


ГОССТРОЙ СССР
Главпроект
СОЮЗАНТЕХПРОЕКТ
Государственный проектный институт
АНТЕХПРОЕКТ

УТВЕРЖДАЮ:

ДИРЕКТОР ГПИ
АНТЕХПРОЕКТ


Н. КОХАНЕНКО

7 июня 1972г.

РЕКОМЕНДАЦИИ
по проверке графическим методом самокомпенсации
трубопроводов пространственной конфигурации при
температурных перепадах до 300°C

ЛЗ-59

Москва 1978

**Введены в действие приказом № 107 по
В/О Совсантехпроект от 7 июня 1972 года**

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Предлагаемый графический метод предназначен для проверки самокомпенсации трубопроводов пространственной конфигурации при температурных перепадах до 300°C и минимально необходимом количестве аналитических расчетов без применения справочного материала.

Данный метод позволяет проверять самокомпенсацию трубопроводов из сталей марок СТЗ, 10, 20 при максимальных расчетных давлениях до 25 кгс/см² (для бесшовных труб) и до 16 кгс/см² (для электросварных труб). Проверка производится по одной номограмме (рис. I). Основой номограммы является график, приведенный в "Указаниях конструкторам по применению критерия температурной самокомпенсации трубопроводов".

Номограмма состоит из четырех квадрантов: А, Б, В, Г (см. рис. I). В квадранте А помещен график, на котором определяется положение точки, характеризующее наличие или отсутствие самокомпенсации трубопровода. Квадрант Б состоит из семейства кривых (гипербол), каждая из которых соответствует определенному наружному диаметру трубопровода. В квадранте В даны шкалы упругих длин трубопровода (в м), соответствующие определенному температурному перепаду. Квадрант Г состоит из семейства прямых, соответствующих расстоянию между неподвижными опорами по прямой α (в м).

Построения, выполняемые в квадрантах Б и В номограммы при решении конкретных задач, являются графическим решением выражения.

$$\bar{\sigma} = \frac{\alpha \cdot d \cdot \Delta t \cdot E}{[\sigma] \cdot L}, \quad (1)$$

- где $\bar{\delta}$ - температурный параметр;
 α - коэффициент линейного расширения при рабочей температуре, $\text{см}/^{\circ}\text{C}$;
 d_n - наружный диаметр трубопровода, см
 Δt - расчетная разность температур, $^{\circ}\text{C}$
 E - модуль упругости при рабочей температуре, $\text{кгс}/\text{см}^2$;
 $[\sigma]$ - допустимое напряжение на температурную самокомпенсацию при рабочей температуре, $\text{кгс}/\text{см}^2$;
 L - упругая длина трубопровода, м;

$$\Delta t = t_k - t_0 \quad \text{Здесь}$$

- t_k - расчетная температура компенсации, $^{\circ}\text{C}$;
 t_0 - температура монтажа (замыкания шва), $^{\circ}\text{C}$

Построения в квадранте Г есть решение соотношения

$$\beta = \frac{L}{\alpha} - 1 \quad (2)$$

- где β - коэффициент;
 α - расстояние между неподвижными опорами по прямой, определяемое по формуле

$$\alpha = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}$$

Здесь $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ - разность координат неподвижных опор начала и конца трубопровода, м

Упругая длина трубопровода определяется по формуле

$$L = l_1 \cdot K_1 + l_2 \cdot K_2 + l_3 \cdot K_3 + \dots + l_n \cdot K_n$$

где $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ - действительные последовательные длины всех прямых и дуговых элементов,

$K_1, K_2, K_3 \dots K_n$ - коэффициенты гибкости элементов.

Для прямых элементов трубопровода, имеющих ось в одной плоскости, $K=I$ (для плоских схем).

При определении упругой длины трубопровода с пространственной осью коэффициенты гибкости $K=I$ для прямых элементов, лежащих в плоскости проекции, которая совпадает с двумя наибольшими из координат и принимается за основную плоскость проекции.

