЪБИ
TETA=3.14159
TETA=TETA
FIB=2.
FIM=0.
IF(RB,LT,HN-HT-YB)GO TO 181
FIB=6.28318
FIM=0.
TETA=0.
TETA=0.
IF(HT,GE,HN=0.5)GO TO 180
IF(HT,LT,P.)GO TO 187
TETA=2.*ARCCS(HT/(HN-HT))
FIB=6.28318-TETA
FIM=0.
TETA=0.
GO TO 180
187 CONTINUE

```

```

TETH=2.*ARCOS(ABS(HT+EB)/RH)
FIB=6.28318-TETH
FIH=0.
TETB=0.
IF(AHT.LT.EB)GO TO 100
TETH=6.28318-TETH
FIB=TETH
FIH=6.
TETB=FIH
GO TO 100
101 IF(KD.NE.3)GO TO 100
C МАТЕМНАЯ ОТКРЫТАЯ
TETB=0.
FIH=0.
FIB=2.*ARCOS(AHT/RR)
TETH=6.28318-FIB
IF(HT.LE.0.)GO TO 100
TETH=FIH
FIB=6.28318-FIB
IF(JAKT.NE.6)GO TO 100
FIB=TETH
IF(HT.GT.0.)FIB=6.28318-FIB
TETH=0.
TETB=0.
FIH=6.28318-FIB
100 IF(KD.NE.5)GO TO 100
C ПОДВОЙНАЯ ПРОКЛАДКА
TETB=0.
FIB=3.14159
IF(RB.EQ.RH.AND.RB.EQ.RR)GO TO 100
TETB=3.14159
FIB=0.
110 TETH=TETB
FIH=FIH
100 CONTINUE
04.03.95 ВНИИГАЗДОБУЧА-ВНИИСТ.1985ГСА. ЛИСТ 15

```

```

C КОНЕЦ БЛОКА ВЫЧИСЛЕНИЯ FI,TETA
C РАСЧЕТ ALFA,K,TS
R1H=DH/HSB
R1D=DH/HSB
IF(KD.NE.3)GO TO 111
R1H=DH/(ALDOKAPA(N))
R1B=DH/(ALDOKAPA(N))
111 CONTINUE
ALF1H=2.*ALC/(DH+ALC*(2./R1H*(1.+SQRT(1.+R1H))+1.))
ALF1B=2.*ALCB/(DH+ALC*(2./R1B*(1.+SQRT(1.+R1B))+1.))
R1=DH*0.5*ALOG(DH/DO)/LIZ
AK1B=1./(R1+1./ALF1B)
AK1H=1./(R1+1./ALF1H)
ALFAH=ALF1H
ALFAB=ALF1B
IF(KD.NE.2)GO TO 2
BET=6.28318
IF(HT.LE.-2.5*DH)BET=0.
R2=HT/(HN-47)

```

