

ТС-У-2

ГЛАВНОЕ

УПРАВЛЕНИЕ
ПРОЕКТНЫЙ

АРХИТЕКТУРЫ
ИНСТИТУТ

И
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА
МОСНИИПРОЕКТ

Г. МОСКВЫ

КОМПЕНСАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ
ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ТЕПЛОПРОВОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ТРУБ, ИЗОЛИРОВАННЫХ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОМ
В ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ОБЕЛОЧКЕ

АЛЬБОМ ТС-249

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

200.10

МОСКВА 1989 г.

Лист 33681 н. 4/30

ГЛАВНОЕ

УПРАВЛЕНИЕ
ПРОЕКТНЫЙ

АРХИТЕКТУРЫ
ИНСТИТУТ

И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА
МОСИНЖПРОЕКТ

Г.МОСКВЫ

КОМПЕНСАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ
ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ТЕПЛОПРОВОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ТРУБ, ИЗОЛИРОВАННЫХ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОМ
В ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ОБОЛОЧКЕ

АЛЬБОМ ПС-249

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ИНСТИТУТА

ТИМОФЕЕВ А.К.

НАЧАЛЬНИК ОНКС

КОЗЕЕВА Н.К.

ЗАКАЗ №89-6704

ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ УКАЗАНИЕМ
ПО ИНСТИТУТУ № 07

МОСКВА 1989

Лист 33681.02

Обозначение	Наименование	Стр.
ПС-249-00ПЗ	Пояснительная записка	3
ПС-249-01	Основные показатели труб с изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке $D_y = 50+1000$ мм	16
ПС-249-02	Область применения способов компенсации температурных перемещений теплопроводов из труб с пенополиуретановой изоляцией	17
ПС-249-03	Предельные длины бесканальной прокладки теплопроводов из труб, изолированных пенополиуретаном, с применением осевых (сальфонных и сальниковых) компенсаторов	18
ПС-249-04	Предельные длины бесканальной прокладки теплопроводов из труб, изолированных пенополиуретаном, с применением гибких (П-образных) компенсаторов и использованием естественной компенсации при поворотах трасс	19
ПС-249-05	Предельные расстояния между неподвижными опорами	20
ПС-249-06	Показатели для определения усилий на неподвижные опоры силы трения, внутреннего давления и тепловых перемещений	21
ПС-249-07	Номограммы для расчета П-образных компенсаторов при $B=H$	22
ПС-249-08	Номограммы для расчета П-образных компенсаторов при $B=1,5H$	23
ПС-249-09	Номограммы для расчета П-образных компенсаторов при $B=2H$	24
ПС-249-10	Номограммы для расчета П-образных компенсаторов при $B=2,5H$	25
ПС-249-11	Номограммы для расчета Г-образных компенсаторов	26
ПС-249-12	Номограммы для расчета теплопроводов с λ -образными поворотами для $D_y = 50+150$ мм	27

Обозначение	Наименование	Стр.
ПС-249-13	Номограмма для расчета теплопроводов с λ -образными поворотами для $D_y = 200+1000$ мм	28
ПС-249-14	Номограмма для расчета теплопроводов с λ -образными поворотами при сокращенной длине вылета	29

I. Общая часть.

В соответствии с Решением Мосгорисполкома от 11 июля 1986 года № 1549 в г.Москве на трубозаготовительном комбинате ПСО Мосинжстрой на базе импортного оборудования организуется выпуск труб и фасонных деталей диаметром условного прохода от 50 до 1000 мм включительно с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой гидроизоляционной оболочке.

В настоящем альбоме, в соответствии с утвержденным техническим заданием, разработаны материалы для проектирования различных способов компенсации температурных перемещений тепловых сетей при их канальной и бесканальной прокладке с применением труб с тепловой изоляцией из пенополиуретана.

Разработанные материалы для проектирования применимы для тепловых сетей с рабочим давлением $P_{раб} \leq 1,6$ МПа (16 кгс/см²) и расчетной температурой теплоносителя 120°C для D_y 50+200 мм и 135°C для D_y 250+1000 мм (кратковременная пиковая температура $T_{max} \leq 150^\circ C$).

При разработке материалов учтен зарубежный опыт проектирования, строительства и эксплуатации тепловых сетей с применением труб с теплоизоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке, а также рекомендации ВТИ им.Ф.Э.Дзержинского по расчету компенсационных усилий и напряжений в бесканальных теплопроводах.

Материалы альбома должны уточняться и корректироваться по результатам экспериментального строительства, а также по мере накопления опыта проектирования, строительства и эксплуатации тепловых сетей в г.Москве с применением труб, изолированных пенополиуретаном в полиэтиленовой оболочке.

2. Конструкция и физико-механические свойства изоляции труб.

2.1. Конструкция труб с индустриальной теплоизоляцией представляет собой 12-метровую стальную трубу с нанесенной в заводских условиях тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке. Номенклатура стальных труб, изолированных пенополиуретаном и их основные показатели приведены в док.-01 настоящего альбома.

Процесс изготовления труб основан на производстве полностью объединенных систем (внутренняя труба, теплоизоляционный слой и внешняя полиэтиленовая оболочка) с высокой степенью адгезии.

Для нанесения тепловой изоляции из пенополиуретана в пластмассовой оболочке должны применяться стальные трубы, предусмотренные "Сортаментом стальных труб для строительства подземных трубопроводов в г.Москве", издаваемым Мосинжпроектом ежегодно.

2.2. Физико-механические свойства пенополиуретана характеризуются следующими данными:

- рабочая температура теплоносителя:

в трубах диаметром условного прохода $D_y = 50+200$ мм + 120°C (пиковая температура до 150°C), в трубах диаметром условного прохода $D_y = 250+1000$ мм + 135°C (пиковая температура до 150°C);

- плотность пенополиуретана не более 70 кг/м³;

- прочность на сжатие 0,4+0,3 МПа (4+3 кгс/см²);

- прочность на срез 0,3+0,2 МПа (3-2 кгс/см²);

- коэффициент теплопроводности не более 0,027 Вт/мк;

- модуль упругости $E = 400-500$ кгс/см² (определен по эмпирической формуле А.Н.Крашенинникова $\epsilon_j E = 1,68 \epsilon_j j_0$, где j_0 - плотность пенополиуретана);

- степень адгезии с металлической поверхностью 0,2 МПа (2 кгс/см²);

- степень адгезии с пластмассовой поверхностью 0,2 МПа (2 кгс/см²);

- неогнестоек, горюч.

2.3. В качестве оболочек для труб с пенополиуретановой теплоизоляцией используются трубы из полиэтилена низкого давления (высокой плотности) по ГОСТ 16338-85. Физико-механические свойства материала оболочек характеризуются следующими данными:

- плотность 950-960 кг/м³;

- предел текучести при растяжении 20-25 МПа (200-250 кгс/см²);

- относительное удлинение при разрыве 200%;

- модуль упругости при изгибе 650-800 МПа (6500-8000 кгс/см²).

2.4. На основе анализа физико-механических свойств тепло- и гидроизоляции труб и сопоставления их с физико-механическими свойствами стальных труб можно сделать следующие выводы:

- слой тепловой изоляции стальных труб не оказывает существенного влияния

				ПС-249-00ПЗ			
НАЧ. ОТД.	КДЗЕЕВА			ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА № 33681 а. 4	СТАДИЯ	ЛИСТ	ЛИСТОВ
ТА СПЕЦ.	АФОНИНА				Р	1	
					МОСИНЖПРОЕКТ ОНСК		
Н. КДНТР	САВЕЛЪЕВА						

лия на жесткость и несущую способность теплопроводов, что позволяет выполнение прочностных расчетов, исходя из прочностных показателей материала стальных труб;

-- модули упругости материалов тепло- и гидроизоляции незначительны по сравнению с модулем упругости стали, а толщины слоев изоляции настолько незначительны по отношению к грунтовому массиву, что слои тепло- и гидроизоляции не оказывают существенного влияния на работу трубопровода в грунтовой среде; это позволяет в расчетах системы "труба-грунт" не учитывать прослойку изоляции;

-- высокая степень адгезии пенополиуретана с внешней оболочкой и стальной трубой получаемая при технологическом процессе изготовления, и сравнительно близкие значения коэффициентов линейного расширения материалов обеспечивают совместные деформации под влиянием перепада температур всей системы (стальной трубы, теплоизоляции, внешней оболочки).

Эти предпосылки заложены в основные положения по расчету компенсации теплопроводов с применением труб, изолированных пенополиуретаном в пластмассовой оболочке, и подтверждены зарубежной практикой их проектирования, строительства и эксплуатации.

3. Способы прокладки и компенсации теплопроводов с пенополиуретановой теплоизоляцией.

3.1. Покладка двухтрубных тепловых сетей с применением труб, изолированных пенополиуретаном в полиэтиленовой оболочке, может осуществляться бесканальным способом или в каналах.

Рекомендуется, как правило применять бесканальный способ прокладки. Канальную прокладку следует применять под проездами, площадями, автомагистралями, при пересечении с трамвайными и железнодорожными путями, при строительстве тепловых сетей в неблагоприятных инженерно-геологических условиях, а также в сложившихся районах с плотной застройкой, с большим насыщением подземного пространства инженерными коммуникациями и при прокладке теплосетей на расстоянии менее 5м от фундаментов существующих зданий и сооружений.

Конструктивные решения канальной и бесканальной прокладки двухтрубных тепловых сетей с пенополиуретановой изоляцией приведены в альбоме СК 3303-87 института Мосинжпроект.

3.2. Компенсация перемещений теплопроводов от перепада температур может осуществляться за счет применения:

- осевых (сильфонных или сальниковых) компенсаторов;

- гибких ("П" - образных) компенсаторов;
- естественной компенсации (самокомпенсации) при "Г" - образных и "Z" - образных поворотах трассы тепловых сетей;
- предварительного напряжения теплопроводов с жестким закреплением концов участков на неподвижных опорах (жесткая прокладка);
- предварительного напряжения теплопроводов с заземлением их в грунте в напряженном состоянии без дополнительных компенсирующих устройств и неподвижных опор.

3.3. Способы и конструктивные решения компенсации тепловых перемещений теплопроводов назначаются в зависимости от конкретных условий прокладки на основе технико-экономических сопоставлений. В документации - 02 настоящего альбома приведены рекомендации по выбору способа компенсации температурных перемещений теплопроводов в зависимости от условий прокладки и эксплуатации.

При этом при всех способах прокладки теплопроводов и всех видах компенсационных устройств наиболее эффективными являются симметричные схемы компенсации, позволяющие уменьшить усилия в элементах теплосети (неподвижные опоры, направляющие опоры, отводы и т.п.) и также возможность использовать унифицированные конструктивные решения.

3.4. Расстояния между неподвижными опорами и длины участков бесканальной прокладки назначаются из условия обеспечения прочности и устойчивости труб с учетом компенсирующей способности применяемых компенсационных устройств.

3.5. При бесканальной прокладке расчет труб производится на воздействие следующих нагрузок:

- внутреннее давление теплоносителя;
- собственный вес изолированных труб и вес теплоносителя;
- давление грунта засыпки на трубы с учетом временной подвижной нагрузки на трубы;
- нагрузки, возникающие при компенсации температурных перемещений - трение о грунт, силы трения в сальниковых компенсаторах или силы упругой деформации в сильфонных, П - образных компенсаторах, при естественной компенсации.

Температурные деформации теплопровода определяются по деформациям стальной трубы.

3.6. При канальной прокладке расчет труб производится на воздействие следующих нагрузок:

- внутреннее давление теплоносителя;
- собственный вес изолированных труб и вес теплоносителя;

ИНЖЕНЕРНО-ПРОЕКТИРОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР

- нагрузки, возникающие при компенсации температурных перемещений - трение по скользящим опорам, силы трения в сальниковых компенсаторах или силы упругой деформации в сильфонных, П - образных компенсаторах, при естественной компенсации.

3.7. Для теплопроводов, прокладываемых бесканальным способом с установкой компенсаторов или с использованием естественной компенсации длины участков бесканальной прокладки (расстояния от неподвижной опоры до компенсатора или начала канального участка) для труб, предусмотренных "Сортаментом стальных труб для строительства подземных трубопроводов в г.Москве" не должны превышать величины указанных в таблице док.-03-04 настоящего альбома.

3.8. Предельные расстояния между неподвижными опорами в теплопроводах при применении труб в соответствии с "Сортаментом стальных труб для строительства подземных трубопроводов в г.Москве" в зависимости от способа прокладки теплопроводов и способов компенсации температурных перемещений приведены в таблице док.-05 настоящего альбома.

3.9. В таблицах приведены предельные длины бесканальной прокладки и расстояния между неподвижными опорами для наиболее часто встречающихся схем.

Для теплопроводов с боковыми усилиями, передающимися на трубы от боковых подсоединений на длинном плече, предельные длины бесканальной прокладки и расстояния между неподвижными опорами определены из условия, при котором величина изгибающих напряжений

$$\sigma_{изг} = \frac{P_{акт} \cdot L_1}{28 W_{акт}}$$

не превышает 50 (20) МПа (500 (200) кгс/см²). Величины боковых усилий в этом случае не должны превышать значений, приведенных в таблице №1 при расстоянии от оси боковой врезки до грани опоры $L_1 = 1,5 D_u$. При расстоянии от оси врезки до грани опоры, отличающемся от $1,5 D_u$, величина боковых усилий должна быть изменена пропорционально

$$K = \frac{L_{факт}}{4,5 L_1}$$

Таблица 4

Диаметр условного прохода трубопровода Ду, мм	1200	1250	1300	1350	1400	1500	1600	1700	1800	1900	1000	
Боковые усилия в тс, создающее изгибающее напряжение	500	15	3,5	5,0	6,0	16,0	17,5	19,0	110	140	175	20,0
	200	11,5	2,0	2,4	2,4	2,8	4,0	4,5	5,5	6,7	0,0	0

Если длина боковых ответвлений превышает 20 см, следует место ответвления защитить неподвижной опорой или Z - образным поворотом.

4. Компенсация температурных перемещений при бесканальной прокладке.

4.1. Для компенсации температурных перемещений при бесканальной прокладке тепловых сетей на прямолинейных участках для труб диаметром более 500 мм, а в стесненных условиях и для труб меньших диаметров в основном применяются осевые (сильфонные или сальниковые) компенсаторы.

4.1.1. Сальниковые компенсаторы устанавливаются, как правило, при симметричных схемах, в камерах возле неподвижных опор.

На протяженных прямолинейных участках трассы при наличии затяжных уклонов сальниковые компенсаторы могут устанавливаться в камерах без крепления с установкой направляющих в середине участка между неподвижными опорами ("плавающие" компенсаторы).

4.1.2. Сильфонные компенсаторы с индустриальной заводской теплоизолирующей укладкой устанавливаются, как и основной трубопровод, бесканально, как правило, в середине участка между неподвижными опорами.

На протяженных прямолинейных участках теплопроводов диаметром до 500 мм включительно возможна установка двух компенсаторов без устройства неподвижных опор между ними, так как середина между двумя компенсаторами является неподвижной без устройства опор. В качестве устройства, обеспечивающего устойчивость сильфонных компенсаторов являются стальные конструкции, решение которых приведено в альбоме ПС-238 института Мосинжпроект.

4.1.3. Схемы установки осевых компенсаторов приведены на рис 1,2.

Вз. 33681-0

ИЗДАНИЕ 1981 г.

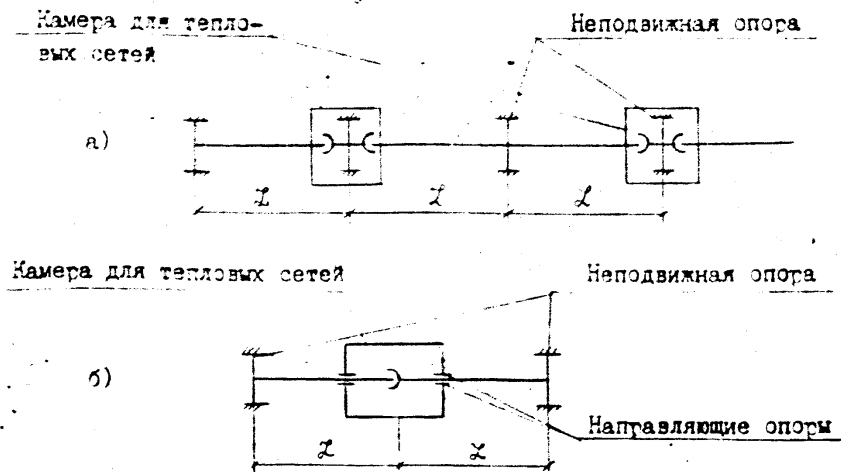


Рис.1. Схемы установки сальниковых компенсаторов при бесканальной прокладке тепловых сетей:

- а) с закрепленным компенсатором;
 б) с незакрепленным (плавающим) компенсатором.