Коэффициент гибкости прямого элемента, перпендикулярного основной плоскости проекций, $K=I,3$.

Коэффициент гибкости дуговых (гнутых) элементов рассчитывается по специальным формулам и в данной работе не рассматривается, так как при монтаже трубопроводов в настоящее время применяются крутоизогнутые, штампованные или сварные отводы, коэффициент гибкости K которых близок к I .

При определении упругой длины осевой линии трубопровода с крутоизогнутыми или сварными отводами трубопровод рассматривается как состоящий из прямых отрезков. Радиус отводов условно принимается равным нулю. Возникающая при этом погрешность идет в запас прочности.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОЛЬЗОВАНИЕ НОМОГРАММОЙ

Проверка самокомпенсации трубопровода по номограмме выполняется в три этапа.

Первый этап. Подбор исходных данных

Для выполнения проверки необходимо иметь следующие данные:

- а) диаметр трубопровода D_u , мм;
- б) параметры теплоносителя и температурный перепад

$$t_n, t_o \text{ } ^\circ\text{C}$$

- в) аксонометрическую схему трубопровода;
- г) координаты неподвижных опор начала и конца участка трубопровода.

Для плоских участков аксонометрическая схема не требуется.

Второй этап. Определение величин L и a

Величины L и a определяются по данным аксонометрической схемы по формулам

$$L = l_1 \cdot K_1 + l_2 \cdot K_2 + l_3 \cdot K_3 + \dots + l_n \cdot K_n \quad \text{м.}$$

$$a = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2} \quad \text{м.}$$

Значения и правила подсчета входящих в формулы величины были описаны выше.

Третий этап. Построение на номограмме

Проверка трубопровода на самокомпенсацию производится по величинам L и a в следующем порядке.

1. В квадранте В находится шкала, соответствующая заданному температурному перепаду (или близкому к нему). На ней откладывается величина L в метрах.

Из найденной точки восстанавливается перпендикуляр в квадрант Б до пересечения с кривой, соответствующей заданному диаметру. Из точки пересечения проводится горизонталь в квадрант А, где эта линия будет пересекаться с линией, выходящей из квадранта Г.

2. На шкале L квадранта Г откладывается найденное L и проводится горизонталь до пересечения с прямой, расстояние a которой равно найденному выше (или близкое к нему).

Из точки пересечения восстанавливаем перпендикуляр в квадрант А до пересечения с линией, выходящей из квадранта Б. Положение точки пересечения этих двух линий

на графике характеризует наличие или отсутствие самокомпенсации трубопровода или указывает на необходимость выполнения расчетов на ЭВМ.

Решение примеров № 1, 2, 3 с использованием номограммы дано на рис. 2.

Примеры проверки самокомпенсации

Пример № 1

1. Дано: паропровод ϕ 273x7 мм, рабочая температура $t_k = 235^\circ\text{C}$, наружная температура $t_o = -20^\circ\text{C}$, $\Delta t = 235 - (-20) = 255^\circ\text{C}$.

2. Определяем величины L и a

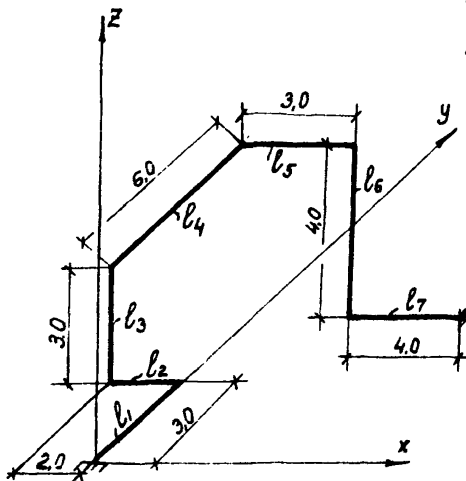
$$L = l_1 \cdot K_1 + l_2 \cdot K_2 + l_3 \cdot K_3 + l_4 \cdot K_4 + l_5 \cdot K_5 + l_6 \cdot K_6 + l_7 \cdot K_7 = 3 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 3 \cdot 1,3 + 6 \cdot 1 + 3 \cdot 1 + 4 \cdot 1,3 + 4 \cdot 1 = 27,1 \text{ м}$$