```

IF (HT.GE.1. AND HT.GE.-0.5*DH) BET=2.*ARCCOS(R2)
IF (HT.LE.HN*0.5 AND HT.GE.0.1) BET=6.283185-2.*ARCCOS(R2)
R3B=(1.-BET/6.28318)*CH*AK1B
R4=ALOG(DH/DO)/2.*L12)
R5=ALOG(2.*(HN-HT)/DH)
R6=1./2*(R4+R5)+HN*HT)
ALFAB=(R3B+BET/6.283185*DH*(1./ALOB*(R5+R6)))/(1.-R3B+R4)
IF ((ABS(YB).LT.0.001 AND ABS(RB-RR).LT.0.001).OR.
=(YB.GE.0. AND RB.GE.(HN-HT-YB))) GO TO 126
RNTY=HN-HT-YB
IF (ABS(RB-RR).LT.0.001) GO TO 127
IF (RB.LT.RNTY AND YB.GE.0) ALFAB=2.*ALOB/(DH*ALOB(RB/RR))
GO TO 126
127 IF (YB.GT.0. AND HT.GE.-RR) ALFAB=2.*ALOB/(DH*ALOG(RNTY/RR))
IF (YB.GT.0. AND HT.LT.-RR) ALFAB=
=2.*ALOB/(DH*ALOG((RNTY-RR)/RR*(1.+SBRT(1.+DH/(RNTY-RR))))+1.)
126 ALFAM=ALFAB
C IF (KD.NE.3) GO TO 4
HAZEMNAY STKPYTAY
C GAMA=2.*ARCCOS(2.*ABS(HT)/DH)
IF (HT.GT.2.) GAMA=6.28318-GAMA
ALFAB=F1/6.283185*ALF2BN+(1.-F1/6.28318)*ALF1B
ALFAM=ALFAB
4 CONTINUE
AKB=1./R1+1./ALFAB)
AKM=1./R1+1./ALFAM)
C PACHEP TEMEP TYPH CKPYBAQWEH CPEAM TB
C HAZEMNAY TPOKLAJKA
TSP=TBN+6.72*RB*(1.-AT)*ALF2BN
TSA=TS
C IF (YD.EQ.1) GO TO 122
POBZEMNAY TPOKLAJKA
AMY=ABS(HT+YB)
TSP=TF
IF ((RB.GT.RR AND RB.LT.AMY).OR.(RB.EQ.RR AND YB.NE.0))
*GO TO 123
IF (HO/DH.LE.3.) TSP=TBN
IF (HO/DH.GT.3.) TSP=TCR
123 TSP=TS
IF (KD.NE.2) GO TO 124
HAZEMNAY TPOKLAJKA B PACHPH
TSP=TBN*(6.28318-BET)*ALF1B*(TSP-TBN)/
*(BET*ALFAB+(6.28318-BET)*ALF1B)
IF (YB.GE.0. AND (RB.LT.(HN-HT-YB) AND RB.GE.RR)) TSP=TF
124 IF (KD.NE.3) GO TO 125

```

01.03.85 ВНИИГАЗДОБЫЧА-ВНИИСТ, 1985Г0А. ЛИСТ 16

```

C HAZEMNAY STKPYTAY
TSP=TBN+GAMA*ALF2BN*(TSA+TBN)/(ALFAB*(1.+GAMA*
*(ALF2BN/ALF1B-1.)))
125 IF (KD.NE.5) GO TO 122
C POBZEMNAY TPOKLAJKA
TSP=TCR
122 CONTINUE
R1=0H*0.5/_L2-ALOG(DH/DO)
AKB=1./R1+1./ALFAB)

```



```

AKH=1./(R1+1./ALFAH)
GAB=0.5*AKB*F*B*DH*(TS-TN)
GAM=0.5*AKH*F*M*DH*(TCR-TN)
GA=QAB+GAM
RCTB=B.
IF(RB.GT.DH=0.5)GGRB=-ALOB*YETB=TN/
*(ALOB*(RB=2./DH)+ALOB*R1=2.)
GGRH=B.
IF(RH.GT.DH=2.5)GGRH=-ALC*TETH=TN/
*(ALC*(2.*RH/DH)-ALC*R1=2.)
GGR=GGRB+GGRH
RSUM=GA+GGR
19 CONTINUE
C ПЕЧАТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ СЧЕТА
IF(N.F3.1.AND.JT.EQ.1)WRITE(3,222)
222 FORMAT(/735X,'Р Е З У Л Ь Т А Т Ы',
*'Р А С Ч Е Т А /35X,53('-''))
IF(N.EQ.1)WRITE(3,221)JT
221 FORMAT(/1X,'ГОД-',I2/1X,'61'-')/1X,119('-'')/
*3X,'1',2(5X,''),'ПОЛОЖЕНИЕ ФР.:',
*'ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ В ССН.Т/П: ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ',
*5X,'',
*'ОСАДКИ:ЛУЧЕВ. ТЕПЛОПОТОКИ',
*/1X,' N: YP : T :ВНЕ ЗОНЬ Т/П : И/ЛЕТ: СЕЗ.:',
*' РАЗР.: С ПР.: ОТ ТРУБН: ОТ ПОВ-ТИ :',2(6X,''),
*/3X,'1',2(5X,''),124('-'')/
*3X,'1',2(5X,''),' ЕСВ : ЕРВ : РСМ : РСН : РОП :',
*' RMS : RC : RP : YG : YP :',
*' MPR : MFO : RA : GER : RSUM :'/1X,119('-'')
ROHNN=ROHN-RR
ROSNN=ROSN-RR
ROPNN=ROPN-RR
RSNN=RSN-RR
RONNN=RONN-RR
RDNN=RDN-RR
WRITE(3,222)N,TPN,TN,EOBN,EPBN,ROHNN,ROSNN,ROPNN,
*RSNN,RONNN,RPNN,YON,YPN,MPR,MPN,RA,GER,RSUM
222 FORMAT(1X,I2,'',I2(F5.1,''),I2(F6.2,''),2(F6.3,''),
*3(F6.1,'')/1X,119(''))
65 CONTINUE
IF(JT.EQ.1)GO TO 54
G. TO 92
END

```