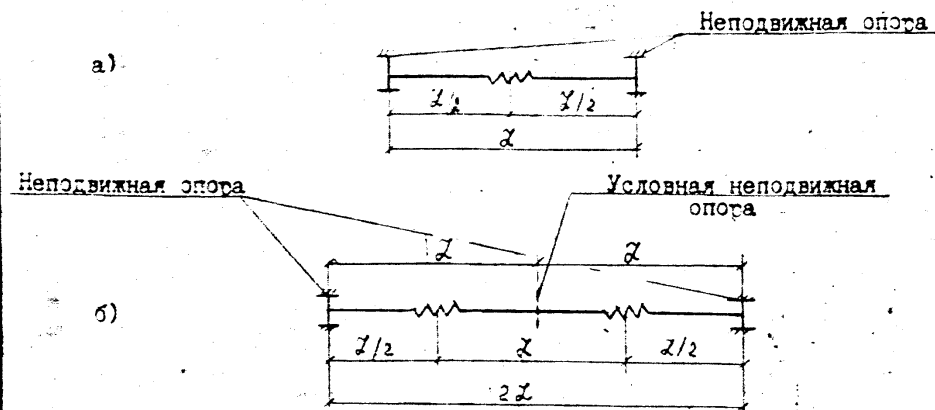


Рис.2. Схемы установки сильфонных компенсаторов при бесканальной прокладке теплопроводов:

а) с одним компенсатором;

б) с двумя последовательно установленными компенсаторами.

Примечание: l - принимается по док.-05.

4.1.4. В пределах участка теплопровода между опорой и осевым компенсатором допускается поворот трассы до 10° при условии, что расстояние от компенсатора до угла поворота составляет не менее длины одной целой трубы ($12m$).

4.2. Гибкие "П"-образные компенсаторы наиболее широко применяются на прямолинейных участках трасс теплопроводов диаметром 50-400мм, а в отдельных случаях до 500мм включительно.

"П"-образные компенсаторы должны размещаться, как правило, в середине компенсируемых участков. При смещении компенсаторов, длина наибольшего плеча не должна превышать 60% общей длины компенсируемого участка.

4.2.1. При применении гибких компенсаторов в процессе монтажа следует производить предварительную растяжку трубопроводов в обоих направлениях плоского участка. Величина предварительной растяжки должна составлять, как правило, 50% теплового удлинения компенсируемого участка, при этом величину теплового удлинения допускается определять без учета заземления труб в грунте.

4.2.2. Гибкие компенсаторы и примыкающие к ним участки теплопровода должны прокладываться в каналах или грунте с эластичными амортизирующими прокладками. Прокладки должны обладать следующими свойствами:

- большая и продолжительная упругость в широком диапазоне температур;
- минимальное водопоглощение;
- высокая степень сопротивления агрессивным воздействиям окружающего грунта.

Таковыми свойствами в наибольшей степени обладает вспененный полиэтилен при плотности $\approx 30 \text{ кг/м}^3$. Толщина прокладок определяется исходя из расчетного смещения при условии, что сжатие пены при тепловых перемещениях не должно превышать 50% толщины прокладки.

4.2.3. Расчет гибких компенсаторов производится по номограммам, приведенным в док.-07-10 настоящего альбома. С помощью этих номограмм устанавливаются размеры "плеча" и "вылета" компенсаторов, длины примыкающих к ним канальных участков, сил упругой деформации в компенсаторах в зависимости от диаметра и марки стали труб.

Рис. 33081 и 7

4.3. Углы поворота трасс теплопроводов следует, как правило, использовать для естественной компенсации (самокомпенсации) тепловых перемещений.

4.3.1. При "Z"-образных поворотах теплопроводов углы между осями труб должны быть близки к 90° , при "Г"-образных поворотах не более 120° , в отдельных случаях при симметричных схемах допускается использовать для самокомпенсации углы до 135° .

4.3.2. При использовании не-симметрично располагаемых "Z"-образных поворотов для компенсации температурных перемещений теплопроводов длина наибольшего плеча должна составлять не менее 60% от расстояния между неподвижными опорами.

4.3.3. Для обеспечения поперечных деформаций теплопроводов их участки, примыкающие к углам поворотов, должны прокладываться в каналах или с упругими амортизирующими прокладками. Прокладки должны обладать следующими свойствами:

- большая и продолжительная упругость в широком диапазоне температур;
- минимальное водопоглощение;
- высокая степень сопротивления агрессивным воздействиям окружающего грунта.

Таковыми свойствами в наибольшей степени обладает вспененный полиэтилен при плотности $\approx 30 \text{ кг/м}^3$. Толщина прокладок определяется исходя из расчетного смещения при условии, что сжатие пены при тепловых перемещениях не должно превышать 50% толщины прокладки.

Длина участка канальной прокладки устанавливается в зависимости от диаметра и марки стали труб, величины угла поворота, расстояния между неподвижными опорами по номограммам, приведенным в док. 41-44 настоящего альбома.

4.3.4. Силы упругой деформации, возникающие в теплопроводе при самокомпенсации определяются также с помощью номограмм.

4.3.5. Наибольшие длины компенсируемых плеч при Г-образных поворотах трассы под прямым углом и наибольшие приведенные длины компенсируемых плеч при тупых внутренних углах трассы (см. п. 6.2 настоящей пояснительной записки) при прокладке канальных участков в соответствии с решениями альбома СК 3303-87 Мосинжпроекта не должны превышать величин указанных в таблице 2.

4.3.6. При использовании Г-образных поворотов для компенсации температурных перемещений участков теплопроводов с различными длинами плеч, длина меньшего плеча должна составлять не менее 25% расстояния между неподвижными опорами.

Таблица 2.

Диаметр теплопровода, D_y , мм	Наибольшие длины $\lambda_1, \lambda_2; a, \lambda_1, a_2, \lambda_2$ в м при прокладке на поворотах в каналах:							
	НКЛ-0	НКЛ-1	НКЛ-2	НКЛ-4	НКЛ-6	МКЛ-3	МКЛ-10	МКЛ-12
50	20	-	-	-	-	-	-	-
70	20	-	-	-	-	-	-	-
80	20	-	-	-	-	-	-	-
100	25	-	-	-	-	-	-	-
125	30	30	-	-	-	-	-	-
150	-	35	-	-	-	-	-	-
200	-	-	50	-	-	-	-	-
250	-	-	60	-	-	-	-	-
300	-	-	45	70	-	-	-	-
400	-	-	-	70	-	70	-	-
500	-	-	-	-	80	80	-	-
600	-	-	-	-	80	80	-	-
700	-	-	-	-	-	80	80	-
800	-	-	-	-	-	85	100	-
900	-	-	-	-	-	-	100	110
1000	-	-	-	-	-	-	95	120

4.4. При жесткой прокладке теплопроводов температурные перемещения компенсируются за счет предварительного нагрева теплопровода до определенной температуры с жестким закреплением концов подогретого участка на неподвижных опорах.

4.4.1. Температура предварительного нагрева теплопроводов принимается как средняя величина между рабочей температурой и температурой в период подогрева теплопровода в соответствии с таблицей 3.

4.4.2. Закрепление концов нагретого участка теплопровода на неподвижных опорах должно производиться только после достижения его температурного удлинения расчетной величины т.е. $\Delta L_{\text{расч}} = \alpha L (\theta_1 - \theta_n)$, где: L - длина участка теплопровода до начала подогрева, м; α - коэффициент линейного расширения стали трубопровода, град С; θ_1 - температура предварительного нагрева труб, град С; θ_n - температура наружного воздуха, град С.

ПС-249-00ПЗ

Вкл. 33681 и 8

АНСТ

5

Таблица 3.

Температура наружного воздуха в период подогрева теплопровода $t_{в}, ^\circ\text{C}$	Температура предварительного нагрева труб при рабочей температуре теплоносителя $t_{р}, ^\circ\text{C}$					
	70	85	100	120	135	
-25	+22	+30	-	-	-	-
-10	+30	+37	+45	-	-	-
0	+35	+42	50*	-	-	-
+10	+40	+47	55	65*	-	-
+20	+45	+52	60	70*	77*	-
+25	47	55	62	72*	80*	-
+30	+50	+57	65	75	82*	-

В таблице: величины температур указаны при применении труб как из углеродистых так и низколегированных сталей, значком * помечены значения, допускаемые при применении труб только из низколегированных сталей.

4.5. Компенсация температурных напряжений путем предварительного нагрева теплопроводов с заземлением его в грунте позволяет отказаться от применения компенсирующих устройств и неподвижных опор на теплопроводах.

4.5.1. Температура предварительного нагрева, как и при жесткой прокладке, принимается средней между рабочей температурой теплоносителя и температурой в период подогрева теплопровода (см. таблицу 3).

4.5.2. Засыпка нагретого трубопровода должна производиться после достижения его температурного удлинения расчетной величины, засыпка должна производиться с тщательным послойным уплотнением засыпаемого грунта.

5. Компенсация температурных перемещений теплопроводов при прокладке в непроходных каналах.

Для компенсации температурных перемещений теплопроводов, прокладываемых в непроходных каналах, с применением труб изолированных пенополиуретаном, применяются компенсационные средства и мероприя-

тия, приведенные в п.4 настоящей пояснительной записки, за исключением предварительного нагрева с жестким закреплением на опорах, заземлением труб в грунте.

5.1. При применении для компенсации температурных перемещений теплопроводов, прокладываемых в каналах, осевых (сильфонных или сальниковых) компенсаторов компенсационные усилия в трубопроводе возникают от сил трения в подвижных опорах и усилий трения (в сальниках) или упругой деформации (в сильфонах). Расстояния между неподвижными опорами при конструктивных решениях прокладки по альбому СК 3303-87 определяются в зависимости от компенсирующей способности компенсаторов (см. док.-05 настоящего альбома).

5.2. При использовании гибких компенсаторов, а также естественной компенсации расчеты теплопроводов на компенсацию температурных перемещений проводятся также, как и при канальной прокладке теплопроводов с любым другим видом теплоизоляции. Методы расчета, справочные данные и необходимые номограммы достаточно подробно изложены в нормативной и справочной литературе по проектированию тепловых сетей и в настоящей работе не рассматриваются.

6. Правила пользования номограммами по расчету компенсации температурных перемещений теплопроводов при бесканальной прокладке.

6.1. Расчет компенсации температурных перемещений с помощью гибких компенсаторов производится по номограммам № 1-8, построенных для теплопроводов с применением труб из углеродистых сталей. При применении труб из низколегированных сталей размеры компенсатора (вылет и спинка) и длины примыкающих к нему канальных участков принимаются с коэффициентом 0,9, а силы упругой деформации в компенсаторе с коэффициентом -1,25.

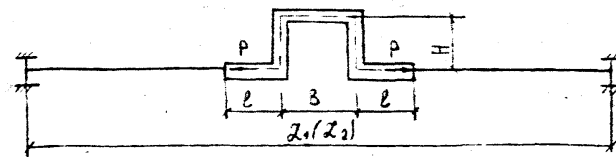


Рис.3. Схема компенсации с П-образным гибким компенсатором.

ПГ-249-0003

Лист 33681 и. 9

Лист

6

ИНЖЕНЕР ПОДПИСЬ И ДАТА ВЗАИМОВ

6.1.1. Определение размеров П-образных компенсаторов.

Вылет компенсатора (Н) и размер его спинки (В) определяются по кривой номограмм для соответствующего диаметра труб и принятого соотношения В:Н в зависимости от расстояния между неподвижными опорами по шкале Z_1 - без предварительного напряжения компенсатора, и по шкале Z_2 - при предварительной растяжке компенсатора на 50% тепловых удлинений.

Пример 1: Ду=500мм, В=1,5Н, расстояние между опорами =74,5м.

По номограмме №4 для компенсатора без предварительной растяжки по шкале $Z_1=74,5$ находим Н=6,7м и В=1,5Н=10,05м для компенсатора с предварительной растяжкой на 50% тепловых удлинений находим Н=4,82м и В=1,5Н=7,24м.

6.1.2. Определение длин канальных участков (ℓ), примыкающих к компенсатору.

Длина канального участка определяется по кривой номограмм для соответствующего диаметра трубы и принятого соотношения В:Н в зависимости от расстояния между неподвижными опорами по шкале Z_1 - для компенсаторов без предварительной растяжки или по шкале Z_2 - для компенсаторов с предварительной растяжкой на 50% тепловых удлинений.

Пример 1 по п. 6.1.1: находим для компенсатора без предварительной растяжки по шкале $Z_1=74,5$ м, $\ell =2,65$ м, при предварительной растяжке компенсатора на 50% тепловых удлинений для Ду=500мм принимаем $\ell =1,5$ м (при предварительной растяжке длины канальных участков принимаются для трубопроводов Ду=200-300мм - не менее 1м; а для Ду=350-500мм - не менее 1,5м).

6.1.3. Определение сил упругой деформации (Р) в компенсаторе.

Сила упругой деформации (Р) определяется по кривой номограмм для соответствующего диаметра труб и принятого соотношения В:Н в зависимости от расстояния между неподвижными опорами Z при условии, что размеры компенсатора и длины примыкающих к нему канальных участков приняты в соответствии с номограммами.

Пример 1 по пп. 6.1.1 и 6.1.2 по номограмме находим: для компенсатора без предварительной растяжки по шкале $Z_1=74,5$ м Р=4380кгс и для компенсатора с предварительной растяжкой по шкале $Z_2=74,5$ м и Р=6180кгс.

6.2. Расчет компенсации температурных перемещений теплопроводов с использованием Г-образных поворотов производится по номограммам №10, разработанным для стальных труб из углеродистых сталей.

При применении для теплопроводов труб из низколегированных сталей длины канальных участков принимается с коэффициентом 0,9, а силы упругой деформации - с коэффициентом 1,25.

а) для поворота под прямым углом
б) для поворота под тупым углом

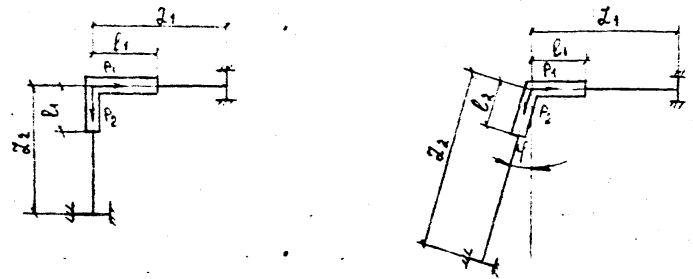


Рис. 4. Схема компенсации Г-образных поворотов теплопровода

6.2.1. Длина канального участка, примыкающего к точке поворота трассы, находится по номограмме №10 в зависимости от длины примыкающего плеча (ℓ_1 от Z'_2 и ℓ_2 от Z'_1), где Z'_1 и Z'_2 - приведенные длины плеч Г-образного поворота, равные фактическим длинам плеч, умноженным на поправочные коэффициенты a_1 и a_2 ($Z'_1 = Z_1 a_1$ и $Z'_2 = Z_2 a_2$).

Поправочные коэффициенты находятся по номограмме №11 в зависимости от угла γ (превышение внутреннего угла трассы над 90°) и отношения Z_1/Z_2 - для a_2 и Z_2/Z_1 - для a_1 . При повороте трассы под прямым углом коэффициенты $a_1=a_2=1$.

При разнице в длинах плеч, примыкающих к углу поворота, не более 25% допускается принимать равные длины канальных участков, которые определяются по средней величине плеча $Z'_{cp} = \frac{Z'_1 + Z'_2}{2}$ или $Z'_{cp} = \frac{Z_1 + Z_2}{2}$ для прямого угла поворота и $Z'_{cp} = \frac{Z_1 a_1 + Z_2 a_2}{2}$ для тупого угла.

Пример 2: Ду=400мм, $Z_1=40$ м и $Z_2=55$ м, поворот трассы под прямым углом. По номограмме №10 находим - для $Z'_1 = Z_1 = 40$ м $\ell_2 = 12,5$ м - для $Z'_2 = Z_2 = 55$ м $\ell_1 = 15,0$ м

Пример 3: Ду=500мм, $Z_1=40$ м и $Z_2=55$ м, угол $\gamma=40^\circ$. По номограмме №11 находим: - для $Z'_1 = \frac{40}{1,25} = 32 = 0,725 Z_1$ - $a_2 = 1,9$

ИНЖ. ПОДК. ПОДАТЬСЯ И АКТА ОБЪЕМ. ИВ. ВУ

- по левой части номограммы № 13 для $D_y=500$ мм и $\ell_1=6,4$ м находим силу $P_2=3400$ кгс.

6.3.3. В том случае, когда по условиям местности необходимо принять длину канального участка ℓ_2 меньше, чем рекомендуется номограммами № 12, 13 длины канальных участков следует определять в зависимости от фактической длины среднего участка ℓ_2 .