$$a = \sqrt{5^2 + 9^2 + 1^2} = 10,35 \text{ м}$$

$$\Delta X = l_5 + l_7 - l_2 = 5$$

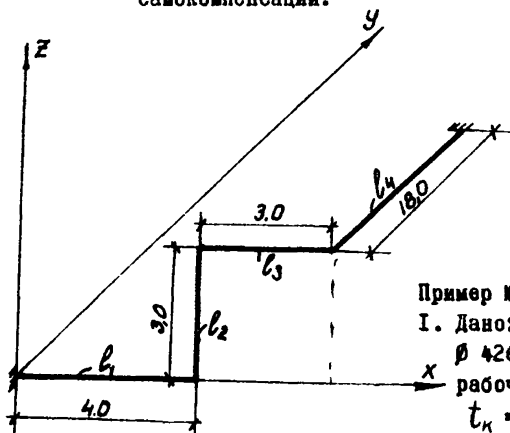
$$\Delta Y = l_1 + l_4 = 9$$

$$\Delta Z = l_6 - l_3 = 1$$



Основной плоскостью является плоскость X-Y. Поэтому K_1, K_2, K_4, K_5, K_7 равны 1, а K_3 и K_6 равны 1,3.

3. На номограмме производим построения (см. рис. 2).
 4. Ответ. Принятая схема трубопровода обеспечивает температурную самокомпенсацию, так как точка I пересечения линий построения попала в зону самокомпенсации.



Пример № 2.

I. Дано: водовод
 $\varnothing 426 \times 6$ мм,
 рабочая температура
 $t_k = 150^\circ\text{C}$,
 наружная температура
 $t_0 = -30^\circ\text{C}$,

$$\Delta t = 150 - (-30) = 180^\circ\text{C}.$$

2. Определяем величины

$$L = a$$

$$\Delta X = l_1 + l_3 = 7,0 \text{ м}$$

$$\Delta Y = l_4 = 18,0 \text{ м}$$

$$\Delta Z = l_2 = 3,0 \text{ м}$$

$$a = \sqrt{7^2 + 18^2 + 3^2} = 19,5$$

$$L = l_1 \cdot K_1 + l_2 \cdot K_2 + l_3 \cdot K_3 + l_4 \cdot K_4 \\ = 4 \cdot 3 + 3 \cdot 3 + 18 = 26,9$$

Основной плоскостью проекции является плоскость X-Y, поэтому

K_1, K_3, K_4 равны 1, а $K_2=1,3$.

3. Построения указаны на номограмме (см.рис.2)

4. Ответ. Точка попала в зону необходимости выполнения поверочных расчетов. Самокомпенсация не обеспечивается. Требуется провести детальные расчеты трубопровода на ЭВМ или изменить схему трубопровода с повторной проверкой самокомпенсации.

Пример № 3.

1. Дано. Паропровод $\varnothing 325 \times 8$ мм,
рабочая температура $t_K = 300^\circ\text{C}$,
наружная температура $t_0 = 0^\circ\text{C}$,
 $\Delta t = 300^\circ - 0 = 300^\circ\text{C}$.