```

// EXEC PRINCO
*ВНИМУ 13 ДОБЫЧА-ВНИСТ.1965ГОД.
*FUNCTION ВРАХН(1)
*СЧЕТА СРЕДСТВ МЕТОДОМ ДЕЛЕНИЯ
*РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСЛАНИ
C ПОДПРОГРАММА-АУТОМАТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ Т.НСМ УР-ИИ
C I=1-ФРВ-СРЕДН ОТ ГСВ-ТА БЕЗ Т/П
C I=2-ФРВ-СРЕДН СМНЗ ОТ Т/П
C I=3-ФР11-СР-С.Т.Т.С.БРАЗ-Е ФНИЗ ОТ ПОВ-ТИ ПРИ
C I=4-ФР12-ОДНОСТОЯ.СТРАЖ С ВЕРХ ОТ Т/П
C I=5-ФРВ1-СР-СМН.Т ГСВ-ТА ПРИ СЛОНЧ.Т/П
C

```

```

C      I=6-PRB2-CPEC/CH 5BEFX OT T/5
COMMON/CLAD1/CF,AC,ALC,A1,AL1,TPN,TF,TN,TCR,
*KAPAN,DH,DO,LIZ,HO,CMEG
*,TI,HT
COMMON /CLAD2/DTT,KC,L,LH,HN,DIZ,AT,ITT1,IZ,
*LTB,LYH,LMB,LH,ATB,ATH,AMB,AMF,QFB,QFH,
*TRCF,EDE1,EPB,EPH1,YC1,YP1,RO1,RP1,ROM1,ROSI,ROP1,ROP1,
*GPR,SPU
COMMON/CLAD3/IPP,ITE,IPB,IT,IAK
REAL LTP,LTM,LMB,LH
COMMON /CLAD4 / JY
REAL LIZ,KAPAN
F(Y)(X)=(12F+2.5*ALC/AC=ABS(TPN)+
*ABS(ALO/AC*TF-AL1/A1+T1))
*(X+XN1+2.5*ALC*KAPAN)*ABS(X-XN1)-
*M1)
*(2.5*ALC*ABS(T1-TPN))-73B.
M11(X)=ALC/AC+ABS(TPN)-ALC*KAPAN)*2*ALOG(1.+
*(X-XN1)/(XN1+2LO*KAPAN))
PRB(X)=TRCF+ABS(ALO/AC*TF-AL1/A1+T1))
*X*ABS(X-XN1)+ALOG(2.5*X/DH)+ALO/LIZ=
ALOG(DH/DO1)/ALC*ABS(TF-TN)+
*ABS(X-XN1)*0.5/AC*(XN1-(X**2-DH**2)*P.25*
*(1.-2.5*ALC/LIZ*ALOG(DH/DO)))
*(2.5*X*(ALOG(2.5*X/DH)+ALC/LIZ*ALOG(DH/DO))))-73B.
FR1(X)=AL1*ABS(TF-TN)/(ABS(HT)-X
*(ALOG(ABS(HT)-X)/DH*2.5)+AL1/LIZ*ALOG(DH/DO)))
*ALC*ABS(TF-TPN)/(X+ALC=CMEG)
FR12(X)=ALC*ABS(TF-TN)/(X*(ALC*1.+(X-RR)/RR)+
*ALO/LIZ*ALOG(DH/DO))-ALC*ABS(TF-TPN)/
*(HO+RR-X+AL1)*KAPAN)
PRB1(X)=(TRCF+ALC/AC+2.5*ABS(TPN)+ABSTALQ*TF/AC-
*AL1/A1+T1))-(X+XN1+2.5*ALC*KAPAN)*ABS(X-XN1)-
*M1)/(2.5*ALC*ABS(TF-TPN))-73B.
PRB2(X)=(TRCF+ABS(ALC/AC*TF-AL1/A1+T1))
*X*ABS(X-XN1)+ALOG(2.5*X/DH)+AL/LIZ=
ALOG(DH/DO)/ALC*ABS(TF-TN)+
*ABS(X-XN1)*0.5/AC*(XN1-(X**2-DH**2)*P.25*
*(1.-2.5*ALC/LIZ*ALOG(DH/DO)))
*(2.5*X*(ALOG(2.5*X/DH)+ALC/LIZ*ALOG(DH/DO))))-73B.

```