По номограмме № 14 по отношению $\frac{\ell_2}{D_n}$ для кривой, соответствующей длине компенсируемого участка, определяем $k = \frac{\ell_1}{D_n}$, а затем $\ell_1 = k \cdot D_n$.

Пример 4 по п.6.3.1.

По условиям местности длина ℓ_2 принимается равной 15 м (вместо 22,5 м)

По номограмме № 14 в зависимости от $\frac{\ell_2}{D_n} = \frac{15}{0,53} \approx 30$ по кривой для

$$\frac{\ell_2}{D_n} = \frac{75}{0,53} \approx 150 \text{ находим отношение } \frac{\ell_1}{D_n} = 35. \text{ Далее определяем}$$

$$\ell_1 = 35 \times D_n = 35 \times 0,53 = 19 \text{ м.}$$

7. Усилия на неподвижные опоры.

Горизонтальные нагрузки на неподвижные опоры теплопроводов возникают от следующих воздействий:

- сила трения теплопровода о грунт на участках бесканальной прокладки при температурных перемещениях теплопроводов;
- силы трения теплопровода о песчаную подушку на канальных участках бесканальной прокладки при температурных перемещениях теплопровода;
- силы трения теплопровода в подвижных опорах при температурных перемещениях теплопровода, прокладываемого в каналах;
- силы трения в сальниковых компенсаторах при температурных перемещениях теплопровода;
- силы упругой деформации сильфонных и гибких компенсаторов или естественной компенсации (самокомпенсации) при предварительном напряжении в холодном состоянии и при температурных деформациях теплопровода;
- силы упругой деформации теплопроводов, прокладываемых с предварительным напряжением путем подогрева с последующим закреплением на опорах, при их температурных перемещениях;
- распорные усилия сильфонных компенсаторов и силы внутреннего давления при применении неуравновешенных сальниковых компенсаторов.

При применении гнутых компенсаторов (П-образных компенсаторов, Г-образных и Z-образных поворотов и т.п.) силы внутреннего давления воспри-

нимаются трубопроводом и на неподвижные опоры не передаются.

При установке по всей трассе теплопровода уравновешенных сальниковых компенсаторов силы внутреннего давления уравновешиваются конструкцией компенсатора и на неподвижные опоры не передаются.

7.1. Сила трения теплопровода о грунт при бесканальной прокладке, сила трения теплопровода о песчаную подушку на канальных участках при бесканальной прокладке и силы трения теплопровода в подвижных опорах при канальной прокладке определяются по формуле:

$$T_{тр.} = \epsilon_{тр} \lambda$$

где: $\epsilon_{тр}$ - усилие трения на 1 п.м теплопровода при соответствующем способе прокладки (см. док. -06 настоящего альбома);

λ - длина соответствующего участка в м.

7.2. Силы трения в сальниковых компенсаторах определяются в зависимости от величины рабочего давления теплоносителя и диаметра трубы. Для $P_{раб.} = 1,6 \text{ МПа}$ (16 кгс/см^2) величины сил трения в сальниках приведены в док. -06 настоящего альбома.

7.3. Силы упругой деформации (жесткость) и распорные ^{усилия} сильфонных компенсаторов определяются в зависимости от количества устанавливаемых на участке компенсаторов. Силы упругой деформации (жесткость) и распорные усилия для одного элемента сильфонных компенсаторов приведены в таблице док. -06 настоящего альбома.

Силы упругой деформации в П-образных компенсаторах и естественной компенсации определяются по соответствующим номограммам. Для способа бесканальной прокладки теплопроводов номограммы приведены на соответствующих листах настоящего альбома.

Для способа канальной прокладки тепловых сетей силы упругой деформации следует определять по номограммам, приведенным в Справочнике проектировщика "Проектирование тепловых сетей" (под редакцией А.А. Николаева. М 1965 г.) или путем расчета с использованием ЭЭМ по соответствующим программам.

7.4. Силы упругой деформации теплопровода при жесткой прокладке определяются по формуле $P_{ж} = \lambda E_{ж} \epsilon_{тр} \Delta t = \lambda x \Delta t$

где: λ - усилие упругой деформации в трубе при изменении температуры на 1°C (см. док. -06 настоящего альбома);

Δt - ^{разница температур} разность температур теплопровода между расчетной температурой и температурой нагрева теплопровода при предварительном напряжении.

ШКАРОВА А. ПОДПИСЬ И ДАТА. 13.04.2016

7.5. Силы внутреннего давления передаются на те неподвижные опоры, которые расположены между неуравновешенным сальниковым компенсатором и поворотом трубы, между двумя смежными участками с разными диаметрами сальниковых компенсаторов, на участке с задвижкой (при её закрытии) или с заглушкой.

Силы внутреннего давления неуравновешенных сальниковых компенсаторов для рабочего давления теплоносителя 1,6 МПа (16 кгс/см²) приведены в таблице док. -06 настоящего альбома.

Для случая с переходом диаметров труб силу внутреннего давления определяют как разность сил внутреннего давления соответствующих диаметров, направление силы - в сторону меньшего диаметра.

7.6. Горизонтальную осевую нагрузку на неподвижные опоры следует определять:

- на концевую опору - как сумму сил действующих на опору;
- на промежуточную опору - как разность сумм сил, действующих с каждой стороны опоры; при этом меньшая сумма сил, за исключением неуравновешенных сил внутреннего давления, распорных усилий и сил упругой деформации (жесткости) сильфонных компенсаторов, принимается с коэффициентом 0,7.

Когда суммы сил, действующих с каждой стороны промежуточной неподвижной опоры, одинаковы, горизонтальная осевая нагрузка на опору определяется как сумма сил, действующих с одной стороны опоры, с коэффициентом 0,3.

Сводные расчетные формулы для определения сил на неподвижные опоры в зависимости от схем компенсации для наиболее часто повторяющихся случаев приведены в таблицах II.2 и II.3 Справочника под редакцией А.А.Николаева.

8. Основные расчетные положения.

8.1. При расчете теплопроводов на компенсацию температурных перемещений приняты физико-механические свойства изоляции труб, приведенные в разделе 2 настоящей пояснительной записки, предопределяющие следующие особенности работы теплопроводов:

- совместные деформации стальной трубы и изоляции под влиянием перепада температур;
- несущая способность теплопроводов при компенсации температурных перемещений определяется прочностью стальных труб;
- при бесканальной прокладке в работе системы "труба-грунт" влияние слоев тепло- и гидроизоляции бесконечно мало.

8.2. Расчеты гибких компенсаторов и участков естественной компенсации на температурные воздействия при бесканальной прокладке произведены

как для статически неопределимых систем по методике, разработанной Киевским инженерно-строительным институтом. При этом участки бесканально проложенного трубопровода рассматривались как бесконечные балки на упругом основании.

В расчетах принято:

- коэффициент постели упругого основания 1,5 кгс/см³;
- допускаемые изгибающие компенсационные напряжения (установленные расчетом) $[\sigma_{из}] = 1000 \text{ кгс/см}^2$ - для углеродистых сталей
 $[\sigma_{из}] = 1200 \text{ кгс/см}^2$ - для низколегированных сталей;
- модуль упругости стали труб $E = 2 \times 10^6 \text{ кгс/см}^2$;
- коэффициент линейного расширения трубной стали $\alpha = 12,5 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{град}}$;
- величины температурных деформаций - без учета уменьшения за счет сил трения в грунте;
- максимальная температура теплоносителя +150°C.

8.3. Допускаемые изгибающие компенсационные напряжения определены расчетом в соответствии со справочным пособием Ленинградского отделения Теплоэлектропроекта для механических расчетов трубопроводов тепловых сетей при бесканальной прокладке с соблюдением требований Правил Котлонадзора.

8.4. Для бесканальных прокладок силы трения трубопроводов о грунт а также предельные длины участков определены при высоте засыпки над верхом изоляции труб 0,7-1,5 м, что соответствует оптимальным условиям прокладки тепловых сетей, и при удельном весе грунта засыпки $\gamma = 1,8 \text{ г/м}^3$ и угле внутреннего трения $\varphi = 25-30^\circ$.

Сила трения трубопроводов о грунт на I п.м рассчитана по формуле:

$$R_{тр} = k \varphi \alpha \gamma D_1 \approx 1,2 D_1 \text{ т/п.м}$$

где: k - эмпирический коэффициент, равный 0,35;

φ - коэффициент трения оболочки о грунт, равный 0,5-0,6;

α - средняя интенсивность давления грунта о трубопровод с учетом воздействия временной подвижной нагрузки на поверхность ($1,8 \pm 2,0 \text{ тс/м}^2$);

D_1 - наружный диаметр трубопровода (по изоляции) в м.

8.5. Силы трения на участках канальной прокладки определены по обычным формулам строительной механики. При этом коэффициент трения для трубопроводов, уложенных на опоры, принимают равным 0,3, а для трубопроводов, уложенных на песчаную подушку - 0,5.

8.6. Усилия в сальниковых и сильфонных компенсаторах определены в соответствии с указаниями СНиП 2.04.07-86 "Тепловые сети".

ПЯКОВОД. ПОДАТЬСЯ И ДАТА ВЗАИМ. ВНЕШ.

9. Техничко-экономическое сопоставление способов компенсации температурных перемещений в теплопроводах с применением труб с пенополиуретановой теплоизоляцией.

9.1. Приведенная в док. - 02 настоящей пояснительной записки рекомендуемая область применения способов компенсации температурных перемещений является оптимальной из условий стоимости и трудоемкости строительства с учетом условий и требований по эксплуатации компенсирующих устройств.

9.2. Основные достоинства и недостатки способов компенсации температурных перемещений теплопроводов приведены в нижеследующей таблице 4.

Таблица 4.

Способ компенсации температурных перемещений	Основные достоинства способа	Основные недостатки способа
с применением сильфонных компенсаторов	<ul style="list-style-type: none"> - не требуется дополнительных объемов подземного пространства для установки компенсаторов; - не требуется проведение профилактических ремонтов в процессе эксплуатации; - при бесканальной прокладке теплопроводов компенсатор прокладывается бесканально; - повышается герметичность теплопровода, за счет чего сокращаются потери топливно-энергетических ресурсов; - не увеличивается длина прокладки теплопровода; 	<ul style="list-style-type: none"> - сравнительно высокая стоимость по сравнению с сальниковыми компенсаторами;
с применением сальниковых компенсаторов	<ul style="list-style-type: none"> - не требуется дополнительных объемов подземного пространства для установки компенсаторов; - не увеличивается длина прокладки теплопроводов; 	<ul style="list-style-type: none"> - требуются периодический осмотр и профилактический ремонт в процессе эксплуатации; - в компенсаторах, как правило, имеются утечки, за счет чего снижается герметичность теплопроводов и увеличиваются потери топливно-энергетических ресурсов; - при бесканальной прокладке теплопроводов требуется устройство камер для установки компенсатора;
с применением гибких (П-образных) компенсаторов	<ul style="list-style-type: none"> - не требуется профилактического осмотра и ремонта компенсаторов; 	<ul style="list-style-type: none"> - требуется дополнительное подземное пространство для устройства компенсационных ниш;

ПС-249-00ПЗ

Вх. 33681 от 14

Лист

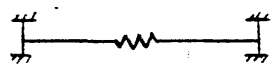

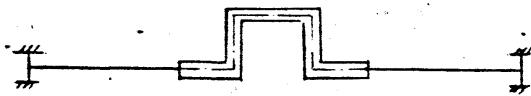
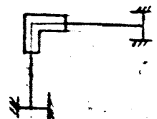
11

Способ компенсации температурных перемещений	Основные достоинства способа	Основные недостатки способа
с применением гибких (П-образных) компенсаторов	<ul style="list-style-type: none"> - не требуется дополнительной номенклатуры фасонных частей и трубопроводной арматуры; - повышается герметичность теплопроводов, за счет чего снижаются потери топливно-энергетических ресурсов; 	<ul style="list-style-type: none"> - увеличивается за счет устройства ниш расход стальных труб и сборного железобетона; - при бесканальной прокладке требуется устройство ниши в каналах и примыканиях к ней канальных участков или устройство эластичных упругих прокладок, обеспечивающих свободную поперечную деформацию теплопроводов;
с использованием для естественной компенсации (самокомпенсации) Г-образных и Z-образных поворотов трассы	<ul style="list-style-type: none"> - не требуется профилактического осмотра и ремонта компенсаторов; - не требуется дополнительной номенклатуры фасонных частей и трубопроводной арматуры; - повышается герметичность теплопроводов, за счет чего снижаются потери топливно-энергетических ресурсов; - не требуется дополнительных объемов подземного пространства для их устройства; 	<ul style="list-style-type: none"> - при бесканальной прокладке требуется устройство на поворотах канальных участков или устройство упругих прокладок, обеспечивающих свободную поперечную деформацию теплопроводов на углах поворота;
предварительное напряжение теплопровода с закреплением на неподвижных опорах (жесткая прокладка) при бесканальной прокладке	<ul style="list-style-type: none"> - отсутствие каких-либо дополнительных фасонных частей и трубопроводной арматуры для компенсации температурных перемещений; - отсутствие канальных участков при бесканальной прокладке; - по данным зарубежных фирм снижение стоимости строительства не менее, чем на 20%; 	<ul style="list-style-type: none"> - жесткие требования к прямолинейности трубопровода; - невозможность устройства врезок между неподвижными опорами в процессе эксплуатации теплопровода; - отсутствие опыта применения способа в условиях г.Москвы;
предварительное напряжение теплопроводов с последующим заземлением их в грунтовой засыпке при бесканальной прокладке	<ul style="list-style-type: none"> - отсутствие каких-либо дополнительных фасонных частей и трубопроводной арматуры для компенсации температурных перемещений; - отсутствие канальных участков при бесканальной прокладке; - по данным зарубежных фирм снижение стоимости строительства не менее, чем на 20%; - исключается необходимость устройства неподвижных опор. 	<ul style="list-style-type: none"> - жесткие требования к прямолинейности трубопровода; - невозможность устройства врезок между неподвижными опорами в процессе эксплуатации теплопровода; - отсутствие опыта применения способа в условиях г.Москвы.

ИЗМЕНЕНИЯ, ПОДАНЫ И ДАТА ВЗАИМ. ИВБ. №:

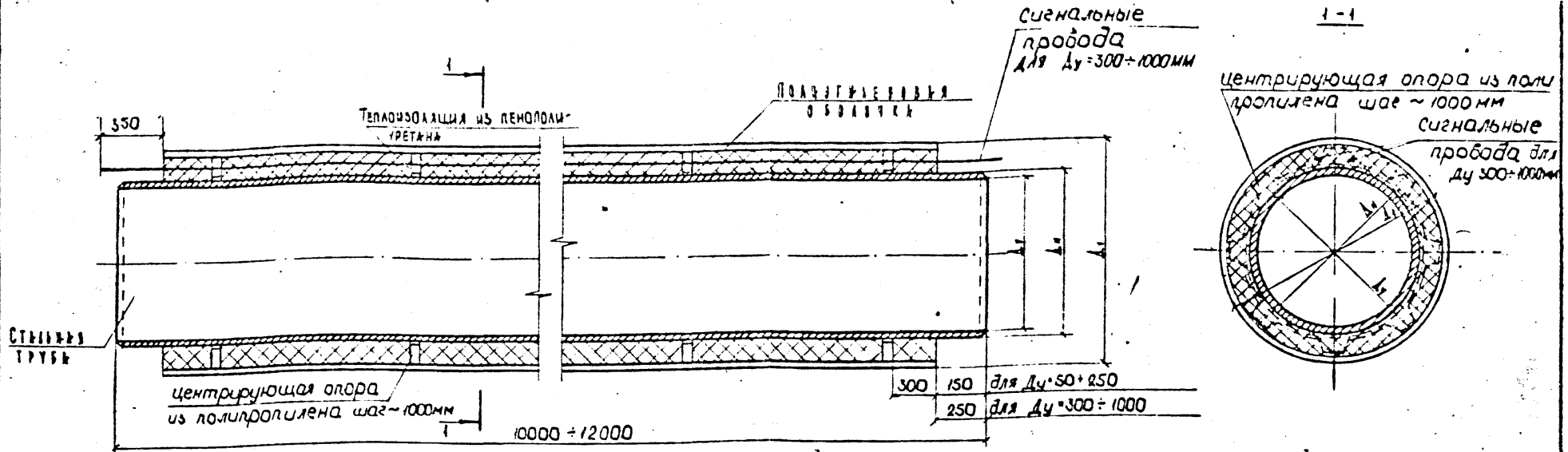
9.3. Ориентировочные данные по стоимости различных способов компенсации теплотрасс при бесканальной прокладке приведены в таблице 5 на примере трубопровода $D_y = 400$ мм с расстоянием между неподвижными опорами 70 м.