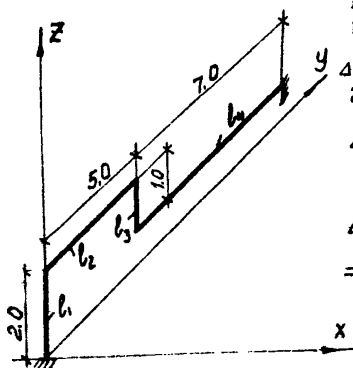
2. Определяем величины L и α

$$\Delta X = 0; \Delta Y = l_2 + l_4 = 12,0; \Delta Z = l_1 - l_3 = 1$$

$$\alpha = \sqrt{12^2 + 1} = 12,05 \text{ м}$$

$$L = l_1 \cdot K_1 + l_2 \cdot K_2 + l_3 \cdot K_3 + l_4 \cdot K_4 =$$

$$= 2 + 5 + 1 + 7 = 15 \text{ м}$$



так как фигура плоская, то

$$K_1 = K_2 = K_3 = K_4 = 1.$$

3. Построения показаны на номограмме (рис. 2).

4. Ответ. Точка попала в зону

отсутствия самокомпенсации.
Самокомпенсация трубопровода
не обеспечивается. Требуется
изменение схемы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Указания конструкторам по применению