```

C      ОТДЕЛЕНИЕ КОРРЕКЦИИ
C      ОМЕГ=KAPAN
C      RR=CH-2.
C      X2=XN1+7.222
C      IF(1,NE,100,1000)
C      FEYE
C      ALI=0.5
C      A1=0.5
C      ALC=0.5
C      AC=1.
C      IF(1,NE,100,1000)
C      ALC=0.5
C      AC=1.

```

```

32 A1#ATB
CONTINUE
T1#TF
IF(I.PP.EB.1)T1#TCR
33 IF(I.NE.2)GO TO 18
C PRB
ALD=LTH
AORATH
AL1=L#H
A1#AMH
IF(LH.EB.-1)GO TO 19
ALD=L#H
AORAMH
AL1#LTH
A1#ATH
19 CONTINUE
T1#TCR
IF(IT.GT.1)T1#TF
18 IF(I.NE.3)GO TO 28
C FR11
IF(ABS(TN-TF).GT.8.881)GO TO 21
I#5
GO TO 22
21 CONTINUE
ALD=LTB
IF(TPN.LE.TF)ALD=LMB
AL1#LTB
IF(TN.LE.TF)AL1=LMB
28 IF(I.NE.4)GO TO 22
C FR12
IF(ABS(TN-TF).GT.8.881)GO TO 23
I#5
GO TO 22
23 CONTINUE
ALD=LTB
IF(TN.LE.TF)ALD=LMB
AL1#LTB
IF(TPN.LE.TF)AL1=LMB
22 IF(I.NE.5)GO TO 22
C FRB1
ALD=LTB
AORATB
AL1=L#B
A1#AMB
IF(L.EB.-1)GO TO 24
ALD=LMB
AORAMB
AL1#LTB
A1#ATB
24 T1#TN
IF(ITB.EB.2)I1#TF
25 IF(I.NE.6)GO TO 26
C FRB2
ALD=LTB
AORATB
AL1=L#B
A1#AMB

```

```

IF(L.EQ.-1)GO TO 27
ALO=L*MB
AOP=MB
ALI=L*TB
AIR=TB
27 CONTINUE

```

01.05.85 / JOB AAAAA

ЛИСТ 80

```

17 CONTINUE
F3=FR12(Z)
18 CONTINUE
IF(I.NE.5)GO TO 30
W1=W.
IF(KAPAN.GT.0.001)W1=W11(Z)
F3=FRB1(Z)
30 IF(I.NE.6)GO TO 31
F3=FRB2(Z)
31 CONTINUE
IF(F1*F3)4,4,5
4 X2=W
F2=F3
GO TO 2
5 X1=W
F1=F3
GO TO 2
6 CONTINUE
C КОНЕЦ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ (Z)
BFX=Z
RETURN
END

```

01.05.85 JOB AAAAA

ЛИСТ 19