Таблица 5

Способ компенсации температурных перемещений теплотрасс	Состав работ (без учета земляных работ)	Стоимость работ, тыс. руб.		Процентное соотношение
		по элементам	всего	
с установкой сальфонного компенсатора 	- установка компенсатора с учетом его стоимости	2,9	2,9	108%
с установкой сальникового компенсатора 	- установка компенсатора с учетом его стоимости - устройство камеры для установки компенсатора (габарит камеры 2,1x2,7)	0,32 2,4	2,72	100%
с устройством гибкого П-образного компенсатора 	- укладка дополнительных труб на длине 15 м с учетом стоимости труб - устройство канала для П-образного компенсатора и примыкающих к нему участков на общей длине 18,5 м	1,4 1,6	3,0	111,5%
с использованием естественной компенсации Г-образного поворота с симметричными плечами по 35 м 	- устройство канальных участков на примыканиях к углу поворота ИСЛ-4 общей длиной 25 м	2,2	2,2	81,5%

Как видно из таблиц наиболее экономичной по стоимости строительства является естественная компенсация, наиболее дорогим - гибкий компенсатор, но стоимостные показатели отличаются незначительно, в пределах 10%.

Тех. проект. Подпись и дата. Взам. инв. №



Марка трубы	Размеры, мм					Расход материалов				Масса, кг	
	Диаметр условной трубы	Внутренний диаметр и толщина трубы	Диаметр прохода	Толщина теплоизоляции	Диаметр трубы с теплоизоляцией и оболочкой и толщина оболочки	Кол-во центрирующих колец	Пенополиуретан, м ³	Полипропиленовая оболочка, кг	Трубы (сталь), м	Стальная труба	Трубы с изоляцией и полиэтиленовой оболочкой
ППУ - 57	50	57 × 3,5	154,0	38,5	140 × 3,0	12	0,175	14,5	0,12	55,4	79,0
ППУ - 76	70	76 × 3,5	154,0	39,0	160 × 3,0		0,175	16,7	0,07	75,1	103,0
ППУ - 89	80	89 × 3,5	174,0	42,5	180 × 3,0		0,220	18,2	0,235	88,6	120,8
ППУ - 108	100	108 × 4	193,6	42,8	200 × 3,2		0,235	22,2	0,1	123,6	161,9
ППУ - 133	125	133 × 4	218,0	42,5	225 × 3,5		0,235	26,6	0,225	152,4	197,2
ППУ - 159	150	159 × 4,5	242,2	41,6	250 × 3,9		0,235	34,3	0,23	206,4	261,0
ППУ - 219	200	219 × 6	305,2	43,1	315 × 4,9		0,235	53,2	0,15	378,0	458,5
ППУ - 273	250	273 × 7	387,4	57,2	400 × 6,3		0,330	86,6	0,21	550,8	683,6
ППУ - 325	300	325 × 7	436,0	55,2	450 × 7,0		0,330	108,5	0,26	657,6	817,0
ППУ - 426	400	426 × 7	542,4	58,2	560 × 8,8		0,330	168,5	0,32	866,4	1103,5
ППУ - 530	500	530 × 7	687,8	78,3	710 × 11,1		0,330	270,7	0,33	1083,6	1471,2
ППУ - 630	600	630 × 8	775,0	72,5	800 × 12,5		0,330	343,7	0,39	1464,0	1930,2
ППУ - 720	700	720 × 8	872,0	76,0	900 × 14,0		0,330	433,1	0,43	1892,0	2270,0
ППУ - 820	800	820 × 9	963,8	74,4	1000 × 15,6		0,330	536,2	0,49	2160,0	2854,4
ППУ - 920	900	920 × 10	1064,8	72,4	1100 × 17,6		0,330	665,2	0,55	2588,0	3523,3
ППУ - 1020	1000	1020 × 11	1160,8	70,4	1200 × 19,6		0,330	807,9	0,61	3288,0	4277,2

1. Трубы марки ППУ предназначены для применения при бесканальной прокладке и на канальных участках теплотрассов при Ду = 50 ÷ 1000 мм.
2. Стальные трубы должны соответствовать требованиям "Правила устройства и безопасности трубопроводов пара и горячей воды" (раздел 2) Материалы и полуфабрикаты Госгортехнадзора СССР и СНиП 2.04.07-76 "Тепловые сети".
3. Основание показателя труб с изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке приведено в соответствии с техническими условиями на разработку предложения на поставку технологического оборудования и разработку технических условий на строительство тепловых сетей, утвержденных Госгортехнадзором.
4. Масса труб с теплоизоляцией и полиэтиленовой оболочкой определена исходя из следующих условий: масса стальной трубы дана без учета металла на участках сварных швов (теоретическая), плотность пенополиуретана - 70 кг/м³, плотность полиэтиленовой оболочки - 0,967 г/см³ при длине трубы 12 м.
5. Неизолированные концы труб покрываются краской БТ-477 ГОСТ 10-426-79 по расходу ГФ-021 ГОСТ 25129-83.

Имя, Отчество		ПС-249-01	
И.О.Т.А.	КОЗЕЕВА	Виз. 33681 от 17	
И.О.С.П.С.	АФОННИ	ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТРУБ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА В ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ОБОЛОЧКЕ Ду=50÷1000 мм	СТАЛЬНАЯ ЛИСТ ЛИСТОВ
И.О.Н.Ж.	ЛУБКОВА		
И.О.К.О.Н.Т.Р.		АМТИПИНА	МОСИНЖПРОЕКТ ОНСК

№, № п/п	СПОСОБ КОМПЕНСАЦИИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ	УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПРИ		РЕКОМЕНДУЕМАЯ ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ
		РЕСКАНАЛЬНОМ ПРОКЛАДКЕ	КАНАЛЬСКОЙ ПРОКЛАДКЕ	
4	ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ОСЕБНЫХ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ: 1. СНАЙФОННЫХ КОМПЕНСАТОРОВ	+	+	- ДЛЯ ПРЯМЫХ УЧАСТКОВ ТЕПЛОПРОВОДОВ $\Delta y = 50-400$ мм, ПРОКЛАДЫВАЕМЫХ В СТЕПЕННЫХ УСЛОВИЯХ, ИСКЛЮЧАЮЩИХ УСТРОЙСТВО „П“-ОБРАЗНЫХ КОМПЕНСАТОРОВ;
	2. САБЫНКОВЫХ КОМПЕНСАТОРОВ	+	+	- ДЛЯ ПРЯМЫХ УЧАСТКОВ ТЕПЛОПРОВОДОВ $\Delta y = 500-1000$ мм. - ДЛЯ ПРЯМЫХ УЧАСТКОВ ТЕПЛОПРОВОДОВ $\Delta y = 50-400$ мм, ПРОКЛАДЫВАЕМЫХ В СТЕПЕННЫХ УСЛОВИЯХ, ПРИ ОТСУТСТВИИ СНАЙФОННЫХ КОМПЕНСАТОРОВ; - ДЛЯ ПРЯМЫХ УЧАСТКОВ ТЕПЛОПРОВОДОВ $\Delta y = 500-1000$ мм В СЛУЧАЕ ОТСУТСТВИЯ СНАЙФОННЫХ КОМПЕНСАТОРОВ
2	ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ГИБКИХ „П“-ОБРАЗНЫХ КОМПЕНСАТОРОВ	+	+	- ДЛЯ ПРЯМЫХ УЧАСТКОВ ТЕПЛОПРОВОДОВ $\Delta y = 50-400$ мм, В ОТДЕЛЬНЫХ СЛУЧАЯХ ДО 500 мм, ПРОКЛАДЫВАЕМЫХ В УСЛОВИЯХ, ПОЗВОЛЯЮЩИХ РАЗМЕСТИТЬ КОМПЕНСАЦИОННЫЕ НИШИ
3	ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОЙ КОМПЕНСАЦИИ (САМОКОМПЕНСАЦИИ) ПРИ „Г“-ОБРАЗНЫХ И „Z“-ОБРАЗНЫХ ПОВРОТАХ	+	+	- ДЛЯ САМОКОМПЕНСАЦИИ ДОЛЖНЫ, КАК ПРАВИЛО, ИСПОЛЬЗОВАТЬСЯ ВСЕ „Г“-ОБРАЗНЫЕ И „Z“-ОБРАЗНЫЕ ПОВороты ТРАССЫ ТЕПЛОПРОВОДОВ $\Delta y = 50-1000$ мм С УГЛОМ ПОВОРОТА ДО 120° ВКЛЮЧИТЕЛЬНО, В ОТДЕЛЬНЫХ СЛУЧАЯХ ДО 135° .
4	ЗА СЧЕТ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДА С ЖЕСТКИМ ЗАКРЕПЛЕНИЕМ КОНЦОВ УЧАСТКОВ НА НЕПОДВИЖНЫХ ОПОРАХ (ЖЕСТКАЯ ПРОКЛАДКА)	+	-	- ДЛЯ ОПЫТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЯМЫХ УЧАСТКОВ ПОДАЮЩИХ И ОБРАТНЫХ ТЕПЛОПРОВОДОВ $\Delta y = 50-200$ мм, ПРОКЛАДЫВАЕМЫХ В БЛАГОПРИЯТНЫХ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ ПРИ ИСКЛЮЧЕНИИ ВРЕЗОК В ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ; - ДЛЯ ОПЫТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ОБРАТНЫХ ПРЯМЫХ УЧАСТКОВ ТЕПЛОПРОВОДОВ $\Delta y = 250-500$ мм, ПРОКЛАДЫВАЕМЫХ В БЛАГОПРИЯТНЫХ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ.
5	ЗА СЧЕТ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДА С ЗАСЫПКОЙ ЕГО ГРУНТОМ В НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ (ЗАЩЕМЛЕННЫЕ В ГРУНТЕ) БЕЗ УСТРОЙСТВА КОМПЕНСАТОРОВ И НЕПОДВИЖНЫХ ОПОР.	+	-	- ДЛЯ ОПЫТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЯМЫХ УЧАСТКОВ ОБРАТНЫХ ТЕПЛОПРОВОДОВ $\Delta y = 50-500$ мм ПРИ ПРОКЛАДКЕ В СУХИХ ГРУНТАХ, ПРИ ВЫСОТЕ ЗАСЫПКИ НАД ВЕРХОМ ТРУБ НЕ МЕНЕЕ 1,0 м И ПРИ ИСКЛЮЧЕНИИ ПОСЛЕДУЮЩИХ РАЗРЫТКИ В ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ И ВРЕЗОК.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ: + - ПРИМЕНЯЕТСЯ
- - НЕ ПРИМЕНЯЕТСЯ

НАЧ. ОТД. КОЗЕЕВА			ПС-249-02		
ГЛАВ. СПЕР. АФОНИН			Обр. 33681 л. 18		
ВЕД. ИНЖ. САВЕЛЬЕВА			ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СПОСОБОВ КОМПЕНСАЦИИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ТЕПЛОПРОВОДОВ ИЗ ТРУБ С ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ		
СТ. ИНЖ. БЗДАРНИН			СТАДИЯ ЛИСТ ЛИСТОВ		
И. КОНТР. САВЕЛЬЕВА			Р		
			МОСИНЖПРОЕКТ ОНСК		

ОБЪЕКТ: КОМ. ПЛОЩАДЬ И ДАТА: 03.04.2012

КОМПЕНСАЦИОННЫЕ СХЕМЫ

ПРЕДЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ БЕСКАНАЛЬНОЙ ПРОКАЛКИ L, м ДЛЯ ТЕПЛОПРОВОДОВ Ду, мм

50	70	80	100	125	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900	1000
25	25	25	30	35	40	60	70	80	90	100	—	—	—	—	—
20	20	20	25	30	35	50	60	70	70	80	80	80	100	100	120
15	15	15	20	25	30	45	50	55	55	65	65	65	70	70	70
—	—	—	—	—	25	40	45	50	50	50	60	—	—	—	—
—	—	—	—	—	35	50	60	70	70	70	80	—	—	—	—
—	—	—	—	—	20	30	35	40	40	40	45	45	50	50	55
20	20	20	25	30	35	40	50	50	55	55	60	60	65	65	65
—	—	—	—	—	20	30	35	40	40	40	45	45	50	50	55
20	20	20	25	30	35	40	50	50	55	55	60	60	65	65	65
—	—	—	—	—	20	30	30	35	35	40	45	45	50	50	50
—	—	—	—	—	25	35	35	40	40	45	50	50	50	55	55

ПРОСТЫЕ СХЕМЫ

СХЕМЫ С БОКОВЫМИ ОТВЕРСТИЯМИ

- Смз = 500 кгс/см²
- Смз = 200 кгс/см²
- Смз = 500 кгс/см²
- Смз = 200 кгс/см²
- Смз = 500 кгс/см²
- Смз = 200 кгс/см²
- Смз = 500 кгс/см²
- Смз = 200 кгс/см²

В числителе приведены предельные данные бесканальной прокладки для труб из углеродистых сталей, в знаменателе — для труб из низкоуглеродистых сталей.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- I — неподвижная опора теплопровода;
- — не применяется;

НАЧ. СТО.	КВЗЕВА	
ТА. СПЕВ.	АФОННИ	
БЕЛ. ИМЖ.	САВУЛЬСКИЙ	
СТ. ИМЖ.	БУДАРИНА	
Н. КОНТР.	АБЕЛЬСКИЙ	

ПС-238-04

Вх. 33681 ч. 20

ПРЕДЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ БЕСКАНАЛЬНОЙ ПРОКАЛКИ ТЕПЛОПРОВОДОВ ИЗ ТРУБ, ИЗОЛИРОВАННЫХ ПЕРСПАНРЕТАНОМ, С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИБКИХ (П-ОБРАЗНЫХ) КОМПЕНСАТОРОВ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЕСТЕСТВ. КОМПЕНСАЦИЙ ПРИ ПОВОРОТАХ ТРАССЫ

СТАДИЯ ЛИСТ ЛИСТОВ

ИДСИИЖПРОЕКТ
ОИСК

ИД. № ПОДЛ. ПОДПИСЬ И ДАТА ВЗД. ИМЖ. №

№ п/п	СПОСОБ КОМПЕНСАЦИИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ	ЭСКИЗ СХЕМЫ КОМПЕНСАЦИИ	СПОСОБ ПРОКЛАДКИ ТЕПЛОПРОВОДОВ	ПРЕДЕЛЬНЫЕ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ НЕПОДВИЖНЫМИ ОПОРАМИ X , м для теплопроводов диаметром D_y , мм:																	
				50	70	80	100	125	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900	1000		
1	ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ СИЛФОННЫХ КОМПЕНСАТОРОВ		БЕСКАНАЛЬНАЯ	40	40	40	50	60	70	80	100	100	140	140	160	160	160	160	160		
			В КАНАЛАХ	50	50	50	70	70	80	90	100	100	140	140	160	160	160	160	160	160	
2	ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ САЛЬНИКОВЫХ КОМПЕНСАТОРОВ		БЕСКАНАЛЬНАЯ	—	—	—	50	60	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
			В КАНАЛАХ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ГИБКИХ (П-ОБРАЗНЫХ) КОМПЕНСАТОРОВ		БЕСКАНАЛЬНАЯ	45	45	45	55	65	75	105	105	120	140	160	—	—	—	—	—		
			В КАНАЛАХ	60	70	80	80	90	100	120	120	140	160	180	—	—	—	—	—	—	
4	ЗА СЧЕТ САМОКОМПЕНСАЦИИ (ЕСТЕСТВЕННОЙ КОМПЕНСАЦИИ) НА ПОВОРОТАХ ТРАССЫ		БЕСКАНАЛЬНАЯ	35	35	35	45	55	60	80	95	95	110	130	130	130	130	130	130		
			В КАНАЛАХ	45	45	60	60	70	75	95	120	120	135	150	150	150	150	150	150	150	
			БЕСКАНАЛЬНАЯ	30	30	30	35	40	45	60	70	70	80	95	95	95	95	95	95	95	95
			В КАНАЛАХ	35	35	35	45	55	60	80	95	95	110	130	130	130	130	130	130	130	130
5	ЗА СЧЕТ ПРЕВАРИТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ С ЗАКРЕПЛЕНИЕМ НА ОПОРАХ (ШЕСТКАЯ ПРОКЛАДКА)		БЕСКАНАЛЬНАЯ	60	70	80	80	100	125	125	150	150	180	180	200	—	—	—	—		
			В КАНАЛАХ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	ЗА СЧЕТ ПРЕВАРИТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ С ЗАЩЕПЛЕНИЕМ В ГРУНТЕ		БЕСКАНАЛЬНАЯ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
			В КАНАЛАХ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ НЕПОДВИЖНЫМИ ОПОРАМИ ПО П.П. 4 И 2 ДОЛЖНЫ УТОЧНЯТЬСЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОМПЕНСИРУЕМОЙ СПОСОБНОСТИ ПРИМЕНЯЕМЫХ КОМПЕНСАТОРОВ

- УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:
- НЕ ПРИМЕНЯЕТСЯ
 - НЕПОДВИЖНАЯ ОПОРА ТЕПЛОПРОВОДА
 - СИЛФОННЫЙ КОМПЕНСАТОР
 - САЛЬНИКОВЫЙ КОМПЕНСАТОР

НАЧ. ЭТ.	КОЗЕЕВА	
ГА. СПЕЦ.	АФОНИН	
ВЕЛ. ИМ.	САВЕЛЬЕВА	
СТ. ЧИЖ.	БУЛАРИНА	
И. КОНТР.	САВЕЛЬЕВА	

ПС-249-05

Вз. 33681 и 21

ПРЕДЕЛЬНЫЕ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ НЕПОДВИЖНЫМИ ОПОРАМИ

СТАДИЯ	ЛИСТ	ЛИСТОВ
Р		

МОСИНЖПРОЕКТ
ОИСК

№ ВЗ. ИЛИ № ПОДПИСИ И ДАТА

У С И А Н Я В К О М П Е Н С А Т О Р А Х

ДИАМЕТР УСЛОВНОГО ПРОХОДА ТРУБЫ Δ_3 , мм	50	70	80	100	125	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900	1000
НЕРАВН. СИЛЫ ВНУТР. ДАВЛЕНИЯ $P_{вд}$, ТС	—	—	—	1,3	2,0	3,0	5,7	8,9	12,8	22,0	34,0	43,0	64,0	83,0	105,0	129,0
СИЛЫ ТРЕНИЯ В САЛЫН. КОМПЕНСАТ. P_c , ТС	—	—	—	1,0	1,1	2,0	4,1	5,1	6,2	8,2	11,0	13,1	15,0	17,1	19,3	21,2
ЖЕСТКОСТИ В САЛЫН. КОМПЕНСАТ., ТС	0,2	0,2	0,2	0,9	1,0	1,1	2,3	0,8	0,8	1,0	2,3	3,7	4,3	4,4	4,8	6,2
РАСПОРНЫЕ УСИАНИЯ В САЛЫН. КОМПЕНСАТ., ТС	1,5	1,5	1,5	2,1	3,2	4,5	8,1	10,1	16,9	24,6	37,9	53,4	70,0	90,7	112,3	138,5

1. УСИАНИЯ В САЛЫННЫХ КОМПЕНСАТОРАХ ПРИВЕДЕНЫ ПО ДАННЫМ ТУЗ-120-81, ТУ5.551-19729-88 ДЛЯ РАБОЧЕГО ДАВЛЕНИЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ $P_{РАБ} = 1,6 \text{ МПа}$ (16 кгс/см^2) И КОМПЕНСИРУЮЩЕ СПОСОБНОСТИ КОМПЕНСАТОРОВ ДЛЯ $\Delta_3 = 80 \text{ мм} - 25 \text{ мм}$; $\Delta_3 = 100 - 200 \text{ мм} - 50 \text{ мм}$; $\Delta_3 = 250 - 600 \text{ мм} - 90 \text{ мм}$; $\Delta_3 = 700, 800 \text{ мм} - 80 \text{ мм}$; $\Delta_3 = 900, 1000 \text{ мм} - 85 \text{ мм}$.

2. НЕРАВНОВЕШЕННЫЕ СИЛЫ ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ И СИЛЫ ТРЕНИЯ В САЛЫН. КОМПАТОРАХ ДАНЫ ДЛЯ РАБОЧЕГО ДАВЛЕНИЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ $P_{РАБ} = 16 \text{ МПа}$ (16 кгс/см^2).

3. СИЛЫ ТРЕНИЯ ТРУБ О ГРУНТ НА УЧАСТКАХ БЕСКАНАЛЬНОЙ ПРОКЛАДКИ ОПРЕДЕЛЕНЫ ДЛЯ УСЛОВИЙ ПРОКЛАДКИ ТЕПЛОПРОВОДОВ В СРЕДНИХ ГРУНТАХ С УДЕЛЬНЫМ ВЕСОМ $1,8 \text{ тс/м}^3$ ПРИ ВЫСОТЕ ЗАСЫПКИ НАД ВЕРХОМ ТРУБ $0,7 - 1,5 \text{ м}$. ПРИ ПРОКЛАДКЕ ТЕПЛОПРОВОДОВ ПРИ БОЛЬШИХ ЗАСЫПКАХ (H_3) НАД ВЕРХОМ ТРУБ ИЛИ В ГРУНТАХ С УДЕЛЬНЫМ ВЕСОМ $j > 1,8 \text{ тс/м}^3$ СИЛЫ ТРЕНИЯ ДОПУСКАЕТСЯ ОПРЕДЕЛЯТЬ ПУТЁМ УМНОЖЕНИЯ СИЛ ТРЕНИЯ НА КОЭФФИЦИЕНТЫ $K_1 = \frac{H_3}{1,5}$ И $K_2 = \frac{j}{1,8}$.

4. СИЛЫ ТРЕНИЯ ТРУБОПРОВОДА ПО ГРУНТУ И НА СКОЛЫЗЯЩИХ ОПОРАХ НА УЧАСТКАХ КАНАЛЬНОЙ ПРОКЛАДКИ ОПРЕДЕЛЕНЫ С УЧЕТОМ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРЕНИЯ СООТВЕТСТВЕННО 0,5 И 0,3.

НАПРАВЛЕНИЕ СИЛ ТРЕНИЯ ПРИНИМАЕТСЯ ОБРАТНЫМ НАПРАВЛЕНИЮ ТЕПЛОВОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ.

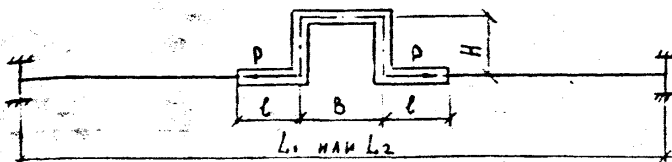
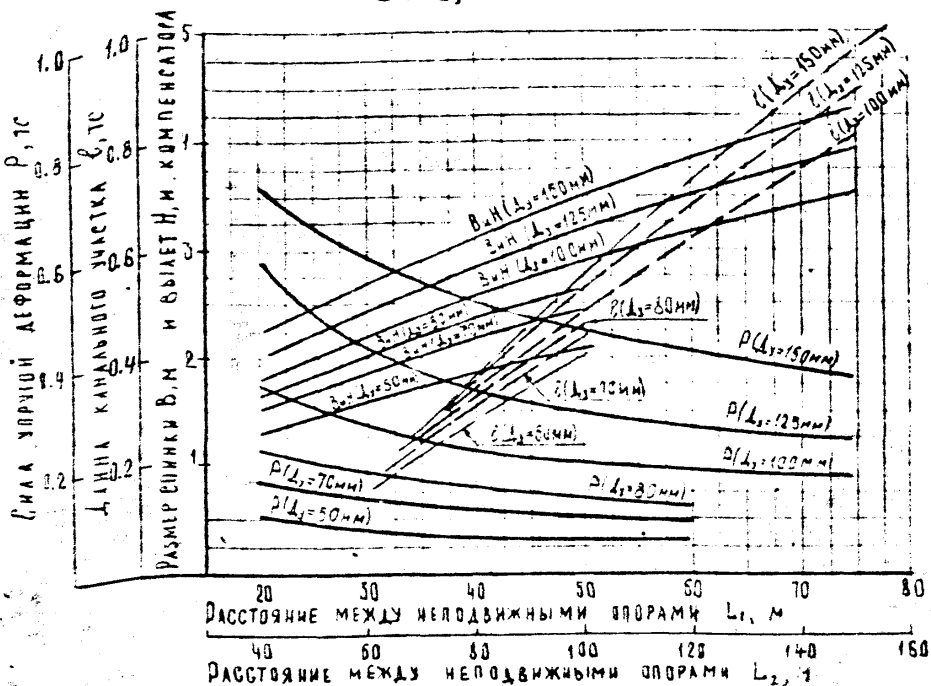
5. ЖЕСТКОСТЬ И РАСПОРНЫЕ УСИАНИЯ САЛЫННЫХ КОМПЕНСАТОРОВ ДЛЯ $\Delta_3 = 50, 70 \text{ мм}$ ПРИНЯТЫ УСЛОВНЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАСЧЕТА $\Delta_3 = 80 \text{ мм}$.

ДИАМЕТР УСЛОВНОГО ПРОХОДА ТРУБЫ Δ_3 , мм	МАССА 1 м ТРУБЫ С ВОДОЙ, кг	ВЕЛИЧИНА СИЛ ТРЕНИЯ НА 1 м ТРУБОПРОВОДА, ТС/м			УСИАНИЯ ОТ КОМПЕНСАЦИИ ТЕПЛОВОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ТРУБ ПРИ НАГРЕВЕ НА 1°C , ТС (А)
		ТРУБЫ О ГРУНТ ПРИ БЕСКАНАЛЬНОЙ ПРОКЛАДКИ	НА УЧАСТКАХ КАНАЛЬНОЙ ПРОКЛАДКИ	НА СКОЛЫЗЯЩИХ ОПОРАХ	
50	8,5	0,16	0,0026	0,0043	0,14
70	12,3	0,19	0,0037	0,0062	0,19
80	15,4	0,22	0,0046	0,0077	0,23
100	22,1	0,24	0,0066	0,011	0,31
125	29,7	0,27	0,0089	0,015	0,39
150	40,6	0,30	0,012	0,020	0,52
200	73,6	0,38	0,022	0,037	0,96
250	112,4	0,48	0,034	0,056	1,40
300	147,8	0,54	0,044	0,074	1,68
400	231,0	0,67	0,069	0,11	2,21
500	341,0	0,85	0,10	0,17	2,76
600	476,0	0,96	0,14	0,23	3,74
700	591,2	1,08	0,16	0,30	4,30
800	762,0	1,20	0,23	0,36	5,50
900	949,2	1,32	0,28	0,47	6,86
1000	1160,0	1,44	0,35	0,58	8,38

ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЙ КОД, ПОДПИСЬ И ДАТА

НАЧ. ОТД. КОЗЕЕВА		ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСИАНИЙ НА НЕОДВЫЖНЫЕ ОПОРЫ СИЛ ТРЕНИЯ, ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ И ТЕПЛОВОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ	ПС-249-06	
ГЛА. СПЕЦ. АФОНКИН			Лист 33681-22	
ВЕД. ИЖ. САВЕЛЬЕВА		СТАДИЯ	Лист	Листов
СТ. ИЖ. БЗДАРИНА			Р	
И. КОНТР. САВЕЛЬЕВА		МОСИНЖПРОЕКТ ОНС К		

НОМОГРАММА № 1
 для $L_2 = 50-150$ мм



L_1 — расстояние между неподвижными опорами (без предварительной растяжки компенсатора)
 L_2 — " " (с предварительной растяжкой компенсатора на 50%)

НОМОГРАММЫ ПОСТРОЕНЫ ДЛЯ ДВУХ СЛУЧАЕВ:

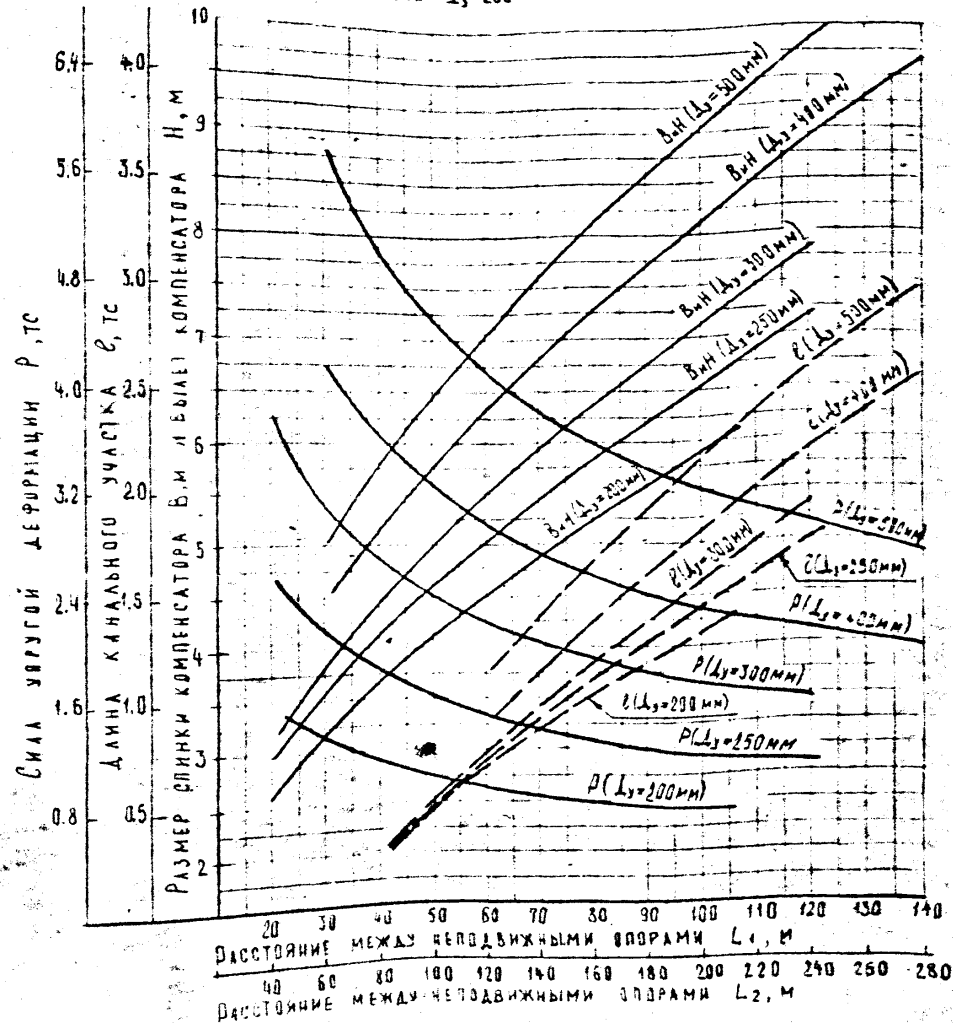
- а) без предварительной растяжки компенсаторов,
- б) с предварительной растяжкой компенсаторов на 50% расчетного теплового удлинения;

Сила упругой деформации определены без учета гибкости отводов при величине изгибающего компенсационного напряжения $\sigma_{ис} = 1000 \text{ кгс/см}^2$

Направление силы упругой деформации на схеме показано для случая тепловых перемещений труб при нагреве