критерия температурной самокомпенсации трубопроводов. Изд-во Московского отделения института "Теплоэлектропроект", № II39-ОМ, 1967.

Руководящие указания по проектированию станционных трубопроводов. Вып. П. Расчеты трубопроводов на прочность с учетом напряжений компенсации. Изд-во Ленинградского отделения института "Теплоэлектропроект", № 27477, 1965.

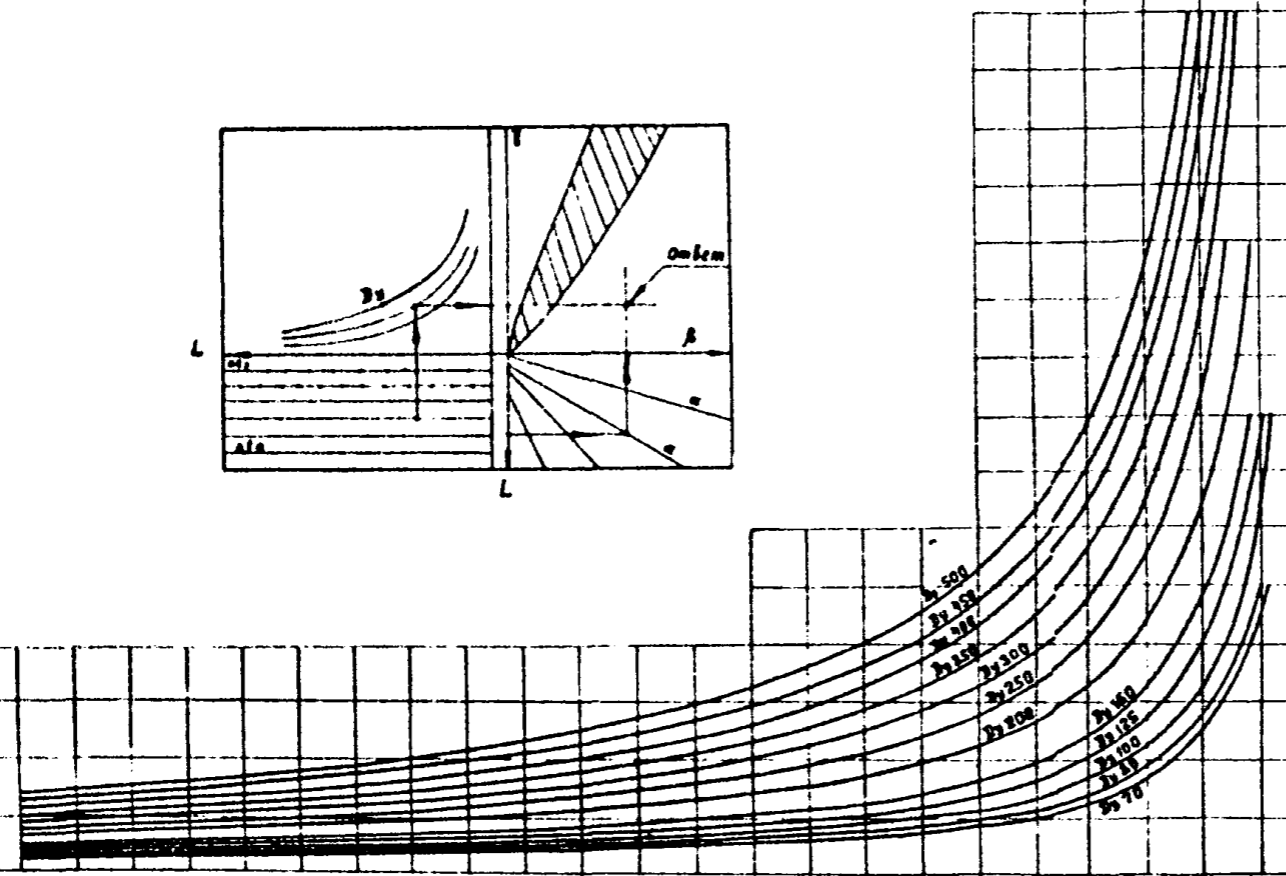
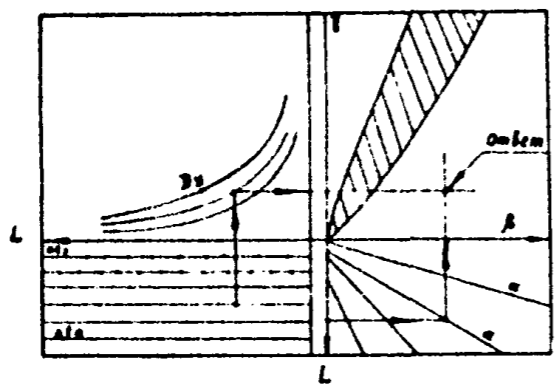
Справочник по проектированию электрических станций и тепловых сетей. Раз. IX, том I. Механические расчеты трубопроводов. Изд-во Московского отделения института "Теплоэлектропроект", № I79, 1959.