```

T1=TPN
IF(IPB.NE.3)T1=TF
26 CONTINUE
1 X1=X2
X2=X1*0.1
IF(I.NE.1)GO TO 6
W1=W.
IF(KAPAN.GT.0.001)W1=W11(X1)
F1=FEYB(X1)
W1=W.
IF(KAPAN.GT.0.001)W1=W11(X2)
F2=FEYB(X2)
6 IF(I.NE.2)GO TO 7
F1=FRB(X1)
F2=FRB(X2)
7 IF(I.NE.3)GO TO 8
IF(X1.LE.ABS(HT))GO TO 15
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 26
      W1=6.
      IF(KAPAN.GT.0.001)W1=W11(X1)
      F1=FR01(X1)
      W1=6.
      IF(KAPAN.GT.0.001)W1=W11(X2)
      F2=FR01(X2)
      26 IF(I.NE.6)GO TO 29
      F1=FR02(X1)
      F2=FR02(X2)
      29 CONTINUE
      IF(SIGN(1.,F1).EQ.SIGN(1.,F2))GO TO 1
      НАХОЖДЕНИЕ КОРНЯ ТРАНСЦЕНДЕНТНОГО УР-НЯ
      МЕТОДОМ ДЕЛЕНИЯ ОТРЕЗКА ПОПОЛАМ
      2  Z=(X1+X2)*0.5
      X3=ABS(X2-X1)
      IF(X3.LT.0.001)GO TO 3
      IF(I.NE.1)GO TO 10
      W1=6.
      IF(KAPAN.GT.0.001)W1=W11(Z)
      F3=FR03(Z)
      10 IF(I.NE.2)GO TO 11
      F3=FR03(Z)
      11 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

```

#1.03.85

JOB AAAAA

ЛНСТ 21

```

// EXEC PRINCO
*ВНИМАТЕЛЬНО ПРОЧИТАЙТЕ ЭТОТ ФАЙЛ, 1985 ГОД.
SUBROUTINE BB00
C      ВВОД ИСХОДНЫХ ДАННЫХ К ПРОГРАММЕ ВFRONT
COMMON/CLAD3/RF,AD,ALO,A1,AL1,TPN,TF,TN,TCR,
*КАПАН,DM,DC,LIZ,HO,CHES
*,T1,HT
COMMON /CLAD2/JYT,KD,L,LH,HN,01Z,AT,ITT,IZ,
=LTB,LTH,LMB,LHN,ATB,ATH,AMB,AMH,RFB,RPH,
*IBCP,E0B1,EPB1,EPH1,YO1,YP1,RO1,RP1,ROM1,ROB1,
*ROP1,ROPH1
*,CPR,CPU
COMMON/CLAD3/T(12),TB(12),ALFAF(12),ALP2R(12),

```