Правила пользования номограммами даны в пояснительной записке

НОМОГРАММА № 2
 для $L_2 = 200-500$ мм

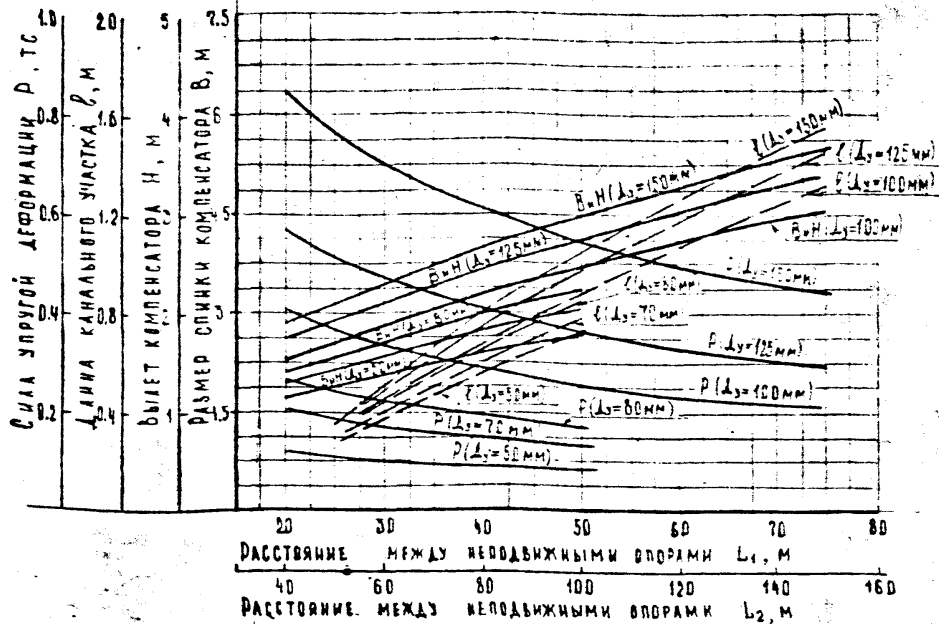


ИД. № ПОДЛ. ПОДПИСЬ И ДАТА. ОБЛАД. №

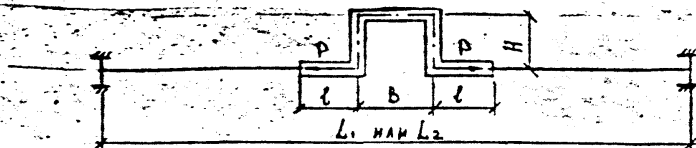
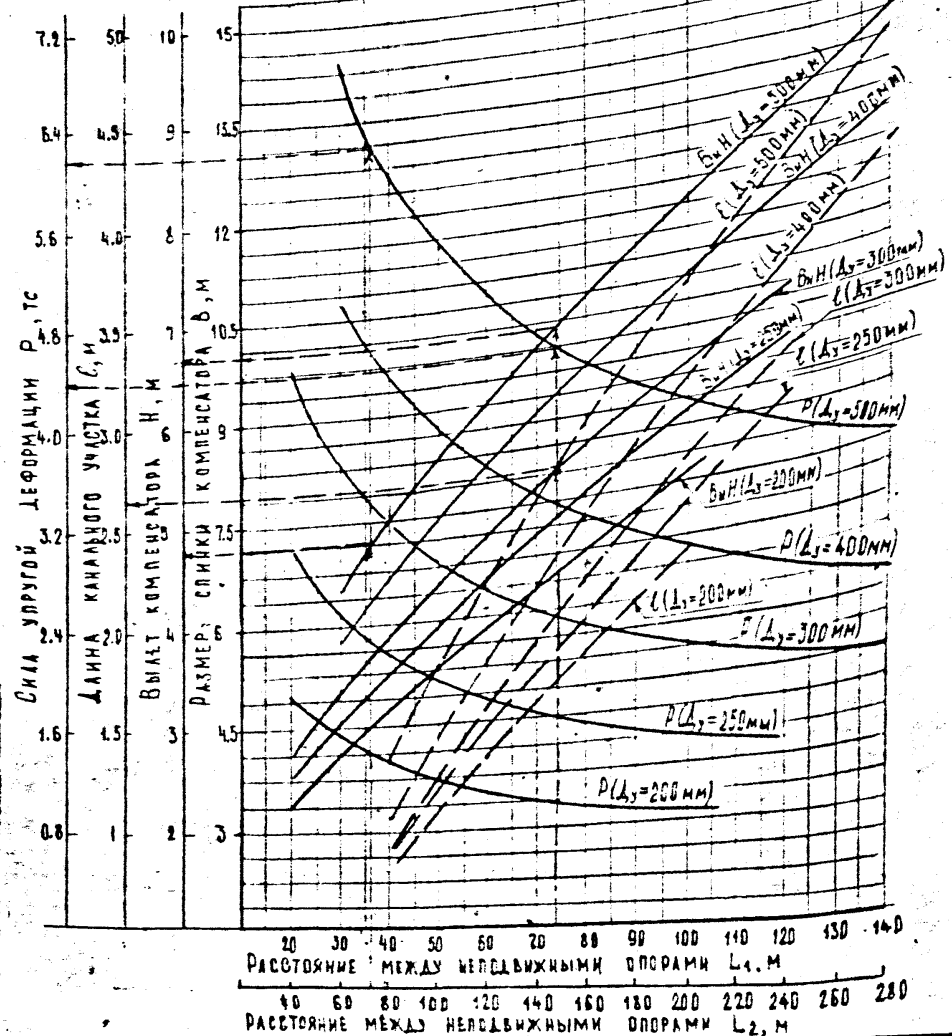
Имя Ф.И.О.		К.С. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА	
Вед. инж.		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА	
Ст. инж.		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА	
Инж.		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА		И.И. КОЗЕВБА	

ПС-249-07
 В. 33681 ч. 23
 МОСИНЖПРОЕКТ
 ОНКС

НОМОГРАММА № 3
ДЛЯ $\Delta y = 50-150$ мм



НОМОГРАММА № 4
ДЛЯ $\Delta y = 200-500$ мм



L_1 — расстояние между неподвижными опорами (без предварительной растяжки компенсатора)
 L_2 — " " " (с предварительной растяжкой компенсатора на 50%)

Номограммы встроены для двух случаев:
 а) без предварительной растяжки компенсаторов;
 б) с предварительной растяжкой компенсаторов на 50% расчетного теплового удлинения;

Сила упругой деформации определены без учета гибкости отводов при величине изменяющегося компенсационного напряжения $\sigma_{из} = 1000$ кгс/см².

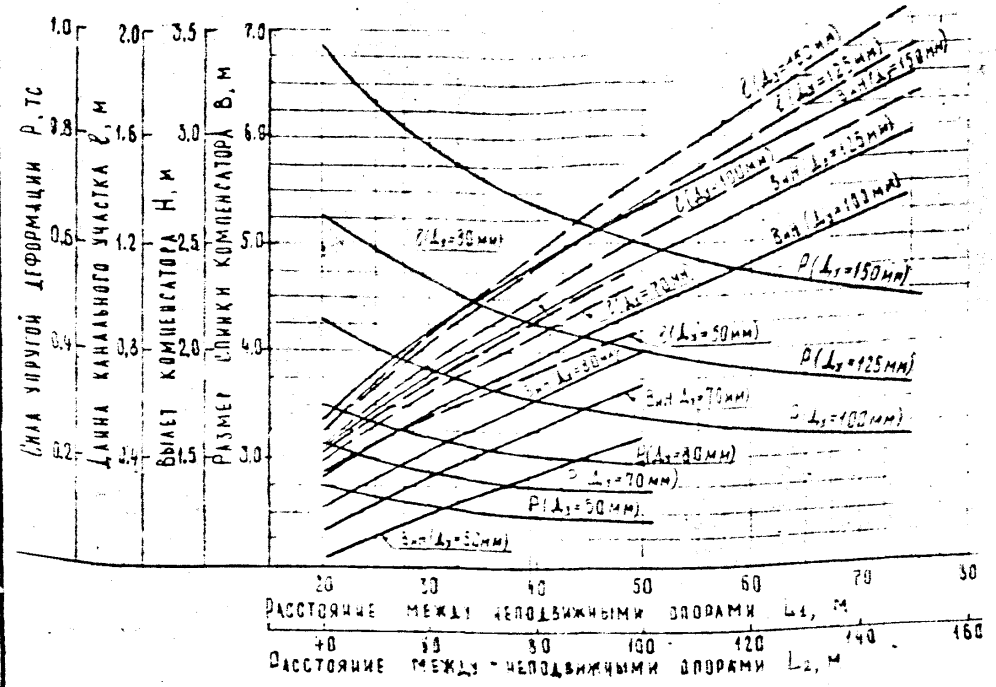
Направление сил упругой деформации на схеме показано для случая тепловых перемещений труб при нагреве.

Правила использования номограмм даны в пояснительной записке.

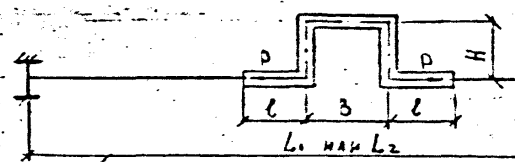
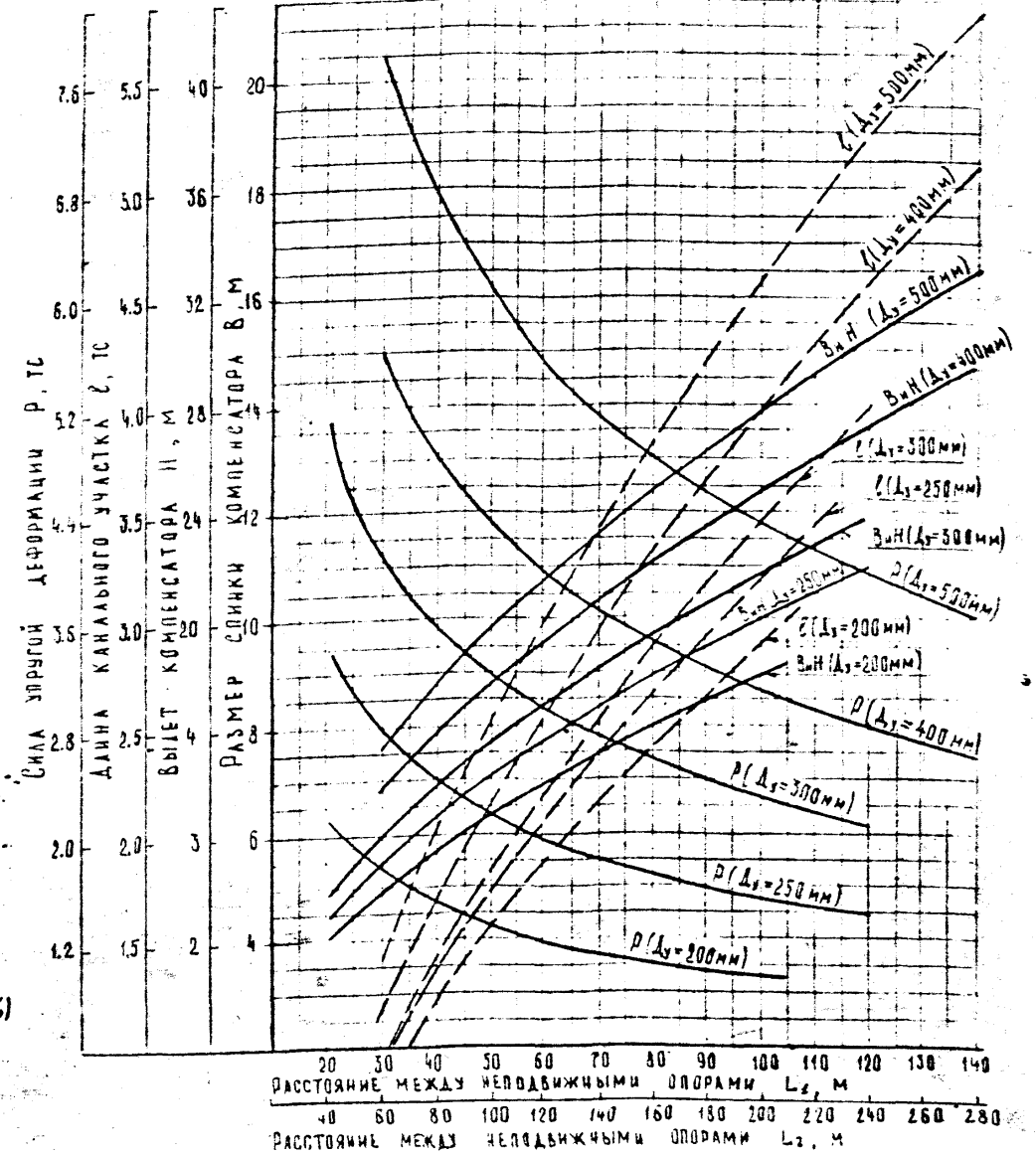
НАЧ. СЛ. КОЗЕЕВА		ПС-249-08		Стр. 33681 из 24	
РА. СПЕЦ. АФОНИН		НОМОГРАММЫ ДЛЯ		СТАЦИЯ ЛИСТ ЛИСТОВ	
ВЕД. ИНЖ. САВЕЛЬЕВА		РАСЧЕТА П-ВРАЗНЫХ		5	
СТ. ИНЖ. ЕУДАРИНА		КОМПЕНСАТОРОВ ПРИ $B=1,5H$		МОСИНЖПРОЕКТ	
Н. КОНТР. САВЕЛЬЕВА				ОНСК	

ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЙ КОД, ПОДПИСЬ И ДАТА

НОМОГРАММА № 5
 для $\Delta_1 = 50-150$ мм



НОМОГРАММА № 6
 для $\Delta_1 = 200+500$ мм



L_1 - расстояние между неподвижными опорами (без предварительной растяжки компенсатора)
 L_2 - " " (с предварительной растяжкой компенсатора на 50%)

Номограммы построены для двух случаев:
 а) без предварительной растяжки компенсаторов;
 б) с предварительной растяжкой компенсаторов на 50% расчетного температурного удлинения;
 Сила упругой деформации определена без учета гибкости отводов при величине изгибающего компенсационного напряжения $\sigma_{ис} = 1000$ кгс/см².
 Направление сил упругой деформации на схеме показано для случая тепловых перемещений труб при нагреве.
 Правила пользования номограммами даны в объяснительной записке.

Имя, фамилия, подпись и дата

Инж. А.А. КОЗЕВ	Инж. А.А. КОЗЕВ
Инж. В.В. АХУНОВ	Инж. В.В. АХУНОВ
Инж. С.С. САВЕЛЬЕВА	Инж. С.С. САВЕЛЬЕВА
Инж. В.В. БУДАРИНА	Инж. В.В. БУДАРИНА
Инж. С.С. САВЕЛЬЕВА	Инж. С.С. САВЕЛЬЕВА

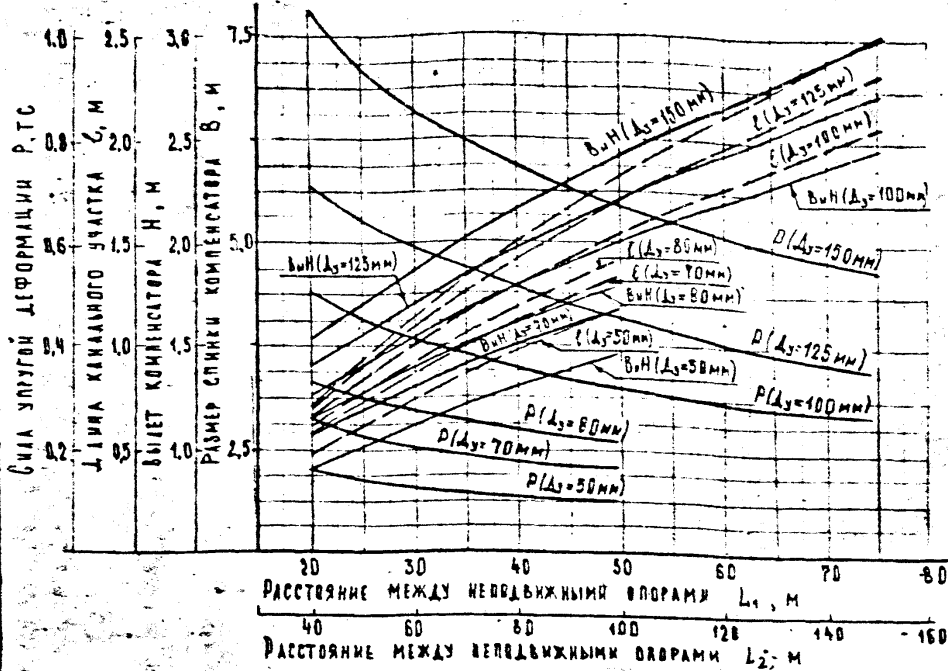
ПС-249-09
 Номограммы для расчета П-образных компенсаторов при $\beta = 2H$

Экз. 33681 ч. 25

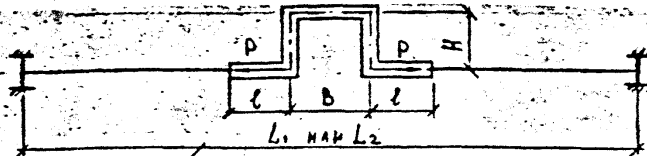
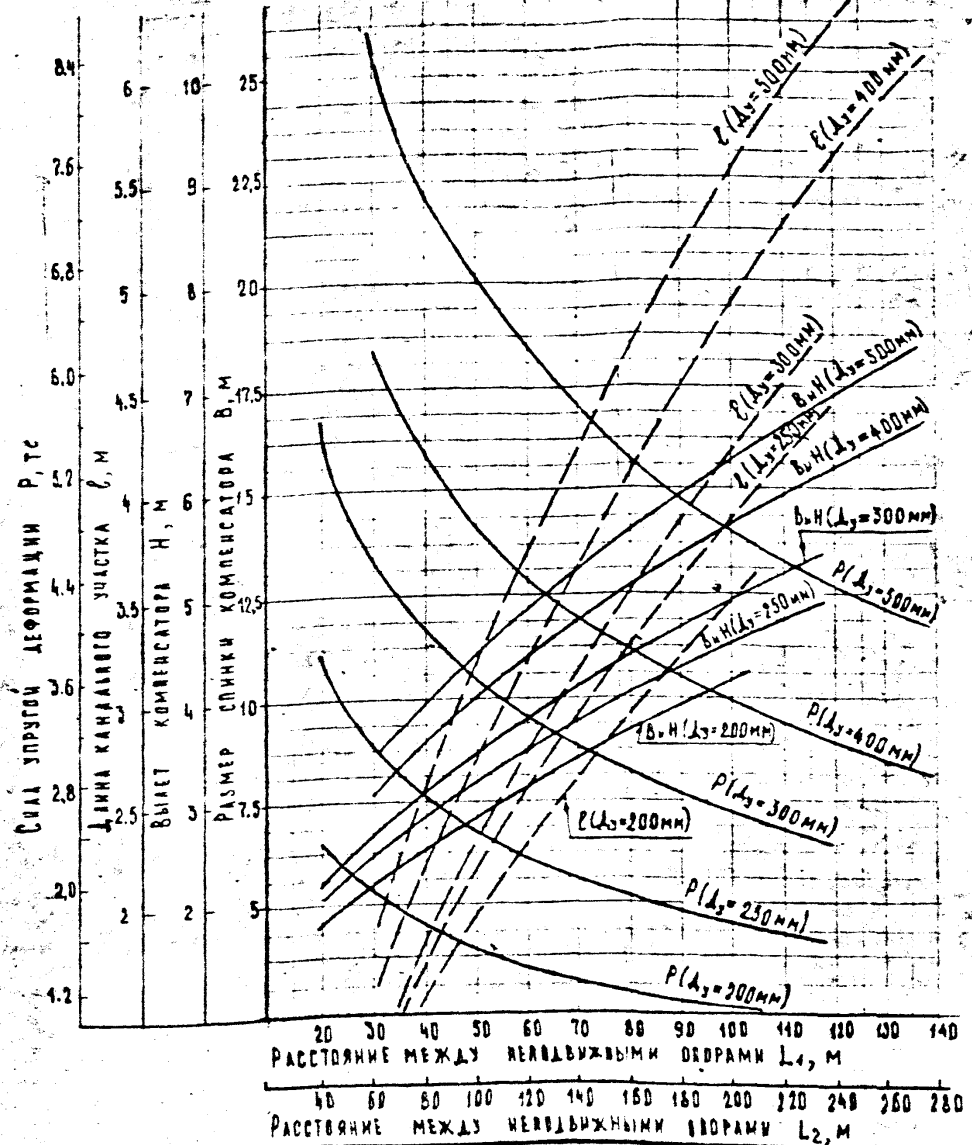
Станция	Лист	Листов
Р		

МОСИНЖПРОЕКТ
 ОНКС

Номограмма № 7
для $\Delta_3 = 50 \div 150$ мм



Номограмма № 8
для $\Delta_3 = 200 \div 500$ мм



L_1 — расстояние между неподвижными опорами (без предварительной растяжки компенсатора)
 L_2 — " " (с предварительной растяжкой компенсатора на 50%)

Номограммы встроены для двух случаев:

- а) без предварительной растяжки компенсаторов;
- б) с предварительной растяжкой компенсаторов на 50% расчетного теплового удлинения;

Сила упругой деформации определены без учета гибкости отводов при величине изгибающего компенсационного напряжения $\sigma_{из} = 1000 \text{ кгс/см}^2$.