Нормы расчета элементов паровых котлов на прочность. Сборник материалов Госгортехнадзора, М., 1971 г.

Справочник проектировщика. "Тепловые сети". Под ред. Николаева, М. "Энергия", 1962.

Б

Номограмма
для графического метода проверки само-
компенсации трубопроводов сложной конфигурации.

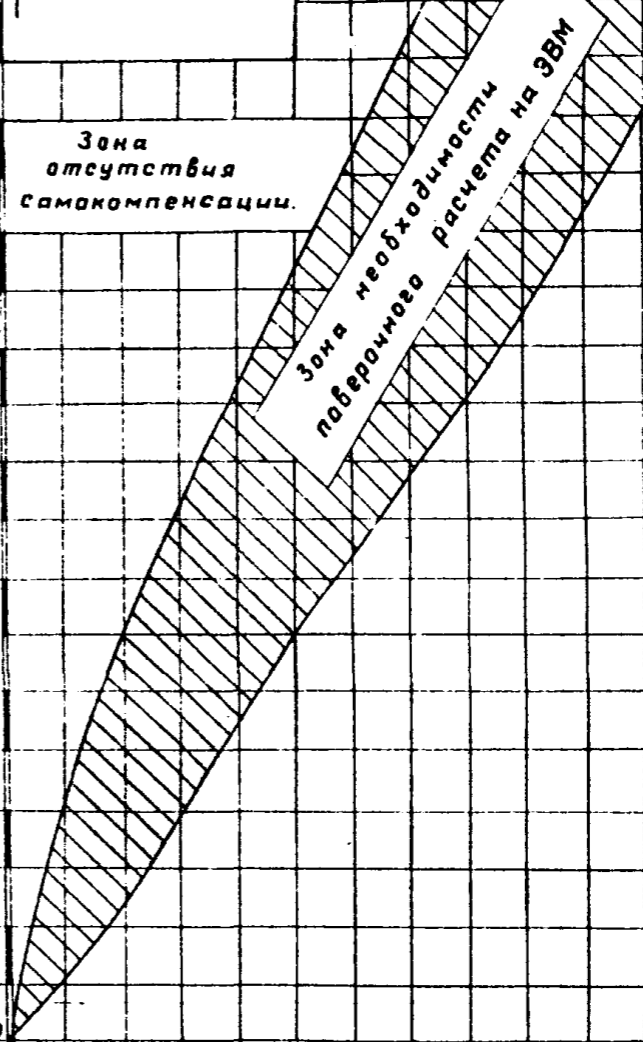


$\Delta t = 100^\circ$	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2												
$\Delta t = 150^\circ$	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2								
$\Delta t = 160^\circ$	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2					
$\Delta t = 180^\circ$	40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2			
$\Delta t = 230^\circ$			40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4		
$\Delta t = 255^\circ$				40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	
$\Delta t = 305^\circ$					40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4

0.95
0.9
0.85
0.80
0.75
0.70
0.65
0.60
0.55
0.50
0.45
0.4
0.35
0.3
0.25
0.20
0.15
0.1
0.05
0

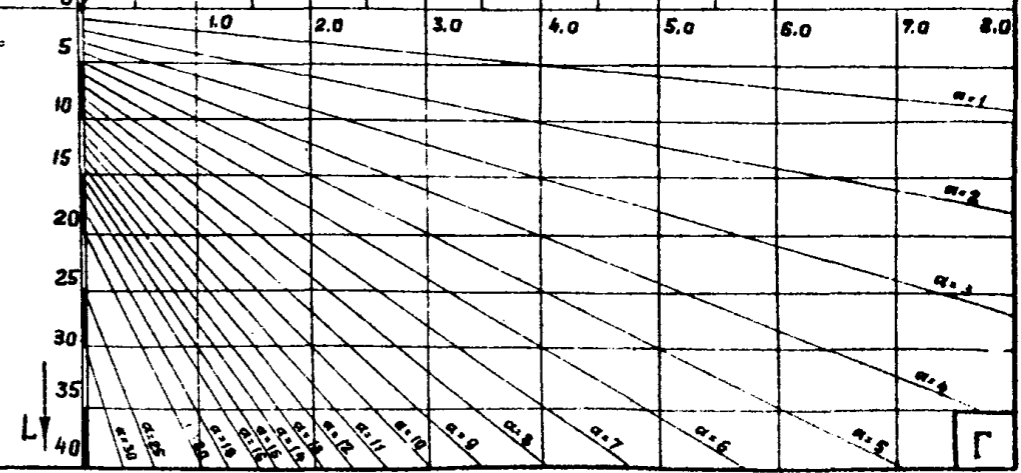
$$\bar{\gamma} = \frac{\alpha \cdot d_{нв} \cdot E}{[\sigma] \cdot L}$$

Зона
отсутствия
самокомпенсации.



Зона
обеспечения
самокомпенсации

$$\beta = \frac{L}{\alpha} - 1$$



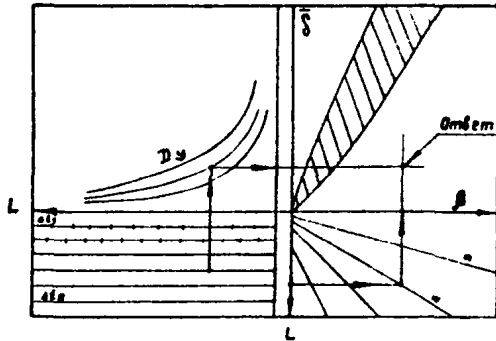
В

А

Г

6

Номограмма
для графического метода проверки самоком-
пенсации трубопроводов сложной конфигурации.