```

*КАРА(12),RJ(12),LE(12)
*,ALF28(12),TH1(7,12)
REAL LIZ,LTB,LTH,LMB,LNH,LE,КАРА,КАРАН
DIMENSION ATL(18)
READ(1,91)ATL
91 FORMAT(18A4)
WRITE(3,92)ATL
92 FORMAT(/1X,'ОБЪЕКТ:',18A4/)
READ(1,1)JTT,KD,L,LH
1 FORMAT(4I2)
READ(1,2)DH,HT,HN,DIZ,TF,TGR,AT,LIZ,LTB,
*LTH,LMB,LNH,ATB,ATM,AMB,AMH,CPR,CPU,SPB,BFH
2 FORMAT(12F6.3/6F6.4/2F6.1)
WRITE(3,3)
3 FORMAT(/36X,'М С Х О Д Н Ы Е ',
*'Д А Н Н Ы Е')
WRITE(3,4)
4 FORMAT(/56X,42(1H-))
WRITE(3,5)
5 FORMAT(1X,116(' ') /1X,'1',5X,'JTT',4X,'1',
*6X,'KD',7X,'1',7X,'LF',7X,'1',7X,'LN',6X,'1',
*3X,'DH',3X,'1',3X,'HT',3X,'1',3X,'HN',
*3X,'1',2X,'DIZ',3X,'1',3X,'TF',3X,'1',
*3X,'TGR',4X,'1' /1X,116(' ')
*/1X,'ЧИСЛО ЛЕТ :2-НАЗ.В НАСМПИ,ГРУНТ НАД Т/П: ',
*'ГРУНТ ПОД Т/П: :ВНУТР. ГЛУБИНА : ВЫСОТА :ТОЛЩИНА I',
*'Т-РА НАЧ: ',
*'СР./ГОД. :',
*/1X,'ЭКСПЛ-ЦИИ :3-ОТКР.,4-ПОДЗ.,1-ТАЛЫ,=-МЕРЗ: ',
*'1-ТАЛЫ,-1-МЕРЗ:ДИАН.Т/ПИЗАЛОС-Я : НАСЫПИ :ИЗОЛЯЦИИ: ',
*'ЗАМЕРЗ-Я: ',*Т-РА ГР. :'
*/1X,116(' ') /1X,'1',5X,'1',3(
*7X,'1',7X,'1',4(3X,'M',4X,'1',2X,'O C',3X,'1',3X,'O C',4X,'1'
*/1X,116(' '))
WRITE(3,6)JTT,KD,L,LH,DH,HT,HN,DIZ,TF,TGR
6 FORMAT(1X,'1',12,5X,'2',3(7X,12.6X,'1'),
*5(1X,F7,3,'1',2X,F7,3,'1' /1X,116(' '))
WRITE(3,21)
21 FORMAT(/1X,116(' ') /1X,'2' AT : LIZ : LTB :',
*' LTH : LMB : LNH : ATB : ATM :',
*' AMB : AMH : CPR : CPU : SPB : BFH :'/
*1X,116(' ') /1X,'3:АЛБЕДО:КОЭФ-Т :',2('КОЭФ-Т ТЕПЛОП:'),
*2('КОЭФ-Т ТЕРМ/ПР:'),2('КОЭФ-Т :'),6X,'ТЕПЛОТА',6X,'1' /
*1X,'1',7X,'1',Т/ПР. :',2(' ТАЛОГО ГРУНТА :МЕРЗЛОГО ГРУНТА'),
*'ПРОСАД.:ПУЧЕНИЯ:',
*'ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ :'/1X,'1' ТРУБ : ИЗОЛ. :',
*4(' НАВ Т/П:ПОВ Т/П:'),2(7X,'1'),* НАД Т/П : ПОД Т/П :'/
*1X,116(' ') /1X,'1',7X,'1',4(3X,'M',4X,'1',2X,'O C',3X,'1',3X,'O C',4X,'1'
*2X,'M2/ЧАС',3X,'1',2(7X,'1'),6X,'ККАЛ/МЗ',6X,'1' /
*1X,116(' '))
WRITE(3,22)AT,LIZ,LTB,LTH,LMB,LNH,ATB,ATM,AMB,AMH
91.F3.B5 JOB AAAAAA ЛИСТ 22

*СР, CPU, SPB, BFH
22 FORMAT(1X,12(' ',F7,4),',',2(F9.2,' ')/1X,116(' '))
READ(1,1)BCP,I2,I7,1

```


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 аданий 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 аданий 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 мерзлыми грунтами	48
5. Реализация методики на ЭВМ	55
6. Контрольный пример	69
Приложения	73
Литература	II'

Рекомендации

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

Р 609-86

Издание ВНИИСТА

Редактор Ф.Д.Остаева

Корректор С.П.Михайлова

Технический редактор Т.Л.Датнова

Подписано в печать II/IV 1987 г. Формат 60x84/16		
Печ.л. 7,75	Уч.-изд.л. 7,0	Бум.л. 3.875
Тираж 500 экз.	цена 70 коп.	Земле 86

Ротапринт ВНИИСТА