Направление сил упругой деформации на схеме показано для случая тепловых перемещений труб при нагреве.

Правила пользования номограммами даны в объяснительной записке.

ИЗМ. ПОДЛ.	ПОДПИСЬ И ДАТА	ОБЪЕМ ИЛИ №
НАЧ. ОТД.	КОЗЕЕВА	
ГЛ. СПЕЦ.	АФОНИН	
ВЕД. ИНЖ.	САВЕЛЬЕВА	
СТ. ИНЖ.	БЕДЯРИНА	
И КОНТР.	САВЕЛЬЕВА	

ПС-249-10
 Номограммы для расчета П-образных компенсаторов при $B=2,5H$

Лист 33681 и.26

СТАДИЯ	ЛИСТ	ЛИСТОВ
P		

МОСИНЖПРОЕКТ
 ОНСК

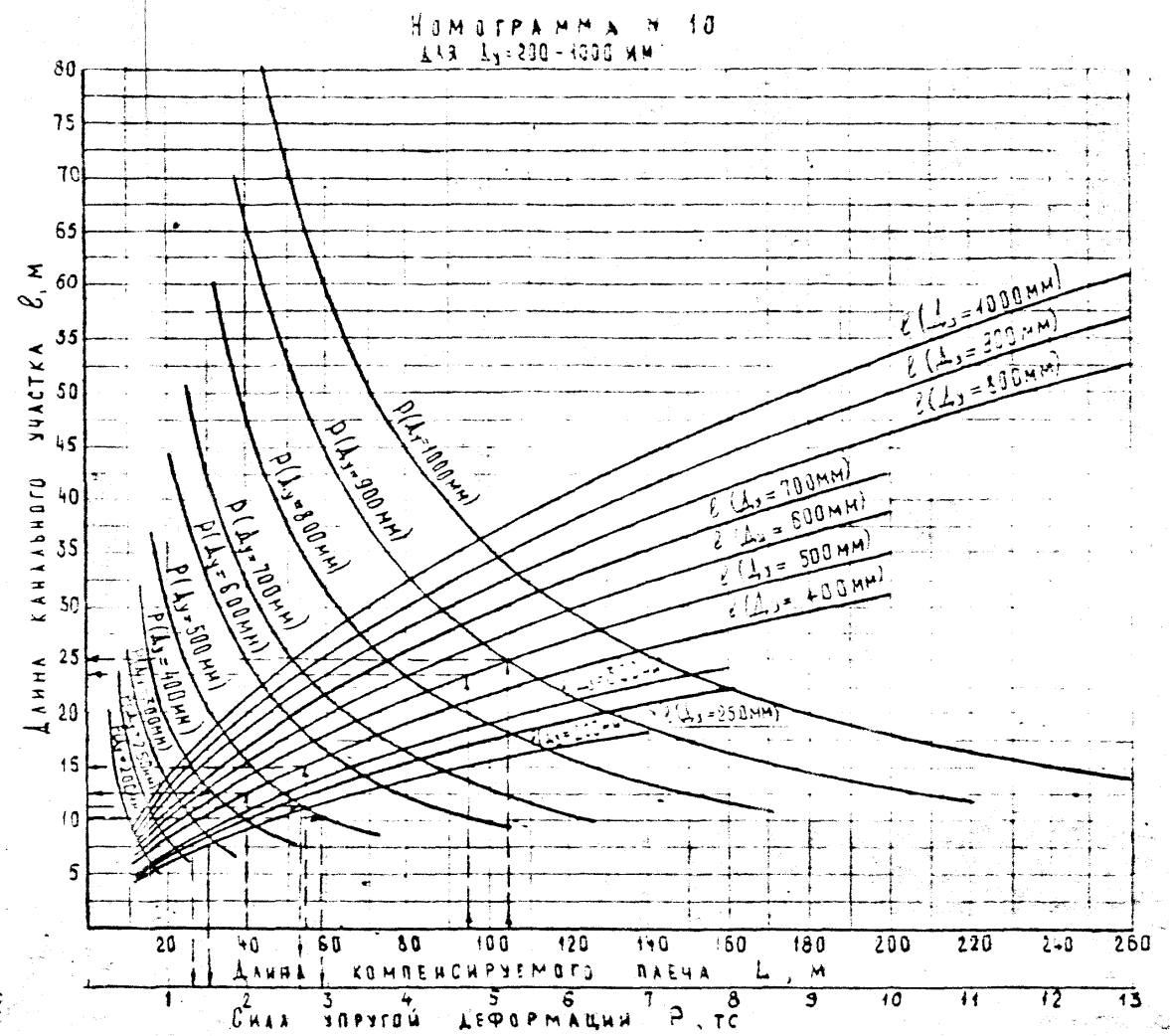
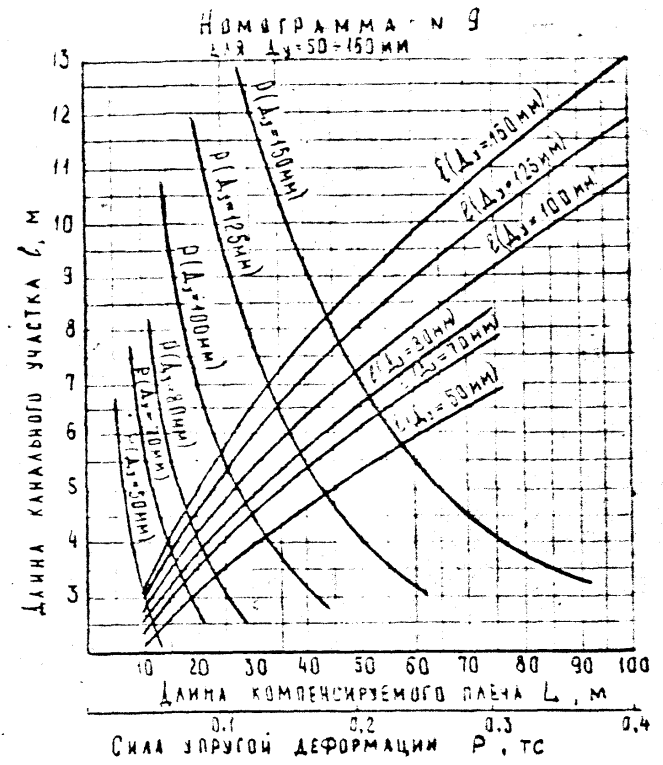
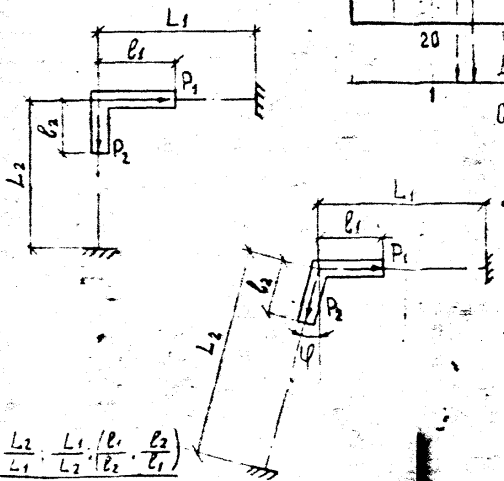
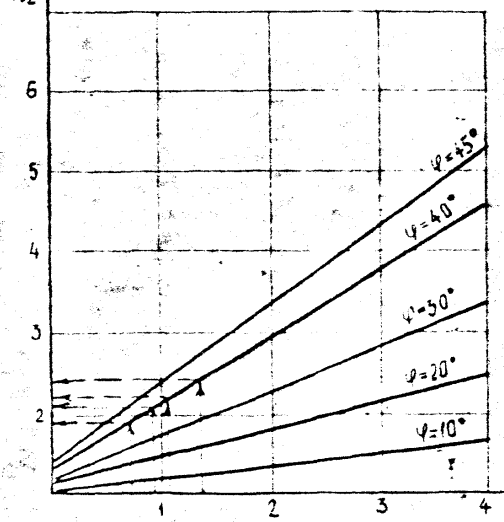


ГРАФИК ПОПРАВочНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ
ДЛЯ ТОВОРТА ТРАССЫ ПОД ТУПЫМ УГЛОМ.
НОМОГРАММА № 11



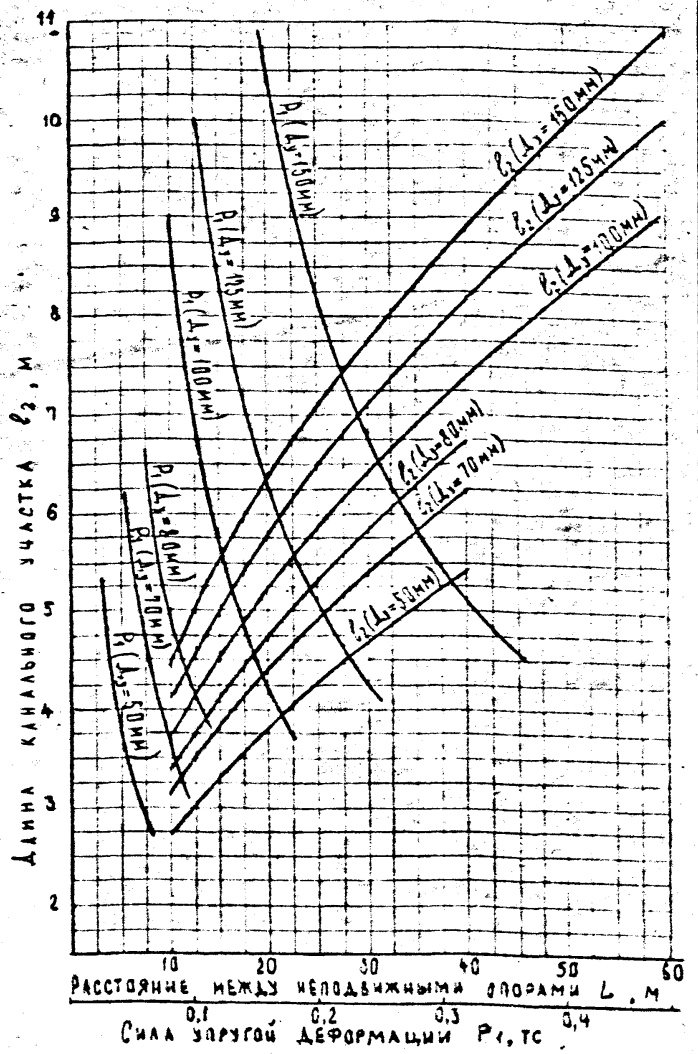
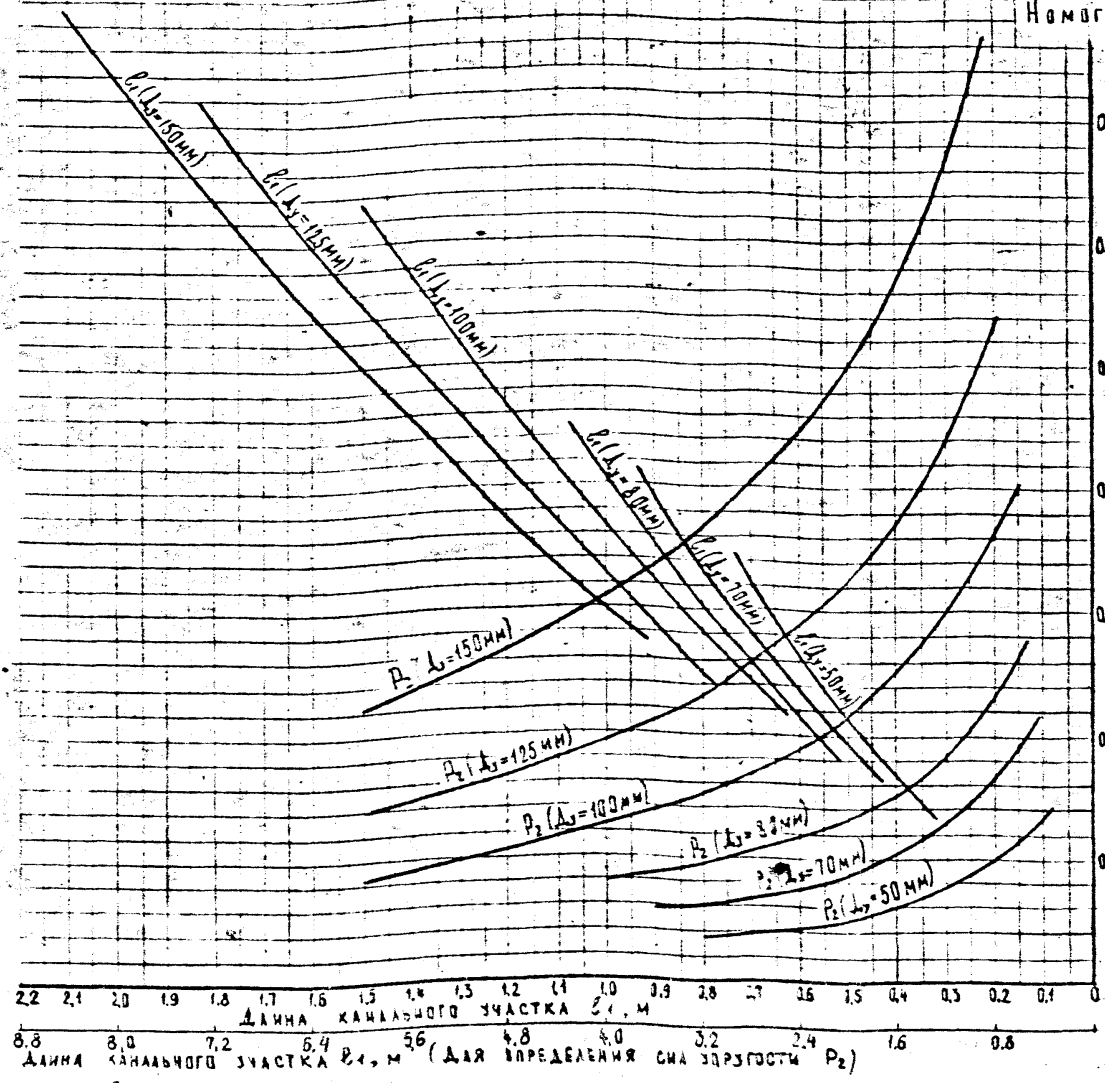
НОМОГРАММЫ ПОСТРОЕНЫ ДЛЯ ПОДАЮЩИХ ТРУБ ТЕПЛОПРОВОДОВ С МАКСИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ 150° ПРИ ДОПУСКАЕМОМ ИЗГИБАЮЩЕМ КОМПЕНСАЦИОННОМ НАПРЯЖЕНИИ $\sigma_{изк} = 1000 \text{ кг/см}^2$ БЕЗ УЧЕТА ГИБКОСТИ ТРУБ. ПРАВИЛА ПОЛЬЗОВАНИЯ НОМОГРАММАМИ ДАНЫ В ПОЯСНИТЕЛЬНОМ ЗАПИСКЕ