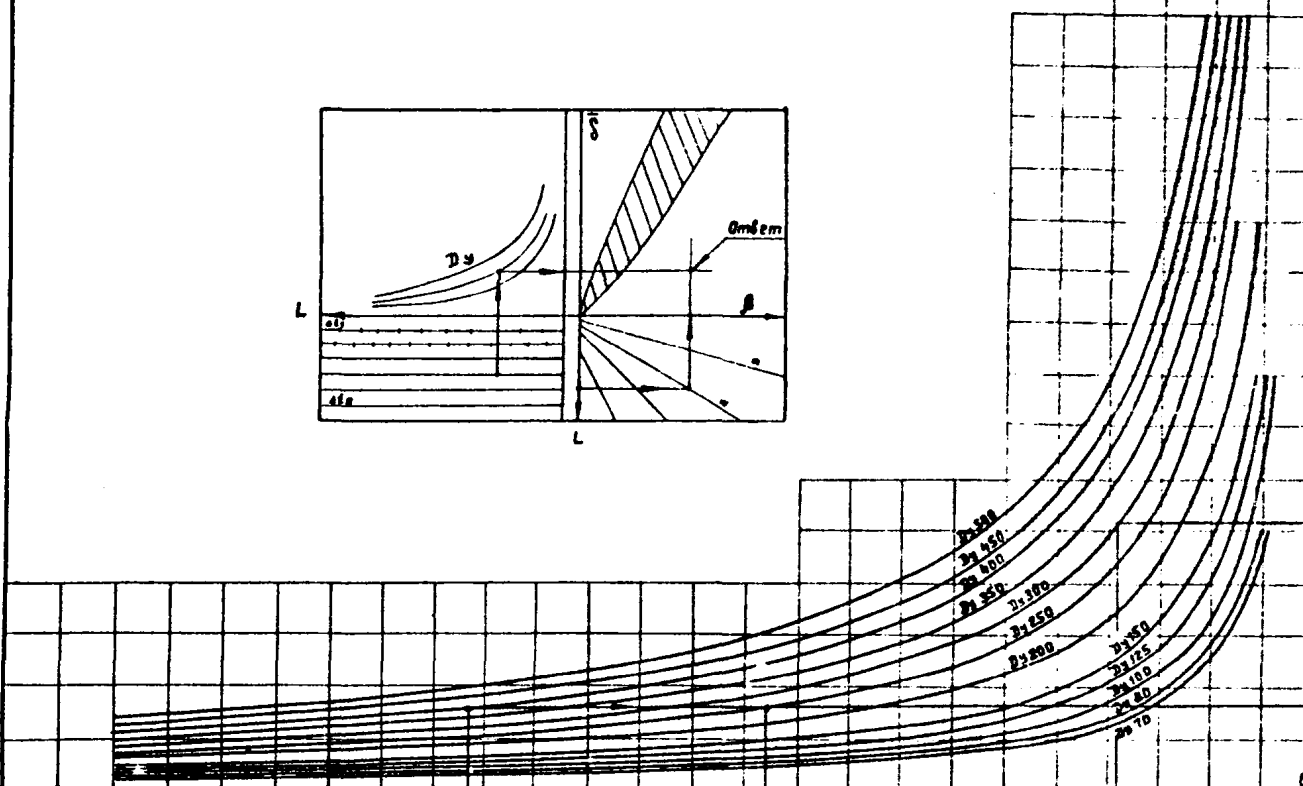
$$\bar{\delta} = \frac{\Delta \cdot d_{нп} \cdot \epsilon}{[\sigma] \cdot L}$$

Зона
отсутствия
самокомпенсации.