ИНВ. № ПОД. Л. ПОДПИСЬ И ДАТА ВЗАИМНОВ. №

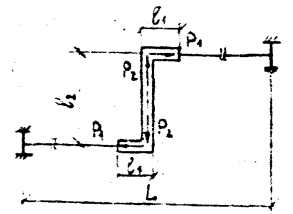
ПС-249-11				СТАЦИЯ ЛИСТ ЛИСТОВ	
НОМОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЕТА Г-ОБРАЗНЫХ КОМПЕНСАТОРОВ				Р	
НАЧ. ОТД.	КОЗЕЕВА				
ПРОЕКТ.	АФОНИН				
ВЕД. ИНЖ.	САВЕЛОВА				
СТ. ИНЖ.	БУДАРИНА				
И. КОМП.	САВЕЛОВА				

МосинжПРОЕКТ
ОНСК

НОМОГРАММА № 12



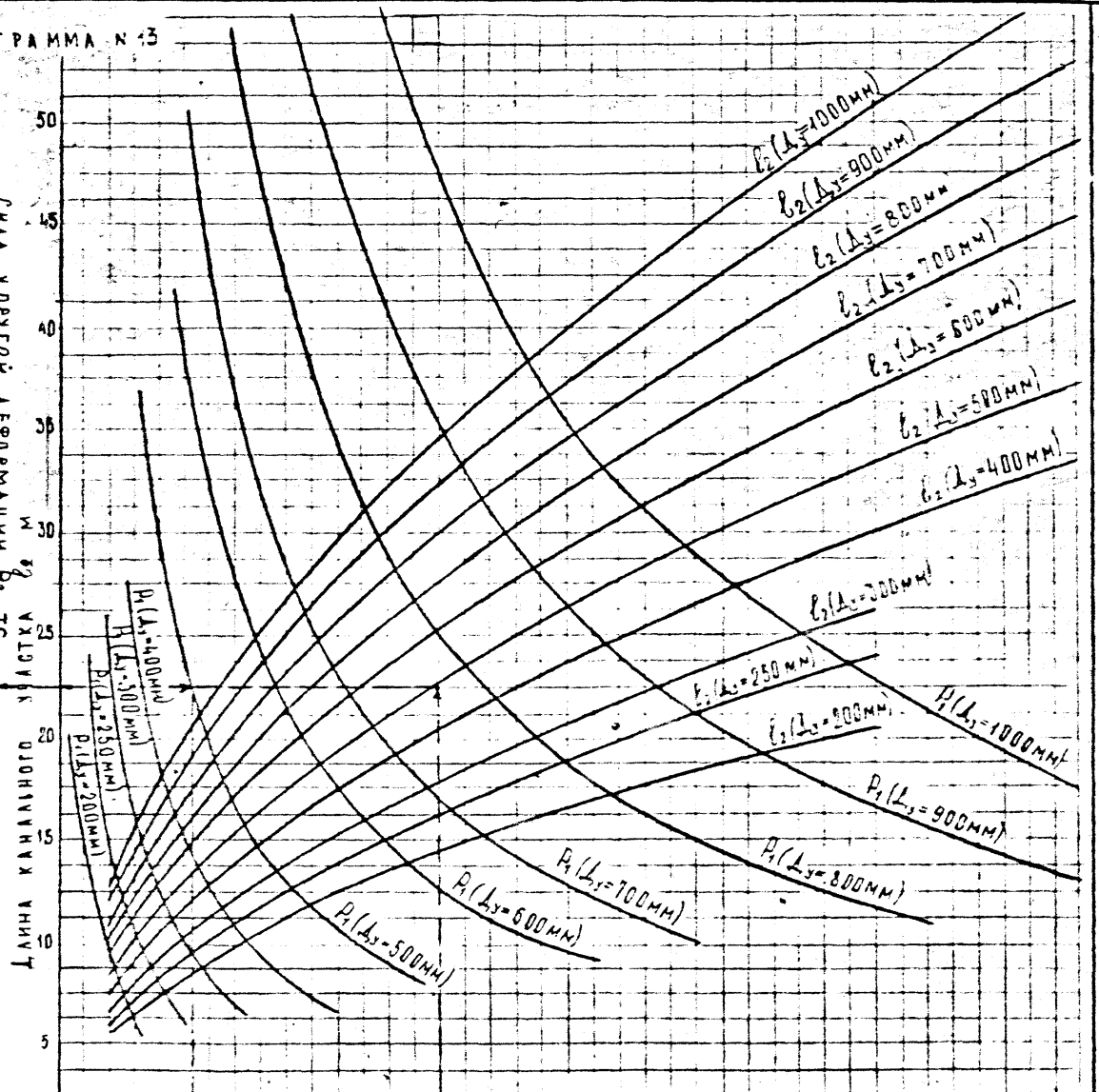
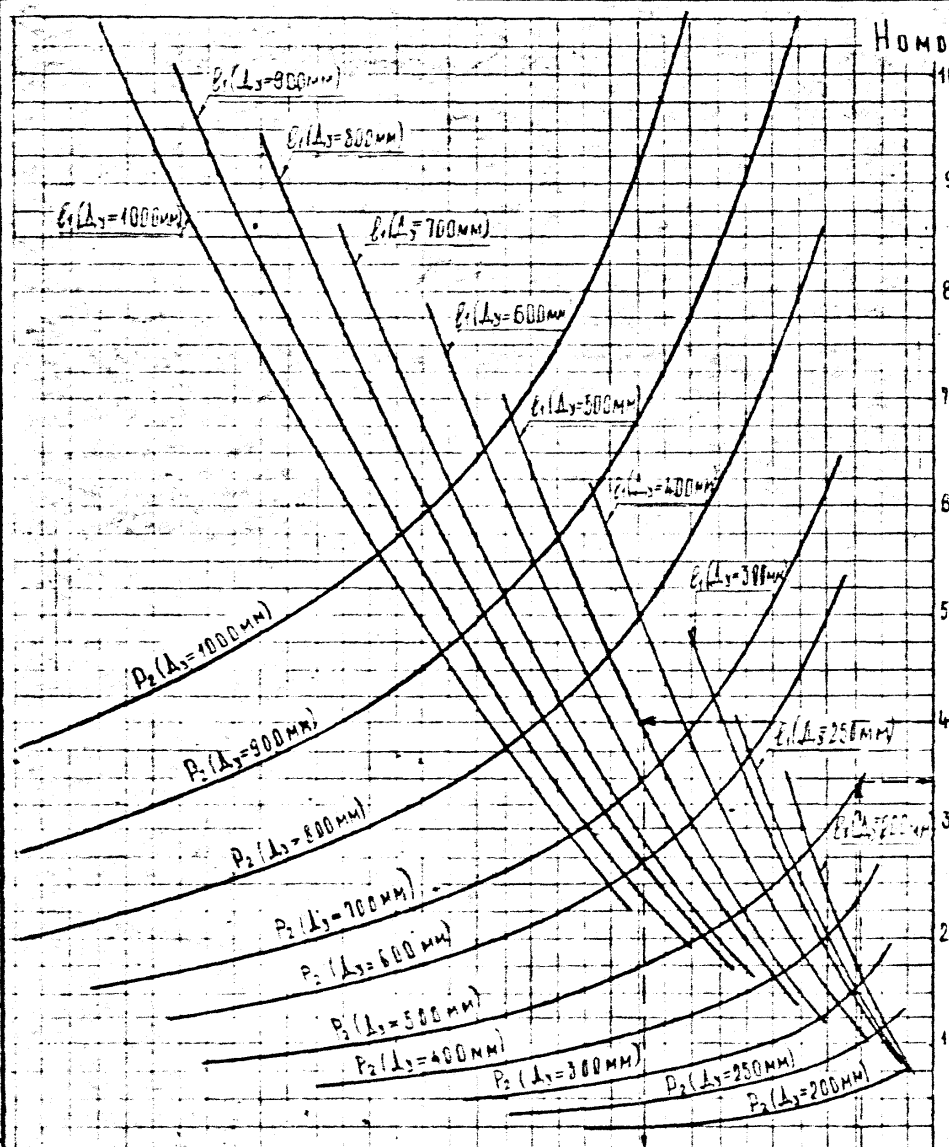
ИМЬ, № ПОДАЛ, ПОДПИСЬ И ДАТА, ВЗЯТО ИД. №



НОМОГРАММЫ ПОСТРОЕНЫ ДЛЯ ПОДАЮЩИХ ТРУБ ТЕПЛОПРОВОДОВ С МАКСИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ 150° ПРИ ДОПУСКАЕМОМ ИЗГИБАЮЩЕМ КОМПЕНСАЦИОННОМ НАПРЯЖЕНИИ $\sigma_{изк} = 1000 \text{ кг/см}^2$ БЕЗ УЧЕТА ГИБКОСТИ ОТВОДОВ.
ПРАВИЛА ПОЛЬЗОВАНИЯ НОМОГРАММАМИ ДАНЫ В ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКЕ

НАЧ. ОТД. КОЗЕВЪ		ПС-249-12		СТАНДАРТ ЛИСТ	
ГЛА. СПЕЦ. АФОНИН		Вз. 33681 и 28		ЛИСТОВ	
ВЕД. ИНЖ. САЗЕВЪ		НОМОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕПЛОПРОВОДОВ С 2-ОБРАЗНЫМИ ПОВОРОТАМИ ДЛЯ $\Delta_1 = 50 \div 150 \text{ мм}$		Р	
СТ. ИНЖ. ЗЛАТКИНА				МОСИНЖПРОЕКТ ОНКС	
Н. КОНТР. САВЕЛОВА					

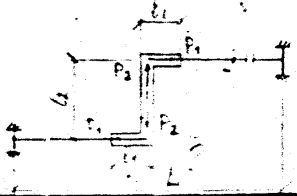
НОМОГРАММА № 13



18 16 14 12 10 8 6 4 2
 ДЛИНА КАНАЛЬНОГО УЧАСТКА l_1 , м
 45 40 35 30 25 20 15 10 5
 ДЛИНА КАНАЛЬНОГО УЧАСТКА l_1 , м (ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ УПРУГОСТИ P_2)

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200
 РАСТОЯНИЕ МЕЖДУ СЛЕДУЮЩИМИ ОПОРАМИ L , м
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 СИЛА УПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ P_1 , тс

ИД. № ПОДЛ. ПОДПИСЬ И ДАТА ИЗМ. №



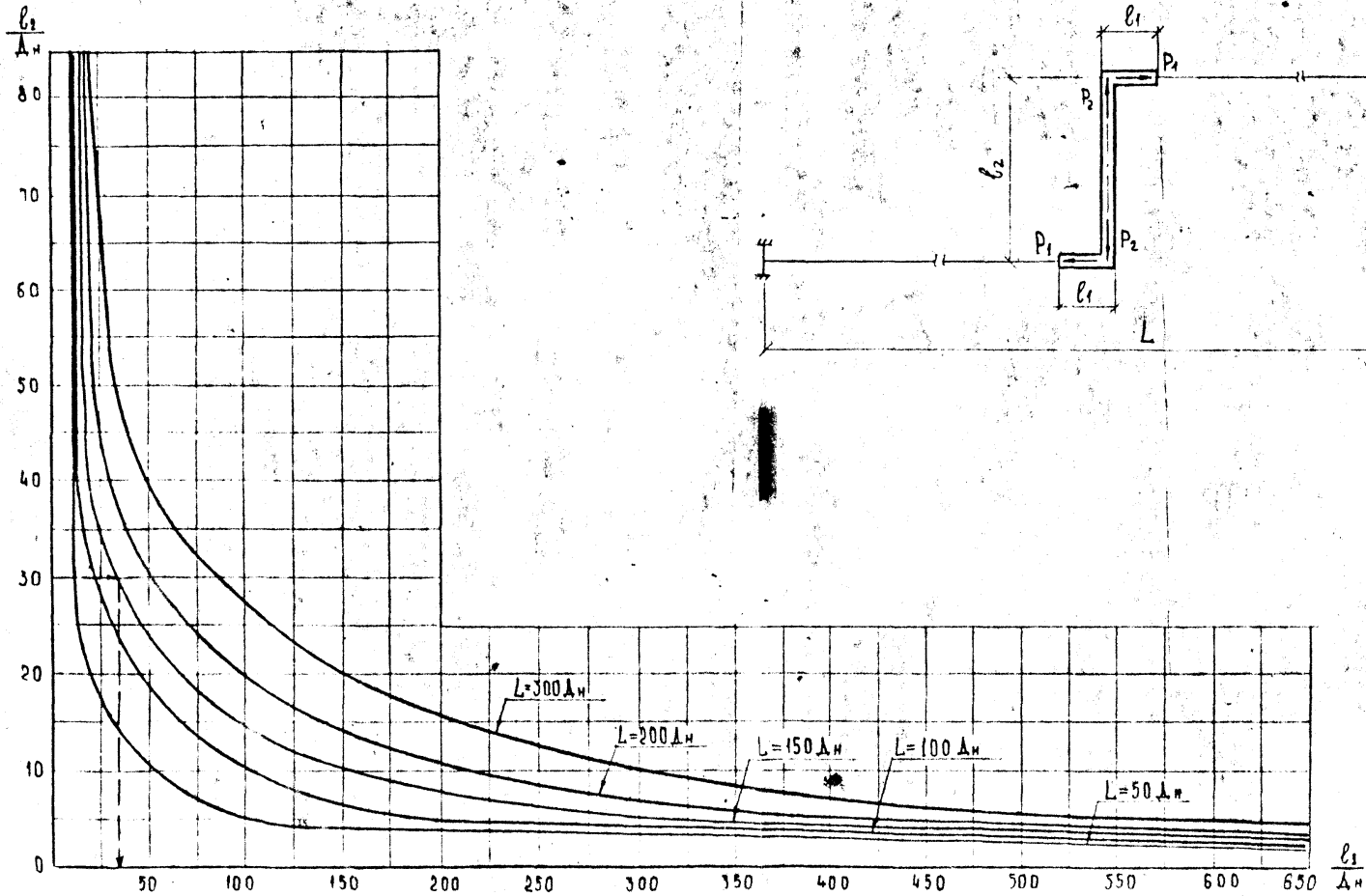
НОМОГРАММЫ ПОСТРОЕНЫ ДЛЯ ПОДАЮЩИХ ТРУБ ТЕПЛОПРОВОДОВ С МАКСИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ 150° ПРИ ДОПУСКАЕМОМ УГИБАЮЩЕМ КОМПЕНСАЦИОННОМ НАПРЯЖЕНИИ $\sigma_{\text{доп}} = 1000 \text{ кгс/см}^2$ БЕЗ УЧЕТА ГИБКОСТИ ОТВЕТОВ
 ПРАВИЛА ПОЛЬЗОВАНИЯ НОМОГРАММАМИ ДАНЫ В ПОЖИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКЕ.

И. С. КОЗЕЕВА	И. С. КОЗЕЕВА
И. С. КОЗЕЕВА	И. С. КОЗЕЕВА
И. С. КОЗЕЕВА	И. С. КОЗЕЕВА
И. С. КОЗЕЕВА	И. С. КОЗЕЕВА

ПС-249-13
 НОМОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕПЛОПРОВОДОВ С Z-ОБРАЗНЫМИ ПОВОРОТАМИ ДЛЯ $L_2 = 200-1000 \text{ мм}$

Лист 33681 от 29
 СТАЛЬ ЛИСТ ЛИСТОВ
 МОСИНЖПРОЕКТ
 ОНСК

НОМОГРАММА № 14



ПРОЕКТ. ПОДПИСЬ И ДАТА. ВЗАИМНО №

ИЗМ. ПОДЛ.	КОЗЕЕВА	<i>[Signature]</i>	ПС-249-14 Др. 33681 и 30/32 НОМОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕПЛОПРОВОДОВ С 2 ОБРАЗЦАМИ ИЛИ ПОВОРОТАМИ ПРИ СОКРАЩЕН- НОЙ ДЛИНЕ ВЫЛЕТА	СТАДНЯ	ЛИСТ	ЛИСТОВ
РАСЧЕТ.	А. Ф. ОМНИ	<i>[Signature]</i>		Р		
ВЕР. ИНЖ.	САВВАЯРОВА	<i>[Signature]</i>		МОСИНЖПРОЕКТ		
СТ. ИНЖ.	ВЗАДВИЖА	<i>[Signature]</i>		ОНСК		
И. КОНТР.	САВВАЯРОВА	<i>[Signature]</i>				