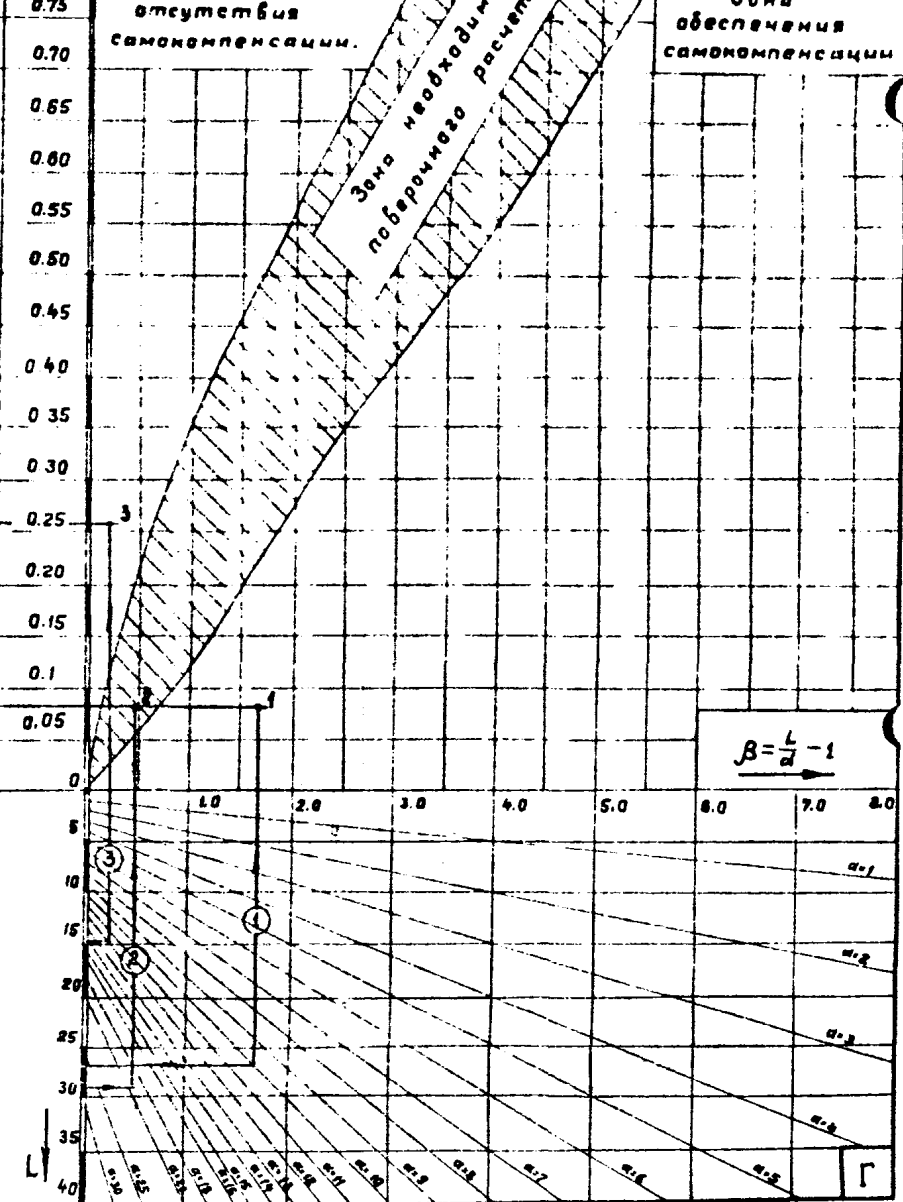
Зона необходимости
поверочного расчета на ЗВМ

Зона
обеспечения
самокомпенсации

$$\beta = \frac{L}{a} - 1$$



$\Delta t = 100^\circ$	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2
$\Delta t = 130^\circ$	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10
$\Delta t = 160^\circ$	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16
$\Delta t = 180^\circ$	40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20
$\Delta t = 230^\circ$		40	36	32	28	24	20	16	12	8	4
$\Delta t = 255^\circ$		40	36	32	28	24	20	16	12	8	4
$\Delta t = 305^\circ$			40	36	32	28	24	20	16	12	8



6

A

Г

192728 ВАН. В. 386 ТИР. 5260 4. 18к.
ГМИ Сантехпром, г. Москва, Н. Перомышная, 46